

## Stichwort – Entwicklungsstörungen schulischer Fertigkeiten

Kathleen Thomas · Gerd Schulte-Körne · Marcus Hasselhorn

Online publiziert: 16. Juni 2015  
© Springer Fachmedien Wiesbaden 2015

**Zusammenfassung** Der Beitrag gibt einen Überblick über den in der Kinder- und Jugendpsychiatrie, der Psychologie und der Sonderpädagogik erbrachten Forschungsstand zu Lernstörungen, die im klinischen Diagnosemanual der Weltgesundheitsorganisation als „Entwicklungsstörungen schulischer Fertigkeiten“ bezeichnet werden. Der Leser wird mit den allgemeinen Definitionen und Kriterien des Bereiches vertraut gemacht sowie mit den Beurteilungskriterien, Einschränkungen und aktuellen Prävalenzschätzungen. Für die Lese-Rechtschreibstörung, die Rechenstörung sowie für die kombinierten Störungen schulischer Fertigkeiten werden der aktuelle Forschungsstand zu Prävalenz, Ursachen, Diagnostik und effektiver Prävention bzw. Intervention dargestellt.

**Schlüsselwörter** Lernstörungen · Lese-Rechtschreibstörung · Dyskalkulie

### Specific developmental disorders of scholastic skills

**Abstract** The article provides a state of the art overview on learning disabilities. Learning disabilities are identified as “specific developmental disorders of scholas-

---

Dr. K. Thomas, Ph.D (✉) · Prof. Dr. M. Hasselhorn  
Deutsches Institut für Internationale Pädagogische Forschung (DIPF),  
Schloßstr. 29, 60486 Frankfurt am Main, Deutschland  
E-Mail: k.thomas@dipf.de

Prof. Dr. M. Hasselhorn  
E-Mail: hasselhorn@dipf.de

Prof. Dr. G. Schulte-Körne  
Klinik und Poliklinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie,  
Universität München,  
Nußbaumstr. 5a, 80336 München, Deutschland  
E-Mail: Gerd.Schulte-Koerne@med.uni-muenchen.de

tic skills” by the classification system used in clinical practice issued by the World Health Organisation. This paper reviews current research findings of specific learning disorders from the view of child and adolescent psychiatry, psychology and special needs education. The reader will be familiarised with general definitions, core features and criteria for identifying specific developmental disorders of scholastic skills as well as with exclusions and estimates of prevalence. The current state of research on dyslexia, dyscalculia as well as mixed disorders of scholastic skills are summarized with regard to prevalence, causes, diagnosis and effective prevention and effective intervention (treatment).

**Keywords** Dyscalculia · Dyslexia · Learning disabilities

## 1 Einleitung

Schulische Leistungsprobleme in den Bereichen Lesen, Rechtschreiben und Rechnen sind weit verbreitet. Ein Drittel aller Grundschul Kinder zeigt in wenigsten einem dieser drei basalen Fertigkeitensbereiche auffällig schwache Leistungen. In der Erziehungswissenschaft wird dieses Phänomen traditionell mit dem Begriff der Lernschwierigkeit bzw. der Teilleistungsstörung umschrieben. Etwa jedes achte Kind in Deutschland erfüllt dabei sogar die diagnostischen Kriterien für eine „Entwicklungsstörung schulischer Fertigkeiten“ (vgl. Fischbach et al. 2013).

## 2 Definition und Kriterien

Der Begriff „Entwicklungsstörung schulischer Fertigkeiten“ findet sich im klinischen Diagnosemanual ICD-10 (Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme/International Classification of Diseases; Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information DIMDI 2014) der Weltgesundheitsorganisation (WHO) und der Begriff „Spezifische Lernstörung“ findet sich im Diagnostischen und Statistischen Manual Psychischer Störungen, DSM-5 (Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, dt. Falkai und Wittchen 2014), herausgegeben von der American Psychiatric Association. Die Klassifikationssysteme beschreiben die diagnostischen Kriterien und Definitionen der einzelnen Entwicklungsstörungen schulischer Fertigkeiten bzw. Lernstörungen. Darüber hinaus enthalten sie Angaben zum Verlauf, zur Prävalenz und Symptomatik.

Entwicklungsstörungen schulischer Fertigkeiten (ICD: F81.) werden über das Vorliegen erwartungswidriger Minderleistungen im Bereich des Lesens, des Rechtschreibens und/oder des Rechnens definiert, die „nicht einfach Folge eines Mangels an Gelegenheit zu lernen ... auch nicht allein ... Folge einer Intelligenzminderung oder irgendeiner erworbenen Hirnschädigung oder -krankheit“ (ICD-10-GM Version 2014, S. 220) sind.

## 2.1 Beurteilungskriterien

Die Minderleistung in dem jeweiligen Bereich (Lesen, Rechtschreiben, Rechnen) muss gemäß den Kriterien des von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) herausgegebenen Klassifikationssystems ICD-10 deutlich unter dem erwartbaren Niveau liegen und zwar in Bezug auf mindestens eines der folgenden drei Kriterien:

- Alter
- allgemeine Intelligenz
- Klassenstufe

Die Diagnose „Entwicklungsstörung schulischer Fertigkeiten“ soll nur vergeben werden, wenn folgende Punkte nachweisbar sind:

- eine lernbereichsspezifische Minderleistung (in der Regel mit Hilfe eines standardisierten Schulleistungstests nachgewiesen)
- eine unauffällige allgemeine Intelligenz (mit einem IQ über 70)
- eine bedeutsame Diskrepanz zwischen der aufgrund der Intelligenz, oder des Alters, oder der Klassenstufe zu erwartenden und der aktuell gemessenen Lese-, oder Rechtschreib- oder Rechenleistungen.

Die Minderleistung im Schulleistungstest wird über die Diskrepanz zwischen dem für die jeweilige Altersstufe erwartbaren und dem individuellen Leistungsniveau bestimmt. Üblicherweise legt man dazu einen statistisch definierten Diskrepanzwert von einer Standardabweichung der Populationsverteilung zugrunde, wodurch die 16% leistungsschwächsten Personen einer Altersgruppe als solche mit einer Minderleistung gelten. Für die zusätzlich nachzuweisende Diskrepanz zwischen lernbereichsspezifischem Leistungsniveau und allgemeinem Lern- und Leistungspotential (Intelligenz) fordert die WHO in den ICD-10 Forschungskriterien eine Differenz von mindestens 2 Standardabweichungen der Verteilung in der Population. In der Diagnosepraxis wird jedoch häufig ein weniger strenger Wert von 1.0 bis 1.5 Standardabweichungen angelegt. In vielen Regionen Deutschlands wird eine Diskrepanz von 1.2 Standardabweichungen verlangt, was in der üblicherweise verwendeten Metrik von T-Werten insgesamt 12 T-Wertpunkten entspricht.

Mit der Anwendung des Kriteriums der Diskrepanz zur Intelligenz soll sichergestellt werden, dass die diagnostizierte schulische Minderleistung auftritt, obwohl die allgemeine Lernfähigkeit weit höhere Leistungen erwarten lässt. Daraus ergibt sich das Argument einer erhöhten Gefährdung der Teilhabe an der Gesellschaft und somit einer psychischen Störungsgefährdung. Inwiefern das IQ-Diskrepanzkriterium aus theoretischer Sicht sowie aus seiner Bedeutung für die individuelle Förderung angemessen ist, wird seit Jahren kontrovers diskutiert (vgl. Stuebing et al. 2002; Kavale und Forness 2003; Büttner und Hasselhorn 2011; Brandenburg et al. 2013).

Zeigt ein Kind schulische Minderleistungen trotz guter Intelligenz, dann wird angenommen, dass ein von der Intelligenz weitestgehend unabhängiges (neuro)kognitives Verarbeitungsdefizit dafür verantwortlich ist. Diese Grundannahme geht u. a. auf die epidemiologischen *Isle of Wight*-Studien von Rutter und Yule (1975) zurück: In den Ergebnissen ihrer Studie an einer repräsentativen Stichprobe sahen die Autoren Hinweise auf unterschiedliche kognitive Ursachen in Abhängigkeit davon, ob eine Leis-

tungs-IQ-Diskrepanz vorlag oder nicht, und empfahlen die Unterscheidung von einer spezifischen Lernstörung und einer Lernschwäche. Eine kritische Sichtung dieser Arbeit offenbart allerdings gravierende methodische Mängel: Beispielsweise wurde bei Kindern mit Lernschwäche nicht kontrolliert, ob gar eine Intelligenz*minderung* vorgelegen hat. Die Vermutung, dass dieses Versäumnis zu systematischen Verzerrungen der Ergebnisse und damit zu dem berichteten Positivbefund geführt haben könnte, wird dadurch bestätigt, dass im angloamerikanischen wie im deutschen Sprachraum empirische Befunde vorgelegt wurden, die – bei einer methodisch anspruchsvollen Rekrutierung der Gruppen – an der Relevanz des IQ-Diskrepanzkriteriums zweifeln lassen: Weder in Bezug auf die Symptome, noch hinsichtlich der kognitiven Defizite (z. B. Marx et al. 2001; Mähler und Schuchardt 2011; Brandenburg et al. 2013) konnten nennenswerte Unterschiede zwischen Lernschwäche und Lernstörung aufgedeckt werden. Dass diese Forschungsbemühungen insgesamt wenig empirische Rechtfertigung für das IQ-Diskrepanzkriterium hervorbringen konnten, führte jüngst zu der Forderung, ganz darauf zu verzichten (z. B. Scanlon 2011).

