



Year: 2023

Welche Vorschulkinder profitieren nicht von einer mathematischen Förderung?

Poltz, Nadine ; Wagner, Luisa ; Wyschkon, Anne ; Quandte, Sabine ; Kucian, Karin ; Kohn, Juliane ; von Aster, Michael ; Esser, Günter

Abstract: Hintergrund: Vorschulische Fördermaßnahmen können die Lernentwicklung bis in die Grundschule positiv beeinflussen. Die vorliegende Studie untersucht die Gründe, warum einige Kinder nicht von einer vorschulischen mathematischen Förderung profitieren (Non-Responder). Methode: Maße der Intelligenz, des Arbeitsgedächtnisses, der visuell-räumlichen Wahrnehmung, der Aufmerksamkeit und der Sprache sowie Elterneinschätzungen externalisierender Verhaltensauffälligkeiten und Hyperaktivität wurden vor einer Förderung bei 40 fünfjährigen Kindern mit einem Risiko für die Entwicklung einer Rechenstörung erhoben. Ergebnisse: Die Non-Responder (n = 15) unterschieden sich bedeutsam von den Respondern (n = 25) in den sprachlichen Variablen (verbale Intelligenz, phonologische Bewusstheit und expressive Sprache). Eine schrittweise Diskriminanzanalyse identifizierte die verbale Intelligenz als signifikanten Prädiktor und konnte 73% der Non-Responder korrekt klassifizieren. Tendenziell zeigten Non-Responder auch in weiteren domänenunspezifischen Variablen geringere Leistungen sowie ein höheres Ausmaß an externalisierenden Verhaltensauffälligkeiten. Die Prognose der Non-Responder hinsichtlich ihrer Rechenleistungen bis in die 3. Klasse fällt schlechter aus als die der Responder. Diskussion: Eine rein mathematische vorschulische Förderung erscheint für Kinder mit geringen Leistungen im sprachlichen Bereich nicht ausreichend. Für diese Kinder sind ergänzende Maßnahmen notwendig.

DOI: <https://doi.org/10.1024/2235-0977/a000406>

Posted at the Zurich Open Repository and Archive, University of Zurich

ZORA URL: <https://doi.org/10.5167/uzh-234414>

Journal Article

Published Version



The following work is licensed under a Creative Commons: Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) License.

Originally published at:

Poltz, Nadine; Wagner, Luisa; Wyschkon, Anne; Quandte, Sabine; Kucian, Karin; Kohn, Juliane; von Aster, Michael; Esser, Günter (2023). Welche Vorschulkinder profitieren nicht von einer mathematischen Förderung? *Lernen und Lernstörungen*, 12(3):143-154.

DOI: <https://doi.org/10.1024/2235-0977/a000406>

Welche Vorschulkinder profitieren nicht von einer mathematischen Förderung?

Nadine Poltz¹ , Luisa Wagner¹ , Anne Wyschkon², Sabine Quandt^{3,4}, Karin Kucian⁵, Juliane Kohn³ , Michael von Aster⁶ und Günter Esser³ 



Editor's
Choice

¹Inklusionspädagogik, Universität Potsdam, Deutschland

²Hogrefe Verlag Göttingen und Leonardo da Vinci Campus Nauen, Deutschland

³Akademie für Psychotherapie und Interventionsforschung Potsdam, Deutschland

⁴Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie, Psychotherapie und Psychosomatik, Klinikum Ernst von Bergmann Potsdam, Deutschland

⁵Zentrum für MR-Forschung, Universitäts-Kinderspital Zürich, Schweiz

⁶Zentrum für Schulische und Psychosoziale Rehabilitation, DRK Kliniken Berlin Westend, Deutschland

Zusammenfassung: *Hintergrund:* Vorschulische Fördermaßnahmen können die Lernentwicklung bis in die Grundschule positiv beeinflussen. Die vorliegende Studie untersucht die Gründe, warum einige Kinder nicht von einer vorschulischen mathematischen Förderung profitieren (Non-Responder). *Methode:* Maße der Intelligenz, des Arbeitsgedächtnisses, der visuell-räumlichen Wahrnehmung, der Aufmerksamkeit und der Sprache sowie Elterneinschätzungen externalisierender Verhaltensauffälligkeiten und Hyperaktivität wurden vor einer Förderung bei 40 fünfjährigen Kindern mit einem Risiko für die Entwicklung einer Rechenstörung erhoben. *Ergebnisse:* Die Non-Responder ($n = 15$) unterschieden sich bedeutsam von den Respondern ($n = 25$) in den sprachlichen Variablen (verbale Intelligenz, phonologische Bewusstheit und expressive Sprache). Eine schrittweise Diskriminanzanalyse identifizierte die verbale Intelligenz als signifikanten Prädiktor und konnte 73 % der Non-Responder korrekt klassifizieren. Tendenziell zeigten Non-Responder auch in weiteren domänenunspezifischen Variablen geringere Leistungen sowie ein höheres Ausmaß an externalisierenden Verhaltensauffälligkeiten. Die Prognose der Non-Responder hinsichtlich ihrer Rechenleistungen bis in die 3. Klasse fällt schlechter aus als die der Responder. *Diskussion:* Eine rein mathematische vorschulische Förderung erscheint für Kinder mit geringen Leistungen im sprachlichen Bereich nicht ausreichend. Für diese Kinder sind ergänzende Maßnahmen notwendig.

Schlüsselwörter: Non-Responder, Rechenstörung, Prävention, mathematische Förderung, Risiko

Which Pre-School Children Do Not Benefit from a Mathematical Intervention?

Abstract: *Background:* Pre-school interventions are able to exert a positive influence on the learning development until elementary school. The present study investigates the reasons why some children do not benefit from a mathematical intervention. *Method:* We assessed measures of intelligence, working memory, visual-spatial perception, attention, and language as well as parents' evaluations of externalizing behavioral problems and hyperactivity for 40 five-year-old children at risk for the development of dyscalculia prior to a training. *Results:* Non-responders ($n = 15$) varied significantly from responders ($n = 25$) regarding language variables (verbal intelligence, phonological awareness, and expressive language). A step-wise discriminant analysis identified verbal intelligence as the only significant predictor and correctly classified 73 % of the non-responders. As a general tendency, non-responders also exhibited lower performance on domain-general variables as well as a greater extent of externalizing behavioral problems. The prognosis for non-responders regarding their mathematical abilities until 3rd grade is worse than for responders. *Discussion:* Pre-school mathematical intervention does not appear to be sufficient for children with additional language difficulties. Further measures, which are necessary in addition to the existing intervention are discussed.

Keywords: non-responder, dyscalculia, mathematical intervention, prevention, children at risk

Einleitung

Bereits vor Schuleintritt zeigen Kinder interindividuelle Unterschiede in ihren mathematischen Vorläuferfertigkeiten

(z.B. Aunola, Leskinen, Lerkkanen & Nurmi, 2004). Zu diesen gehören bspw. die Fähigkeiten zu zählen, Ziffern zu erkennen oder erste Mengen zu erfassen. Sie gelten als die zentralen Prädiktoren späterer schulischer Rechen-

leistungen (z. B. Aunio & Niemivirta, 2010; Nguyen et al., 2016; Poltz et al., 2022) und beeinflussen diese bis weit in die Grundschulzeit hinein (Kyttälä, Aunio, Letho, van Luit & Hautamäki, 2003; Mazzocco & Myers, 2003). Darüber hinaus zeigen die interindividuellen Unterschiede mathematischer Vorläuferfertigkeiten eine hohe Stabilität (Gallit et al., 2018; Poltz et al., 2022; Weißhaupt, Peucker & Wirtz, 2006), was dazu führt, dass Kinder mit ausgeprägten Vorläuferfertigkeiten auch höhere Kompetenzzuwächse im Rechnen in der Schule erzielen (Aunola et al., 2004). Daher werden vorschulische Fördermaßnahmen als sehr gewinnbringend betrachtet. In verschiedenen Studien konnte gezeigt werden, dass eine mathematische Förderung im vorschulischen Bereich eine positive Wirkung auf die Lernentwicklung der Kinder in der Grundschule hat (z. B. Krajewski, Nieding & Schneider, 2008; Kucian & Cohen Kadosh, 2021; Moraske et al., 2018, 2019; Rademacher, Lehmann, Quaidler-Pohl, Günther & Trautewig, 2009) und somit das Risiko für die Ausprägung von Lernschwierigkeiten verringert werden kann (Moraske et al., 2018, Moraske et al., 2019).

Allerdings zeigen sich in Trainingsevaluationen immer wieder Kinder, die auf die jeweiligen Fördermaßnahmen nicht ansprechen und weiterhin nur unterdurchschnittliche Leistungen im geförderten Bereich erreichen (z. B. Cho et al., 2015; Savage, Carless & Erten, 2009), sogenannte Non-Responder (Souvignier, 2020). Die vorliegende Arbeit widmet sich dieser Gruppe von Lernenden, um zu ermitteln, welche Gründe dazu führen, dass einige Kinder nicht von vorschulischen Fördermaßnahmen im mathematischen Bereich profitieren.

