Transferzentrum für Neurowissenschaften und Lernen
Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie III des Universitätsklinikum Ulm

Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. med. Dr. phil. Manfred Spitzer

Der Einfluss der zeitlichen visuellen Wahrnehmung (Ordnungsschwelle) auf den Schriftspracherwerb

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin
der Medizinischen Fakultät der
Universität Ulm

Julia Olivia Sonja Schmid
Günzburg
2009

Amtierender Dekan: Prof. Dr. Klaus-Michael Debatin

1. Berichterstatter: PD Dr. Thomas Kammer

2. Berichterstatter: PD Dr. Johannes Brettschneider

Tag der Promotion: 22.4.2010

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis III
1. Einleitung 1
1.1 Ursachen schlechter Lese- und Rechtschreibleistungen 1
1.2 Der Einfluss allgemeiner kognitiver Fähigkeiten auf den Schriftspracherwerb 5
1.3 Fragestellung 7
2. Material und Methoden 8
2.1 Untersuchungskollektiv 8
2.1.1 Rekrutierung 8
2.1.2 Beschreibung der Stichprobe 9
2.2 Studienplan 10
2.2.1 Zeitablauf 10
2.3 Materialien 13
2.3.1 Visustest 13
2.3.2 Messung des phonologischen Arbeitsgedächtnis 14
2.3.3 Messung der visuellen Ordnungsschwelle 14
2.3.4 Fragebogen zur Aufmerksamkeit und Konzentration 17
2.3.5 Erhebungsbogen 17
2.3.6 Messung der Lese- und Rechtschreibleistungen 18
2.3.7 Intelligenztest 20
2.4 Technischer Aufbau zum ersten Messzeitpunkt 21
2.5 Auswertung 22
3. Ergebnisse 25
3.1 Deskriptive Auswertung 25
3.2 Statistische Auswertung 27
3.2.1 Korrelative Zusammenhänge der betrachteten Variablen 27
3.2.2 Vorhersagen bezüglich des Lese- und Rechtschreiberfolges 28
4. Diskussion 31
4.1 Reflexion der Methodik 31
4.2 Einfluss der allgemeinen kognitiven Fähigkeiten auf das Lesen und Schreiben 34
4.3 Pansensorisches Wahrnehmungsdefizit 35
4.4 Ausblick 37
5. Zusammenfassung 39

6. Literaturverzeichnis 41
Anhang 45
Danksagung 47

Abkürzungsverzeichnis

ADHS	Aufmerksamkeits-Defizit-Hyperaktivitäts-Störung
2 AFC	2 Alternative Forced-Choice, Wahlpflichtverfahren mit zwei Alternativen
bit	binary digit
Cd	Candela, Maßeinheit für Helligkeit
CD	Compact disc, Speichermedium
CFT 1	Culture Fair Intelligence Test 1, Grundintelligenztest-Skala 1
DLF 1-2	Diagnostischer Lesetest zur Frühdiagnose von Lesestörungen in Klasse 1 und 2
DP	Differenzierungsprobe
Dpt	Dioptrien, Maßeinheit für Sehschärfe
DRT 1	Diagnostischer Rechtschreibtest für erste Klassen
FrACT	Freiburger Visual Acuity Test, Visustest
F-Wert	Fisher-Snedecor distribution, gibt die konstante Wahrscheinlichkeitsverteilung der Varianzanalyse an.
HAWIK	Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Kinder
Hz	Hertz, Maßeinheit für Schwingungen pro Sekunde (Frequenz)
ICD	International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems, Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme
IQ	Intelligenzquotient
m	Meter
N	Anzahl der Probanden
p	probability, Wahrscheinlichkeit
s	Sekunde
R	Pearson Produkt-Moment Korrelationskoeffizient
SOA	Stimulus-onset Asynchronie
VO	Visuelle Ordnungsschwelle
WLLP	Würzburger Leise Leseprobe
ZNL	Transferzentrum für Neurowissenschaften und Lernen

1. Einleitung

Lesen und Schreiben stellt für die meisten Menschen im täglichen Leben eine Selbstverständlichkeit dar. Es ist das Erste, das man in der Schule erlernt und bildet den Grundstein für weitere Bildung. Dennoch hat ein geringer Teil der Schulanfänger Schwierigkeiten beim Erlernen der Schriftsprache. Die Prävalenz einer entwicklungsbedingten Lese- und Rechtschreibstörung beträgt etwa 4 – 9 % (Shaywitz et al. 1990). Die Lese- und Rechtschreibstörung ist nach ICD-10 (Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme, 10. Revision) den „Entwicklungsstörungen schulischer Fertigkeiten“ (F81) zugeordnet. Das definierende Hauptmerkmal der Lese- und Rechtschreibstörung (F81.0) ist eine umschriebene und eindeutige Beeinträchtigung in der Entwicklung der Lesefertigkeiten, häufig vergesellschaftet mit Rechtschreibstörungen. Dabei können die Defizite im Lesen und Schreiben nicht allein durch das Entwicklungsalter, durch Visusprobleme oder unangemessene Beschulung erklärt werden. Die Störung wird in allen bekannten Sprachen gefunden. Eine Lese- Rechtschreibstörung tritt unabhängig von intellektuellen Fähigkeiten und soziokulturellen Einflüssen auf (Démonet et al. 2004).

1.1 Ursachen schlechter Lese- und Rechtschreibleistungen

Zahlreiche Forschergruppen setzten sich in den letzten Jahren mit den Ursachen einer Lese- und Rechtschreibstörung auseinander. Insbesondere ergaben die Studienergebnisse von Paula Tallal entscheidende Hinweise. Als eine wichtige Ursache zur Entwicklung einer Lese- und Rechtschreibstörung wird ein temporales Verarbeitungsdefizit schnell aufeinander folgender sensorischer Reize diskutiert. Wahrnehmungsreize laufen im zentralen Nervensystem in schnellen Folgen zusammen, bei einer gestörten zeitlichen zentralnervösen Verarbeitung können diese schnell einlaufenden sensorischen Informationen nicht mehr adäquat verarbeitet werden (Farmer und Klein 1995, Tallal 1980, Tallal et al. 1998, Tallal 2000). Tallal zeigte, dass Kinder mit Störungen der Laut- und Schriftsprache auch Schwierigkeiten bei der Wahrnehmung der zeitlichen Reihenfolge von rasch aufeinander folgenden akustischen Signalen haben und deshalb bestimmte Konsonanten und Phoneme nur schwer wahrnehmen können. Die ungenügende

Diskrimination der Phonemfolge führt dazu, dass die Zuordnung von Phonemen und Graphen nur unzureichend erlernt werden kann. Dies resultiert in einer gestörten Entwicklung des phonologischen Systems (Tallal 1980, Tallal et al. 1998, Tallal 2000). Obwohl sich Tallal in ihren Studien überwiegend auf die auditive Wahrnehmung bezieht, geht sie von einem pansensorischen Wahrnehmungsdefizit aus (Tallal 2000). Ein temporales zeitliches Verarbeitungsdefizit zeigt sich also nicht nur im auditiven, sondern auch im visuellen Wahrnehmungssystem (Conlon et al. 2004, Farmer und Klein 1995, van Ingelhem et al. 2001).

Neben den Effekten der auditiven zeitlichen Wahrnehmung und der Entwicklung eines funktionierenden phonologischen Systems, spielt nach derzeitigem Forschungsstand auch die visuelle zeitliche Wahrnehmung eine große Rolle beim Erwerb des Lesens und Schreibens. Livingstone zeigt in ihren Untersuchungen, dass Legastheniker deutliche Defizite bei der Diskrimination sich schnell bewegender visueller Stimuli haben und führt dies auf eine Dysfunktion des magnozellulären Systems zurück (Livingstone et al. 1991).
In der Theorie der visuellen Wahrnehmung wird von zwei neuronalen Leitungsbahnen ausgegangen, dem magnozellulären und parvozellulären Leitungsbahnen, die sich funktional unterscheiden. Die magnozellulären, phasischen Leitungsbahnen verarbeiten vor allem sich schnell bewegende Stimuli und sind für eine hohe zeitliche Auflösung verantwortlich. Andererseits können die parvozellulären, tonischen Bahnen visuelle Reize mit einer hohen räumlichen und geringen zeitlichen Auflösung weiterleiten. Beide Leitungsbahnen gehören der Sehbahn an und erstrecken sich von den retinalen Ganglionzellen über den Nervus opticus, das Chiasma opticum, dem dorsalen Nucleus geniculatus laterale des Thalamus bis hin zur Sehrinde. Eine zeitliche visuelle Verarbeitungsstörung wird somit auf eine Dysfunktion im magnozellulären System der Sehbahn zurückgeführt. Dabei erfolgt eine Schädigung der magnozellulären Bahnen bereits pränatal (Edwards 2004, Farmer und Klein 1995, Livingstone et al. 1991).
Da das magnozelluläre System außerdem eine wichtige Funktion in der Kontrolle der Augenbewegungen hat, wirkt eine Störung sich negativ auf den Erwerb des Lesens aus. Breitmeyer und Ganz beschreiben wie das parvozelluläre und magnozelluläre System beim Lesen wechselseitig zusammen spielen. Das Lesen gliedert sich in abwechselnde Fixation und Sakkaden (schnellen Augenbewegungen), ein erfolgreicher Leseprozess kann nur gelingen, wenn die Aktivitäten beider Leitungsbahnen zeitlich korrekt abgestimmt sind.

Eine Störung des magnozellulären Systems bei Dyslektikern könnte die Ursache einer gestörten Augenkoordination sein (Breitmeyer und Ganz 1993).

