

Phonologisches Arbeitsgedächtnis bei Kindern mit diagnostizierter Lese- und/oder Rechtschreibstörung

Zum Einfluss von Wortlänge und Lexikalität auf die Gedächtnisspanne

Marcus Hasselhorn¹, Kirsten Schuchardt² und Claudia Mähler²

¹Deutsches Institut für Internationale Pädagogische Forschung (DIPF) und Center for Research on Individual Development and Adaptive Education of Children at Risk (IDEA), Frankfurt am Main

²Universität Hildesheim

Zusammenfassung. Kinder mit der Diagnose „Lese-Rechtschreibstörung“, die das Diskrepanzkriterium zur Intelligenz über die Leseleistung, die Rechtschreibleistung oder sowohl die Lese- als auch die Rechtschreibleistung erfüllten sowie gleichaltrige unauffällige Kinder des gleichen Intelligenzniveaus bearbeiteten Gedächtnisspannenaufgaben mit einsilbigen und dreisilbigen Wörtern und Kunstwörtern. Neben statistisch bedeutsamen Haupteffekten für die Faktoren Itemlänge (bessere Leistung bei kürzeren Items), Lexikalität (bessere Leistung bei Wörtern im Vergleich zu Kunstwörtern) und Gruppe (schwächere Leistungen bei kombinierter Lese- und Rechtschreibstörung) sowie einem Interaktionseffekt zwischen Itemlänge und Lexikalität (Itemlängeneffekt bei Kunstwörtern stärker ausgeprägt als bei Wörtern) zeigte sich eine bedeutsame Interaktionen zwischen Gruppe und Lexikalität und eine tendenzielle Interaktion zwischen Gruppe und Itemlänge. Der direkte Vergleich zwischen Kindern mit isolierter Lese- vs. isolierter Rechtschreibstörung ergab als Grund für die beiden letztgenannten Interaktionen eine stärkere Ausprägung des Lexikalitätseffektes bei Kindern mit isolierter Lesestörung und einen ausgeprägteren Effekt der Itemlänge bei Kindern mit isolierter Rechtschreibstörung. Die Befunde legen nahe, dass zumindest im deutschen Sprachraum den Lese- vs. den Rechtschreibstörungen von Kindern unterschiedliche phonologische Arbeitsgedächtnisdefizite zugrunde liegen.

Schlüsselwörter: Phonologische Schleife, Rekonstruktion von Wissensrepräsentationen, Lesestörung, Rechtschreibstörung

Phonological working memory in children with specific learning disorders in reading and/or spelling: The effect of word length and lexicality on memory span

Abstract. Children with specific developmental disorders of scholastic skills with regard to reading and/or spelling who fulfilled the discrepancy criterion to general intelligence (ICD-10, F81) and inconspicuous children of the same age participated in a memory span experiment with item materials of one-syllabic and three-syllabic words and nonwords. Data were analyzed within a 4 (isolated reading disorder vs. isolated spelling disorder vs. combined reading and spelling disorder vs. no learning disorder) by 2 (item length, 1-syllabic vs. 3-syllabic) by 2 (lexicality, words vs. nonwords) ANOVA. Statistically significant main effects of item length (better span for short items), lexicality (span for words outperformed those for nonwords), and group were found. In addition, the two-way interactions item length by lexicality (more pronounced effect of item length with nonword as compared to word material), lexicality by group, and – as a trend – item length by group were revealed to be significant. The two latter interactions were the result of a more pronounced lexicality effect in children with an isolated reading disorder, and the effect of item length being more pronounced in children with an isolated spelling disorder. Results are interpreted within the two-component view of the phonological loop. It is suggested that at least in Germany different deficiencies of phonological working memory are involved in reading disorder vs. spelling disorder in children.

Key words: phonological loop, redintegration, reading disorder, spelling disorder

Lesen und Schreiben gehören neben dem Rechnen zu den grundlegenden Schlüsselkompetenzen bzw. Kulturtechniken moderner Gesellschaften. Wer die Schriftsprache nicht in ausreichendem Maße erwirbt, hat im beruflichen Leben wie im Alltag erhebliche Probleme. Im deutschsprachigen Raum schätzt man, dass mehr als 6 Prozent der Erwachsenen nicht in der Lage sind, den Sinn einfachster Texte zu erschließen. Ein besonderes Risiko für einen der-

artigen funktionellen Analphabetismus haben Kinder, die schon am Ende des Anfangsunterrichts der Grundschule massive Schwierigkeiten im Lesen und im Rechtschreiben aufweisen.

