

Rechenstörungen bei Kindern

Vorläufer, Prävalenz und psychische Symptome

Michael von Aster^{1,3}, Martin Schweiter¹ und Monika Weinhold Zulauf²

¹Zentrum für Kinder- und Jugendpsychiatrie, Universität Zürich

²Schul- und Erziehungsberatung, Zofingen

³Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie, DRK Kliniken Berlin/Westend

Zusammenfassung. In der vorliegenden Studie wurde die Prävalenz von Rechenstörungen mit einem longitudinalen Design in einer deutsch-schweizer Stichprobe nach zwei Jahren Schulbesuch erhoben. Die Erfassung von numerischem Wissen erfolgte mittels revidierter Versionen der Neuropsychologischen Testbatterie für Zahlenverarbeitung und Rechnen (ZAREKI) für das Kindergarten-(-K) und Schulalter (-R) an einer repräsentativen Stichprobe von $N = 337$ Kindern aus ländlichen und urbanen Gebieten. Die erste Untersuchung fand im letzten Jahr vor Schuleintritt statt (Durchschnittsalter: 6;5 Jahre), die Nachtestung umfasste zusätzlich die Überprüfung der Schriftsprachkompetenz und erfolgte zwei Jahre später (8;7 Jahre). Die ermittelte Prävalenzrate für Rechenstörungen betrug 6.0% bei Verzicht auf das Intelligenz-Diskrepanz-Kriterium, wobei es sich bei 1.8% um isolierte Rechenstörungen und bei 4.2% um Rechenstörungen mit kombinierter Lese-Rechtschreibstörung handelte. Die Prävalenzrate von isolierten Rechenstörungen fällt damit deutlich niedriger aus als diejenige von isolierten Störungen des Schriftspracherwerbs (5.7%). Bereits im Kindergarten zeigten betroffene Kinder schwächer ausgeprägte numerische Fertigkeiten gegenüber später nicht beeinträchtigten Kindern. Die Testprofile der Gruppe mit kombinierten Rechenstörungen wiesen zu beiden Testzeitpunkten gegenüber der Gruppe mit isolierten Rechenstörungen zusätzliche Schwierigkeiten hauptsächlich bei Aufgaben auf, die hohe Anforderungen an das Arbeitsgedächtnis stellen. Rund eineinhalb Jahre nach Schuleintritt beurteilten die Lehrpersonen die Kinder mit kombinierten Rechenstörungen auch auf der Verhaltensebene als stärker von Aufmerksamkeitsdefiziten und Hyperaktivität betroffen. Die Ergebnisse werden vor dem Hintergrund von Entwicklungsmodellen der Zahlenverarbeitung diskutiert.

Schlüsselwörter: Rechenstörungen, Prävalenz, Komorbidität, Zahlenverarbeitung, Vorläuferfertigkeiten, Vier-Stufen-Modell

Developmental dyscalculia: Precursors, prevalence, and co morbidity

Abstract. The current study investigated the prevalence of developmental dyscalculia (DD) in a representative population based sample ($N = 337$) of children in grade 2 from the Kanton of Zurich (CH) within a longitudinal design. Assessment of numerical abilities used revised versions of the Neuropsychological Test Battery for Number Processing and Calculation (ZAREKI) in kindergarten (-K) and second grade (-R). First testing took place in the last year before entering school (mean age: 6;5 years). Retesting was done two years later (8;7 years) and included assessment of reading and spelling abilities. A prevalence rate of 1.8% for pure developmental dyscalculia (pDD) and 4.2% for combined mathematics and reading/spelling disorders (cDD) was found, resulting in a total prevalence rate of 6% for DD. pDD was obviously less frequent than pure reading/spelling disorders (prevalence: 5.7%). Affected children already showed a weaknesses in numerical precursor abilities at kindergarten age. Comparing the test profiles at the two different testing times indicated that children of the cDD group showed an additional weakness, mainly in tasks with high working memory load, compared to the pDD group. At 2nd grade level, teachers perceived children with DD to be significantly more inattentive and hyperactive compared to normally achieving children. Results will be discussed regarding current developmental models of number processing and calculation.

Key words: developmental dyscalculia, prevalence, co morbidity, number processing, precursor skills, four-step-model

Der Umgang mit Zahlen ist in unserem Alltag allgegenwärtig und bildet heute eine wesentliche Grundlage zur Lebensbewältigung. Das Rechnen stellt eine hochkomplexe geistige Tätigkeit dar, an der zahlreiche Hirnfunktionen beteiligt sind. Diese Hirnfunktionen entwickeln sich auf der Grundlage einiger weniger angeborener Kernkompetenzen im Wesentlichen im Kontakt mit der Umwelt

(erfahrungsabhängige Neuroplastizität). Die Schule hat hieran wesentlichen Anteil.

Im Gegensatz zu eindimensionalen Modellen der Verursachung, die von einer genetisch bedingten Schädigung der Kernkompetenzen ausgehen (Butterworth, 2005 b), wird mit dem Vier-Stufen-Modell (von Aster, 2005) eine mehrdimensionale Perspektive möglich. Dieses entwicklungspsychologisch und neurowissenschaftlich begründete Modell postuliert eine hierarchisch gegliederte Entwicklung der verschiedenen kognitiven Repräsentationen für Zahlen: Angeborene vorsprachliche Kernkompeten-

Diese Arbeit wurde unterstützt durch den Schweizerischen Nationalfonds (SNF) zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung (Beitragsnummer 32-64138) sowie durch das Zentrum für Neurowissenschaften der ETH und Universität Zürich.

zen zur Wahrnehmung und Unterscheidung kardinaler Mengengröße bilden dabei die frühe und bedeutungstiftende Grundlage für die im Kleinkind-, Vorschul- und beginnenden Schulalter erfolgenden Prozesse der Symbolisierung von Zahlen (Zahlworte, arabische Zahlen). Der Erwerb und die Automatisierung der Zahlwortreihe und des arabischen Notationssystems wiederum bildet die Grundlage für die Entwicklung einer abstrakten ordinalen Zahlenraumvorstellung. Die Entwicklung dieser verschiedenen Zahlenrepräsentationen und der an sie geknüpften operativen Funktionen erfolgt einerseits in Abhängigkeit von der wachsenden Kapazität und Verfügbarkeit der domänen-übergreifenden Funktionen von Aufmerksamkeit und Arbeitsgedächtnis, und sie erfolgt andererseits erfahrungs-, d. h. umweltabhängig, stellt also einen Prozess dar, der sich in einem individuellen soziokulturellen Kontext ausprägt, in dem diese Funktionen benötigt werden.

Das Vier-Stufen-Modell ermöglicht Vorhersagen über ätiologische Konstellationen und verschiedene Erscheinungsformen von Rechenstörungen: Danach können sowohl frühe Störungen in der Anlage oder Ausprägung der numerischen Kernkompetenzen als auch spätere Störungen in der Entwicklung der linguistischen und/oder der visuell-arabischen Zahlenrepräsentationen zu einem Ausbleiben oder einer Verzögerung in der Ausbildung ordinaler Zahlenraumvorstellungen (und der analogen Neuronennetze im Scheitelhirn [Kucian et al., 2006]) führen, mit der Folge umschriebener Rechenstörungen. Dagegen dürfte sich eine primäre Beeinträchtigung in der Entwicklung von Aufmerksamkeits- und Arbeitsgedächtnisfunktionen, z. B. in Folge frühkindlich bedingter Hirnfunktions- oder Regulationsstörungen, nicht allein negativ auf die Entwicklung der kognitiven Zahlenrepräsentationen auswirken, sondern auch auf den Erwerb anderer Kulturtechniken wie der des Lesens und Schreibens.

In beiden Fällen wären bereits vor Schuleintritt Defizite in der Entwicklung mathematischer Vorläuferkompetenzen zu erwarten, allenfalls aber mit unterschiedlicher Ausprägung bei solchen Aufgaben, die hohe Anforderungen an Aufmerksamkeit und Merkfähigkeit stellen. Wenige verfügbare klinisch-epidemiologische Studien sprechen dafür, dass in der Tat bei einem nicht unbeträchtlichen Teil der Kinder mit Rechenstörungen familiäre genetische Dispositionen bestehen (Shalev, Auerbach, Manor & Gross-Tsur, 2000), und dass bei einem weiteren Teil der betroffenen Kinder gleichzeitig Störungen von Aktivität und Aufmerksamkeit (ADHD) sowie Störungen des Schriftspracherwerbs bestehen (Gross-Tsur, Manor & Shalev, 1996; Shalev, Auerbach, Manor & Gross-Tsur, 1998; Shalev et al., 2000). Auch emotionale Störungen mit Angst und Depressivität sowie Störungen des Sozialverhaltens scheinen vermehrt mit Rechenstörungen einher zu gehen, wobei diese sich vermutlich häufig als sekundäre Reaktionsbildungen auf erlebten schulischen Misserfolg auffassen lassen (von Aster, 1996).

