



Humanwissenschaftliche Fakultät

Svenja Moraske | Anna Penrose | Anne Wyschkon | Juliane Kohn |
Larissa Rauscher | Michael von Aster | Günter Esser

Prävention von Rechenstörungen

Kurz- und mittelfristige Effekte einer Förderung der mathematischen
Kompetenzen bei Risikokindern im Vorschulalter

Suggested citation referring to the original publication:

Kindheit und Entwicklung 27 (2018) 31-42

DOI <https://doi.org/10.1026/0942-5403/a000242>

ISSN (print) 0942-5403

ISSN (online) 2190-6246

Postprint archived at the Institutional Repository of the Potsdam University in:

Postprints der Universität Potsdam

Humanwissenschaftliche Reihe ; 616

ISSN 1866-8364

<http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:kobv:517-opus4-434101>

DOI <https://doi.org/10.25932/publishup-43410>

Prävention von Rechenstörungen

Kurz- und mittelfristige Effekte einer Förderung der mathematischen Kompetenzen bei Risikokindern im Vorschulalter

Svenja Moraske¹, Anna Penrose¹, Anne Wyszkon¹, Juliane Kohn¹, Larissa Rauscher¹, Michael von Aster² und Günter Esser³

¹Universität Potsdam

²DRK Kliniken Berlin Westend

³Akademie für Psychotherapie und Interventionsforschung Potsdam

Zusammenfassung: Ziel ist die Überprüfung der kurz- und mittelfristigen Wirksamkeit einer vorschulischen Förderung des Mengen- und Zahlenverständnisses bei Kindern mit einem Risiko für die Entwicklung einer Rechenstörung. Es wurden 32 Risikokinder mit einer Kombination aus den Förderprogrammen *Mathematik im Vorschulalter* und *Mengen, zählen, Zahlen* im letzten Kindergartenjahr von den Erzieherinnen trainiert und mit 38 untrainierten Risikokindern verglichen. Hinsichtlich der kurzfristigen Wirksamkeit zeigten sich positive Trainingseffekte auf die numerischen Leistungen im letzten Kindergartenjahr. Es ließen sich keine signifikanten mittelfristigen Trainingseffekte auf die Rechenleistungen im zweiten Halbjahr der 1. Klasse finden. Das eingesetzte vorschulische Präventionsprogramm leistete danach einen wichtigen Beitrag zur kurzfristigen Verbesserung der mathematischen Basiskompetenzen.

Schlüsselwörter: Rechenstörung, Zahlen- und Mengenverständnis, Prävention, Risiko, Umschriebene Entwicklungsstörung

Prevention of Dyscalculia: Short-Term and Intermediate Effects of Stimulating Numerical Competencies for Children at Risk in Preschool

Abstract: A slew of studies has shown that training programs teaching numerical competencies have positive short-term effects on mathematical performance. The results for the intermediate effects are not consistent and there are only a few studies on this issue. The aim of this investigation was to evaluate the short-term and intermediate effects of a preschool training program stimulating numerical competencies for children at risk of developing dyscalculia ($\leq 10^{\text{th}}$ percentile). During the last kindergarten year, 32 children at risk were trained with a combination of the intervention *Mathematik im Vorschulalter* and *Mengen, zählen, Zahlen* by their kindergarten teachers, who were trained and supervised. Contents of the preschool training were: counting, number knowledge up to 10, comprehension of quantity concept, visual differentiation, spatial ability, simple arithmetic operation, handling of symbols, realizing abstract–logical correlations, and identifying cause–effect relations. The training lasted 11 weeks and took place twice a week (session duration = 30–40 min). Children who participated in at least 50% of the sessions were included. The control group consisted of 38 untrained children at risk. For measuring numerical competencies in kindergarten, a subtest of the instrument *Basisdiagnostik Umschriebener Entwicklungsstörungen im Vorschulalter – Version III* (BUEVA-III) was used, and for measuring mathematical performance the test *Deutsche Mathematiktest für erste Klassen* (DEMAT 1+) was used. Before the training there were no group differences between the training and control group regarding mathematical performance and overall intelligence. The training showed positive short-term effects for numerical competencies in the last kindergarten year (medium effect size). While trained children could significantly improve their mathematical competencies to an average level (from 34 to 41 *t*-value points), the performances of the untrained children stayed below average. Unfortunately, there were no significant intermediate effects for mathematical performance in the second half of the first grade. Regarding the diagnosis of dyscalculia as defined by the ICD-10, it was not possible to gather a sufficiently large sample in the first grade fulfilling the criteria to test differences between training and control groups. Methodological limitations of this study were the missing random allocation to treatment conditions, a large drop-out rate, and long testing periods. The preschool training that was used to stimulate numerical competencies contributed significantly toward improving numerical competencies in the short term. Further investigations will determine the long-term effects of the training in the second and third grade. This is particularly important because dyscalculia occurring from the second grade on is a stable phenomenon.

Keywords: developmental dyscalculia, numerical competence, prevention, risk, specific developmental disorder

SCHUES (Schulbezogene Umschriebene Entwicklungsstörungen – Prävention und Therapie unter Einbezug neuronaler Korrelate und des Entwicklungsverlaufs), gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (Förderkennzeichen: 01 GJ 1011).

In den letzten Jahren wurde konsistent gezeigt, dass die Rechenleistungen von Grundschulkindern aus bereits im Kindergartenalter diagnostizierten Vorläuferfertigkeiten prädiziert werden können (Aunola, Leskinen, Lerkkanen & Nurmi, 2004; Daseking & Petermann, 2011; Jordan, Glutting & Ramineni, 2010; Krajewski & Schneider, 2009). Zu solchen wichtigen Vorläuferfertigkeiten des schulischen Rechenerwerbs gehören Ziffernkenntnis und -identifikation, Zählfertigkeiten, Mengenerfassung sowie erste Mengenzerlegungen. Neben diesen fertigungsbezogenen Fähigkeiten wurde der Einfluss unspezifischer Faktoren bestätigt. Dazu zählen neben linguistischen Kompetenzen (v.a. phonologische Bewusstheit, Sprachverständnis für räumliche Begriffe und Wortschatz), die visuell-räumliche Aufmerksamkeit und die Zugriffsgeschwindigkeit auf Zahlenfakten aus dem Langzeitgedächtnis, aber auch das Arbeitsgedächtnis (Geary, Hannon & Hoard, 2000; Krajewski & Schneider, 2006; Krajewski & Schneider, 2009; LeFevre et al., 2010).

Die Kenntnis von Vorläuferfertigkeiten für das spätere Rechnen ermöglicht zum einen eine Früherkennung von Risiken und zum anderen einen Erfolg versprechenden Ausgangspunkt für Präventionsbemühungen, um drohenden Rechenschwierigkeiten entgegenzuwirken. Es wird davon ausgegangen, dass Rechenstörungen bei 1,8% (Esser, Wyschkon & Ballaschk, 2008) bis 2,5% (Wyschkon, Kohn, Ballaschk & Esser, 2009) der Schulkinder auftreten. Als psychische Begleiterscheinungen werden neben hyperkinetischen, und hier insbesondere den Aufmerksamkeitsstörungen (z.B. Auerbach, Gross-Tsur, Manor & Shalev, 2008; Gadeyne, Ghesquiére & Onghena, 2004; Fischbach, Schuchardt, Mähler & Hasselhorn, 2010; Kohn, Wyschkon & Esser, 2013b; Monuteaux, Faraone, Herzig, Navasaria & Biedermann, 2005; Shalev, Manor & Gross-Tsur, 2005; Zentall, 2007), auch internalisierende Auffälligkeiten (Fischbach et al., 2010; Jacobs & Petermann, 2003; Shalev et al., 2000; von Aster, 1996) diskutiert.

Trainingsstudien zur Förderung mathematischer Basiskompetenzen

In jüngster Zeit mehren sich Evaluationsstudien mit Augenmerk auf Potenzialen von Präventionsprogrammen, welche sich entwicklungsorientierten Kompetenzrückständen zuwenden. Im deutschsprachigen Raum existieren Programme wie *Ganzheitliche mathematische Frühförderung* (Umland & Ott, 2008), *Zahlenzauber* (Clausen-Suhr, 2008) und *Komm mit ins Zahlenland* (Friedrich & de Galgóczy, 2004), deren Evaluationsergebnisse zusammengefasst bei Schneider, Küspert und Krajewski (2016) zu finden sind. Eine Übersicht zu einem weiteren deut-

schen Förderprogramm (*Mina und der Maulwurf* von Gerlach & Fritz, 2011) und internationalen Konzepten zur Förderung mathematischer Kompetenzen findet sich bei Lambert (2015). Die hier genannten deutschsprachigen Präventionsprogramme wiesen zumeist kurzfristige, positive Effekte auf, während die Überprüfung von mittel- und langfristigen Trainingseffekten noch aussteht. Eine Ausnahme stellt dabei *Zahlenzauber* dar, das positive mittelfristige Effekte zeigte. Im Folgenden werden Trainingsstudien, welche auf eine Förderung mathematischer Basiskompetenzen abzielen, vorgestellt. Die dargestellten Untersuchungen befassen sich mit der Frage, ob die Teilnahme an einem Training mathematischer Vorläuferfertigkeiten eine positive Wirksamkeit auf die spätere Leistungsentwicklung in Mathematik hat. Es stellt sich in diesem Zusammenhang v.a. die Frage, ob auch Risikokinder, also Kinder mit einem Defizit in diesem Bereich, von solchen Präventionsprogrammen profitieren.