Seit einem Jahrhundert wird eine besondere Form der Lese-Rechtschreibschwierigkeiten im deutschen Sprachraum unter dem Begriff „Legasthenie“ thematisiert. Bei die-

ser Form handelt es sich um angesichts intakter allgemeiner Intelligenz erwartungswidrige Minderleistungen im Lesen und/oder Rechtschreiben. Obwohl es gute Argumente für die Annahme gibt, dass sich die Anforderungen und Entwicklungsschritte beim Erwerb des Lesens und Rechtschreibens deutlich voneinander unterscheiden (vgl. Schneider & Marx, 2008), wird in der Forschung zu den Ursachen der umschriebenen Entwicklungsstörungen im Bereich der Schriftsprache zumindest implizit meist keine Differenzierung zwischen Lesen und Rechtschreiben vorgenommen. Im Klassifikationssystem der Weltgesundheitsorganisation WHO (ICD-10; dt. Dilling, Mombour & Schmidt, 2008) ist beispielsweise die Unterscheidung von Lese-Rechtschreibstörung (F81.0) und Isolierter Rechtschreibstörung (F81.1) vorgesehen; „Isolierte Lesestörungen“ werden unter die Lese-Rechtschreibstörung (F81.0) subsumiert. Repräsentative Datensätze von Grundschulkindern, von denen die Leistungen im Lesen und im Rechtschreiben sowie in einem allgemeinen Intelligenztest erfasst wurden, sprechen dafür, dass nicht nur Rechtschreibstörungen isoliert auftreten können, sondern auch Lesestörungen. So fanden etwa Labuhn, Hartmann, Woerner, Schmid, Rietz und Hasselhorn (2009) in einer Erhebung an 1.480 Frankfurter Drittklässlern eine Prävalenzrate von 9,9 Prozent für die Diagnose „Lese- und/oder Rechtschreibstörung“. Eine differenzierte Auswertung dieser Quote nach Isolierter Lesestörung (2,7 %), Isolierter Rechtschreibstörung (5,3 %) und Lese- und Rechtschreibstörung (1,9 %) macht deutlich, dass bei aller Verwandtschaft des gestörten Lese- und Rechtschreiberwerbs nicht auszuschließen ist, dass nicht nur Unterschiede in den Prozessen und Mechanismen des Erwerbs von Lesen und Rechtschreiben bestehen, sondern möglicherweise auch unterschiedliche Bedingungen und Ursachen für die Herausbildung einer Lese- vs. einer Rechtschreibstörung.

Spätestens seit den 1980er Jahren ist man davon überzeugt, dass vornehmlich sprachlich-phonologische Defizite für Lese-Rechtschreibstörungen (LRS) verantwortlich sind (z. B. Shankweiler & Crain, 1986). Schulanfänger und schwache Leser aller Altersstufen haben Schwierigkeiten beim Dekodieren, weil ihnen die Verarbeitung der phonologischen Struktur von Wörtern vergleichsweise schlecht gelingt. Entsprechend können sie die phonologischen Strukturen beim lautierenden Lesen und beim Schreiben weniger gut nutzen. Mittlerweile geht man in Anlehnung an Wagner und Torgesen (1987) davon aus, dass diesen phonologischen Verarbeitungsproblemen drei Komponenten zugrunde liegen: die phonologische Bewusstheit, das phonetische Rekodieren im Arbeitsgedächtnis und der Abruf phonologischer Codes aus dem Langzeitgedächtnis. Für die *Prognose* später auftretender Lese-Rechtschreibprobleme erwies sich nicht nur die phonologische Bewusstheit und die Schnelligkeit des Abrufs der phonologischen Codes aus dem Langzeitgedächtnis als bedeutsam, sondern – vor allem bei deutschsprachigen Stichproben – auch die Funktionstüchtigkeit des Arbeitsgedächtnisses (vgl. Hasselhorn, Tiffin-Richards, Woerner, Banaschewski & Rothenberger, 2000; Näslund & Schneider, 1996; Schneider & Näslund, 1993).

Neuere Studien haben sich explizit auf Arbeitsgedächtnisdefizite von Kindern mit LRS konzentriert (Pickering, 2006; Schuchardt, Mähler & Hasselhorn, 2008; Steinbrink & Klatte, 2008; Swanson, 2006). Im deutschen Sprachraum sind hier insbesondere die Studien von Steinbrink und Klatte (2008) und von Schuchardt et al. (2008) zu nennen. In letzterer wurden sowohl Kinder mit Lese-Rechtschreibstörung als auch mit Dyskalkulie und mit kombinierter Störung schulischer Fertigkeiten (Diagnosen nach ICD-10) hinsichtlich ihrer Arbeitsgedächtniseinbußen verglichen. Dabei zeigte sich, dass Kinder mit Lese-Rechtschreibstörung ein besonderes Defizit in dem von Baddeley (1986) als phonologische Schleife bezeichneten Subsystem des Arbeitsgedächtnisses aufweisen.