Nicht nur Tallal geht von einem pansensorischem Verarbeitungsdefizit aus. Viele Studien kamen zu dem Schluss, dass eine Lese- und Rechtschreibstörung mit einem generellen temporalen Verarbeitungsdefizit assoziiert ist. Denn ein Wahrnehmungsdefizit wurde sowohl im visuellen, als auch auditiven und im taktilen Wahrnehmungssystem gefunden (Conlon et al. 2004, Farmer und Klein 1995, Laasonen et al. 2001, van Ingelhem et al. 2001). Laasonen untersuchte die Theorie des pansensorischen temporalen Verarbeitungsdefizits an erwachsenen Dyslektikern im Vergleich zu einer normierten Gruppe normal lesender Erwachsener und kam zu dem Ergebnis, dass das gefundene Defizit im visuellen System wesentlich geringer war als im taktilen und auditiven (Laasonen et al. 2001). Farmer und Klein weisen in ihrer Arbeit jedoch darauf hin, dass ein temporales Verarbeitungsdefizit mit dem Alter womöglich durch Reifungsprozesse verschwindet. Sie begründen diese These mit der Beobachtung, dass bei lese- und rechtschreibschwachen Kindern in mehreren Studien deutlich höhere visuelle Ordnungsschwellenwerte gemessen wurden als bei Kindern mit normalen Lesefähigkeiten (Farmer und Klein 1995). Die temporale Zeitverarbeitung kann sowohl im auditiven als auch im visuellen Bereich mit Hilfe von Ordnungsschwellen gemessen werden. In den Experimenten zur Bestimmung der Ordnungsschwelle muss der Proband die richtige Reihenfolge zweier identischer dargebotener Reize angeben, z. B. erscheint ein visuelles Signal zuerst links oder rechts. Die Reize werden in einem variablen und sich adjustierenden Zeitintervall hintereinander präsentiert (Stimulus-onset Asynchronie, SOA). Die Ordnungsschwelle entspricht dem trial des kürzesten und zumeist richtig beantworteten Intervalls.

Jedoch gibt es auch Studienergebnisse, die die Hypothese des pansensorischen Defizits nicht stützen. So fanden Edwards und Kollegen in ihren Untersuchungen kein pansensorisches Warhnehmungsdefizit, sehr wohl aber ein magnozelluläres Defizit. Außerdem fanden sie bei 76 % der von ihnen untersuchten dyslektischen Kindern ein temporales Verarbeitungsdefizit entweder im visuellen System oder im auditiven, selten waren beide Systeme gleichermaßen betroffen (Edwards et al. 2004).
Andere Forschergruppen konnten in ihren Studien keinerlei Zusammenhang zwischen einem temporalen Verarbeitungsdefizit und einer Lese- und Rechtschreibstörung

nachweisen (Kronbichler et al. 2002, Nittrouer 1999, Schulte-Körne et al. 1998). Kronbichler konnte die Hypothese eines magnozellulären Defizits bei Dyslektikern nicht unterstützen. Er untersuchte 20 Drittklässler mit Lese- und Rechtschreibschwäche, die im Vergleich zur normallesenden Kontrollgruppe ähnliche Ergebnisse in seinen Wahrnehmungsexperimenten erreichten, sowohl wenn visuelle als auch auditive Stimuli verwendet wurden (Kronbichler et al. 2002).
Auch Amitay und Kollegen erläutern in ihrer Arbeit von 2002, dass die Hypothese eines magnozellulären Defizits nicht gestützt werden kann. Sie fanden in ihrer Studie an 30 Erwachsenen mit einer Leseschwäche, dass nur eine Minderheit (6 Probanden) erheblich schlechtere Resultate bei einer Reihe von Wahrnehmungsaufgaben zeigten als ihre Kontrollgruppe ohne Leseschwäche (Amitay et al. 2002).

Aufgrund unterschiedlicher Auswahlkriterien der Studienteilnehmer und verschiedener Messmethoden lassen sich die vorliegenden Studien nur bedingt vergleichen. Oft liegen Ergebnisse von nur wenigen untersuchten Probanden vor, die sich nicht auf die gesamte Population der Lese- und Rechtschreibschwachen generalisieren lassen.
Eine weitere Erklärung der unterschiedlichen Studienergebnisse ist, dass ein temporales Verarbeitungsdefizit durch Reifungsprozesse verschwindet, wie oben schon erwähnt (Farmer und Klein 1995). Somit wären erhöhte Ordnungsschwellen bei Kindern mit einer entwicklungsbedingten Lese- und Rechtschreibschwäche vor Schuleintritt nachweisbar, nicht aber bei älteren Schulkindern oder erwachsenen Dyslektikern. Hautus und Kollegen untersuchten temporale Ordnungsschwellen mit Hilfe einer auditiven Lückenerkennungs-aufgabe in drei leserechtschreibschwachen Probandengruppen verschiedener Altersklassen. Dabei zeigten sich signifikant höhere Ordnungsschwellen in der jüngsten Gruppe (6-9 Jahre alte Kinder) im Vergleich zu einer altersadjustierten Kontrollgruppe, jedoch fanden sie in den Gruppen der 10- bis 13-jährigen und bei Erwachsenen keinen Unterschied zu ihren Kontrollgruppen (Hautus et al. 2003).

Falls ein temporales Verarbeitungsdefizit vor dem Schriftspracherwerb den späteren Lese-Rechtschreiberfolg voraussagen könnte, kann man daraus schließen, dass es ursächlich für eine Lese- und Rechtschreibstörung und nicht Folge einer gestörten Lese- und Rechtschreibentwicklung ist. Die Forschungsergebnisse von Lovegrove bestätigen diese Theorie. Er konnte eine Beziehung zwischen visuellen Wahrnehmungsdefiziten bei

Kindergartenkindern und zwei Jahre später auftretenden Leseschwierigkeiten nachweisen (Lovegrove et al. 1986).

Ein temporales Verarbeitungsdefizit kann also als Indikator für schlechte Lese- und Rechtschreibleistungen mit Hilfe von visuellen Ordnungsschwellen bei Vorschulkindern gemessen werden. Eine zweite Longitudinalstudie an Vorschulkindern bekräftigt diese Hypothese. Hood und Conlon erhoben visuelle und auditive temporale Ordnungsschwellen an 125 Kindern zu zwei Zeitpunkten, vor Schuleintritt und sechs Monate später und verglichen diese mit ihrer frühen Leseentwicklung. Im Ergebnis fanden sie, dass mit Hilfe von Ordnungsschwellen der spätere Lese- und Rechtschreiberfolg vorausgesagt werden kann (Hood und Conlon 2003).

1.2 Der Einfluss allgemeiner kognitiver Fähigkeiten auf den Schriftspracherwerb

Der Einfluss allgemeiner kognitiver Fähigkeiten wie Aufmerksamkeit, Intelligenzquotient (IQ) und phonologisches Arbeitsgedächtnis auf den Lese- und Rechtschreiberwerb wurde in vorhergehenden Studien oft nicht genügend berücksichtigt. Dennoch wird ihr Einfluss sowohl auf den Schriftspracherwerb, als auch auf die zeitliche Wahrnehmungsverarbeitung in einigen Studien diskutiert (Hood und Conlon 2004, Hulslander et al. 2004, Jeffries und Everatt 2004, Lovegrove et al. 1986).

Sowohl Lovegrove et al. als auch Hood und Conlon kontrollierten in ihren prospektiven Studien zusätzlich zu ihren Wahrnehmungsexperimenten auch die phonologische Arbeitsgedächtnisleistung und deren Einfluss auf den Schriftspracherwerb. In beiden Studien konnte ein signifikanter Zusammenhang zwischen Arbeitsgedächtnisleistung und Lese- Rechtschreibleistung gefunden werden (Hood und Conlon 2004, Lovegrove et al. 1986). Jeffries und Everatt untersuchten unter anderem die phonologische Verarbeitung in verschiedenen Gruppen, Kinder mit einer Lese-Rechtschreibstörung, Kinder mit anderen Lernschwächen und gesunde Kinder. Sie zeigten, dass speziell Kinder mit einer Lese-Rechtschreibstörung Schwierigkeiten bei der Durchführung von phonologischen Arbeitsgedächtnisaufgaben haben, vor allem wenn Zahlenspannen präsentiert werden (Jeffries und Everatt 2004).

Diese Studienergebnisse zeigen einen Einfluss der phonologischen Arbeitsgedächtnisleistung auf den Lese- Rechtschreiberfolg, somit muss die Arbeitsgedächtnisleistung bei der Ursachenuntersuchung einer Lese-Rechtschreibstörung unbedingt berücksichtigt werden.

Außerdem wird ein Zusammenhang zwischen der temporalen Wahrnehmungsverarbeitung und der Aufmerksamkeit von Probanden in Studien beschrieben (Hood und Conlon 2004, Hulslander et al. 2004). Hood und Conlon fanden einen Effekt der Aufmerksamkeit sowohl auf die Ordnungsschwellen, als auch auf die Leseleistungen am Ende von Klasse 1. Sie konnten aber auch eine signifikante Beziehung zwischen temporaler Verarbeitung und Leseleistungen finden, nachdem sie die Varianz der Aufmerksamkeit einberechneten (Hood und Conlon 2004). Da eine große Komorbidität zwischen einer Lese-Rechtschreibstörung und einer Aufmerksamkeits-Defizit-Hyperaktivitäts-Störung (ADHS) besteht (Willcutt und Pennington 2000), könnte schlussgefolgert werden, dass Kinder mit einer schlechten Aufmerksamkeit Schwierigkeiten im Erwerb des Lesens und Schreibens haben.

Hulslander und Kollegen untersuchten die temporale Wahrnehmungsverarbeitung, den IQ und die Aufmerksamkeit an 73 Kindern und jungen Erwachsenen mit verschiedenen Lesefähigkeiten. Sie konnten keinen signifikanten Zusammenhang zwischen der Wahrnehmungsverarbeitung und dem Leseerfolg feststellen, nachdem der IQ die meiste Varianz aufklärte. Des Weiteren fanden sie keinen signifikanten Zusammenhang zwischen einer ADHS und der Leseleistung. Der IQ zeigte in ihrer Studie den größten Einfluss auf die Leseleistung (Hulslander et al. 2004).

Aufgrund der bisherigen Studienlage muss davon ausgegangen werden, dass allgemeine kognitive Fähigkeiten einen Einfluss auf die temporale Wahrnehmungsverarbeitung und auf die Lese- und Rechschreibleistungen haben. Um deren Einfluss zu berücksichtigen werden sie in der vorliegenden Studie kontrolliert und in die statistische Auswertung mit einbezogen.

1.3 Fragestellung

Nach der Theorie von Tallal bedingt ein temporales Verarbeitungsdefizit eine verminderte Wahrnehmung schneller zeitlicher Reize und führt zu einer gestörten Entwicklung der Lese- und Rechtschreibfähigkeiten. In der vorliegenden prospektiven Studie soll untersucht werden, ob die zeitliche temporale Wahrnehmungsverarbeitung im visuellen System den späteren Lese- und Rechtschreiberfolg von Erstklässlern vorhersagen kann. Die schnelle zeitliche Wahrnehmungsverarbeitung wird mit Hilfe eines visuellen Ordnungsschwellen-Experiments zu Beginn der ersten Klasse gemessen. Die Lese- und Rechtschreibfähigkeiten werden am Ende der ersten Klasse erhoben.