In den Niederlanden überprüften Van De Rijt und Van Luit (1998) die Wirksamkeit des *Additional Early Mathematics Programs* an Vier- bis Siebenjährigen, die im Vortest weniger als 45% der Rechenaufgaben korrekt gelöst hatten. Die Inhalte des Trainings bestehen in der Vermittlung von *Vergleichskonzepten*, der *Klassifikation*, der *Seriation*, der *Relation*, des *Zahlwortgebrauchs* sowie des *Zählens* und des *allgemeinen Zahlwissens*. Die trainierten Kinder ($n = 53$) verbesserten sich hinsichtlich ihrer rechnerischen Kompetenzen signifikant, was sowohl unmittelbar ($d = 1.28$, großer Effekt) als auch sieben Monate nach dem Training ($d = 0.63$, mittlerer Effekt) relativ zu einer rechenschwachen Kontrollgruppe, die regulären Matheunterricht bekommen hatte ($n = 53$), nachweisbar war. 18% der teilnehmenden Kinder konnten jedoch aufgrund von Krankheit oder Umzug nicht nachuntersucht werden.

Van Luit und Schopman (2000) untersuchten fünf- bis siebenjährige Kindergartenkinder mit schwachen rechnerischen Fähigkeiten ($PR \leq 25$), die das *Early Numeracy Program* (Anleitung zum Zählenlernen) erhielten. Eine Woche nach Beendigung des Trainings zeigte sich eine signifikante Verbesserung der Trainingsgruppe gegenüber der untrainierten Risikogruppe in den folgenden Aspekten mathematischer Vorläuferfertigkeiten: *Vergleichskonzepte*, *Zahlwortgebrauch*, *Zählfertigkeiten* sowie *allgemeines Zahlwissen*. Dabei waren die Risikokinder der Trainingsgruppe der untrainierten Risikogruppe mit einer Effektstärke von $d = 1.44$ (großer Effekt) deutlich überlegen. Allerdings konnte kein Transfer auf neuartige Aufgaben in den Bereichen *Zählen*, *Vergleich*, *Seriation*, *Teilen*, *Vervollständigen*, *Addition* und *Subtraktion* nachgewiesen werden. Nach Angaben der Autoren könnte der Grund hierfür darin liegen, dass der Transfer der gelernten Strategien expliziter trainiert werden muss. Außerdem wer-

den in dieser Untersuchung keine Aussagen zu längerfristigen Trainingswirkungen auf die schulische Mathematikleistung getroffen.

Im deutschsprachigen Raum wurde das Programm *Mengen, zählen, Zahlen* (kurz: MZZ; Krajewski, Nieding & Schneider, 2007) zur Frühförderung der Mengen-Zahlen-Kompetenz, welches auf dem Modell der Zahl-Größen-Verknüpfung (z. B. Krajewski, 2013) aufbaut, entwickelt. Die Wirksamkeit der ersten Version des Programms wurde in einem Trainings-Kontrollgruppen-Design an 260 Kindern ohne Risikostatus überprüft (Krajewski, Nieding & Schneider, 2008). Unmittelbar nach dem Training und am Ende der Kindergartenzeit (sieben Monate nach Trainingsende) zeigte die MZZ-Gruppe eine signifikant höhere Mengen-Zahlen-Kompetenz als die Kontrollgruppe und die Gruppe, die das Denktraining I von Klauer (1989) absolviert hatte. Hierbei zeigten sich kleine Effektstärken, welche um Vortestunterschiede hinsichtlich mathematischer Vorläuferfertigkeiten bereinigt wurden, für die kurz- ($d = 0.25$ relativ zur Kontrollgruppe bzw. $d = 0.34$ im Vergleich zur Gruppe mit Denktraining) und mittelfristige Wirksamkeit ($d = 0.31$ bzw. $d = 0.42$). Allerdings fanden sich keine Transfereffekte der MZZ-Förderung auf die Mathematikleistung am Ende der ersten Klasse im Vergleich zur Kontroll- und Denktrainingsgruppe. Weil die verschiedenen Bedingungen nicht zufällig auf die Kindergärten verteilt werden konnten, zeigten sich in den unspezifischen Ausgangsbedingungen tendenziell Vorteile der Kontrollgruppe gegenüber der Trainingsgruppe. Die kleinen Effektstärken führen die Autoren darauf zurück, dass es möglicherweise einen raschen Zuwachs an Mengen-Zahlen-Kompetenzen im Kindergarten gegeben hat.

Eine weitere Wirksamkeitsstudie zum MZZ-Training (Ennemoser, Sinner & Krajewski, 2015) untersuchte 64 Erstklässler mit einem Risiko für die Entwicklung einer Rechenschwäche ($PR < 25$ im Test zu Zahl-Größen-Kompetenzen). Die Hälfte dieser Risikokinder wurde mit dem MZZ (Ebene 2 und 3) trainiert, die andere Hälfte bekam schulischen Förderunterricht. Es zeigten sich signifikante, kurzfristige Trainingseffekte (Interaktion Versuchsbedingung x Testzeitpunkt) auf die Zahl-Größen-Kompetenzen. Die um Vortestunterschiede korrigierte Effektstärke fiel für den Vergleich der beiden Gruppen mittelhoch aus ($d = 0.64$). Es konnte jedoch auch hier kein unmittelbarer Transfereffekt auf die vom Training nicht geförderten Rechenleistungen gefunden werden. Die Follow-up-Erhebung nach drei Monaten zeigte, dass der Trainingseffekt auf die Zahl-Größen-Kompetenz stabil geblieben ist ($d = 0.69$, mittlere Effektstärke). Im Transfertest auf die gesteigerten Rechenleistungen ergab sich bei mittlerer Effektgröße ($d = 0.52$) eine Überlegenheit für die Trainingsgruppe mit zeitlicher Verzögerung („Sleeper-Ef-

fekt“). Eine Limitation dieser Studie ist die fehlende systematische Kontrolle von Fördermaßnahmen der Kontrollgruppe.

Das Programm *Mathematik im Vorschulalter* (Rademacher, Lehmann, Quaiser-Pohl, Günther & Trautewig, 2009) hat zum Ziel, unterschiedliche kognitive Fähigkeitsbereiche zu fördern, die für das Verständnis mathematischer und naturwissenschaftlicher Zusammenhänge relevant sind. Die Evaluationsstudie von Rademacher, Trautewig, Günther, Lehmann und Quaiser-Pohl (2005) schloss 52 geförderte Vorschulkinder ein, die sich hinsichtlich des *Räumlichen Vorstellens* ($d = 0.48$), der *Mengenauffassung* ($d = 0.75$) und *Einfacher Rechenoperationen* ($d = 0.49$) bei mittlerer Effektgröße stärker verbesserten als die nicht geförderten Kinder ($n = 45$). Innerhalb beider Versuchsgruppen bestand ein heterogenes Leistungsprofil hinsichtlich mathematischer Vorläuferfertigkeiten. Die fehlenden Trainingseffekte auf die *Visuelle Differenzierungsfähigkeit*, den *Zahlbegriff*, den *Umgang mit Symbolen* sowie das *Erfassen abstrakt-logischer Zusammenhänge* könnten nach Angaben der Autoren auf den kurzen Förderzeitraum von acht Wochen sowie auf einer reduzierten Förderungsintensität der Kinder aufgrund von Krankheit oder Urlaub zurückzuführen sein. Ein Kind galt als trainiert, wenn es an mindestens 10 von 16 Sitzungen (62.5%) teilnahm. Da sich im Kindergartenalltag Fehlzeiten der Kinder nur schwer vermeiden lassen, erscheint solch ein liberal gewähltes Einschlusskriterium als sehr sinnvoll. Die Durchführung der Fördereinheiten wurde von verschiedenen Versuchsleitern, welche vor jeder Fördereinheit eine Schulung in der Anwendung des Programms absolvierten und probeweise Übungen durchführten, realisiert. Es stellt sich in diesem Zusammenhang die Frage, ob eine Umsetzung des Trainings unter alltagspraktischen Bedingungen durch ErzieherInnen mit einer weniger betreuungsintensiven Begleitung ähnliche Effekte erzielt. Außerdem bleibt offen, ob auch Risikokinder, also Kinder mit schwachen rechnerischen Vorläuferfertigkeiten, von diesem Training profitieren.