Baddeley (1986) unterteilt das Arbeitsgedächtnis in eine *zentrale Exekutive* als modalitätsunspezifische Leitzentrale des Arbeitsgedächtnisses und zwei modalitätsspezifische Hilfssysteme zum temporären Bereithalten von Information: den *visuell-räumlichen Skizzenblock* zum Speichern visueller und räumlicher Information und die *phonologische Schleife* zum Speichern sprachklanglicher Information. Die Funktionstüchtigkeit der phonologischen Schleife wird als wichtige individuelle Voraussetzung für den Sprach- (Hasselhorn & Werner, 2000) und Schriftspracherwerb (Alloway, Gathercole, Adams, Willis, Eaglen, & Lamont, 2005; Grube & Hasselhorn, 2006; Leather & Henry, 1994) diskutiert. Sie setzt sich aus einem phonologischen Speicher und einer Rehearsalkomponente zusammen. Letztere wird auch als subvokaler Kontroll- oder Wiederholungsprozess bzw. kurz als Rehearsal bezeichnet. Der phonologische Speicher hält klangliche Informationen nur für kurze Zeit aufrecht: Innerhalb von 1,5 bis 2 Sekunden zerfällt die gespeicherte Repräsentation wieder (vgl. Baddeley, 1986). Rehearsal kann die Informationen über längere Zeit erhalten, indem es die im phonologischen Speicher befindlichen Inhalte durch eine Art wiederholtes „subvokales Artikulieren“ auffrischt. Aufgrund der Speicherbegrenzung kann nur so viel Information in der phonologischen Schleife bereitgehalten werden, wie in 1,5 bis 2 Sekunden artikuliert werden kann. Je schneller artikuliert werden kann, desto mehr Informationen können im phonologischen Speicher bereitgehalten werden.

Als Paradigma zur Untersuchung der phonologischen Schleife und ihrer Entwicklung wird häufig die verbale Gedächtnisspanne eingesetzt, eine Aufgabe zum unmittelbaren verbalen seriellen Behalten. Bei dieser Aufgabe reproduzieren Probanden Serien verbaler Items (z. B. Wörter) unmittelbar nach ihrer Darbietung. Die maximale Anzahl von Items, die ein Proband gerade noch in der korrekten Reihenfolge reproduzieren kann, wird maßgeblich durch die individuelle Kapazität der phonologischen Schleife determiniert. Eine ganze Reihe unterschiedlicher empirischer Phänomene in Untersuchungen zur Gedächtnisspanne stützen die Zwei-Komponenten-Sichtweise des phonologischen Arbeitsgedächtnisses. Zu den wichtigsten dieser Phänomene gehört der Wortlängeneffekt. Baddeley, Thomson und Buchanan (1975) konnten zeigen, dass mit zunehmender Silbenzahl der zum seriellen Repro-

duzieren vorgegebenen Wörter die Wortspanne geringer ausfiel. Entscheidend für diesen Wortlängeneffekt scheint die zur Aussprache der Wörter benötigte Zeit zu sein. So konnten Baddeley et al. (1975, Exp. 4) auch zeigen, dass selbst bei konstant gehaltener Silben- und Phonemzahl, die Gedächtnisspanne für Wörter mit kürzerer Sprechdauer höher liegt als für Wörter mit längerer Sprechdauer (vgl. allerdings die alternativen Interpretationen zum Wortlängeneffekt bei Campoy, 2008).

Folgt man dennoch den Argumenten von Gathercole und Baddeley (1993), so lässt sich der Wortlängeneffekt auf die prinzipielle Aktivierung des subvokalen Rehearsalprozesses zurück führen. Hasselhorn, Grube und Mähler (2000) haben Dissoziationen empirischer Phänomene diskutiert, die im Rahmen des Baddeley-Modells der gleichen Komponente des phonologischen Arbeitsgedächtnisses zugeschrieben werden. Eine Möglichkeit zur Erklärung dieser Dissoziationen ist eine weitere Ausdifferenzierung verschiedener Funktionsaspekte der Speicherkomponente sowie der Komponente des subvokalen Kontrollprozesses. Hasselhorn et al. (2000) haben hierzu vorgeschlagen, beim phonetischen Speicher zwischen der *Größe* und der *Verarbeitungspräzision* zu unterscheiden. Beim subvokalen Kontrollprozess des inneren Sprechens unterscheiden sie zwischen der *Geschwindigkeit* des Prozesses und dem *Automatisierungsgrad* seiner Aktivierung. Der Wortlängeneffekt kann nämlich auch mit der automatischen Aktivierung des subvokalen Kontrollprozesses erklärt werden. Tritt er (noch) nicht auf, was bei Kindern im Vorschulalter (Gathercole & Hitch, 1993; Henry & Millar, 1993) und bei lernbehinderten Grundschulkindern (Mähler & Hasselhorn, 2003; Hasselhorn & Mähler, 2007) zu beobachten ist, dann kann dies als ein wichtiger Hinweis dafür gewertet werden, dass dieser Prozess noch nicht automatisiert verfügbar ist.