Des Weiteren werden Aufmerksamkeit, Intelligenzquotient und phonologisches Arbeitsgedächtnis der Probanden bestimmt, um deren Einfluss sowohl auf die Wahrnehmungsverarbeitung, als auch auf die Lese- und Rechtschreibentwicklung zu ermitteln.

2. Material und Methoden

2.1 Untersuchungskollektiv

2.1.1 Rekrutierung

Die Messung der Sehschwellen bei Erstklässlern wurde an einer Teilstichprobe der Probanden der Differenzierungsproben-Studie (DP-Studie) des Transferzentrums für Neurowissenschaften und Lernen (ZNL) durchgeführt. Diese überprüft die Vorhersagekraft der Differenzierungsproben I und II nach Breuer/Weuffen auf den Schriftspracherwerb. Neben den Original-Items der Differenzierungsproben nach Breuer/Weuffen wurden zusätzlich neue Items erhoben und auf ihre Aussagekraft geprüft. Die Durchführung wurde standardisiert, indem eine dafür erstellte Audio-CD (Compact disc) mit den Testanweisungen der Differenzierungsproben bei allen Probanden verwendet wurde. Die im Rahmen der DP-Studie erhobenen Lese- und Rechtschreibtests am Ende von Klasse 1, sowie ein normierter Intelligenztest wurden für die vorliegende Untersuchung verwendet.

Von den 53 Schulen und 1400 Erstklässlern aus dem Alb-Donau-Kreis, dem Kreis Biberach und aus München-Land, die an der DP-Studie teilnehmen, wurde eine geeignete Teilstichprobe für die Sehschwellenmessungen ausgewählt. Zu den Auswahlkriterien zählten lokale Begebenheiten der Schule, Motivation der Schulleitung, Lehrer und Schüler an der Teilnahme und Einverständnis der Eltern. Die Kooperation der Klassenlehrer und Schulleiter mit den ZNL-Mitarbeiterinnen stellte einen wichtigen Aspekt bei der Rekrutierung der Schulen dar. Ein ruhiger, geschlossener Raum innerhalb des Schulgeländes, in dem der jeweilige Proband mit der Testleiterin ungestört die Tests durchführen konnte war Voraussetzung. Außerdem wurde bei der Schulauswahl auf eine ausgewogene soziale Schichtung geachtet. Alle Auswahlkriterien wurden telefonisch und schriftlich bei der Schulleitung abgefragt. Außerdem wurden die Schulen nach ihrer Umgebung in ländliche und eher städtische eingeteilt, um etwa gleich viele Probanden aus ländlichem und städtischem Umfeld zu bestimmen.

Ausgewählt wurden 21 Schulen, die an der vorliegenden Studie teilnahmen. Pro Schule wurden etwa zehn bis zwölf Kinder ausgelost, da insgesamt mindestens 200 Probanden untersucht werden sollten. Die Kinder wurden zufällig gewählt, in jeder Schule wurden anhand der Klassenlisten aller ersten Klassen durch Losverfahren je sechs Jungen und Mädchen gezogen und zufällig in Paare, je ein Mädchen und ein Junge aufgeteilt. So wurde gewährleistet, dass etwa gleich viele Jungen und Mädchen untersucht wurden. Die Paare begannen abwechselnd mit einem Jungen oder Mädchen. Das Los entschied ebenfalls über die Reihenfolge der Paare, die an der Messung teilnahmen. Alle Probanden wurden nacheinander codiert, von J001 bis J130 beziehungsweise N001 bis N130 und in eine Versuchpersonenliste eingetragen. Kinder, die die erste Klasse wiederholt besuchten oder deren Muttersprache nicht deutsch war, wurden vom Losverfahren ausgeschlossen. Eine von den Eltern unterschriebene Einverständniserklärung musste der Testleiterin am Testtag vorliegen.

2.1.2 Beschreibung der Stichprobe

Aus 21 Schulen wurden 242 Erstklässler ausgewählt, die an der Studie teilnahmen. Von der Auswertung ausgeschlossen wurden insgesamt 10 Kinder, bei denen sich nachträglich noch Ausschlusskriterien zeigten: drei Kinder mit Migrationshintergrund und weitere drei Kinder, die im Schuljahr 2005/06 die erste Klasse wiederholten. Außerdem ausgeschlossen wurden vier Probanden wegen schlechter Ergebnisse im Sehtest, Visus kleiner 0,8 dpt (Dioptrien). Insgesamt wurden die Messungen von 232 Probanden ausgewertet, davon 121 Jungen und 111 Mädchen. Das Durchschnittsalter der untersuchten Stichprobe betrug zum ersten Messzeitpunkt 6 Jahre 8 Monate (79,51 Monate). Der jüngste Proband war 5 Jahre 5 Monate (65 Monate) und die zwei ältesten Probanden waren 7 Jahre 4 Monate (88 Monate) alt.

2.2 Studienplan

Die Studie ist als Longitudinalstudie aufgebaut, in der drei Messzeitpunkte angesetzt wurden, der erste zu Beginn, der zweite am Ende des Schuljahres 2005/06 und der dritte im Herbst 2006. Nach Erhebung des dritten Messzeitpunktes wurden die Daten aller Messungen statistisch ausgewertet. Ziel war es zum einen die visuellen Ordnungsschwellenwerte vor Erwerb des Lesens und Schreibens und zum anderen ihren prädiktiven Wert auf die Lese- und Rechtschreibentwicklung am Ende von Klasse 1 zu ermitteln. Als Zielgröße ist der Zusammenhang zwischen visuellen Ordnungsschwellen am Schulanfang und die Leistungen im Lesen und Schreiben am Ende der ersten Klasse definiert. Eine Versuchseinheit ist ein in die Studie eingeschlossener Proband, der durch das oben beschriebene Verfahren ausgewählt wurde. Zu den Einschlusskriterien zählten männliche und weibliche Erstklässler zwischen sechs und sieben Jahren, deren Muttersprache deutsch ist und deren Erziehungsberechtigten ihr schriftliches Einverständnis gaben. Eine starke Sehminderung (Visus kleiner 0.8 dpt) wurde als Ausschlusskriterium definiert. Neben den Ordnungsschwellen wurden zusätzliche Variablen über die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten der Probanden erhoben, die einen Einfluss auf die Sehschwellenmessung haben könnten. Zu diesen gehören Aufmerksamkeitsleistung, phonologische Arbeitsgedächtnisleistung, sowie die allgemeine nonverbale Intelligenz.

Die Studie lag der Ulmer Ethikkomission zur Beratung vor (Antragnummer 79/06, Titel: Der Einfluss der zeitlichen auditiven und visuellen Wahrnehmung auf den Schriftspracherwerb). Das Ethikvotum wurde für die vorliegende Studie erteilt.

2.2.1 Zeitablauf

Vier Monate vor Einschulung der Erstklässler zum Schuljahr 2005/06 wurden die teilnehmenden Schulen nach oben erläuterten Kriterien ausgewählt und erster Kontakt mit den Schulleitern aufgenommen. Die Eltern der Erstklässler wurden im September 2005 schriftlich und persönlich von der Studienleitung auf Elternabenden über die Details zur Studie informiert. Die unterschriebenen Einverständniserklärungen zur Studienteilnahme

wurden durch die jeweiligen Klassenlehrer zu Beginn des Schuljahres eingesammelt und zum ersten Messzeitpunkt der Testleiterin vorgelegt. In der ersten Schulwoche des Schuljahres 2005/06 wurden mit den Schulleitern telefonisch Termine vereinbart, an denen die Testleiter die Ordnungsschwellenmessungen durchführen konnten.

Erster Messzeitpunkt

Am ersten Messzeitpunkt im Oktober und November 2005 wurden neben den visuellen Ordnungsschwellen auch auditive Ordnungsschwellen erhoben und ein Lücken-erkennungstest durchgeführt. Die Erhebung der Daten zum ersten Messzeitpunkt erfolgte durch zwei ZNL-Mitarbeiterinnen, cand. med. Nadine Jaensch und cand. med. Julia Schmid. Beide fuhren zeitgleich mit gleicher technischer Ausrüstung in verschiedene Schulen, so konnten möglichst viele Probanden untersucht werden. Das zentrale Thema der vorliegenden Studie ist die Messung der visuellen Ordnungsschwelle und deren prädiktiver Wert auf den Schriftspracherwerb. Deshalb wird auf die Messung der auditiven Ordnungsschwelle in dieser Arbeit nicht näher eingegangen.

Neben den Ordnungsschwellenmessungen und dem Lückenerkennungstest wurden mit jedem Probanden ein Seh- und Hörtest durchgeführt. Außerdem wurden zusätzliche Informationen über das Arbeitsgedächtnis, die Aufmerksamkeit des Probanden und die Testsituation erhoben. Zu Beginn jedes Messtages wurde jedem Probanden-Paar durch Würfeln ein Ablaufblatt zugeteilt, auf dem die Reihenfolge der zwei Ordnungsschwellen-Experimente und des Lückenerkennungstests festgelegt war. Die Abfolge der Untertests war für jeden Probanden gleich. Jedoch wurde die Reihenfolge der drei Experimente zur Messung der Ordnungsschwellen und der Lückenerkennung für jedes Probandenpaar randomisiert, da damit zu rechnen war, dass bei einigen Kindern die Konzentration mit der Zeit abnimmt:

1. Sehtest: Freiburger Visual Acuity Test (Bach 1996)
2. Hörtest
3. Arbeitsgedächtnistest: Zahlennachsprechen aus Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Kinder III (HAWIK III) (Tewes et al. 1999)
4. Experiment 1 (Visuelle Ordnungsschwelle oder Auditive Ordnungsschwelle oder Lückenerkennung)
5. Pause

6. Experiment 2 (Visuelle Ordnungsschwelle oder Auditive Ordnungsschwelle oder Lückenerkennung)
7. Experiment 3 (Visuelle Ordnungsschwelle oder Auditive Ordnungsschwelle oder Lückenerkennung)
8. Fragebogen

Insgesamt dauerte eine Probandenmessung mit Pause zwischen 30 und 45 Minuten. In Schulpausen oder bei Stundenwechsel beziehungsweise bei störenden Hintergrundgeräuschen wurde die Messung wenn möglich unterbrochen. Um diesem zu entgehen, wurde pro Kind eine Unterrichtsstunde eingerechnet und nach Stundenwechsel mit dem nächsten Kind begonnen. Die Messung fand vormittags, während der Unterrichtszeit in einem ruhigen Raum innerhalb des Schulgeländes statt. Für jede Schule wurden drei aufeinander folgende Werktage eingeplant, so dass zwischen zehn und zwölf Probanden pro Schule getestet werden konnten. Alle Daten wurden zu Beginn der Klasse 1 erhoben, bevor eine schulische Instruktion erfolgen konnte.