Einflussfaktoren auf die mathematische Entwicklung

Domänenübergreifende Einflussfaktoren

Neben den mathematischen Vorläuferfertigkeiten (z. B. Zählen oder Erfassen von Mengen) nehmen auch weitere Faktoren Einfluss auf die mathematische Entwicklung. Allen voran sind hier das Arbeitsgedächtnis, die Intelligenz und die visuell-räumlichen Fähigkeiten zu nennen. Der Einfluss des Arbeitsgedächtnisses, welches bereits im Vorschulalter nach dem Modell von Baddeley und Hitch (1974) in drei Komponenten unterteilt werden kann (z. B. Schmid, Zoelch & Roebers, 2008), wurde bereits in einer Vielzahl von Studien untersucht. Es zeigte sich, dass der Einfluss abhängig vom Alter der Proband_innen, der Komponente des Arbeitsgedächtnisses und dem jeweiligen untersuchten mathematischen Bereich ist (z. B. Allen, Giofrè, Higgins & Adams, 2020; Friso-van den Bos, van der Ven, Kroesbergen & van Luit, 2013). So stellt das visuell-räumliche Arbeitsgedächtnis zwar in den meisten Studien mit

Kindern einen zentralen Einflussfaktor dar (Smedt et al., 2009), erwies sich aber vorrangig bei jüngeren Kindern (z. B. McKenzie, Bull & Gray, 2003) und arithmetischen Aufgaben (im Vergleich zu Sachaufgaben) als relevant (Friso-van den Bos et al., 2013). Mit steigendem Alter werden Ressourcen der phonologischen Schleife (d. h. das Behalten und Wiederauffrischen verbaler Informationen) für die Lösung von Sachaufgaben zunehmend relevanter (Rasmussen & Bisanz, 2005) und lösen scheinbar die des visuell-räumlichen Notizblocks (Smedt et al., 2009) ab. Weiterhin spielen die Ressourcen der zentralen Exekutive eine wichtige Rolle beim Erwerb mathematischer Kompetenzen (z. B. für Rechenleistungen Mazzocco & Kover, 2007; curriculare mathematische Leistungen Smedt et al., 2009). Insbesondere das verbale Updating ist bedeutsam (Friso-van den Bos et al., 2013), also die Fähigkeit der Überwachung und Aktualisierung von verbalen Informationen im Arbeitsgedächtnis, welche vor allem bei Aufgaben, die ein automatisiertes Abrufen erfordern, relevant ist (Simanowski-Schulz, 2014).

Einen weiteren gut untersuchten Einflussfaktor stellt die Intelligenz dar (z. B. Deary, Strand, Smith & Fernandes, 2007). Erst kürzlich demonstrierten Ehlert und Kolleg_innen (2022), dass die weitere numerische und mathematische Entwicklung sowie die Nutzung domänenübergreifender Ressourcen zur Lösung mathematischer Aufgaben (Sachaufgaben und Arithmetik) wesentlich vom vorschulischen intellektuellen Niveau des Kindes abhängen. So begünstigen frühe gute intellektuelle Fähigkeiten den Aufbau mathematischer Vorläuferfertigkeiten und darüber, also indirekt, den Erwerb späterer Rechenfertigkeiten (Krajewski & Schneider, 2009; Weinert & Helmke, 1993; Weißhaupt et al., 2006).

Neben dem visuell-räumlichen Arbeitsgedächtnis bestehen auch zu weiteren visuell-räumlichen Fähigkeiten positive Zusammenhänge (für ein Review s. Xie, Zhang, Chen & Xin, 2020). So hängen visuell-räumliche Fähigkeiten stärker mit Aufgaben des logischen Schlussfolgerns (z. B. das Lösen komplexer Sachaufgaben) zusammen als mit reinen numerischen Fertigkeiten (Xie et al., 2020). Interindividuelle Unterschiede im Bereich der visuell-räumlichen Wahrnehmung (als Teilbereich der visuell-räumlichen Fähigkeiten) konnten bereits im Vorschulalter beobachtet und mit der Entwicklung späterer Rechenfertigkeiten in Verbindung gebracht werden (Kniewel, Daseking & Petermann, 2010; Lachance & Mazzocco, 2006; Mazzocco & Myers, 2003).

Darüber hinaus gehen Aufmerksamkeitsprobleme häufig ebenfalls mit Schwierigkeiten im mathematischen Bereich einher (Capano, Minden, Chen, Schachar & Ickowicz, 2008; Shalev, Auerbach & Gross-Tsur, 1995). Dass zwischen den vorschulischen Leistungen im Bereich der selektiven Aufmerksamkeit und den späteren Rechen-

fertigkeiten ein bedeutsamer, wenn auch eher geringer bis mäßiger Zusammenhang besteht, konnte in einigen Studien gezeigt werden (z. B. Knievel et al., 2010; Poltz et al., 2022).

Die Bedeutsamkeit der Sprache

Zwischen der Entwicklung sprachlicher und mathematischer Fähigkeiten bestehen enge wechselseitige Verbindungen (für einen Überblick s. Peng et al., 2020). Dabei belegt eine Vielzahl von Studien die prädiktive Bedeutung verschiedener sprachlicher Domänen für den Aufbau mathematischer Fähigkeiten (z. B. Knievel et al., 2010; Lachance & Mazzocco, 2006; Michalczyk, Krajewski, Preßler & Hasselhorn, 2013). Dazu gehören die phonologische Verarbeitung, die das Rapid Automated Naming (RAN, d. h. der schnelle Abruf aus dem Langzeitgedächtnis) und die phonologische Bewusstheit (d. h. die Analyse und Manipulation der lautlichen Struktur der gesprochenen Sprache [Schnitzler, 2008]) umfasst, sowie Sprachverstehen (rezeptive Sprache) und Sprachproduktion (expressive Sprache) (Peng et al., 2020). Haben Kinder sprachliche Schwierigkeiten, schränkt dies vor allem die prägnante Erfassung relevanter mathematischer Strukturen ein („kognitive Funktion von Sprache“; Prediger, 2019, S. 251). Eine weitere Annahme ist, dass gute sprachliche Fähigkeiten die Kinder dabei unterstützen, Anzahlen präziser zu repräsentieren und zu verstehen (Purpura, Napoli, Wehrspann & Gold, 2017). Darüber hinaus stellt auch das Sprachverstehen einen wichtigen Einflussfaktor dar, da sowohl mathematische Erklärungen als auch die Aufgaben selbst überwiegend verbal dargeboten werden (Hartmann, Ehlert & Fritz, 2019, „kommunikative Funktion von Sprache“; Prediger, 2019, S. 251).

Einflussfaktoren auf den Erfolg von Fördermaßnahmen

Im Rahmen von Evaluationen verschiedener Fördermaßnahmen (z. B. Krajewski et al., 2008; Moraske et al., 2018, Moraske et al., 2019) fallen immer wieder Kinder auf, deren Lernentwicklung sich trotz dieser Förderung nicht positiv verändert (Non-Responder). In den letzten Jahren sind sie in den Fokus der Forschung gerückt, um herauszufinden, welche Merkmale möglicherweise einen Einfluss darauf ausüben, dass sie nicht von einer Förderung profitieren. Einen systematischen Überblick dazu geben Al Otaiba und Fuchs (2002) in ihrem Review. Sie konnten acht Studien identifizieren, die gezielt nach möglichen Ursachen für die Nicht-Ansprache auf Fördermaßnahmen suchten. Es kristallisierten sich eine geringe phonologische Bewusstheit, eine niedrige Intelligenz, ein schwaches Arbeitsgedächtnis, der langsame Abruf aus dem Langzeit-

gedächtnis (RAN) sowie Verhaltensauffälligkeiten und ein niedriger sozioökonomischer Status als Einflussfaktoren heraus. Diese Faktoren sind mit den bereits beschriebenen Einflussfaktoren auf die mathematische Entwicklung nahezu deckungsgleich, was deren Bedeutsamkeit unterstreicht.

Auffallend ist jedoch, dass die von Al Otaiba und Fuchs (2002) einbezogenen Untersuchungen ausschließlich für den schriftsprachlichen Bereich durchgeführt wurden und somit gezielte Betrachtungen der Non-Responder im mathematischen Kontext fehlen. Daher soll sich dieser Beitrag den Kindern widmen, die nicht von einer *mathematischen* Förderung profitieren. Aufbauend auf den Ergebnissen von Al Otaiba und Fuchs (2002) und den referierten Einflussfaktoren auf die mathematische Entwicklung, wurden folgende Fragestellungen bearbeitet:

Fragestellung 1a: Inwiefern unterscheiden sich die Non-Responder von den Respondern in relevanten Leistungs- und Verhaltensvariablen vor der Förderung (t1)?

Fragestellung 1b: Welche der Variablen zu t1 sagt hauptsächlich vorher, welche Kinder nicht von der Förderung profitieren?

Fragestellung 2: Wie entwickeln sich die Non-Responder in den ersten drei Schuljahren relativ zu den Respondern im mathematischen Bereich?

Methodik

Untersuchungsablauf und Stichprobenbeschreibung

Die Untersuchung basiert auf Daten des SCHUES-Projektes (Schulbezogene Umschriebene Entwicklungsstörungen – Prävention und Therapie unter Einbezug neuronaler Korrelate und des Entwicklungsverlaufs). Die teilnehmenden Kinder wurden im Jahresrhythmus beginnend im vorletzten bzw. letzten Kindergartenjahr (t1: Apr.–Dez. 2011) fünfmal testpsychologisch untersucht (t1 bis t5). Da nicht alle Kinder zu t5 die dritte Klasse besuchten, wurden einige Kinder ergänzend ein sechstes Mal (t6) getestet.