Das Training *Spielend Mathe* (Quaiser-Pohl, 2008) ist auf dem Programm *Mathematik im Vorschulalter* aufgebaut und dient der Förderung von mathematischen sowie intellektuellen Fähigkeiten. Die Überprüfung der Wirksamkeit erfolgte mittels eines Prä-Post-Designs an 180 Kindern ohne Risikostatus des letzten Kindergartenjahres. Signifikante Fördereffekte konnten im Hinblick auf die *Zahlbegriffsentwicklung* ($\eta^2 = .15$, große Effektstärke) und die *Visuelle Differenzierungsfähigkeit* ($\eta^2 = .09$, kleine Effektstärke) gefunden werden. Keine Wirksamkeit zeigte sich in den Bereichen *Mengenauffassung*, *räumliches Vorstellen* und *einfache Rechenoperationen*. Beim Follow-up, in der Mitte des ersten Schuljahres, zeigte die Trainingsgruppe ($n = 45$) relativ zu den untrainierten Kontrollkin-

dern ($n = 57$) bessere Ergebnisse in Tests zur Addition und Raumvorstellung¹. Bezüglich der Untertests *Zahlenfolgen*, *Einfaches Zählen* und *Subtraktion* konnten jedoch keine Trainingseffekte gesichert werden. Kritisch zu sehen sind die fehlenden Angaben zu Vorgruppenunterschieden und der hohe Drop-Out zur Follow-up-Untersuchung.

Eine Reihe von Untersuchungen zeigt somit übereinstimmend, dass sowohl unselektierte Vorschulkinder mit heterogenem Leistungsprofil hinsichtlich mathematischer Basiskompetenzen als auch solche, die gefährdet für die Entwicklung einer Rechenstörung sind, von Programmen zur Förderung mathematischer Basiskompetenzen kurzfristig profitieren. Die Befundlage zu den mittel- bzw. langfristigen Effekten auf die Rechenleistungen und insbesondere zum Transfer auf nicht direkt trainierte mathematische Kompetenzen fällt hingegen nicht einheitlich zugunsten klarer Effekte der Förderung aus. Diesbezüglich sind bisher auch nur wenige Studien verfügbar. Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Frage der Wirksamkeit eines unter alltagsnahen Bedingungen im letzten Kindergartenjahr durch die Erzieherinnen durchgeführten elfwöchigen Präventionsprogramms zur Verbesserung der mathematischen Basiskompetenzen. Hierbei wurden bei Risikokindern für die Entwicklung einer Rechenstörung die Effekte auf die Rechenleistungen direkt nach der Intervention und im zweiten Halbjahr der ersten Klasse untersucht. Zudem wurde geprüft, ob sich durch die Förderung die Zahl betroffener Kinder mit einer Rechenschwäche bedeutsam vermindern lässt.

Methodik

Untersuchungsablauf und Stichprobe

Die verwendeten Daten entstammen der großen epidemiologischen Längsschnittstudie SCHUES (Schulbezogene Umschriebene Entwicklungsstörungen – Prävention und Therapie unter Einbezug neuronaler Korrelate und des Entwicklungsverlaufs), die vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert wurde (Förderkennzeichen: 01 GJ 1011) und zu Beginn knapp 1900 Kinder umfasste. Im Rahmen des gesamten SCHUES-Projektes waren fünf Untersuchungszeitpunkte vorgesehen, die einmal jährlich stattfanden, um die Kinder vom vorletzten Kindergartenjahr bis in das dritte Grundschuljahr zu be-

gleiten. Um mittel- und langfristige Aussagen zu den Trainingseffekten treffen zu können, wurden diejenigen Kinder, die im Kindergarten einen Risikostatus aufwiesen und entweder vom Schulbesuch zurückgestellt wurden und/oder Klassen wiederholt haben, zu einem zusätzlichen Messzeitpunkt untersucht und durchliefen dementsprechend insgesamt sechs Untersuchungszeitpunkte.

Die vorliegende Fragestellung wurde mit einem Prätest-Posttest-Follow-up-Design untersucht. Es handelte sich um ein quasi-experimentelles Design mit einer Trainings- und einer Kontrollgruppe, wobei die Zuordnung der Kinder zu den Versuchsgruppen nicht-randomisiert erfolgte.

Zwischen dem ersten (t_1 : vorletztes bzw. letztes Kindergartenjahr, Erhebungszeitraum: April bis Dezember 2011) und dem zweiten Messzeitpunkt (t_2 : letztes Kindergartenjahr, Erhebungszeitraum: März bis August 2012) wurde mit Risikokindern für die Entwicklung einer Rechenstörung (RS) in den Kindergärten der Trainingsgruppe eine elfwöchige Förderung des Mengen- und Zahlenverständnisses durchgeführt, die im letzten halben Kindergartenjahr (Januar bis Juni 2012) stattfand². Der dritte Untersuchungszeitpunkt (t_3 : Follow-up, Erhebungszeitraum: März bis September 2013) erfolgte für die meisten Kinder im zweiten Halbjahr des ersten Schuljahres. Die Ergebnisse derjenigen Kinder, die vom Schulbesuch zurückgestellt wurden und sich erst zum vierten regulären Messzeitpunkt (t_4 : zweiter Follow-up, Erhebungszeitraum: Februar bis Juli 2014) in der ersten Klasse befanden, wurden mit denen der regulär eingeschulter Kinder von t_3 getrennt nach Trainings- und Kontrollgruppe zusammengeführt.

Als Kriterium für die Risikodefinition wurde das Ergebnis im Test zum Zahlen- und Mengenverständnis der Normierungsversion der *Basisdiagnostik Umschriebener Entwicklungsstörungen im Vorschulalter – Version III* (BUEVA-III; Esser & Wyszkon, 2016) zu t_1 herangezogen. Dabei sind Kinder, die einen $PR \leq 10$ (T-Wert < 38) erzielten, als Risikokinder definiert worden. Dieses Kriterium wurde zum einen gewählt, da Umschriebene Entwicklungsstörungen der schulischen Funktionen in der deutschen Forschungspraxis häufig mit diesem Diskrepanzkriterium von 1.2 SD zum Mittelwert der Klassenstufe definiert werden (vgl. Fischbach et al., 2013). Zum anderen sollte ein vergleichsweise strenges Kriterium herangezogen werden (nicht etwa nur ein $PR \leq 25$), um nicht nur Spontanheilungen bei geringfügigen Defiziten, son-

¹ Effektgrößen können aufgrund fehlender Angaben nicht berechnet werden.

² Die Prävention begann in allen Kindergärten im Januar/Februar 2012. Ein Teil der Kinder, die ein Risiko für die Entwicklung einer Lese-Rechtschreibstörung (LRS) aufwiesen, erhielten ein Training zur phonologischen Bewusstheit in Anlehnung an *Hören, Lauschen, Lernen* (Küspert & Schneider, 2008) und *Hören, Lauschen, Lernen 2* (Plume & Schneider, 2004), auf das in den folgenden Ausführungen nur im Zusammenhang mit dem Ausschluss eines Kindes aus der Trainingsgruppe eingegangen wird.

Tabelle 1. Gruppenzusammensetzung der teilnehmenden Risikokinder für die Entwicklung einer RS über die verschiedenen Messzeitpunkte

	Trainingsgruppe	Kontrollgruppe
	Ausgangsgruppe: $n = 44$	Ausgangsgruppe: $n = 44$
Prätest t_1 (Kindergarten)	Ausschluss: Phonologisches Training: $n = 1$ Trainingsabbruch: $n = 9$	
	Trainingsgruppe gültig t_1 : $n = 34$ gültige Ausgangsgruppe t_1 : $n = 34$	Kontrollgruppe gültig t_1 : $n = 44$ gültige Ausgangsgruppe t_1 : $n = 44$
Posttest t_2 (Kindergarten)	Ausschluss: keine Testung: $n = 2$	Ausschluss: keine Testung: $n = 6$
	Trainingsgruppe gültig t_2 : $n = 32$ gültige Ausgangsgruppe t_1 : $n = 34$	Kontrollgruppe gültig t_2 : $n = 38$ gültige Ausgangsgruppe t_1 : $n = 44$
Follow-up t_3/t_4 (1. Klasse)	Ausschluss: keine Testung: $n = 19$	Ausschluss: keine Testung: $n = 20$
	Trainingsgruppe gültig $t_{3/4}$: $n = 15$ davon: 12 regulär Eingeschulte (t_3 : 1. Klasse) 3 Rücksteller (t_4 : 1. Klasse)	Kontrollgruppe gültig $t_{3/4}$: $n = 24$ davon: 19 regulär Eingeschulte (t_3 : 1. Klasse) 5 Rücksteller (t_4 : 1. Klasse)

dern tatsächliche Präventionserfolge zu erfassen. Von den 1897 zu t_1 untersuchten Kindern zeigten 88 ein Risiko für die Entwicklung einer RS, ohne zugleich auch ein Risiko für eine Lese-Rechtschreibstörung (ermittelt über den Untertest zur phonologischen Bewusstheit aus der BUEVA-III) oder eine Intelligenzminderung ($IQ < 70$) aufzuweisen. Die Zuordnung der Kindertagesstätten zur Trainings- und Kontrollgruppe erfolgte nicht zufällig, weil es für die Untersuchung unabdingbar war, dass die an der Prävention teilnehmenden Kindergärten zum einen Räumlichkeiten bereitstellten und zum anderen eine Erzieherin mit der Präventionsarbeit beauftragten. 44 Risikokinder für eine RS hatten das Training begonnen, neun davon haben das Training abgebrochen (20.5%), ein Kind wurde aufgrund einer parallel stattfindenden Förderung der phonologischen Bewusstheit ausgeschlossen (2.3%)³ und zwei Kinder nahmen am Posttest (t_2) nicht teil (4.5%). Die Kontrollgruppe setzte sich ebenfalls aus ursprünglich 44 Risikokindern zusammen, wobei sechs Kinder nicht am Posttest (t_2) teilnahmen (13.6%). Zur Analyse der kurzfristigen Wirksamkeit bildeten somit 32