Zweiter Messzeitpunkt

Ende der ersten Klasse, im Juli 2006 wurden die Lese- und Rechtschreibleistungen der Probanden gemessen. Die Erhebung der Lese- und Rechtschreibtests wurde von den Lehranwärtern und Lehranwärterinnen der teilnehmenden Schulen übernommen, die vorher von der Studienleitung persönlich über eine exakte Durchführung eingewiesen wurden. Die Auswertung erfolgte durch cand. med. Nadine Jaensch und cand. med. Julia Schmid. Zur Messung der Lese- und Rechtschreibleistungen wurden der Diagnostische Lesetest zur Frühdiagnostik 1 (Müller 1999), die Würzburger Leise Leseprobe (Küspert und Schneider 1998) und der Diagnostische Rechtschreibtest 1 (Müller 2004) eingesetzt.

Dritter Messzeitpunkt

Von Oktober bis November 2006 wurde bei den Probanden die allgemeine nonverbale Intelligenz gemessen. Die Kinder befanden sich zum dritten Messzeitpunkt in der zweiten Klasse. Da Intelligenz eine konstante Größe ist und sich nicht durch Reifungsprozesse verändert, konnte die Messung zu einem anderen Zeitpunkt als die Ordnungschwellenerhebung durchgeführt werden. Vier geschulte ZNL-Mitarbeiter führten den IQ-Test an den jeweiligen Schulen durch. Als Messinstrument wurde der Grundintelligenztest Skala 1 (Culture Fair Intelligence Test 1 = CFT 1) eingesetzt.

2.3 Materialien

Das zentrale Thema der vorliegenden Studie ist der Einfluss der visuellen Ordnungsschwelle auf den Lese- und Rechtschreiberwerb. Der Einfluss der auditiven Ordnungsschwelle wird in einer anderen Dissertation bearbeitet (Jaensch N, Dissertationsschrift in Vorbereitung). Daher wird im folgenden Abschnitt davon abgesehen, die Experimente zur auditiven Ordnungsschwelle und zur Lückenerkennung näher zu erläutern. Ebenso wird auf eine Beschreibung des Hörtests verzichtet, da dieser keine Relevanz für die vorliegende Arbeit hat.

2.3.1 Visustest

Der Freiburg Visual Acuity Test (FrACT) (Bach 1996) wurde in der vorliegenden Studie eingesetzt um Kinder mit einer zu geringen Sehschärfe aus dem Sehschwellenexperiment auszuschließen. Dieser Sehtest ist ein computerbasiertes Verfahren zur selbstständigen Bestimmung der Sehschärfe. Auf einem Monitor werden Landoltringe abnehmender Größe präsentiert, die in eine von acht möglichen Richtungen zeigen. Da unser Interesse nicht dem genauen Visus galt, sondern starke Fehlsichtigkeit als Ausschlusskriterium ermittelt werden sollte, wurde die Durchführung des FrACT vereinfacht. Es wurden nicht acht, sondern vier mögliche Orientierungen angezeigt: oben, unten, rechts oder links. Die Probanden wurden angewiesen die Ausrichtung der Landoltringe zu benennen oder mit einer Hand zu zeigen, die Testleiterin drückte dann die entsprechenden Richtungsknöpfe auf ihrer Tastatur. Dabei stand der Proband mit einem Abstand von mindestens zwei Meter vor dem Monitor, auf dem die Landoltringe präsentiert wurden. Da auch falsche Aussagen helfen sich der psychophysischen Schwelle anzunähern, die der Sehschärfe entspricht, musste jeder Proband eine eindeutige Antwort über die Lage des Landoltrings treffen, auch wenn dieser nicht mehr zu erkennen war. Mit abnehmender Größe sinkt die Trefferrate von 100 % auf die Ratewahrscheinlichkeit von hier 25 %. Die Landoltringe wurden pro Stufe höchstens acht Mal präsentiert und müssen fünf Mal richtig erkannt werden (Bach 1996). Nach 24 trials war die Messung beendet, dabei war jeder sechste dargebotene Landoltring ein Bonustrial. Bei einer Entfernung von 5 Metern (m) kann die Sehschärfe von 0,06 dpt bis zu 3,6 dpt genau bestimmt werden. Ein Pixel entspricht 0,5 Winkelminuten. In unserer

Messung kann ein maximaler Visus von 1,72 dpt ermittelt werden. Da eine stark geminderte Sehfähigkeit die Durchführung die visuelle Ordnungsschwellenmessung negativ beeinflussen kann, werden Testergebnisse von Probanden mit einem Visus kleiner 0,8 dpt nicht ausgewertet.

2.3.2 Messung des phonologischen Arbeitsgedächtnis

Um den Einfluss der phonologischen Arbeitsgedächtnisleistung auf den Lese- und Rechtschreiberwerb zu messen, führten die Kinder als Arbeitsgedächtnisaufgabe den Untertest „Zahlenspanne vorwärts und rückwärts“ aus dem Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Kinder III durch (Tewes et al. 1999). In diesem Untertest las die Versuchsleiterin dem Probanden Ziffernfolgen mit der Geschwindigkeit einer Ziffer pro Sekunde vor und das Kind sollte die Ziffernreihe wiederholen. Bei Zahlenspanne vorwärts wiederholte das Kind die Zahlen in der vorgegebenen Reihenfolge, in der entgegengesetzten bei Zahlenspanne rückwärts. Begonnen wurde mit einer Reihe aus zwei Ziffern, für jede Zahlenfolge gleicher Länge mussten zwei Versuche durchgeführt werden. Insgesamt konnten je zwei Versuche von höchstens acht Aufgaben in Zahlenspanne vorwärts und höchstens sieben Aufgaben in Zahlenspanne rückwärts durchgeführt werden. Der Proband erhielt für jede richtig nachgesprochene Ziffernreihe einen Punkt, wenn er einen Fehler machte null Punkte. Misslang sowohl der erste, als auch der zweite Versuch wurde die Aufgabe abgebrochen. Die Rohpunktsummen der Zahlenspannen vorwärts und rückwärts wurden addiert und in einer altersadjustierten Tabelle konnte der erreichte Wertpunkt abgelesen werden. Es konnten Wertpunkte zwischen 1 und 19 erreicht werden, wobei 19 dem besten Ergebnis entsprach, beste phonologische Arbeitsgedächtnisleistung.

2.3.3 Messung der visuellen Ordnungsschwelle

Die visuelle Ordnungsschwelle (VO) wird mit Hilfe eines im Rahmen der Studie entwickelten psychophysischen Experiments am Computer gemessen. Durch ein Wahlpflichtverfahren mit zwei Alternativen (2 Alternative Forced-Choice = 2 AFC) und mit zwei parallel laufenden linearen Treppen nähert es sich dem Schwellenwert an. Um das

Experiment ansprechend und kindgerecht zu gestalten ist der Test als Seehundspiel verpackt. Mit dem Programm Presentation kann das Spiel gestartet werden. In der Mitte des Monitors ist ein Seehund zu erkennen, der mit seinem Kopf wackelt um die Kinder dazu zu bringen, die Bildschirmmitte zu fixieren. Danach erscheint nacheinander links und rechts von dem Seehund je ein Ball. Die Bälle sind von gleicher Farbe und Form und befinden sich im gleichen Abstand vom Seehundkopf. Die Helligkeit des Bildschirms beträgt im Hintergrund 0,7 cd/m^2 (cd = Candela) und im Vordergrund (Bälle) 62 cd/m^2. Die Bildschirmwiederholrate auf dem externen Kathodenstrahlmonitor betrug 122 Hz (Hertz), die Auflösung 1024 x 768 pixel und die Farbtiefe 32 bit (binary digit).

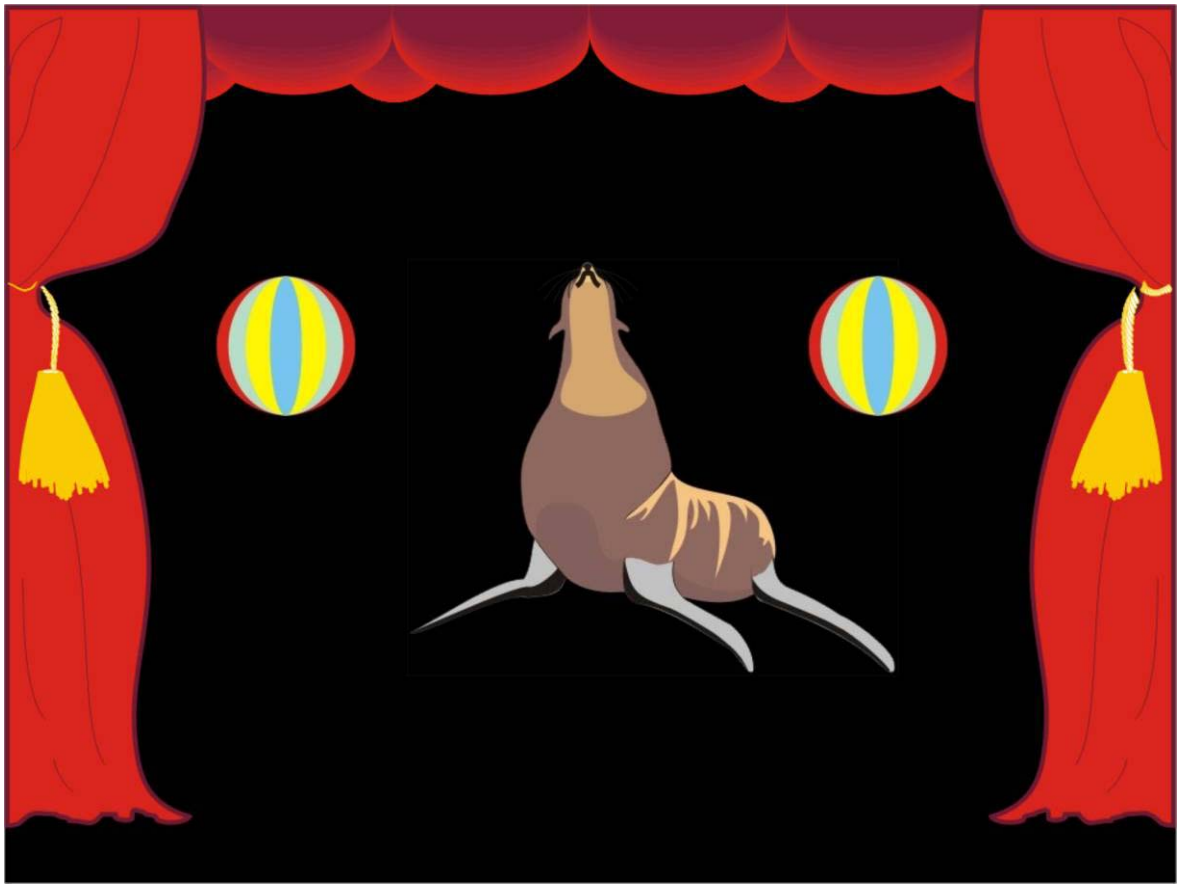

Abbildung 1: Bildschirmpräsentation des Seehundspiels zur Messung der visuellen Ordnungsschwelle.