Von den eingangs 1897 Kindern zu t1 wurden 198 Kinder als Risikokinder für die Entwicklung einer Rechenstörung identifiziert. Ein Kind galt als Risikokind, wenn seine Leistung im Untertest zum Zahlen- und Mengenverständnis der *Basisdiagnostik Umschriebener Entwicklungsstörungen im Vorschulalter – Version III* (BUEVA-III; Esser & Wyschkon, 2016) zu den schwächsten zehn Prozent seiner Altersgruppe gehörte ($T < 38$). Den 65 Kindertagesstätten, die von mindestens einem Risikokind besucht wurden, wurde das Angebot gemacht, an der Fördermaßnahme teilzunehmen. 32 Kindertagesstätten nahmen dieses Angebot an

und förderten 72 Risikokinder. Davon mussten 32 Kinder von den Analysen ausgeschlossen werden: 11 Kinder nahmen an weniger als 50 % der Sitzungen teil. Dieser Cut-Off wurde gewählt, um die Wirksamkeit der Fördermaßnahme unter alltagsnahen Umständen einschätzen zu können (vgl. Moraske et al., 2018, Moraske et al., 2019). Weitere 17 Kinder wurden zusätzlich in der phonologischen Bewusstheit gefördert. Für die übrigen 4 Kinder lagen keine Leistungsdaten zu t2 vor.

Die verbleibenden 40 geförderten Vorschulkinder waren im Mittel 61,65 Monate ($SD = 3,94$) alt. Im Posttest (t2, vor der Einschulung) wurden 15 dieser Vorschulkinder (37,5 %) erneut als Risikokinder im Zahlen- und Mengenverständnis identifiziert. Diese werden im Folgenden als *Non-Responder* bezeichnet. Die übrigen 25 Kinder zeigten Leistungen, die nicht mehr in den Risikobereich fielen und werden im Weiteren als *Responder* bezeichnet.

Beschreibung des Trainings

Die Förderung stellte eine Kombination aus *Mathematik im Vorschulalter* (Rademacher et al., 2009) und *Mengen, Zählen, Zahlen* (Krajewski, Nieding & Schneider, 2007) dar, wobei der Schwerpunkt mit etwa 75 % aller Übungen auf dem erstgenannten Programm lag. Eine ausführliche inhaltliche Beschreibung der Förderung und deren Evaluationsergebnisse ist bei Moraske et al. (2018, 2019) dargestellt. Alle Übungen wurden durch Material oder aktive Handlungen begleitet. Die Förderung erstreckte sich über einen Zeitraum von 11 Wochen und fand im Frühjahr vor der geplanten Einschulung zweimal wöchentlich statt (insgesamt 22 Sitzungen, jeweils 30–40 Minuten). Sie wurde in Kleingruppen von drei bis sechs Kindern in den Kindertagesstätten von den Erzieher_innen durchgeführt. Befanden sich weniger als drei Risikokinder in der Einrichtung, wurden die Erzieher_innen gebeten, die Gruppe mit Kindern aufzufüllen, die ihrer Einschätzung nach am meisten von der Förderung profitieren würden. Die Erzieher_innen wurden zuvor in einem zweitägigen Workshop intensiv in der zugrundeliegenden Theorie (z. B. Entwicklung mathematischen Verständnisses, Zählen) und der Durchführung der einzelnen Fördereinheiten geschult. Sie hatten darüber hinaus jederzeit die Möglichkeit, sich telefonisch bei Fragen an Projektmitarbeiter_innen zu wenden. Nach etwa der Hälfte der Sitzungen führten Projektmitarbeiter_innen Supervisionen vor Ort durch.

Erhebungsinstrumente Testvariablen

Im Folgenden werden die Erhebungsinstrumente kurz beschrieben. Eine ausführliche Übersicht aller eingesetzter

Testverfahren inklusive einer Beschreibung sowie Beispielitems und weiterer Informationen findet sich in Tabelle ESM1.

Mathematische Vorläuferfertigkeiten (t1 und t2)

Die mathematischen Vorläuferfertigkeiten wurden zu t1 und t2 mit dem Untertest Zahlen- und Mengenverständnis der BUEVA-III (Esser & Wyschkon, 2016) erhoben. Dabei handelt es sich um eine Vorschulstestbatterie zur Feststellung des Entwicklungsstandes und zur Früherkennung von umschriebenen Entwicklungsstörungen und Entwicklungsrückständen bei Kindern zwischen vier und sechs-einhalb Jahren (ebd.). Zur Einschätzung des Risikostatus in Bezug auf die Entwicklung einer Rechenstörung vor Durchführung der Förderung (t1) sowie zur Beurteilung nach der Förderung (t2), ob ein Kind von der Förderung profitierte (im Folgenden nur noch als Responsiveness bezeichnet) wurde der in Vierteljahresschritten altersnormierte T-Wert des Kindes als Kriterium herangezogen. Kinder mit einem T-Wert kleiner 38 (Prozentrang ≤ 10) wurden als Risikokinder klassifiziert.

Rechnen (t3 bis t6)

Zur Erfassung der kindlichen Rechenleistungen ab Schuleintritt (ab t3) wurde die Deutsche-Mathematiktest-Reihe (DEMAT) eingesetzt. Der DEMAT-Reihe liegen die Mathematiklehrpläne aller deutschen Bundesländer zugrunde. Kinder der ersten Klasse bearbeiteten den vollständigen DEMAT 1+ (Krajewski, Küspert & Schneider, 2002), Kinder der zweiten Klasse die Untertests Addition, Subtraktion, Division sowie Halbieren und Verdoppeln des DEMAT 2+ (Krajewski, Liehm & Schneider, 2004) und Kinder der dritten Klasse den Untertest Arithmetik (Zahlenstrahlen, Additionen, Subtraktionen und Multiplikationen) des DEMAT 3+ (Roick, Görlitz & Hasselhorn, 2004). Da die eigenen Erhebungszeiträume vom empfohlenen Testzeitraum (letzter Monat im Schuljahr) abwichen, wurden die Rohwerte an der eigenen Stichprobe in Klassenhalbjahresschritten normiert (DEMAT 1+: $n = 1119$, März – September 2013); DEMAT 2+: $n = 1021$, Februar – September 2014; DEMAT 3+: $n = 1148$, Februar – November 2015).

Nicht-domänenspezifische Testleistungen (t1)

Die verbale und nonverbale Intelligenz, die rezeptive und expressive Sprache, die phonologische Bewusstheit sowie die selektive Aufmerksamkeit wurden mittels der BUEVA-III (Esser & Wyschkon, 2016) erhoben. Zur Einschätzung der visuell-räumlichen Wahrnehmung wurde der Untertest Lage im Raum des Frostigs Entwicklungstests der visuellen Wahrnehmung durchgeführt (FEW-2; Büttner, Dacheneder, Schneider & Weyer, 2008). Die Leistung im Bereich des räumlichen Kurzzeitgedächtnisses wurde mittels einer Corsi-Block Aufgabe (Milner,

1971) mit sechs roten Blöcken (Roebers & Zoelch, 2005; Schmid et al., 2008) ermittelt. Die Leistung im Bereich der phonologischen Schleife wurde mittels einer verkürzten Version des Untertests Phonologisches Arbeitsgedächtnis für Nichtwörter des Sprachentwicklungstests für drei- bis fünfjährige Kinder (SETK 3–5; Grimm, 2001) erhoben. Eine komplexe Hörspannungsaufgabe wurde eingesetzt, um die Leistung zentral-exekutiver Kontrollfertigkeiten des Kindes einzuschätzen (Schmid et al., 2008). Zu diesem Zweck wurde die von Schmid und Kolleg_innen (2008) für die Nutzung am Computer entwickelte Hörspannungsaufgabe als Paper-Pencil-Version adaptiert. Darüber hinaus wurde eine RAN-Aufgabe mit Objekten (Denckla & Rudel, 1974) durchgeführt. Zur Einschätzung externalisierender Verhaltensauffälligkeiten sowie von Hyperaktivität/Aufmerksamkeitsproblemen wurden die beiden gleichnamigen Skalen der deutschen Version des Strengths and Difficulties Questionnaires (SDQ; Goodman, 1997; Klasen et al., 2000) herangezogen.

Erhebungsinstrumente Kontrollvariablen

Zur Analyse des sozioökonomischen Status wurde die Berufsklassifikation nach Blossfeld (1985) verwendet. Zu diesem Zweck wurden die von den Eltern angegebenen aktuell ausgeübten Berufe nach der deutschen Klassifizierung der Berufe 1992 rekodiert (Schimpl-Neimanns, 2003) und an-

schließend in einfache, qualifizierte, höher qualifizierte und höchst qualifizierte Berufe kategorisiert. Unter Nichterwerbstätige fallen nach Schimpl-Neimanns (2003) sowohl Erwerbslose als auch Nichterwerbspersonen. Dies wurde getrennt für die beiden Eltern bzw. Sorgeberechtigten des Kindes durchgeführt. Für die hier durchgeführten Analysen wurde das höchste berufliche Qualifikationsniveau der beiden Elternteile herangezogen. Daneben wurde die von beiden Elternteilen bzw. Sorgeberechtigten gesprochene Sprache im häuslichen Umfeld erfragt und anschließend kodiert. Sprachen die Kinder mit beiden Elternteilen Deutsch, galt dies als *monolingual Deutsch*. Sprachen Sie mit einem Elternteil Deutsch, mit dem anderen eine andere Sprache, wurde dies als *bilingual Deutsch* kodiert. Sprachen beide Elternteile mit den Kindern eine andere Sprache als Deutsch wurde dies mit *monolingual Fremdsprache* kodiert.

