

Wirksamkeit des computergestützten grapho-phonologischen Trainingsprogramms *Lautarium* bei Kindern mit Lese-Rechtschreibstörung

Marita Konerding, Kirstin Bergström, Thomas Lachmann und Maria Klatte

Summary

Effects of the Computer-Based Grapho-Phonological Training Lautarium in Children with Developmental Dyslexia

The effects of the computer-based training program *Lautarium* on phonological awareness and literacy skills were investigated in 41 third-grade children with developmental dyslexia who attended special dyslexia classes in a primary school in Saxony, Germany. Based on the proven efficacy of phonics-based instruction, *Lautarium* combines training of phoneme perception and phonological awareness with training of grapheme-phoneme-relationships and reading and spelling of transparent words. In addition, rapid access from written words to meaning is included. The children of the training group (N = 27) worked through the program during school lessons, 5 times per week for 30 minutes, for a period of 7 weeks. During the training period, the controls (N = 14) received traditional remedial reading instruction, 2-3 times per week, in small groups. Children's performance in phonological awareness, reading, and spelling was assessed at three time points (pretest, immediate posttest, and follow-up after 9 weeks). Pretest scores did not differ between groups. For spelling and subtests of phonological awareness, group comparisons of raw scores at posttest and follow-up including the respective pretest score as covariate confirmed stronger improvements in the training group when compared to the controls. Effect sizes were medium to strong. For reading, improvements did not differ between groups. In both groups, standard scores (T-scores) for reading and spelling increased significantly and substantially across the study period (from pretest to follow-up). The results confirm the efficacy of computer-based training with *Lautarium* in children with dyslexia, and the efficacy of school-based remedial instruction provided in the dyslexia classes.

Prax. Kinderpsychol. Kinderpsychiat. 70/2021, 333-355

Keywords

specific learning disorder – intervention – phonological processing – speech perception – phonics instruction

Zusammenfassung

Die Lese-Rechtschreibstörung (LRS) zeigt unbehandelt eine hohe Persistenz und kann zu gravierenden Beeinträchtigungen im Bildungsverlauf führen. Defizite in der phonologischen

Informationsverarbeitung gelten als Kerndefizit bei der LRS. Trainingsprogramme, die ein phonologisches Training mit einem schriftsprachlichen Training kombinieren, haben sich als wirksame Interventionsmaßnahmen erwiesen. Das computerbasierte Programm *Lautarium* basiert auf diesen Erkenntnissen und umfasst die Übungsbereiche Phonemwahrnehmung, phonologische Bewusstheit, Phonem-Graphem-Zuordnung, lautgetreues Lesen und Schreiben und schnelle Worterkennung. Die vorliegende Wirksamkeitsstudie im Prätest-Posttest-Follow-up-Design prüft die Effekte von *Lautarium* bei 41 Kindern mit LRS, die spezielle Förderklassen in Sachsen besuchten. Die Trainingsgruppe (N = 27) trainierte sieben Wochen (5 x pro Woche für circa 30 Min.) im Förderunterricht mit *Lautarium*, während die Kontrollgruppe (N = 14) eine traditionelle Leseförderung in Kleingruppen erhielt. Für die Rechtschreibung und in Subtests zur phonologischen Bewusstheit zeigten sich kurzfristige und anhaltende signifikante Trainingseffekte. Die Effektstärken stiegen von mittelhohen Effekten im Posttest zu hohen Effekten im Follow-up an. Für das Lesen konnte kein Vorteil der Trainingsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe ermittelt werden. Die Entwicklung der T-Werte im Studienzeitraum belegte für beide Gruppen einen substanziellen Leistungsfortschritt im Leseverständnis und in der Rechtschreibung, der unbehandelt unter den Bedingungen der Regelbeschulung nicht zu erwarten gewesen wäre. *Lautarium* erwies sich damit als wirksames Trainingsprogramm für Kinder mit einer LRS.

Schlagwörter

Spezifische Lernstörung – Intervention – phonologische Verarbeitung – Phonemwahrnehmung – Computertraining

1 Theoretischer Hintergrund

Studien zufolge zeigen in Deutschland etwa 18 % der Grundschul Kinder trotz normaler Beschulung und mindestens durchschnittlicher Intelligenz erhebliche Probleme beim Schriftspracherwerb; bei circa 6-10 % wird die Diagnose *Lese-Rechtschreibstörung* gestellt (Fischbach et al., 2013; Hasselhorn u. Schuchardt, 2006; Kohn, Wyschkon, Ballaschk, Ihle, Esser, 2013). Als Lese-Rechtschreibstörung (LRS) wird eine umschriebene und bedeutsame Beeinträchtigung in der Entwicklung der Lesefertigkeiten, dem Leseverständnis und/oder der Rechtschreibung bezeichnet, die sich nicht durch sensorische Defizite (Seh-/Hörstörung), neurologische Erkrankungen, eine Lernbehinderung (Intelligenzquotient < 70) oder einen Mangel an Gelegenheiten zum Lernen bzw. nicht adäquate Beschulung erklären lässt (Dilling u. Freyberger, 2019). Die Defizite zeigen eine hohe zeitliche Stabilität (Wyschkon et al., 2018) und wirken sich sekundär fächerübergreifend auf die schulischen Leistungen aus, mit der Folge von Beeinträchtigungen der Schullaufbahn und der erreichten Bildungsabschlüsse (Esser, Wyschkon, Schmidt, 2002). Aufgrund der schulischen Belastung sind Kinder mit LRS vermehrt von sozial-emotionalen Auffälligkeiten wie gesteigerter Ängstlichkeit, depressiven Verstimmungen, sozialer Zurückgezo-

genheit, einem geringen schulischen Selbstkonzept und externalisierenden Verhaltensauffälligkeiten betroffen (Fischbach, Schuchardt, Mähler, Hasselhorn, 2010). Zudem ist eine Komorbidität der LRS mit Dyskalkulie (Fischbach et al., 2013; Landerl u. Moll, 2010), Sprachentwicklungsstörungen (Pennington u. Bishop, 2009) und hyperkinetischen Störungen (Frazier, Youngstrom, Glutting, Watkins, 2007; Kohn, Wyschkon, Esser, 2013) gegeben.

Angesichts der Persistenz der Minderleistungen ist eine frühe Förderung schriftsprachlicher Fertigkeiten von maßgeblicher Relevanz (Lachmann, 2018). Als wirksam haben sich phonologisch orientierte Verfahren, die mit einem Training schriftsprachlicher Fertigkeiten kombiniert werden, erwiesen (Galuschka, Ise, Krick, Schulte-Körne, 2014). Mit dem computerbasierten Trainingsprogramm *Lautarium* (Klatte, Steinbrink, Bergström, Lachmann, 2017) liegt ein nach wissenschaftlichen Erkenntnissen konzipiertes Verfahren vor, das in der hier vorgestellten Studie hinsichtlich der Wirksamkeit für Kinder mit LRS geprüft wurde.

1.1 Phonologische Verarbeitung und Schriftspracherwerb

Ein erfolgreicher Schriftspracherwerb setzt eine intakte phonologische Informationsverarbeitung voraus. Unter phonologischer Informationsverarbeitung wird die Fähigkeit zur Analyse, zur Speicherung und zum Abruf phonologischer Informationen für den Erwerb laut- oder schriftsprachlicher Kompetenzen verstanden (Anthony u. Francis, 2005; Anthony u. Lonigan, 2004; McBride-Chang, 1995; Wagner u. Torgesen, 1987). Die phonologische Informationsverarbeitung umfasst die Komponenten Phonemwahrnehmung, phonologische Bewusstheit, phonologisches Arbeitsgedächtnis und schneller Abruf phonologischer Repräsentationen aus dem Langzeitgedächtnis. Die Phonemwahrnehmung bezieht sich auf die Fähigkeit, Phoneme hinsichtlich ihrer Merkmale Artikulationsort, -art und Stimmhaftigkeit diskriminieren und identifizieren zu können. Defizite in der Phonemwahrnehmung führen zu unterspezifizierten Phonemkategorien im mentalen Lexikon (Vandermosten et al., 2020), die die Verarbeitung, die Speicherung und den Abruf phonologischer Informationen und den Erwerb der Phonem-Graphem-Zuordnungen beeinträchtigen (Elbro u. Jensen, 2005; Swan u. Goswami, 1997). Die phonologische Bewusstheit bezeichnet die Fähigkeit, vom Bedeutungsaspekt eines Wortes abzusehen und formale Aspekte eines Wortes (Silben, Reime, Phoneme) identifizieren und manipulieren zu können (Löschen oder Ersetzen von Lauten in Wörtern, Zerlegen von Wörtern in Laute, Verbinden von Lauten zu Wörtern) (Anthony u. Francis, 2005; Anthony u. Lonigan, 2004).

Die enge Beziehung zum Schriftspracherwerb ist durch das alphabetische Prinzip der Schriftsprache gegeben, bei dem ein Buchstabe bzw. eine Buchstabengruppe (Graphem) einen gesprochenen Laut (Phonem) symbolisiert (Wagner et al., 1997). Im Leserverb müssen Grapheme in Phoneme dekodiert und dann zu einem Wort synthetisiert werden. Im Schreiberverb muss ein Wort in Phoneme segmentiert werden, erst dann kann jedem wahrgenommenen Phonem ein Graphem zugeordnet und dieses

verschriftlicht werden (vgl. Schnitzler, 2008). Unter phonologischem Arbeitsgedächtnis (Baddeley, 1986) versteht man ein spezifisches Speichersystem, das es ermöglicht, phonologische Informationen kurzzeitig aktiv und dadurch für weitere Verarbeitungsprozesse verfügbar zu halten. Zu Beginn des Leseerwerbs benötigt der Leseprozess viel Kapazität des phonologischen Arbeitsgedächtnisses, da phonologische Informationen während der noch mühevollen Buchstabe-zu-Laut-Dekodierung bis zur Synthese der Laute zu einem Wort gespeichert werden müssen. Mit zunehmender Automatisierung der Lesefähigkeit benötigt der Dekodierprozess weniger, der Leseverständnisprozess aber zunehmend mehr Kapazität des phonologischen Arbeitsgedächtnisses (Cain, Oakhill, Bryant, 2004). Der Abruf phonologischer Informationen aus dem Langzeitgedächtnis bezeichnet die Effizienz des Prozesses von der Dekodierung eines visuellen Stimulus – beim Lesen das geschriebene Wort – über den lexikalischen Zugriff bis zum Abruf der phonologischen Repräsentation und der Artikulation (Kirby et al., 2010).