Die Versuchsleiterin erklärte dem Kind, dass es in der Mitte einen Seehund sehe. Links und rechts von diesem erscheinen nacheinander zwei Bälle und sind dann zusammen für

0,5 Sekunden (s) sichtbar. Das Kind soll nun erkennen welcher Ball als erstes auf dem Bildschirm zu sehen war. Erscheint der linke Ball zuerst, soll der linke Pfeil auf einer externen Zifferntastatur gedrückt werden, erscheint der rechte Ball zuerst, der rechte Pfeil. Antwortet das Kind richtig, erscheint als positive Rückkopplung auf dem Bildschirm in der unteren Reihe ein neuer kleiner Ball. Das Kind sammelt also mit richtigen Antworten viele Bälle. Nach jeder Präsentation muss das Kind antworten. Falls es sich nicht sicher war, muss es eine Seite raten (Wahlpflichtverfahren mit zwei Alternativen, 2 AFC-Verfahren). Die Testleiterin wies das Kind an, immer in die Mitte auf den Seehund zu schauen, damit beide Bälle gleich bei Erscheinen erkannt werden konnten. Außerdem achtete sie darauf, dass das Kind mit einem Mindestabstand von 30 cm vom externen Monitor entfernt saß und die Zifferntastatur gut erreichbar für den Probanden mittig vor dem Bildschirm lag. Zuerst wurden mindestens fünf Übungstrials gespielt, in denen die Testleiterin darauf achtete, ob das Kind die Anweisungen richtig verstand und umsetzte. Dann begann die richtige Durchführung des Seehundspiels, es wurden zwei Runden zu je 30 trials gespielt.

Der Zeitabstand zwischen dem Erscheinen des ersten und des zweiten Balles (Stimulus-onset Asynchronie, SOA) wurde von dem Computerprogramm dynamisch in Abhängigkeit der vorausgegangenen Antwort eingestellt. Hierbei wurde ein einfacher 2:1 Treppenalgorithmus implementiert. Antwortete das Kind bei einer gegebenen SOA zweimal hintereinander richtig, wurde für die nächste Präsentation die nächst-kürzere SOA ausgewählt. Bei einer falschen Antwort wurde für die nächste Präsentation die nächst-längere SOA ausgewählt. Um das Verhalten des Computerprogramms nicht voraussagen zu können, wurden zwei unabhängige 2:1 Treppenverläufe zufällig miteinander vermischt. Der 2:1 Treppenalgorithmus konvergierte etwa bei 71% richtige Antworten. Der Startwert für beide Treppen war eine SOA von 115 ms (entspricht 14 Bildschirmwiederholraten). Die Schrittweite betrug 33 ms (4 Bildschirmwiederholraten), minimal wurde eine SOA von 8 ms (1 Bildschirmwiederholrate), maximal eine SOA von 491 ms (60 Bildschirm-wiederholraten) dargeboten. Diese maximale SOA wurde unabhängig von den Treppenverläufen zufällig etwa alle 4–9 Darbietungen als catch trial gezeigt. Die Berechnung des Schwellenwertes aufgrund der Antworten für die mit den zwei Treppen dargebotenen SOA wird weiter unten beschrieben (2.5 Auswertung)

2.3.4 Fragebogen zur Aufmerksamkeit und Konzentration

Nach Abschluss der Datenerhebung am ersten Messzeitpunkt schätzte die Versuchsleiterin die Aufmerksamkeit und Konzentration der Probanden mit Hilfe eines Fragebogens ein. Dieser bestand aus zehn Items zur Fremdbeurteilung der Aufmerksamkeit, adaptiert nach Baumgaertel et al. 1995, sowie dem Fremdbeurteilungsbogen für hyperkinetische Störungen von Döpfner und Lehmkuhl 2000. Jedes Item konnte mit „gar nicht“, „manchmal“ oder „häufig“ beantwortet werden. In der Bewertung wurden jedem „gar nicht“ ein Punkt, jedem „manchmal“ zwei Punkte und jedem „häufig“ drei Punkte zugeschrieben. Die minimale Punktzahl 10 zeigt an, dass das Kind sehr konzentriert und aufmerksam war. Wohingegen sehr unkonzentrierte Kinder maximal 30 Punkte erlangen konnten.

2.3.5 Erhebungsbogen

Für die Probandenerhebung zum ersten Messzeitpunkt wurde im Rahmen der Studie ein Erhebungsbogen entworfen (siehe Anhang). Auf diesem wurde zu Beginn jeder Messung der Name des Probanden, der Versuchspersonen-Code, das Geburtsdatum, die Reihenfolge der Experimente, die Schule, die Uhrzeit und das Datum notiert. Eventuelle Störquellen wie Beleuchtung und Hintergrundgeräusche wurden ebenfalls auf dem Erhebungsbogen protokolliert. Des Weiteren wurden die Ergebnisse des Sehtest und des HAWIK niedergeschrieben. Der Fragebogen zu Aufmerksamkeit und Konzentration befand sich auf der Rückseite des Erhebungsbogens.

Um mögliche, die Ergebnisse beeinflussende Faktoren herauszufinden wurden dem Kind am Ende jeder Messung von der Testleiterin einige Fragen zu seiner Person gestellt. Zum einen über mögliche Ohren-, Augenkrankheiten und sprachliche Auffälligkeiten, zum anderen über seine bisherigen Lese- und Schreiberfahrungen. Außerdem wurden Informationen über seine Muttersprache und mögliche andere Sprachen, die die Eltern mit ihrem Kind sprechen erhoben. Die Testleiterin notierte, ob das Kind eine Brille, ein Hörgerät trägt oder sprachliche Auffälligkeiten zeigt. Alle Fragen werden mit ja oder nein beantwortet, wenn nötig auch näher erläutert.

2.3.6 Messung der Lese- und Rechtschreibleistungen

Am zweiten Messzeitpunkt, im Juni und Juli 2006 wurden die Lese- und Rechtschreibleistungen der Probanden gemessen. Die Lehranwärter der jeweiligen Schulen führten mit jedem Studienteilnehmer zwei standardisierte Lesetests, sowie einen standardisierten Rechtschreibtest durch. Sowohl die Lesefehler, die Lesegeschwindigkeit, als auch die Rechtschreibfehler der Kinder wurden mit Hilfe folgender Tests gemessen.

Messung der Lesefehler

Die Lesefehler eines jeden Probanden wurden mit Hilfe des Diagnostischen Lesetests zur Frühdiagnose in Klasse 1 und 2 (DLF 1-2) (Müller 1999) erhoben. Dieser normierte Lesetest prüft nicht nur Lesefehler in Bezug auf verschiedene Lesestrategien bei Kindern der Klasse 1 und 2, sondern auch die Lesezeit. Zur Auswertung wurde in der vorliegenden Studie nur die Messung der Lesefehler benötigt, die Lesezeit wurde hier vernachlässigt. Der DLF 1-2 dient bei Kindern zwischen sechs und acht Jahren zur Früherfassung von Leseschwierigkeiten. Außerdem können mit Hilfe des DLF 1-2 die Lesefertigkeiten von Kindern der Klasse 1 und 2 objektiv beurteilt werden, auch wenn keine Leseschwäche vorliegt. Die Reliabilität des DLF 1-2 ist hoch (96 %), außerdem hat der DLF 1-2 als Messverfahren für die Leseleistungen eine logische Validität (Müller 1999).

Der DLF 1-2 wird als Einzeltest durchgeführt und dauert pro Kind zwei bis sechs Minuten. Es stehen zwei äquivalente Parallelformen des DLF 1-2 zur Verfügung, Form A und B. In der vorliegenden Studie wurde in allen Schulen nur die Form A verwendet. Der DLF 1-2 besteht aus 33 Einzelwörtern unterschiedlicher Schwierigkeit, die in vier Wörtergruppen gegliedert sind: Speicherung (häufige Wörter), Synthese (seltene, aber einfach aufgebaute Wörter), Analyse (schwierige Wörter mit Konsonantengruppen) und Segmentierung (zusammengesetzte Wörter). Jedes falsch gelesene Wort und jedes Wort, das nicht innerhalb zwanzig Sekunden richtig gelesen werden konnte wurde durchgestrichen und als Lesefehler gewertet.

In der quantitativen Auswertung des DLF 1-2 wurde jedes durchgestrichene Wort als ein Fehler gewertet. Die Summe aller Fehler ergibt den Rohwert der Gesamtleistung und wurde auf der Lesevorlage oben links notiert. Insgesamt konnte ein maximaler Rohwert von 33 Fehlern gemessen werden, dies entsprach den meisten Lesefehlern. Je niedriger die Fehlerzahl, desto besser die Leseleistung. Eine qualitative Auswertung, die eine Differenzierung der Lesefehler ermöglicht, wurde nicht durchgeführt. Da in der

vorliegenden Studie die Anzahl der Lesefehler, nicht jedoch die Art der Fehler mit den visuellen Ordnungsschwellen verglichen wurde.