Risikokinder für die Entwicklung einer RS die Trainingsgruppe und 38 Kinder mit einem Risiko für eine spätere RS die Kontrollgruppe.

Für die Analyse der mittelfristigen Trainingseffekte in der ersten Klasse wurden die regulär Eingeschulten (zu t_3 in Klasse 1: Trainingsgruppe: $n = 12$, Kontrollgruppe: $n = 19$) mit den Kindern, die vom Schulbesuch zurückgestellt worden waren (zu t_4 in Klasse 1: Trainingsgruppe: $n = 3$, Kontrollgruppe: $n = 5$)⁴ getrennt nach Trainings- und Kontrollgruppe zusammengeführt. Es verblieben also noch 15 Kinder in der Trainingsgruppe und 24 Kinder in der Kontrollgruppe, die in der ersten Klasse nachuntersucht werden konnten. Die übrigen Familien waren entweder verzogen oder beendeten die Studienteilnahme vor Schuleintritt (Trainingsgruppe: $n = 19$; Kontrollgruppe: $n = 20$). In Tabelle 1 sind die Gruppenzusammensetzungen für die einzelnen Messzeitpunkte detailliert beschrieben.

Die Dropout-Analysen zur Trainingsgruppe für den Posttest (t_2) zeigten, dass zwischen den dabeigebiebenen und den ausgeschiedenen Trainingskindern eingangs keine relevanten Ausgangsunterschiede hinsichtlich der

³ Die Erzieherin wählte dieses Kind zum „Auffüllen“ einer LRS-Präventionsgruppe aus, ohne dass es zu t_1 schwache Leistungen in der *Phonologischen Bewusstheit* der BUEVA-III erbracht hatte. Da mögliche Präventionserfolge bezüglich der Rechenentwicklung bei diesem Kind nicht ausschließlich auf das anvisierte Programm zum Zahlen- und Mengenverständnis rückführbar wären, wurde es von den Analysen ausgeschlossen.

⁴ Ein Kind der Kontrollgruppe war kein „Rücksteller“ im eigentlichen Sinne, sondern eines, das wegen seines späten Geburtstermins regulär im Jahr 2013 eingeschult wurde. Dieses befand sich daher zur t_4 -Erhebung regulär in der ersten Klasse. Da der zeitliche Abstand zwischen t_1 und der Follow-up-Erhebung dieses Kindes dem der zurückgestellten Kinder entsprach, wurde es nicht aus der Datenanalyse ausgeschlossen.

Rechenfertigkeiten ($t(32) = -0.47, p = .64$) und der Gesamtintelligenz der Kinder ($t(32) = -1.07, p = .29$) bestanden. Die Trainingskinder, die zum Follow-up (t_2) teilnahmen bzw. diesen verweigerten unterschieden sich zu t_1 nicht bezüglich des Zahlen- und Mengenverständnisses ($t(32) = -0.09, p = .93$). Allerdings zeigten die trainierten Teilnehmer der ersten Klasse zu t_1 bei großer Effektstärke eine signifikant höhere Gesamtintelligenz als die Verweigerer der Follow-up-Untersuchung ($t(32) = -2.29, p = .03, d = 0.79$). In der Kontrollgruppe gab es zum Posttest zwischen den Teilnehmern und Verweigerern keine relevanten t_1 -Unterschiede mit Blick auf die Gesamtintelligenz ($t(42) = 0.03, p = .98$) und die Rechenfertigkeiten ($t(42) = -0.60, p = .55$). In der ersten Klasse waren die teilnehmenden und ausgeschiedenen Kinder der Kontrollgruppe hinsichtlich der Gesamtintelligenz ($t(42) = -1.97, p = .11$) sowie des Zahlen- und Mengenverständnisses ($U = 170.50, z = -1.66, p = .10$) zu t_1 ebenfalls vergleichbar. Hier wurde der Mann-Whitney-U-Test angewandt, da die Voraussetzungen für die Durchführung eines t-Tests nicht erfüllt waren.

Durchführung des Förderprogrammes

Das hier durchgeführte Training zur Förderung des Zahlen- und Mengenverständnisses basierte auf den Programmen *Mathematik im Vorschulalter* (Rademacher et al., 2009) und *MZZ* (Krajewski et al., 2007), wobei der Schwerpunkt auf ersterem (etwa 75 % aller Übungen) lag. Aufgrund der besseren Ergebnisse zur mittelfristigen Wirksamkeit wurde schwerpunktmäßig das Programm *Mathematik im Vorschulalter* gewählt. Einzelne Lektionen aus dem *MZZ* wurden ergänzend hinzugefügt, da die sichere Verwendung von Zahlwörtern und Anzahlkonzepten entscheidende mathematische Vorläuferkompetenzen für die Durchführung einfacher Rechenoperationen darstellen (Krajewski et al., 2008).

Aus dem *MZZ* wurden Übungsaufgaben zu numerischen Basiskompetenzen (Zählen und Ziffernkenntnis bis 10) sowie zum Verständnis des Anzahlkonzepts verwendet. Die trainierten Fähigkeitsbereiche aus *Mathematik im Vorschulalter* umfassten die *Visuelle Differenzierungsfähigkeit*, das *Räumliche Vorstellen*, die *Mengenauffassung*, den *Zahlbegriff*, *Einfache Rechenoperationen*, den *Umgang mit Symbolen*, das *Erfassen abstrakt-logischer Zusammenhänge* und das *Erkennen von Ursache-Wirkungs-Beziehungen*. Eine Übungseinheit dauerte, wie in den Originalprogrammen vorgesehen, etwa 30 bis 40 Minuten. Das Training wurde im Kindergarten von den Erzieherinnen durchgeführt, welche zuvor in einer zweitägigen Schulung mit dem Programm vertraut gemacht worden waren und probe-weise Übungen durchgeführt hatten. Nachdem etwa die

Hälfte des Programmes durchlaufen war, erfolgte eine Supervision durch einen Mitarbeiter direkt vor Ort. Die Erzieherinnen hatten zudem die Möglichkeit, jederzeit telefonische Beratung in Anspruch zu nehmen, was aber wenig genutzt worden ist. Das Training wurde in Kleingruppen, bestehend aus drei bis sechs Kindern, durchgeführt.

Diagnostische Erhebungsverfahren

Das *Zahlen- und Mengenverständnis* wurde zu t_1 und t_2 mit der Normierungsversion der BUEVA-III erfasst. In diesem Untertest werden folgende Bereiche untersucht: Zählfertigkeiten (vorwärts und rückwärts), Größen- und Mengenerfassung, Zahlenlesen sowie einfache Additionen und Subtraktionen. Letztgenannte Aufgaben können zum Teil durch Abzählen auf den Bildvorlagen gelöst werden, in Teilen ist aber eine Lösung im Kopf bzw. durch Fingerzählen erforderlich. Die zu t_1 berechnete interne Konsistenz beträgt $\alpha = .87$ ($n = 1865$, Itemzahl: 27). Die Ergebnisse im *Zahlen- und Mengenverständnis* zu t_1 dienten der Überprüfung von Vortestunterschieden im Hinblick auf mathematische Basiskompetenzen zwischen den Versuchsgruppen sowie als Kriterium für die Risikodefinition. Die Ergebnisse im Posttest (t_2) wurden zur Prüfung von kurzfristigen Trainingseffekten herangezogen.