## 2.2 Einschränkungen und Abgrenzungen

Behält man das IQ-Diskrepanzkriterium bei (wie die WHO empfiehlt), kann eine Unterscheidung zwischen „Lernschwächen“ und „Lernstörungen“ vorgenommen werden. Treten bei Kindern schwache Schulleistungen im Lesen, Schreiben und/oder Rechnen auf, ohne dass das IQ-Diskrepanzkriterium erfüllt ist, wird die Diagnose „Lernschwäche“ vergeben, was zur Folge hat, dass keine finanzielle Unterstützung der Familie des betroffenen Kindes für eine Einzeltherapie vom Jugendamt gewährt wird. Treten die schwachen Schulleistungen hingegen in Verbindung mit erheblichen Beeinträchtigungen der intellektuellen Fähigkeiten (Minderbegabung) auf, besteht der Verdacht, dass eine allgemeine „Lernbehinderung“ vorliegt. Nicht alle Lernschwierigkeiten sind somit als Lernstörungen zu klassifizieren. Nach ICD-10 und DSM-5 sollen die Diagnosen „Entwicklungsstörungen schulischer Fertigkeiten“ und Lernstörungen nicht vergeben werden, wenn sie mit einer nicht kompensierten sensorischen Beeinträchtigung (z. B. Seh- oder Hörstörungen) oder mit neurologischen Erkrankungen einhergehen oder auch, wenn keine angemessene Beschulung stattgefunden hat. Letzteres Kriterium wird in pädagogischen Diskursen bisweilen missverstanden und dazu genutzt, das Auftreten individueller Minderleistungen als Hinweis für qualitativ nicht angemessene didaktische Umsetzung schulischen Unterrichts im Lesen, Rechtschreiben und in der Mathematik zu werten (Stichwort: didaktogene Lernstörungen). Dies ist allerdings mit dem Terminus der nicht-angemessenen Beschulung in den medizinischen Klassifikationssystemen nicht gemeint. Eine nicht angemessene Beschulung bezieht sich vielmehr auf eine nicht ausreichende pädagogische Instruktion etwa wegen mangelnder Deutschkenntnisse oder einer längeren (z. B. krankheitsbedingten) Abwesenheit des Schülers vom Unterricht (vgl. Steinbrink und Lachmann 2014).

## 2.3 Prävalenz

Auf Grund unterschiedlicher Definitionen, uneinheitlicher Anwendung der diagnostischen Kriterien und unterschiedlicher Verfahren zur Feststellung der Minderleistung

im Lesen, Rechtschreiben oder Rechnen finden sich in der Literatur verschiedene Angaben zu Häufigkeiten von Lernstörungen. Aktuelle Erkenntnisse aus dem BMBF-Schwerpunkt „Entwicklungsstörungen schulischer Fertigkeiten“ zeigen, dass in der Mitte der Grundschulzeit ein Drittel aller Schüler von basalen Lernschwierigkeiten und fast ein Viertel der Kinder von Lernschwächen (im oben definierten Sinne) im Lesen, Rechtschreiben und/oder Rechnen betroffen sind (vgl. Fischbach et al. 2013). Immerhin erfüllen 13.3 % der Kinder am Ende der zweiten Klassenstufe die Kriterien der ICD-Diagnose „Lernstörung“. Innerhalb dieser Gruppe von Kindern kann danach unterschieden werden, ob die Störung im Bereich des Lesens und/oder Rechtschreibens, im Bereich der Mathematik oder aber in beiden Bereichen (kombinierte Störung schulischer Fertigkeiten) vorliegt. Aktuelle Untersuchungen zeigen, dass bei Kindern mit diagnostizierter schulischer Entwicklungsstörung das Risiko für das Vorliegen einer weiteren Störung deutlich erhöht ist (Moll et al. 2014). Beispielsweise lag bei 22 % der Kinder mit einer Lesestörung auch eine Rechenstörung vor (Moll et al. 2014) und 48 % der Kinder mit einer Rechenstörung erfüllten auch die Kriterien für eine Störung im Lesen und/oder Rechtschreiben (Fischbach et al. 2013).

### 3 Lese- und/oder Rechtschreibstörung

In den ICD-10 Diagnosekriterien wird zwischen Lese- und Rechtschreibstörung (F81.0) und Isolierter Rechtschreibstörung (F81.1) unterschieden. Das Hauptmerkmal der Lese- und Rechtschreibstörung (LRS) ist eine umschriebene und bedeutsame Beeinträchtigung in der Entwicklung der Lesefertigkeiten mit oder ohne zusätzlicher Beeinträchtigung des Rechtschreibens. Die Leseleistungen der betroffenen Personen liegen unter dem Niveau, das aufgrund des Alters, der allgemeinen Intelligenz und der Beschulung zu erwarten wäre. Die Symptome der Leseproblematik zeigen sich in der Häufung verschiedener Lesefehler (Auslassen, Verdrehen, Hinzufügen von Buchstaben, Wörtern oder Wortteilen), in Schwierigkeiten beim lauten Vorlesen (inkl. Betonung und Phrasierung), in einem schlechten Leseverständnis und in einer niedrigen Lesegeschwindigkeit. Eine verlangsamte Lesegeschwindigkeit gilt als typisches Symptom der Lese-Rechtschreibstörung im Deutschen (Wimmer 1993; Landerl et al. 1997), während im Englischen eher eine niedrige Lesegenauigkeit symptomatisch ist.

Lesestörungen können mit Rechtschreibstörungen einhergehen. Aktuelle Ergebnisse zeigen, dass mehr als die Hälfte der leseschwachen Kinder auch eine Rechtschreibstörung haben (Moll et al. 2012; Fischbach et al. 2013). Rechtschreibstörungen äußern sich durch die Symptome der Verdrehung, Vertauschung oder des Auslassens von Buchstaben im Wort und das Einfügen zusätzlicher Buchstaben. Außerdem können Betroffene Schwierigkeiten beim Einhalten grammatischer Regeln wie z. B. Groß- und Kleinschreibung im Deutschen (sogenannte Regelfehler) oder Probleme bei der lautgetreuen Schreibung von Wörtern, die sich z. B. durch das Verwechseln ähnlich klingender Buchstaben zeigen (sogenannte Wahrnehmungsfehler) haben. Typisch sind auch intraindividuelle Schwankungen der „Falschschreibungen“: so werden von Kindern, die unter einer Rechtschreibstörung leiden, Wörter immer wieder unterschiedlich falsch geschrieben. Das Hauptmerkmal der „Isolier-

ten Rechtschreibstörung“ ist eine eindeutige Beeinträchtigung der Entwicklung von Rechtschreibfertigkeiten, die isoliert auftritt, also ohne gravierende Schwierigkeiten im Lesen bzw. ohne die Vorgeschichte einer Lesestörung.

Längsschnittstudien zeigen eine zeitlich hohe Stabilität der schriftsprachlichen Schwierigkeiten bis ins Erwachsenenalter (Kohn et al. 2013). Trotz absoluter Verbesserungen in den Schriftsprachleistungen bleiben die Betroffenen im Vergleich zu den unbeeinträchtigten Gleichaltrigen zurück. Dabei verbessern sich eher die Leseleistungen mit zunehmendem Alter. Das zeigt sich daran, dass weniger Lesefehler gemacht werden. Dennoch lesen die Kinder nach wie vor sehr langsam, insbesondere beim lauten Vorlesen. Große Probleme bleiben zudem in der Rechtschreibung bestehen (Klicpera et al. 2006).

Bedingt durch die Probleme im Erlernen der Schriftsprache zeigen sich in der Folge typischerweise eine Reihe von sekundären Begleitproblemen. So zeigen die betroffenen Kinder vermehrt eine geringe Anstrengungsbereitschaft und Lernfreude, eine allgemeine Schulunlust und Schulangst, psychosomatische Beschwerden (wie Bauch- oder auch Kopfschmerzen) sowie ein deutlich niedrigeres akademisches Selbstkonzept (Fischbach et al. 2010).

Sprachvergleichende Studien haben gezeigt, dass im Schriftspracherwerb das zu erwerbende orthographische System eine wesentliche Rolle spielt (siehe Landerl 2005 für einen Überblick). Sprachen unterscheiden sich nämlich sehr stark hinsichtlich der Transparenz und Konsistenz ihrer Orthographie. Sogenannte transparente Sprachen, wie z. B. das Deutsche, weisen eine relativ hohe Konsistenz der Entsprechungen zwischen Phonemen (Laute und kleinste bedeutungsdifferenzierende Einheiten einer Sprache) und Graphemen (Buchstaben – schriftliche Darstellung der Phoneme) auf (vgl. Fricke et al. 2008). Das Lesen von unbekanntem Wörtern in transparenten Sprachen kann daher relativ sicher erfolgen, da man sich an den Graphem-Phonem Korrespondenzregeln der Sprache gut orientieren kann. Sogenannte intransparente Sprachen, wie z. B. das Englische, haben eine weniger eindeutige Korrespondenz zwischen Phonemen und Graphemen. In diesen Sprachen werden daher oft andere Lesestrategien bevorzugt. Die niedrige Konsistenz der Buchstabe-Laut-Beziehungen im Englischen führt auch dazu, dass der normale Schriftspracherwerb in der englischen Orthographie wesentlich langsamer verläuft als in den meisten europäischen (transparenteren) Orthographien. Außerdem fällt die LRS-Symptomatik bei Kindern, die das komplexe englische orthographische System erlernen müssen, wesentlich massiver aus als z. B. bei Kindern, die die eher konsistente deutsche Orthographie erlernen (Landerl 2005).

Obwohl Lesen und Schreiben weitgehend auf den gleichen sprachlichen Repräsentationen und Verarbeitungsprozessen beruhen, kann man nicht davon ausgehen, dass das Schreiben eine schlichte Umkehrung des Leseprozesses sei (z. B. Wimmer und Mayringer 2002; Moll et al. 2012; Steinbrink und Lachmann 2014). Tatsächlich wird angenommen, das Rechtschreiben schwieriger ist als Lesen. Einer der Gründe dafür scheint in der orthographischen Transparenz und Konsistenz einer Sprache zu liegen. Beim Lesen erfolgt die Umwandlung eines Buchstaben in einen Laut (Graphem-Phonem Korrespondenz). Während beim Schreiben v. a. die Zuordnung eines Lautes zu einem Buchstaben relevant ist (Phonem-Graphem Korrespondenz). In den meisten alphabetischen Orthographien sind die Phonem-Graphem-Zuordnungen

wesentlich komplexer als die Graphem-Phonem-Zuordnungen. Das Deutsche weist beispielsweise transparente Beziehungen im Bereich der Graphem-Phonem-Korrespondenzen auf, ist jedoch weniger konsistent in seinen Phonem-Graphem-Beziehungen. Diese Asymmetrie könnte sich auch in den Sprachverarbeitungsprozessen beim Lesen und Schreiben widerspiegeln.