Messung der Lesegeschwindigkeit

Die Würzburger Leise Leseprobe (WLLP) (Küspert und Schneider 1998) ist ein standardisierter Gruppentest zur Überprüfung der Lesegeschwindigkeit. Die WLLP kann im ersten bis zum vierten Grundschuljahr, jeweils während der letzten zwei Monate angewendet werden. Die WLLP ist ein Multiple-Choice-Test, in dem in fünf Minuten möglichst viele Aufgaben bearbeitet werden sollen. Eine Aufgabe besteht aus einem Wort und vier Bildalternativen. Das Kind muss das korrespondierende Bild möglichst schnell anstreichen. Es stehen zwei Pseudo-Parallelformen des WLLP zur Verfügung, Form A und B. Hier wurde nur die Form A verwendet. Die Kinder wurden angewiesen möglichst viele Wörter zu lesen und die richtigen Bilder mit einem Strich zu markieren. Der Testleiter betonte dabei, dass es auf die Schnelligkeit und Genauigkeit ankomme. Wenn ein Wort nicht erkannt wurde, sollte das Kind mit dem nächsten weitermachen. Alle korrekt bearbeiteten Aufgaben wurden zusammengezählt und als Rohwert auf dem Testheft notiert. Maximal konnten 140 Punkte erreicht werden, wenn alle Aufgaben korrekt innerhalb der fünf Minuten beantwortet wurden. Ein niedriger Rohwert bedeutet eine niedrige Lesegeschwindigkeit. Die Reliabilität des WLLP beträgt 87 % (Paralleltest-methode) bzw. 75 % (Retest-Methode). Die logische Validität des WLLP bestätigt sich durch hohe Korrelation mit anderen die Leseleistung messenden Einzelverfahren (68 % Korrelation mit dem DLF 1-2 für 1. Klasse) (Küspert und Schneider 1998).

Messung der Rechtschreibfehler

Die Rechtschreibleistungen der Probanden wurde mit dem Diagnostischen Rechtschreibtest für erste Klassen (DRT 1) (Müller 2004) gemessen. Der DRT 1 kann während der letzten Monate des ersten und den ersten drei Monaten des zweiten Schuljahres eingesetzt werden. Dieser Rechtschreibtest misst die Rechtschreibleistung von Schülern mit Bezug auf verschiedene Fehlertypen. Zum einen kann durch eine quantitative Auswertung des Tests die Rechtschreibleistung nach einem Jahr Anfangsunterricht im Lesen und Schreiben beurteilt werden. Zum anderen können durch eine qualitative Auswertung Fehlerschwerpunkte bestimmt werden, die eine gezielte Förderung ermöglichen. In der vorliegenden Studie wurde auf eine qualitative Auswertung verzichtet. Da nur die Anzahl der Rechtschreibfehler mit der VO in Bezug gesetzt wurden. Der DRT 1

kann als Gruppentest durchgeführt werden, die Durchführung dauert 30 bis 45 Minuten. Der Test ist als Lückentext aufgebaut, aus zwei 30 Wörter umfassenden Geschichten. Es liegen zwei Parallelformen mit unterschiedlichen Geschichten vor. Jedoch wurde nur die Form A verwendet. Der Rohwert wurde ermittelt, indem alle falsch geschriebenen Wörter zusammengezählt wurden. Die höchste zu erreichende Fehlerzahl beträgt 30 und entspricht dem schlechtesten Ergebnis. Ein sehr kleiner Rohwert bedeutet eine sehr gute Rechtschreibleistung. Die Reliabilität der quantitativen Analyse des DRT wird mit 89 % (Parallelform) und 95 % (Testhalbierung) angegeben (Müller 2004).

2.3.7 Intelligenztest

Im Herbst 2006 wurde die Intelligenz der Probanden mit Hilfe der Grundintelligenztest-Skala 1 (Culture Fair Intelligence Test 1) gemessen (Weiß und Osterland 1997). Der CFT 1 ist ein bewährtes Instrument zur Bestimmung der Grundintelligenz bei Kindern im Vorschulalter bis zur dritten Grundschulklasse und wird auch in Sonder- und Förderschulen angewandt. Ebenso wird der CFT 1 bei der Diagnosestellung einer Lese-Rechtschreibstörung verwendet um die intellektuelle Leistungsfähigkeit zu messen. Die Grundintelligenz ist die Fähigkeit in neuartigen Situationen und anhand von sprachfreiem, figuralem Material Denkprobleme zu erfassen, Beziehungen herzustellen, Regeln zu erkennen, Merkmale zu identifizieren und rasch wahrzunehmen.

Die Durchführung des CFT 1 konnte in einer Gruppe von höchstens 15 Kindern erfolgen. Es wurde nur die Form A verwendet, die Pseudoparallelform B nicht. Der CFT 1 ist in fünf Untertests mit verschiedenen Aufgabenstellungen gegliedert. Innerhalb jedes Untertests nehmen die Einzelaufgaben an Komplexität zu. Jeder Untertest muss innerhalb einer vorgegebenen Testzeit durchgeführt werden. Der Untertest 1 befasst sich mit Substitutionen, das Kind muss sechs figürlichen Darstellungen je das zugehörige Symbol zuordnen. Beim Subtest 2 müssen zwölf Labyrinthe richtig durchfahren werden, gemessen wird die visuelle Orientierung und Aufmerksamkeit. Der Subtest 3 erfasst die Fähigkeit zu klassifizieren. Von fünf vorgegebenen einfachen Zeichnungen, vier ähnlichen und einer verschiedenen, muss die nicht dazu passende erkannt werden. Der Untertest 4 befasst sich mit Ähnlichkeiten, eine vorgegebene Zeichnung soll aus fünf nebenstehenden und merkmalsähnlichen wieder erkannt werden. Beim Subtest 5 werden Matrizen dargeboten,

von fünf ähnlichen Figuren soll diejenige ausgewählt werden, die das nebenstehende Muster vervollständigt. Dabei muss das Kind Regeln und Zusammenhänge richtig erkennen können. Die Durchführung dauerte pro Gruppe etwa 40 Minuten, jeder Untertest muss in einer vorgegebenen Testzeit durchgeführt werden. Der durchschnittliche Intelligenzquotient beträgt in einer Population normalerweise 100, mit einer Standardabweichung von 15 (Weiß und Osterland 1997).

2.4 Technischer Aufbau zum ersten Messzeitpunkt

Der technische Messaufbau zum ersten Messzeitpunkt war für beide Testleiterinnen identisch, sie verwendeten das gleiche Setup und hielten sich an dieselbe Anleitung zum Messaufbau. Die technische Ausrüstung zur VO-Messung bestand aus einem Laptop (Dell Latitude D610) mit CD-Brenner, einem externen Bildschirm und einer externen Zifferntastatur. Es wurden die Programme Presentation, FrACT und ein CD-Brennprogramm zur täglichen Datensicherung benötigt. Zur VO-Messung stand ein externer Monitor mit einer zeitlichen Auflösung von 122 Hz zur Verfügung, der am Notebook angeschlossen wurde. Außerdem wurde zur Durchführung des Visustests und der Ordnungsschwellenmessung eine externe Zifferntastatur verwendet, die mit dem Laptop verbunden wurde.

Nachdem der Messaufbau komplett war, konnte das Notebook eingeschaltet werden und die Konfiguration der Grafik wurde kontrolliert. Einstellung der Grafik-Optionen: Ausgabe nur auf dem externen Monitor und eine Bildschirmaktualisierungsrate von 122 Hz wurden ausgewählt. Die Auflösung betrug 1024 x 768 Pixel und die Farbtiefe 32 bit. Der Kontrast und die Helligkeit wurden auf 100 eingestellt. Die Helligkeit des Bildschirms betrug im Hintergrund 0,7 cd/m^2 und im Vordergrund (Bälle) 62 cd/m^2. Für die Kalibrierung des FrACT wurde das Programm gestartet und ´Preferences` angeklickt. Sowohl der Kalibrierungsstrich, als auch der Sehabstand des Kindes zum Monitor wurde in Millimeter abgemessen und eingegeben.



Abbildung 2: Technischer Aufbau zur Durchführung der visuellen Ordnungsschwellenmessung. Der Proband sitzt bei der Durchführung rechts vor dem externen Monitor, die Versuchsleiterin links.

2.5 Auswertung

Visuelle Ordnungsschwelle

Die VO wurde für jeden Probanden aus den je 30 Antworten beider Durchläufe berechnet. Eine sigmoide Funktion (logistische Funktion) wurde mit Hilfe des Softwarepakets psignifit Version 2.5.4 (http://www.bootstrap-software.org/psignifit/) an die Antwortdaten angepasst. Diese Funktion ist vollständig beschrieben mit den vier Parametern Minimum (0,5, Ratewahrscheinlichkeit bei 2 AFC), Maximum (1), Schwellenwert (Wendepunkt, hier 75 % korrekte Antworten) und Steigung (Wichmann und Hill 2001). Messungen, bei denen ein negativer Schwellenwert oder ein Schwellenwert größer 491 ms errechnet wurde (das längste präsentierte SOA betrug 491 ms), wurden aus der Auswertung ausgeschlossen. Ebenso ausgeschlossen wurden Messungen deren Steigung größer 500 oder deren Steigung größer als der Mittelwert plus eine Standardabweichung war. Konnte der Schwellenwert eines Probanden nur aus einem der beiden Durchgänge ermittelt werden, ging allein dieser Durchgang in die statistische Auswertung ein.

Allgemeine kognitive Variablen

Der im CFT-1 gemessene Intelligenzquotient, die Wertpunktsumme des Zahlennachsprechens und der Aufmerksamkeitsscore konnten direkt in die Auswertung eingehen. Im Zahlennachsprechen vorwärts und rückwärts aus dem HAWIK III konnten Wertpunkte zwischen 1 und 19 erreicht werden, wobei 19 dem besten Ergebnis entsprach, also beste phonologische Arbeitsgedächtnisleistung. Der Aufmerksamkeitsscore konnte Werte zwischen 10 und 30 erreicht werden. Eine Punktzahl von 10 zeigt an, dass das Kind sehr konzentriert und aufmerksam war. Wohingegen sehr unkonzentrierte Kinder maximal 30 Punkte erlangen konnten.

Lese- und Rechtschreibtests

In der quantitativen Auswertung des DLF 1-2 wurde jedes durchgestrichene Wort als ein Fehler gewertet. Die Summe aller Fehler ergab den Rohwert der Gesamtleistung. Insgesamt konnte ein maximaler Rohwert von 33 Fehlern gemessen werden. Je niedriger der Rohwert, desto besser die Leseleistung. Eine qualitative Auswertung, die eine Differenzierung der Lesefehler ermöglicht, wurde nicht durchgeführt. Da in der vorliegenden Studie die Anzahl der Lesefehler, nicht jedoch die Art der Fehler mit den VO verglichen wurde.