Ergebnisse

Die Stichprobenbeschreibungen beider Gruppen sind in Tabelle 1 dargestellt. Zur Prüfung relevanter Gruppenunterschiede, die die Unterschiede zwischen den Respondern und Non-Respondern durch andere als die hier untersuchten Variablen erklären könnten, wurden im ersten Schritt Voruntersuchungen durchgeführt. Die Gruppen unterscheiden sich nicht in den Verteilungen des Ge-

Tabelle 1. Stichprobenbeschreibung der Responder und Non-Responder sowie deren Teststatistik des Gruppenvergleichs (zweiseitige Testung)

	Responder (n = 25 ¹)	Non-Responder (n = 15 ²)	Teststatistik
Geschlecht (Anzahl)	11 m (44 %), 14 w (56 %)	7 m (47 %), 8 w (53 %)	$\chi^2(1) = 0,07, p = .870$
SÖS (Anzahl)	0 Nichterwerbstätige (0 %) 8 einfache Berufe (32 %) 11 qualifizierte Berufe (44 %) 3 höher qualifizierte Berufe (12 %) 3 höchst qualifizierte Berufe (3 %)	3 Nichterwerbstätige (20 %) 3 einfache Berufe (20 %) 7 qualifizierte Berufe (47 %) 2 höher qualifizierte Berufe (13 %) 0 höchst qualifizierte Berufe (0 %)	$\chi^2(4) = 7,32, p = .120$
Häusliche Sprache (Anzahl)	21 monolingual Deutsch (84 %) 3 bilingual Deutsch (12 %) 1 monolingual Fremdsprache (4 %)	11 monolingual Deutsch (73 %) 4 bilingual Deutsch (27 %) 0 monolingual Fremdsprache (0 %)	$\chi^2(2) = 1,89, p = .390$
Anzahl Sitzungen	M = 18,42, SD = 3,65, Range: 12 – 22	M = 17,85, SD = 3,67 Range: 12 – 22	$t(35) = 0,45, p = .653$
Alter t1 (Monate)	M = 60,90, SD = 3,88, Range: 55 – 70	M = 62,90, SD = 3,82 Range: 57 – 70	$t(38) = -1,59, p = .121$
Zahlen- und Mengenerfassung t1	M = 33,96, SD = 2,26 Range: 28 – 36	M = 32,87, SD = 3,25 Range: 27 – 37	$t(38) = 1,25, p = .217$
Zahlen- und Mengenerfassung t2	M = 44,24, SD = 5,33, Range: 38 – 55	M = 33,73, SD = 2,74 Range: 28 – 37	$t(37,36)^3 = 8,21, p < .001$

Anmerkungen: m = männlich; w = weiblich; SÖS = sozioökonomischer Status eingeschätzt über das höchste berufliche Qualifikationsniveau der Eltern nach Blossfeld (1985); ¹ davon n = 1 Gesamtintelligenz zu t1 T < 30; ² davon n = 2 Gesamtintelligenz zu t1 T < 30; ³ korrigierte Freiheitsgrade auf Grund eines signifikanten Levene-Tests.

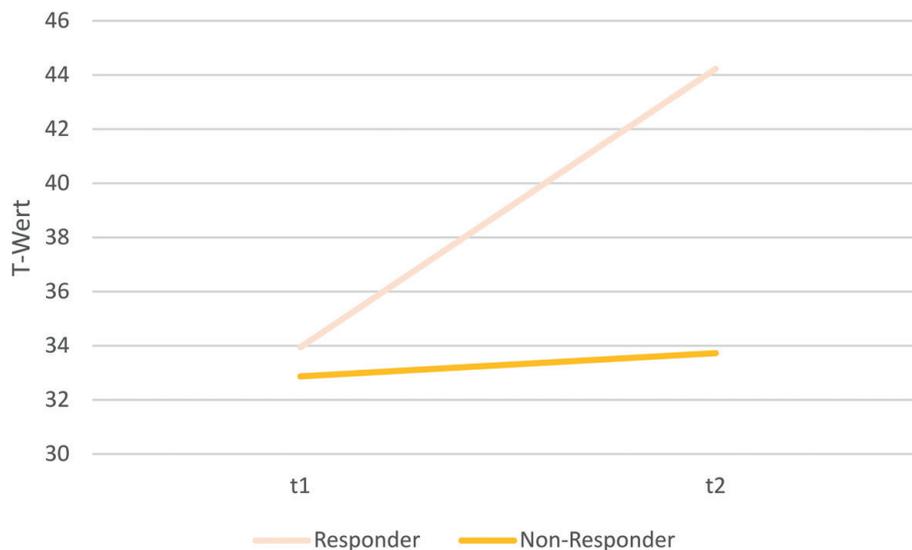


Abbildung 1. Darstellung der mittleren Leistungen im Bereich Zahlen- und Mengenerfassung von t1 zu t2 zwischen den Respondern und Non-Respondern.

Tabelle 2. Vergleich der Leistungs- und Verhaltensvariablen zu t1 zwischen den Respondern und Non-Respondern (einseitige Testung)

	Responder (n = 25)	Non-Responder (n = 15)	Teststatistik	Effektstärke
Verbale Intelligenz	<i>M</i> = 44.24, <i>SD</i> = 6.60 Range: 31 – 56	<i>M</i> = 34.93, <i>SD</i> = 6.04 Range: 24 – 45	<i>t</i> (38) = 4,45 <i>p</i> < .001 ¹	<i>d</i> = 1,46
Nonverbale Intelligenz	<i>M</i> = 43.20, <i>SD</i> = 9.01 Range: 22 – 56	<i>M</i> = 37.60, <i>SD</i> = 8.31 Range: 22 – 50	<i>t</i> (38) = 1,96 <i>p</i> = .029	<i>d</i> = 0,64
Rezeptive Sprache	<i>M</i> = 44.40, <i>SD</i> = 10.09 Range: 24 – 60	<i>M</i> = 36.40, <i>SD</i> = 6.21 Range: 24 – 48	<i>t</i> (38) = 2,77 <i>p</i> = .004	<i>d</i> = 0,90
Expressive Sprache	<i>M</i> = 45.60, <i>SD</i> = 8.76 Range: 31 – 60	<i>M</i> = 37.53, <i>SD</i> = 7.16 Range: 23 – 48	<i>t</i> (38) = 3,01 <i>p</i> = .002 ¹	<i>d</i> = 0,98
Phonologische Bewusstheit	<i>M</i> = 44.32, <i>SD</i> = 6.94 Range: 31 – 60	<i>M</i> = 36.07, <i>SD</i> = 6.70 Range: 23 – 45	<i>t</i> (38) = 3,69 <i>p</i> < .001 ¹	<i>d</i> = 1,20
Selektive Aufmerksamkeit	<i>M</i> = 45.08, <i>SD</i> = 10.65 Range: 20 – 60	<i>M</i> = 39.00, <i>SD</i> = 7.31 Range: 25 – 51	<i>t</i> (38) = 1,95 <i>p</i> = .029	<i>d</i> = 0,64
Visuell-räumliche Wahrnehmung	<i>M</i> = 40.88, <i>SD</i> = 9.02 Range: 20 – 57	<i>M</i> = 40.72, <i>SD</i> = 9.29 Range: 23 – 57	<i>t</i> (38) = 0,14 <i>p</i> = .447	<i>d</i> = 0,04
Räumliches Kurzzeitgedächtnis	<i>M</i> = 44.32, <i>SD</i> = 7.79 Range: 35 – 65	<i>M</i> = 38.87, <i>SD</i> = 7.51 Range: 26 – 50	<i>t</i> (38) = 2,17 <i>p</i> = .018	<i>d</i> = 0,71
Phonologische Schleife	<i>M</i> = 46.12, <i>SD</i> = 10.89 Range: 30 – 60	<i>M</i> = 43.93, <i>SD</i> = 8.58 Range: 30 – 60	<i>t</i> (38) = 0,66 <i>p</i> = .256	<i>d</i> = 0,22
Zentral-exekutive Kontrollfunktion	<i>M</i> = 46.84, <i>SD</i> = 9.05 Range: 30 – 62	<i>M</i> = 39.53, <i>SD</i> = 6.37 Range: 31 – 53	<i>t</i> (38) = 2,74 <i>p</i> = .005	<i>d</i> = 0,90
RAN	<i>M</i> = 45.66, <i>SD</i> = 9.27 Range: 29 – 65	<i>M</i> = 40.60, <i>SD</i> = 8.98 Range: 30 – 62	<i>t</i> (38) = 1,69 <i>p</i> = .050	<i>d</i> = 0,55
Externalisierende Verh. (SDQ)	<i>M</i> = 1.24, <i>SD</i> = 1.51 Range: 0 – 7	<i>M</i> = 2.33, <i>SD</i> = 1.59 Range: 0 – 5	<i>U</i> = 107,00, <i>z</i> = -2,32 ² <i>p</i> = .024	<i>r</i> = -.37 ³
Hyperaktivität (SDQ)	<i>M</i> = 3.96, <i>SD</i> = 2.34 Range: 0 – 10	<i>M</i> = 4.80, <i>SD</i> = 2.24 Range: 1-8	<i>U</i> = 140,00, <i>z</i> = -1,14 ² <i>p</i> = .192	<i>r</i> = -.21 ³

Anmerkungen: ¹ Signifikanzniveau nach Bonferroni-Korrektur erreicht (*p* < .004); ² Teststatistik des Mann-Whitney Tests für ordinalskalierte Daten; ³ Effektstärke nach Field (2009); SDQ = Strengths and Difficulties Questionnaire (Goodman, 1997).

schlechts sowie der gesprochenen Sprache zu Hause. Außerdem unterscheiden sich die beiden Gruppen nicht in der mittleren Anzahl von Sitzungen, an denen sie teilnahmen. Es war keine überzufällige Häufung von Respondern ($\chi^2(1) = 1,96; p > .05$) und Non-Respondern ($\chi^2(1) = 0,27; p > .05$) in einzelnen Kitas zu beobachten. Lediglich im Alter der Kinder sowie der Verteilung des sozioökonomischen Status konnte die Gleichverteilung (bei einem α -Fehlerniveau von 20%) nicht bestätigt werden. Die Non-Responder waren im Mittel zwei Monate älter als die Responder ($p = .121$) und ihre Eltern übten etwas häufiger Berufe der unteren Kategorien aus ($p = .120$).