### 3.1 Prävalenz

Angaben zur Gesamthäufigkeit des Auftretens von LRS unterliegen einer gewissen Altersabhängigkeit (vgl. Hasselhorn und Schuchardt 2006): Während im Alter von acht Jahren etwa 7–8% aller Kinder die Kriterien erfüllen, sinkt der Prozentsatz auf etwa 6% mit zwölf Jahren und auf etwa 4% im jungen Erwachsenenalter ab. In der bereits erwähnten Studie von Fischbach und Kollegen (2013) wiesen 4% der in Deutschland untersuchten Schulkinder am Ende der zweiten Klasse eine isolierte Rechtschreibstörung auf. Des Weiteren waren 2.6% der Schüler von einer – im WHO-Klassifikationssystem bisher nicht separat ausgewiesenen – isolierten Lesestörung betroffen, d. h. die Leseschwierigkeiten dieser Kinder gingen nicht mit entsprechenden Rechtschreibproblemen einher. Eine eigene Klassifikation „isolierte Lesestörung“ wäre, wie bereits im DSM-5 umgesetzt, notwendig, da Lesestörungen bei durchschnittlicher Rechtschreibfertigkeit andere kognitive Korrelate haben als die kombinierte Störung von Lesen und Rechtschreiben (vgl. Brandenburg et al. 2013; Fischbach et al. 2013).

Leserechtschreibstörungen treten außerdem bei Jungen häufiger auf als bei Mädchen (z. B. Bos et al. 2007; Niklas und Schneider 2012; Fischbach et al. 2013), bei einer isolierten Lesestörung nähern sich die Prävalenzen von Mädchen und Jungen hingegen an (Fischbach et al. 2013; Moll et al. 2014). Die Ergebnisse verschiedener aktueller Studien zum Ausmaß der „Jungenwendigkeit“ bei LRS schwanken z. T. erheblich. Die meisten Studien berichten, dass bei Jungen doppelt so häufig Schriftsprachschwierigkeiten diagnostiziert werden wie bei Mädchen (Liederman et al. 2005; Fischbach et al. 2013). Wenn jedoch die isolierte Lese- und Rechtschreibstörung zusätzlich zu der kombinierten Lese- und Rechtschreibstörung analysiert werden, zeigt sich, dass der erhöhte Anteil der Jungen an der LRS eher im Bereich des Rechtschreibens als im Bereich des Lesens zu finden ist (Moll et al. 2014).

### 3.2 Ursachen

Basierend auf molekulargenetischen Studien (Überblick in Carrion-Castillo et al. 2013), z. T. in Verbindung mit Untersuchungen zur funktionellen und strukturellen Bildgebung wurden Modelle für die Lesestörung formuliert, die eine genetische Prädisposition annehmen, die sich auf Veränderungen in einzelnen Gehirnregionen auswirken (Scerri und Schulte-Körne 2010; Logan et al. 2013). Zwillingsstudien zeigen eine recht hohe Erblichkeit der Lese- und der Rechtschreibtestleistungen zwischen 50–80%. Kandidatengene, die funktionell relevant für den Schriftspracherwerbsprozess sind, wurden bei der Lese- und Rechtschreibstörung identifiziert. Allerdings ist der Beitrag einzelner genetischer Varianten zur Varianzaufklärung der Lesestörung

recht gering. Daher ist es wahrscheinlich, dass Gen-Gen-Interaktionen und vor allem Gen-Umwelt-Interaktionen eine wichtige Rolle spielen (Friend et al. 2008).

Die für den Leseerwerb relevanten Gehirnregionen lassen sich zu einem Netzwerk aus occipito-temporalen, parieto-temporalen und frontalen Regionen zusammenfassen, das insbesondere in der linken Hemisphäre aktiviert ist. Entsprechend findet sich in diesem Netzwerk veränderte Aktivitätsmuster bei Kinder und Jugendlichen und Erwachsenen mit einer Lesestörung. Anhand einer metaanalytischen Auswertung der vorliegenden fMRT-Studien können die einzelnen Prozesse des Lesens den entsprechenden Regionen zugeordnet werden (vgl. Linkersdörfer 2011; Richlan et al. 2011). Die fMRT-Studien zeigen aber auch Gehirnregionen, bei denen eine stärkere Aktivierung im Vergleich zu den nicht-betroffenen Individuen vorliegt. Diese Regionen, der dorsale Bereich des präfrontalen Cortexes und die homologen Strukturen des medialen temporalen und des parietalen Cortexes der rechten Gehirnhälfte werden mit kompensatorischer Überaktivierung assoziiert.

Neurophysiologische Untersuchungen zeigen eine geringere und deutlich verzögerte Aktivierung einzelner Gehirnregionen während der Wortverarbeitung in Abhängigkeit davon, ob eine phonologische oder orthographische Verarbeitung des Wortmaterials erforderlich ist (Hasko et al. 2013).

Es ist davon auszugehen, dass bei der Entstehung der LRS neben Umweltfaktoren, wie z. B. die sprachlichen Anregungen in der Familie oder schulische Merkmale (Klassenklima, Unterrichtsdidaktik), verschiedene biologische, kognitive und Verhaltensfaktoren eine Rolle spielen. Zu den prominentesten Erklärungsansätzen der LRS werden Defizite in der phonologischen Informationsverarbeitung angenommen, d. h. spezifische Defizite bei der Verarbeitung und Repräsentation von Sprachlauten (z. B. Snowling 2000; Hulme und Snowling 2009). In Anlehnung an die Klassifikation von Wagner und Torgesen (1987) lassen sich drei Komponenten der phonologischen Informationsverarbeitung unterscheiden:

- *Phonologische Bewusstheit* ist die Sensitivität für die Lautstruktur einer Sprache und den routinierten Zugriff auf die Klänge bzw. Phoneme der gesprochenen Sprache.
- *Phonetisches Rekodieren im Arbeitsgedächtnis* bezieht sich auf die unter restriktiven kapazitiven Rahmenbedingungen ablaufenden Prozesse der verbalen Informationsverarbeitung, die entscheidend durch die Funktionstüchtigkeit des phonologischen Arbeitsgedächtnisses bestimmt werden.
- *Abruf phonologischer Repräsentationen aus dem Langzeitgedächtnis* beinhaltet den Zugriff auf die Aussprache und Betonung von Buchstaben, Zahlen und Wörtern, die in der Wissensbasis einer Person bereits repräsentiert sind (vgl. Torgesen et al. 1994).

Mit der Erhebung der Benennungsgeschwindigkeit (rapid automatized naming – RAN) wird der Abruf phonologischer Informationen aus dem Langzeitgedächtnis gemessen. Im Rahmen der Theorie zur phonologischen Verarbeitung (Torgesen et al. 1994) wird die Benennungsgeschwindigkeit als Komponente der phonologischen Informationsverarbeitung gesehen und bezieht sich auf die Effizienz des Zugriffs und Abrufs phonologischer Repräsentationen aus dem Langzeitgedächtnis und steht somit in engem Zusammenhang mit dem Lesen. Diese Interpretation von RAN-



Daten ist allerdings umstritten. In der Literatur besteht zwar weitgehend Einigkeit darüber, dass die Komponente Benennungsgeschwindigkeit eng mit dem Leseprozess verbunden ist. Aber sowohl Interpretation als auch theoretische Einordnung der Benennungsgeschwindigkeit werden kontrovers diskutiert (siehe z. B. Georgiou und Parilla 2013).

Verschiedene Forschungsbefunde belegen die Bedeutsamkeit der drei Komponenten der phonologischen Verarbeitung (Phonologische Bewusstheit, Arbeitsgedächtnis, Abruf phonologischer Repräsentationen aus dem Langzeitgedächtnis) für die schriftsprachliche Leistungsentwicklung. Die Qualität früher Fertigkeiten der phonologischen Informationsverarbeitung kann spätere Lese- und Rechtschreibleistungen vorhersagen (z. B. Näslund und Schneider 1996; Wagner et al. 1997). Studien mit Kindern mit einem genetischen Risiko für die LRS konnten außerdem zeigen, dass Kinder, bei denen eine LRS diagnostiziert wird, bereits im Vorschulalter überzufällig häufig Schwierigkeiten in den Bereichen phonologische Bewusstheit, phonologisches Arbeitsgedächtnis und Abruf phonologischer Codes aus dem Langzeitgedächtnis aufweisen (Scarborough 1990; Pennington und Lefly 2001).

In einem Großteil der Studien zur phonologischen Informationsverarbeitung wurde der Schriftspracherwerb im Englischen untersucht. Es ist jedoch fraglich, ob die Bedeutung der phonologischen Verarbeitung bzw. ihrer Teilkomponenten für den Schriftspracherwerb in verschiedenen alphabetischen Sprachen vergleichbar ist. In einer cross-linguistischen Studie mit Zweitklässlern verschiedener europäischer Sprachen (Finnisch, Französisch, Niederländisch, Ungarisch, Portugiesisch) untersuchten Ziegler et al. (2010) verschiedene Prädiktoren der Leseentwicklung. So hat sich gezeigt, dass die phonologische Bewusstheit für die Leseentwicklung in weniger transparenten Sprachen, wie dem Französischen, bedeutsamer ist als in Sprachen mit einer hohen Konsistenz der Graphem-Phonem-Korrespondenz (z. B. Finnisch). Ennemoser et al. (2012) untersuchten in zwei Längsschnittstudien vom Kindergartenalter bis Klasse 4 spezifische Vorläuferfähigkeiten der Lesegeschwindigkeit, des Leseverständnisses und des Rechtschreibens. Sie fanden heraus, dass die verschiedenen Komponenten der phonologischen Informationsverarbeitung für das Lesen und Schreiben im Deutschen eine unterschiedliche Bedeutung aufwiesen. Während sich die phonologische Bewusstheit als stärkster Prädiktor für die Rechtschreibleistungen zeigte, erwies sich die Benennungsgeschwindigkeit als bester Prädiktor für die Lesegeschwindigkeit.