Neben der Ausdifferenzierung der verschiedenen Teilkomponenten ist in jüngerer Zeit auch das Zusammenwirken von phonologischer Schleife und Wissensbasis Gegenstand weiterführender theoretischer Diskussionen geworden. Ausgehend von der Annahme, dass die im phonologischen Speicher nach und nach zerfallende Klanginformationen auf der Basis des Abgleichs mit Einträgen in der Wissensbasis rekonstruiert wird (redintegration, vgl. Brown, Preece & Hulme, 2000; Gathercole, Pickering, Hall & Peaker, 2001), ist zu erwarten, dass der Wortlängeneffekt auf die Gedächtnisspanne um so größer ausfällt, je weniger vertraute Repräsentationen der Wörter in der Wissensbasis der Person verfügbar sind. Es ist davon auszugehen, dass bei unvertrauten Wörtern die ablaufenden Rekonstruktionsprozesse weniger erfolgreich sind, d.h. dass die Gedächtnisspannen bei unvertrauten Wortklängen stärker als bei vertrauten Wörtern durch den subvokalen Kontrollprozess innerhalb des phonologischen Arbeitsgedächtnisses determiniert werden und somit der Vorteil der „kürzeren“ Wörter gegenüber den „längeren“ Wörtern sich stärker bemerkbar macht.

In der bereits erwähnten Studie von Schuchardt et al. (2008) fand sich bei unterschiedlichen Messverfahren zur Erfassung der Funktionstüchtigkeit des phonologischen

Arbeitsgedächtnisses (Wortspanne, Ziffernspanne, Bilderspanne, Kunstwortspanne, Kunstwörter Nachsprechen) ein Defizit der Kinder mit diagnostizierter Lese-Rechtschreibstörung. Dies könnte bedeuten, dass entweder Funktionsdefizite im phonologischen Speicher und im Rehearsal zu einer Lese- und/oder Rechtschreibstörung führen, oder aber, dass unterschiedliche phonologische Funktionsdefizite für Lese- vs. Rechtschreibstörung verantwortlich sind und bei einer undifferenzierten Stichprobe von Kindern mit Lese- und/oder Rechtschreibstörungen alle Teilkomponenten der phonologischen Schleife beeinträchtigt erscheinen. Ein erstes Ziel der vorliegenden Untersuchung bestand daher darin, die bisher vernachlässigte Trennung zwischen lesebezogenen und rechtschreibbezogenen Funktionsdefiziten im phonologischen Arbeitsgedächtnis zu leisten. Außerdem sollte auch die Bedeutung von Prozessen der Rekonstruktion von Wortrepräsentationen aus der Wissensbasis betrachtet werden. Möglicherweise äußern sich die Arbeitsgedächtnisdefizite von Kindern mit Lese- und/oder Rechtschreibstörungen ja auch in besonderen Schwierigkeiten gerade bei der Rekonstruktion (redintegration) von in der Wissensbasis vorhandenen Repräsentationen (vgl. dazu auch Kibby, 2009).

Methode

Versuchsplan

Realisiert wurde ein 4 Gruppen (Lese- vs. Rechtschreibstörung vs. kombinierte Lese-Rechtschreibstörung vs. keine Störung) \times 2 Itemlänge (1-silbig vs. 3-silbig) \times 2 Lexikalität (Wörter vs. Kunstwörter) faktorieller Versuchsplan. Die nicht-organismischen Faktoren Itemlänge und Lexikalität wurden intraindividuell variiert.

Stichprobe

An der Untersuchung nahmen 98 Kinder im Alter zwischen 7;6 und 11;8 Jahren teil. Achtundsechzig dieser Kinder hatten mit ihren Eltern die *Beratungsstelle für Lernschwierigkeiten, Teilleistungsstörungen und Hochbegabung* am Institut für Psychologie der Universität Göttingen in Anspruch genommen und waren dabei auf der Basis der Kriterien des ICD-10 als Kinder mit einer Lese- und/oder Rechtschreibstörung identifiziert worden. Die konkrete Diagnose erfolgte dabei auf der Basis des doppelten Diskrepanzkriteriums, bei dem die Minderleistung durch einen Leistungswert von über einer Standardabweichung unter dem Erwartungswert der Klassenstufe operationalisiert wurde und der IQ mindestens 1.2 Standardabweichungen über dem Leistungswert im Lesen und/oder Rechtschreiben lag. Die Kinder der unauffälligen Kontrollgruppe wurden an einer Grundschule im Raum Göttingen rekrutiert. Tabelle 1 zeigt einen Überblick der wesentlichen Charakteristika der Kinder der vier Versuchsgruppen. Die Mittelwertsunterschiede zwischen den Gruppen hinsichtlich des Alters ($F(3,94) = 1.76, p > .15$) und des IQ ($F(3,94) = 1.55, p > .20$) erwiesen sich als vernachlässigbar gering.