Das Ausgangsniveau im Bereich der Zahlen- und Mengenerfassung zu t1, nicht aber zu t2, war vergleichbar (s. Tabelle 1). Während die Responder von t1 zu t2 im Mittel ihre Leistung im Bereich der Zahlen- und Mengenerfassung signifikant auf ein durchschnittliches Niveau steigerten ($t(24) = -9,18, p < 0,01, d = 1,84$), zeigten die Non-Responder keinen signifikanten Leistungszuwachs ($t(14) = -0,88, p = 391$). Dieser Interaktionseffekt wurde mit $F(1,38) = 33,06 (p < .001, \eta^2 = .47)$ signifikant und ist in Abbildung 1 dargestellt.

Unterschiede zwischen Non-Respondern und Respondern in den Leistungs- und Verhaltensvariablen vor der Förderung (t1)

Die Ergebnisse unabhängiger t-Tests zum Vergleich der Leistungs- und Verhaltensvariablen zu t1 sind in Tabelle 2 zusammengefasst. Zur Vermeidung einer Alpha-Fehlerkumulierung bei Mehrfachtestungen wurde eine Korrektur

nach Bonferroni durchgeführt: $p = 0,05 / 13 = 0,0038$. Folglich gelten Teststatistiken mit $p < .004$ als signifikant. Responder unterschieden sich von den Non-Respondern signifikant in ihren Leistungen der verbalen Intelligenz, expressiven Sprache und phonologischen Bewusstheit. Tendenziell zeigten die Non-Responder auch in den Variablen nonverbale Intelligenz, rezeptive Sprache, selektive Aufmerksamkeit, räumliches Kurzzeitgedächtnis und zentrale-exekutive Kontrollfunktionen geringere Leistungen sowie ein höheres Ausmaß an externalisierenden Verhaltensauffälligkeiten ($p < .05$). Unter Ausschluss der Kinder mit einer Gesamtintelligenz unter $T = 30$ (s. Tabelle 1) zeigten sich die gleichen Ergebnisse.

Zur Klärung der Frage, welche der Leistungs- und Verhaltensvariablen hauptsächlich vorhersagen, welche Kinder nicht von der Förderung profitieren, wurde eine schrittweise Diskriminanzanalyse mit den zu t1 erhobenen Variablen durchgeführt. Lediglich die verbale Intelligenz konnte einen signifikanten Beitrag zur Diskriminierung der beiden Gruppen leisten ($\lambda = .657, \chi^2(1) = 15,75, p < .001$). Die Klassifikationsgenauigkeit ist gut (RATZ: 56%). Allein durch die verbale Intelligenz konnten 73% der Kinder korrekt als Non-Responder klassifiziert werden (Sensitivität). Die Spezifität liegt bei 80%.

Vergleich der weiteren Entwicklung der Rechenleistungen zwischen Respondern und Non-Respondern

Während die Responder in den Klassen eins bis drei im Mittel durchschnittliche Rechenleistungen erzielten ($T \geq 40$),

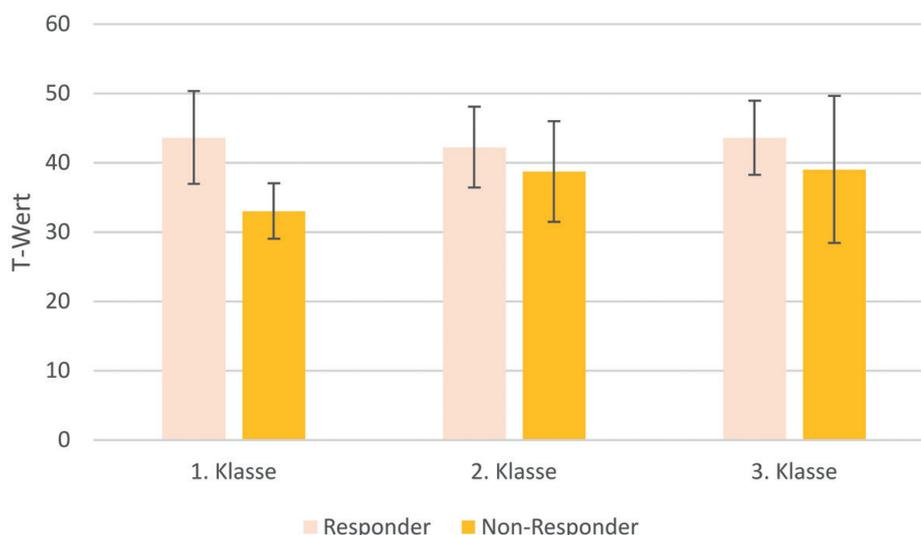


Abbildung 2. Darstellung der mittleren Rechenleistungen mit Fehlerindikatoren (Standardabweichungen) im klassenspezifischen DEMAT (in T-Wertpunkten) zwischen den Respondern (1. Klasse: $n = 13$, 2. Klasse: $n = 14$, 3. Klasse: $n = 12$) und Non-Respondern (1. Klasse: $n = 6$, 2. Klasse: $n = 7$, 3. Klasse: $n = 8$).

fielen die Leistungen der Non-Responder stets in den auffälligen Bereich. Die Ergebnisse sind in Abbildung 2 grafisch dargestellt. Statistisch bedeutsam wurde dieser Gruppenunterschied jedoch nur für die erste Klasse ($t(17) = 3,58$, $p < .001$, $d = 1,77$).

Diskussion

In der vorgestellten Studie wurden Kinder genauer betrachtet, die nicht von einer vorschulischen mathematischen Förderung (Moraske et al., 2018, Moraske et al., 2019) profitierten (Non-Responder). Das Besondere dabei war die Fokussierung auf den mathematischen Bereich, da sich bisherige Untersuchungen auf den sprachlichen bzw. schriftsprachlichen Kontext beschränkten (z. B. Al Otaiba & Fuchs, 2002).

Sprachliche Intelligenz als zentraler Unterschied

Die Ergebnisse zeigen in Bezug auf Fragestellung 1a, dass sich die Responder von den Non-Respondern unterscheiden. In der verbalen Intelligenz, der phonologischen Bewusstheit und der expressiven Sprache zeigten die Non-Responder signifikant geringere Leistungen. Darüber hinaus erzielten sie auch in der nonverbalen Intelligenz, dem räumlichen Kurzzeitgedächtnis, der selektiven Aufmerksamkeit, der rezeptiven Sprache und den zentral-exekutiven Kontrollfunktionen tendenziell schlechtere Ergebnisse und zeigten außerdem häufiger externalisierende Verhaltensauffälligkeiten als die Kinder, die von der Förderung profitieren.

Damit konnten die Erkenntnisse von Al Otaiba und Fuchs (2002) größtenteils untermauert werden. In den von ihnen einbezogenen Studien wurden ebenfalls Fördermaßnahmen im vorschulischen Bereich bzw. zu Beginn der Schulzeit durchgeführt und die darin identifizierten Non-Responder zeigten in genau den eben genannten Bereichen Defizite. Besonders interessant an dieser Übereinstimmung der Ergebnisse ist, dass hier die Responsiveness in Bezug auf eine mathematische Förderung betrachtet wurde und nicht wie bei Al Otaiba und Fuchs (2002) für den schriftsprachlichen Bereich. Einzig der Einfluss der Abrufgeschwindigkeit aus dem Langzeitgedächtnis (RAN) und des sozioökonomischen Status konnten nicht bestätigt werden.

Hinsichtlich der Frage nach den hauptsächlichsten Einflussfaktoren (Fragestellung 1b) zeigt sich, dass die verbale Intelligenz entscheidend dazu beiträgt, dass eine vorschulische mathematische Förderung den gewünschten Erfolg erzielt.

Unter Bezug auf die „kommunikative Funktion der Sprache“ (Prediger, 2019, S.251) erscheint ein gutes Sprachverständnis als besonders wichtig für den Erfolg von strukturierter Instruktion, was auch für die durchgeführte vorschulische Förderung gelten kann. Sprachverständnis ist ein komplexer Prozess, der neben dem Wissen um Wortbedeutungen auch auf schlussfolgernden Fähigkeiten basiert (Peng et al., 2020). Nicht nur das Wissen um Wortbedeutungen an sich, sondern auch deren inhaltlicher semantischer Bezug zueinander, im Sinne eines gut und robust vernetzten semantischen Netzwerkes, scheinen für ein korrektes Sprachverstehen (Currie & Cain, 2015) sowie den Erwerb und die Nutzung von Wörtern und deren inhaltliche Bedeutung (Cain, Oakhill & Lemmon, 2004) verantwortlich zu sein. Diese Verbindung könnte erklären, warum es die verbal-schlussfolgernden Fähigkeiten sind, die entscheidend dazu beitragen, ob eine Förderung den gewünschten Erfolg erzielt.