Vergleichbare Ergebnisse erzielten auch bereits Wimmer und Mayringer (2002). In zwei Längsschnittstudien untersuchten sie die Dissoziation von Schwierigkeiten des Lesens und des Rechtschreibens an deutschsprachigen Kindern. Es wird davon ausgegangen, dass die hohe Konsistenz der Graphem-Phonem Korrespondenzen im Deutschen eine phonologische „Übersetzung“ beim Lesen ermöglicht. Durch die weniger konsistente Phonem-Graphem-Korrespondenz ist beim Rechtschreiben jedoch der volle Abruf der orthographischen Repräsentation aus dem Gedächtnis notwendig. Die Autoren konnten anhand ihrer Stichprobe bestätigen, dass sowohl eine isolierte Lesestörung bei intakter Rechtschreibung als auch eine isolierte Rechtschreibstörung ohne Lesebeeinträchtigung vorkommen können. Die Befunde zeigten unterschiedliche kognitive Defizite: bei späteren Leseschwierigkeiten spielten frühe Defizite im Bereich der Benennungsgeschwindigkeit eine besondere Rolle, während

spätere Rechtschreibprobleme v. a. durch (frühe) Defizite in der phonologischen Bewusstheit gekennzeichnet waren. Analog konnten Moll und Landerl (2009) und Moll et al. (2012) auch unterschiedliche Prädikationsmuster für Lesen und Schreiben aufzeigen. Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass einer isolierten Lesestörung andere kognitive Korrelate zugrunde liegen als einer Lese- Rechtschreibstörung.

### 3.3 Diagnostik

Um eine umschriebene Entwicklungsstörung schulischer Fertigkeiten im Bereich des Lesens und/oder Rechtschreibens zu diagnostizieren, muss zunächst das Leistungsniveau im Lesen und/oder im Rechtschreiben mithilfe standardisierter Schulleistungstests erfasst werden (zur Übersicht geeigneter Testverfahren siehe Hasselhorn und Mähler 2006). Nur wenn hier auffällige Minderleistungen feststellbar sind, kann eine umschriebene Entwicklungsstörung schulischer Fertigkeiten im Sinne der WHO (ICD-10) vorliegen. Wegen des bisher in diesem Zusammenhang empfohlenen Diagnosekriteriums einer Leistungs-IQ-Diskrepanz muss zusätzlich ein ausführlicher Intelligenztest durchgeführt werden. Darüber hinaus soll eine Eigen- und Familienanamnese, eine Erhebung der Lernentwicklung und eine Exploration durchgeführt werden. Liegen Probleme in der Aufmerksamkeit, emotionale Symptome wie z. B. Angst vor der Schule, geringes Selbstvertrauen, negative Leistungserwartung in Bezug auf die Schule vor, sollten diese Belastungen ernst genommen werden und gegebenenfalls fachärztlich untersucht werden. Der Ausschluss neurologischer und/oder sensorischer Beeinträchtigungen im Bereich Hören und Sehen erfordert ebenfalls eine entsprechende fachärztliche Untersuchung.

### 3.4 Prävention und Intervention

Da schulische Entwicklungsstörungen nicht nur zu schulischen, sondern auch zu weiteren Problemen (z. B. Angststörung, Depression) führen können, und beide häufig bis ins Erwachsenenalter fortbestehen und die Betroffenen in vielen psychosozialen Bereichen beeinträchtigen, ist eine frühzeitige und effektive Förderung von besonderer Bedeutung. Im deutschsprachigen Raum wird eine Vielzahl von Förderprogrammen zur Prävention und Intervention der LRS angeboten (für einen Überblick siehe Huemer et al. 2009; Ise et al. 2012; Steinbrink und Lachmann 2014). Förderprogramme zur Prävention von Lese-Rechtschreibschwierigkeiten haben den Anspruch, späteren Schwierigkeiten im Lesen und Schreiben vorzubeugen und werden i. d. R für den Einsatz im Kindergarten und/oder in den ersten Grundschuljahren konzipiert. Da die phonologische Informationsverarbeitung als wichtige Grundlage des Schriftspracherwerbs gilt und ein Defizit in der phonologischen Verarbeitung als Risikofaktor für die LRS angenommen wird, fokussieren viele Präventionsprogramme die Förderung der phonologischen Bewusstheit (s. o.). Es konnte mehrfach und auch für den deutschen Sprachraum gezeigt werden, dass ein frühes Training der phonologischen Bewusstheit sich positiv auf die schriftsprachliche Leistungen (insbesondere Rechtschreibung) in den ersten Schuljahren auswirken kann und die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von LRS reduziert (z. B. Ehri et al. 2001; Schneider und

Marx 2008), auch wenn die Effekte solcher Trainings im deutschsprachigen Raum niedriger als im englischen Sprachraum sind (Fischer und Pfost 2015).

Wird die Diagnose einer Lese-, Rechtschreib- oder Lese- und Rechtschreibstörung gestellt, so sind neben der Teilnahme am schulischen Förderunterricht meist auch außerschulische Fördermaßnahmen erforderlich. Interventionen sollten dabei zum Ziel haben, die primäre Lernstörung zu behandeln und darüber hinaus das Kind bei der psychischen Bewältigung der Lernstörung zu unterstützen. Auch die Eltern sollten begleitet und im Umgang, der Förderung und der Unterstützung des Kindes beraten werden, da erst durch ein Verständnis der Ursachen, der Symptomatik und der Fördermöglichkeiten bei schulischen Entwicklungsstörungen eine angemessene Erwartung an die Leistungsfähigkeit im Lernen des Lesens und Rechtschreibens des Kindes von den Eltern entwickelt werden kann. Eine Intervention sollte in Abhängigkeit von den Ergebnissen der Diagnostik auf der individuellen Entwicklungsstufe im Lesen und Rechtschreiben ansetzen, das Kind emotional stabilisieren und die Lernmotivation fördern. Die im deutschen Sprachraum vorliegenden Interventionen bei LRS lassen sich wie folgt unterteilen (Ise et al. 2012):

- Funktions- und Wahrnehmungstrainings, die davon ausgehen, dass Defizite in der nicht-sprachlichen auditiven und visuellen Informationsverarbeitung ursächlich für die LRS sind und eine Förderung basaler nicht-sprachlicher auditiver und/oder visueller Verarbeitungsprozesse die Voraussetzungen für das Erlernen der Schriftsprache verbessern (z. B. Trainings auditiver und/oder visueller Funktionen),
- symptomspezifische Interventionen, in denen das Lesen und Schreiben direkt trainiert wird (z. B. Lese-Rechtschreibtrainings, Phonologietrainings) und
- kombinierte Interventionen, die eine Förderung der kognitiven Grundlagen mit einer Förderung des Lesens und/oder Schreibens im engeren Sinne verbinden (z. B. eine Hörschulung kombiniert mit einem Lesetraining) (vgl. Ise et al. 2012; Steinbrink und Lachmann 2014).

In einer Metaanalyse zur Wirksamkeit deutschsprachiger LRS-Förderprogramme (Ise et al. 2012) konnte gezeigt werden, dass symptomspezifische Interventionen zur Förderung von Rechtschreibung und Lesen wirksam sind, hingegen für Funktions- und Wahrnehmungstrainings kein Wirksamkeitsnachweis vorliegt. Einflussfaktoren auf die Wirksamkeit zeigten sich in der Intensität der Förderung und in dem Einsatz von Verstärkern. In einer aktuellen Metaanalyse internationaler Studien fanden sich geringere Effektstärken der Lese- und Rechtschreibförderung mit Effektstärken um 0.3, Einflussfaktor war auch in dieser Analyse die Dauer der Förderung. Ferner zeigte diese Metaanalyse, dass populäre Methoden zur Unterstützung der Kinder mit einer LRS, wie z. B. Irlen-Folien oder Brillen und Training von akustischer Diskriminationsfähigkeit nicht wirksam sind (Galuschka et al. 2014).

Neben einer Interventionsmaßnahme zur Verbesserung der primären Symptomatik ist eine Entlastung des Kindes in der Schule (durch spezifische Förderung, Gewährung von Nachteilsausgleich z. B. durch Zeitverlängerung bei schriftlichen Aufgaben oder beim Textlesen, Gewährung von Notenschutz bis zum Ende der Schulzeit) erforderlich; nicht selten ist eine Behandlung der psychischen Folgeprobleme der Lernstörung (z. B. Schulangst, Selbstwertprobleme, Depression) erforderlich (Schulte-Körne 2010).

## 4 Rechenstörung (Dyskalkulie)

Im ICD-10 Manual ist die Rechenstörung (F81.2) als eine umschriebene Beeinträchtigung von Rechenfertigkeiten beschrieben, die nicht durch eine allgemeine Intelligenzminderung oder durch eine eindeutig unangemessene Beschulung erklärbar ist. Die Rechenstörung ist durch eine Vielzahl von Einzelsymptomen gekennzeichnet, so dass es schwierig ist, ein einheitliches Störungsbild zu beschreiben (siehe Ise und Schulte-Körne 2013 für eine Zusammenfassung). So zeigen Kinder mit einer Rechenstörung beispielsweise eine Beeinträchtigung in der Entwicklung der mathematischen Basiskompetenzen. Die Symptomatik zeigt sich hierbei in grundlegenden Schwierigkeiten im Umgang mit Mengen und Zahlen, der Vorstellung von Mengen und Größen und beim Aufsagen und Aufschreiben von Zahlen sowie bei der Zählfertigkeit (Landerl et al. 2004; Gaupp et al. 2004). Manche Kinder mit einer Rechenstörung zeigen Schwierigkeiten in Schritten größer als Eins zu zählen (Gaupp et al. 2004; Moser Opitz 2005). Des Weiteren können Probleme im Verständnis des Dezimalsystems als ein weiteres typisches Symptom benannt werden (Moser Opitz 2005; Landerl und Kaufmann 2008). Rechengestörte Kinder zeigen beispielsweise Schwierigkeiten bei der Zuordnung von Zahlen zu Ziffern und umgekehrt, was sich in Zahlendreher, Stellenwertfehler und Fehler bei Aufgaben zum Bündelungsprinzip niederschlägt. Außerdem zeigen Kinder mit einer Rechenstörung oft Schwierigkeiten in der Beherrschung grundlegender Rechenfertigkeiten wie Addition, Subtraktion, Multiplikation und Division. Außerdem haben Kinder mit einer Rechenstörung keine oder eine falsche Vorstellung davon, welche Rechenschritte zur Lösung einer bestimmten mathematischen Aufgabe notwendig sind (Geary und Howard 2001).