Tabelle 1. Anzahl der männlichen und weiblichen Versuchspersonen, das mittlere Alter (in Jahren; Monaten), durchschnittliche IQ-Werte (K-ABC) sowie T-Werte der Schulleistungstests (Lesen: SLT, Rechtschreiben: WRT)

	Jungen/Mädchen	Alter		IQ		Lesen		Rechtschreiben	
		M	(SD)	M	(SD)	M	(SD)	M	(SD)
Rechtschreibstörung	9/5	9;3	(0;7)	106.5	(9.1)	49.8	(5.2)	32.9	(6.9)
Lesestörung	14/10	8;10	(0;10)	101.8	(6.4)	37.8	(3.9)	44.5	(3.6)
Lese- und Rechtschreibstörung	18/12	9;5	(1;1)	102.2	(6.3)	38.2	(4.1)	33.2	(4.8)
Kontrollgruppe	14/16	9;5	(0;9)	103.5	(6.9)	53.4	(5.6)	52.9	(5.8)

Versuchsmaterial

Vier Gruppen von Items wurden gebildet: *Einsilbige Wörter*: Schuh, Fisch, Baum, Stern, Ball, Haus, Pilz, Topf; *Dreisilbige Wörter*: Zahnbürste, Lichtschalter, Eisenbahn, Schaukelpferd, Briefkasten, Kneifzange, Luftballon, Erdbeere, Fernseher; *Einsilbige Kunstwörter*: natt, laum, tirk, deil, bork, sim, fen; *Dreisilbige Kunstwörter*: mindinnen, külinge, laujossung, reseubelt, bestrugeln, schleibunder, franulich. Für jede der vier Itemgruppen wurden Listen mit Sequenzen ansteigender Serienlänge von zwei bis acht Items erstellt, für jede Serienlänge jeweils vier Sequenzen. Dabei wurden Wiederholungen von Items innerhalb einer Sequenz und Ähnlichkeiten der Reihenfolgen verschiedener Sequenzen vermieden. Alle eingesetzten Items wurden von einer weiblichen Person gesprochen, auf einen Tonträger gespeichert und am Computer so bearbeitet, dass der Zeittakt der Darbietung konstant bei einer Sekunde lag. Am Anfang und am Ende einer Sequenz wurde im gleichen Zeittakt ein Signalton dargeboten. Der abschließende Ton diente als Signal für das Ende der Serie und gleichzeitig als Aufforderung zur Reproduktion.

Versuchsdurchführung

Die Kinder hatten im Rahmen einer ausführlichen kognitiven Funktionsdiagnostik (Dauer ca. 2 Stunden) u. a. die vier beschriebenen Gedächtnisspannen-Aufgaben zu bearbeiten. Der Versuchsleiter kündigte dazu ein Merkspiel an, bei dem das Kind Wörter hören werde, von denen es so viele wie möglich unmittelbar nach dem Signalton in der richtigen Reihenfolge nachsprechen sollte. Dabei würden die Wortreihen immer länger werden. Bei der Durchführung mit Kunstwörtern wurde darauf hingewiesen, dass die „Wörter“ unbekannt klingen wie in einer Geheimsprache. Im Anschluss an die Instruktion wurden die einzelnen Wortsequenzen von CD vorgespielt. Nach dem abschließenden Signalton einer Sequenz sprach das Kind die gehörten Items nach. Konnte das Kind drei aufeinander folgende Sequenzen nicht korrekt reproduzieren, wurde die Durchführung der Aufgabe abgeschlossen und die Untersuchung mit dem nächsten Itemmaterial fortgesetzt.

Für jede der vier von einem Kind durchgeführten Aufgaben wurde ein Gedächtnisspannenwert bestimmt. Die

Anzahl von Items der längsten reproduzierten Serie wurde als Punktwert zugrunde gelegt. Wurden zwei Serien dieser Serienlänge korrekt reproduziert, wurde ein viertel Zusatzpunkt gegeben. Entsprechend gab es für drei korrekt reproduzierte Serienlängen einen halben Zusatzpunkt und für die korrekte Reproduktion aller vier Serien zusätzlich 0.75 Punkte. So führte die korrekte Reproduktion aller Sequenzen mit 4 Items zu einem Gedächtnisspannenwert von 4.75. Konnten bereits beide Zwei-Item-Sequenzen nicht korrekt reproduziert werden, so erhielt das Kind den Wert 1.75.

Ergebnisse

Die mittleren Gedächtnisspannen in Abhängigkeit von den Faktoren Gruppe (isolierte Lesestörung, isolierte Rechtschreibstörung, kombinierte Lese- und Rechtschreibstörung, keine Lernstörung), Lexikalität (Wörter vs. Kunstwörter) und Itemlänge (1-silbig vs. 3-silbig) sind Tabelle 2 zu entnehmen. Für alle durchgeführten inferenzstatistischen Tests wurde das Signifikanzniveau auf $\alpha = .05$ gesetzt.