Die ICD-10 (WHO, 2005) unterscheidet zwischen umschriebenen (isolierten) Rechenstörungen und solchen, die in Kombination mit Lese-Rechtschreib-Störungen auftreten. Die Kriterien für die Diagnosestellung verlangen

in erster Linie, dass in einem standardisierten Test die Leistung im Rechnen substanziell unter derjenigen liegt, die auf Grund des Alters und der Intelligenz zu erwarten ist (Intelligenzdiskrepanz). Das DSM-IV (American Psychiatric Association, 1994) erlaubt neben dem Kriterium der Intelligenzdiskrepanz auch dasjenige der Fertigkeitdiskrepanz, d. h. eine Störung besteht auch dann, wenn die Leistung im Vergleich zur schulischen Leistung in anderen Bereichen erwartungswidrig schwach ist.

Die auf der Basis solcher Klassifikationen ermittelten Prävalenzraten schwanken zwischen 3.6% und 8.4% (Kosc, 1974; Badian, 1983; Klauer, 1992; Lewis, Hitch & Walker, 1994; von Aster, 1994; Gross-Tsur et al., 1996; Shalev et al., 2000; Koumoula et al., 2004). So kamen Lewis et al. (1994) bei Verwendung eines ausschließlich nonverbalen Intelligenzdiskrepanzmaßes von 1 SD und arithmetischen Leistungen von unterhalb -1.5 SD zu einer Prävalenzrate von 3.6%. Dabei waren ein Drittel der Kinder von einer isolierten Rechenstörung betroffen, während zwei Drittel der Kinder zusätzlich Leistungsschwächen in einem Lesetest von mehr als -1.5 SD aufwiesen. Wie schon Kosc (1974) in der damaligen Tschechoslowakei fand auch Badian (1983) in den USA eine Rate von über 6% mit einem Kriterium von Rechenleistungen unter dem 20. Perzentil. Hier zeigte eine deutliche Mehrheit der betroffenen Kinder isolierte Rechenstörungen und nur eine Minderheit kombinierte Rechen- und Lese-Rechtschreibstörungen. Ein Überwiegen von isolierten gegenüber mit Lese-Rechtschreibstörungen kombinierten Rechenstörungen wurde auch in jüngeren Studien aus Israel (Gross-Tsur et al., 1996) und Griechenland (Koumoula et al., 2004) mit einem Verhältnis von ca. $\frac{3}{4}$ zu $\frac{1}{4}$ berichtet. Für den deutschen Sprachraum wurden in repräsentativen Stichproben von Grundschulern Prävalenzraten von 4.4% (Klauer, 1992) bzw. 4.7% (von Aster, 1994) ermittelt.

Die Schwankungen in den ermittelten Prävalenzraten dürften zum Teil auf Unterschiede in den verwendeten Cutoff- und Diagnosekriterien zurückzuführen sein (Mazzocco & Myers, 2003; Desoete, Roeyers & DeClercq, 2004). So konnten Mazzocco & Myers (2003) anhand einer Longitudinalstudie darstellen, dass in ein und derselben Stichprobe je nach Art des Diagnosekriteriums unterschiedliche Prävalenzraten resultierten. Die Autoren untersuchten auf der Basis von vier Messzeitpunkten (Kindergarten bis 3. Klasse) die resultierenden Diagnoseraten bei Verwendung unterschiedlicher Testverfahren und Diagnosekriterien (Intelligenz-Diskrepanzmaß, Rechenleistung unterhalb 1 SD, unterstes 10. Perzentil). Hierbei ergab sich eine geringe zeitliche und kriteriumsbezogene Konstanz der resultierenden Prävalenzraten innerhalb derselben Stichprobe, wobei sich das Kriterium des untersten 10. Perzentils zur Diagnose von Rechenstörungen als zeitlich stabiler gegenüber Diskrepanzmaßen zwischen Rechenleistungen und Intelligenz erwies.

Einen Einfluss auf die Ergebnisse von Prävalenzbestimmungen haben neben den verwendeten Diagnosekriterien auch die eingesetzten Testverfahren und ihre unterschiedliche testmetrische Validierung. Hier können Verfahren, die am schulischen Curriculum ausgerichtet sind

und primär schulisch erworbenes Wissen überprüfen, unterschieden werden von solchen, die eher neuropsychologisch konzipiert sind und versuchen, grundlegende Komponenten numerischer Kognition zu überprüfen. Schließlich können auch Unterschiede in den Stichprobenszusammensetzungen (Größe, Altersrange, Repräsentativität) einen Einfluss auf die ermittelte Prävalenz haben.

Mit der vorliegenden Untersuchung soll auf der Basis einer bevölkerungsrepräsentativen Stichprobe normal begabter Kinder (i) am Ende des zweiten Schulbesuchsjahres die Prävalenz von Rechenstörungen ermittelt werden. Darüber hinaus sollen (ii) Aussagen zum spezifischen Fertigkeitenprofil und zu Vorläuferfertigkeiten im Kindergartenalter gemacht werden. Schließlich sollen (iii) Merkmale des Verhaltens erhoben werden, um Hinweise auf spezifische Zusammenhänge zwischen lern- und verhaltensbezogenen Symptomen zu erhalten. Die Ergebnisse werden vor dem Hintergrund des gegenwärtigen Forschungsstands diskutiert und im Hinblick auf ihre Bedeutung für Theorien zum Störungsverständnis und für Ansätze zur Prävention und Behandlung eingeschätzt.

Methode

Die Datenerhebung war Teil einer longitudinalen Studie zur Entwicklung numerischer Fertigkeiten vom Kindergartenalter bis zur 2. Klasse. Hierfür wurde eine repräsentative Stichprobe von Kindern aus Regel- und Sprachheilkindergärten an zwei Messzeitpunkten untersucht: im Kindergartenalter ca. 12–6 Monate vor Schuleintritt (T1) sowie am Ende der 2. Klasse (T2). Eingesetzt wurden Instrumente zur Zahlenverarbeitung und zum Rechnen sowie zur Sprach- und Schriftsprachkompetenz und zur Intelligenz. Darüber hinaus wurden Verhaltensmerkmale mittels eines Lehrerfragebogens erfasst.

Auf der Basis der T2-Daten wurden Kinder mit isolierten Rechenstörungen (RE), mit kombinierten Rechen- und Lese-Rechtschreibstörungen (RE-LRS), mit isolierten Lese-Rechtschreibstörungen (LRS) und mit isolierten Rechtschreibstörungen (RS) ermittelt. Von Interesse war hierbei, ob sich die gebildeten Gruppen untereinander und im Vergleich zur Normalpopulation in den Leistungs- und Verhaltensmerkmalen unterscheiden.

Stichprobe

Die repräsentative Stichprobe wurde aus zwei Teilstichproben von $N = 334$ Kindern aus regulären Kindergärten des Kantons Zürich sowie $N = 47$ Kindern aus Sprachheilkindergärten gebildet. Die Auswahl der Regelkindergärten erfolgte auf der Basis demographischer Daten des statistischen Amtes für Raumplanung. Selektionskriterien waren hierbei die Urbanität und die sozioökonomische Charakteristik des Wohnorts sowie das Geschlecht. Zum ersten Untersuchungszeitpunkt (T1) lebten die untersuchten Kinder in der Großstadt und Agglomeration Zürich sowie in fünf ländlichen Gemeinden. Zum Zeitpunkt T2 wurden $N = 307$ Kinder der Teilstichprobe aus Regelkindergärten nachuntersucht, die sich im Verlauf von 2 Jahren auf 11 Wohngemeinden verteilt hatten. Vier Knaben mussten von weiterführenden Analysen ausgeschlossen werden, da sie entweder gravierende Gesundheitsprobleme verbunden mit Schulabsenzen (1), psychiatrische Erkrankungen (1) oder nicht adäquate sprachliche Voraussetzungen (auf Grund der Migration in die Schweiz kurz vor T1) aufwiesen.