In der WLLP wurden alle korrekt bearbeiteten Aufgaben zusammengezählt und als Rohwert notiert. Wurden alle Aufgaben korrekt beantwortet konnte ein maximaler Rohwert von 140 erreicht werden. Ein niedriger Rohwert bedeutet eine niedrige Lesegeschwindigkeit.

Der DRT-1 wurde ebenfalls nur quantitativ ausgewertet. Der Rohwert wurde ermittelt, indem alle falsch geschriebenen Wörter zusammengezählt wurden. Die höchste zu erreichende Fehlerzahl im DRT-1 beträgt 30 und entspricht dem schlechtesten Ergebnis. Ein sehr kleiner Rohwert bedeutet eine sehr gute Rechtschreibleistung.

Statistische Auswertung

Für die statistische Auswertung der Gesamtstichprobe wurden parametrische Verfahren verwendet. Es wurde zum einen mittels Produkt-Moment-Korrelationen nach Pearson untersucht, ob die VO zu Schulanfang mit den späteren Lese-Rechtschreibleistungen am Ende der ersten Klasse in Verbindung steht. Zum anderen wurde mit multivariaten hierarchischen Regressionsanalysen geprüft, ob die VO einen Beitrag zur Aufklärung der Varianz im Lesen und Schreiben leisten kann, der über den Varianzaufklärungsbeitrag von

allgemeinen kognitiven Variablen wie der Intelligenz, dem Arbeitsgedächtnis und der Aufmerksamkeit hinausgeht. In der Regel entsprechen die tatsächlichen Beziehungen zwischen mehreren gemessenen Variablen nicht dem einfachen korrelativen Modell. In den meisten Fällen ist eine abhängige Variable (Kriterium) mit mehr als einer anderen Variablen verknüpft. Das multivariate Regressionsmodell betrachtet die Stärke einer Beziehung zwischen dem Kriterium und einem Set von interkollierenden unabhängigen Variablen, Prädiktoren genannt (Diehl und Kohr 1994).

3. Ergebnisse

3.1 Deskriptive Auswertung

Die visuelle Ordnungsschwelle wurde von insgesamt 232 Probanden berechnet. Nach der Berechnung wurden die Messungen aus der deskriptiven und statistischen Auswertung ausgeschlossen, bei denen die Schätzungen der Schwelle unmögliche Werte ergaben (Messungen, bei denen ein negativer Schwellenwert oder ein Schwellenwert größer 491 ms errechnet wurde und Messungen deren Steigung größer 500 oder deren Steigung größer als der Mittelwert plus eine Standardabweichung war). Insgesamt konnten 198 VO-Messungen in die Auswertung eingehen. Davon konnte die VO von 167 Kindern aus beiden Durchgängen errechnet werden. Bei 20 Messungen ergab sich die VO nur aus dem ersten und bei 11 Messungen nur aus dem zweiten Durchgang. Von 85 % der Probanden konnte die VO ermittelt werden. Der Mittelwert der VO beträgt 128 ms, dabei erstreckten sich die gefundenen Werte zwischen 1,6 ms und 454 ms.

Die anderen erhobenen Variablen (IQ-Wert, Arbeitsgedächtnisleistung, Aufmerksamkeits-score, Lesefehler, Lesegeschwindigkeit und Rechtschreibfehler) konnten ohne weitere Einschränkung in die Auswertung aufgenommen werden. Alle erhobenen Daten der Stichprobe gingen in die Auswertung ein, so dass in der statistischen Auswertung alle Variablen von möglichst vielen Probanden miteinander in Beziehung gesetzt werden konnten.

Der IQ-Wert konnte von insgesamt 220 Studienteilnehmern ermittelt werden, sein Mittelwert lag bei 108 mit einem Maximum von 140 und einem Minimum von 70. Die phonologische Arbeitsgedächtnisaufgabe, dem Zahlennachsprechen wurde von allen 232 Probanden durchgeführt, die auch an der VO-Messung teilgenommen haben. In der Stichprobe wurden Werte zwischen 3 und 16 Punkten erreicht, mit einem Mittelwert von 9,16 Punkten. Die abgeschätzte Aufmerksamkeit aller Probanden (232 Kinder) betrug zwischen 3 und 22 Punkten, im Mittel 12,8 Punkte.

Die mit Hilfe des DLF 1-2 gemessenen Lesefehler wurden als Rohwert in die Auswertung aufgenommen. Von 199 Probanden wurden Werte zwischen 0 und 30 Lesefehlern mit

einem Mittelwert von 3,18 Lesefehlern erreicht. Die von 207 Studienteilnehmern durchgeführte WLLP zur Erhebung der Lesegeschwindigkeit ergab Rohwerte zwischen 1 und 134 Punkten, im Mittelwert 47,8 Punkte. Aus dem angewandten Rechtschreibtest (DRT 1) wurden die Rohwerte von insgesamt 221 Studienteilnehmern ausgewertet. Der kleinste Wert lag bei 0 und der größte bei 28 Rechtschreibfehlern, im Mittelwert 4,81.

In Tabelle 1 sind die Probandenanzahl, der Mittelwert, Minimum, Maximum und die Standardabweichung aller erhobenen Variablen eingetragen.

Tab. 1: Deskriptive Statistik

Die Tabelle zeigt die Ergebnisse aller untersuchten Variablen mit deren Probandenanzahl N, Minimum, Maximum, Mittelwert und Standardabweichung.

CFT = Culture Fair Intelligence Test; DLF = Deutscher Lesetest zur Frühdiagnose; DRT = Deutscher Rechtschreibtest; IQ = Intelligenzquotient; N = Anzahl der Probanden mit vorliegendem Test; VO = Visuelle Ordnungsschwelle; WLLP = Würzburger Leise Leseprobe;

	N	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standard-abweichung
Gesamt-IQ im CFT	220	70	142	108	14,6
Zahlennachsprechen Wertpunkte	232	3	16	9,16	2,36
Summe Aufmerksamkeitsscore	232	10	22	12,8	2,67
Schwellenwert für VO in ms	198	1,60	454	128	75,7
DLF Rohwert Lesefehler gesamt	199	0	30	3,18	3,62
WLLP Rohwert	207	1	134	47,8	19,3
DRT Rohwert quantitativ	221	0	28	4,81	5,03

3.2 Statistische Auswertung

3.2.1 Korrelative Zusammenhänge der betrachteten Variablen

Es wurden Produkt-Moment-Korrelationen nach Pearson berechnet, um die Zusammenhänge zwischen den betrachteten Variablen zu ermitteln. In Tabelle 2 sind die Ergebnisse in einer Korrelationsmatrix dargestellt.

Tab. 2: Korrelationskoeffizienten für die betrachteten Variablen.
VO = Visuelle Ordnungsschwelle; ** p < 0,01, zweiseitig (p = probability, Wahrscheinlichkeit)

Variable	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
(1) Non-verbale Intelligenz	1,00						
(2) Arbeitsgedächtnis	0,37**	1,00					
(3) Aufmerksamkeit	-0,21**	-0,32**	1,00				
(4) VO	-0,25**	-0,29**	0,22**	1,00			
(5) Lesefehler	-0,10	-0,20**	0,26**	0,06	1,00		
(6) Lesezeit	0,19**	0,24**	-0,24**	-0,02	-0,37**	1,00	
(7) Rechtschreibfehler	-0,24**	-0,26**	0,29**	0,07	0,63**	-0,48**	1,00

Die visuelle Ordnungsschwelle korreliert signifikant mit den basalen kognitiven Fähigkeiten wie IQ, Arbeitsgedächtnisleistung und Aufmerksamkeit. Je höher der IQ oder je besser das Arbeitsgedächtnis, desto niedriger ist die visuelle Ordnungsschwelle. Je besser die Aufmerksamkeit, desto niedriger der Schwellenwert. Man kann daraus schließen, dass die visuelle Ordnungsschwelle eng mit den allgemeinen kognitiven Fähigkeiten zusammenhängt.

Jedoch zeigt sich keine signifikante Korrelation der VO mit den Lese- und Rechtschreibleistungen, weder mit den Lesefehlern, der Lesegeschwindigkeit noch mit den Rechtschreibfehlern. Anhand dieser Ergebnisse kann man nicht davon ausgehen, dass die VO im Zusammenhang mit den Lese- und Rechtschreibleistungen steht.

Es zeigt sich, dass die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten signifikant mit den Lese- und Rechtschreibleistungen korrelieren. Je höher der Intelligenzquotient, desto größer die Lesegeschwindigkeit und desto geringer ist die Anzahl der Rechtschreibfehler. Je besser das Arbeitsgedächtnis eines Kindes, desto weniger Lesefehler, desto größer ist die Lesegeschwindigkeit und desto weniger Rechtschreibfehler werden gefunden. Je besser die Aufmerksamkeit, desto weniger Fehler im Lesen und Rechtschreiben und desto mehr Wörter können in der vorgegebenen Zeit gelesen werden. Die basalen kognitiven Leistungen stehen eng mit den Leistungen im Lesen und Schreiben in Verbindung.

Auch untereinander korrelieren die allgemeinen kognitiven Fähigkeiten signifikant. Je größer der IQ-Wert, desto besser die Arbeitsgedächtnisleistung und desto aufmerksamer ist ein Kind. Da die Arbeitsgedächtnisleistung eine Teilkomponente der allgemeinen Intelligenz ist, war dieses Ergebnis zu erwarten. Je besser die Arbeitsgedächtnisleistung eines Kindes, desto aufmerksamer ist es.

Die gemessenen Lese- und Rechtschreibleistungen, Lesezeit, Lesefehler und Rechtschreibfehler zeigen starke Korrelationen untereinander. Je weniger Fehler ein Kind beim Lesen machte, desto mehr Wörter pro Zeit konnte es lesen und desto weniger Rechtschreibfehler wurden gefunden. Je mehr Fehler im Rechtschreiben gefunden wurden, desto geringer ist die Lesegeschwindigkeit.

Da die Lese- und Rechtschreibleistungen stark mit den allgemeinen kognitiven Leistungen und nicht mit der visuellen Ordnungsschwelle korrelieren, muss davon ausgegangen werden, dass die kognitiven Leistungen viel Varianz aufklären und die VO keinen unabhängigen Beitrag zur Varianzaufklärung leistet.

