



**University of
Zurich**^{UZH}

**Zurich Open Repository and
Archive**

University of Zurich
Main Library
Winterthurerstrasse 190
CH-8057 Zurich
www.zora.uzh.ch

Year: 2012

Kinder mit Dyskalkulie fokussieren spontan weniger auf Anzahligkeit

Karin Kucian, Juliane Kohn, Minna M Hannula-Sormunen, Verena Richtmann, Ursina Grond, Tanja Käser, Günther Esser, Michael von Aster

Posted at the Zurich Open Repository and Archive, University of Zurich
<http://dx.doi.org/10.5167/uzh-70150>

Originally published at:

Kucian, Karin; Kohn, Juliane; Hannula-Sormunen, Minna M; Richtmann, Verena; Grond, Ursina; Käser, Tanja; Esser, Günther; von Aster, Michael (2012). Kinder mit Dyskalkulie fokussieren spontan weniger auf Anzahligkeit. Lernen und Lernstörungen, 1(4):241-253, <http://dx.doi.org/10.1024/2235-0977/a000024>.

**Kinder mit Dyskalkulie fokussieren
spontan weniger auf Anzahligkeit**

Zusammenfassung

Wie stark wir spontan auf Anzahligkeit in unserer Umgebung achten wird als SFON (Spontaneous Focussing On Numerosity) bezeichnet. Frühere Studien haben gezeigt, dass ein Kind, das stärkere SFON-Tendenz zeigt, bessere Zählfertigkeiten und mathematische Leistungen erbringt. SFON scheint sich stabil und kontinuierlich zu entwickeln und kann als Prädiktor für die zukünftige Rechenleistung genutzt werden. Es wird dementsprechend als ein stabiles und sensibles Maß für die numerische Entwicklung beschrieben. Bei Kindern mit Dyskalkulie scheint die Entwicklung der Zahlenverarbeitung und des Rechnens spezifisch gestört. Das Ziel der vorliegenden Studie ist die Untersuchung der SFON-Tendenz bei Kindern mit einer entwicklungsbedingten Dyskalkulie.

Wir haben SFON bei 76 Kindern zwischen 7 und 11 Jahren getestet, 38 Kinder mit und 38 ohne Dyskalkulie. Die beiden Gruppen zeigten vergleichbare allgemeine kognitive Fähigkeiten, unterschieden sich aber spezifisch in den mathematischen Leistungen.

Die Ergebnisse zeigen eine signifikant schwächere SFON-Tendenz bei Kindern mit Dyskalkulie, das heißt, Kinder mit Dyskalkulie fokussieren im Vergleich zu Kontrollkindern spontan weniger häufig auf Anzahligkeit. Zudem korreliert SFON positiv mit der Zahlenverarbeitungs- und Rechenleistung. Das heißt, Kinder mit schlechteren mathematischen Fertigkeiten achten spontan weniger auf numerische Aspekte.

Die Ergebnisse zeigen, dass eine verminderte SFON-Tendenz ein Verhaltensmerkmal für Entwicklungsdyskalkulie zu sein scheint. Dies kann sowohl Ursache als auch Folge der Störung von Zähl- und Rechenfertigkeiten sein. Es empfiehlt sich daher, SFON bei Kindern mit einem Dyskalkulierisiko zu erfassen sowie Förderung und Lernumgebung in Hinblick auf Anzahlfokussierung anzureichern.

Schlüsselwörter

Dyskalkulie, SFON, Rechnen, Kinder, Entwicklung, Aufmerksamkeit

Extended Abstract: Children with Developmental Dyscalculia focus spontaneously less on Numerosities

Children differ in how much they spontaneously pay attention to quantitative aspects in their surroundings. The tendency to Spontaneously Focus On Numerosity (SFON) can be quantified and provides a stable and sensitive measure of using exact enumeration (Hannula & Lehtinen 2005a; Hannula, Lepola & Lehtinen 2010; Hannula, Mattinen & Lehtinen 2005b; Hannula, Räsänen & Lehtinen 2007). Moreover, SFON-behaviour is positively related to counting and mathematical abilities (Hannula et al. 2005a; Hannula et al. 2007). Children who focus more on numbers show better performance in numerical tasks. In addition, the amount of SFON seems to develop consistently over time. Therefore, SFON can be used as a predictor of future numerical development (Hannula et al. 2010).

In children with developmental dyscalculia (DD), the acquisition of numerical abilities is specifically impaired. These children have problems in basic numerical skills, like counting or the fast and accurate enumeration of small numerosities (subitizing), the understanding of cardinal and ordinal principles, as well as in higher mathematical skills, as arithmetic [detailed information about DD can be found e.g. in (Landerl & Kaufmann 2008; Vogel & Ansari 2012; von Aster & Lorenz 2005)]. About 3-6% of school-children are affected by this learning disability (Reigosa-Crespo, Valdes-Sosa, Butterworth, Estevez, Rodriguez et al. 2012; Shalev, Auerbach, Manor & Gross-Tsur 2000; Shalev & von Aster 2008; von Aster, Schweiter & Weinhold Zulauf 2007). In the present study, we have addressed the question whether children with DD differ in their spontaneous tendency to pay attention to exact numerosities.

Besides of SFON, a variety of cognitive skills were examined in 76 children between 7 and 11 years of age; half of them were diagnosed with DD. Children with DD and control children were carefully matched for general cognitive abilities, but differed significantly in number-related measures.

Results indicated significantly weaker SFON tendency in children with DD, which means that these children pay less attention on the aspect of exact numerosity compared to typically achieving children. Furthermore, the amount of SFON was positively related to number processing. Children who focus spontaneously less on exact quantities performed lower in numerical tasks.

Our results indicate that a low SFON tendency depicts a behavioural characteristic of dyscalculia. Why SFON is diminished in DD can have several reasons. Children with DD might neglect or avoid numerical contents in their learning environment, e.g. as a result of receptive deficits, lack of opportunity or appropriate alimentation or as a result of negative learning experiences. As a consequence, they acquire less practice and expertise in mathematical activities which in turn could have negative effects on the development of automated SFON processes. On the other hand, Hannula et al. (2010) speculate that an initial reduction in SFON behaviour during early learning phases might be associated with children's lower tendency to focus on mathematical aspects. Accordingly, a diminished SFON tendency in children with DD could additionally increase their numerical learning difficulties.

The amount of focusing on quantities is related to counting skills (Hannula et al. 2005a; Hannula et al. 2007). Children with DD dwell longer on less experienced counting strategies and show difficulties in subitizing which is connected to lower math performance (Clements & Sarama 2009; Frank 1989; Geary, Hoard & Hamson 1999; Jordan, David Kaplan, Locuniak & Ramineni 2007; Landerl, Bevan & Butterworth 2004; Schleifer & Landerl 2011). Such immature counting skills might lead to a reduced SFON tendency in children with DD. However, it might also be possible that deficits in SFON processes are accompanied by problems in the development of higher counting strategies.

In summary, the present study showed for the first time that children with DD focus their attention less on quantitative aspects in their natural surrounding. Whether the reduced SFON tendency influences the development of counting and calculation abilities in a negative way or whether a deficit in basic number processing due to dyscalculia results in a diminished SFON amount is open. However, lower SFON behaviour delineates an additional characteristic of developmental dyscalculia and earns special interest since SFON is a stable and sensitive measure of further learning success. SFON tendency might be accounted as an early predictor of dyscalculia risk on the grounds that it can already be assessed in 3.5 year old children. Finally, the encouragement to focus on numerical aspects by adequate learning environments can enhance SFON tendency which positively affects the development of mathematical skills in children (Hannula et al. 2005b). Hence, support in the development of SFON behaviour seems also advisable for children with dyscalculia.

Keywords

Reduzierte SFON bei Dyskalkulie

Dyscalculia, SFON, calculation, children, development, attention

Einleitung

In unserem täglichen Leben sind wir von Zahlen und Mengen umgeben. Viele davon nehmen wir nicht bewusst wahr, andere merken wir uns. Genau diesbezüglich gibt es große Unterschiede zwischen Kindern. Einige Kinder konzentrieren sich spontan auf Anzahligkeit und merken sich diese, andere lenken ihre Aufmerksamkeit nicht so stark auf numerische Aspekte in ihrer Umwelt. Erstmals wurde dieses Phänomen von Hannula und Kollegen beschrieben (Hannula et al. 2005a; Hannula et al. 2005b). Sie bezeichnen die Eigenschaft spontan auf Anzahligkeit zu fokussieren als SFON, welches sich vom englischen Ausdruck „Spontaneous Focussing On Numerosity“ ableitet.