### 4.1 Prävalenz

Für eine Rechenstörung werden in der Literatur häufig ähnlich hohe Prävalenzraten zwischen 3 % und 8 % angegeben wie für die LRS (z. B. Geary und Hoard 2005; Wyschkon et al. 2009). Aus der Perspektive der von der WHO verwendeten Definition verwundert das etwas, wenn man bedenkt, dass der statistische Zusammenhang zwischen Intelligenz und Mathematikleistungen in der Regel deutlich höher ist als der zwischen Intelligenz und Schriftsprachleistungen. Dies hat nämlich zur Folge, dass die statistische Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Minderleistungen in Mathematik trotz hoher Intelligenz deutlich niedriger sein sollte als die des Auftretens von Minderleistungen im Lesen bzw. Rechtschreiben trotz hoher Intelligenz. In der schon erwähnten Studie von Fischbach et al. (2013) wurde daher strenger als in vielen früheren Studien geprüft, wie hoch die Auftretenshäufigkeit von Rechenstörungen ist, wenn diese isoliert – also ohne zusätzliche Probleme im Lesen/oder Rechtschreiben – vorliegt. Dies führt in der Grundschulzeit zu vergleichsweise niedrigeren Prävalenzschätzungen einer isolierten Rechenstörung zwischen 2.6 % bis 3.8 % (Fischbach et al. 2013; Moll et al. 2014). Die Prävalenzschätzungen hängen allerdings stark von den jeweils festgesetzten Kriterien zur Feststellung einer Rechenstörung ab (insbesondere von der Quantifizierung des IQ-Diskrepanzkriteriums).

Die Auftretenswahrscheinlichkeit der Rechenstörung scheint außerdem vom Unterrichtsangebot abzuhängen: Fuchs et al. (2005) untersuchten 564 Kinder vom

Schulbeginn bis zum Ende der ersten Klasse. In der Teilstichprobe der Klassen, in denen kein gezielter Förderunterricht in Mathematik angeboten wurde, fanden die Autoren am Ende der ersten Klassenstufe eine Rate von 5.3% an Kindern, die niedrige Mathematikleistungen (Prozentrang < 21) in Kombination mit einer Diskrepanz zwischen Mathematikleistung und Intelligenz (mindestens eine Standardabweichung) aufwiesen. In etlichen Klassen wurde über 16 Wochen hinweg drei Mal wöchentlich ein gezielter Förderunterricht für vorab identifizierte Risikokinder angeboten. In dieser Teilstichprobe fiel die nach den gleichen Kriterien bestimmte Prävalenzrate mit 4.3% deutlich niedriger aus.

Die bisherigen Befunde zum Geschlechterverhältnis bei der Rechenstörung sind sehr heterogen. Hier muss allerdings berücksichtigt werden, ob die Studien mit repräsentativen Stichproben oder mit Inanspruchnahme-Populationen (also nur mit Kindern, die in Einrichtungen zur Diagnose und Therapie von Lernstörungen vorstellig wurden) durchgeführt wurden. Aktuelle Studien mit repräsentativen Stichproben im deutschsprachigen Raum zeigen, dass Mädchen 2-3 mal häufiger von einer Rechenstörung betroffen sind als Jungen (Labuhn et al. 2009; Landerl und Moll 2010; Fischbach et al. 2013; Moll et al. 2014).

## 4.2 Ursachen

In der Literatur wird eine Vielzahl von Verursachungsfaktoren für die Rechenstörung diskutiert. Einigkeit scheint lediglich darin zu bestehen, dass mehrere Faktoren auf biologischer, (neuro-)psychologischer und psychosozialer Ebene sowie Umweltfaktoren die Dyskalkulie bedingen und diese Ursachen sich auch gegenseitig beeinflussen können. Leistungen in Rechen- und Mathematiktests korrelieren zwar substantiell mit der Intelligenz, gemäß der Definition nach ICD-10 und den diagnostischen Kriterien zur Rechenstörung ist allerdings ausgeschlossen, dass diese durch eine niedrige Intelligenz hervorgerufen wird.

Rechnen ist eine komplexe Aufgabe und erfordert das Zusammenspiel zahlreicher Hirnfunktionen. Um mögliche kognitive und neuronale Verursachungsfaktoren der Dyskalkulie zu identifizieren, haben eine Reihe von Studien neuronale Korrelate der Rechenstörung mittels (funktionell) bildgebender Verfahren untersucht (für einen Überblick siehe z. B. Lonnemann et al. 2011; Vogel und Ansari 2012; Ise und Schulte-Körne 2013). Die bisherigen Befunde weisen auf verschiedene potentielle Verursachungsmechanismen der Rechenstörung hin. Es konnten außerdem diverse Hirnregionen identifiziert werden, die mit den verschiedenen Prozessen des Rechnens einhergehen. Einige Studien deuten auf eine genetische Komponente der Rechenstörung hin (z. B. Alarcon et al. 1997; von Aster et al. 2007; Docherty et al. 2010).

Sehr verbreitet ist die mittlerweile empirisch gut abgesicherte Position, dass ein Defizit im basalen Verständnis von Numerositäten und Zahlen für das Entstehen von Rechenstörungen verantwortlich ist (vgl. Butterworth 2005; Landerl und Kaufmann 2008). In den letzten Jahren ist zusätzlich insbesondere die Funktionstüchtigkeit des Arbeitsgedächtnisses als möglicher Verursachungsfaktor von Rechenstörungen in den Blick geraten. In vielen Untersuchungen wurde in Anlehnung an das Modell von Baddeley (1986) zwischen verschiedenen Funktionskomponenten des Arbeitsgedächtnisses unterschieden: a) der zentralen Exekutive, die zuständig für die Steue-

nung der Aufmerksamkeit und Koordination der einzelnen Verarbeitungsprozesse ist, b) der phonologischen Schleife, die zuständig für die temporäre Speicherung sprachlicher und auditiver Informationen ist, und c) dem visuell-räumlichen Notizblock, der visuelle und räumliche Informationen speichert. Beim Rechnen sind alle drei Funktionskomponenten des Arbeitsgedächtnisses involviert und für alle drei Komponenten sind Einflüsse auf die Entwicklung mathematischer Fertigkeiten belegt (z. B. Landerl und Kaufmann 2008; Krajewski und Schneider 2009; Schuchardt et al. 2010; Schuchardt und Mähler 2010). Für die Rechenstörung im engeren Sinne scheinen allerdings Funktionsprobleme im visuell-räumlichen Notizblock des Arbeitsgedächtnisses verantwortlich zu sein (z. B. Kleszczewski et al. 2015). Die meisten Kinder mit persistierenden Rechenschwächen haben Probleme mit der Speicherung und dem Abruf basaler arithmetischer Fakten, was möglicherweise eine Folge des erwähnten fehlenden basalen Verständnisses von Numerositäten ist. Zum basalen arithmetischen Faktenwissen gehört beispielsweise das Wissen zur einfachen Addition und Subtraktion im Zahlenraum bis 20 sowie das Wissen zur einfachen Multiplikation und Division. Kinder, bei denen der Rechnerwerb ungestört erfolgt, können diese basalen Fakten im Laufe der Grundschuljahre zunehmend nutzen (Grube 2005, 2006). Rechenschwache Kinder verfügen offenbar in weitaus geringerem Umfang als ihre Altersgenossen über dieses Faktenwissen (z. B. Geary 2003; Busch et al. 2013) und bleiben daher länger auf unreifere Strategien (z. B. Zählstrategien) angewiesen, was Nachteile in Form kognitiver Belastung mit sich bringt.

### 4.3 Diagnostik

Die Parallelität der Rechenstörungs-Definition mit der von LRS bringt es mit sich, dass auch die diagnostische Kriterien sehr ähnlich sind. Der einzige Unterschied besteht darin, dass statt Lese- bzw. Rechtschreibleistung die Rechenleistung zugrunde gelegt wird (ICD-10). Verfahren zur Identifikation von Rechenleistungen bzw. Mathematikleistungen wurden in den letzten Jahren im deutschen Sprachraum in aktueller Normierung veröffentlicht.

### 4.4 Prävention und Intervention

Die Förderung von Zahlen- und Mengenkompetenzen im Kindergartenalter und zu Beginn der Grundschule scheint den Erwerb von Rechenfertigkeiten zu erleichtern (z. B. Griffin et al. 1994; Krajewski et al. 2008) und das Risiko des Auftretens einer Rechenstörung zu senken (Fuchs et al. 2005). Im Grundschulalter lässt sich der Aufbau basalen arithmetischen Faktenwissens durch direkte explizite Instruktion deutlich fördern (Kroesbergen und van Luit 2003). Die Förderung von mathematischen Basiskompetenzen hat sich sowohl im Kindergartenalter als auch bei Grundschulkindern mit Schwierigkeiten in diesem Bereich als effektiv erwiesen (z. B. Fuchs et al. 2009; Sinner 2011).

In den letzten Jahren wurde das Angebot an Förderprogrammen im Bereich Rechnen sukzessiv erweitert. Es gibt Frühförderprogramme, die schulvorbereitend in Kindergarten und Vorschule eingesetzt werden können; lehrplanorientierte Förderprogramme, die sich am schulischen Lehrplan für Mathematik orientieren und diesen

Schulstoff intensiv wiederholen sowie nicht-curriculare Programme, die auf Entwicklungsmodellen mathematischer Kompetenzen basieren und vorwiegend mathematische Basiskompetenzen und Grundrechenarten fördern. Auch computerbasierte Förderprogramme (z. B. Lernsoftware) können in Ergänzung zu einer individuellen Förderung durch einen Lerntherapeuten die mathematischen Kompetenzen verbessern (Ise und Schulte-Körne 2013).