Interessanterweise konnte darüber hinaus kein Einfluss der Arbeitsgedächtniskapazität, der selektiven Aufmerksamkeit, der visuell-räumlichen Wahrnehmung und der nonverbalen Intelligenz auf die Responsiveness festgestellt werden. Zwar zeigten Non-Responder im Mittel tendenziell geringere Leistungen in den eingesetzten Tests zur Erfassung des räumlichen Kurzzeitgedächtnisses und der zentralen Exekutiven sowie in der selektiven Aufmerksamkeit und der nonverbalen Intelligenz als die Responder. Dieser Einfluss bleibt jedoch hinter dem der Sprache deutlich zurück. Somit scheinen diese Leistungsunterschiede nicht die höheren Zuwächse der erfolgreich geförderten Risikokinder im Bereich der Rechenleistung hinreichend zu erklären, sondern lediglich mit den geringeren verbal-schlussfolgernden Fähigkeiten der Non-Responder einherzugehen. Dabei belegen frühere Studien bei Kindern im Vorschulalter Zusammenhänge insbesondere zwischen den genannten domänenunspezifischen Prädiktoren und den mathematischen Vorläuferfertigkeiten (z. B. Friso-van den Bos et al., 2013; Knievel et al., 2010; Smedt et al., 2009; Weißhaupt et al., 2006). Sie ließen jedoch die Vermutung aufkommen, dass der Zusammenhang zwischen den kognitiven Fähigkeiten (Arbeitsgedächtnis und Intelligenz) und den mathematischen Vorläuferfertigkeiten eher indirekter Natur ist. Sprachliche Fähigkeiten (hier phonologische Bewusstheit und grammatikalische Fähigkeiten) wirkten mediierend und erklärten den Zusammenhang vollständig (Kleemans, Segers & Verhoeven, 2011; Michalczyk et al., 2013; Peng & Lin, 2019).

Zusammengefasst zeigen die Ergebnisse, dass der Erfolg einer vorschulischen mathematischen Förderung entscheidend von den verbal-schlussfolgernden Fähigkeiten abhängt. Geringe Fähigkeiten in diesem Bereich verhindern folglich trotz intensiver Förderung den Aufbau grundlegender mathematischer Vorläuferfertigkeiten und führen

dazu, dass diese Kinder auch kurz vor Schuleintritt noch durch unterdurchschnittliche Testleistungen auffallen.

Schulische Prognose der Non-Responder

Schwierigkeiten im Bereich des Rechnens unterliegen wie beschrieben einer hohen Stabilität (Kohn, Wyschkon, Balaschek, Ihle & Esser, 2013) und gehen mit einem deutlich geringeren allgemeinen Schulerfolg einher (Schulz et al., 2018). Es besteht Einigkeit darüber, dass mathematische Vorläuferfertigkeiten die zentrale Grundlage schulischer Rechenleistungen sind (z.B. Aunio & Niemivirta, 2010; Nguyen et al., 2016; Poltz et al., 2022). Daneben belegen die Ergebnisse von Trainingsevaluationen, dass eine frühe Förderung das Risiko von Rechenstörungen deutlich verringern kann (Moraske et al., 2019). Die vorliegenden Ergebnisse unterstreichen jedoch auch, dass es Kinder gibt, die nicht von den Fördermaßnahmen profitieren und im Verlauf der ersten Grundschuljahre schlechtere Rechenleistungen erbringen als die auf die Förderung ansprechenden Kinder. Zwar konnten wir einen signifikanten Unterschied nur für die erste Klasse finden, die Leistungen der Non-Responder im Bereich des Rechnens fallen jedoch auch in den Klassen zwei und drei in den unterdurchschnittlichen Bereich.

Die sprachlichen Fähigkeiten, insbesondere die sprachliche Intelligenz, von Vorschulkindern mit geringen mathematischen Vorläuferfertigkeiten liefern folglich nicht nur eine gute Prognose dahingehend, ob eine entsprechende Förderung zum Erfolg führt, sondern auch eine Prognose der weiteren schulischen Entwicklung im Bereich des Rechnens. Es ist somit davon auszugehen, dass Kinder mit geringeren Leistungen im Bereich der Sprache und der mathematischen Vorläuferfertigkeiten eine schlechtere Prognose haben als Kinder mit reinen Auffälligkeiten im mathematischen Bereich. Dies kann durch Ergebnisse früherer Studien untermauert werden (z.B. Knievel, Petermann & Daseking, 2011). Darüber hinaus deuten die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung darauf hin, dass eine alleinige mathematische Förderung das Auftreten von schulischen Rechenschwierigkeiten bei Kindern mit zusätzlichen sprachlichen Schwierigkeiten nicht verhindern kann.

Limitationen

Als limitierend sind methodische Einschränkungen zu nennen. Die Zuordnung der Kinder zur Fördergruppe konnte nicht randomisiert erfolgen. Alle Kindertagesstätten, die von Kindern mit einem Risiko im Test Zahlen- und Mengenverständnis besucht wurden, wurden kontak-

tiert und um Teilnahme gebeten. Da für eine Teilnahme sowohl ein gesonderter Raum als auch ein_e Erzieher_in nötig waren, welche_r für die Zeit der Förderung von ihren Betreuungspflichten entbunden werden konnte, war nicht allen Kindertagesstätten eine Teilnahme möglich. Dies geht aus den Begründungen für eine Absage der Kitaleitungen hervor. Welche Auswirkungen diese nicht-randomisierte Zuordnung gehabt haben könnte, lässt sich schwer abschätzen. So kann auf der einen Seite vermutet werden, dass v.a. solche Einrichtungen teilnahmen, die bisher wenig strukturierte Vorschulprogramme im mathematischen Bereich durchführten. Auf der anderen Seite könnten aber auch eher hoch engagierte Einrichtungen mit grundsätzlich guter personeller als auch räumlicher Ausstattung vermehrt einer Teilnahme zugestimmt haben.

Die Aussagen zur mathematischen Entwicklung in den ersten Schuljahren beschränken sich in den Klassen zwei und drei auf das Rechnen. Aufgaben zum Sachrechnen konnten aus ökonomischen Gründen (Vielzahl an zu beantwortenden Fragestellungen innerhalb des Forschungsprojektes) nicht eingeschlossen werden. So muss die Evaluation der Entwicklung der Non-Responder im Vergleich zu den Respondern in weiteren relevanten mathematischen Domänen Gegenstand zukünftiger Untersuchungen sein. Es kann jedoch angenommen werden, dass Non-Responder, die sich insbesondere durch geringe verbale Fähigkeiten auszeichnen, in den Bereichen des Sachrechnens und Problemlösens, die eine tiefere Verarbeitung erfordern, noch größere Schwierigkeiten zeigen als bereits im Rechnen zu beobachten war. Grund für die Annahme ist zum einen der gefundene Leistungsvorsprung der Responder bereits direkt nach dem Training und der Befund früherer Studien, dass höheres Vorwissen mit einem höheren Kompetenzzuwachs einhergeht (Aunola et al., 2004). Zum anderen zeigt das Review von Peng und Kolleg_innen (2020), dass fortgeschrittene mathematische Kompetenzen, zu denen z.B. Problemlöseaufgaben zu zählen sind, stärker von den kindlichen sprachlichen Leistungen abhängig sind als Rechenfertigkeiten.

In der Literatur sind Hinweise darauf zu finden, dass Kinder, die nicht in ihrer Muttersprache unterrichtet werden, bei der Lösung von Sachaufgaben, sowie im weiteren Schulverlauf auch im Rechnen, hinter ihren muttersprachlich unterrichteten Peers zurückbleiben (z.B. Martin & Fuchs, 2019). Dies spielt auf die kommunikative Funktion von Sprache an (z.B. Prediger, 2019), da Instruktionen für diese Kinder in der Zweitsprache schwerer zu verstehen und nachzuvollziehen sind. Dies geht einher mit Ergebnissen, die zeigen, dass ein gutes mathematisches Fachvokabular das konzeptuelle Verständnis erleichtert (Peng & Lin, 2019), welches fundamental für einen tieferen Einblick in die mathematischen Strukturen ist (Prediger, 2019).

Relevanz für die Praxis

Aus den vorgestellten Ergebnissen lässt sich eine wichtige Implikation für die Praxis ziehen: Für den Erfolg einer rein domänenspezifischen mathematischen Förderung scheinen sprachlich-schlussfolgernde Fähigkeiten von entscheidender Bedeutung. Daneben konnte gezeigt werden, dass Kinder, die nicht von der Förderung profitierten, geringere sprachliche Kompetenzen aufwiesen als ihre erfolgreichen Peers. Daher erscheinen für diese Kinder umfassendere Förderstrategien angeraten, die neben den mathematischen Fertigkeiten auch sprachliche Fähigkeiten fokussieren. Diese sind in der Vergangenheit auch vermehrt in den Fokus der Forschung gerückt worden. So förderten beispielsweise Purpura und Kolleg_innen (2017) räumliches und quantitatives Vokabular bei Vorschulkindern und erzielten bedeutsame Verbesserungen sowohl in der kontextspezifischen mathematischen Sprache, welche sich in weiteren Studien als relevant für die Entwicklung des mathematischen Verständnisses (Peng & Lin, 2019), als auch der mathematischen Vorläuferfertigkeiten (Purpura et al., 2017) erwies.