Die SFON-Tendenz ist in vielerlei Hinsicht ein äußerst interessantes Entwicklungsmerkmal. Es konnte gezeigt werden, dass sich Kinder hinsichtlich ihrer SFON-Tendenz unterscheiden und dass diese über die Entwicklung stabil bleibt (Hannula et al. 2005a). In einer longitudinalen Untersuchung des SFON-Verhaltens von Kindern mit 4, 5 und 6 Jahren zeigte sich eine Stabilität der SFON-Tendenz über die drei Messzeitpunkte (Hannula et al. 2005a). Die Varianz im SFON-Verhalten scheint in Beziehung zur Entwicklung von generellen numerischen Fertigkeiten zu stehen und ebenfalls über unterschiedliche SFON-Aufgabentypen stabil, das heißt, Kinder welche zum Beispiel in der einen Aufgabe eine geringe SFON-Tendenz zeigen, weisen auch niedrige SFON-Tendenz in anderen Aufgaben auf. Wichtig scheint aber vor allem, dass Kinder mit stärkerem SFON bessere mathematische Leistungen zeigen (Hannula et al. 2005a; Hannula et al. 2007). Die SFON-Tendenz korreliert signifikant mit Zählfertigkeiten, wie das Beherrschen von Zählsequenzen (Ordinalität), das Abzählen von Gegenständen (Kardinalität) und das rasche Erfassen von kleinen Mengen ohne explizites Zählen (Subitizing) (Hannula et al. 2007). Weiter zeigen Kinder, die spontan stärker auf Anzahligkeit achten, bessere Leistungen bei einfachen Additions- und Subtraktionsaufgaben (Hannula et al. 2005a). Folglich ist SFON auch nach dem Erlangen von einfachen Zählfertigkeiten in die typische mathematische Entwicklung des Kindes involviert.

Darüber hinaus stellt SFON einen spezifischen Prädiktor für die spätere Rechenleistung dar (Hannula et al. 2010). Die gemessene SFON-Tendenz im Kindergarten konnte die arithmetischen Leistungen am Ende der zweiten Klasse vorhersagen, nicht aber die Leseleistung. Wichtig ist auch zu erwähnen, dass der Zusammenhang zwischen SFON und mathematischen Fertigkeiten nicht durch die individuellen Unterschiede des Fokussierens

auf nicht-numerische Aspekte erklärt werden kann. Hannula und Kollegen (2010) haben gezeigt, dass wenn die Kinder spezifisch instruiert wurden auf Anzahllichkeiten zu achten, auch Kinder mit schwacher SFON-Tendenzen in der Lage waren die Aufgaben gleich gut wie Kinder mit starkem SFON zu lösen. Mit anderen Worten, Kinder mit wenig oder viel SFON unterscheiden sich nicht in ihrer allgemeinen Fähigkeit sich auf numerische Aspekte zu konzentrieren und sich diese zu merken, wenn sie dazu angehalten werden. Zudem sind die SFON-Unterschiede nicht darauf zurückzuführen, dass Kinder mit schwacher SFON-Tendenz generelle Schwierigkeiten beim Verständnis von mündlichen Instruktionen hätten (Hannula et al. 2005a). Es muss allerdings festgehalten werden, dass SFON unter Umständen durch Aufmerksamkeits-, visuell-räumliche Leistungen oder Zählfertigkeiten beeinflusst wird.

Geht man nun von diesem spezifischen Zusammenhang zwischen SFON und der frühen Entwicklung von Zahlenverarbeitungsfertigkeiten aus, so wäre es hilfreich die SFON-Tendenz gezielt zu fördern. Eine Studie, welche im Kindergarten durchgeführt wurde, konnte zeigen, dass durch eine entsprechende Umgebung und Motivation die spontane Fokussierung auf exakte Anzahllichkeit erhöht werden konnte (Hannula et al. 2005b). Allerdings war diese Förderung erfolgreicher bei Kindern, die bereits zu Beginn der Studie stärkeres SFON-Verhalten zeigten.

Zusammenfassend deuten die aktuellen Ergebnisse darauf hin, dass SFON ein spezifisches und sensibles Maß sowohl für mathematische Leistung als auch für die numerische Entwicklung des Kindes darstellt.

Bekannterweise verlaufen die Entwicklungsschritte der numerischen Fähigkeiten nicht bei allen Kindern problemlos. Ganz im Gegenteil, schätzungsweise 3-6% der Schülerinnen und Schüler leiden an einer spezifischen Rechenschwäche, auch Dyskalkulie genannt (Reigosa-Crespo et al. 2012; Shalev et al. 2000; Shalev et al. 2008; von Aster et al. 2007). Für sie stellen oft Zählfertigkeiten, die Verknüpfung zwischen Menge, Zahlwort und arabischer Zahl oder einfache Rechenoperationen unüberwindbare Hindernisse dar. Kindern mit Dyskalkulie fällt es auch schwer kleine Mengen rasch zu erfassen (Subitizing) oder allgemein Mengen oder Zahlen zu vergleichen und einzuordnen. Im Gegensatz liegen die allgemein kognitiven Fähigkeiten im Normbereich, wobei jedoch komorbide Störungen im Bereich der Lese- und Rechtschreibkompetenz und Aufmerksamkeits- und Aktivitätskontrolle häufig sind [detaillierte Information zu Dyskalkulie finden sich zum Beispiel bei (Landerl et al. 2008; Vogel et al. 2012; von Aster et al. 2005)].

Interessant wäre es nun zu wissen, ob Kinder mit Dyskalkulie spontan weniger auf Anzahligkeit achten, das heißt eine schwächere SFON-Tendenz zeigen. Diese Frage soll durch die vorliegende Studie beantwortet werden. Aufgrund der verhaltenspsychologischen Merkmale von Kindern mit Dyskalkulie gehen wir davon aus, dass diese Kinder spontan signifikant weniger stark auf Mengen fokussieren im Vergleich zu Kindern ohne spezifische Lernstörung. Es scheint uns besonders interessant diesen Aspekt der Zahlenverarbeitung genauer zu untersuchen, um einerseits das Entwicklungsdefizit der Dyskalkulie näher umschreiben zu können und andererseits weil SFON eine Fähigkeit ist, welche sich sehr früh messen lässt. Bereits im Alter von 3.5 Jahren kann die SFON-Tendenz erhoben werden. Sie entwickelt sich stabil über die nächsten Jahre und hat prädiktiven Charakter für die weitere Rechenentwicklung. Aus diesen Gründen könnte SFON ein interessantes Maß für die Früherkennung eines spezifischen Entwicklungsrisikos und ein Ansatzpunkt für Frühförderung darstellen.

In der aktuellen Studie möchten wir nun erstmals untersuchen, ob sich die SFON-Tendenz zwischen Kindern mit und ohne Dyskalkulie unterscheidet. Aus diesem Grund haben wir SFON bei Kindern mit und ohne Dyskalkulie der 2.-4. Klassenstufe untersucht und verglichen. Zudem handelt es sich um die erste Studie, welche SFON-Tendenz im deutschsprachigen Raum untersucht.

Methodik

Untersuchungsinstrumente

Mit allen Kindern wurden über die Tests zur Zahlenverarbeitung und zum Rechnen sowie zur allgemeinen kognitiven Leistungsfähigkeit hinaus weitere neuropsychologische und studienspezifische Tests durchgeführt, die im Zusammenhang mit der untersuchten Fragestellung relevant erscheinen. Im Folgenden werden die eingesetzten Untersuchungsinstrumente detailliert beschrieben, in Tabelle 1 sind die testmetrischen Ergebnisse zusammengefasst.

Da es sich um Kinder aus einer multizentrischen Studie handelt, kamen nicht bei allen Kindern genau dieselben Tests zur Anwendung. In Tabelle 1 ist markiert, welche Tests mit den Kindern in der schweizerischen Studie und welche mit den Kindern der deutschen Studie durchgeführt wurden. Dabei ist darauf hinzuweisen, dass ein Kind mit den für die deutsche Studie verwendeten Verfahren in der Schweiz getestet worden ist. Zudem wurden

mehrere Tests in beiden Studien parallel verwendet (SFON, ZAREKI 6b, Heidelberger Rechentest Addition & Subtraktion, BUEGA Lesen & Rechtschreibung, HAWIK-IV Gemeinsamkeiten finden & Mosaiktest, Corsi-Block & Supression Test). Ein statistischer Vergleich zwischen den Kindern mit oder ohne Dyskalkulie aus der deutschen bzw. schweizerischen Studie zeigte keine signifikanten länderspezifischen Unterschiede in der mittleren Leistung für Zahlenverarbeitung und Rechnen oder in der mittleren Intelligenz. Ein Zusammenfügen der Daten aus der deutschen und schweizerischen Studie ist deshalb möglich.