Das Trainingsprogramm „Mengen, zählen, Zahlen“ (MZZ; Krajewski et al. 2007) gehört zu den am überzeugendsten evaluierten Präventionsprogrammen im deutschen Sprachraum. Das Programm umfasst drei Förderschwerpunkte. Im ersten Förderschwerpunkt werden numerische Basisfertigkeiten der Kinder (Mengen, zählen, Zahlen) geübt und miteinander verknüpft. Im Laufe dieser Übungen sollen die Kinder das Zählen und die Ziffern bis 10 beherrschen und die Bewusstheit erwerben, dass hinter Zahlen Mengen stehen (*Anzahlkonzept*). Der zweite Förderschwerpunkt fokussiert das Verständnis der Zahlen als Folge aufsteigender Anzahlen (*Anzahlordnung*). Hier sollen die Kinder erkennen, dass Zahlen aufgrund ihrer Mächtigkeit (Anzahl) in eine Reihenfolge gebracht und miteinander verglichen werden können. Im dritten Schwerpunkt soll den Kindern dann vermittelt werden, dass Zahlen Beziehungen zueinander aufweisen. Sie sollen zu der Einsicht gelangen, dass sich Zahlen in andere Zahlen zerlegen und aus ihnen zusammensetzen lassen und dass der Unterschied zwischen zwei Zahlen wieder eine Zahl ist (*Teil-Ganzes-Beziehungen und Anzahlunterschiede*). Die generelle Wirksamkeit des Trainings konnte mehrfach belegt werden (vgl. Krajewski und Ennemoser 2013).

## 5 Kombinierte Störungen schulischer Fertigkeiten

### 5.1 Merkmale

Wie bereits erwähnt, treten Rechenstörungen oft nicht isoliert auf. Störungen des Lesens und/oder Rechtschreibens und Rechnens werden häufig unter den komorbid auftretenden Störungen berichtet (Butterworth 2005; Geary und Hoard 2005). Im Rahmen der ICD-10 Klassifikation wird die Diagnose „Kombinierte Störung schulischer Fertigkeiten“ gestellt, wenn die Kriterien für eine Rechenstörung (F81.2) und entweder für eine Lese-Rechtschreibstörung (F81.0) oder eine Isolierte Rechtschreibstörung (F81.1) erfüllt sind. Auch für die Kombinierte Störung schulischer Fertigkeiten gilt, dass das individuelle Versagen in den Schulleistungen nicht durch eine allgemeine Intelligenzminderung oder eine unzureichende Beschulung erklärbar ist.

### 5.2 Prävalenz

Für die Abschätzung des Auftretens einer kombinierten Störung schulischer Fertigkeiten gelten die gleichen Probleme wie sie schon für den Bereich LRS und Dyskalkulie beschrieben wurden. Unter strikter Anwendung des IQ-Diskrepanzkriteriums mit einer Diskrepanz zu den schulischen Leistungen von mindestens 1.2 Standardabweichungen berichten Fischbach et al. (2013) eine Prävalenzrate von 4.2%. Die geschlechterspezifische Auftretenshäufigkeit scheint davon abhängig zu sein, ob eine

Rechenstörung mit einer Lese- oder Rechtschreibstörung einhergeht (Landerl und Moll 2010). Für das kombinierte Auftreten von Rechtschreib- und Rechenstörung sowie einer kombinierten Lernstörung im Lesen, Schreiben und Rechnen wird ein ausgeglichenes Verhältnis von Jungen und Mädchen berichtet (Landerl und Moll 2010; Fischbach et al. 2013).

Das Ausmaß des gemeinsamen Auftretens von LRS und Rechenstörung wird recht unterschiedlich eingeschätzt. Derzeit mangelt es auch an Studien, die Angaben zur die Häufigkeit des kombinierten Auftretens der Lernstörungen im Schriftsprach- und Rechenbereich unter Anwendung des IQ-Diskrepanzkriteriums machen. Gross-Tsur et al. (1996) berichten, dass 17% der von ihnen untersuchten Kinder mit diagnostizierter Rechenstörung auch die Diagnose „Lesestörung“ erhielten. Folgt man dagegen den Angaben der Studien von Lewis et al. (1994) und von Ramaa und Gowramma (2002), so muss man davon ausgehen, dass zwischen 64 und 69% der Kinder mit Rechenstörung auch die Kriterien für eine LRS erfüllen. Dirks et al. (2008) fanden in ihrer Stichprobe 7.6% Kinder mit einer kombinierten Lernstörung. In einer aktuelleren Studie, unter Anwendung des IQ-Diskrepanzkriteriums, berichten Fischbach et al. (2013) eine Prävalenzrate von 4.2%.

Die geschlechterspezifische Auftretenshäufigkeit scheint davon abhängig zu sein, ob eine Rechenstörung mit einer Lese- oder Rechtschreibstörung einhergeht (Landerl und Moll 2010). Die Studie von Lewis et al. (1994) kam zu dem Befund, dass das komorbide Auftreten von Lese- und Rechenstörung mit einem Risiko-Faktor von 1.3 zu 1 häufiger Mädchen als Jungen trifft. Für das kombinierte Auftreten von Rechtschreib- und Rechenstörung sowie einer kombinierten Lernstörung im Lesen, Schreiben und Rechnen wird ein ausgeglichenes Verhältnis von Jungen und Mädchen berichtet (Landerl und Moll 2010; Fischbach et al. 2013).

### 5.3 Ursachen

Die geschlechtsspezifischen Risikowahrscheinlichkeiten für das Auftreten von LRS, Rechenstörung und kombinierter Lernstörung sprechen dafür, dass die Komorbidität von LRS und Rechenstörung nicht zufällig zustande kommt und nicht als Addition zweier Lernstörungen aufzufassen ist, sondern dass es sich dabei um eine funktional eigenständige Lernstörung handeln könnte. Zu den kognitiven Ursachen der kombinierten Lernstörung liegen bisher nur wenige Erkenntnisse vor. Möglicherweise spielen spezifische Defizite im Bereich des Arbeitsgedächtnisses eine entscheidende Rolle. Vergleiche zwischen Kindern mit einer kombinierten vs. isolierten Lernstörung ergaben bedeutsame Defizite im phonologischen Arbeitsgedächtnis bei Kindern mit kombinierten Störungen (z. B. Geary et al. 2000; Andersson und Lyxell 2007). Bisherige Befunde sprechen am ehesten dafür, dass bei einer Kombination von (neuro)kognitiven Defiziten, die für eine LRS bzw. für eine Rechenstörung verantwortlich sind, zum Auftreten von kombinierten umschriebenen Störungen schulischer Fertigkeiten führen. Vorschläge zur Einteilung von rechenschwachen Kindern in Subgruppen berücksichtigen die Komorbidität der Störungen durch die Annahme eines Subtyps der Rechenstörung, der mit schwachen Lese- bzw. Rechtschreibleistungen einhergeht (Geary 2003; von Aster 2003).



## 5.4 Diagnostik

Da die Diagnose der Kombinierten Störung schulischer Fertigkeiten sich aus dem gemeinsamen Auftreten der Lese-/Rechtschreibstörung mit einer Rechenstörung ergibt, sind zur Diagnostik folgerichtig alle Schritte und Verfahren notwendig, die das Auftreten der beiden einzelnen Teilleistungsstörungen belegen (Intelligenzdiagnostik, Überprüfung der Schulleistungen, Anamnese der individuellen Lern- und Entwicklungsgeschichte).

## 5.5 Prävention und Intervention

Auf der Basis der noch unzureichenden Kenntnisse über die kognitiven Funktionsdefizite der Kombinierten Störung konnten bisher keine spezifischen Präventions- und Interventionsmaßnahmen konzipiert werden. Daher werden i.d.R. die gleichen Präventions- und Interventionsprogramme eingesetzt wie bei der LRS und der Rechenstörung. Aufgrund der Breite der Beeinträchtigung durch das Versagen bei allen basalen Schulleistungen der Grundschule stellt sich die Prognose für diese Kinder allerdings weniger optimistisch dar. Selbst wenn eine Intervention zum Lesen und Schreiben *und* zum Rechnen durchgeführt wird, ist der Rückstand zu den schulischen Lernzielen oftmals so groß, dass eine Angleichung kaum gelingt. Häufig wird sonderpädagogischer Förderbedarf festgestellt. Auch in ihrer sozial-emotionalen Entwicklung sind Kinder mit einer Kombinierten Störung besonders stark benachteiligt (Fischbach et al. 2010). Insofern benötigen diese Kinder und ihre Familien in besonderem Maße psychologische bzw. therapeutische Unterstützung.

## 6 Fazit

Spezifische Lernstörungen im Lesen und/oder Rechtschreiben und/oder Rechnen sind insbesondere in der Mitte der Grundschuljahre verbreiteter als bisher angenommen. Selbst wenn man sich dabei auf die strenge, wenn auch kontrovers diskutierte Definition einer „umschriebenen Entwicklungsstörung schulischer Fertigkeiten“ (ICD-10) bezieht, ist jedes 7. bis 8. Kind im deutschsprachigen Raum davon betroffen. Um die Probleme dieser Kinder für den weiteren Bildungsweg in den Griff zu bekommen, bedarf es weiterer systematischer Forschungsanstrengungen zu den Ursachen, der Differenzialdiagnostik und den Präventions- und Interventionsmöglichkeiten.

## Literatur

- Alarcon, M., DeFries, J. C., Light, J. G., & Pennington, B. F. (1997). A twin study of mathematics disability. *Journal of Learning Disabilities, 30*, 617–623.
- Andersson, U., & Lyxell, B. (2007). Working memory deficit in children with mathematical difficulties: A general or specific deficit? *Journal of Experimental Child Psychology, 96*, 197–228.
- von Aster, M. (2003). Neurowissenschaftliche Ergebnisse und Erklärungsansätze zu Rechenstörungen. In A. Fritz, G. Ricken, & S. Schmidt (Hrsg.), *Rechenschwäche. Lernwege, Schwierigkeiten und Hilfen bei Dyskalkulie* (S. 163–178). Weinheim: Beltz.