Die Komponenten der phonologischen Informationsverarbeitung stellen Prädiktoren des Schriftspracherwerbs dar (Araújo, Reis, Petersson, Faisca, 2015; Carretti, Borella, Cornoldi, Beni, 2009; Clayton, West, Sears, Hulme, Lervåg, 2019; Pfost, 2015; Ziegler, Pech-Georgel, George, Lorenzi, 2009). Die Relevanz der Prädiktoren kann dabei in Abhängigkeit von der Transparenz der Orthographie (Konsistenz in der Beziehung zwischen Schrift und Aussprache) variieren (Landerl et al., 2019; Moll et al., 2014; Ziegler et al., 2010). Für die deutsche, transparente Orthographie nimmt die prädiktive Bedeutung der phonologischen Bewusstheit für die Leseleistungen bereits nach der ersten Grundschulklasse ab. Für die Rechtschreibleistungen dagegen bleibt die phonologische Bewusstheit ein stabiler Prädiktor im Laufe der Grundschulzeit (Ennemoser et al., 2012; Landerl u. Wimmer, 2008; Wimmer u. Mayringer, 2002). Da die Graphem-Phonem-Beziehungen im Deutschen (Lesen) eine höhere Regularität und damit einen höheren Grad an Transparenz aufweisen als die Phonem-Graphem-Beziehungen (Schreiben), erwerben auch schwache Leser am Ende der ersten Grundschulklasse ein hohes Maß an Lesegenauigkeit (Seymour, Aro, Erskine, 2003). Der Leseerwerb erfordert daher nur zu Beginn eine ausreichende Fähigkeit in der phonologischen Bewusstheit. Zur Varianzaufklärung in der Lesegeschwindigkeit und dem Leseverständnis kann unabhängig von der Transparenz der Orthographie der schnelle Abruf phonologischer Repräsentationen aus dem Langzeitgedächtnis beitragen (Araújo et al., 2015; Landerl et al., 2019; Moll et al., 2014).

1.2 Phonologische Informationsverarbeitung bei Kindern mit LRS

In allen Komponenten der phonologischen Informationsverarbeitung zeigen Kinder mit einer LRS schlechtere Leistungen als Kontrollkinder mit unauffälliger Schriftsprachentwicklung (Araújo u. Faisca, 2019; Brandenburg et al., 2015; Melby-Lervåg, Lyster, Hulme, 2012; Ziegler et al., 2009). Da sich phonologische und schriftsprachliche Fähigkeiten gegenseitig beeinflussen, können die phonologischen Defizite aber sowohl Ursache als auch Folge der LRS sein (Castles u. Coltheart, 2004; Huettig,

Lachmann, Reis, Petersson, 2018; Ziegler u. Goswami, 2005). Evidenz für eine kausale Beziehung liefern Längsschnittstudien, die die phonologischen Fähigkeiten lange vor dem eigentlichen Schriftspracherwerb erfassen und dadurch einen Einfluss schriftsprachlicher Kompetenzen auf die phonologischen Leistungen ausschließen können (Snowling u. Melby-Lervåg, 2016). Beispielsweise belegen EEG-Studien bei Säuglingen mit einem genetisch bedingten LRS-Risiko eine abweichende Phonemwahrnehmung, die mit den viele Jahre später erhobenen Lese-Rechtschreibleistungen korreliert (Lyytinen, Erskine, Hämäläinen, Torppa, Ronimus, 2015; Molfose, 2000; Schaadt et al., 2015; Schulte-Körne u. Bruder, 2010). Weitere Evidenz für einen Kausalzusammenhang bieten Studien, in denen Kinder mit LRS auch im Vergleich zu deutlich jüngeren Kindern mit gleicher Lesefähigkeit schlechtere phonologische Leistungen erbrachten (Melby-Lervåg et al., 2012; Parrila, Dudley, Song, Georgiou, 2020; Ziegler et al., 2009). Aufgrund dieser Evidenzen besteht weitgehender Konsens bezüglich der Annahme, dass ein Kerndefizit in der phonologischen Informationsverarbeitung einen Ursachenfaktor bei LRS darstellt.

1.3 Wirksamkeit von Trainingsverfahren, die eine phonologische und schriftsprachliche Förderung kombinieren

Angesichts der mit LRS verbundenen Defizite in der phonologischen Informationsverarbeitung ist es naheliegend, Interventionen zu konzipieren, die die Komponenten der phonologischen Informationsverarbeitung trainieren, um dadurch eine Verbesserung der schriftsprachlichen Fertigkeiten zu erzielen. Ein Training des phonologischen Arbeitsgedächtnisses und des schnellen Abrufs phonologischer Repräsentationen aus dem Langzeitgedächtnis zeigten aber bislang keinen Transfer auf schriftsprachliche Leistungen (Brandenburg et al., 2013; Kirby et al., 2010; Mähler, Joerns, Schuchardt, 2019; Mähler, Jörns, Radtke, Schuchardt, 2015; Melby-Lervåg u. Hulme, 2013; aber siehe dazu auch Van der Stappen u. van Reybroeck, 2018). Die Phonemwahrnehmung lässt sich durch ein Training signifikant verbessern und es zeigt sich ein Transfer auf die phonologische Bewusstheit (Thomson, Leong, Goswami, 2013; Zoubinetzky, Collet, Nguyen-Morel, Valdois, Serniclaes, 2019). Signifikante Verbesserungen der schriftsprachlichen Leistungen sind bei einem isolierten Training der Phonemwahrnehmung nicht belegt (McArthur, Ellis, Atkinson, Coltheart, 2008; Strehlow et al., 2006; Thomson et al., 2013), stellen sich aber bei mit schriftsprachlichen Förderinhalten kombinierten Verfahren ein (Ecalte, Magnan, Bouchafa, Gombert, 2009; González-Valenzuela, 2017). Auch die phonologische Bewusstheit ist trainierbar, zudem zeigen sich Transfereffekte des Trainings auf die späteren schriftsprachlichen Leistungen der Kinder (Bus u. Ijzendorp, 1999; Ehri et al., 2001; Fischer u. Pfost, 2015). Allerdings sind diese Transfereffekte nur im Vorschulalter stabil nachweisbar. Bereits in den ersten Grundschuljahren nehmen die Effektstärken ab und erreichen für Kinder mit LRS keine statistische Signifikanz (Fischer u. Pfost, 2015).

Erfolgreicher für Kinder mit LRS sind kombinierte phonologisch-orthographische Verfahren (Ehri et al., 2001; Ise, Engel, Schulte-Körne, 2012), bei denen die erworbenen phonologischen Kompetenzen explizit auf die Schriftsprache übertragen werden. Metaanalysen bestätigen die Erfolge der sogenannten *phonics instruction*, die die Übungen zur phonologischen Bewusstheit mit einem Aufbau von Graphem-Phonem-Beziehungen und einer Förderung schriftsprachlicher Fertigkeiten kombinieren (Galuschka et al., 2014; McArthur et al., 2012, 2018). Durch die systematische Vermittlung des alphabetischen Prinzips wird die Fähigkeit zur Dekodierung orthographischer Einheiten auf der Basis einer sequentiellen Übersetzung von Graphem zu Phonem erworben. Die grundlegenden Dekodierfähigkeiten, die mit einer überschaubaren Anzahl von explizit vermittelten Buchstabe-Laut-Beziehungen das Erlesen einer großen Anzahl unbekannter orthographischer Einheiten ermöglichen, führen im weiteren Verlauf im Sinne eines *self-teaching*-Prozesses zum Erwerb orthographischer Repräsentationen (Share, 1995). Diese können in der Folge ganzheitlich abgerufen werden, wodurch sich die Lesegeschwindigkeit erhöht und Fehlschreibungen, die auf der Basis lauttreuer Verschriftlichungen entstehen, reduziert werden. Auch computerbasierte Umsetzungen der *phonics instruction* erwiesen sich als wirksam zur Unterstützung des Schriftspracherwerbs bei Kindern mit und ohne Lese-Rechtschreibschwierigkeiten (Ecalte et al., 2009; Macaruso u. Rodman, 2011; Ronimus, Eklund, Pesu, Lyytinen, 2019).