SFON

Die Erhebung der SFON-Tendenz basiert auf zwei unterschiedlichen Verhaltenstests, die von Hannula und Kollegen entwickelt wurden (Hannula et al. 2005a):

Imitationsaufgabe - Dinosaurier: Für diesen Test werden zwei A4-Blätter, auf welchen sich eine Strichzeichnung eines Dinosauriers befindet, verwendet. Eine dieser Zeichnungen wird vor das Kind, die andere vor den Testleiter platziert. Dem Kind wird erklärt, dass der Testleiter aus seinem Dinosaurier ein Modell zeichnen und dieses danach umdrehen wird. Die Aufgabe des Kindes ist es anschließend seinen Dinosaurier exakt gleich zu zeichnen wie das Modell. Beim ersten Dinosaurier zeichnet der Testleiter 14 Zacken auf den Rücken des Dinosauriers, welche sich in Größe, Form und Position jeweils unterscheiden. Danach wird das Modell für fünf Sekunden liegen gelassen, damit sich das Kind den Dinosaurier einprägen kann und dann wird das Blatt umgedreht. Anschließend soll das Kind seinen Dinosaurier exakt gleich nachzeichnen. Nach diesem Durchgang wird die gleiche Prozedur mit zwei weiteren Dinosauriern wiederholt. Beim zweiten Dinosaurier fügt der Testleiter 10 Streifen hinzu und beim Dritten 12 Punkte. Zacken, Streifen und Punkte werden vom Testleiter bei jedem Modell für alle Kinder identisch gezeichnet.

Während der Testleiter jeweils das Modell zeichnet, wird darauf geachtet, ob das Kind irgendwelche Zahlwörter nennt, sonstige Zählmerkmale zeigt, wie Lippenbewegungen, Fingerzeigen, Kopfnicken, Flüstern von Zählsequenzen oder ob es keine Anzeichen von Zählaktivitäten zeigt. Zudem wird am Ende beider SFON-Aufgaben (Dinosaurier und Schatzsuche) ein Interview durchgeführt, in welchem das Kind gefragt wird, was es sich alles gemerkt hat, während der Testleiter das Modell gezeichnet hat. Hat das Kind die richtige Anzahl an Zacken, Streifen beziehungsweise Punkte gezeichnet und der Testleiter beobachtete klare Zählaktivitäten, so bekommt das Kind jeweils einen Punkt für den

entsprechenden Dinosaurier. Gibt das Kind im Interview eindeutig an, dass es die Zacken, Streifen oder Punkte gezählt hat, aber vielleicht die gezeichnete Anzahl vom Modell abweicht, bekommt das Kind trotzdem einen Punkt. Zeigt das Kind keine Zählfähigkeit und beschreibt auch keine im Interview, so werden Null Punkte dafür vergeben. Insgesamt kann ein Kind dementsprechend 0, 1, 2 oder 3 Punkte für die Dinosaurieraufgabe erzielen.

Suchaufgabe - Schatzsuche: Bei der Schatzsuche werden vor dem Kind 27 identische Hütchen (Durchmesser und Höhe = 1.6 cm) in einem Halbkreis platziert, wobei sich die benachbarten Hütchen jeweils berühren. Eine Schablone dient dazu, die Hütchen bei jedem Kind exakt gleich zu positionieren. Zusätzlich wird ein kleines Goldstück, welches unter einem Hütchen versteckt werden kann, benötigt. Dem Kind wird erklärt, dass wir nun eine Schatzsuche machen und dass dieses Goldstück der Schatz sei. Das Kind wird angeleitet zu beobachten, unter welchem Hütchen der Testleiter den Schatz versteckt, sich dies zu merken und anschließend das richtige Hütchen zu zeigen. Der Testleiter versteckt das Goldstück beim ersten Versuch unter dem siebten Hütchen von links und wartet anschließend für fünf Sekunden. Danach wird das Kind gebeten seinen Blick mehrmals von den Hütchen abzuwenden, bevor es das richtige Hütchen zeigen soll. Beim zweiten Versuch wird der Schatz unter dem neunten Hütchen von rechts und beim Dritten unter dem achten von links versteckt. Entsprechend der Dinosaurieraufgabe wird während der Platzierung des Goldstückes darauf geachtet, ob das Kind irgendwelche Anzeichen von Zählfähigkeit zeigt und im anschließenden Interview wird erfragt, wie das Kind versucht hat sich zu merken, wo der Schatz versteckt war. Wenn das Kind eindeutige Zählfähigkeiten zeigt oder im Interview beschreibt, wird jeweils ein Punkt vergeben. Auch in der Schatzsuchaufgabe kann das Kind 0, 1, 2 oder 3 Punkte erzielen.

Bei der Durchführung der SFON-Tests wird darauf geachtet, dass keine numerische Aufgabe vor dem SFON-Test durchgeführt wurde. Zwischen der Dinosaurieraufgabe und der Schatzsuchaufgabe wurde noch eine andere Aufgabe gemacht, welche ebenfalls nicht numerischen Charakter haben musste (Bsp. Händigkeitsfragebogen, CORSI). Während der SFON-Aufgaben wurden bewusst keine Zahlen genannt, und es wurde nicht explizit nachgefragt, ob das Kind gezählt hat.

Die Tendenz, mit der die Kinder spontan auf die Anzahligkeit geachtet haben, ergab sich aus der Summe der erzielten Punkte im Dinosaurier- und Schatzsuchetest. Die allgemeine SFON-Tendenz wird dementsprechend mit Punkten zwischen 0 und 6 bewertet (siehe Tabelle 1).

Um die spontane Aufmerksamkeitslenkung auf numerische Aspekte zu messen, werden bewusst von beiden Aufgabentypen jeweils nur drei Aufgaben durchgeführt. Hannula und Kollegen (2005a) haben gezeigt, dass mittels dieser Aufgaben SFON als individuelles Verhaltensmaß gemessen werden kann, welches unabhängig ist von Zahlenerkennungsfertigkeiten, genereller Aufmerksamkeitsleistung oder anderen perzeptuellen oder kognitiven Fertigkeiten.

ZAREKI-R

Die ZAREKI-R ist eine normierte neuropsychologische Testbatterie für Zahlenverarbeitung und Rechnen bei Kindern zwischen der 2. und 4. Klasse (von Aster, Weinhold Zulauf & Horn 2006). Sie besteht aus 12 Untertests, die verschiedene Komponenten numerischer Fertigkeiten erfassen (siehe Tabelle 1). Die ZAREKI-R ermöglicht mit einer qualitativen und quantitativen Erfassung zentraler Aspekte der Zahlenverarbeitung und des Rechnens eine Identifikation von Grundschulkindern mit einer Dyskalkulie.

Heidelberger-Rechentest

Aus dem Heidelberger-Rechentest wurden die beiden Untertests Addition und Subtraktion eingesetzt (Haffner, Baro, Parzer & Resch 2005). Bei diesen Tests haben die Kinder jeweils zwei Minuten Zeit um möglichst viele Additions- bzw. Subtraktionsaufgaben zu lösen. Ein Aufgabenblatt enthält jeweils 40 Additions- bzw. Subtraktionsaufgaben mit ansteigender Schwierigkeit. Diese beiden Untertests erfassen arithmetische Kompetenzen unter Zeitbegrenzung. Viele Kinder mit Rechenschwäche scheinen vor allem Auffälligkeiten zu zeigen, wenn sie Rechenaufgaben unter Zeitdruck lösen müssen.