In einem ersten Schritt wurde eine globale Varianzanalyse über alle Gedächtnisspannenwerte hinweg berechnet. Die 4 (Gruppe) \times 2 (Lexikalität) \times 2 (Itemlänge) faktorielle Varianzanalyse mit den beiden letzten Faktoren als messwiederholte Faktoren wies alle drei Haupteffekte als signifikant aus (Gruppe: $F(3, 94) = 4.65$, $\eta^2 = 0.071$; Lexikalität: $F(1, 94) = 328.30$, $\eta^2 = 0.777$ und Itemlänge: $F(1, 94) = 677.89$, $\eta^2 = 0.878$; alle $ps < .01$). Darüber hinaus zeigten sich signifikante Interaktionseffekte zwischen den Faktoren Lexikalität und Itemlänge ($F(1, 94) = 96.02$, $\eta^2 = 0.505$, $p < .01$) und zwischen Lexikalität und Gruppe ($F(3, 94) = 6.39$, $\eta^2 = 0.084$, $p < .01$) sowie eine tendenziell signifikante Interaktion zwischen Itemlänge und Gruppe ($F(3, 94) = 2.31$, $\eta^2 = 0.031$, $p < .08$).

Posthoc-Vergleiche zur Klärung der Bedeutung der Interaktionseffekte ergaben, dass zunächst der Effekt der Lexikalität bei längeren Items ($M = 1.38$) deutlich größer ausfiel als bei kürzeren Items ($M = 0.51$) bzw. dass der Itemlängeneffekt bei Kunstwörtern ($M = 1.62$) größer ausfiel als bei vertrauten Wörtern ($M = 0.75$). Die Interaktionseffekte zwischen der Gruppe und den experimentellen Faktoren nahmen wir zum Anlass, in einer nachgeschalteten

Tabelle 2. Mittelwerte (Standardabweichungen) der Gedächtnisspanne in Abhängigkeit von Gruppe, Lexikalität und Itemlänge

	Wörter		Kunstwörter	
	1-silbig	3-silbig	1-silbig	3-silbig
Rechtschreibstörung ($n = 14$)	4.54 (0.59)	3.68 (0.43)	4.21 (0.73)	2.52 (0.52)
Lesestörung ($n = 24$)	4.38 (0.70)	3.67 (0.61)	3.66 (0.88)	2.38 (0.48)
Lese- u. Rechtschreibstörung ($n = 30$)	4.54 (0.45)	3.73 (0.44)	3.81 (0.71)	2.05 (0.40)
Kontrollgruppe ($n = 30$)	4.63 (0.72)	3.94 (0.48)	4.43 (0.55)	2.72 (0.48)

Analyse direkt die Gruppen der Kinder mit isolierter Lesestörung und mit isolierter Rechtschreibstörung im Rahmen einer 2 (Gruppe) \times 2 (Itemlänge) \times 2 (Lexikalität) faktoriellen Varianzanalyse miteinander zu vergleichen. Dabei zeigten sich erneut die bereits berichteten Haupteffekte für Itemlänge ($F(1, 36) = 294.20$) und Lexikalität ($F(1, 36) = 164.40$) sowie der Interaktionseffekt zwischen Itemlänge und Lexikalität ($F(1, 36) = 23.39$). Dagegen zeigte sich kein bedeutsamer Gruppeneffekt ($F(1, 36) = 1.46$, *ns.*), wohl aber ein signifikanter Interaktionseffekt zwischen Gruppe und Itemlänge ($F(1, 36) = 4.53$, $p < .05$) sowie ein marginaler Interaktionseffekt zwischen Gruppe und Lexikalität ($F(1, 36) = 3.76$, $p < .06$). Eine genauere Inspektion dieser Interaktionseffekte ergab, dass der Effekt der Itemlänge in der Gruppe mit isolierter Rechtschreibstörung ($M = 1.28$) größer als bei denen mit isolierter Lesestörung ($M = 1.00$) ausfiel, während der Lexikalitätseffekt in der Gruppe mit isolierter Lesestörung ($M = 1.00$) größer ausfiel als in der Gruppe mit isolierter Rechtschreibstörung ($M = 0.74$).

Diskussion

In der vorliegenden Untersuchung wurde die Funktionstüchtigkeit des phonologischen Arbeitsgedächtnisses bei Kindern mit diagnostizierter Lese- und/oder Rechtschreibstörung auf der Basis einer klassischen Gedächtnisspannenanforderung untersucht. Hierbei wurden die Länge sowie die Lexikalität der zum seriellen Reproduzieren dargebotenen Items experimentell variiert.

Unabhängig von der für uns zentralen Frage nach den Besonderheiten der isolierten Rechtschreibstörung und der isolierten Lesestörung zeigten sich die aus der Literatur hinlänglich bekannten Haupteffekte der Itemlänge und der Lexikalität: Die Gedächtnisspanne fällt besser aus bei der Verwendung kurzer im Vergleich zu langen Items sowie bei der Verwendung vertrauter Wörter im Vergleich zu unvertrauten Kunstwörtern. Darüber hinaus zeigte sich ein bedeutsamer Interaktionseffekt zwischen Itemlänge und Lexikalität, der darauf zurückzuführen ist, dass der Wortlängeneffekt bei Kunstwörtern stärker ausgeprägt ist als bei vertrauten Wörtern, und der Lexikalitätseffekt bei längeren Items stärker ausgeprägt ist. Dieser Befund unterstützt die allgemeine Sichtweise, dass der Wortlängeneffekt auf die Gedächtnisspanne bei älteren Schulkind-

ern auch von der Möglichkeit abhängig ist, Itemrepräsentationen aus der Wissensbasis zu rekonstruieren: Je weniger hilfreiche Rekonstruktionsmöglichkeiten von Wissensrepräsentationen zur Verfügung stehen, desto stärker ist die serielle Reproduktionsleistung von der Funktionstüchtigkeit des subvokalen Rehearsalprozesses abhängig.