Um den Anteil an Kindern mit speziellem schulischen Förderbedarf im Rahmen des Regelschulcurriculums (Kleinklasse A) dem realen Populationsanteil zum Zeitpunkt T2 anzupassen, wurde die Stichprobe von $N = 47$ Kindern aus ländlichen und städtischen Sprachheilkindergärten

Tabelle 1. Kennwerte der repräsentativen Gesamtstichprobe und der beiden Teilstichproben (Regelkindergarten/-schule und Sonderkindergarten/SOA) in den beiden Untersuchungszeitpunkten T1 (Kiga) und T2 (2. Klasse)

	T1	Mädchen	Knaben	T2	Mädchen	Knaben
Gesamtstichprobe						
<i>N</i>	381	188	193	337	168	169
Alter (Monate; SD)	77.20 (6.19)	76.53 (5.01)	77.86 (7.10)	103.13 (5.82)	102.74 (4.78)	103.51 (6.69)
SOA (<i>N</i> , %)				18 (5.3)	8 (4.8)	10 (5.9)
Fremdsprache (%)	31.5	32.4	30.6	35.6	39.2	31.9
ReTstrate (%)				88.5	89.4	87.6
Regelkindergarten						
<i>N</i>	334	173	161	303	155	148
Alter (Monate; SD)	76.40 (5.03)	76.15 (4.86)	76.66 (5.22)	102.69 (4.53)	102.52 (4.76)	102.85 (4.32)
SOA (<i>N</i> , %)				9 (2.9)	5 (3.2)	4 (2.7)
Fremdsprache (%)	29.3	30.1	28.6	34.3	37.4	31.0
Retestrate (%)				90.7	89.6	91.9
Sprachheilkindergarten						
<i>N</i>	47	15	32	34	13	21
Alter (Monate; SD)	82.96 (9.69)	80.93 (4.70)	83.91 (11.25)	107.24 (11.86)	105.67 (4.12)	108.14 (14.60)
SOA (<i>N</i> , %)				9 (26.5)	3 (23.1)	6 (28.6)
Fremdsprache (%)	46.8	60.0	39.6	47.1	61.5	38.1
Retestrate (%)				72.3	86.7	68.8

gärten in die Untersuchung aufgenommen. Erwartungsgemäss lag der Anteil der hiervon an T2 nachuntersuchten Kindern mit rund 72% ($N = 34$) deutlich unter demjenigen aus den Regelkindergärten. Der Anteil von Kindern mit speziellem Förderbedarf in der repräsentativen Stichprobe konnte damit auf 5.3% gesteigert werden. Dieser Anteil unterscheidet sich nicht signifikant von demjenigen in der Grundgesamtheit, der gemäß kantonaler Schulstatistik des Kantons Zürich 2004 zwei Jahre nach Schuleintritt 6.6% betrug.

Die Kennzahlen der repräsentativen Gesamtstichprobe von Kindern im 2. Schuljahr ($N = 337$) sind der Tabelle 1 zu entnehmen. Es findet sich ein leichter Überhang an Knaben (50.2%), der etwa demjenigen in der Grundgesamtheit entspricht (50.6%). Mit 35% lag der Anteil an fremdsprachigen Kindern leicht über dem real vorhandenen Anteil von Kindern ausländischer Nationalität (30%).

Instrumente

Die numerischen Fertigkeiten wurden mit der ZAREKI-K (T1, Kindergarten) und der ZAREKI-R (T2, 2. Klasse), beides Weiterentwicklungen der Neuropsychologischen Testbatterie für Zahlenverarbeitung und Rechnen bei Kindern (ZAREKI) (von Aster, Deloche & Dellatolas, 1997; von Aster, 2001; von Aster, Weinhold Zulauf & Horn, 2006), erfasst. Mit diesen Instrumenten werden relevante inhalts- und kodierungsspezifische Aspekte der Zahlenverarbeitung und des Rechnens gemessen.

Die Subskalen der ZAREKI-K prüfen mathematische Vorläuferfertigkeiten mit folgenden Aufgabengruppen: Zählaufgaben (mündliches Vorwärts- und Rückwärtszählen, Zählen in 2er-Schritten, Benennen des Vorläufers oder Nachfolgers einer Zahl, Abzählen von Punkten), einfache Textaufgaben, Verändern von Mengen, Kopfrechnen, Kurzzeitgedächtnis für Zahlenfolgen, simultanes Erfassen (Subitizing) und Schätzen von Mengengrößen, Beurteilung der Veränderung von Mengen bei räumlich veränderter Anordnung, Zuordnung von Zahlen zu analogen Positionen auf einem Zahlenstrahl und die Einschätzung der relativen, auf einen Kontext bezogenen Größe

einer Zahl (zur genauen Beschreibung der Skalen siehe: Weinhold Zulauf, Schweiter & von Aster, 2003). Die ZAREKI-R enthält korrespondierende Subskalen für die Primarschule, die gegenüber der ZAREKI erweitert und ergänzt wurden.

Zum Zeitpunkt T1 wurde zusätzlich bei allen Kindern aus Sprachheilkindergärten sowie einer stratifizierten Teilstichprobe der Kinder aus Regelkindergärten die Intelligenz mit dem Grundintelligenztest CFT-1 (Cattell, Weiss & Osterland, 1997) ermittelt, um sicher zu stellen, dass alle Kinder aus den Sprachheilkindergärten normal intelligent sind und sich beide Teilstichproben im Hinblick auf die Intelligenz nicht signifikant unterscheiden. Alle Kinder aus Sprachheilkindergärten wiesen einen Intelligenzquotienten ≥ 90 auf, der Mittelwert der Gruppe dieser Kinder (104.2) unterschied sich nicht signifikant von dem der stratifizierten Teilstichprobe der Kinder aus Regelkindergärten ($107.8; t(163) = 1.38, p = .17; n.s.$).

Zur Erfassung der Lese- und Rechtschreibfertigkeiten wurden zum Zeitpunkt T2 der Leseverständnistest aus Knuspel's Leseaufgaben (Marx, 1998) und der Rechtschreibtest des Salzburger Lese- und Rechtschreibtest (SLRT: Landerl, Wimmer & Moser, 1997) eingesetzt. Der Lesetest prüft, wie gut schriftliche Anweisungen aufgenommen und umgesetzt werden. Im Rechtschreibtest werden häufig verwendete deutsche Wörter verbal vorgegeben und ihre Schreibung hinsichtlich Orthographie, Fehler der Groß-/Kleinschreibung und Lauttreue bewertet.

Schulische Leistungsfähigkeit und Merkmale des Verhaltens wurden mittels Lehrerurteil mit einer von Steinhäuser (1994) entwickelten Kurzform der Teacher Rating Form von Achenbach (1993) erhoben. Diese fasst die acht Dimensionen sozialer Rückzug, körperliche Beschwerden, Angst/Depressivität, soziale Probleme, schizoides und zwanghaftes Verhalten und aggressives Verhalten mit je einem Item und dreistufigem Scoring (nicht, mässig, stark ausgeprägt) zusammen. Die schulische Leistung in Mathematik und Deutsch wurde ebenso erfragt wie das Vorliegen diagnostizierter Rechen- und/oder Lese-Rechtschreib-Schwächen.

Tabelle 2. Diagnosekriterien bezüglich der Leistungen in der 2. Klasse

	RECHNEN*	LESEN**	RECHTSCHREIBEN***
Isolierte Rechenstörung (RE)	≤ -1.5 SD	≥ -0.5 SD	≥ -0.5 SD
Kombinierte Rechen- und Lese-/Rechtschreibstörung (RE-LRS)	≤ -1.5 SD	≤ -1.5 SD	≤ -1.5 SD (fakultativ)
Isolierte Lese-/Rechtschreibstörung (LRS)	≥ -0.5 SD	≥ -1.5 SD	≤ -1.5 SD (fakultativ)
Isolierte Rechtschreibstörung (RS)	≥ -0.5 SD	≥ -0.5 SD	≤ -1.5 SD

Anmerkungen: * ZAREKI-R: Neuropsychologische Testbatterie für Zahlenverarbeitung und Rechnen bei Kindern (von Aster et al., 2006); ** KNUSPEL-L Lesetest (Marx, 1998); *** SLRT Salzburger Lese-Rechtschreibtest (Landerl, Wimmer & Moser, 1997).

Kriterien zur Bestimmung der Prävalenz

Die Diagnose einer Rechen- und/oder Lese-Rechtschreibstörung mit einer entsprechenden Gruppenzuweisung wurde durch die Abweichung vom normativen Mittel in der ZAREKI-R-Total oder im entsprechenden Schriftsprachttest (KNUSPEL; SLRT) gebildet. Die Abweichung musste mindestens 1.5 SD betragen. Der Verzicht auf ein Intelligenz-Diskrepanz-Kriterium und die Wahl eines Kriteriums, das sich allein auf die spezifischen Fähigkeitsdiskrepanzen bezieht, entspricht dem von Mazzocco und Myers (2003) favorisierten und als am reliabelsten identifizierten Kriterium zur Diagnostik von Teilleistungsstörungen. Die Kriterien für die Zuordnung zu den verschiedenen Diagnosegruppen isolierte Rechenstörung (RE), kombinierte Rechen- und Lese-Rechtschreibstörung (RE-LRS), isolierte Lese-Rechtschreibstörung (LRS) und isolierte Rechtschreibstörung (RS) finden sich in der Tabelle 2. Für die Zuweisung zur Gruppe LRS wurde gemäß gängiger Praxis nur die verminderte Leseleistung gefordert, eine verminderte Rechtschreibleistung musste nicht zwingend vorliegen. Da bei keinem Kind die Diagnose einer kombinierten Rechen- und Rechtschreibstörung erfüllt war, wurde auf die Darstellung dieser möglichen Kategorie verzichtet.

Zur externen Validierung des mit dem ZAREKI-R-Total erfassten Hauptkriteriums für die Rechenleistung wurde der korrelative Zusammenhang zwischen ZAREKI-R-Total und der Einschätzung der Mathematikleistung durch die Lehrkräfte berechnet. Die Korrelation betrug .67 ($p < .001$).