BUEGA

Die BUEGA ist eine standardisierte Testbatterie zur Basisdiagnostik Umschriebener Entwicklungsstörungen im Grundschulalter (Esser, Wyszkon & Ballaschk 2008). Sie prüft verschiedene Leistungsbereiche wie verbale und nonverbale Intelligenz, expressive

Sprache, Lesen, Rechtschreibung, Rechnen und Aufmerksamkeit. In dieser Studie wurden folgende Untertests durchgeführt: Rechnen, Lesen, Rechtschreibung, sowie verbale und nonverbale Intelligenz. BUEGA-Rechnen besteht aus einer Reihe von numerischen Textaufgaben, welche unter anderem das Rechnen in verschiedenen Einheiten mit einschließt (Gewicht, Zeit, Geld, Längen) und ordinale und auch geometrische Aspekte beinhaltet. BUEGA-Lesen besteht aus zwei Wortlisten à 32 bzw. 24 Worten, welche laut vorgelesen werden müssen. Beurteilt wird die Lesegeschwindigkeit und Anzahl der Fehler. In der BUEGA-Rechtschreibung werden dem Kind 18 Worte diktiert. Die Wortlisten beinhalten unterschiedliche Worte je nach Klassenstufe. Die Rechtschreibleistung wird über die Anzahl der falsch geschriebenen Grapheme beurteilt. Die Gesamtintelligenz berechnet sich aus der Summe der Normwerte der verbalen und nonverbalen Intelligenz, für die separate Vergleichswerte vorliegen. Im Test der verbalen Intelligenz muss das Kind Analogien finden, wie zum Beispiel „Lehrer haben Schüler, Ärzte haben ...?“. Die nonverbale Intelligenz wird mittels eines Matrizentests ermittelt. Hier werden dem Kind Matrizen mit Bildern gezeigt, wobei ein Bild fehlt. Das Kind muss nun das fehlende Bild aus einer Auswahl ergänzen.

HAWIK-IV

Der Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Kinder [HAWIK-IV, (Petermann & Petermann 2007)] misst allgemeine kognitive Fähigkeiten in einem Alter von 6 bis 16 Jahren auf der Basis mehrerer Leistungsindizes. In der aktuellen Studie wurden aus zeitlichen Einschränkungen nur folgende Untertests durchgeführt: Gemeinsamkeiten finden (auditives Verständnis und Fähigkeit zur Konzeptbildung), Wortschatztest (Sprachentwicklung und Wortwissen), Bilderkonzepte (Wahrnehmungsgebundenes logisches Denken und abstrakt kategoriales Denken), Mosaiktest (visuelle Wahrnehmung, Organisation und Analyse abstrakter, visueller Stimuli), Zahlennachsprechen (Aufmerksamkeit und Arbeitsgedächtnis) und Rechnerisches Denken (Textaufgaben). Diese Untertests wurden gewählt, da sie die stärksten Beiträge zur Berechnung der Gesamtintelligenz aufweisen und verschiedene Intelligenzmaße abdecken. Allerdings wurde das Rechnerische Denken von der Berechnung der mittleren IQ ausgeschlossen um die IQ-Schätzung der Kinder mit Dyskalkulie nicht negativ zu gewichten. Stattdessen wurde das Rechnerische Denken verwendet um die mittlere Leistung in Zahlenverarbeitung und dem Rechnen zu bestimmen.

CORSI

Hier wurden der sogenannte „CORSI-Block-Tapping-“, und der „CORSI-Block-Suppression-Test“ durchgeführt (Beblo, Macek, Brinkers, Hartje & Klaver 2004; Corsi 1972). Ersterer dient der Prüfung der visuell-räumlichen Merkspanne. Auf einer schwarzen Holzplatte befinden sich neun quadratische Würfel (Kantenlänge 2 cm), deren nummerierte Flächen dem Testleiter zugewandt werden. Aufgabe des Kindes ist es, die vom Untersucher angetippten Blöcke zu erinnern und wiederzugeben. Im Unterschied dazu soll das Kind beim „CORSI-Block-Suppression-Test“ bei der Wiedergabe jeden zweiten Block auslassen. Dieser misst so eher visuell-räumliches Arbeitsgedächtnis. Als Kennwert gilt die längste zweimalig korrekt wiederholte Serienlänge.

Händigkeit

Die Händigkeit wurde mittels Edinburg-Händigkeitsfragebogen erfasst (Oldfield 1971). Berechnet wird der Lateralitätsindex aus der Anzahl der Tätigkeiten, welche mit der Linken, der Rechten beziehungsweise mit beiden Händen ausgeführt wird.

<<Tabelle 1 hier einfügen>>

Stichprobe

Insgesamt wurden 76 Kinder untersucht. Die Daten stammen aus einer multizentrischen Studie, in die Kinder aus der Schweiz (Raum Zürich, N=8) und aus Deutschland (Raum Berlin und Potsdam, N=68) einbezogen wurden. Die Hälfte der Kinder (n = 38) hatte eine entwicklungsbedingte Dyskalkulie. Die Rechenleistungen der Kontrollgruppenkinder (n = 38) lagen im Normbereich. Alle Kinder waren zwischen 7 und 11 Jahre alt und zeigten eine durchschnittliche allgemeine kognitive Leistungsfähigkeit. Tabelle 1 fasst die demographischen und testmetrischen Daten der Stichprobe detailliert zusammen. Alle Eltern gaben ihr schriftliches Einverständnis für die Teilnahme, und die Studie war von den entsprechenden Ethikkommissionen bewilligt und wurde nach den Richtlinien für „gute klinische Praxis“ durchgeführt.

Dyskalkuliediagnose

Die Dyskalkuliediagnose wurde definiert als signifikant unterdurchschnittliche Leistung von mindestens einer Standardabweichung in einem standardisierten psychometrischen Verfahren zur Zahlenverarbeitung und zum Rechnen bei durchschnittlicher allgemeiner kognitiver Leistungsfähigkeit.

Mit 8 Kindern (CH Studie) wurde die gesamte Neuropsychologische Testbatterie für Zahlen und Rechnen bei Kindern (ZAREKI-R), der Heidelberger Rechentest (Addition & Subtraktion) und Rechnerisches Denken des HAWIK-IV durchgeführt. Bei den restlichen 68 Kindern (D Studie) wurden ausgewählte Untertests aus verschiedenen Verfahren zur Zahlenverarbeitung und zum Rechnen eingesetzt (BUEGA-Rechnen, ZAREKI-R-Zahlenstrahl 6b, Heidelberger Rechentest Addition & Subtraktion). Bei der Auswahl der Untertests wurde darauf geachtet, dass verschiedene Aspekte der Zahlenverarbeitung und des Rechnens erfasst werden, wie Arithmetik, räumliche Zahlenrepräsentation, Textaufgaben, Ordinalitätsverständnis oder das Rechnen in verschiedenen Einheiten (Gewicht, Distanzen, Währung, Uhrzeit, Jahre) um ein übergreifendes Maß für die allgemeinen numerischen Leistungen der Kinder zu erhalten. Aus studientechnischen Gründen konnten nicht exakt dieselben Test mit den Kinder der deutschen und der schweizerischen Studie durchgeführt werden, allerdings wurde darauf geachtet, dass zu einem Teil identische (Bsp. Heidelberger Rechentest Addition & Subtraktion) oder konzeptuell vergleichbare Test (Bsp. HAWIK-IV Rechnerisches Denken und BUEGA Rechnen) eingesetzt wurden. Damit in beiden Gruppen auch die Zahlenraumrepräsentation erfasst wird, haben alle Kinder den Untertest Zahlenstrahl 6b des ZAREKI-R gelöst.

Die mittlere Leistung für Zahlenverarbeitung und Rechnen wurde für die Kinder der schweizerischen Studie durch den Mittelwert aus folgenden Tests ermittelt: ZAREKI-R Total, Heidelberger Rechentest Untertests Addition und Subtraktion, HAWIK-IV Untertest Rechnerisches Denken. Die mittlere Leistung für Zahlenverarbeitung und Rechnen der Kinder der deutschen Studie wurde durch das Mittel der Werte aus dem Heidelberger Rechentest Untertests Addition und Subtraktion, der BUEGA-Rechnen und dem Untertest 6b Zahlenstrahl der ZAREKI-R berechnet.

In Tabelle 1 sind gruppenspezifische Mittelwerte und Standardabweichungen der mittleren Zahlenverarbeitung dargestellt. Entsprechend der Gruppendifinition weisen Kinder mit Dyskalkulie einen klar unterdurchschnittlichen mittleren T-Wert von 36.24 auf, wobei die Kontrollkinder mit einem mittleren T-Wert von 50.59 ziemlich exakt in der allgemeinen Norm lagen (Gruppenunterschied $p < .001$, korrigiert nach Bonferroni signifikant).