1.4 Das computerbasierte Trainingsprogramm *Lautarium*

Das computerbasierte Trainingsprogramm *Lautarium* für Grundschul Kinder mit Lese-Rechtschreibschwierigkeiten (Klatte et al., 2017) berücksichtigt die Evidenz zur erfolgreichen Trainierbarkeit der phonologischen Bewusstheit und der Phonemwahrnehmung und verbindet ein Training dieser phonologischen Komponenten mit Aufgaben zur Phonem-Graphem-Korrespondenz und einer schriftsprachlichen Förderung. *Lautarium* enthält fünf Übungsbereiche mit insgesamt 58 Übungsspielen. Im Übungsbereich *Phonemwahrnehmung* werden Aufgaben zur Diskrimination und Identifikation von Phonemen durchgeführt, die sich auf die für Kinder mit LRS besonders schwer zu differenzierenden Plosivlaute (/p/, /b/, /t/, /d/, /k/, /g/) (Adlard u. Hazan, 1998) und Vokallängen beziehen (Groth, Lachmann, Riecker, Muthmann, Steinbrink, 2011; Klatte, Steinbrink, Bergström, Lachmann, 2013; Landerl, 2003; Steinbrink, Klatte, Lachmann, 2014). Die Vokallänge ist in der deutschen Sprache bedeutungsunterscheidend (z. B. „Hüte“ versus „Hütte“) und steht in Beziehung zu den orthographischen Regeln der Konsonantendopplung (z. B. nach langem /o:/ in *Ofen* folgt ein Konsonant, nach kurzen /ɔ/ in *offen* folgen zwei Konsonanten) und Vokallängenmarkierung (z. B. in *Wiese*, *Lehne*, *Boot*). Um diese Regeln anwenden zu können, müssen Kinder Vokale in Wörtern als *kurz* oder *lang* klassifizieren können. Die Übungen zur phonologischen Bewusstheit trainieren die Lautanalyse (beispielsweise das Erkennen eines Lautes im Wort), die Segmentierung eines Wortes in Laute, die Synthese von Lauten zu Wörtern und die Lautklassifikation (*Odd-One*-

Out-Aufgaben: aus drei Wörtern ist dasjenige auszuwählen, das sich bezüglich des Anfangs- oder Endlautes von den anderen beiden unterscheidet). In den Übungsbereichen *Graphem-Phonem-Zuordnung* und *Lesen und Schreiben lautgetreuer Wörter* wird das anwachsende phonologische Wissen auf die Schriftsprache übertragen. Außerdem wird mit dem Übungsbereich *Blitzlesen* eine schnelle ganzheitliche Worterkennung trainiert. Dabei wird das dargebotene Wort nur sehr kurz präsentiert. Das Programm steuert die Verkürzung der Darbietungszeit bei richtiger und die Verlängerung der Zeit bei falscher Antwort (50-300 ms).

Lautarium basiert auf umfangreichem Bild- und Sprachmaterial. Die nahezu 8.000 Audiodateien wurden in hoher Qualität mit professionellen Sprechern erstellt und umfassen Pseudowörter und Nomen in unterschiedlicher phonologischer Komplexität. Zur Darstellung der Phoneme werden in *Lautarium* sogenannte Lautbausteine verwendet. Diese sind durch Bilder gekennzeichnet, deren Bezeichnungen mit dem jeweiligen Laut anfangen (z. B. *Ball* für den Laut /b/) bzw. enden (z. B. *Buch* für den Laut /x/, der in der deutschen Phonologie nur im In- oder Auslaut verwendet wird). Graphembausteine repräsentieren die den Phonemen bzw. Lautbausteinen zugehörigen Basisgrapheme (Thomé, 2000).

Die Umsetzung von *Lautarium* als adaptives PC-Training hat folgende Vorteile: Erstens kann *Lautarium* durch implementierte interaktive Instruktionen und direktes Feedback weitgehend unabhängig von der Unterstützung durch Eltern, Lehrkräfte oder Lerntherapeuten durchgeführt werden (Klatte et al., 2017). Zweitens ermöglicht die nach Entwicklungs- und Schwierigkeitsaspekten festgelegte Übungsreihenfolge ein optimales Lernanforderungsniveau, das insbesondere für Kinder mit Lernstörungen den Lernerfolg und das Lernengagement erhöht (Ke u. Abras, 2013; Ronimus et al., 2019). Drittens kann die Trainingszeit durch ein festgelegtes Fehlerkriterium, das bei Unterschreiten zur folgenden Übung bzw. bei Überschreiten zu einer Wiederholung führt, in Abhängigkeit der individuellen Leistung eines Kindes optimal und effizient ausgenutzt werden. Viertens wird durch ein implementiertes Belohnungssystem in Form eines animierten Aquariums berücksichtigt, dass durch Token unterstützte Förderprogramme eine höhere Wirksamkeit erzielen (Ise et al., 2012). Zur Aufrechterhaltung der Motivation erhalten die Kinder am Ende eines Spiels Taler, mit denen sie im Aquarium-Shop Fische und Zubehör wie Pflanzen, Muscheln oder ein versenktes Piratenschiff kaufen können, um so ihr individuelles Aquarium einzurichten (Klatte et al., 2017).

1.5 Ziel der Studie

In einer früheren Studie konnten positive Effekte des Trainings mit einer *Lautarium*-Erstversion auf schriftsprachliche und phonologische Leistungen bei Kindern mit LRS und bei Erstklässlern mit unterdurchschnittlichen Leseleistungen nachgewiesen werden (Klatte et al., 2013, 2014; Klatte, Steinbrink, Bergström, Lachmann, 2016). Auf Basis dieser Ergebnisse und der individuellen Trainingsdaten wurde *Lautarium* überarbeitet. Nachfolgende Studien mit der Neufassung zeigten positive Wirkungen

bei Zweitklässlern (Klatte, Bergström, Steinbrink, Konerding, Lachmann, 2018) sowie bei Kindern mit Deutsch als Zweitsprache (Konerding, Bergström, Lachmann, Klatte, 2020). Die hier vorgestellte Studie prüft die kurzfristigen und anhaltenden Wirkungen des *Lautarium*-Trainings auf die phonologische Bewusstheit und die Lese- und Rechtschreibleistungen bei Kindern mit LRS.

2 Methodik

2.1 Stichprobe

An der Studie nahmen 41 Kinder mit diagnostizierter LRS aus drei speziellen Förderklassen einer Grundschule in Plauen (Sachsen) teil. Die Zuweisung zu diesen Förderklassen erfolgt mit Zustimmung der Eltern nach einer umfassenden Diagnostik am Ende der zweiten Klassenstufe. Die Kinder werden dann zwei Jahre lang im Lehrstoff der dritten Klassenstufe unterrichtet und erhalten eine intensive Förderung im Lesen und Rechtschreiben. Nach Ablauf der zwei Jahre kehren sie wieder in die Regelklassen zurück und besuchen dort die vierte Klassenstufe.

Aus schulorganisatorischen Gründen konnte keine randomisierte Zuweisung zu einer Trainings- bzw. Kontrollgruppe erfolgen. Zwei Klassen mit insgesamt 27 Kindern (mittleres Alter 8;11, 19 Jungen) nahmen am *Lautarium*-Training teil, eine Klasse mit 14 Kindern (mittleres Alter 9;1, 11 Jungen) fungierte als Kontrollgruppe. Alle Kinder sind muttersprachlich und monolingual deutsch aufgewachsen. Die Studie wurde von der Sächsischen Bildungsagentur hinsichtlich ethischer und datenschutzrechtlicher Gesichtspunkte geprüft und genehmigt. Die Einverständniserklärungen der Eltern zur Teilnahme ihrer Kinder an der Studie wurden eingeholt.

2.2 Design und Durchführung der Studie

Die Studie wurde in einem Prätest-Posttest-Follow-Up-Design durchgeführt. Vor Beginn wurden die für die LRS-Förderung qualifizierten Klassenlehrkräfte der LRS-Klassen über die Inhalte des Trainings und die erforderliche Organisation informiert. Die Trainings- und die Kontrollgruppe nutzten eine im Stundenplan fest implementierte Förderstunde zur Unterstützung des Schriftspracherwerbs unter Leitung der Klassenlehrkraft. Die Trainingsgruppe absolvierte sieben Wochen täglich für circa 30 Minuten das computerbasierte *Lautarium*-Training. Durchschnittlich nahmen die Kinder an 28 von 35 möglichen Trainingssitzungen teil und absolvierten 39 von 58 möglichen Übungsspielen. Pro Trainingseinheit wurden circa 3.7 Übungsspiele mit 16-30 Trials bearbeitet. Die Kinder der Kontrollgruppe erhielten in Kleingruppen à drei Kindern 2-3 mal wöchentlich die reguläre Förderstunde. Inhaltlich wurde ein phonem- und silbenbasiertes Lesetraining mit unterstützenden Übungen zur phonologischen Bewusstheit (Arends, 2005; Dummer-Smoch u. Hackethal, 2016)

durchgeführt. Der Posttest erfolgte direkt nach Abschluss der Trainingsphase, der Follow-up nach neun trainingsfreien Wochen, in denen alle Kinder wieder am regulären Förder- bzw. Schulunterricht teilnahmen. Die Testerhebungen wurden von der Erstautorin durchgeführt. Der Kontrollgruppe wurde das *Lautarium*-Programm nach dem Follow-up zur Verfügung gestellt.

2.3 Eingesetzte Messverfahren

An den drei Messzeitpunkten wurden phonologische Bewusstheit, Leseverständnis für Wörter und Rechtschreiben erfasst. Im Prätest wurde außerdem die nonverbale Intelligenz erhoben. Aus schulorganisatorischen Gründen konnten nur Gruppentestverfahren im Klassenverband durchgeführt werden.

Nonverbale Intelligenz: Aus den *Coloured Progressive Matrices* (Raven, Raven, Court, 2002) wurden 16 Matrizen (abstrakte Muster, in denen jeweils ein „Puzzlestein“ fehlt) mit steigendem Schwierigkeitsgrad ausgewählt und in der Gruppensituation eingesetzt. Jede Matrix wurde zusammen mit fünf Lösungsalternativen über einen Beamer präsentiert und die Kinder notierten die Lösungsnummer auf Antwortbögen. Aufgrund dieser für die Gruppentestung erforderlichen Modifikationen der Durchführungsbedingungen erfolgte die Überprüfung der Vergleichbarkeit der Trainings- und Kontrollgruppe anhand der Rohwerte. Eine Intelligenzminderung der teilnehmenden Kinder kann trotzdem ausgeschlossen werden, da die Aufnahme in eine LRS-Klasse eine testdiagnostisch ermittelte, mindestens durchschnittliche Intelligenz voraussetzt.