Statistische Analyse

In einem ersten Schritt wurden die Rohpunktwerte der ZAREKI-R z-transformiert und zu einem Totalscore summiert. Die transformierten Scorewerte der Rechen-, Lese- und Rechtschreibleistungen an T2 wurden für die Diagnosestellungen verwendet. Zur Ermittlung der Dimensionalität der beiden Testverfahren zur Zahlenverarbeitung und zum Rechnen (ZAREKI-K/-R) wurden Faktorenanalysen (Eigenwert > 1 ; Varimaxrotation) eingesetzt. Multiple Gruppenvergleiche erfolgten auf Grund inhomogener Gruppenvarianzen mit diesbezüglich geeigneten varianzanalytischen Verfahren (ANOVA: Tamhane T2, Overall α -Niveau = 0.05).

Ergebnisse

Prävalenz isolierter schulischer Entwicklungsstörungen

Tabelle 3 zeigt die ermittelten Prävalenzraten für die vier Diagnosegruppen. Isolierte Rechenstörungen fanden sich bei 1.8% der Kinder und kombinierte Rechen- und Lese-/Rechtschreibstörungen bei 4.2%, was einer Gesamtprävalenz (RE + RE-LRS) von 6.0% entspricht. Die Prävalenz von isolierten Störungen des Schriftspracherwerbs betrug 5.7% (LRS + RS), die Gesamtprävalenz von Störungen des Schriftspracherwerbs (RE-LRS + LRS + RS) betrug 9.9%. Sechs von 14 Kindern (vier Knaben, zwei Mädchen) der RE-LRS Gruppe wiesen neben einer Leseleistung von unter -1.5 SD auch eine Rechtschreibleistung unter -1.5 SD auf, in der LRS Gruppe war dies nur bei drei von elf Kindern (Knaben) der Fall. Knaben waren zudem bei allen Teilleistungsstörungen mit schriftsprachlichen Minderleistungen überrepräsentiert. Dieser Überhang an Knaben war bei der isolierten LRS mit einem Verhältnis von rund drei zu eins besonders ausgeprägt. Auffällig ist der relativ hohe Prozentsatz von Kindern, die sowohl im mathematischen als auch schriftsprachlichen Bereich Teilleistungsstörungen aufweisen (RE-LRS). Hiervon sind mehr als doppelt so viele Kinder betroffen wie von isolierten Rechenstörungen (RE). Die Kombination von Rechenstörungen und isolierten Rechtschreibstörungen trat überhaupt nicht auf.

Ebenfalls in Tabelle 3 enthalten ist die Darstellung der Intelligenzdaten aus dem Kindergarten, die für alle Kinder aus Sprachheilkindergärten und rund die Hälfte der Kinder aus regulären Kindergärten erhoben wurden. Ein Mittelwertvergleich nach Diagnosegruppen weist darauf hin, dass die Kinder der RE-LRS Gruppe gegenüber der Gruppe der Kinder ohne Teilleistungsstörungen einen verminderten Mittelwert im CFT-1 Total aufweisen ($t = 3.41$, $df = 151$; $p < 0.01$). Die verbliebene Anzahl der Kinder in den Diagnosegruppen, von denen ein IQ-Wert vorliegt, ist allerdings sehr gering.

Im Folgenden werden die Gruppenvergleiche hinsichtlich der mathematischen Fertigkeiten (T2), der Vorläuferfertigkeiten im Kindergarten (T1) und der Verhaltensmerkmale dargestellt.

Tabelle 3. Prävalenzraten isolierter schulischer Entwicklungsstörungen in der repräsentativen Gesamtstichprobe nach Geschlecht

	RE	RE-LRS	LRS	RS	KEINE
Gesamt N (%)	6 (1.8)	14 (4.2)	11 (3.3)	8 (2.4)	298 (88.4)
Mädchen N (%)	3 (1.8)	6 (3.6)	3 (1.8)	3 (1.8)	153 (91.1)
Knaben N (%)	3 (1.8)	8 (4.7)	8 (4.7)	5 (3.0)	145 (85.8)
IQ (sd; N)	99 (10; 6)	92 (12; 7)	100 (14; 3)	100 (16; 3)	109 (12; 146)

Tabelle 4. Ergebnisse der Hauptkomponenten-Faktorenanalyse ZAREKI-R (dargestellt ist die rotierte Komponentenmatrix)

ZAREKI-R	Komponenten		
	Faktor R1	Faktor R2	Faktor R3
Zahlenlesen	.840	.204	.014
Zahlenschreiben	.812	.078	.010
Zahlenvergleich schriftlich	.746	.122	-.057
Kopfrechnen Multiplikation	.636	.157	.280
Zahlenvergleich mündlich	.616	.110	-.111
Kognitive Mengenbeurteilung	.588	.084	-.022
Zahlenstrahl	.567	.137	.215
Textaufgaben	.557	.440	.102
Kopfrechnen: Subtraktion	.545	.367	.378
Kopfrechnen: Addition	.530	.415	.342
Zählen rückwärts	.454	.303	.290
Perzeptive Mengenbeurteilung	.387	.319	-.425
Zahlennachsprechen vorwärts	.017	.821	-.112
Zahlennachsprechen rückwärts	.222	.699	.228
Abzählen	.035	.094	.779
Erklärte Varianz (%)	37.75	8.64	6.96

Anmerkungen: Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse. Rotationsmethode: Varimax mit Kaiser-Normalisierung.

Zahlenverarbeitung und Rechnen in der 2. Klasse

Zur Bestimmung der Dimensionalität der ZAREKI-R wurde eine explorative Faktorenanalyse durchgeführt, wobei alle Subtests mit einbezogen wurden. Bei der Prüfung der Anwendungsvoraussetzungen ergab der KMO-Test, mit dem das Maß der Stichprobeneignung nach Kaiser-Meyer-Olkin angegeben wird, einen Wert von .90. Dieser spricht für eine gute Eignung der Daten. Im ebenfalls durchgeführten Bartlett-Test auf Sphärizität zeigt sich ein χ^2 -Wert von 1772,86 bei 105 Freiheitsgraden ($p < .001$). In den Anti-Image-Matrizen, welche bei einem Wert von $> .80$ als für eine Faktorenanalyse geeignet gelten, zeigten sich keine Werte unter .82, so dass diese Eignung für die explorative Faktorenanalyse vorhanden war.

Der anfängliche Eigenwertverlauf zeigte, dass nach einem Eigenwert-Kriterium > 1 (Kaiser-Guttman-Kriterium) eine dreifaktorielle Lösung angemessen ist. Die rotierte Summe der quadrierten Ladungen zeigte weiterhin, dass auf dem ersten Faktor 37,8 % der beobachteten Varianz erklärt werden, auf dem zweiten Faktor 8,6 % und auf dem dritten Faktor 7,0 %. Die so erklärte Gesamtvarianz beträgt 53,4 %. Innerhalb der rotierten Komponentenmatrix ergibt sich das in Tabelle 4 dargestellte Bild: Bei der Zuordnung der Items zu den Faktoren zeigt sich, dass vor allem die Subtests Addition, Subtraktion, Perzeptive Mengenbeurteilung und Textaufgaben inhaltlich mindestens auf zwei Faktoren laden. Bedeutende Kreuzladungen

fanden sich nur beim Subtest Perzeptive Mengenbeurteilung.

Auf dem ersten Faktor R1 laden hauptsächlich die Subtests zum Kenntnis der arabischen Notation (Zahlenlesen/-schreiben), zum Vergleich der Mächtigkeit von Zahlen und Ziffern (Zahlenvergleichen) und zu arithmetischen Operationen (Kopfrechnen, Textaufgaben). Zusätzlich treten hohe Ladungen der Aufgaben zur Beurteilung von Mengen (Perzeptive Mengenbeurteilung, Kognitive Mengenbeurteilung), zum Einordnen von Zahlen auf einem Zahlenstrahl und Zählen rückwärts auf. Beim zweiten Faktor R2 finden sich bestimmende Ladungen der beiden Aufgaben des Zahlennachsprechens (vorwärts/rückwärts), welche vor allem das phonologische Arbeitsgedächtnis prüfen. Daneben weisen Aufgabentypen, welche die Arbeitsgedächtniskapazität stark beanspruchen (Kopfrechnen, Textaufgaben, Perzeptive Mengenbeurteilung, Zählen rückwärts), erwähnenswerte Ladungen auf. Den dritten Faktor R3 bildet zur Hauptsache das „Abzählen“ von Punktmengen im Bereich bis 20, eine Aufgabe, die besondere Ansprüche an das visuelle Arbeitsgedächtnis stellt. Zusätzlich erwähnenswerte Ladungen auf den Faktor R3 weisen die Kopfrechnenaufgaben (Addition, Subtraktion), bei denen auch Zählstrategien angewendet werden, auf.