- von Aster, M., Schweiter, M., & Weinhold-Zulauf, M. (2007). Rechenstörungen bei Kindern: Vorläufer, Prävalenz und psychische Symptome. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, *39*, 85–96.
- Baddeley, A. (1986). *Working memory*. Oxford: University Press.
- Bos, W., Hornberg, S., Arnold, K.-H., Faust, G., Fried, L., & Lankes, E.-M. (Hrsg.) (2007). *IGLU 2006. Lesekompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich*. Münster: Waxmann.
- Brandenburg, J., Kleszczewski, J., Fischbach, A., Büttner, G., Grube, G., Mähler, C., & Hasselhorn, M. (2013). Arbeitsgedächtnisfunktionen von Kindern mit Minderleistungen in der Schriftsprache. *Lernen und Lernstörungen*, *2*, 147–159.
- Busch, J., Oranu, N., Schmidt, C., & Grube, D. (2013). Rechenschwäche im Grundschulalter: Reduzierte Verfügbarkeit basalen arithmetischen Faktenwissens und Belastung des Arbeitsgedächtnisses bei Drittklässlern. *Lernen und Lernstörungen*, *2*, 217–227.
- Butterworth, B. (2005). Developmental dyscalculia. In J. I. D. Campbell (Hrsg.), *Handbook of mathematical cognition* (S. 455–467). New York: Psychology Press.
- Büttner, G., & Hasselhorn, M. (2011). Learning disabilities: Debates on definitions, causes, subtypes, and responses. *International Journal of Disability, Development, and Education*, *58*, 75–87.
- Carrion-Castillo, A., Franke, B., & Fisher, S. E. (2013). Molecular genetics of dyslexia: An overview. *Dyslexia*, *19*, 214–240.
- DIMDI (2014). = Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information. (2014). ICD-10-GM. <http://www.dimdi.de/dynamic/de/klassi/downloadcenter/icd-10-gm/version2014/>. Zugegriffen: 25. Sept. 2014.
- Dirks, E., Spyer, G., van Lieshout, E. C., & de Sonneville, L. (2008). Prevalence of combined reading and arithmetic disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, *41*, 460–473.
- Docherty, S. J., Davis, O. S. P., Kovas, Y., Meaburn, E. L., Dale, P. S., Patril, S. A., & Plomin, R. (2010). A genome-wide association study identifies multiple loci associated with mathematics ability and disability. *Genes, Brain and Behavior*, *9*, 234–247.
- Ehri, L. C., Nunes, S. R., Willows, D. M., Schuster, B. V., Yaghoub-Zadeh, Z., & Shanahan, T. (2001). Phonemic awareness instruction helps children learn to read: Evidence from the national reading panel's meta-analysis. *Reading Research Quarterly*, *36*, 250–287.
- Ennemoser, M., Marx, P., Weber, J., & Schneider, W. (2012). Spezifische Vorläuferfertigkeiten der Leseschwindigkeit, des Leseverständnisses und des Rechtschreibens – Evidenz aus zwei Längsschnittstudien vom Kindergarten bis zur 4. Klasse. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, *44*, 53–67.
- Falkai, P., & Wittchen, H.-U. (2014). *Diagnostisches und Statistisches Manual Psychischer Störungen – DSM-5*. Göttingen: Hogrefe.
- Fischbach, A., Schuchardt, K., Mähler, C., & Hasselhorn, M. (2010). Zeigen Kinder mit schulischen Minderleistungen sozio-emotionale Auffälligkeiten? *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, *42*, 201–210.
- Fischbach, A., Schuchardt, K., Brandenburg, J., Kleszczewski, J., Balke-Melcher, C., Schmidt, C., Büttner, G., Grube, D., Mähler, C., & Hasselhorn, M. (2013). Prävalenz von Lernschwächen und Lernstörungen: Zur Bedeutung der Diagnosekriterien. *Lernen und Lernstörungen*, *2*, 65–76.
- Fischer, M. Y., & Pfost, M. (2015). Wie effektiv sind Maßnahmen zur Förderung der phonologischen Bewusstheit? Eine meta-analytische Untersuchung der Auswirkungen deutschsprachiger Trainingsprogramme auf den Schriftspracherwerb. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, *47*, 35–51.
- Fricke, S., Szczerbinski, M., Stackhouse, J., & Fox-Boyer, A. V. (2008). Predicting individual differences in early literacy acquisition in German: The role of speech and language processing skills and letter knowledge. *Written Language and Literacy*, *11*, 101–143.
- Friend, A., DeFries, J. C., & Olson, R. K. (2008). Parental education moderates genetic influences on reading disability. *Psychological Science*, *19*, 1124–1130.
- Fuchs, L. S., Compton, D. L., Fuchs, D., Paulsen, K., Bryant, J. D., & Hamlett, C. L. (2005). The prevention, identification, and cognitive determinants of math difficulty. *Journal of Educational Psychology*, *97*, 493–513.
- Fuchs, L. S., Powell, S. R., Seethaler, P. M., Cirino, P. T., Fletcher, J. M., & Fuchs, D. (2009). Remediating number combination and word problem deficits among students with mathematics difficulties: A randomized control trial. *Journal of Educational Psychology*, *101*, 561–576.

- Galuschka, K., Ise, E., Dolle, K., & Schulte-Körne, G. (2014). Effectiveness of treatment approaches for children and adolescents with reading disabilities: A meta-analysis of randomized controlled trials. *PLoS One*. doi:10.1371/journal.pone.0089900.
- Gaupp, N., Zoelch, C., & Schumann-Hengsteler, R. (2004). Defizite numerischer Basiskompetenz bei rechenschwachen Kindern der 3. und 4. Klassenstufe. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 18(1), 31–42.
- Geary, D. C. (2003). Learning disabilities in arithmetic: Problem-solving differences and cognitive deficits. In H. L. Swanson, K. R. Harris, & S. Graham (Hrsg.), *Handbook of learning disabilities* (S. 199–212). New York: Guilford Press.
- Geary, D. C., & Hoard, M. K. (2001). Numerical and arithmetical deficits in learning-disabled children: Relation to dyscalculia and dyslexia. *Aphasiology*, 15, 635–647.
- Geary, D. C., Hamson, C. O., & Hoard, M. K. (2000). Numerical and arithmetical cognition: A longitudinal study of process and concept deficits in children with learning disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 77, 236–263.
- Geary, D. C., & Hoard, M. K. (2005). Learning disabilities in arithmetic and mathematics. Theoretical and empirical perspectives. In J. I. D. Campbell (Hrsg.), *Handbook of mathematical cognition* (S. 253–267). New York: Psychology Press.
- Georgiou, G., & Parrila, R. (2013). Rapid naming and reading. In L. Swanson, K. Harris, & S. Graham (Hrsg.), *Handbook of learning disabilities* (2. Aufl.). New York: Guilford.
- Griffin, S. A., Case, R., & Siegler, R. S. (1994). Rightstart: Providing the central conceptual prerequisites for first formal learning of arithmetic to students at risk for school failure. In K. McGilly (Hrsg.), *Classroom lessons: Integrating cognitive theory and classroom practice* (S. 25–49). Cambridge, MA: MIT Press.
- Gross-Tsur, V., Manor, O., & Shalev, R. S. (1996). Developmental dyscalculia: Prevalence and demographic features. *Developmental Medicine and Child Neurology*, 38, 25–33.
- Grube, D. (2005). Entwicklung des Rechnens im Grundschulalter. In M. Hasselhorn, W. Schneider, & H. Marx (Hrsg.), *Diagnostik von Mathematikleistungen. Bd. 4: Test und Trends – Jahrbuch der pädagogisch-psychologischen Diagnostik* (S. 105–124). Göttingen: Hogrefe.
- Grube, D. (2006). *Entwicklung des Rechnens im Grundschulalter: Basale Fertigkeiten, Wissensabruf und Arbeitsgedächtniseinflüsse*. Münster: Waxmann.
- Hasko, S., Groth, K., Bruder, J., Bartling, J., & Schulte-Körne, G. (2013). The time course of reading processes in children with and without dyslexia: An ERP study. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 570.
- Hasselhorn, M., & Mähler, C. (2006). Diagnostik von Lernstörungen. In F. Petermann & M. Eid (Hrsg.), *Handbuch der Psychologischen Diagnostik* (S. 618–625). Göttingen: Hogrefe.
- Hasselhorn, M., & Schuchardt, K. (2006). Lernstörungen. Eine kritische Skizze zur Epidemiologie. *Kindheit und Entwicklung*, 15, 208–215.
- Huemer, S. M., Pointner, A., & Landerl, K. (2009). *Evidenzbasierte LRS-Förderung. Bericht über die wissenschaftlich überprüfte Wirksamkeit von Programmen und Komponenten, die in der LRS-Förderung zum Einsatz kommen*. [http://schulpsychologie.at/uploads/media/lrs\\_evidenzbasiert.pdf](http://schulpsychologie.at/uploads/media/lrs_evidenzbasiert.pdf). Zugegriffen: 16. Dez. 2014.
- Hulme, C., & Snowling, M. J. (2009). Reading disorders I: Developmental dyslexia. In C. Hulme & M. Snowling (Hrsg.), *Developmental disorders of language learning and cognition* (S. 37–89). Chichester: Wiley-Blackwell.
- Ise, E., & Schulte-Körne, G. (2013). Symptomatik, Diagnostik und Behandlung der Rechenstörung. *Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie*, 41, 271–282.
- Ise, E., Engel, R. R., & Schulte-Körne, G. (2012). Was hilft bei Lese-Rechtschreibstörung? – Ergebnisse einer Metaanalyse zur Wirksamkeit deutschsprachiger Förderansätze. *Kindheit und Entwicklung*, 21, 122–136.
- Kavale, K. A., & Forness, S. R. (2003). Learning disability as a discipline. In H. L. Swanson, K. R. Harris, & S. Graham (Hrsg.), *Handbook of learning disabilities* (S. 76–93). New York: Guilford Press.
- Klaczewski, J., Brandenburg, J., Fischbach, A., Grube, D., Hasselhorn, M., & Büttner, G. (2015, im Druck). Working memory functioning in children with poor mathematical skills: Its relationships to IQ-achievement discrepancy and additional reading and spelling difficulties. *Zeitschrift für Psychologie*.
- Klicpera, C., Schabmann, A., & Gasteiger-Klicpera, B. (2006). Die mittelfristige Entwicklung von Schülern mit Teilleistungsschwierigkeiten im Bereich der Lese- und Rechtschreibschwierigkeiten. *Kindheit und Entwicklung*, 15, 216–227.