Phonologische Bewusstheit: Zur Erhebung der phonologischen Bewusstheit wurde ein Gruppentest eingesetzt, der aufgrund fehlender Gruppentestverfahren im Grundschulbereich neu entwickelt wurde (Kaiserslauterer Gruppentest zur Lautbewusstheit, KaLaube; Klatter, Bergström, Kondering, Lachmann, in Vorbereitung). In der hier vorgestellten Studie wurden die Untertests *Laute identifizieren*, *Laute löschen* und *Laute ersetzen* durchgeführt. Beim *Laute identifizieren* müssen die Kinder entscheiden, ob ein vorgegebener Laut in einem Wort enthalten ist und – bei zustimmender Antwort –, ob sich der Laut am Anfang, in der Mitte oder am Ende des Worts befindet (z. B. im Wort *Fisch* ist ein /f/ enthalten, und das /f/ befindet sich am Anfang des Wortes). Bei den Untertests *Laute löschen* und *Laute ersetzen* entscheiden die Kinder, welches Wort entsteht, wenn man den zweiten Laut des Wortes auslässt (z. B. *Klasse* ohne /l/ wird *Kasse*) bzw. austauscht (z. B. *Mond* wird *Mund*). In jedem Untertest sind die zu verarbeitenden Wörter sowie die Antwortoptionen bildlich dargestellt. Innerhalb von 3 Minuten sollen möglichst viele Aufgaben korrekt gelöst werden.

Lesen: Zur Überprüfung der Lesefähigkeit wurde der Subtest *Wortverständnis* aus dem *Leseverständnistest für Erst- bis Sechstklässler* (ELFE 1-6; Lenhard u. Schneider, 2006; zum Zeitpunkt der Datenerhebung aktuelle Version) eingesetzt. Innerhalb von 3 Minuten sind möglichst viele Wörter zu lesen und den korrekten Bildern zuzuordnen.

Schreiben: Die Rechtschreibfähigkeit wurde mit der Hamburger Schreibprobe 3 (HSP 3; May, 2012) überprüft. Die Kinder schreiben 15 Wörter und vier Sätze. Die

Auswertung erfolgte hinsichtlich der Anzahl der korrekten Grapheme (Graphemtreffer), der Fähigkeiten des lautorientierten Schreibens (Alphabetische Strategie) und des regelorientierten Schreibens (Orthographische Strategie).

2.4 Statistische Analysen

Im ersten Schritt wurden Trainingseffekte durch multivariate, messwiederholte Varianzanalysen (MANOVAs) im Posttest und Follow-up (jeweils Prätest als erster Messzeitpunkt) geprüft. Bei signifikanten Effekten wurden die Mittelwerte der Trainings- und Kontrollgruppe in den Lese-, Rechtschreib- und phonologischen Leistungen verglichen. Als statistisches Verfahren wurde eine Kovarianzanalyse (ANCOVA) durchgeführt, bei der das Prätestergebnis der jeweils zu prüfenden abhängigen Variable als Kovariate eingesetzt wird. Die Anwendung einer ANCOVA setzt die Gruppenvergleichbarkeit der Prätestergebnisse und die Homogenität der Regressionssteigungen voraus (O'Connell et al., 2017; Rausch, Maxwell, Kelley, 2003). Beide Voraussetzungen wurden geprüft. Zur Analyse der Entwicklung der T-Werte im Studienzeitraum (Prätest zu Follow-up) wurden t-Tests für verbundene Stichproben getrennt für beide Gruppen berechnet. Für alle Analysen wurde ein Signifikanzniveau von 5 % zugrunde gelegt. Aufgrund der kleinen Stichprobe und der damit verbundenen geringen Testpower werden auch marginal signifikante Effekte ($p < .01$) berichtet. Bei signifikanten Gruppenunterschieden im Mittelwert werden die um Prätestleistungen korrigierten Effektstärken d_{kor} nach Klauer (1989) berechnet.

3 Ergebnisse

Die deskriptiven Ergebnisse der Rohwerte für die Trainings- und Kontrollgruppe vor (Prätest) und nach dem Training (Posttest, Follow-up) finden sich in Tabelle 1 (folgende Seite). Eine Übersicht der Trainingseffekte mit F-Werten, Signifikanzen und Effektstärken ist in Tabelle 2 (übernächste Seite) dargestellt.

3.1 Ergebnisse des Prätests

Im Leseverständnis für Wörter erreichten die Kinder aus den LRS-Klassen einen mittleren T-Wert von $M = 34.36$ ($SD = 7.43$), in der Rechtschreibfähigkeit (bezogen auf die Graphemtreffer) von $M = 28.56$ ($SD = 5.11$). Die schriftsprachlichen Leistungen lagen 1.5 bzw. 2 Standardabweichungen (SD) unter der Klassenstufennorm und erfüllen damit das Diagnosekriterium einer LRS (Dilling u. Freyberger, 2019). Jedes teilnehmende Kind zeigte in den Lese- und/oder Rechtschreibleistungen einen T-Wert unterhalb von 40. Im Prätest zeigten sich keine signifikanten Unterschiede zwischen der Trainings- und der Kontrollgruppe in den geprüften Variablen (alle $p_s \geq .33$). Die Homogenität der Regressionssteigungen war ebenfalls für

Tabelle 1: Mittelwerte der Rohwerte und Standardabweichung in der nonverbalen Intelligenz, der phonologischen Bewusstheit und den Lese-Rechtschreibleistungen für die Trainings- und Kontrollgruppe zum Prätest, Posttest und Follow-up

Variable	Prätest			Posttest			Follow-up			
	Trainingsgruppe		Kontrollgruppe	Trainingsgruppe		Kontrollgruppe	Trainingsgruppe		Kontrollgruppe	
	M	SD	M	M	SD	M	M	SD	M	SD
Nonverbale Intelligenz	12.30	2.46	12.93	3.15						
Phonologische Bewusstheit										
Laute identifizieren ^a	25.41	5.71	24.43	4.43	30.56	6.12	29.29	5.51	32.58	6.84
Laute löschen ^b	5.56	2.28	6.36	2.87	7.89	3.38	7.07	2.70	9.15	2.80
Laute ersetzen ^c	5.37	2.40	6.07	3.02	7.81	2.51	6.07	2.56	7.15	3.40
Leseverständnis für Wörter	18.11	6.62	16.43	8.02	24.93	8.43	21.64	9.17	28.41	9.20
Schreiben										
Graphemtreffer	131.81	28.49	130.79	31.75	146.59	15.34	139.00	18.23	162.67	10.80
Alphabetische Strategie	10.30	4.96	10.79	4.76	13.19	3.49	11.86	4.19	16.00	3.06
Orthographische Str.	2.78	2.53	2.43	2.34	3.56	2.46	2.21	1.72	9.00	3.44

Anmerkung: Beim Follow-up fehlte ein Kind der Trainingsgruppe. Für die Berechnung der korrigierten Effektstärken d_{kor} gelten daher für die Prätest-ergebnisse der Trainingsgruppe mit $N = 26$ die folgenden Mittelwerte und Standardabweichungen: ^a Laute identifizieren $M = 25.08$, $SD = 5.56$, ^b Laute löschen $M = 5.35$, $SD = 2.04$, ^c Laute ersetzen $M = 5.46$, $SD = 2.40$. Str. = Strategie

alle Variablen zu den zwei Testzeitpunkten gegeben, womit beide Voraussetzungen zur Anwendung einer ANCOVA erfüllt waren.

3.2 Ergebnisse zur Prüfung der Trainingseffekte

Im Posttest belegte die multivariate Varianzanalyse unter Einbezug aller abhängigen Variablen einen signifikanten Haupteffekt *Zeit* ($F(1, 33) = 17.15, p < .001$) und einen nicht signifikanten Haupteffekt *Gruppe* ($F(1, 33) = 0.29, p = .954$). Die in Bezug auf die Ermittlung von Trainingseffekten relevante Interaktion *Zeit x Gruppe* wurde signifikant ($F(1,33) = 2.67, p = .026$). Im Follow-up war ebenfalls der Hauptfaktor *Zeit* signifikant ($F(1, 32) = 35.70, p < .001$), der Hauptfaktor *Gruppe* nicht signifikant ($F(1, 32) = 0.96, p = .479$) und die Interaktion signifikant ($F(1, 32) = 3.10, p = .13$). Damit konnte zu beiden Nachtestungen eine Wirksamkeit des Trainings nachgewiesen werden. Im Folgenden werden die Ergebnisse der Kovarianzanalysen berichtet.

Phonologische Bewusstheit: Im *Laute ersetzen* konnte im Posttest ein signifikanter Trainingseffekt in einer hohen Effektstärke ermittelt werden, der jedoch zum Follow-up nicht mehr nachweisbar war. Im *Laute identifizieren* und *Laute löschen* ergaben sich zum Posttest keine Trainingseffekte. Zum Follow-up zeigte sich dagegen im *Laute löschen* ein signifikanter Trainingseffekt in einer hohen Effektstärke und im *Laute identifizieren* ein marginal signifikanter Effekt ($p = .06$) mittlerer Stärke (s. Tab. 2).

Tabelle 2: Prüfgrößen der Leistungsunterschiede in der Trainingsgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe und Effektstärken

Variable	Trainingseffekt					
	Posttest			Follow-up		
	F(1, 38)	p	d_{korr}	F(1, 38) ^a	p	d_{korr}
Phonologische Bewusstheit						
Laute identifizieren	0.15	.697	---	3.76	.060	0.47 ^b
Laute löschen	1.18	.284	---	8.18	.007	1.01
Laute ersetzen	6.05	.019	0.96	0.36	.551	---
Lesen: Leseverständnis						
Wortebene	1.13	.295	---	1.71	.198	---
Schreiben						
Graphemtreffer	11.06	.002	0.43	30.72	<.001	1.11
Alphabetische Str.	5.06	.030	0.46	5.39	.026	0.59
Orthographische Str.	6.49	.015	0.46	12.65	.001	0.93

Anmerkung: ^a Ein Kind nahm beim Follow-up nicht an der Überprüfung der phonologischen Bewusstheit teil, daher sind die Freiheitsgrade hier: $F(1, 37)$. ^b $p = .060$ wird als marginal signifikant eingeordnet und daher wird die korrigierte Effektstärke d_{korr} angegeben. Str. = Strategie

Leseverständnis für Wörter: Weder im Posttest noch im Follow-Up waren signifikante Trainingseffekte nachweisbar. Damit zeigte die Trainingsgruppe keinen Vorteil gegenüber der Kontrollgruppe, die ein silbenbasiertes Lesetraining in Kleingruppen erhielt. Die Analyse der Normwerte (T-Werte) bestätigte für beide Gruppen signifikante Leistungssteigerungen im Studienzeitraum (alle $ps < .01$). In der Trainingsgruppe stieg der T-Wert von $M = 35.05$ ($SD = 7.16$) im Prätest auf $M = 40.15$ ($SD = 8.26$) im Follow-up um 5.1 T-Wertpunkte, in der Kontrollgruppe von $M = 33.01$ ($SD = 8.04$) auf $M = 36.44$ ($SD = 8.31$) um 3.4 T-Wertpunkte.