Tabelle 5 enthält die Ergebnisse der multiplen Vergleiche der Mittelwerte in den drei ermittelten Faktoren sowie im Gesamtwert der ZAREKI-R nach Diagnosegruppe.

Tabelle 5. Ergebnisse des Mittelwertvergleiches (T2) zwischen den Diagnosegruppen in den Faktoren und im Total der ZAREKI-R (2.Klasse)

ZAREKI-R	Teilleistungsstörung				F	df	p	Post-hoc Test Tamhane T2
	KEINE N = 298 M (SD)	RE N = 6 M (SD)	RE-LRS N = 14 M (SD)	LRS N = 11 M (SD)				
Faktor R1	.12 (.85)	-2.35 (1.28)	-2.17 (.76)	.33 (.58)	.52 (.39)	38.79	.000	(5), (4), (1) > (3), (2)
Faktor R2	.09 (.93)	-1.01 (1.39)	-1.20 (1.28)	-.23 (.69)	-.25 (1.40)	8.04	.000	(1) > (3)
Faktor R3	.05 (.99)	-.40 (.76)	-.93 (.98)	-.17 (1.05)	.39 (.57)	3.95	.004	(5), (1) > (3)
Total	.16 (.77)	-2.50 (1.04)	-2.58 (.86)	.13 (.38)	.41 (.53)	59.04	.000	(5), (1), (4) > (2), (3)

Beide Gruppen von Kindern mit Rechenstörungen (RE, RE-LRS) wiesen in der 2. Klasse gegenüber uneinträchtigen Kindern signifikant geringere Leistungen im Faktor R1 auf. Zusätzlich wies die Gruppe der Kinder mit kombinierten Rechenstörungen in den Faktoren R2 und R3 signifikante Minderleistungen auf.

Zahlenverarbeitung und Rechnen im Kindergarten

Zur Bestimmung der Dimensionalität der ZAREKI-K wurde ebenfalls eine explorative Faktorenanalyse durchgeführt, wobei Zählfertigkeiten (vorwärts, rückwärts, in 2er-Schritten), Benennen von Vorläufern und Nachfolgern, Zahlenlesen und -schreiben sowie Zahlenvergleichen (mündlich/schriftlich) auf Grund hoher Korrelationen zusammengefasst wurden. Die Prüfung der Anwendungsvoraussetzungen (KMO-Test) ergab einen Wert von .85. Im ebenfalls durchgeführten Bartlett-Test auf Sphärizität zeigt sich ein c2-Wert von 2040,37 bei 120 Freiheitsgraden ($p < .001$). In den Anti-Image-Matrizen zeigten sich ebenfalls keine Werte unter .83, so dass die Eignung für die explorative Faktorenanalyse ebenfalls vorhanden war.

Der anfängliche Eigenwertverlauf zeigte, dass nach einem Eigenwert-Kriterium > 1 (Kaiser-Guttman-Kriterium) eine vierfaktorielle Lösung angemessen ist. Die rotierte Summe der quadrierten Ladungen zeigte weiterhin, dass auf dem ersten Faktor 35.9% der beobachteten Varianz erklärt werden, auf dem zweiten Faktor 8.7%, auf dem dritten Faktor 6.9% und auf dem vierten Faktor 6.4%. Die so erklärte Gesamtvarianz beträgt 57.8%. Innerhalb der rotierten Komponentenmatrix ergibt sich das in Tabelle 6 dargestellte Bild: Bei der Zuordnung der Items zu den Faktoren zeigt sich, dass vor allem die Subtests Textaufgaben und Kopfrechnen: Subtraktion inhaltlich mindestens auf drei Faktoren laden. Die Kreuzladungen fallen gering aus.

Auf den ersten Faktor K1 laden hauptsächlich Subtests, welche Zählfertigkeiten und Kenntnisse der arabischen Notation sowie die Beurteilung der Mächtigkeit von Zahlworten und Ziffern erfassen. Auch finden sich bedeutende Ladungen von Aufgabentypen, welche zählend gelöst werden können (Kopfrechnen: Addition; Textaufgaben). Auf den zweiten Faktor K2 laden hauptsächlich Aufgaben, die mittels visueller Analogien bearbeitet werden. So soll mit Hilfe von Kreisen addiert und subtrahiert werden (Mengen verändern), Zahlen auf einem Zahlenstrahl eingeordnet und die Veränderung der Anzahl von Objekten bei veränderter räumlicher Anordnung (Zählerhaltung) beurteilt werden. Auch der hier hoch ladende Subtest Kopfrechnen: Subtraktion dürfte z.B. unter Zuhilfenahme der Vorstellung einer Rückwärtsbewegung auf einem Zahlenkontinuum einfacher zu lösen sein. Auf den dritten Faktor K3 laden hingegen Subtests, die hauptsächlich das rasche Erfassen (Subitizing) und Schätzen sowie das Abzählen einer geringen Anzahl Punkte oder ausgestreckter Finger (Perzeptive Mengenbeurteilung,

Tabelle 6. Ergebnisse der Hauptkomponenten-Faktorenanalyse ZAREKI-K (dargestellt ist die rotierte Komponentenmatrix)

ZAREKI-K	Faktoren			
	Faktor K1	Faktor K2	Faktor K3	Faktor K4
Zählfertigkeiten	.913	.375	.333	.281
Vorläufer/Nachfolger benennen	.857	.307	.288	.160
Zahlenlesen/-schreiben	.834	.270	.387	.115
Zahlenvergleich mündlich/schriftlich	.752	.248	.236	.255
Kopfrechnen: Addition	.719	.422	.312	.276
Textaufgaben	.656	.596	.154	.414
Mengenverändern: Addition	.178	.749	.339	.190
Mengenverändern: Subtraktion	.185	.660	.285	.351
Zahlenstrahl	.406	.582	.048	-.098
Kopfrechnen: Subtraktion	.441	.570	.094	.484
Zahlerhaltung	.349	.479	.191	.029
Abzählen	.343	.263	.739	-.025
Symbol-Mengen Zuordnung	.370	.302	.739	.215
Perzeptive Mengenbeurteilung	.275	.226	.683	.474
Zahlennachsprechen	.361	.119	.148	.779
Kognitive Mengenbeurteilung	.169	.269	.230	.531
Erklärte Varianz (%)	35.85	8.71	6.88	6.40

Anmerkungen: Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse; Rotationsmethode: Varimax mit Kaiser-Normalisierung.

Abzählen, Symbol-Mengen Zuordnung) prüfen. Auf den vierten Faktor K4 laden Aufgaben, die das phonologische und visuelle Arbeitsgedächtnis besonders beanspruchen, wie das Zahlennachsprechen und die Beurteilung der Mächtigkeit einer Zahl im situativen Kontext (kognitive Mengenbeurteilung). Hier muss die genannte Menge auf das Vorstellungsbild des genannten Kontexts (zehn Blätter an einem Baum) bezogen und dann mit dem zu erzeugenden Bild einer durchschnittlichen Norm verglichen und den drei Antwortmodalitäten (wenig, mittel, viel) zugeordnet werden. Weitere Aufgabentypen mit hoher Beanspruchung der Arbeitsgedächtnis- und Aufmerksamkeitskapazität (Textaufgaben, Kopfrechnen: Subtraktion) weisen hier ebenfalls relativ hohe Ladungen auf.

Tabelle 7 enthält die Ergebnisse der multiplen Vergleiche der Mittelwerte in den vier ermittelten Faktoren sowie im Gesamtwert der ZAREKI-K nach Diagnosegruppe. Beide Gruppen von Kindern mit Rechenstörungen (RE, RE-LRS) wiesen bereits im Kindergarten gegenüber unbeeinträchtigten Kindern signifikant geringere Leistungen im Faktor K1 auf. Dieser Vergleich zeigt sehr deutlich, dass die Leistungen der Kinder mit Rechenstörungen bereits im Kindergartenalter signifikant schwächer waren als bei den Kindern ohne Lernstörungen und denen mit isolierten Störungen des Schriftspracherwerbs (LRS). Die Gruppe der Kinder mit isolierten Rechenstörungen (RE) erreichte im Faktor K3, auf dem vor allem die Aufgaben der perzeptiven Mengenbeurteilung laden, die

schwächsten Leistungen. Demgegenüber wies die Gruppe der Kinder mit kombinierten Rechenstörungen (RE-LRS) in den Faktoren K2 und K4 zusätzlich signifikante Minderleistungen auf. Hierbei handelt es sich um Faktoren, die visuelle Analogiebildungen beinhalten (K2) sowie hohe Anforderungen an das visuelle und auditive Arbeitsgedächtnis stellen (K2, K4).

Auffälligkeiten im Verhalten

Tabelle 8 gibt Aufschluss über die Verhaltensratings der Lehrkräfte, gegliedert nach Diagnosegruppe. Gesamthaft wurden bei der LRS-Gruppe die stärksten Auffälligkeiten gefunden, gefolgt von der Gruppe mit kombinierten Rechen- und Lese-Rechtschreibstörungen (RE-LRS), wobei aber keine signifikanten Unterschiede im Gesamtwert zwischen diesen Diagnosegruppen festgestellt werden konnten.