Das zentrale Interesse dieser Arbeit galt jedoch den Besonderheiten im phonologischen Arbeitsgedächtnis von Kindern mit diagnostizierter Lese- versus Rechtschreibstörung. Insgesamt erwies sich die über Gedächtnisspannenmaße erfassbare Funktionstüchtigkeit des phonologischen Arbeitsgedächtnisses bei Kindern mit isolierter Lesestörung und kombinierter Lese-Rechtschreibstörung als beeinträchtigt. Die Tatsache, dass sich die beiden Gruppen diesbezüglich nicht unterscheiden, unterstützt ihre gemeinsame Klassifizierung im ICD 10. Für die Interpretation dieser Beeinträchtigung ist entscheidend, dass der Itemlängeneffekt bei isolierter Lesestörung sich in seinem Ausmaß nicht von der Kontrollgruppe unterschied. Unabhängig davon, ob man diesen Effekt eher auf die Automatisierung oder aber die Geschwindigkeit des subvokalen Rehearsalprozesses in der phonologischen Schleife zurückführen mag, spricht dieser Befund dafür, dass die Dysfunktionen im phonologischen Arbeitsgedächtnis von Kindern mit Lesestörung weniger im Bereich der Rehearsal-Komponente, sondern eher im phonologischen Speicher lokalisiert sind. Der berichtete größere Lexikalitätseffekt bei isolierter Lesestörung weist möglicherweise darauf hin, dass diese Speicherprobleme sich auch ungünstig auf die Rekonstruktion von Itemrepräsentationen in der Wissensbasis auswirken oder dass Probleme bei der Repräsentation von Wortbedeutungen bzw. bei der Rekonstruktion von Wortbedeutungen aus der Wissensbasis sich als Speicherprobleme niederschlagen.

Für die isolierte Rechtschreibstörung findet sich zunächst keine prinzipielle Funktionseinbuße des phonologischen Arbeitsgedächtnisses. Auf den ersten Blick scheint daher für die besondere Diskrepanz zwischen Intelligenz und Rechtschreibleistung die Funktionstüchtigkeit des phonologischen Arbeitsgedächtnisses von eher geringer Bedeutung zu sein. Dies wird allerdings durch den Befund relativiert, dass der Effekt der Itemlänge auf

die Gedächtnisspanne bei Kindern mit isolierter Rechtschreibstörung besonders groß ausfällt. Obwohl dieser Befund unterschiedlich gedeutet werden könnte, ist nicht auszuschließen, dass er eine Funktionsbesonderheit in der Rehearsalkomponente der phonologischen Schleife widerspiegelt. Zusammengefasst legen die Befunde dieser Studie nahe, dass zumindest im deutschen Sprachraum den Lese- vs. den Rechtschreibstörungen von Kindern unterschiedliche phonologische Arbeitsgedächtnisdefizite zugrunde liegen.