Schreiben: Für die Graphemtreffer und die Orthographische Strategie zeigten sich signifikante Trainingseffekte zum Posttest in mittlerer und zum Follow-up in hoher Effektstärke. Für die Alphabetische Strategie konnte ein kurzfristiger und anhaltender Trainingseffekt in mittlerer Effektstärke nachgewiesen werden.

Für beide Gruppen konnten signifikante Leistungssteigerungen in den T-Werten im Studienzeitraum vom Prätest zum Follow-up ermittelt werden (alle $ps < .02$). Die Trainingsgruppe zeigte eine durchschnittliche Verbesserung (bezogen auf die drei betrachteten Variablen) von 11.0 T-Wertpunkten, die Kontrollgruppe von 5.5 T-Wertpunkten. Bezogen auf die Graphemtreffer beträgt die Zunahme für die Trainingsgruppe 10.1 T-Wertpunkte (von $M = 28.48$, $SD = 5.18$ im Prätest zu $M = 38.59$, $SD = 6.25$ im Follow-Up), für die Kontrollgruppe 3.3 T-Wertpunkte (von $M = 28.71$, $SD = 5.17$ im Prätest zu $M = 32.04$, $SD = 5.50$ im Follow-Up).

4 Diskussion

In der vorliegenden Studie wurde die Wirksamkeit des computerbasierten, grapho-phonologischen Trainingsprogramms *Lautarium* (Klatte et al., 2017) bei Drittklässlern mit LRS, die spezielle Förderklassen einer sächsischen Grundschule besuchten, überprüft. Der Prätest belegte die gravierenden schriftsprachlichen Minderleistungen der Kinder mit LRS. Das Training mit *Lautarium* führte in der Stichprobe von insgesamt 41 Kindern – davon 27 Kinder in der Trainingsgruppe und 14 Kinder in der Kontrollgruppe – zu kurzfristigen und anhaltenden Effekten in den Rechtschreibleistungen und in Subtests zur phonologischen Bewusstheit. Eine Wirksamkeit für die Leseverständnisseleistungen auf Wortebene konnte im Gruppenvergleich nicht nachgewiesen werden. Im Studienverlauf zeigte aber sowohl die Trainingsgruppe als auch die ebenfalls im Lesen geförderte Kontrollgruppe eine signifikante Verbesserung in der Entwicklung der T-Werte.

In der phonologischen Bewusstheit konnten signifikante kurzfristige und anhaltende Trainingseffekte in hoher Effektstärke in einer von drei eingesetzten Aufgaben (im Posttest *Laute ersetzen*, im Follow-up: *Laute löschen*) nachgewiesen werden. Beide Untertests erfordern eine Phonemmanipulation, die nicht explizit in *Lautarium* trainiert wird. Die Effekte dokumentieren somit einen Transfer des Trainings der Phonemanalyse und -synthese in *Lautarium* auf die komplexeren und später erworbenen Fähigkeiten

zur Phonemmanipulation (Anthony u. Francis, 2005; Cassady, Smith, Putman, 2008; Schnitzler, 2008). Für die direkt in *Lautarium* trainierte Lautidentifikation zeigte sich im Posttest kein Effekt, im Follow-up jedoch ein marginal signifikanter Trainingseffekt ($p = .06$). Somit belegt die Studie nicht für alle eingesetzten Aufgaben einen Trainingsvorteil zu beiden Nachtstungen. Dieses Ergebnis ist vergleichbar mit einer weiteren durchgeführten Interventionsstudie (Drittklässler mit LRS), in der ebenfalls eine kurzfristige und anhaltende Wirksamkeit in der phonologischen Bewusstheit bei einer von zwei eingesetzten Aufgaben ermittelt werden konnte. In einer Präventionsstudie (Erstklässler mit schwachen Leseleitungen) ist das Effektmuster eindeutiger und ein Trainingsvorteil zeigte sich zum Posttest bei zwei von drei, beim Follow-up bei allen eingesetzten Aufgaben (Klatte et al., 2014, 2016). Eine bereichsspezifische Wirksamkeit scheint sich in der Präventionsstudie mit jüngeren Kindern deutlicher abzubilden. Insbesondere in transparenten Orthographien entwickelt sich die phonologische Bewusstheit in einem rückwärts gerichteten Wirkungszusammenhang durch die schriftsprachliche Unterweisung sehr schnell (Ziegler u. Goswami, 2005; Huettig et al., 2018). Möglicherweise fördern die nachgewiesenen verbesserten schriftsprachlichen Leistungen die Entwicklung der phonologischen Bewusstheit bei Kindern mit LRS in einem geringeren Ausmaß, als bei den jüngeren Kindern mit unterdurchschnittlichen Leseleistungen, die noch keine manifestierte schriftsprachliche Störung aufweisen. Außerdem wäre es möglich, dass die bei LRS belegten Defizite in der phonologischen Bewusstheit (z. B. Melby-Lervåg et al., 2012) grundsätzlich schwerer durch ein Training zu beeinflussen sind, da Kinder mit LRS suboptimale schriftsprachliche Strategien bereits automatisiert haben (vgl. Funktionaler Koordinationsdefizit-Ansatz; Lachmann, 2002, 2018). Hier sind weitere Forschungsergebnisse zur differentiellen Wirksamkeit der *phonics instruction* – insbesondere auch in transparenten Orthographien – erforderlich. Einer internationalen Metaanalyse von McArthur et al. (2018) kann man entnehmen, dass die Prüfung der bereichsspezifischen Wirksamkeit eher nicht im Fokus der einbezogenen Studien steht. In der vorliegenden Studie muss sich ein Trainingseffekt mit *Lautarium* über die schulischen Fördermaßnahmen zur phonologischen Bewusstheit in den LRS-Klassen hinaus abbilden, was – bezogen auf beide Nachtstungen – in je einer von drei durchgeführten Aufgaben gezeigt werden konnte.

Im Gegensatz zum Rechtschreiben konnte für das Wortleseverständnis kein signifikanter Trainingseffekt nachgewiesen werden. Dieses Effektmuster stimmt mit Befunden überein, wonach die phonologische Bewusstheit, die in *Lautarium* intensiv trainiert wird, in der deutschen Orthographie ein stabiler Prädiktor für die Rechtschreibleistungen ist, während die Bedeutung als Prädiktor für die Leseleistungen bereits nach einem Schuljahr abnimmt (Ennemoser et al., 2012; Lyytinen et al., 2015). Allerdings umfasst *Lautarium* neben der phonologischen Bewusstheit auch spezifische Übungen zur Graphem-Phonem-Zuordnung und zum Wortlesen, sodass ein – wenn auch im Vergleich zur Rechtschreibung geringerer – Trainingseffekt für die Lesefähigkeit zu erwarten gewesen wäre. Tatsächlich konnten in einer bereits vorliegenden Interventionsstudie (Drittklässler mit LRS) verzögerte Effekte im Follow-up auf das laute Lesen von Wörtern und Pseu-

dowörtern und in einer Präventionsstudie (Erstklässler mit schwachen Leseleistungen) signifikante kurzfristige und anhaltende Trainingseffekte im Leseverständnis für Wörter und dem lauten Lesen von Wörtern und Pseudowörtern nachgewiesen werden (Klatte et al., 2016). Ein Grund für die ausgebliebenen Effekte in der vorliegenden Studie könnte sein, dass auch die Kontrollgruppe in der Förderzeit ein intensives, für Kinder mit LRS konzipiertes Lesetraining erhielt. Die Entwicklung der T-Werte dokumentiert für beide Gruppen einen substanziellen Lernfortschritt, der bei einer Zunahme von mehr als 0.3 Standardabweichung gegeben ist (Ise et al., 2012). Die erzielten Leistungssteigerungen in der Trainings- (5.1 T-Wertpunkte) und Kontrollgruppe (3.4 T-Wertpunkte) sind bei Kindern mit LRS unter den Bedingungen einer Regelbeschulung nicht zu erwarten (Kohn, Wyschkon, Ballaschk et al., 2013; Wyschkon et al., 2018). Allerdings kann aufgrund des Studiendesigns nicht unterschieden werden, ob die Lernfortschritte in den beiden Gruppen auf die jeweilige Förderung (*Lautarium* vs. Leseförderung in der Kleingruppe) oder auf die spezielle, für Kinder mit LRS ausgerichtete schulische Instruktion der Schriftsprache in den LRS-Klassen basieren.