Zur Ermittlung der *Gesamtintelligenz* werden in der BUEVA-III die T-Werte aus den Untertests zur nonverbalen und verbalen Intelligenz genutzt. Im Untertest *Nonverbale Intelligenz* soll ein Kind aus mehreren Alternativen jenes Bild auswählen, welches nicht zu den anderen passt. Der Test *Verbale Intelligenz* fordert vom Kind, einen Satz zu ergänzen, in dem eine Analogie gebildet werden muss. Die interne Konsistenz der Normierungsversion der BUEVA-III lag für die Gesamtintelligenz zu t_1 bei $\alpha = .88$ ($n = 1864$, Itemzahl: 53) auf. Die Erfassung der *Gesamtintelligenz* ermöglichte den Ausschluss intelligenzgeminderter Kinder und eine Überprüfung relevanter Vortestunterschiede zwischen den Versuchsgruppen.

Zur Untersuchung längerfristiger Trainingseffekte auf die schulische Mathematikleistung in der ersten Klasse kam zu t_3 bzw. t_4 der *Deutsche Mathematiktest für erste Klassen* (DEMAT 1+; Krajewski, Küspert & Schneider, 2002) zum Einsatz, der folgende Untertests enthält: *Mengen-Zahlen*, *Zahlenraum*, *Addition und Subtraktion*, *Zahlenzerlegung-Zahlenergänzung*, *Teil-Ganzes*, *Kettenaufgaben*, *Ungleichungen* und *Sachaufgaben*. Die Retestreliabilität wird mit $r = .65$ angegeben, die interne Konsistenz für den Gesamttest liegt bei $\alpha = .89$ (Krajewski et al., 2002). Es erfolgte eine eigene Normierung in Schulhalbjahresschritten anhand von 1119 Erstklässlern, da die Originalnormen erst ab dem Ende der ersten Klasse gelten, die

Tabelle 2. Beschreibung der Trainings- und Kontrollgruppe für die Auswertung der kurzfristigen Wirksamkeit des Präventionsprogrammes (zweiseitige Testung)

	Trainingsgruppe (n = 32)	Kontrollgruppe (n = 38)	Teststatistik
Alter zu t ₁ (in Monaten)	M = 60.94 (SD = 3.59)	M = 63.66 (SD = 4.88)	U = 406.50 ^a p = .02
Alter zu t ₂ (in Monaten)	M = 71.50 (SD = 4.17)	M = 72.84 (SD = 4.72)	t(68) = 1.25 p = .22
Gesamtintelligenz zu t ₁ (in T-Werten)	M = 42.13 (SD = 5.98)	M = 41.26 (SD = 6.18)	t(68) = -0.59 p = .58
Geschlecht (Anzahl)	15 m (47%) 17 w (53%)	21 m (55%) 17 w (45%)	χ ² (1) = 0.49 p = .48

Anmerkungen: ^aVoraussetzungen für die Durchführung eines t-Tests nicht erfüllt.

Tabelle 3. Leistungen im Zahlen- und Mengenverständnis (ZMV) im Prä- und Posttest bei den trainierten und untrainierten Risikokindern für die Entwicklung einer RS (Angaben in T-Wert-Punkten)

	Trainingsgruppe (n = 32)	Kontrollgruppe (n = 38)	Teststatistik
ZMV t ₁	M = 33.88 (SD = 2.54)	M = 33.68 (SD = 2.60)	t(68) = -0.31 p = .76 ^a
ZMV t ₂	M = 40.84 (SD = 6.23)	M = 36.29 (SD = 6.96)	t(68) = -2.86 p = .003 ^b
	t(31) = -5.92 p < .001 ^a	t(37) = -2.12 p = .04 ^a	

Anmerkungen: ZMV = Zahlen- und Mengenverständnis. ^azweiseitige Testung. ^beinseitige Testung.

eigene Stichprobe zu t₃ aber im Zeitraum zwischen März und September untersucht wurde. Die Normierungsstichprobe setzte sich dabei aus allen Kindern der SCHUES-Studie, die zu t₃ die erste Klassenstufe besuchten, zusammen, unabhängig von der Risikodefinition und der Trainingsteilnahme.

Ergebnisse

Kurzfristige Wirksamkeit

Die Ergebnisse zur kurzfristigen Wirksamkeit der Förderung des Zahlen- und Mengenverständnisses (knapp fünf Wochen nach Abschluss des Trainings) schließen 32 trainierte Kinder mit vollständigen Daten zu t₁ und t₂ ein. Diese wiesen zwar ein Risiko für die Entwicklung einer RS, nicht jedoch für eine LRS, auf. Aufgrund von Krankheit, Urlaub o.ä. konnte eine Teilnahme aller Kinder der Trainingsgruppe an allen Fördereinheiten nicht realisiert werden. Um eine alltagsnahe Auswertung der Ergebnisse zu ermöglichen, wurden die Kinder, die an mindestens 12 der 22 Fördereinheiten teilnahmen, in die Auswertung einbezogen. Die Anzahl der Fehltag betrug durch-

schnittlich 3.4 Tage (SD = 3.5, Min = 0, Max = 10). Der Posttest der Trainingsgruppe fand im Mittel 45 Wochen (Min = 33, Max = 60) nach der t₁-Erhebung statt. Die Kontrollgruppe umfasste 38 untrainierte Risikokinder für eine RS, jedoch ohne LRS-Risiko. Der zeitliche Abstand zwischen dem Prä- und Posttest betrug bei den untrainierten Kindern durchschnittlich 39 Wochen (Min = 26, Max = 54). Die Unterschiede zwischen beiden Gruppen hinsichtlich des Alters zu t₁ sind durch die Anwendung von altersbezogenen Normwerten für die folgenden Resultate unerheblich. Es gab vor dem Training keine Unterschiede bezüglich der Intelligenz oder des Geschlechterverhältnisses zwischen beiden Gruppen (siehe Tab. 2).

In der Trainingsgruppe sprachen 84.4% ausschließlich Deutsch zu Hause, 12.5% sprachen neben Deutsch noch eine andere Sprache und 3.1% sprachen mit den Eltern ausschließlich eine andere Sprache (Kontrollgruppe: 76.3% ausschließlich Deutsch, 13.2% bilingual mit Deutsch, 10.5% keine Angaben).

Die Trainings- und Kontrollgruppe unterschieden sich hinsichtlich der mathematischen Leistungen vor dem Training nicht (siehe Tab. 3). Eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit der Gruppenzugehörigkeit (Training/kein Training) als unabhängigen Faktor und dem Erhebungszeitpunkt (prä/post) als Messwiederholungsfaktor wurde

Tabelle 4. Beschreibung der Trainings- und Kontrollgruppe für die Auswertung der mittelfristigen Wirksamkeit des Präventionsprogrammes (zweiseitige Testung)

	Trainingsgruppe (n = 15)	Kontrollgruppe (n = 24)	Teststatistik
Alter zu t_1 (in Monaten)	M = 60.80 (SD = 3.67)	M = 63.21 (SD = 4.52)	$t(37) = 1.74$ $p = .09$
Alter in Klasse 1 (in Monaten)	M = 84.60 (SD = 5.83)	M = 87.04 (SD = 5.50)	$t(37) = 1.32$ $p = .20$
Gesamtintelligenz zu t_1 (in T-Werten)	M = 44.33 (SD = 5.82)	M = 42.67 (SD = 6.47)	$t(37) = -0.81$ $p = .42$
Geschlecht (Anzahl)	7 m (47%) 8 w (53%)	12 m (50%) 12 w (50%)	$\chi^2(1) = 0.04$ $p = .84$

Tabelle 5. Vergleich der Trainings- und Kontrollgruppe hinsichtlich der mathematischen Fertigkeiten zu t_1 und in der ersten Klasse (Angaben in T-Wert-Punkten)

	Trainingsgruppe (n = 15)	Kontrollgruppe (n = 24)	Teststatistik
ZMV t_1	M = 33.87 (SD = 2.33)	M = 32.92 (SD = 2.88)	$t(37) = -1.07$ $p = .29^a$
Rechnen 1. Klasse	M = 41.60 (SD = 7.35)	M = 37.79 (SD = 9.30)	$t(37) = -1.34$ $p = .09^b$
	$t(14) = -3.94$ $p = .001^a$	$t(23) = -2.62$ $p = .02^a$	

Anmerkungen: ZMV = Zahlen- und Mengenverständnis. ^azweiseitige Testung. ^beinseitige Testung.

angewendet. Sie ergab einen signifikanten Haupteffekt der Zeit ($F(1, 68) = 30.95, p < .001$), einen signifikanten Haupteffekt der Gruppe ($F(1, 68) = 7.85, p = .007$) und einen signifikanten Interaktionseffekt Gruppe \times Zeit ($F(1, 68) = 6.43, p = .014$) für die Leistungen im Zahlen- und Mengenverständnis. Die Kinder der Trainingsgruppe konnten sich diesbezüglich von einem unterdurchschnittlichen auf ein durchschnittliches Niveau verbessern (von 34 auf 41 T-Wert-Punkte); die mathematischen Fertigkeiten der Kontrollgruppe hingegen blieben trotz signifikanter Leistungssteigerung im unterdurchschnittlichen Bereich. Die Analysen mittels t-Tests zeigten einen signifikanten Unterschied zwischen Trainings- und Kontrollgruppe hinsichtlich des Zahlen- und Mengenverständnisses im Posttest (siehe Tab. 3). Die um Vortestunterschiede korrigierte Effektstärke betrug $d = 0.61$, was als mittlerer Effekt zu interpretieren ist.