Die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten wurden mittels verschiedener Untertests zur Erfassung der Intelligenz überprüft (HAWIK-IV, BUEGA). Die geschätzte Intelligenz der Kinder der schweizerischen Studie wurde berechnet aus den Mittelwerten der HAWIK-IV Untertests Gemeinsamkeiten finden, Wortschatztest, Bildkonzepte, Mosaiktest und Zahlennachsprechen. Die geschätzte Intelligenz der Kinder der deutschen Studie ergab sich aus dem Mittel der BUEGA Gesamtintelligenz und der HAWIK-IV Untertests Gemeinsamkeiten finden und Mosaiktest.

Sowohl Kinder mit Dyskalkulie als auch Kontrollkinder wurden nur eingeschlossen, wenn sie eine Intelligenz im Normbereich aufwiesen. Basierend auf dem Maß für Zahlenverarbeitung in Bezug zur allgemein kognitiven Leistung konnten Kinder mit Dyskalkulie identifiziert werden. Des Weiteren wurde bei der Dyskalkuliediagnose darauf geachtet, dass die Schwierigkeiten im Bereich Mathematik nicht durch andere kognitive (Bsp. Aufmerksamkeitsstörungen) oder neurologische Defizite erklärt werden können.

Ergebnisse

Testmetrische Daten

Tabelle 1 fasst alle testmetrischen Ergebnisse zusammen. Angegeben sind die mittleren T-Werte und die Standardabweichungen (SD). Bei T-Werten entspricht ein Wert zwischen 40 und 60 dem Durchschnittsbereich. Unterhalb von 40 (= 1 SD unterhalb der Norm) spricht man von unterdurchschnittlicher Leistung und oberhalb 60 (= 1 SD oberhalb der Norm) von überdurchschnittlicher Leistung.

Die nominalen Werte für Geschlecht und Händigkeit wurden mittels Chi-Quadrat Test nach Pearson zwischen den Gruppen statistisch verglichen. Die Gruppen unterscheiden sich nicht bezüglich Händigkeit, allerdings leicht in der Geschlechterverteilung. In der Kontrollgruppe befinden sich signifikant mehr Jungen.

Der Altersvergleich beider Gruppen mittels zweiseitigem t-Test zeigte, dass die Kontrollkinder im Schnitt etwas jünger waren.

Gruppenunterschiede

Wie beschrieben, ist die Gruppe der Kontrollkinder im Schnitt etwas jünger und umfasst mehr Jungen (siehe Tabelle 1). Daher wurden sämtliche statistische Gruppenvergleiche für Alters- und Geschlechtsunterschiede kontrolliert. Zudem wurden nur Tests in das Allgemeine Lineare Modell eingeschlossen, welche in der deutschen Studie oder in der

deutschen und schweizerischen Studie eingesetzt wurden. Auf einen statistischen Gruppenvergleich für Tests, welche nur in der schweizerischen Studie gemacht wurden, wurde aufgrund der zu kleinen Gruppengrößen verzichtet (Dyskalkuliker $n = 3$, Kontrollkinder $n = 5$). Aufgrund der Mehrfachvergleiche wurde eine entsprechende Korrektur nach Bonferroni durchgeführt.

Die Ergebnisse zeigen, dass Kinder mit Dyskalkulie spontan weniger auf Anzahligkeit achten, also niedrigere SFON-Werte aufweisen ($p < .05$) (Abbildung 1, Tabelle 1).

<<Abbildung 1 hier einfügen>>

Entsprechend der Gruppeneinteilung schnitten Kinder mit Dyskalkulie in allen Tests zur Zahlenverarbeitung und zum Rechnen schlechter ab. Sie hatten mehr Mühe bei der Zahlenstrahlaufgabe des ZAREKI-R, bei welcher die Kinder mündlich oder Arabisch vorgegebene Zahlen auf einem Zahlenstrahl von 0-100 lokalisieren mussten ($p < .001$, korrigiert nach Bonferroni). Auch beim Heidelberger Rechentest schnitten sie sowohl bei Addition, als auch bei Subtraktion schlechter ab ($p < .001$, korrigiert nach Bonferroni). Auch beim Rechentest der BUEGA war die Leistung der Kinder mit Dyskalkulie signifikant schwächer ($p < .001$, korrigiert nach Bonferroni). In der ZAREKI-R zeigten die Kinder mit Dyskalkulie eine deutlich unterdurchschnittliche Leistung.

Im Gegensatz dazu waren die allgemeinen kognitiven Leistungen in beiden Gruppen ausgeglichen. So zeigten Kinder mit und ohne Dyskalkulie eine im Normbereich liegende mittlere Intelligenz, welche sich statistisch nicht unterschied. Auch in den Fähigkeiten zur visuell-räumlichen Merkspanne und dem Arbeitsgedächtnis zeigten beide Gruppen vergleichbare Leistungen.

Allerdings fanden sich Gruppenunterschiede beim Lese- und Rechtschreibtest der BUEGA ($p < .001$, korrigiert nach Bonferroni). Dies lässt sich durch die bekannterweise relativ hohe Komorbiditätsrate von Dyskalkulie und Dyslexie erklären (Rubinsten & Henik 2009; Shalev & Gross-Tsur 2001). Kinder mit einer Dyskalkulie und komorbiden Schwierigkeiten beim Lesen und Schreiben wurden ebenfalls in diese Studie eingeschlossen.

Korrelationen

Der Gruppenvergleich wies klare Unterschiede in der SFON-Tendenz auf, wobei diese bei Kindern mit Dyskalkulie reduziert war. Im nächsten Schritt wurde nun analysiert mit welchen kognitiven Fertigkeiten die individuelle SFON-Leistung korreliert. Dazu wurde eine zweiseitige bivariate Korrelationsanalyse nach Spearman über alle Probanden zwischen der SFON-Leistung und denjenigen Tests durchgeführt, welche in der deutschen Studie beziehungsweise in der deutschen und schweizerischen Studie eingesetzt wurden - nicht für Tests die nur in der schweizerischen Studie gemacht wurden aufgrund der zu kleinen Gruppengrößen ($n = 8$). Die Ergebnisse zeigten, dass SFON signifikant mit der mittleren Leistung der Zahlenverarbeitung und des Rechnens korreliert ($r = .226$, $p < .05$). Je besser die mathematischen Fähigkeiten, desto stärker fokussiert das Kind spontan auf Anzahligkeit. Zudem zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen SFON und der Leistung im Subtrahieren des Heidelberger Rechentests ($r = .232$, $p < .05$) und dem BUEGA-Rechtschreibtest ($r = .299$, $p < .01$). Entsprechend der Effektstärkenklassifikation nach Cohen (1992) sind diese Koeffizienten als gering bis moderat zu bewerten. Tabelle 2 fasst die Ergebnisse der Korrelationsanalyse zusammen. Jedoch ist darauf hinzuweisen, dass bei Alpha-Fehlerkorrektur nach Bonferroni die Korrelationskoeffizienten nicht das Signifikanzniveau unterschreiten. Wurden die Berechnungen zudem nur innerhalb der einzelnen Gruppen durchgeführt, so erreichte kein Ergebnis das Signifikanzniveau von $p < .05$.

<<Tabelle 2 hier einfügen>>

Diskussion

In der vorliegenden Studie wurde erstmals untersucht, ob und wie stark sich Kinder mit Dyskalkulie in ihrer spontan auf Anzahligkeit gerichteten Aufmerksamkeit von Kindern ohne Rechenstörung unterscheiden. In früheren Studien hat sich gezeigt, dass es bezüglich dieses Merkmals eine Varianz bei normalrechnenden Kindern gibt. Einige achten häufig spontan auf numerische Aspekte und andere kaum. SFON (=Spontaneous Focussing On Numerosity) hat sich als stabiles und prädiktiv sensibles Maß für die Entwicklung der arithmetischen Fertigkeiten erwiesen (Hannula et al. 2005a; Hannula et al. 2010; Hannula et al. 2007).