Bei der Gruppe der mit Lese-Rechtsschreibstörungen kombinierten Rechenstörungen (RE-LRS) fand sich im Vergleich zur Gruppe ohne Störungen (KEINE) eine signifikant stärkere Merkmalsausprägung im Bereich Aufmerksamkeitsdefizit/Hyperaktivität. Demgegenüber fanden sich bei der Gruppe mit isolierten Lese-Rechtschreibstörungen (LRS) in den Lehrerurteilen signifikant höhere Ausprägungen der Itemscores für Aggressives Verhalten.

Tabelle 7. Ergebnisse des Mittelwertvergleiches (T2) zwischen den Diagnosegruppen in den Faktoren und im Total der ZAREKI-K (Kindergarten)

ZAREKI-K	Teilleistungsstörung				Varianzanalyse		Post-hoc Test Tamhane T2		
	KEINE N = 298 M (SD)	RE N = 6 M (SD)	RE-LRS N = 14 M (SD)	LRS N = 11 M (SD)	RS N = 8 M (SD)	F		df	p
Faktor K1	.07 (.98)	-1.45 (.61)	-1.07 (.75)	.29 (.56)	-0.00 (1.02)	8.45	4	.000	(4), (1) > (3), (2)
Faktor K2	.06 (.99)	-.78 (.99)	-.96 (.76)	.05 (.82)	.16 (1.10)	4.61	4	.000	(4), (1) > (3)
Faktor K3	.09 (.89)	-1.43 (2.19)	-1.07 (1.68)	-.32 (.75)	.13 (.66)	8.72	4	.000	
Faktor K4	.07 (.97)	-.69 (.58)	-1.10 (.95)	-.26 (1.30)	.36 (.74)	6.05	4	.000	(4), (5), (1) > (3), (2)
Total	.13 (.93)	-1.44 (.59)	-1.22 (.81)	.19 (.50)	.14 (.96)	9.60	4	.000	(4), (5), (1) > (3), (2)

Tabelle 8. Ergebnisse des Lehrer-Verhaltensfragebogens (Item-Score 0-2) nach Diagnosegruppen (2. Klasse)

ZAREKI-R	Teilleistungsstörung					Varianzanalyse		Post-hoc Test Tamhane T2	
	KEINE N = 298 M (SD)	RE N = 6 M (SD)	RE-LRS N = 14 M (SD)	LRS N = 11 M (SD)	RS N = 8 M (SD)	F	df		p
1. Sozialer Rückzug	0.4 (0.7)	0.5 (0.6)	0.5 (0.8)	0.6 (0.8)	0.6 (0.8)	0.42	4	.794	
2. Körperliche Beschwerden	0.2 (0.4)	0.3 (0.5)	0.4 (0.8)	0.5 (0.5)	0.1 (0.4)	1.97	4	.007	
3. Angst/Depressivität	0.4 (0.6)	0.3 (0.5)	0.6 (0.7)	1.0 (0.8)	0.1 (0.4)	3.59	4	.794	
4. Soziale Probleme	0.2 (0.5)	0.3 (0.5)	0.5 (0.5)	0.7 (0.8)	0.1 (0.4)	2.55	4	.040	
5. Schizoid/Zwanghaft	0.2 (0.4)	0.3 (0.5)	0.5 (0.5)	0.6 (0.8)	0.3 (0.8)	3.43	4	.009	
6. Aufmerksamkeit/Hyperaktivität	0.5 (0.7)	0.3 (0.5)	1.3 (0.8)	0.9 (1.0)	0.6 (0.8)	5.35	4	.000	(3) > (1)
7. Delinquentes Verhalten	0.1 (0.3)	0.3 (0.5)	0.2 (0.4)	0.4 (0.7)	0.0 (0.0)	3.49	4	.008	
8. Aggressives Verhalten	0.2 (0.5)	0.0 (0.0)	0.3 (0.6)	0.6 (0.7)	0.4 (0.8)	2.57	4	.038	(4) > (1)
Total (1.-8.)	2.1 (2.4)	2.0 (1.6)	4.2 (2.7)	5.5 (4.8)	2.3 (1.9)	6.19	4	.000	

Diskussion

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war die Ermittlung der Häufigkeit, die Beschreibung von Fertigmustern und ihrer Vorläufer im Kindergartenalter sowie die Ermittlung komorbider psychischer Symptome von Rechenstörungen. Die Verwendung einer -1.5 SD umfassenden Abweichung im ZAREKI-R-Total als Kriterium erwies sich durch eine hochsignifikante Korrelation mit dem Lehrerurteil als valide. Die mit diesem Kriterium ermittelte Gesamtprävalenz von Rechenstörungen betrug 6% mit einem leichten Überwiegen von Knaben. Diese Rate steht im Einklang mit Ergebnissen früherer Studien aus dem europäischen und amerikanischen Raum (Badian, 1983; Klauer, 1992; Lewis, Hitch & Walker, 1994; von Aster, 1994; Gross-Tsur et al., 1996; Hein, Bzofka & Neumärker, 2000; Koumoula et al., 2004). Allerdings fanden wir im Unterschied zu den meisten bisher vorliegenden Studien, dass der Anteil von Kindern mit umschriebenen Rechenstörungen (RE) mit knapp einem Drittel deutlich geringer war als jener der Kinder mit kombinierten Rechen- und Lese-Rechtschreibstörungen (RE-LRS). Ein ähnlich hoher Anteil von Kindern mit kombinierten Störungen fand sich lediglich bei Lewis et al. (1994) und bei Ostad (1998). Zur Erklärung dieser Unterschiede dürften zum einen Unterschiede in den Studiendesigns und den zu Grunde gelegten Diskrepanzkriterien und zum anderen Unterschiede in den Stichprobenzusammensetzungen eine Rolle spielen. In der vorliegenden Studie wurden zur Sicherstellung der Stichprobenrepräsentativität normal intelligente Kinder mit speziellem Förderbedarf aus Sprachheilkindergärten eingeschlossen. Die genannten Vergleichsstudien haben mehrheitlich auf eine solche Anreicherung verzichtet und sich auf die klassenstufenbezogene Untersuchung von Regelschulpopulationen beschränkt.

Das Geschlechterverhältnis war nur in der Gruppe der Kinder mit umschriebenen Rechenstörungen (RE) ausgeglichen, während in der Gruppe der Kinder mit kombinierten Rechen- und Lese-Rechtschreibstörungen (RE-LRS) die Jungen ebenso überwogen wie in der Gruppe der Kinder mit umschriebenen Störungen des Schriftspracherwerbs (LRS und RS). Für die zuletzt genannte Gruppe lag die Gesamtprävalenz bei 5.7% und damit deutlich über der Rate für umschriebene Rechenstörungen (RE). Insgesamt liegt die ermittelte Prävalenz für umschriebene Entwicklungsstörungen des Schriftspracherwerbs im Rahmen dessen, was auf Grund vorliegender Daten aus Vergleichsstudien in etwa erwartet werden konnte (Remschmidt & Walter, 1990; Esser, 1990; Klicpera & Gasteiger-Klicpera, 1993; Warnke, 2001; Schulte-Körne & Remschmidt, 2003).

Beide Gruppen der von Rechenstörungen betroffenen Kinder zeigten am Ende des zweiten Schulbesuchsjahres in nahezu allen überprüften numerischen Teilbereichen Minderleistungen gegenüber der Referenzgruppe ohne Teilleistungsstörungen und den Gruppen mit isolierten Störungen des Schriftspracherwerbs. Dies drückt sich insbesondere in den statistisch bedeutsamen Abweichungen beider Gruppen im Hauptfaktor R1 aus. Dennoch gibt

es einen bemerkenswerten Unterschied zwischen der Gruppe der umschriebenen rechenschwachen Kinder (RE) und der Gruppe der Kinder mit kombinierten Rechen- und Lese-Rechtschreibstörungen (RE-LRS). Die Kinder der RE-LRS-Gruppe zeigten im Unterschied zur RE-Gruppe signifikante Schwächen im Faktor R2 und R3, also bei solchen Aufgaben, die besonders hohe Anforderungen an das phonologische und das visuelle Arbeitsgedächtnis stellen. Die etwas schwächeren nonverbalen IQ-Werte der RE-LRS-Kinder können ebenfalls als Hinweis auf eine schwächere Arbeitsgedächtniskapazität angesehen werden.