Elektronische Supplemente (ESM)

Die elektronischen Supplemente sind mit der Online-Version dieses Artikels verfügbar unter <https://doi.org/10.1024/2235-0977/a000406>.

ESM1. Übersicht der eingesetzten Testverfahren mit Angabe eines Beispiellitems, des Abbruchkriteriums, der Itemanzahl sowie der Reliabilität.

Literatur

- Al Otaiba, S. & Fuchs, D. (2002). Characteristics of Children Who Are Unresponsive to Early Literacy Intervention: A Review of the Literature. *Remedial and Special Education, 23*(5), 300–316. <https://doi.org/10.1177/07419325020230050501>
- Allen, K., Giofrè, D., Higgins, S. & Adams, J. (2020). Working memory predictors of mathematics across the middle primary school years. *The British Journal of Educational Psychology, 90*(3), 848–869. <https://doi.org/10.1111/bjep.12339>
- Aunio, P. & Niemivirta, M. (2010). Predicting children's mathematical performance in grade one by early numeracy. *Learning and Individual Differences, 20*(5), 427–435. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2010.06.003>
- Aunola, K., Leskinen, E., Lerkkanen, M.-K. & Nurmi, J.-E. (2004). Developmental dynamics of math performance from preschool to grade 2. *Journal of Educational Psychology, 96*(4), 699–713. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.96.4.699>
- Baddeley, A. & Hitch, G. (1974). Working memory. In G. H. Bower (Hrsg.), *The psychology of learning and motivation* (Bd. 8, S. 47–89). New York: Academic Press.

- Blossfeld, H.-P. (1985). *Bildungsexpansion und Berufschancen: Empirische Analysen zur Lage der Berufsanfänger in der Bundesrepublik*. Frankfurt: Campus Verlag.
- Büttner, G., Dacheneder, W., Schneider, W. & Weyer, K. (2008). *FEW-2. Frostigs Entwicklungstest der visuellen Wahrnehmung-2*. Göttingen: Hogrefe.
- Cain, K., Oakhill, J. & Lemmon, K. (2004). Individual Differences in the Inference of Word Meanings From Context: The Influence of Reading Comprehension, Vocabulary Knowledge, and Memory Capacity. *Journal of Educational Psychology, 96*, 671–681. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.96.4.671>
- Capano, L., Minden, D., Chen, S. X., Schachar, R. J. & Ickowicz, A. (2008). Mathematical Learning Disorder in School-Age Children with Attention-Deficit Hyperactivity Disorder. *The Canadian Journal of Psychiatry, 53*(6), 392–399. <https://doi.org/10.1177/070674370805300609>
- Cho, E., Roberts, G. J., Capin, P., Roberts, G., Miciak, J. & Vaughn, S. (2015). Cognitive Attributes, Attention, and Self-Efficacy of Adequate and Inadequate Responders in a Fourth Grade Reading Intervention. *Learning Disabilities Research & Practice, 30*(4), 159–170. <https://doi.org/10.1111/ldrp.12088>
- Currie, N. K. & Cain, K. (2015). Children's inference generation: The role of vocabulary and working memory. *Journal of Experimental Child Psychology, 137*, 57–75. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2015.03.005>
- Deary, I. J., Strand, S., Smith, P. & Fernandes, C. (2007). Intelligence and educational achievement. *Intelligence, 35*(1), 13–21. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2006.02.001>
- Denckla, M. B. & Rudel, R. (1974). Rapid „automatized“ naming of pictured objects, colors, letters and numbers by normal children. *Cortex: A Journal Devoted to the Study of the Nervous System and Behavior, 10*(2), 186–202.
- Ehlert, A., Poltz, N., Quandt, S., Kohn, J., Kucian, K., Von Aster, M. et al. (2022). Taking a Closer Look: The Relationship between Pre-School Domain General Cognition and School Mathematics Achievement When Controlling for Intelligence. *Journal of Intelligence, 10*(3), Art. 3. <https://doi.org/10.3390/jintelligence10030070>
- Esser, G. & Wyszkon, A. (2016). *BUEVA-III: Basisdiagnostik Umschriebener Entwicklungsstörungen im Vorschulalter – Version 3*. Göttingen: Hogrefe.
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS*. London: Sage.
- Friso-van den Bos, I., van der Ven, S. H. G., Kroesbergen, E. H. & van Luit, J. E. H. (2013). Working memory and mathematics in primary school children: A meta-analysis. *Educational Research Review, 10*, 29–44. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2013.05.003>
- Gallit, F., Wyszkon, A., Poltz, N., Moraske, S., Kucian, K., Aster, M. et al. (2018). Henne oder Ei: Reziprozität mathematischer Vorläufer und Vorhersage des Rechnens. *Lernen und Lernstörungen, 7*, 81–92. <https://doi.org/10.1024/2235-0977/a000205>
- Goodman, R. (1997). *The Strengths and Difficulties Questionnaire: A research note*, 38, 581–586.
- Grimm, H. (2009). *Sprachentwicklungstest für drei- bis fünfjährige Kinder (SETK 3–5)*. Göttingen: Hogrefe.
- Hartmann, J., Ehlert, A. & Fritz, A. (2019). Welche Rolle spielen sprachliche Parameter für die Entwicklung integrierter verbal-numerischer Konzepte im vierten Lebensjahr? *Frühe Bildung, 8*(1), 44–52. <https://doi.org/10.1026/2191-9186/a000410>
- Klasen, H., Woerner, W., Wolke, D., Meyer, R., Overmeyer, S., Kaschnitz, W. et al. (2000). Comparing the German versions of the Strengths and Difficulties Questionnaire (SDQ-Deu) and the Child Behavior Checklist. *European Child & Adolescent Psychiatry, 9*(4), 271–276.
- Kleemans, T., Segers, E. & Verhoeven, L. (2011). Cognitive and linguistic precursors to numeracy in kindergarten: Evidence from first and second language learners. *Learning and Individual Dif-*