Die Ergebnisse zeigen eine signifikant schwächere SFON-Tendenz bei Kindern mit Dyskalkulie. Das heißt, Kinder mit Dyskalkulie achten spontan weniger auf Anzahligkeit und numerische Merkmale in ihrer Umgebung. Diese Unterschiede können nicht durch allgemein reduzierte kognitive Fähigkeiten, Alters- oder Geschlechtsunterschiede erklärt werden. Kinder mit Dyskalkulie und Kontrollkinder unterschieden sich nicht in ihrer allgemeinen Intelligenz, und die signifikanten Gruppenunterschiede im SFON-Verhalten sind für Alters- und Geschlechtsdifferenzen korrigiert. Eine frühere Studie konnte bereits zeigen, dass sich Unterschiede in den SFON-Leistungen nicht durch Unterschiede in allgemeinen Aufmerksamkeitsleistungen erklären lassen (Hannula et al. 2010). Die Autoren konnten nachweisen, dass sich Kinder mit hoher und niedriger SFON-Tendenz nicht in der Häufigkeit unterscheiden, mit welcher sie auf andere, nicht numerische Aspekte spontan fokussieren, wie zum Beispiel die Position der Zacken auf dem Dinosaurierrücken. Auch unsere Ergebnisse weisen darauf hin, dass die schwache SFON-Tendenz bei Kindern mit Dyskalkulie nicht durch Unterschiede in der visuell-räumlichen Merkspanne oder dem Arbeitsgedächtnis erklärt werden können, da sich die Gruppen bezüglich der CORSI-Leistungen nicht unterschieden haben. Zusammenfassend zeigt unsere Studie, dass Kinder mit Dyskalkulie spontan deutlich weniger auf numerische Aspekte in ihrer Umgebung fokussieren als Kinder ohne Lernstörung.

Vergleichbar mit früheren Studien zu SFON fanden wir eine signifikante Korrelation zwischen der SFON-Tendenz und numerischen Fähigkeiten (Hannula et al. 2005a; Hannula et al. 2007). Je besser Kinder mit Zahlen und Mengen umgehen und arithmetisch operieren, desto öfter fokussieren sie ihre Aufmerksamkeit spontan auf Anzahligkeit. Dieser Zusammenhang darf allerdings nicht einseitig kausal interpretiert werden. Auf der Basis der vorliegenden Ergebnisse kann nicht beantwortet werden, ob Kinder, die spontan stärker auf Anzahligkeit achten, dadurch bessere Rechner werden, oder ob Kinder, die bessere Rechenfertigkeiten entwickelt haben, deshalb stärker auf numerische Aspekte in ihrer Umwelt achten.

Über die Frage nach der Bedeutung, die das mit dieser Studie beschriebene aufmerksamkeitsbezogene Merkmal der SFON-Schwäche für das Verständnis mathematischer Lernstörungen hat, kann vorläufig nur spekuliert werden. Prospektive Längsschnittstudien können hier mehr Aufklärung bringen. Entwicklungsbedingte Wechselwirkungen erscheinen plausibel. Um Aufmerksamkeit auf ein Merkmal der Umgebung auszurichten, muss dieses zuvor als relevant wahrgenommen werden können.

Rezeptive und basisnumerische Defizite, aber auch mangelnde Anregung, unzureichende Gelegenheiten oder schlicht eine sich auf zahlenarme Inhalte ausrichtende Interessensentwicklung kann dies behindern. Andererseits können ausbleibende oder negative Lernerfahrungen im Umgang mit Zahlen zur Vermeidung entsprechender Inhalte und damit auch zur Behinderung in der Entwicklung automatischer SFON-Prozesse führen. Auch Hannula et al. (2010) spekulieren, dass eine reduzierte SFON-Tendenz in frühen Lernstadien zu einer verminderten Neigung bei Kindern führt, sich mathematischen Aspekten in der individuellen Lernumgebung zuzuwenden.

Bekannterweise zeigt SFON einen direkten Zusammenhang zu Zählfertigkeiten (Hannula et al. 2005a; Hannula et al. 2007). Mit zunehmender Expertise entwickeln sich spontan komplexere Zählfertigkeiten (Gelman & Gallistel 1978). Kinder lernen zum Beispiel zu zählende Gegenstände zu gruppieren und diese zu addieren. Kinder mit einer Dyskalkulie verweilen oft bei unreiferen Zählstrategien (Geary et al. 1999; Landerl et al. 2004). Nicht nur beim Zählen von größeren Mengen scheinen Kinder mit Dyskalkulie Schwierigkeiten zu haben, sondern auch bereits beim unmittelbaren Erfassen von kleinen Mengen bis Vier (Subitizing) (Schleifer et al. 2011). Das rasche Zählen und die Entwicklung und Anwendung von höheren Zählkompetenzen geht wiederum mit besseren Leistungen in standardisierten Mathematiktests einher (Clements et al. 2009; Frank 1989; Jordan et al. 2007). Die verminderte SFON-Tendenz bei Kindern mit Dyskalkulie wirkt sich möglicherweise entwicklungshemmend auf die Zählfertigkeiten aus, was wiederum einen negativen Effekt auf das weitere mathematische Lernen hat. Aber auch hier muss wieder in Betracht gezogen werden, dass vielleicht die Defizite im Subitizing und den Zählstrategien aufgrund der Dyskalkulie zu einer reduzierten SFON-Tendenz führen könnten. Dennoch sollte SFON von diesen Fertigkeiten abgegrenzt betrachtet werden, da zum Beispiel bei Testaufgaben zum Subitizing die Aufmerksamkeit der Probanden bewusst auf die Anzahligkeit gelenkt wurde, was bei SFON eben nicht gegeben ist. Auch konnte nachgewiesen werden, dass gewisse Kinder nicht spontan auf numerische Aspekte achten, obwohl sie die notwendigen numerischen Fertigkeiten besitzen, die nach aktuellen Annahmen teilweise angeboren sind (Hannula & Lehtinen 2001, 2003). Demnach stellt SFON trotz seiner Relation zu basalem Zahlenverständnis, Aufmerksamkeitsleistungen und allgemein kognitiven Fähigkeiten ein abgrenzbares Maß für spontane Aufmerksamkeitsausrichtung auf numerische Aspekte dar (Hannula et al. 2005a). Konzeptuell ließe sich SFON möglicherweise als ein Maß für eine domänenspezifische

geteilte Aufmerksamkeit fassen. Es ist zu vermuten, dass sich Aufmerksamkeitsprozesse nicht nur domänenübergreifend, sondern innerhalb bestimmter Domänen entwickeln und beeinträchtigt sein könnten. Diese Hypothese benötigt jedoch eine weiterführende wissenschaftliche Evaluation.

Limitationen

Die Interpretation der Ergebnisse unterliegt einigen limitierenden Faktoren. Zum einen muss betont werden, dass in dieser Studie die visuell-räumliche Merkspanne (CORSI-Block-Tapping Test), die visuell-räumliche Arbeitsgedächtnisleistung (CORSI-Block-Suppression Test) und die visuell-konstruktive Fertigkeiten (HAWIK-IV Mosaiktest) getestet wurden, nicht aber basalere visuell-räumliche Fertigkeiten, wie zum Beispiel visuell perzeptive Fertigkeiten. Aus diesem Grund ist es nicht auszuschließen, dass die reduzierte SFON-Tendenz bei Kindern mit Dyskalkulie durch mögliche Defizite in generell visuell-räumlichen Verarbeitungsprozessen zu erklären sein könnte. Dies scheint besonders vor dem Hintergrund plausibel, dass verschiedene Studien einen Zusammenhang zwischen visuell-räumlichen Fähigkeiten und mathematischen Leistungen aufzeigten (Assel, Landry, Swank, Smith & Steelman 2003; Bachot, Gevers, Fias & Roeyers 2005; Geary 1993, 2010; Kaufmann, Vogel, Starke, Kremser, Schocke et al. 2009; Mazzocco & Thompson 2005; Osmon, Smerz, Braun & Plambeck 2006; Rotzer, Loenneker, Kucian, Martin, Klaver et al. 2009; Rourke & Finlayson 1978; Soltész, Szucs, Dékány, Márkus & Csépe 2007). Allerdings wurde unseres Wissens noch nicht spezifisch untersucht, ob Kinder mit einer diagnostizierten Dyskalkulie Probleme in grundlegenden visuell-räumlichen Fertigkeiten zeigen und es wurden auch nicht von solchen Störungen bei den Kindern der Studie berichtet. Trotzdem erscheint es uns interessant diesen Aspekt in zukünftigen Studien spezifisch zu untersuchen.