Mittelfristige Wirksamkeit

Für die Berechnungen zur mittelfristigen Wirksamkeit der Zahlen- und Mengenförderung liegen vollständige Daten des DEMAT 1+ von 15 geförderten Risikokindern für die Entwicklung einer RS und 24 ungeförderten Risikokindern vor. Die Follow-up-Erhebung fand für die regulär

eingeschulten Trainingskinder durchschnittlich 51 Wochen (Min = 38, Max = 70), für die Rücksteller 98 Wochen (Min = 92, Max = 108) nach dem Posttest statt. Die regulär eingeschulten Kinder der Kontrollgruppe nahmen am Follow-up durchschnittlich 55 Wochen (Min = 47, Max = 70), die zu t_4 getesteten Erstklässler 94 Wochen (Min = 81, Max 106) nach der t_2 -Erhebung teil.

Für die Gesamtintelligenz zu t_1 , das Alter der Kinder in der ersten Klasse und das Geschlechterverhältnis waren beide Gruppen vergleichbar. Die tendenziellen Unterschiede zwischen beiden Gruppen hinsichtlich des Alters zu t_1 sind durch die Anwendung von altersbezogenen Normwerten für die folgenden Resultate unerheblich (siehe Tab. 4).

Die verbleibenden Teilnehmer in der Trainingsgruppe und in der Kontrollgruppe wiesen vor dem Training vergleichbare Werte in den mathematischen Kompetenzen auf. Die Trainingsgruppe konnte sich von einem unterdurchschnittlichen auf ein durchschnittliches Niveau verbessern (von 34 auf 42 T-Wert-Punkte); die Kinder der Kontrollgruppe blieben weiterhin im unterdurchschnittlichen Leistungsbereich (siehe Tab. 5). Zur Überprüfung der Wirksamkeit des Trainings kam eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit der Gruppenzugehörigkeit (Training/kein Training) als unabhängigen Faktor und dem Erhebungszeitpunkt (prä/follow-up) als Messwiederholungsfak-

tor zur Anwendung. Der Vergleich der geförderten und nicht-geförderten RS-Risikokinder ergab einen signifikanten Haupteffekt der Zeit ($F(1, 37) = 19.89, p < .001$), einen nicht signifikanten Haupteffekt Gruppe ($F(1, 37) = 2.35, p = .13$) sowie einen nicht signifikanten Interaktionseffekt Gruppe \times Zeit ($F(1, 37) = 1.02, p = .32$) für die mathematischen Leistungen. Die Folgeanalysen (t-Tests) deckten auf, dass sich Trainings- und Kontrollgruppe im Follow-up nicht signifikant voneinander unterschieden und beide Versuchsgruppen einen signifikanten Anstieg der Rechenleistung von t_1 zur ersten Klasse verzeichneten.

Abschließend wurde die Häufigkeit der Rechenschwächen zum Follow-up-Zeitpunkt analysiert. In der Trainingsgruppe zeigten 7 von 15 Kindern eine Rechenschwäche (T-Wert < 40 im DEMAT 1+), während in der Kontrollgruppe 14 von 24 Kinder eine Rechenschwäche aufwiesen (46.7% vs. 58.3%). Das relative Risiko betrug 1.25, d.h. das Risiko eine Rechenschwäche zu entwickeln, war in beiden Versuchsgruppen etwa gleich groß. Bei der Berechnung des eindimensionalen Chi-Quadrat-Tests wurde die Verteilung in der Kontrollgruppe als Referenz für jene in der Trainingsgruppe herangezogen. Der Unterschied in der Verteilung war nicht signifikant ($\chi^2(1) = 0.84, p = .18$, einseitige Testung).

Hinsichtlich der „echten“ umschriebenen Rechenstörungen im Sinne der ICD-10 (T-Wert im Rechnen ≤ 35 und Diskrepanz von 1.5 SD zur Gesamtintelligenz) waren in der vorliegenden Stichprobe zu wenige Kinder enthalten, um aus den Unterschieden zwischen Trainings- und Kontrollgruppen weitreichende Schlussfolgerungen zur Trainingswirksamkeit zu ziehen. In der Trainingsgruppe wurde im zweiten Halbjahr der ersten Klasse ein Kind mit einer Rechenstörung diagnostiziert, wohingegen in der Kontrollgruppe vier Betroffene die Kriterien erfüllten.

Diskussion

Kurzfristige Trainingseffekte

Kinder mit einem Risiko für die Entwicklung einer RS, die im letzten Kindergartenjahr spezifisch gefördert worden waren, profitierten bei mittlerer Effektstärke kurzfristig von der vorschulischen Präventionsmaßnahme. Die mittleren Leistungen der geförderten Risikokinder verbesserten sich im direkt nach dem Training durchgeführten Test zum Zahlen- und Mengenverständnis um sieben T-Wert-Punkte und lagen somit im Normbereich, während die Resultate der ungeförderten Risikokinder unterhalb der Norm blieben. Dieser Befund ist konsistent mit Studien, die Kindergartenkinder ohne anfängliche mathematische Defizite untersuchten (Krajewski et al., 2008; Radema-

cher et al., 2005; Quaiser-Pohl, 2008), als auch mit solchen, die ebenfalls Risikokinder evaluierten (Ennemoser et al., 2015; Van de Rijt & Van Luit, 1998; Van Luit & Schopman, 2000). Bei Van Luit und Schopman (2000) wurde nur ein Trainingseffekt auf die basisnumerischen Fertigkeiten gefunden, allerdings nicht bezüglich des Transfers auf Rechenleistungen. Die Autoren verwendeten eine Risikodefinition von $PR \leq 25$ (statt wie hier $PR \leq 10$), der Schwerpunkt des eingesetzten Programmes lag auf dem Zählenlernen und die Nachtestungen wurden eine Woche nach Trainingsende durchgeführt.

In Einklang mit der Studie von Ennemoser und Kollegen (2015) deckten die vorliegenden Daten eine mittlere Effektstärke für den kurzfristigen Trainingseffekt bei Risikokindern für die Entwicklung einer Rechenstörung auf.

Mittelfristige Trainingseffekte

In der zweiten Hälfte des ersten Schuljahres konnte kein signifikanter mittelfristiger Trainingseffekt der vorschulischen Präventionsmaßnahme nachgewiesen werden. Die für die Entwicklung einer Rechenstörung gefährdeten trainierten Kinder zeigten im ersten Schuljahr keine besseren Rechenleistungen als die Kontrollgruppe. Dieses Ergebnis steht in Einklang mit der Studie von Krajewski und Mitarbeitern (2008), die keinen mittelfristigen Fördereffekt des MZZ auf die rechnerischen Kompetenzen bei Kindern ohne Risikostatus finden konnten. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie widersprechen den Untersuchungen von Quaiser-Pohl (2008), die mit einer Nichtrisikostichprobe arbeitete, und denen von Ennemoser und Kollegen (2015) sowie von Van de Rijt und Van Luit (1998), welche Risikostichproben analysierten und mittelfristige Trainingseffekte bis zu 12 Monate nach Trainingsende nachwiesen. Ein möglicher Grund für den ausbleibenden mittelfristigen Trainingseffekt könnte darin liegen, dass das Präventionsprogramm in der vorliegenden Studie zwar einfache Additions- und Subtraktionsaufgaben beinhaltete, allerdings waren diese nicht der Hauptschwerpunkt der Förderung. In der ersten Klasse wurden jedoch mit dem DEMAT 1+ vorwiegend Fertigkeiten beim Addieren und Subtrahieren getestet. Zudem handelte es sich in der vorliegenden Studie um eine kleine Stichprobe von Erstklässlern. Erfolgversprechend erscheint in diesem Zusammenhang die Verbesserung der Rechenleistungen der trainierten Risikokinder von einem unterdurchschnittlichen auf ein durchschnittliches Niveau; die mathematischen Fertigkeiten der Kontrollgruppe hingegen blieben trotz signifikanter Leistungssteigerung im unterdurchschnittlichen Bereich.

In Bezug auf die Untersuchung von Rechenschwächen (T-Wert < 40) fand sich im zweiten Halbjahr des ersten

Schuljahres kein Unterschied in der Verteilung zwischen Trainings- und Kontrollgruppe.