Bezüglich assoziierter Defizite im Bereich von Aufmerksamkeit und Arbeitsgedächtnis sind die bisherigen Befunde uneinheitlich. Sie wurden mehrheitlich bei Kindern mit kombinierten Rechen- und Lese-Rechtschreibstörungen berichtet (Siegel & Ryan, 1989; Swanson, 1993; Shalev, Auerbach & Gross-Tsur, 1995; Koontz & Berch, 1996; Geary, Hoard & Hamson, 1999; McLean & Hitch, 1999; Miles, Haslum & Wheeler, 2001; Koumoula et al., 2004; Blender, 2004). Als ein zentraler Störungsmechanismus wird dabei eine ineffiziente Hemmung irrelevanter Information angesehen, die das Arbeitsgedächtnis zusätzlich beansprucht und zu einer anhaltenden Konkurrenz mit relevanten Informationen bei der Beantwortung von sowohl numerischen als auch sprachlichen Aufgaben führt. Geary (1990) sieht im verlängerten und häufigen Gebrauch der Finger beim Zählen und Rechnen eine aufmerksamkeitsstützende und arbeitsgedächtnislastende Strategie.

In der Studie von Landerl, Bevan und Butterworth (2004) wurden dagegen keinerlei Unterschiede gefunden zwischen Kindern mit kombinierten und umschriebenen Rechenstörungen, und zwar sowohl was die numerischen Fertigkeiten als auch was Kurz- und Langzeitgedächtnisleistungen betraf. Entsprechend wurde auf eine einheitliche Ursache geschlossen. Zu dieser Studie ist allerdings anzumerken, dass die Gruppe mit kombinierten Störungen tendenziell schwächere Leistungen in den Arbeitsgedächtnisprüfungen zeigte als die Kinder mit isolierten Rechenstörungen, obgleich Kinder mit Symptomen eines ADHD aus der Studie ausgeschlossen wurden. Dies mag dafür sprechen, dass in der Gruppe der Kinder mit kombinierten Störungen in dieser Studie relevante, wenn auch subklinische Aufmerksamkeitsdefizite bestanden haben.

Die Beobachtung, dass sowohl Störungen des Aufmerksamkeitssystems als auch Störungen der spezifisch numerischen Funktionen bei rechenschwachen Kindern vorliegen können, wird im Übrigen durch erste Ergebnisse aus Untersuchungen mit funktioneller Bildgebung untermauert, die eine schwächere Hirnaktivität bei Kindern mit Rechenstörungen belegen, und zwar sowohl in den spezifisch numerischen Abschnitten des Parietalhirns als auch in den für Aufmerksamkeit und Arbeitsgedächtnis verantwortlichen Frontalhirnregionen (Kucian et al., 2006).

Ein weiteres zentrales Ergebnis der vorliegenden Studie betrifft das Fertigkeitenniveau vor Schuleintritt. Hier zeigt sich, dass jene Kinder, die später Rechenstörungen

haben, bereits vor Schuleintritt schwächere Leistungen im numerischen Bereich zeigen als ihre schulisch normal entwickelten Altersgenossen. Am stärksten ausgeprägt waren diese Defizite im ersten Hauptfaktor K1, das heißt, dass die Schwierigkeiten der späteren Dyskalkulie-Kinder besonders akzentuiert waren im Bereich einfacher Zählfertigkeiten, erster Kenntnisse arabischer Zahlen und ihrer relationalen Größe sowie im Kopfrechnen. Differenzielle Unterschiede zwischen den beiden Gruppen RE und RE-LRS bestehen bereits im Vorschulalter und betreffen zum einen ebenfalls Aufgaben, die Aufmerksamkeit und Arbeitsgedächtnis besonders beanspruchen (Gruppe RE-LRS) und betreffen zum anderen Aufgaben, die numerische Kernkompetenzen (Faktor K3) prüfen (Gruppe RE). Diese Ergebnisse lassen eindeutig den Schluss zu, dass sich Risiken für spätere Rechenstörungen anhand von Vorläuferfertigkeiten bereits im Kindergartenalter differenziell feststellen lassen. Interessanterweise zeigte die Gruppe der Kinder mit isolierten Störungen des Schriftspracherwerbs (LRS und RS) im Kindergarten gleichgute Leistungen in der ZAREKI-K wie Kinder ohne Teilleistungsstörungen. Dies spricht dafür, dass in der Tat die Entwicklung des bereichsspezifischen Vorwissens ausschlaggebend für die spätere mathematische Entwicklung zu sein scheint und nicht etwa per se Merkmale der Sprach- und Schriftsprachentwicklung (vgl. auch Weinert & Helmke, 1997; Krajewski, 2003; Mazzocco & Thompson, 2005).

In Hinblick auf die im Lehrerurteil wahrgenommenen komorbiden psychischen Symptome im Verhalten und Erleben fanden sich schließlich als prägnantestes Ergebnis die herausragend hohen Ratings für Aufmerksamkeitsdefizite und Hyperaktivität bei den Kindern mit kombinierten Rechen- und Lese-Rechtschreibstörungen (RE-LRS). Dagegen entsprachen die Werte der Kinder mit umschriebenen Rechenstörungen in etwa denen der Kinder ohne Teilleistungsstörungen. Dieses Ergebnis validiert eindrucksvoll die gefundenen Unterschiede zwischen den Gruppen RE und RE-LRS bezüglich der Leistungen in der ZAREKI-R, und es steht darüber hinaus in Einklang mit Ergebnissen zur Komorbidität bei ADHS. Diese ist gleichermaßen hoch für Störungen des Rechnens und des Schriftspracherwerbs (Gross-Tsur et al., 1996; Shalev et al., 1998; Koumoula et al., 2004; Ackermann, Anhalt & Dykman, 1986; Siegel & Ryan, 1989; Swanson, 1993; McLean & Hitch, 1999). Auch Blender (2004) fand in seiner Untersuchung, dass insbesondere Kinder mit kombinierten Rechen- und Lese-Rechtschreibstörungen klinisch relevante Symptomausprägungen eines ADHD aufwiesen und gleichzeitig Leistungsabweichungen in den Bereichen Aufmerksamkeit, exekutive Funktionen, Gedächtnis und Lernen zeigten.

Die berichteten Ergebnisse lassen folgende Schlussfolgerungen im Hinblick auf die Ätiopathogenese und die Behandlung von Rechenstörungen zu: Bis anhin wurden entwicklungsbezogene Rechenstörungen als primär genetisch determinierte Abweichungen in der Ausprägung früher und grundlegender numerischer Kernkompetenzen, also in dem, was Dehaene (1997) als „Zahlensinn“ bezeichnet, aufgefasst. Landerl et al. (2004) und auch Butterworth (2005) begründen diese Annahme damit, dass in

ihren Untersuchungen Hinweise auf unterschiedliche Fertigungsprofile fehlten und die numerischen Defizite bei Kindern mit umschriebenen und kombinierten Rechenstörungen einheitlich waren. Auch in unserer Untersuchung zeigten beide Gruppen von Kindern mit Rechenstörungen in nahezu allen überprüften Teilbereichen Minderleistungen. Im Gegensatz zu Landerl et al. fanden sich jedoch auch Unterschiede in Fertigungsprofilen und Verhaltensmerkmalen, die in Bezug auf theoretische Annahmen zur Genese dieser Entwicklungsstörungen aussagekräftig sind. Die Annahme einer primären Störung in der Anlage der spezifisch numerischen Kernkompetenzen scheint insbesondere für die Kinder mit umschriebenen Rechenstörungen plausibel zu sein. Bei Kindern mit kombinierten Rechen- und Lese-Rechtschreibstörungen dürften dagegen Defizite in den domänen-übergreifenden Funktionen von Aufmerksamkeit und Arbeitsgedächtnis einen erheblichen Anteil am Ausbleiben der altersgemäßen Entwicklung von Zahlenrepräsentationen haben.

Die vorliegende Untersuchung hat insofern Bedeutung für die Praxis, als sie das Augenmerk auf eine über die numerische Domäne hinaus reichende Diagnostik und Behandlung von Aufmerksamkeitsdefiziten lenkt, auch wenn diese subklinisch sind und nicht die Schwelle einer ADHD-Diagnose erreichen. Die Tatsache, dass schulischen Rechenstörungen vorschulische Wissens- und Fertigungsdefizite vorausgehen, gemahnt zudem an die Notwendigkeit früher Erkennung und präventiver Förderung. Dies nicht zuletzt im Interesse einer Vorbeugung von späterem Schulversagen und sekundären psychischen Störungen.

Literatur

- Ackerman, P. T., Anhalt, J. M. & Dykman, R. A. (1986). Arithmetic automatization failure in children with attention and reading disorders: Associations and sequela. *Journal of Learning Disabilities, 19*, 222–231.
- American Psychiatric Association (1994). *Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorder* (4th ed.). Washington, D.C.: American Psychiatric Association. [deutsch: Saß, H., Wittchen, H.-U. & Zaudig, M. (1996). *Diagnostisches und Statistisches Manual Psychischer Störungen (DSM-IV)*. Göttingen: Hogrefe].
- Aster, M. G. von (1994). Developmental dyscalculia in children: Review of the literature and clinical validation. *Acta Paedopsychiatrica, 56*, 169–178.
- Aster, M. G. von (1996). Psychopathologische Risiken bei Kindern mit umschriebenen schulischen Teilleistungsstörungen. *Kindheit und Entwicklung, 4*, 51–60.
- Aster, M. G. von (2001). *Die Neuropsychologische Testbatterie für Zahlenverarbeitung und Rechnen bei Kindern (ZAREKI)*. Frankfurt am Main: Harcourt.
- Aster, M. G. von (2005). Wie kommen Zahlen in den Kopf? Ein Modell der normalen und abweichenden Entwicklung zahlenverarbeitender Hirnfunktionen. In M. G. von Aster & J. H. Lorenz (Hrsg.), *Rechenstörungen bei Kindern. Neurowissenschaft, Psychologie, Pädagogik* (S. 13–33). Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Aster, M. G. von, Deloche, G. & Dellatolas, G. (1997). Zahlenverarbeitung und Rechnen bei Schulkindern der 2. und 3. Klassenstufe: Eine vergleichende Studie französischsprachiger und deutschsprachiger Kinder. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 29*, 151–166.