Eine weitere Limitation der Studie sind die eher schwachen bis mittleren Korrelation zwischen SFON und Rechenleistung. Dies könnte unter Umständen durch das heterogene Erscheinungsbild der Dyskalkulie zu erklären sein. Zudem fand sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen SFON und dem Untertest Rechnen der BUEGA. Dies ist wahrscheinlich darauf zurück zu führen, dass im Untertest Rechnen der BUEGA mathematische Fertigkeiten mittels Textaufgaben geprüft werden. Das Lösen von Textaufgaben involviert zusätzlich gute sprachliche Fertigkeiten um die relevante numerische Information zu extrahieren. Weiter fand sich keine signifikante Korrelation mit

der Zahlenstrahlaufgabe der ZAREKI-R und der Additionsleistung im Heidelberger Rechentest. SFON scheint eher mit basalen numerischen Prozessen, wie Zählen, Subitizing oder einfachen arithmetischen Aufgaben im Zusammenhang zu stehen. Der kognitive Anspruch für das Lösen einer Zahlenstrahlaufgabe setzt Zahlen in räumliche Beziehungen zueinander, was eventuell eine unabhängige Fähigkeit von spontaner numerischer Aufmerksamkeitslenkung darstellt. Entgegen unserer Erwartungen fanden wir lediglich eine Korrelation zwischen SFON und der Subtraktionsleistung des Heidelberger Rechentests, nicht aber zwischen SFON und der Additionsleistung. Diese Diskrepanz kann weder auf Unterschiede im Schwierigkeitsgrad, der Performanz oder Varianz zwischen den Tests zurückzuführen sein und muss in weiterführenden Studien detailliert untersucht werden. Dass die SFON-Leistung in unserer Stichprobe auch mit der Rechtschreibleistung korreliert, dürfte vermutlich durch die häufig komorbid vorhandenen Schwierigkeiten der Kinder mit Dyskalkulie in diesem Bereich zu erklären sein. In der aktuellen Studie wurden bewusst auch Kinder mit komorbiden Störungen im Lesen und/oder Schreiben oder in der Aufmerksamkeit- und Aktivitätskontrolle eingeschlossen, um möglichst genau eine Normpopulation von Kindern mit Dyskalkulie untersuchen zu können. Aufgrund der Einschlusskriterien der Kinder mit Dyskalkulie ist anzunehmen, dass die Kinder in unterschiedlichen Bereichen Defizite aufweisen und es sich daher um eine heterogene Untersuchungsgruppe handelt. Trotz der vorhandenen komorbiden Störungen und des heterogenen Charakters der Kinder mit Dyskalkulie scheinen die Unterschiede in der SFON-Häufigkeit zwischen Kindern mit und ohne Dyskalkulie stabil zu bleiben, was SFON als Verhaltensmerkmal betroffener Kinder weiter stärkt.

Schlussfolgerung

Zusammenfassend konnte diese Studie erstmals nachweisen, dass Kinder mit Dyskalkulie ihre Aufmerksamkeit nicht oder nur beschränkt auf Anzahligkeit lenken. Ob und in welchem Ausmaß die schwachen SFON-Leistungen die Entwicklung von Zähl- und Rechenfertigkeiten hemmen, oder ob zum Beispiel frühe basisnumerische Defizite zu der Verminderung der SFON-Tendenz führt, kann mit dieser Studie nicht abschließend beurteilt werden. Mit dem hier nachgewiesenen Zusammenhang zwischen SFON und mathematischer Lernleistung empfiehlt es sich, die numerische Aufmerksamkeitsfokussierung verstärkt für die Belange der Früherkennung, Frühförderung und Therapie von Kindern mit Rechenschwäche zu nutzen. Zumal bereits Hinweise

Reduzierte SFON bei Dyskalkulie

vorliegen, dass gezielte Förderung von SFON die tatsächliche Fokussierung auf Anzahligkeit steigern kann, und sich dies wiederum positiv auf das Rechnenlernen auswirkt (Hannula et al. 2005b).

Danksagung

Besten Dank an alle Kinder und Eltern, welche an dieser Studie teilgenommen haben, sowie für die finanzielle Unterstützung durch das deutsche Bundesministerium für Bildung und Forschung (01GJ1011) und die Nomis-Stiftung.

Implikationen für die Praxis

Da das Maß, wie stark Kinder spontan auf Anzahligkeit achten mit der mathematischen Leistung zusammenhängt, kann SFON als nützliches Merkmal dienen, um die numerische Entwicklung eines Kindes einzuschätzen und ein spezifisches Entwicklungsrisiko zu erfassen. In der vorliegenden Studie konnte nachgewiesen werden, dass Kinder mit Dyskalkulie eine schwächere SFON-Tendenz zeigen. Aufgrund dieser Ergebnisse bietet sich die Erfassung der SFON-Tendenz bei Kindern mit einem Risiko zur Entwicklung einer spezifischen Rechenstörung an. SFON lässt sich mit kurzem zeitlichen und materiellen Aufwand erheben, setzt aber gewisse Erfahrung und eine saubere Testdurchführung voraus. Ein weiterer Vorteil ist die frühe Erfassungsmöglichkeit von SFON. Bereits bei 3.5-jährigen Kindern kann das SFON-Verhalten getestet werden. Zudem scheint sich die individuelle SFON-Tendenz stabil über die kommenden Jahre zu entwickeln, was den prädiktiven Charakter dieses numerischen Verhaltensmaßes begründet. Weil gezielte Förderung von SFON im kindlichen Umfeld einen positiven Effekt auf dessen Häufigkeit und somit auch auf die weitere Entwicklung mathematischer Lerninhalte hat, wäre es sinnvoll Kindern mit Dyskalkulie eine Lernumgebung zu bieten, welche bewusst die spontane Fokussierung auf exakte Anzahligkeit unterstützt und fördert.

Forschungsmethoden

SFON-Aufgaben:

Beide SFON-Tests bestehen jeweils lediglich aus drei Aufgaben. Dadurch lässt sich einerseits die Aufmerksamkeit und Motivation der Kinder aufrecht erhalten und andererseits die spontane Verhaltensweise der Kinder prüfen. Würden zum Beispiel 10 Aufgaben desselben Typs hintereinander durchgeführt, so würden vermehrt kognitive Prozesse das anfänglich spontane Verhalten beeinflussen. Aus demselben Grund wird auch bewusst auf die Verwendung von Materialien oder Tests mit numerischem Bezug vor und zwischen den beiden SFON-Aufgaben verzichtet. Um ein stabiles Maß für die SFON-Tendenz zu erhalten, werden zwei unterschiedliche Aufgaben eingesetzt:

Imitationsaufgabe

Die Imitationsaufgabe beinhaltet die Kopie einer vorgezeigten Handlung. Die korrekt durchgeführte Handlung setzt ein Verständnis von Kardinalität voraus. Das heißt, die Kinder müssen in der Lage sein eine Anzahl von Merkmalen (Zacken, Streifen, Punkte) exakt zu zählen und sich die Anzahl zu merken. Dabei vereinfachen gut entwickelte Subitizing- und Zählfertigkeiten die rasche Erfassung der Menge.

Suchaufgabe

Im Gegensatz zur Imitationsaufgabe basiert die Suchaufgabe nicht in einer Handlung, sondern auf der exakten Beobachtung. Wiederum muss das Kind die Anzahl der Hütchen zählen können. Allerdings führt hier nicht lediglich die Kardinalität zur richtigen Lösung, sondern die Suchaufgabe setzt ein Verständnis des Ordinalitätsprinzipes voraus. Das heißt, die Kinder müssen erkennen, dass der Schatz unter dem achten Hütchen von links versteckt ist.

Gruppenvergleiche:

In der vorliegenden Studie wurden zwei Gruppen von Kindern miteinander verglichen. Um möglichst präzise Aussagen machen zu können bezüglich der spezifischen Unterschiede ist eine Voraussetzung, dass sich die beiden Gruppen nur in dem Merkmal, welches untersucht wird, unterscheiden. Aus diesem Grund wurden die Gruppen der Dyskalkuliker und der Kontrollkinder bezüglich der allgemeinen kognitiven Leistungsfähigkeiten parallelisiert. Nur in den mathematischen Fähigkeiten zeigt die Gruppe der Kinder mit Dyskalkulie signifikant schlechtere Leistungen. Obwohl die Kinder in beiden Gruppen zwischen 7 und 11 Jahren waren, unterschieden sich die Altersmittelwerte der Gruppen. Aus diesem Grund

wurde das Alter als Kontrollvariable für sämtliche statistische Gruppenvergleiche berücksichtigt. Damit ist sichergestellt, dass die errechneten signifikanten Gruppenunterschiede nicht auf die Altersunterschiede zurück geführt werden können. Gleichfalls wurden die Unterschiede in der Geschlechterverteilung zwischen den Gruppen kontrolliert. Der gefundene SFON-Unterschied lässt sich somit nicht durch Alters-, Geschlechts- oder Intelligenzunterschiede erklären und kann deshalb als spezifisches Merkmal für die Dyskalkulie angesehen werden.