Methodische Limitationen

Trotz der positiven Ergebnisse bezüglich der kurzfristigen Wirksamkeit des Trainingsprogrammes zur Förderung des Zahlen- und Mengenverständnisses muss auf folgende kritische Punkte hingewiesen werden:

- a) Die Zuordnung zur Experimental- und Kontrollgruppe konnte nicht zufällig erfolgen, da für die Durchführung der Trainingsmaßnahme ein hohes Engagement der Kindergärten erforderlich war.
- b) Bedingung für den Einschluss in die Trainingsgruppe war, dass die Kinder mindestens an der Hälfte der Präventionssitzungen teilnahmen. Diese vergleichsweise niedrig angesetzte Grenze war notwendig, um möglichst wenige Kinder aus der Analyse auszuschließen. Möglicherweise würde der Effekt des Trainings höher ausfallen, wenn strengere Kriterien für die Teilnahmequote angesetzt worden wären. Als einziger Vergleich kann hier die Teilnahmequote von Rademacher und Kollegen (2005) herangezogen werden, die bei 62.5 % lag.
- c) Es wurde nicht überprüft, ob und welche konkreten Fördermaßnahmen die Kinder der Kontrollgruppe erhielten. Genaue Informationen zu den eingesetzten Maßnahmen würden differenziertere Aussagen zur Wirksamkeit bzw. Wirkungslosigkeit ermöglichen. Die Eltern aller Teilnehmer sind nach jeder Testung ausführlich über die persönlichen Ergebnisse ihrer Kinder, wie auch über Möglichkeiten zur weiterführenden Diagnostik und Behandlung informiert worden. Relativ zum natürlichen Setting, in dem Eltern ohne eine aktive Vorstellung ihres Kindes in Behandlungseinrichtungen keine testpsychologischen Rückmeldungen über deren Leistungsstand bekommen, handelt es sich daher möglicherweise um eine optimistischere Verlaufseinschätzung für die unbehandelte Kontrollgruppe.
- d) Der Stichprobenumfang der untersuchten Gruppen war sehr gering. Selbst unter Berücksichtigung der vom Schulbesuch der zurückgestellten Kinder war die Drop-Out-Rate sehr hoch (Trainingsgruppe: 55.9 %, Kontrollgruppe: 45.5 %). Die Drop-Out-Analyse für die Follow-up-Untersuchung hatte ergeben, dass die dabeigebiebenen Trainingskinder zu t_1 eine bessere Gesamtintelligenz aufwiesen als die ausgeschiedenen Trainingskinder. Somit ist möglich, dass die Trainingseffekte über- oder unterschätzt wurden. Eine Überschätzung ist denkbar, da die höhere Auffassungsgabe im Regelfall auch mit besserer Merkfähigkeit und gesteigerten Arbeitsgedächtnisleistungen einher geht,

was eine bessere Übertragung des Gelernten auf den Alltag erwarten lässt. Auf der anderen Seite zeigten die weiter teilnehmenden Kinder trotz ihrer besseren intellektuellen Fähigkeiten genauso schlechte Leistungen im Zahlen- und Mengenverständnis, wie die ausgeschiedenen Trainingsteilnehmer. Es könnte sich also bei den Dabeigebiebenen um Kinder mit einer tiefergreifenderen Störung der basisnumerischen Funktionen handeln, die möglicherweise durch eine kurze Gruppenintervention vergleichsweise geringere Fortschritte zeigen. Die Gründe für die Nichtteilnahme an der Testung in der ersten Klasse waren für die Trainingskinder die folgenden: 42 % der Eltern gaben keine Informationen zur besuchten Schule (KG: 25 %), 26 % konnten aufgrund von Krankheit, Urlaub o. ä nicht am Follow-up teilnehmen (KG: 30 %), weitere 26 % der Eltern hatten das Einverständnis entzogen (KG: 35 %) und 6 % waren verzogen (KG: 10 %).

- e) Da die Trainingsgruppe lediglich mit einer Gruppe untrainierter Kinder verglichen wurde, kann nicht ausgeschlossen werden, dass es sich bei den Fördereffekten um Zuwendungseffekte handelte.
- f) Ein wichtiger Kritikpunkt der vorliegenden Untersuchung sind die langen Erhebungszeiträume von t_1 . Die Präventionsstudie war eingebettet in eine große epidemiologische Studie, die zu Beginn knapp 1900 Kinder umfasste. Damit ließen sich angesichts umfangreicher Individualtestungen pro Kind Untersuchungszeiträume von mehreren Monaten nicht vermeiden. Die Vortestung der Trainingsgruppe erstreckte sich von April bis Oktober 2011 (wobei 72 % davon im vorletzten Kindergartenjahr, also vor dem 14. August 2011, getestet wurden). Die Kontrollgruppe wurde zwischen April und Dezember 2011 (davon 50 % im vorletzten Kindergartenjahr) getestet. Der Großteil der Kinder wurde somit im vorletzten Kindergartenjahr untersucht. Der Abstand zwischen dem Vortest und dem Beginn der Trainings betrug zwischen 14 und 39 Wochen ($M = 27.3$, $SD = 7.5$). Alle Präventionsmaßnahmen haben zeitgleich im Januar/Februar 2012 begonnen. Es ist nicht auszuschließen, dass die Kinder, die zu Beginn der Vortests im Frühling 2011 untersucht wurden, sich allein durch die natürliche Entwicklung in ihren mathematischen Basiskompetenzen verbesserten. Aus diesem Grund wurde die Analyse zur kurzfristigen Wirksamkeit mit Kindern, die ausschließlich im letzten Kindergartenjahr im Vortest untersucht worden waren, erneut durchgeführt (Testung zwischen 14. August und Dezember 2011). Hierbei blieben neun geförderte und 19 ungeförderte Risikokinder übrig. Es zeigten sich keine Vorgruppenunterschiede hinsichtlich der mathematischen Kompetenzen ($t(26) = -0.37$, $p = .72$). Die zweifaktorielle Varianzanalyse (mit dem Messwiederho-

lungsfaktor prä/post) ergab einen signifikanten Haupteffekt der Zeit ($F(1, 26) = 14.67, p = .001$), einen nicht signifikanten Haupteffekt der Gruppe ($F(1, 26) = 3.64, p = .07$) und einen nicht signifikanten Interaktionseffekt Gruppe x Zeit ($F(1, 26) = 2.89, p = .10$) für die Leistungen im Zahlen- und Mengenverständnis. Allerdings wies die Trainingsgruppe nach dem Training signifikant bessere Leistungen im Zahlen- und Mengenverständnis auf als die Kontrollgruppe ($t(26) = -1.90, p = .03, d = 0.62$), wobei die Effektstärke im mittleren Bereich lag. Die trainierten Kinder konnten sich in den Leistungen des Zahlen- und Mengenverständnisses signifikant von einem unterdurchschnittlichen auf ein durchschnittliches Niveau verbessern (von 34 auf 41 T-Wertpunkte, $t(8) = -4.03, p < .01$). Die Leistungen der untrainierten Kinder hingegen blieben bei einer Entwicklung von 34 auf 37 T-Wert-Punkte im unterdurchschnittlichen Bereich ($t(18) = -1.76, p = .10$). Somit wurde auch bei den zu t_1 im letzten Kindergartenjahr untersuchten Kindern ein kurzfristiger Fördereffekt nachgewiesen. Die Verbesserungen beider Versuchsgruppen aus dem letzten Kindergartenjahr entsprachen also – gemessen an den Mittelwerten – etwa denen der Gesamtstichprobe.

Ist die Anwendung einer Präventionsmaßnahme zur Förderung des Zahlen- und Mengenverständnisses sinnvoll, um Rechenstörungen zu verhindern?

Insgesamt lässt sich konstatieren, dass das Präventionsprogramm zur Förderung des Zahlen- und Mengenverständnisses bei den untersuchten Risikokindern zu positiven kurzfristigen Effekten führte. Es wurde jedoch kein signifikanter mittelfristiger Trainingseffekt bis in die ersten Klasse gefunden. Aufgrund der geringen Stichprobenumfänge und der hohen Drop-out-Raten sind die eigenen Resultate jedoch mit Vorsicht zu betrachten. Mögliche Ursachen für die fehlenden mittelfristigen Effekte könnten die zu kurze Dauer der Programme, das Fehlen wichtiger zu fördernder Kompetenzbereiche und die Überlagerung von Präventionseffekten mit Unterschieden in der schulischen Förderung, die oft gerade in der Schulleitungsphase besonders groß ausfallen, sein.

Es soll in weiterführenden Untersuchungen ermittelt werden, ob sich in der zweiten und dritten Klasse langfristige Trainingseffekte für die Risikokinder aufzeigen lassen. Dies ist insbesondere auch deshalb von hoher Bedeutung, weil Rechenstörungen, die ab der zweiten Klasse auftreten, als besonders stabil gelten (z.B. Kohn et al., 2013a).