Die Trainingseffekte im Rechtschreiben stimmen mit den vielfach nachgewiesenen Effekten der *phonics instruction* auf die Schriftsprachentwicklung überein (Galuschka et al., 2014, 2019). Da *Lautarium* auf der Grundlage der phonologischen Übungen das Schreiben lautgetreuer Wörter fördert, sind die Wirkungen auf die Anzahl korrekter Grapheme und die alphabetische Rechtschreibstrategie als direkte Trainingseffekte zu betrachten. Der positive Effekt für das regelorientierte Schreiben (Orthographische Strategie) ist weniger naheliegend, da das Training nicht explizit Rechtschreibregeln vermittelt. Im Übungsformat *Blitzlesen* werden aber auch nicht lautgetreue Wörter präsentiert, die Regelmäßigkeiten wie Vokallängenmarkierungen oder Doppelkonsonanz enthalten. Das Blitzlesen trainiert die ganzheitliche Worterkennung durch den Abruf orthographischer Repräsentationen aus dem Langzeitgedächtnis. Da Lese- und Rechtschreibleistungen in einem mittleren korrelativen Zusammenhang (Wimmer u. Mayringer, 2002) stehen, ist es denkbar, dass die zunehmenden orthographischen Repräsentationen durch das *Blitzlesen* auf orthographische Rechtschreibleistungen transferieren. Möglicherweise lassen sich orthographische Rechtschreibeffekte aber auch auf das Training der Vokallängenwahrnehmung zurückführen, das eine Voraussetzung für den Erwerb der Regeln zur Konsonantenverdopplung und Vokallängenmarkierung darstellt. Für Graphemtransfer und Alphabetische Strategie nehmen die Effektstärken vom Posttest zum Follow-up zu. Die Trainingsgruppe zeigt somit im Vergleich zur Kontrollgruppe stärkere Lernfortschritte in der trainingsfreien Zeit. Dieses Ergebnis könnte auf einen *self-teaching-effect* (Share, 1995) zurückgeführt werden. Die trainierte Fähigkeit des lautgetreuen Schreibens ermöglicht das selbständige Verschriftlichen von Wörtern – auch wenn die korrekte Schreibung noch unbekannt ist. Durch diese Aktivitäten wird ein Selbstlernmechanismus angestoßen, der sukzessiv zum Erwerb orthographischer Repräsentationen und damit zum Aufbau eines orthographischen Lexikons führt (Conrad, Kennedy, Soud, Scallion, Hanusiak, 2019; Shahar-Yames u. Share, 2008). Bezogen auf die Entwicklung der T-Werte im Studienzeitraum (Zunahme in Trainingsgruppe 11.0, in Kontroll-

gruppe 5.5 T-Wertpunkte) demonstrieren die deutlichen Entwicklungsfortschritte im Rechtschreiben beider Gruppen auch hier die Effektivität des *Lautarium*-Trainings und der in Sachsen praktizierten Förderbeschulung.

Nach Angaben der Klassenlehrerinnen konnten die Programmanforderungen von den Kindern sehr gut bewältigt werden, und auch die Akzeptanz für das Training am Computer mit einem Kopfhörer war sehr hoch. Die Kinder beurteilten das Training anhand einer fünfstufigen Smiley-Skala. Bezogen auf Noten von 1 bis 5 wurde das Training im Durchschnitt mit 1.7 (SD = 0.9) bewertet.

Die Studie ist mit Limitationen verbunden. Erstens kann – trotz vollständiger Vergleichbarkeit der Gruppen im Prätest – aufgrund der nicht-randomisierten Zuweisung zu Trainings- und Kontrollgruppe nicht zweifelsfrei ausgeschlossen werden, dass Merkmale des Unterrichts oder der Lehrkraftpersönlichkeit zu den Trainingseffekten beigetragen haben. Zweitens kann der hohe Motivationscharakter eines computerbasierten Trainings eine vom Inhalt unabhängige Wirkkomponente darstellen (Wouters, van Nimwegen, van Oostendorp, van der Spek, 2013). Um diese zu kontrollieren, müsste die Kontrollgruppe mit einem alternativen, nicht auf die Schriftsprache bezogenen Computerprogramm trainieren. Angesichts der gravierenden schriftsprachlichen Minderleistungen wäre aber ein solches Training, das die wichtige Förderstundenzeit belegt hätte, ethisch nicht vertretbar gewesen. Drittens könnten Testerinnerungseffekte oder eine spontane schriftsprachliche Entwicklung zum deutlichen Leistungszuwachs bezogen auf die T-Werte beigetragen haben. Die empirischen Befunde zur Persistenz der LRS (Wyschkon et al., 2018) legen aber eher eine Wirksamkeit des *Lautarium*-Trainings und der schulischen Fördermaßnahmen in den LRS-Klassen nahe. Viertens könnten die Effekte des *Lautarium*-Trainings durch die ebenfalls schriftsprachlich geförderte Kontrollgruppe sowie durch den strikt begrenzten Förderzeitraum unterschätzt werden. Das Training endete für alle Kinder nach 7 Wochen, unabhängig von den individuellen Trainingsständen (durchschnittlich wurden 39 von 58 Übungsspielen absolviert). Lediglich zwei Kinder konnten das Training in diesem Zeitraum beenden. Bei vollständigem Training wären gegebenenfalls weitere Lernerfolge möglich gewesen.

Auf Prinzipien der *phonics instruction* basierende Programme wie *Lautarium* sind insbesondere zu Beginn des Schriftspracherwerbs sowie bei älteren Kindern mit LRS, denen der Schriftspracherwerb aufgrund von phonologischen Problemen und Schwächen bei der Graphem-Phonem-Zuordnung erhebliche Schwierigkeiten bereitet, empfehlenswert. Im weiteren Verlauf sollten regelorientierte Lese-Rechtschreibverfahren oder auch Interventionen zur Förderung des Leseverstehens erfolgen (Castles, Rastle, Nation, 2018; Suggate, 2010). In einer einzelfallorientierten Interventionsplanung empfiehlt sich daher eine differentialdiagnostische Betrachtung des schriftsprachlichen Entwicklungsstandes und daraus folgend eine Ableitung der Förderinhalte. Eine Förderung von Kindern mit LRS sollte nicht einfach nur an den im schulischen Unterricht geforderten schriftsprachlichen Inhalten ansetzen und auf ein „more of the same“ (Lachmann, 2018, S. 277) reduziert werden. Durch das ausschließliche Üben aktueller Unterrichtsinhalte, die die Kinder mit LRS überfordern, können sich sub-

optimale schriftsprachliche Strategien weiter verfestigen (Lachmann, 2018). Stattdessen sollten schriftsprachliche Förderprogramme einerseits den schriftsprachlichen Entwicklungsstand und zugrundeliegende defizitäre Funktionen berücksichtigen und andererseits ihre Effektivität belegen können (zur Übersicht geeigneter Interventionsverfahren siehe: Steinbrink u. Lachmann, 2014).

Insgesamt zeigt die Studie, dass *Lautarium* bei Kindern mit LRS signifikante Trainingserfolge im Rechtschreiben und in Subtests zur phonologischen Bewusstheit bewirkt. In allen Leistungen zeigten sich Vorteile für die Trainingsgruppe oder vergleichbare Leistungen. Das *Lautarium*-Training zeigt damit über die intensive schulische Förderung hinaus Effekte auf die schriftsprachliche Entwicklung der Kinder mit LRS.

Fazit für die Praxis

- Das computerbasierte grapho-phonologische Trainingsprogramm *Lautarium* ist ein evidenzbasiertes und wirksames Förderprogramm für Kinder mit Lese-Rechtschreibschwierigkeiten.
- Dank interaktiver Instruktionen und einer festgelegten adaptiven Übungsreihenfolge kann *Lautarium* von den Kindern weitgehend selbstständig durchgeführt werden.
- *Lautarium* kann im schulischen Bereich in einem zieldifferenzierten Unterrichtsetting oder im Rahmen von Förderstunden eingesetzt werden.
- Der Einsatz von *Lautarium* ist ebenfalls im häuslichen Umfeld, z. B. unterstützend zu einer schulischen Förderung oder einer Lerntherapie, empfehlenswert.
- Für die Diagnostik einer LRS als Voraussetzung für die Aufnahme einer finanzierten Lerntherapie vergehen in der Praxis oft viele wertvolle Monate ohne Förderung, die den Anschluss an den Klassendurchschnitt immer schwerer werden lassen. In der Wartezeit steht mit *Lautarium* eine niederschwellige und effektive Fördermöglichkeit zur Verfügung.

Literatur

- Adlard, A., Hazan, V. (1998). Speech perception in children with specific reading difficulties (dyslexia). *The Quarterly Journal of Experimental Psychology. A Human Experimental Psychology*, 51, 153-177.
- Anthony, J. L., Francis, D. J. (2005). Development of phonological awareness. *Current Directions in Psychological Science*, 14, 255-259.
- Anthony, J. L., Lonigan, C. J. (2004). The nature of phonological awareness: Converging evidence from four studies of preschool and early grade school children. *Journal of Educational Psychology*, 96, 65-92.
- Araújo, S., Faisca, L. (2019). A meta-analytic review of naming-speed deficits in developmental dyslexia. *Scientific Studies of Reading*, 23, 349-368.
- Araújo, S., Reis, A., Petersson, K. M., Faisca, L. (2015). Rapid automatized naming and reading performance: A meta-analysis. *Journal of Educational Psychology*, 107, 868-883.
- Arends, M. (2005). *Holta di Polta: Pädagogisch-therapeutisches Übungsmaterial zur Förderung der phonologischen Bewusstheit*. Leer: Verl. für Lerntherapeutische Medien.
- Baddeley, A. (1986). *Working Memory*. New York: Oxford University Press.
- Brandenburg, J., Kleszczewski, J., Fischbach, A., Büttner, G., Grube, D., Mähler, C., Hasselhorn, M. (2013). Arbeitsgedächtnisfunktionen von Kindern mit Minderleistungen in der Schriftsprache. *Lernen und Lernstörungen*, 2, 147-159.
- Brandenburg, J., Kleszczewski, J., Fischbach, A., Schuchardt, K., Büttner, G., Hasselhorn, M. (2015). Working memory in children with learning disabilities in reading versus spelling: Searching for overlapping and specific cognitive factors. *Journal of Learning Disabilities*, 48, 622-634.
- Bus, A. G., IJzendor, M. H. (1999). Phonological awareness and early reading: A metaanalysis of experimental training studies. *Journal of Educational Psychology*, 91, 403-414.
- Cain, K., Oakhill, J., Bryant, P. (2004). Children's reading comprehension ability: Concurrent prediction by working memory, verbal ability, and component skills. *Journal of Educational Psychology*, 96, 31-42.
- Carretti, B., Borella, E., Cornoldi, C., Beni, R. de (2009). Role of working memory in explaining the performance of individuals with specific reading comprehension difficulties: A meta-analysis. *Learning and Individual Differences*, 19, 246-251.
- Cassady, J. C., Smith, L. L., Putman, S. M. (2008). Phonological awareness development as a discrete process: Evidence for an integrative model. *Reading Psychology*, 29, 508-533.
- Castles, A., Coltheart, M. (2004). Is there a causal link from phonological awareness to success in learning to read? *Cognition*, 91, 77-111.
- Castles, A., Rastle, K., Nation, K. (2018). Ending the reading wars: Reading acquisition from novice to expert. *Psychological Science in the Public Interest: A Journal of the American Psychological Society*, 19, 5-51.
- Clayton, F. J., West, G., Sears, C., Hulme, C., Lervåg, A. (2019). A longitudinal study of early reading development: Letter-sound knowledge, phoneme awareness and RAN, but not letter-sound integration, predict variations in reading development. *Scientific Studies of Reading*, 4, 1-17.
- Conrad, N. J., Kennedy, K., Saoud, W., Scallion, L., Hanusiak, L. (2019). Establishing word representations through reading and spelling: Comparing degree of orthographic learning. *Journal of Research in Reading*, 42, 162-177.