Literatur

- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., Adams, A., Willis, C., Eaglen, R. & Lamont, E. (2005). Working memory and phonological awareness as predictors towards early learning goals at school entry. *British Journal of Developmental Psychology*, 23, 417–426.
- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D., Thomson, N. & Buchanan, M. (1975). Word length and the structure of working memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 14, 575–589.
- Brown, G. D. A., Preece, T. & Hulme, C. (2000). Oscillator-based memory for serial order. *Psychological Review*, 107, 127–181.
- Campoy, G. (2008). The effect of word length in short-term memory: Is rehearsal needed? *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 61, 724–734.
- Dilling, H., Mombour, W. & Schmidt, M. H. (2008). *Internationale Klassifikation psychischer Störungen: ICD-10 Kapitel V (F) Klinisch-diagnostische Leitlinien* (6., vollst. überarb. Aufl.). Bern: Huber.
- Gathercole, S. E. & Baddeley, A. D. (1993). *Working memory and language*. Hove, UK: Lawrence Erlbaum.
- Gathercole, S. E. & Hitch, G. J. (1993). Developmental changes in short-term memory: A revised working memory perspective. In A. F. Collins, S. E. Gathercole, M. A. Conway & P. E. Morris (Eds.), *Theories of memory* (pp. 189–209). Hove, UK: Erlbaum.
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Hall, M. & Peaker, S. M. (2001). Dissociable lexical and phonological influences on serial recognition and serial recall. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 54A, 1–30.
- Grube, D. & Hasselhorn, M. (2006). Längsschnittliche Analysen zur Lese-, Rechtschreib- und Mathematikleistung im Grundschulalter: Zur Rolle von Vorwissen, Intelligenz, phonologischem Arbeitsgedächtnis und phonologischer Bewusstheit. In I. Hosenfeld & F.-W. Schrader (Hrsg.), *Schulische Leistung: Grundlagen, Bedingungen, Perspektiven* (S. 87–105). Münster: Waxmann.
- Hasselhorn, M. & Mähler, C. (2007). Phonological working memory of children in two German special schools. *International Journal of Disability, Development, and Education*, 54, 225–244.
- Hasselhorn, M., Grube, D. & Mähler, C. (2000). Theoretisches Rahmenmodell für ein Diagnostikum zur differenziellen Funktionsanalyse des phonologischen Arbeitsgedächtnisses. In M. Hasselhorn, W. Schneider & Marx, H. (Hrsg.), *Diagnostik von Lese-Rechtschreibschwierigkeiten* (Jahrbuch der pädagogisch-psychologischen Diagnostik, Test und Trends, Neue Folge Band 1, S. 167–181). Göttingen: Hogrefe.
- Hasselhorn, M., Tiffin-Richards, M.C., Woerner, W., Banaschewski, T. & Rothenberger, A. (2000). Spielt der phonetische Speicher des Arbeitsgedächtnisses eine bedeutsame Rolle für die Differentialdiagnose von Lese-Rechtschreibschwierigkeiten? Analysen zum „Kunstwörter-Nachsprechen“ bei Kindern mit LRS- und/oder HKS-Diagnose. In M. Hasselhorn, W. Schneider & H. Marx (Hrsg.), *Diagnostik von Lese-Rechtschreibschwierigkeiten. Tests und Trends, N.F. Band 1. Jahrbuch der pädagogisch-psychologischen Diagnostik* (S. 149–165). Göttingen: Hogrefe.
- Henry, L. A. & Millar, S. (1993). Why does memory span increase with age? A review of the evidence for two current hypotheses. *European Journal of Cognitive Psychology*, 5, 241–287.
- Kibby, M. (2009). There are multiple contributors to the verbal short-term memory deficit in children with developmental reading disabilities. *Child Neuropsychology*, 15, 485–506.
- 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), 28–30. October 2009, Boston.
- Leather, C. V. & Henry, L. A. (1994). Working memory span and phonological awareness tasks as predictors of early reading ability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 58, 88–111.
- Mähler, C. & Hasselhorn, M. (2003). Automatische Aktivierung des Rehearsalprozesses im phonologischen Arbeitsgedächtnis bei lernbehinderten Kindern und Erwachsenen. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 17, 255–260.
- 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.
- Pickering, S. J. (2006). Working memory in dyslexia. In T. P. Alloway, S. E. Gathercole, T. P. E. Alloway & S. E. E. Gathercole (Eds.), *Working memory and neurodevelopmental disorders* (pp. 7–40). New York, NY US: Psychology Press.
- Schneider, W. & Marx, P. (2008). Früherkennung und Prävention von Lese-Rechtschreibschwierigkeiten. In F. Petermann & W. Schneider (Hrsg.), *Theorie und Forschung* (Enzyklopädie der Psychologie, Serie Entwicklungspsychologie, Bd. 7, S. 237–273). Göttingen: Hogrefe.
- Schneider, W. & Näslund, J. C. (1993). The impact of early metalinguistic competencies and memory capacity on reading and spelling in elementary school. *European Journal of Psychology of Education*, 8, 273–288.
- Schuchardt, K., Mähler, C. & Hasselhorn, M. (2008). Working memory deficits in children with specific learning disorders. *Journal of Learning Disabilities*, 41, 514–523.
- Shankweiler, D. P. & Crain, S. (1986). Language mechanisms and reading disorder: A modular approach. *Cognition*, 24, 139–168.
- Steinbrink, C. & Klatte, M. (2008). Phonological working memory in second-graders with poor reading and spelling abilities. *Dyslexia*, 14, 271–290.
- Swanson, H. L. (2006). Working memory and reading disabilities: Both phonological and executive processing deficits are important. In T. P. Alloway & S. E. Gathercole (Eds.), *Working memory in neurodevelopmental conditions* (pp. 59–88). East Sussex, UK: Psychology Press.
- Turner, J. E., Henry, L. A., Smith, P. T. & Brown, P. A. (2004). Redintegration and lexicality effects in children: Do they depend upon the demands of the memory task? *Memory & Cognition*, 32, 501–510.
- 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.

Prof. Dr. Marcus Hasselhorn

Deutsches Institut für Internationale Pädagogische Forschung (DIPF)
Center for Research on Individual Development and Adaptive Education of Children at Risk (IDeA)
Schloßstraße 29
69486 Frankfurt am Main
E-Mail: hasselhorn@dipf.de