Legenden zu Abbildungen

Abbildung 1

Kinder mit DD zeigen eine schwächere SFON-Tendenz im Vergleich zu Kontrollkindern ($p < .05$). Abgetragen sind der Mittelwert der Summe sowie deren Standardabweichung der erreichten Punkte in der Imitations- und der Suchaufgabe für Kinder mit und ohne Dyskalkulie.

Literatur

- Assel, A., Landry, S. H., Swank, P., Smith, K. E. & Steelman, L. M. (2003). Precursors to mathematical skills: Examining the roles of visual-spatial skills, executive processes, and parenting factors. *Applied Developmental Science*, 7 (1), 27-38.
- Bachot, J., Gevers, W., Fias, W. & Roeyers, H. (2005). Number sense in children with visuospatial disabilities: orientation of the mental number line. *Psychology Science*, 47 (1), 172-183.
- Beblo, T., Macek, C., Brinkers, I., Hartje, W. & Klaver, P. (2004). A new approach in clinical neuropsychology to the assessment of spatial working memory: the block suppression test. *Journal of clinical and experimental neuropsychology*, 26 (1), 105-114.
- Clements, D. H. & Sarama, J. (2009). *Learning and teaching early math: the learning trajectories approach*. New York: Taylor & Francis.
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychol Bull*, 112 (1), 155-159.
- Corsi, P. M. (1972). Human memory and the temporal region of the brain. *Dissertation Abstracts International*, 34 (2-B), pp. 891.
- Esser, G., Wyschkon, A. & Ballaschk, K. (2008). *BUEGA: Basisdiagnostik Umschriebener Entwicklungsstörungen im Grundschulalter*. Göttingen: Hogrefe.
- Frank, A. R. (1989). Counting Skills--A Foundation for Early Mathematics. *Arithmetic Teacher*, 37 (1), 14-17.
- Geary, D. (1993). Mathematical disabilities: cognitive, neuropsychological, and genetic components. *Psychological Bulletin*, 114, 345-362.
- Geary, D. (2010). Mathematical disabilities: Reflections on cognitive, neuropsychological, and genetic components. *Learning and Individual Differences*, 20 (2), 130-133.
- Geary, D., Hoard, M. K. & Hamson, C. O. (1999). Numerical and arithmetical cognition: patterns of functions and deficits in children at risk for a mathematical disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74 (3), 213-239.
- Gelman, R. & Gallistel, C. (1978). *The child's understanding of number*. Cambridge: Mass: Harvard University Press.
- Haffner, J., Baro, K., Parzer, P. & Resch, F. (2005). *Heidelberger Rechentest: Erfassung mathematischer Basiskompetenzen im Grundschulalter*. Göttingen: Hogrefe.
- Hannula, M. M. & Lehtinen, E. (2001). Spontaneous tendency to focus on numerosities in the development of cardinality. In M. Panhuizen-Van Heuvel (Ed.), *Proceedings of 25th conference of the international group for the psychology of mathematics education* (Vol. 3, pp. 113-120). Amersfoort, The Netherlands: Drukkerij Wilco.
- Hannula, M. M. & Lehtinen, E. (2003). *Spontaneous focusing on numerosity in the development of early mathematical skills*. Paper presented at the EARLI.
- Hannula, M. M. & Lehtinen, E. (2005a). Spontaneous focusing on numerosity and mathematical skills of young children. *Learning and Instruction*, 15, 237-256.
- Hannula, M. M., Lepola, J. & Lehtinen, E. (2010). Spontaneous focusing on numerosity as domain-specific predictor of arithmetical skills. *Journal of Experimental Child Psychology*, 107, 394-406.
- Hannula, M. M., Mattinen, A. & Lehtinen, E. (2005b). Does social interaction influence 3-year-old children's tendency to focus on numerosity? A quasi-experimental study in day-care. In L. Verschaffel, E. De Corte, G. Kanselaar & M. Valcke (Eds.), *Powerful learning environments for promoting deep conceptual and strategic learning* (Vol. 41, pp. 63-80). Leuven: University Press.

- Hannula, M. M., Räsänen, P. & Lehtinen, E. (2007). Development of counting skills: Role of spontaneous focusing on numerosity and subitizing-based enumeration. *Mathematical Thinking and Learning*, 9 (1), 51-57.
- Jordan, N. C., David Kaplan, D., Locuniak, M. N. & Ramineni, C. (2007). Predicting First-Grade Math Achievement from Developmental Number Sense Trajectories. *Learning Disabilities Research & Practice*, 22 (1), 36-46.
- Kaufmann, L., Vogel, S., Starke, M., Kremser, C., Schocke, M. & Wood, G. (2009). Developmental dyscalculia: compensatory mechanisms in left intraparietal regions in response to nonsymbolic magnitudes. *Behavioral and Brain Functions*, 5 (1), 35.
- Landerl, K., Bevan, A. & Butterworth, B. (2004). Developmental dyscalculia and basic numerical capacities: a study of 8-9-year-old students. *Cognition*, 93 (2), 99-125.
- Landerl, K. & Kaufmann, L. (2008). *Dyskalkulie: Modelle, Diagnostik, Intervention*. München: Ernst Reinhardt.
- Mazzocco, M. M. & Thompson, R. E. (2005). Kindergarten Predictors of Math Learning Disability. *Learn Disabil Res Pract*, 20 (3), 142-155.
- Oldfield, R. C. (1971). The assessment and analysis of handedness: the Edinburgh inventory. *Neuropsychologia*, 9 (1), 97-113.
- Osmon, D. C., Smerz, J. M., Braun, M. M. & Plambeck, E. (2006). Processing abilities associated with math skills in adult learning disability. *J Clin Exp Neuropsychol*, 28 (1), 84-95.
- Reigosa-Crespo, V., Valdes-Sosa, M., Butterworth, B. et al. (2012). Basic numerical capacities and prevalence of developmental dyscalculia: The Havana survey. *Developmental Psychology*, 48 (1), 123-135.
- Rotzer, S., Loenneker, T., Kucian, K., Martin, E., Klaver, P. & von Aster, M. (2009). Dysfunctional neural network of spatial working memory contributes to developmental dyscalculia. *Neuropsychologia*, 47 (13), 2859-2865.
- Rourke, B. P. & Finlayson, M. A. (1978). Neuropsychological significance of variations in patterns of academic performance: verbal and visual-spatial abilities. *J Abnorm Child Psychol*, 6 (1), 121-133.
- Rubinsten, O. & Henik, A. (2009). Developmental dyscalculia: heterogeneity might not mean different mechanisms. *Trends in cognitive sciences*, 13 (2), 92-99.
- Schleifer, P. & Landerl, K. (2011). Subitizing and counting in typical and atypical development. *Developmental Science*, 14 (2), 280-291.
- Shalev, R. S., Auerbach, J., Manor, O. & Gross-Tsur, V. (2000). Developmental dyscalculia: prevalence and prognosis. *European Child and Adolescent Psychiatry*, 9 Suppl 2, II58-64.
- Shalev, R. S. & Gross-Tsur, V. (2001). Developmental dyscalculia. *Pediatric Neurology*, 24 (5), 337-342.
- Shalev, R. S. & von Aster, M. (2008). Identification, classification, and prevalence of developmental dyscalculia. *Encyclopedia of Language and Literacy Development*, 1-9.
- Soltész, F., Szucs, D., Dékány, J., Márkus, A. & Csépe, V. (2007). A combined event-related potential and neuropsychological investigation of developmental dyscalculia. *Neuroscience Letters*, 417 (2), 181-186.
- Vogel, S. & Ansari, D. (2012). Neurokognitive Grundlagen der typischen und atypischen Zahlenverarbeitung. *Lernen und Lernstörungen*, 1 (2), 135-149.
- von Aster, M. & Lorenz, J. (2005). *Rechenstörungen bei Kindern*. Neurowissenschaft, Psychologie, Pädagogik. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.

- von Aster, M., Schweiter, M. & Weinhold Zulauf, M. (2007). Rechenstörungen bei Kindern: Vorläufer, Prävalenz und psychische Symptome. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 39 (2), 85-96.
- von Aster, M., Weinhold Zulauf, M. & Horn, R. (2006). *ZAREKI-R (Neuropsychologische Testbatterie für Zahlenverarbeitung und Rechnen bei Kindern), revidierte Version*. Frankfurt: Harcourt Test Services.