- Kohn, J., Wyschkon, A., Ballaschk, K., Ihle, G., & Esser, G. (2013). Verlauf von Umschriebenen Entwicklungsstörungen: Eine 30-Monats-follow-up-Studie. *Lernen und Lernstörungen*, 2, 77–89.
- Krajewski, K., & Ennemoser, M. (2013). Entwicklung und Diagnostik der Zahl-Größen-Verknüpfung zwischen 3 und 8 Jahren. In M. Hasselhorn, A. Heinze, W. Schneider, & U. Trautwein (Hrsg.), *Diagnostik mathematischer Kompetenzen. Bd. 11: Test und Trends, Jahrbuch der pädagogisch-psychologischen Diagnostik* (S. 41–65). Göttingen: Hogrefe.
- Krajewski, K., & Schneider, W. (2009). Exploring the impact of phonological awareness, visual-spatial working memory, and preschool quantity-number competencies on mathematics achievement in elementary school: Findings from a 3-year- longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103, 516–531.
- Krajewski, K., Nieding, G., & Schneider, W. (2007). *Mengen, zählen, Zahlen. Die Welt der Mathematik verstehen (MZZ)*. Berlin: Cornelsen.
- Krajewski, K., Renner, A., Nieding, G., & Schneider, W. (2008). Frühe Förderung von mathematischen Kompetenzen im Vorschulalter. In H.-G. Roßbach & H.-P. Blossfeld (Hrsg.), *Frühpädagogische Förderung in Institutionen* (Zeitschrift für Erziehungswissenschaft: Sonderheft 11, S. 91–103). Wiesbaden: Springer VS.
- Kroesbergen, E., & van Luit, J. (2003). Mathematics interventions for children with special educational needs. *Remedial and Special Education*, 24, 2.
- Labuhn, A. S., Hartmann, U., Woerner, W., Schmid, J. M., Rietz, C., & Hasselhorn, M. (2009). *Learning disabilities in elementary school children with and without immigration status* (Paper presented at the 18th Annual World Congress on Learning Disabilities (LDW), October 2009, Boston).
- Landerl, K. (2005). Reading acquisition in different orthographies: Evidence from direct comparisons. In M. Joshi & P. G. Aaron (Hrsg.), *Handbook of orthography and literacy* (S. 513–530). Hove: Erlbaum.
- Landerl, K., & Kaufmann, L. (2008). *Dyskalkulie*. München: Reinhardt.
- Landerl, K., & Moll, K. (2010). Comorbidity of learning disorders: Prevalence and familial transmission. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 51, 287–294.
- 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., & Frith, U. (1997). The impact of orthographic consistency on dyslexia: A German–English comparison. *Cognition*, 63, 315–334.
- Lewis, C., Hitch, G. H., & Walker, P. (1994). The prevalence of specific arithmetic difficulties and specific reading difficulties in 9 to 10-year-old boys and girls. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 35, 283–292.
- Liederman, J., Kantrowitz, L., & Flannery, K. (2005). Male vulnerability to reading disability is not likely to be a myth: A call for new data. *Journal of Learning Disabilities*, 38, 109–129.
- Linkersdörfer, J. (2011). Neurokognitive Korrelate der Dyslexie. *Kindheit und Entwicklung*, 20, 4–12.
- Logan, J. A. R., Cutting, L., Schatschneider, C., Hart, S. A., Deater-Deckard, K., & Peterill, S. (2013). Reading development in young children: genetic and environmental influence. *Child Development*, 84, 2131–2144.
- Lonnemann, J., Linkersdörfer, J., Hasselhorn, M., & Lindberg, S. (2011). Neurokognitive Korrelate der Dyskalkulie. *Kindheit und Entwicklung*, 20, 13–20.
- Marx, P., Weber, J.-M., & Schneider, W. (2001). Legasthenie versus allgemeine Lese-Rechtschreibschwäche: Ein Vergleich der Leistungen in der phonologischen und visuellen Informationsverarbeitung. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 15, 85–98.
- Mähler, C., & Schuchardt, K. (2011). Working memory in children with learning disabilities: Rethinking the criterion of discrepancy. *International Journal of Disability, Development and Education*, 58, 5–17.
- Moll, K., & Landerl, K. (2009). Double dissociation between reading and spelling deficits. *Scientific Studies of Reading*, 13, 359–382.
- Moll, K., Wallner, R., & Landerl, K. (2012). Kognitive Korrelate der Lese-, Leserechtschreib- und der Rechtschreibstörung. *Lernen und Lernstörungen*, 1, 7–19.
- Moll, K., Bruder, J., Kunze, S., Neuhoff, N., & Schulte-Körne, G. (2014). Specific learning disorder: Prevalence and gender differences. *PLoS One*, 9(7). doi:10.1371/journal.pone.0103537.
- Moser Opitz, E. (2005). Lernschwierigkeiten Mathematik in Klasse 5 und 8. *Vierteljahreszeitschrift für Heilpädagogik und ihre Nachbargebiete*, 74, 113–128.
- Näslund, J. C., & Schneider, W. (1996). Kindergarten letter knowledge, phonological skills, and memory processes: Relative effects on early literacy. *Journal of Experimental Child Psychology*, 62, 30–59.

- Niklas, F., & Schneider, W. (2012). Die Anfänge geschlechtsspezifischer Leistungsunterschiede in mathematischen und schriftsprachlichen Kompetenzen. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, *44*, 123–138.
- Pennington, B. F., & Lefly, D. L. (2001). Early reading development in children at family risk for dyslexia. *Child Development*, *72*, 816–833.
- Ramaa, S., & Gowramma, I. P. (2002). A systematic procedure for identifying and classifying children with dyscalculia among primary school children in India. *Dyslexia*, *8*, 67–85.
- Richlan, F., Kronbichler, M., & Wimmer, H. (2011). Meta-analyzing brain dysfunctions in dyslexic children and adults. *NeuroImage*, *56*(3), 1735–1742.
- Rutter M., & Yule, W. (1975). The concept of specific reading retardation. *Journal of Child Psychology and Psychiatry and Allied Disciplines*, *16*, 181–197.
- Scanlon, D. M. (2011). Response to intervention as an assessment approach. In A. McGill-Franzen & R.L. Allington (Hrsg.), *Handbook of reading disability research* (S.139–148). New York: Taylor & Francis.
- Scarborough, H. S. (1990). Very early language deficits in dyslexic children. *Child Development*, *61*, 1728–1734.
- Scerri, T. S., & Schulte-Körne, G. (2010). Genetics of developmental dyslexia. *European Child & Adolescent Psychiatry*, *19*, 179–197.
- Schneider, W., & Marx, P. (2008). Früherkennung und Prävention von Lese-Rechtschreibschwierigkeiten. In F. Petermann & W. Schneider (Hrsg.), *Enzyklopädie der Psychologie. Bd. 7: Angewandte Entwicklungspsychologie* (S. 237–273). Göttingen: Hogrefe.
- Schuchardt, K., & Mähler, C. (2010). Unterscheiden sich Subgruppen rechenschwacher Kinder in ihrer Arbeitsgedächtniskapazität, im basalen arithmetischen Faktenwissen und in den numerischen Basis-kompetenzen? *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, *42*, 217–225.
- Schuchardt, K., Mähler, C., & Hasselhorn, M. (2010). Arbeitsgedächtnisfunktionen bei rechenschwachen Kindern mit und ohne Dyskalkuliediagnose. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, *57*, 290–298.
- Schulte-Körne, G. (2010). The prevention, diagnosis and treatment of dyslexia. *Deutsches Ärzteblatt International*, *107*(41), 718–726.
- Sinner, D. (2011). *Prävention von Rechenschwäche durch ein Training mathematischer Basiskompetenzen in der ersten Klasse*. Unveröffentlichte Dissertation, Justus-Liebig-Universität Gießen
- Snowling, M. J. (2000). *Dyslexia* (2. Aufl.). Oxford: Blackwell.
- Steinbrink, C., & Lachmann, T. (2014). *Lese-Rechtschreibstörung – Grundlagen, Diagnostik, Intervention*. Berlin: Springer.
- Stuebing, K. K., Fletcher, J. M., LeDoux, J. M., Lyon, G. R., Shaywitz, S. E., & Shaywitz, B. A. (2002). Validity of IQ-discrepancy classifications of reading disabilities: A meta-analysis. *American Educational Research Journal*, *39*, 469–518.
- Torgesen, J. K., Wagner, R. K., & Rashotte, C. A. (1994). Longitudinal studies of phonological processing and reading. *Journal of Learning Disabilities*, *27*, 276–286.
- Vogel, S. E., & Ansari, D. (2012). Neurokognitive Grundlagen der typischen und atypischen Zahlenverarbeitung. *Lernen und Lernstörungen*, *2*, 135–149.
- Wagner, R. K., & Torgesen, J. K. (1987). The nature of phonological processing and its causal role in the acquisition of reading skills. *Psychological Bulletin*, *101*, 192–212.
- Wagner, R. K., Torgesen, J. K., Rashotte, C. A., Hecht, S. A., Barker, T. A., & Burgess, S. R. (1997). Changing relations between phonological processing abilities and word-level reading as children develop from beginning to skilled readers: A 5-year longitudinal study. *Developmental Psychology*, *33*, 468–479.
- Wimmer, H. (1993). Characteristics of developmental dyslexia in a regular writing system. *Applied Psycholinguistics*, *14*, 1–33.
- Wimmer, H., & Mayringer, H. (2002). Dysfluent reading in the absence of spelling difficulties: A specific disability in regular orthographies. *Journal of Educational Psychology*, *94*, 272–277.
- Wyschkon, A., Kohn, J., Ballaschk, K., & Esser, G. (2009). Sind Rechenstörungen genau so häufig wie Lese-Rechtschreibstörungen? *Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie*, *37*, 499–512.
- Ziegler, J., Bertrand, D., Tóth, D., Csépe, V., Reis, A., Faisca, L., Saine, N., Lyytinen, H., Vaessen, A., & Blomert, L. (2010). Orthographic depth and its impact on universal predictors of reading: A cross-language investigation. *Psychological Science*, *21*, 551–559.