- Dilling, H., Freyberger, H. J. (Hrsg.) (2019). Taschenführer zur ICD-10-Klassifikation psychischer Störungen: Mit Glossar und diagnostischen Kriterien sowie Referenztabellen ICD-10 vs. ICD-9 und ICD-10 vs. DSM-IV-TR (9., aktual. Aufl. unter Berücksichtigung der Änderungen gemäss ICD-10-GM (German Modification) 2019). Bern: Hogrefe.
- Dummer-Smoch, L., Hackethal, R. (2016). Kieler Leseaufbau (9. Auflage). Kiel: Veris-Verl.
- Ecalte, J., Magnan, A., Bouchafa, H., Gombert, J. E. (2009). Computer-based training with ortho-phonological units in dyslexic children: New investigations. *Dyslexia* (Chichester, England), 15, 218-238.
- 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*.
- Elbro, C., Jensen, M. N. (2005). Quality of phonological representations, verbal learning, and phoneme awareness in dyslexic and normal readers. *Scandinavian Journal of Psychology*, 46, 375-384.
- Ennemoser, M., Marx, P., Weber, J., Schneider, W. (2012). Spezifische Vorläuferfertigkeiten der Lesegeschwindigkeit, des Leseverständnisses und des Rechtschreibens. *Zeitschrift Für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 44, 53-67.
- Esser, G., Wyschkon, A., Schmidt, M. H. (2002). Was wird aus Achtjährigen mit einer Lese- und Rechtschreibstörung. *Zeitschrift Für Klinische Psychologie Und Psychotherapie*, 31, 235-242.
- Fischbach, A., Schuchardt, K., Brandenburg, J., Kleczewski, J., Balke-Melcher, C., Schmidt, C., . . . Hasselhorn, M. (2013). Prävalenz von Lernschwächen und Lernstörungen: Zur Bedeutung der Diagnosekriterien. *Lernen und Lernstörungen*, 2, 65-76.
- Fischbach, A., Schuchardt, K., Mähler, C., Hasselhorn, M. (2010). Zeigen Kinder mit schulischen Minderleistungen sozio-emotionale Auffälligkeiten? *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 42, 201-210.
- Fischer, M. Y., Pfof, M. (2015). Wie effektiv sind Maßnahmen zur Förderung der phonologischen Bewusstheit? *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 47, 35-51.
- Frazier, T. W., Youngstrom, E. A., Glutting, J. J., Watkins, M. W. (2007). ADHD and achievement: Meta-analysis of the child, adolescent, and adult literatures and a concomitant study with college students. *Journal of Learning Disabilities*, 40, 49-65.
- Galuschka, K., Görden, R., Kalmar, J., Haberstroh, S., Schmalz, X., Schulte-Körne, G. (2019). Effectiveness of spelling treatment approaches for learners with dyslexia – A meta-analysis and systematic review.
- Galuschka, K., Ise, E., Krick, 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*, 9, e89900
- González-Valenzuela, M.-J. (2017). Current perspectives on prevention of reading and writing learning disabilities. In C. S. Ryan (Hrsg.), *Learning disabilities – An international perspective*. InTech.
- Groth, K., Lachmann, T., Riecker, A., Muthmann, I., Steinbrink, C. (2011). Developmental dyslexics show deficits in the processing of temporal auditory information in German vowel length discrimination. *Reading and Writing*, 24, 285-303.
- Hasselhorn, M., Schuchardt, K. (2006). Lernstörungen. Eine kritische Skizze zur Epidemiologie. *Kindheit und Entwicklung*, 15, 208-215.

- Huettig, F., Lachmann, T., Reis, A., Petersson, K. M. (2018). Distinguishing cause from effect – many deficits associated with developmental dyslexia may be a consequence of reduced and suboptimal reading experience. *Language, Cognition and Neuroscience*, 33, 333-350.
- Ise, E., Engel, R. R., Schulte-Körne, G. (2012). Was hilft bei der Lese-Rechtschreibstörung? *Kindheit und Entwicklung*, 21, 122-136.
- Ke, F., Abras, T. (2013). Games for engaged learning of middle school children with special learning needs. *British Journal of Educational Technology*, 44, 225-242.
- Kirby, J. R., Georgiou, G. K., Martinussen, R., Parrila, R., Bowers, P. G., Landerl, K. (2010). Naming speed and reading: From prediction to instruction. *Reading Research Quarterly*, 45, 341-362.
- Klatte, M., Bergström, K., Konerding, M., Lachmann, T. (in Vorbereitung). *Kaiserslauterer Gruppentest zur Lautbewusstheit (KaLaube)*. Göttingen: Hogrefe.
- Klatte, M., Bergström, K., Steinbrink, C., Konerding, M., Lachmann, T. (2018). Effects of the computer-based training program *Lautarium* on phonological awareness and reading and spelling abilities in German second-graders. In T. Lachmann, T. Weis (Hrsg.), *Reading and Dyslexia: From basic functions to higher order cognition* (S. 323-339). Cham: Springer.
- Klatte, M., Steinbrink, C., Bergström, K., Lachmann, T. (2013). Phonologische Verarbeitung bei Grundschulkindern mit schwacher Lesefähigkeit. *Lernen und Lernstörungen*, 2, 199-215.
- Klatte, M., Steinbrink, C., Bergström, K., Lachmann, T. (2016). *Lautarium – Ein computerbasiertes Trainingsprogramm für Grundschulkindern mit Lese-Rechtschreibschwierigkeiten*. In M. Hasselhorn, W. Schneider (Hrsg.), *Tests und Trends: Neue Folge Band 14. Förderprogramme für Vor- und Grundschule* (S. 115-141). Göttingen: Hogrefe.
- Klatte, M., Steinbrink, C., Bergström, K., Lachmann, T. (2017). *Lautarium: Ein computerbasiertes Trainingsprogramm für Grundschulkindern mit Lese-Rechtschreibschwierigkeiten: Manual*. Hogrefe Förderprogramme. Göttingen: Hogrefe.
- Klatte, M., Steinbrink, C., Pröhl, A., Estner, B., Christmann, C. A., Lachmann, T. (2014). Effekte des computerbasierten Trainingsprogramms „Lautarium“ auf die phonologische Verarbeitung und die Lese-Rechtschreibleistungen bei Grundschulkindern. In G. Schulte-Körne (Hrsg.), *Legasthenie und Dyskalkulie* (S. 127-144). Bochum: Winkler.
- Klauer, K. (1989). *Denktraining für Kinder I*. Göttingen: Hogrefe.
- Kohn, J., Wyszkon, A., Ballaschk, K., Ihle, W., Esser, G. (2013). Verlauf von umschriebenen Entwicklungsstörungen: Eine 30-Monats-Follow-up-Studie. *Lernen und Lernstörungen*, 2, 77-89.
- Kohn, J., Wyszkon, A., Esser, G. (2013). Psychische Auffälligkeiten bei umschriebenen Entwicklungsstörungen: Gibt es Unterschiede zwischen Lese-Rechtschreib- und Rechenstörungen? *Lernen und Lernstörungen*, 2, 7-20.
- Konerding, M., Bergström, K., Lachmann, T., Klatte, M. (2020). Effects of computerized grapho-phonological training on literacy acquisition and vocabulary knowledge in children with an immigrant background learning German as L2. *Journal of Cultural Cognitive Science*, 28, 367-383.
- Lachmann, T. (2002). Reading disability as a deficit in functional coordination and information integration. In E. Witruk, A. D. Friederici, T. Lachmann (Hrsg.), *Basic functions of language, reading and reading disability*, 165-198. Boston: Kluwer/Springer.
- Lachmann, T. (2018). Reading and Dyslexia: The functional coordination framework. In T. Lachmann, T. Weis (Hrsg.), *Reading and Dyslexia: From basic functions to higher order cognition*. (S. 271-296). Cham: Springer.
- Landerl, K. (2003). Categorization of vowel length in German poor spellers: An orthographically relevant phonological distinction. *Applied Psycholinguistics*, 24, 523-538.