- Aster, M. G. von, Weinhold Zulauf, M. & Horn, R. (2006). *ZAREKI-R – Neuropsychologische Testbatterie für Zahlenverarbeitung und Rechnen bei Kindern*. Frankfurt am Main: Harcourt.
- Badian, N. A. (1983). Arithmetic and nonverbal learning. In H. R. Myklebust (Ed.), *Progress in learning disabilities* (pp. 253–264). New York: Grune & Stratton.
- Blender, A. (2004). *Neuropsychologische Aspekte der Diagnostik von Kindern mit umschriebenen Entwicklungsstörungen schulischer Fertigkeiten*. Dissertation an der Fakultät für Informations- und Kognitionswissenschaften der Eberhards-Karls-Universität Tübingen.
- Butterworth, B. (2005a). The development of arithmetical abilities. *Journal of Child Psychology and Psychiatry* 46, 3–18.
- Butterworth, B. (2005 b). Developmental dyscalculia. In J. Campbell (Ed.), *The Handbook of mathematical cognition* (pp. 455–467). New York: Psychology Press.
- Cattell, R. B., Weiss, R. H. & Osterland, J. (1997). *Grundintelligenztest Skala 1 (CFT 1)*. Göttingen: Hogrefe.
- Dehaene, S. (1997). *The number sense – how the mind creates mathematics*. New York, Oxford: Oxford University Press.
- Desoete, A., Roeyers, H. & DeClercq, A. (2004). Children with mathematics learning disabilities in Belgium. *Journal of Learning Disabilities*, 37, 32–41.
- Esser, G. (1990). *Bedeutung und langfristiger Verlauf umschriebener Entwicklungsstörungen*. Habilitationsschrift, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg.
- Geary, D. C. (1990). A componential analysis of an early learning deficit in mathematics. *Journal of Experimental Child Psychology*, 49, 363–383.
- Geary, D. C., Hoard, M. K. & Hamson, C. O. (1999). Numerical and arithmetical cognition: Patterns of functions and deficits in children at risk for mathematical disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74, 213–239.
- Gross-Tsur, V., Manor, O. & Shalev, R. S. (1996). Developmental dyscalculia: Prevalence and demographic features. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 38, 25–33.
- Hein, J., Bzufka, M. W. & Neumärker, K.-J. (2000). The specific disorder of arithmetic skills. Prevalence studies in a rural and an urban population sample and their clinico-neuropsychological validation. *European Child and Adolescent Psychiatry*, 9, 87–101.
- Klauer, K. J. (1992). In Mathematik mehr leistungsschwache Mädchen, im Lesen und Schreiben mehr leistungsschwache Jungen? Zur Diagnostik von Teilleistungsschwächen. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 24, 48–65.
- Klicpera, C. & Gasteiger-Klicpera, B. (1993). *Lesen und Schreiben – Entwicklung und Schwierigkeiten*. Die Wiener Längsschnittuntersuchungen über die Entwicklung, den Verlauf und die Ursachen von Lese- und Schreibschwierigkeiten in der Pflichtschulzeit. Bern: Huber.
- Koontz, K. L. & Berch, D. D. (1996). Identifying simple numerical stimuli: Processing inefficiencies exhibited by arithmetic learning disabled children. *Mathematical Cognition*, 2, 1–23.
- Kosc, L. (1974). Developmental Dyscalculia. *Journal of Learning Disabilities*, 7, 164–177.
- Koumoula, A., Tsironi, V., Stamouli, V., Bardani, I., Siapati, S., Graham, A., Kafantaris, I., Charalambidou, I., Dellatolas, G. & Aster, M. G. v. (2004). An epidemiological study of number processing and mental calculation in Greek schoolchildren. *Journal of Learning Disabilities* 37, 377–388.
- Krajewski, K. (2003). *Vorhersage von Rechenschwäche in der Grundschule*. Hamburg: Kovac.
- Kucian, K., Loenneker, T., Dietrich, T., Dosch, M., Martin, E. & Aster, M. G. von (2006). Evidence for impaired neural networks for number processing in children with developmental dyscalculia. *Behavioural and Brain Functions*, 2, 31.
- Landerl, K., Bevan, A. & Butterworth, B. (2004). Developmental dyscalculia and basic numerical capacities: A study of 8-9-year-old students. *Cognition*, 93, 99–125.
- Landerl, K., Wimmer, H. & Moser, E. (1997). *SLRT: Salzburger Lese- und Rechtschreibtest*. Bern: Huber.
- Lewis, C., Hitch, G. J. & Walker, P. (1994). The prevalence of specific arithmetic difficulties in 9 to 10 year old boys and girls. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 35, 283–292.
- Marx, H. (1998). *Knuspel's Leseaufgaben (KNUSPEL-L)*. Göttingen: Hogrefe.
- Mazzocco, M. M. M. & Myers, G. F. (2003). Complexities in identifying and defining mathematics learning disability in the primary school-age years. *Annals of Dyslexia*, 53, 218–253.
- Mazzocco, M. M. M. & Thompson, R. E. (2005). Kindergarten predictors of math learning disability. *Learning Disabilities Research & Practice*, 20, 142–155.
- McLean, J. F. & Hitch, G. J. (1999). Working memory impairments in children with specific arithmetic learning difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74, 240–260.
- Miles, T. R., Haslum, M. N. & Wheeler, T. J. (2001). The mathematical abilities of dyslexic 10-year-olds. *Annals of Dyslexia*, 51, 299–321.
- Ostad, S. E. (1998). Comorbidity between mathematics and spelling difficulties. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, 23, 145–154.
- Remschmidt, H. & Walter, R. (1990). *Psychische Auffälligkeiten bei Schulkindern*. Göttingen: Hogrefe.
- Schulte-Körner, G. & Remschmidt, H. (2003). Legasthenie – Symptomatik, Diagnostik, Ursachen, Verlauf und Behandlung. *Deutsches Ärzteblatt*, 100, 333–338.
- Shalev, R. S., Auerbach, J. & Gross-Tsur, V. (1995). Developmental dyscalculia. Behavioural and attentional aspects: A research note. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 36, 1261–1268.
- Shalev, R. S., Auerbach, J., Manor, O. & Gross-Tsur, V. (1998). Persistence of developmental dyscalculia: what counts? Results from a three-year prospective follow-up study. *Journal of Paediatrics*, 133, 358–362.
- Shalev, R. S., Auerbach, J., Manor, O. & Gross-Tsur, V. (2000). Developmental dyscalculia: Prevalence and prognosis. *European Child and Adolescent Psychiatry*, 9, 58–64.
- Siegel, L. S. & Ryan, E. B. (1989). The development of working memory in normally achieving and subtypes of learning disabled children. *Child Development*, 60, 973–980.
- Steinhausen, H. C. (1994). *Kurzform der Teacher Rating Form (TRF, Achenbach, T. M. (1993), genehmigte deutsche Version der Arbeitsgruppe der Kinder- und Jugendpsychiatrischen Universitätsklinik in Berlin, Frankfurt/M., Köln und Zürich)*.
- Swanson, H. L. (1993). Working memory in learning disability subgroups. *Journal of Experimental Child Psychology*, 56, 87–114.
- Warnke, A. (2001). Lese-/Rechtschreibstörung. In H. C. Steinhausen (Hrsg.), *Entwicklungsstörungen im Kindes- und Jugendalter*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Weinert, F. E. & Helmke, A. (1997). *Entwicklung im Grundschulalter*. Weinheim: Beltz.
- Weinhold Zulauf, M., Schweiter, M. & Aster, M. G. von (2003). Das Kindergartenalter: Sensitive Periode für die Entwicklung numerischer Fertigkeiten. *Kindheit und Entwicklung*, 12, 222–230.
- WHO (2005). *ICD-10*. International statistical classification of diseases and related health problems. Chapter V: Mental and behavioural disorders (F81.2). Geneva: World Health Organization.

Prof. Dr. med. Dipl.-Päd. Michael von Aster

Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie
DRK Kliniken Berlin/Westend
Spandauer Damm 130
14050 Berlin
E-Mail: vonaster@kjpd.unizh.ch
E-Mail: m.aster@drk-kliniken-westend.de