Literatur

- Aster, M. v. (1996). Psychopathologische Risiken bei Kindern mit umschriebenen schulischen Teilleistungsstörungen. *Kindheit und Entwicklung, 5*, 53–60
- Aunola, K., Leskinen, E., Lerkkanen, M.-K. & Nurmi, J.-E. (2004). Developmental dynamics of mathematical performance from preschool to grade 2. *Journal of Educational Psychology, 96*, 699–713.
- Auerbach, J. G., Gross-Tsur, V., Manor, O. & Shalev, R. S. (2008). Emotional and behavioral characteristics over a six-year period in youth with persistent and nonpersistent dyscalculia. *Journal of Learning Disabilities, 41*, 263–273.
- Clausen-Suhr, K. (2008). *Zahlenzauber*. Flensburg: Heilpädagogisches Institut der Universität Flensburg.
- Daseking, M. & Petermann, F. (2011). Der Einfluss von Vorläuferfähigkeiten auf die Rechtschreib-, Lese- und Rechenleistung in der Grundschule. *Gesundheitswesen, 73*, 644–649.
- Ennemoser, M., Sinner, D. & Krajewski, K. (2015). Kurz- und langfristige Effekte einer entwicklungsorientierten Mathematikförderung bei Erstklässlern mit drohender Rechenschwäche. *Lernen und Lernstörungen, 4*, 43–59.
- Esser, G. & Wyschkon, A. (2016). *Basisdiagnostik Umschriebener Entwicklungsstörungen im Vorschulalter – Version III (BUEVA-III)*. Göttingen: Hogrefe.
- Esser, G., Wyschkon, A. & Ballaschk, K. (2008). *Basisdiagnostik Umschriebener Entwicklungsstörungen im Grundschulalter (BUEGA)*. Göttingen: Hogrefe.
- Fischbach, A., Schuchardt, K., Brandenburg, J., Kleczewski, J., Balke-Melcher, C., Schmidt, C. et al. (2013). Prävalenz von Lernschwächen und Lernstörungen: Zur Bedeutung der Diagnosekriterien. *Lernen und Lernstörungen, 2*, 65–76.
- Fischbach, A., Schuchardt, K., Mähler, C. & Hasselhorn, M. (2010). Zeigen Kinder mit schulischen Minderleistungen sozio-emotionale Auffälligkeiten? *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 42*, 201–210.
- Friedrich, G. & de Galgöczy, V. (2004). *Komm mit ins Zahlenland: Eine spielerische Entdeckungsreise in die Welt der Mathematik*. Freiburg: Christopherus.
- Gadeyne, E., Ghesquiére, P. & Onghena, P. (2004). Psychosocial functioning of young children with learning disabilities. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 45*, 510–521.
- Geary, D. C., Hamson, C. O. & Hoard, M. K. (2000). Numerical and arithmetical cognition: A longitudinal study of process and concept deficits in children with learning disability. *Journal of Experimental Child Psychology, 77*, 236–263.
- Gerlach, M. & Fritz, A. (2011). *Mina und der Maulwurf: Frühförderbox Mathematik*. Berlin: Cornelsen.
- Jacobs, C. & Petermann, F. (2003). Dyskalkulie – Forschungsstand und Perspektiven. *Kindheit und Entwicklung, 12*, 197–211.
- Jordan, N. C., Glutting, J. & Ramineni, C. (2010). The importance of number sense to mathematics achievement in first and third grades. *Learning and Individual Differences, 20*, 82–88.
- Klauer, K. J. (1989). *Denktraining für Kinder I*. Göttingen: Hogrefe.
- Kohn, J., Wyschkon, A., Ballaschk, K., Ihle, W. & Esser, G. (2013a). Verlauf von Umschriebenen Entwicklungsstörungen: Eine 30-Monats-Follow-up-Studie. *Lernen und Lernstörungen, 2*, 77–89.
- Kohn, J., Wyschkon, A. & Esser, G. (2013b). Psychische Auffälligkeiten bei Umschriebenen Entwicklungsstörungen: Gibt es Unterschiede zwischen Lese-Rechtschreib- und Rechenstörungen? *Lernen und Lernstörungen, 2*, 7–20.
- Krajewski, K. (2013). Wie bekommen die Zahlen einen Sinn: Ein entwicklungspsychologisches Modell der zunehmenden Verknüpfungen von Zahlen und Größen. In M. von Aster & J. H. Lo-

- renz (Hrsg.), *Rechenstörungen bei Kindern: Neurowissenschaft, Psychologie, Pädagogik* (2. überarb. Aufl., S. 155–179). Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Krajewski, K., Küspert, P. & Schneider, W. (2002). *Deutscher Mathematiktest für erste Klassen (DEMAT 1+)*. 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, 135–146.
- Krajewski, K. & Schneider, W. (2006). Mathematische Vorläuferfertigkeiten im Vorschulalter und ihre Vorhersagekraft für die Mathematikleistungen bis zum Ende der Grundschule. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 53, 246–262.
- Krajewski, K. & Schneider, W. (2009). Exploring the impact of phonological awareness, visual-spatial working memory, and preschool quantity-number competencies on mathematics achievement in elementary school: Findings from a 3-year-longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103, 516–531.
- Küspert, P. & Schneider, W. (2008). *Hören, lauschen, lernen: Sprachspiele für Kinder im Vorschulalter*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Lambert, K. (2015). *Rechenschwäche – Grundlagen, Diagnostik und Förderung*. Göttingen: Hogrefe.
- LeFevre, J. A., Fast, L., Skwarchuk, S. L., Smith-Chant, B. L., Bisanz, J., Kamawar, D. & Penner-Wilger, M. (2010). Pathways to mathematics: Longitudinal predictors of performance. *Child Development*, 81, 1753–1767.
- Monuteaux, M. C., Faraone, S. V., Herzig, K., Navsaria, K. & Biederman, J. (2005). ADHD and dyscalculia: Evidence for independent familial transmission. *Journal of Learning Disabilities*, 38, 86–93.
- Plume, E. & Schneider, W. (2004). *Hören, lauschen, lernen 2. Spiele mit Buchstaben und Lauten für Kinder im Vorschulalter*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Quaiser-Pohl, C. (2008). Förderung mathematischer Vorläuferfähigkeiten im Kindergarten mit dem Programm „Spielend Mathe“. In Hellmich, F. & Köster, H. (Hrsg.), *Vorschulische Bildungsprozesse in Mathematik und in den Naturwissenschaften* (S. 62–81). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Rademacher, J., Lehmann, W., Quaiser-Pohl, C., Günther, A. & Trautewig, N. (2009). *Mathematik im Vorschulalter*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Rademacher, J., Trautewig, N., Günther, A., Lehmann, W. & Quaiser-Pohl, C. (2005). Wie können mathematische Fähigkeiten im Kindergarten gefördert werden? Ein Förderprogramm und seine Evaluation. *Report Psychologie*, 30, 366–376.
- Schneider, W., Küspert, P. & Krajewski, K. (2016). *Die Entwicklung mathematischer Kompetenzen* (2. Aufl.). Paderborn: Schöningh.
- Shalev, R. S., Auerbach, J., Manor, O. & Gross-Tsur, V. (2000). Developmental dyscalculia: Prevalence and prognosis. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 9, 58–64.
- Shalev, R. S., Manor, O. & Gross-Tsur, V. (2005). Developmental dyscalculia: A prospective six-year follow-up. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 47, 121–125.
- Umland, B. & Ott, S. (2008). *Ganzheitliche Frühförderung für Vorschulkinder: Ausgearbeitete Praxiseinheiten zur Vorbereitung auf das Schulfach Mathematik*. Donauwörth: Auer.
- Van de Rijt, B. A. M. & Van Luit, J. E. H. (1998). Effectiveness of the Additional Early Mathematics program for teaching children early mathematics. *Instructional Science*, 26, 337–358.
- Van Luit, J. E. H. & Schopman, E. A. M. (2000). Improving Early Numeracy of Young Children with Special Educational Needs. *Remedial and Special Education*, 21, 27–40.
- Wyschkon, A., Kohn, J., Ballaschk, K. & Esser, G. (2009). Sind Rechenstörungen genau so häufig wie Lese-Rechtschreibstörungen? *Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie*, 37, 499–512.
- Zentall, S. S. (2007). Math performance of students with ADHD: Cognitive and behavioral contributors and interventions. In D. B. Berch & M. M. M. Mazzocco (Eds.), *Why is math so hard for some children? The nature and origins of mathematical learning difficulties and disabilities* (pp. 219–243). Baltimore: Brookes.

Dipl.-Psych. Svenja Moraske

Dr. Anna Penrose

Dr. Anne Wyschkon

Dr. Juliane Kohn

Dipl.-Psych. Larissa Rauscher

Universität Potsdam

Strukturbereich Kognitionswissenschaften

Professur für Klinische Psychologie und Psychotherapie

Karl-Liebknecht-Straße 24/25

14476 Potsdam OT Golm

moraske@uni-potsdam.de

Prof. Dr. Michael von Aster

DRK Kliniken Berlin Westend

Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie,

Psychotherapie und Psychosomatik

Spandauer Damm 130

14050 Berlin

Prof. Dr. Günter Esser

Akademie für Psychotherapie und Interventionsforschung

Friedrich-Ebert-Straße 112

14467 Potsdam