- Landerl, K., Freudenthaler, H. H., Heene, M., de Jong, P. F., Desrochers, A., Manolitsis, G., . . . Georgiou, G. K. (2019). Phonological awareness and rapid automatized naming as longitudinal predictors of reading in five alphabetic orthographies with varying degrees of consistency. *Scientific Studies of Reading*, 23, 220-234.
- Landerl, K., Moll, K. (2010). Comorbidity of learning disorders: Prevalence and familial transmission. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 51, 287-294.
- Landerl, K., Wimmer, H. (2008). Development of word reading fluency and spelling in a consistent orthography: An 8-year follow-up. *Journal of Educational Psychology*, 100, 150-161.
- Lenhard, W., Schneider, W. (2006). Ein Leseverständnistest für Erst- bis Sechstklässler: (ELFE 1 - 6). Deutsche Schultests. Göttingen: Hogrefe.
- Lyytinen, H., Erskine, J., Hämäläinen, J., Torppa, M., Ronimus, M. (2015). Dyslexia-early identification and prevention: Highlights from the Jyväskylä longitudinal study of dyslexia. *Current Developmental Disorders Reports*, 2, 330-338.
- Macaruso, P., Rodman, A. (2011). Efficacy of computer-assisted instruction for the development of early literacy skills in young children. *Reading Psychology*, 32, 172-196.
- Mähler, C., Joerns, C., Schuchardt, K. (2019). Training working memory of children with and without dyslexia. *Children (Basel, Switzerland)*, 6.
- Mähler, C., Jörns, C., Radtke, E., Schuchardt, K. (2015). Chancen und Grenzen eines Trainings des Arbeitsgedächtnisses bei Kindern mit und ohne Lese-/Rechtschreibschwierigkeiten. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 18, 453-471.
- May, P. (2012). *Hamburger Schreib-Probe 3 (HSP 3): Hinweise zur Durchführung und Auswertung*. Stuttgart: VPM; Klett.
- McArthur, G., Ellis, D., Atkinson, C. M., Coltheart, M. (2008). Auditory processing deficits in children with reading and language impairments: Can they (and should they) be treated? *Cognition*, 107, 946-977.
- McArthur, G., Eve, P. M., Jones, K., Banales, E., Kohnen, S., Anandakumar, T., . . . Castles, A. (2012). Phonics training for English-speaking poor readers. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 12, CD009115.
- McArthur, G., Sheehan, Y., Badcock, N. A., Francis, D. A., Wang, H. C., Kohnen, S., . . . Castles, A. (2018). Phonics training for English-speaking poor readers. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 11, CD009115.
- McBride-Chang, C. (1995). Phonological processing, speech perception, and reading disability: An integrative review. *Educational Psychologist*, 30, 109-121.
- Melby-Lervåg, M., Hulme, C. (2013). Is working memory training effective? A meta-analytic review. *Developmental Psychology*, 49, 270-279.
- Melby-Lervåg, M., Lyster, S. A. H., Hulme, C. (2012). Phonological skills and their role in learning to read: A meta-analytic review. *Psychological Bulletin*, 138, 322-352.
- Molfese, D. L. (2000). Predicting dyslexia at 8 years of age using neonatal brain responses. *Brain and Language*, 72, 238-245.
- Moll, K., Ramus, F., Bartling, J., Bruder, J., Kunze, S., Neuhoff, N., . . . Landerl, K. (2014). Cognitive mechanisms underlying reading and spelling development in five European orthographies. *Learning and Instruction*, 29, 65-77.
- O'Connell, N. S., Dai, L., Jiang, Y., Speiser, J. L., Ward, R., Wei, W., . . . Gebregziabher, M. (2017). Methods for analysis of pre-post data in clinical research: A comparison of five common methods. *Journal of Biometrics & Biostatistics*, 8, 1-8.

- Parrila, R., Dudley, D., Song, S., Georgiou, G. K. (2020). A meta-analysis of reading-level match dyslexia studies in consistent alphabetic orthographies. *Annals of Dyslexia*, 70, 1-26.
- Pennington, B. F., Bishop, D. V. M. (2009). Relations among speech, language, and reading disorders. *Annual Review of Psychology*, 60, 283-306.
- Pfost, M. (2015). Children's phonological awareness as a predictor of reading and spelling. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 47, 123-138.
- Rausch, J. R., Maxwell, S. E., Kelley, K. (2003). Analytic methods for questions pertaining to a randomized pretest, posttest, follow-up design. *Journal of Clinical Child and Adolescent Psychology*, 32, 467-486.
- Raven, H. J., Raven, J., Court, J. H. (2002). Ravens progressive matrices and vocabulary scales. *Coloured Progressive Matrices (CPM)*. Deutsche Bearbeitung und Normierung von Stephan Bulheller und Hartmut Häcker. Frankfurt: Harcourt Test Services.
- Ronimus, M., Eklund, K., Pesu, L., Lyytinen, H. (2019). Supporting struggling readers with digital game-based learning. *Educational Technology Research and Development*, 67, 639-663.
- Schaadt, G., Männel, C., van der Meer, E., Pannekamp, A., Oberecker, R., Friederici, A. D. (2015). Present and past: Can writing abilities in school children be associated with their auditory discrimination capacities in infancy? *Research in Developmental Disabilities*, 47, 318-333.
- Schnitzler, C. D. (2008). *Phonologische Bewusstheit und Schriftspracherwerb*. Forum Logopädie. Stuttgart, New York: Thieme.
- Schulte-Körne, G., Bruder, J. (2010). Clinical neurophysiology of visual and auditory processing in dyslexia: A review. *Clinical Neurophysiology: Official Journal of the International Federation of Clinical Neurophysiology*, 121, 1794-1809.
- Seymour, P. H. K., Aro, M., Erskine, J. M. (2003). Foundation literacy acquisition in European orthographies. *British Journal of Psychology*, 94, 143-174.
- Shahar-Yames, D., Share, D. L. (2008). Spelling as a self-teaching mechanism in orthographic learning. *Journal of Research in Reading*, 31, 22-39.
- Share, D. L. (1995). Phonological recoding and self-teaching: Sine qua non of reading acquisition. *Cognition*, 55, 151-218.
- Snowling, M. J., Melby-Lervåg, M. (2016). Oral language deficits in familial dyslexia: A meta-analysis and review. *Psychological Bulletin*, 142, 498-545.
- Steinbrink, C., Klatte, M., Lachmann, T. (2014). Phonological, temporal and spectral processing in vowel length discrimination is impaired in German primary school children with developmental dyslexia. *Research in Developmental Disabilities*, 35, 3034-3045.
- Steinbrink, C., Lachmann, T. (2014). *Lese-Rechtschreibstörung: Grundlagen, Diagnostik, Intervention*. Berlin: Springer VS.
- Strehlow, U., Haffner, J., Bischof, J., Gratzka, V., Parzer, P., Resch, F. (2006). Does successful training of temporal processing of sound and phoneme stimuli improve reading and spelling? *European Psychologist*, 15, 19-29.
- Suggate, S. P. (2010). Why what we teach depends on when: Grade and reading intervention modality moderate effect size. *Developmental Psychology*, 46, 1556-1579.
- Swan, D., Goswami, U. (1997). Phonological awareness deficits in developmental dyslexia and the phonological representations hypothesis. *Journal of Experimental Child Psychology*, 66, 18-41.
- Thomé, G. (2000). Linguistische und psycholinguistische Grundlagen der Orthografie: Die Schrift und das Schreibenlernen. In R. Valentin (Hrsg.), *Rechtschreiben lernen in den Klas-*

- sen 1-6. Grundlagen und didaktische Hilfen (S. 12-16). Frankfurt am Main: Grundschulverband.
- Thomson, J. M., Leong, V., Goswami, U. (2013). Auditory processing interventions and developmental dyslexia: a comparison of phonemic and rhythmic approaches. *Reading and Writing*, 26, 139-161.
- Van der Stappen, C., van Reybroeck, M. (2018). Phonological awareness and rapid automatized naming are independent phonological competencies with specific impacts on word reading and spelling: An intervention study. *Frontiers in Psychology*, 9, article 320, 1-16.
- Vandermosten, M., Correia, J., Vanderauwera, J., Wouters, J., Ghesquière, P., Bonte, M. (2020). Brain activity patterns of phonemic representations are atypical in beginning readers with family risk for dyslexia. *Developmental Science*, 23, e12857.
- 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., . . . Garon, T. (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., Mayringer, H. (2002). Dysfluent reading in the absence of spelling difficulties: A specific disability in regular orthographies. *Journal of Educational Psychology*, 94, 272-277.
- Wouters, P., van Nimwegen, C., van Oostendorp, H., van der Spek, E. D. (2013). A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games. *Journal of Educational Psychology*, 105, 249-265.
- Wyschkon, A., Schulz, F., Gallit, F. S., Poltz, N., Kohn, J., Moraske, S., . . . Esser, G. (2018). 5-Jahres-Verlauf der LRS: Stabilität, Geschlechtseffekte, Schriftsprachniveau und Schulerfolg. *Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie*, 46, 107-122.
- Ziegler, J. C., 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.
- Ziegler, J. C., Goswami, U. (2005). Reading acquisition, developmental dyslexia, and skilled reading across languages: A psycholinguistic grain size theory. *Psychological Bulletin*, 131, 3-29.
- Ziegler, J. C., Pech-Georgel, C., George, F., Lorenzi, C. (2009). Speech-perception-in-noise-deficits in dyslexia. *Developmental Science*, 12, 731-745.
- Zoubinetzky, R., Collet, G., Nguyen-Morel, M.-A., Valdois, S., Serniclaes, W. (2019). Remediation of allophonic perception and visual attention span in developmental dyslexia: A joint assay. *Frontiers in Psychology*, 10, 1502.

Korrespondenzanschrift: Marita Konderding; E-Mail: marita.konderding@sowi.uni-kl.de

Marita Konderding, Kirstin Bergström, Thomas Lachmann und Maria Klatte, Technische Universität Kaiserslautern, Center of Cognitive Science, Kognitive und Entwicklungspsychologie, Kaiserslautern; *Thomas Lachmann*, Facultad de Lenguas y Educación, Universidad Nebrija, Madrid, Spanien