- ferences, 21(5), 555 – 561. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2011.07.008>
- Knievel, J., Daseking, M. & Petermann, F. (2010). Kognitive Basiskompetenzen und ihr Einfluss auf die Rechtschreib- und Rechenleistung. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 42(1), 15 – 25. <https://doi.org/10.1026/0049-8637/a000002>
- Knievel, J., Petermann, F. & Daseking, M. (2011). Welche Vorläuferdefizite weisen Kinder mit einer kombinierten Rechtschreib- und Rechenschwäche auf? *Diagnostica*, 57(4), 212 – 224. <https://doi.org/10.1026/0012-1924/a000054>
- Kohn, J., Wyschkon, A., Ballaschk, K., Ihle, W. & Esser, G. (2013). Verlauf von Umschriebenen Entwicklungsstörungen: Eine 30-Monats-Follow-up-Studie. *Lernen und Lernstörungen*, 2, 77 – 89. <https://doi.org/10.1024/2235-0977/a000032>
- Koponen, T., Georgiou, G., Salmi, P., Leskinen, M. & Aro, M. (2017). A meta-analysis of the relation between RAN and mathematics. *Journal of Educational Psychology*, 109, 977 – 992. <https://doi.org/10.1037/edu0000182>
- Krajewski, K., Küspert, P. & Schneider, W. (2002). *DEMAT 1+ : Deutscher Mathematiktest für erste Klassen*. Göttingen: Beltz.
- Krajewski, K., Liehm, S. & Schneider, W. (2004). *DEMAT 2+ : Deutscher Mathematiktest für zweite Klassen*. Göttingen: Beltz.
- Krajewski, K., Nieding, G. & Schneider, W. (2007). *Mengen, zählen, Zahlen: Die Welt der Mathematik verstehen (MZZ)*. Berlin: Cornelsen.
- Krajewski, K., Nieding, G. & Schneider, W. (2008). Kurz- und langfristige Effekte mathematischer Frühförderung im Kindergarten durch das Programm „Mengen, zählen, Zahlen“. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 40(3), 135 – 146. <https://doi.org/10.1026/0049-8637.40.3.135>
- Krajewski, K. & Schneider, W. (2009). Early development of quantity to number-word linkage as a precursor of mathematical school achievement and mathematical difficulties: Findings from a four-year longitudinal study. *Learning and Instruction*, 19(6), 513 – 526. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2008.10.002>
- Kucian, K. & Cohen Kadosh, R. (2021). Neurocognitive Interventions to Foster Mathematical Learning. In M. Danesi (Hrsg.), *Handbook of Cognitive Mathematics* (S. 1 – 27). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-44982-7_30-1
- Kyttälä, M., Aunio, P., Lehto, J. E., van Luit, J. & Hautamäki, J. (2003). Visuospatial working memory and early numeracy. *Educational and Child Psychology*, 20(3), 65.
- Lachance, J. A. & Mazocco, M. M. M. (2006). A longitudinal analysis of sex differences in math and spatial skills in primary school age children. *Learning and Individual Differences*, 16(3), 195 – 216. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2005.12.001>
- Martin, B. N. & Fuchs, L. S. (2019). The Mathematical Performance of At-Risk First Graders as a Function of Limited English Proficiency Status. *Learning Disability Quarterly*, 42(4), 244 – 251. <https://doi.org/10.1177/0731948719827489>
- Mazocco, M. M. M. & Kover, S. T. (2007). A longitudinal assessment of executive function skills and their association with math performance. *Child Neuropsychology*, 13(1), 18 – 45. <https://doi.org/10.1080/09297040600611346>
- Mazocco, M. M. M. & Myers, G. F. (2003). Complexities in identifying and defining mathematics learning disability in the primary school-age years. *Annals of Dyslexia*, 53(1), 218 – 253. <https://doi.org/10.1007/s11881-003-0011-7>
- McKenzie, B., Bull, R. & Gray, C. (2003). The effects of phonological and visual-spatial interference on children's arithmetical performance. *Educational and Child Psychology*, 20(3), 93 – 108.
- Michalczyk, K., Krajewski, K., Preßler, A. & Hasselhorn, M. (2013). The relationships between quantity-number competencies, working memory, and phonological awareness in 5- and 6-year-olds. *British Journal of Developmental Psychology*, 31, 408 – 424. <https://doi.org/10.1111/bjdp.12016>
- Milner, B. (1971). Interhemispheric differences in the localization of psychological processes in man. *British Medical Bulletin*, 27(3), 272 – 277. <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.bmb.a070866>
- Moraske, S., Penrose, A., Wyschkon, A., Kohn, J., Rauscher, L., Aster, M. von et al. (2018). Prävention von Rechenstörungen: Kurz- und mittelfristige Effekte einer Förderung der mathematischen Kompetenzen bei Risikokindern im Vorschulalter. *Kindheit und Entwicklung*, 27(1), 31 – 42. <https://doi.org/10.1026/0942-5403/a000242>
- Moraske, S., Wyschkon, A., Poltz, N., Kohn, J., Kucian, K., von Aster, M. et al. (2019). Indizierte Prävention von Rechenschwächen im Vorschulalter: Effekte bis Klasse 3. *Lernen und Lernstörungen*, 8, 141 – 153. <https://doi.org/10.1024/2235-0977/a000224>
- Nguyen, T., Watts, T. W., Duncan, G. J., Clements, D. H., Sarama, J. S., Wolfe, C. et al. (2016). Which preschool mathematics competencies are most predictive of fifth grade achievement? *Early Childhood Research Quarterly*, 36, 550 – 560. <https://doi.org/10.1016/j.ecresq.2016.02.003>
- Peng, P. & Lin, X. (2019). The relation between mathematics vocabulary and mathematics performance among fourth graders. *Learning and Individual Differences*, 69, 11 – 21. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2018.11.006>
- Peng, P., Lin, X., Ünal, Z. E., Lee, K., Namkung, J., Chow, J. et al. (2020). Examining the Mutual Relations between Language and Mathematics: A Meta-Analysis. *Psychological Bulletin*, 146(7), 595 – 634. <https://doi.org/10.1037/bul0000231>
- Poltz, N., Quandt, S., Kohn, J., Kucian, K., Wyschkon, A., Aster, M. et al. (2022). Does It Count? Pre-School Children's Spontaneous Focusing on Numerosity and Their Development of Arithmetical Skills at School. *Brain Sciences*, 12(3), 313. <https://doi.org/10.3390/brainsci12030313>
- Prediger, S. (2019). Mathematische und sprachliche Lernschwierigkeiten: Empirische Befunde und Förderansätze am Beispiel des Multiplikationskonzepts. *Lernen und Lernstörungen*, 8, 247 – 260. <https://doi.org/10.1024/2235-0977/a000268>
- Purpura, D. J., Napoli, A. R., Wehrspann, E. A. & Gold, Z. S. (2017). Causal Connections Between Mathematical Language and Mathematical Knowledge: A Dialogic Reading Intervention. *Journal of Research on Educational Effectiveness*, 10(1), 116 – 137. <https://doi.org/10.1080/19345747.2016.1204639>
- Rademacher, J., Lehmann, W., Quaiser-Pohl, C., Günther, A. & Trautewig, N. (2009). *Mathematik im Vorschulalter*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Rasmussen, C. & Bisanz, J. (2005). Representation and working memory in early arithmetic. *Journal of Experimental Child Psychology*, 91(2), 137 – 157. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2005.01.004>
- Roebbers, C. M. & Zoelch, C. (2005). Erfassung und Struktur des phonologischen und visuellräumlichen Arbeitsgedächtnisses bei 4-jährigen Kindern. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 37(3), 113 – 121. <https://doi.org/10.1026/0049-8637.37.3.113>
- Roick, T., Görliitz, D. & Hasselhorn, M. (2004). *DEMAT 3+ : Deutscher Mathematiktest für dritte Klassen*. Göttingen: Beltz.
- Savage, R., Carless, S. & Erten, O. (2009). The longer-term effects of reading interventions delivered by experienced teaching assistants. *Support for Learning*, 24(2), 95 – 100. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9604.2009.01405.x>
- Schimpl-Neimanns, B. (2003). *Umsetzung der Berufsklassifikation von Blossfeld auf die Mikrozinsen 1973 – 1998. ZUMA-Methodenbericht Nr. 10 / 2003*.
- Schmid, C., Zoelch, C. & Roebbers, C. M. (2008). Das Arbeitsgedächtnis von 4- bis 5-jährigen Kindern: Theoretische und empirische

- Analyse seiner Funktionen. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 40(1), 2–12. <https://doi.org/10.1026/0049-8637.40.1.2>
- Schnitzler, C. (2008). *Phonologische Bewusstheit und Schriftspracherwerb*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag.
- Schulz, F., Wyschkon, A., Gallit, F. S., Poltz, N., Moraske, S., Kucian, K. et al. (2018). Rechenprobleme von Grundschulkindern: Persistenz und Schulerfolg nach fünf Jahren. *Lernen und Lernstörungen*, 7, 67–80. <https://doi.org/10.1024/2235-0977/a000206>
- Shalev, R. S., Auerbach, J. & Gross-Tsur, V. (1995). Developmental dyscalculia behavioral and attentional aspects: A research note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 36(7), 1261–1268. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7610.1995.tb01369.x>
- Simanowski-Schulz, S. (2014). *Einfluss vorschulischer exekutiver Funktionen auf die Entwicklung von Lesen, Rechtschreiben und Rechnen in der Schuleingangsphase*. Gießen: Justus-Liebig-Universität.
- Smedt, B., Janssen, R., Bouwens, K., Verschaffel, L., Boets, B. & Ghesquiere, P. (2009). Working memory and individual differences in mathematics achievement: A longitudinal study from first grade to second grade. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103(2), 186–201. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2009.01.004>
- Souvignier, E. (2020). Interventionsforschung im Kontext Schule. In T. Hascher, T.-S. Idel, & W. Helsper (Hrsg.), *Handbuch Schulforschung* (S. 1–17). Springer Fachmedien. https://doi.org/10.1007/978-3-658-24734-8_9-1
- Weinert, F. E. & Helmke, A. (1993). Wie bereichsspezifisch verläuft die kognitive Entwicklung. In *Kognitive Entwicklung und Lernen der Naturwissenschaften. Tagungsband zum 20. IPN Symposium aus Anlass des 60. Geburtstages von Prof. Dr. Heinrich Stork* (S. 27–45). Universität Kiel, Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften.
- Weißhaupt, S., Peucker, S. & Wirtz, M. (2006). Diagnose mathematischen Vorwissens im Vorschulalter und Vorhersage von Rechenleistungen und Rechenschwierigkeiten in der Grundschule. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 53(4), 236–245.
- Xie, F., Zhang, L., Chen, X. & Xin, Z. (2020). Is Spatial Ability Related to Mathematical Ability: A Meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 32(1), 113–155. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09496-y>

Historie

Manuskript eingereicht: 11.11.2022
 Manuskript angenommen: 19.01.2023
 Onlineveröffentlichung: 03.02.2023

Danksagung

Wir bedanken uns bei allen beteiligten Kindern, Eltern, Erzieher_innen sowie Leiter_innen der teilnehmenden Kindertagesstätten und den zahlreichen studentischen wie auch wissenschaftlichen Hilfskräften und Praktikant_innen, ohne deren Engagement die Vielzahl der Untersuchungen nicht möglich gewesen wäre.

Förderung

Die Studie basiert auf Daten des SCHUES-Projektes (Schulbezogene Umschriebene Entwicklungsstörungen – Prävention und Therapie unter Einbezug neuronaler Korrelate und des Entwicklungsverlaufs). Das SCHUES-Projekt wurde finanziert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unter den Fördernummern 01GJ1011 und 01GJ1301.
 Open-Access-Veröffentlichung ermöglicht durch die Universität Potsdam.

ORCID

Nadine Poltz
 <https://orcid.org/0000-0001-7359-5197>
 Luisa Wagner
 <https://orcid.org/0000-0002-1961-1341>
 Juliane Kohn
 <https://orcid.org/0000-0003-1122-1776>
 Günter Esser
 <https://orcid.org/0000-0002-6183-7256>



Nadine Poltz

Inklusionspädagogik –
 Förderschwerpunkt Lernen
 Universität Potsdam
 Karl-Liebknecht-Str. 24 – 25
 14476 Potsdam
 Deutschland
poltz@uni-potsdam.de