3.2.2 Vorhersagen bezüglich des Lese- und Rechtschreiberfolges

Zur Überprüfung der Beziehungsstruktur zwischen den Variablen wurde die Methode der multivariaten hierarchischen Regressionsanalyse angewandt. Es soll gezeigt werden, ob die visuelle Ordnungsschwelle einen von allgemeinen kognitiven Leistungen (in diesem Fall allgemeine Intelligenz, Arbeitsgedächtnisleistung und Aufmerksamkeit) unabhängigen Beitrag zum Lese- Rechtschreiberfolg in Klasse 1 leisten kann. Deshalb wurden die

Prädiktorvariablen blockweise in die Regressionsanalyse aufgenommen. In Block 1 wurden Intelligenz, Arbeitsgedächtnis und Aufmerksamkeit aufgenommen (schrittweise Auswahl; Kriterien: Wahrscheinlichkeit von F-Wert für Aufnahme ≤ 0,05; Wahrscheinlichkeit von F-Wert für Ausschluss ≥ 0,1; F-Wert = Fisher-Snedecor distribution, gibt die konstante Wahrscheinlichkeitsverteilung der Varianzanalyse an). In Block 2 wurde die visuelle Ordnungsschwelle in die Regressionsanalyse einbezogen (Kriterien: Wahrscheinlichkeit von F-Wert für Aufnahme ≤ 0,05; Wahrscheinlichkeit von F-Wert für Ausschluss ≥ 0,1). Insgesamt wurden drei Regressionsanalysen berechnet, um den Einfluss der Variablen auf den Lese-Rechtschreiberfolg in Klasse 1 zu bestimmen. Je eine Regressionsanalyse zur Vorhersage von Lesefehler, Lesegeschwindigkeit und Rechtschreibfehler. Tabelle 3 zeigt die Ergebnisse der hierarchischen Regressionsanalysen zur Vorhersage von Lesefehlern, Lesegeschwindigkeit und Rechtschreibfehlern am Ende von Klasse 1.

Tab. 3: Hierarchische Regressionsanalyse für Variablen zur Vorhersage von Lesefehlern, Lesezeit und Rechtschreibfehlern am Ende von Klasse 1.
N = Anzahl der vorliegenden Tests; VO = Visuelle Ordnungsschwelle; ** p < 0,01, zweiseitig; * p < 0,05, zweiseitig (p = probability, Wahrscheinlichkeit)

	Lesefehler (N = 167)		Lesegeschwindigkeit (N = 172)		Rechtschreibfehler (N = 183)	
Prädiktorvariable	Beta	P	Beta	P	Beta	P
1. Intelligenz	-0,03	0,72	0,13	0,11	-0,16	< 0,05*
Arbeitsgedächtnis	-0,13	0,10	0,24	< 0,01**	-0,27	< 0,01**
Aufmerksamkeit	0,21	< 0,01**	-0,12	0,14	0,19	< 0,01**
2. VO	0,02	0,78	0,06	0,43	-0,04	0,61

In der Regressionsanalyse zur Vorhersage von Lesefehlern am Ende von Klasse 1 werden 3,8 % der Varianz durch die Aufmerksamkeit aufgeklärt (korrigiertes R^2, R = Pearson product-moment correlation coefficient). Allgemeine Intelligenz und Arbeitsgedächtnis leisten keinen darüber hinausgehenden signifikanten Beitrag zur Varianzaufklärung. Die visuelle Ordnungsschwelle trägt ebenfalls nicht zur Varianzaufklärung bei.

Der einzige signifikante Prädiktor für die Lesegeschwindigkeit am Ende von Klasse 1 ist die Arbeitsgedächtnisleistung (Varianzaufklärung: 5,4 %). Weder die anderen allgemeinen kognitiven Variablen (Intelligenz und Aufmerksamkeit), noch die visuelle Ordnungsschwelle können einen signifikanten Teil der Varianz aufklären.

Als wichtigster Prädiktor für Rechtschreibfehler am Ende von Klasse 1 fungiert das Arbeitsgedächtnis, welches 6,8 % der Varianz aufklärt. Die Aufmerksamkeit leistet zusätzliche 2,8 % Varianzaufklärung, die allgemeine Intelligenz nochmals 1,9 %. Durch die allgemeinen kognitiven Variablen werden somit 11,5 % der Varianz im Rechtschreiben aufgeklärt. Die visuelle Ordnungsschwelle leistet dagegen keinen eigenständigen Beitrag zur Varianzaufklärung der Lese- und Rechtschreibleistungen am Ende von Klasse 1.

4. Diskussion

In der vorliegenden Untersuchung wurden zu Beginn der ersten Klasse visuelle Ordnungsschwellen erhoben und deren prädiktiver Wert auf den Lese- und Rechtschreiberfolg am Ende von Klasse 1 geprüft. Es konnte kein Zusammenhang zwischen den visuellen Ordnungsschwellen und dem späteren Lese- und Rechtschreiberfolg gefunden werden. Anhand von visuellen Ordnungsschwellen war in unserer Stichprobe keine Voraussage der Lese- und Rechtschreibleistungen möglich. Somit kann die Theorie des schnellen zeitlichen Wahrnehmungsdefizits bei Lese- und Rechtschreibschwachen durch die vorliegende Studie nicht unterstützt werden.

Viel mehr zeigte sich, dass basale kognitive Fähigkeiten einen signifikanten Einfluss auf den Lese- und Rechtschreiberfolg am Ende von Klasse 1 haben. Allgemeine Intelligenz, phonologisches Arbeitsgedächtnis und Aufmerksamkeit stellten signifikante Prädiktoren für den Schriftspracherwerb am Ende von Klasse 1 dar. Jedoch konnten die basalen kognitiven Variablen nur einen Teil der Varianz der Lese- und Rechtschreibleistungen aufklären. In der vorliegenden Untersuchung bleibt unklar, welche Variable den wesentlichen Beitrag zum Lese- und Rechtschreiberfolg leistet.

4.1 Reflexion der Methodik

Messung der Visuellen Ordnungsschwelle

Die temporale Wahrnehmungsleistung wurde mit Hilfe einer visuellen Ordnungsschwellenmessung bei Erstklässlern bestimmt. Die Methode wurde eigens für die vorliegende Studie entwickelt, aufgrund der bisherigen Datenlage können keine Aussagen über Reliabilität und Validität des verwendeten Experiments getroffen werden. Vorhergehende Studien verwendeten ähnliche Methoden zur Bestimmung der temporalen Wahrnehmungsleistung bei Kindern. Hood and Conlon berichten eine signifikant moderate Test-Retest Reliabilität, sie erhoben Ordnungsschwellen an ihrer Stichprobe zu zwei Zeitpunkten, in der Vorschule und in der ersten Klasse und konnten einen Zusammenhang mit dem späteren Leseerfolg feststellen (Hood und Conlon 2004). Die Methode von Hood

und Conlon war ebenfalls ein 2-AFC Verfahren, jedoch mit vorher festgelegter SOA und ohne positive Rückkopplung für die Probanden. Um im Experiment der vorliegenden Studie die Motivation und Aufmerksamkeit der Probanden hoch zu halten wurde nach jeder richtig gelösten Aufgabe eine optische Belohnung präsentiert. Womöglich beeinflusste diese optische Belohnung die Ordnungsschwellenmessung. Vor allem unaufmerksame Probanden konnten durch die während der Durchführung immer für den Probanden sichtbaren Belohnungsbälle abgelenkt werden. Da die VO-Messung bei einer Mehrzahl erfolgreich (bei 72 % der Probanden konnten Sehschwellen aus beiden Durchgängen erfolgreich geschätzt werden) durchgeführt wurde, kann dies allein nicht das gefundene Ergebnis erklären. Sehr wohl konnte bei 34 Probanden (15 %) die Sehschwelle nicht errechnet werden und bei einem anderen Teil (13 %) konnte die Sehschwelle nur aus einem der zwei Durchgänge geschätzt werden. Dabei spielt die Aufmerksamkeit eines Probanden, die Motivation oder auch die Ablenkung durch die optische Belohnung eine große Rolle. In der statistischen Auswertung zeigte sich, dass eine schlechte Aufmerksamkeit mit hohen VO in Zusammenhang steht.

Weiterhin ist fraglich wie reliabel die zeitliche Wahrnehmungsleistung bei Kindern gemessen werden kann. Berwanger et al. ermittelten für ihre temporale Wahrnehmungsaufgaben moderate bis geringe Test-Retest Reliabilitäten. Sie erhoben Ordnungsschwellen bei Kindern zwischen fünf und elf Jahren und wiederholten ihre Messungen nach einer Woche und nach vier Monaten. Sie kamen zu dem Schluss, dass die Ordnungsschwellen bei Kindern jünger sieben Jahre nur schwer eingeschätzt werden können, da die Kinder oft Schwierigkeiten bei der Durchführung der Aufgabe hatten (Berwanger et al. 2004). Berwanger et al. verwendeten dabei ein eher neutrales Testverfahren, bei dem die Probanden angewiesen wurden Klicklaute wahr zu nehmen. Im Gegensatz dazu war es Ziel der vorliegenden Studie, ein kindgerechtes Experiment einzusetzen, das die Motivation der jungen Probanden während der Durchführung möglichst hoch hielt. Deshalb wurde das Experiment in eine kindgerechte Geschichte verpackt, in der ein Seehund Bälle fangen musste. Wir vermuten, dass damit die Motivation und die Aufmerksamkeit der Kinder für die Durchführung gestärkt wurden. Die These von Berwanger, Ordnungsschwellenexperimente seien für junge Kinder zu schwer, kann in der vorliegenden Studie nicht bestätigt werden, da der Großteil der Probanden die Testanleitung verstand und die VO-Messung erfolgreich durchführen konnte. Von 85 % der Studienteilnehmer konnten VO erfolgreich ermittelt werden.

Messung der Lese- und Rechtschreibleistungen

Die verwendeten Tests zur Messung der Lesegeschwindigkeit, der Lesefehler und Rechtschreibfehler haben in vorausgegangenen Untersuchungen eine hohe Reliabilität und Validität gezeigt (Küspert und Schneider 1998, Müller 1999, Müller 2004). Ihre Zuverlässigkeit wird auch durch das vorliegende Ergebnis bestätigt, alle drei Testergebnisse korrelieren stark miteinander. Die Lese- und Rechtschreibleistungen aller Kinder sind über den Ansatz der Korrelation Bestandteil der Untersuchung. Die einzelnen Testergebnisse sind darüber hinaus nicht diagnostisch für eine Lese- und Rechtschreibstörung und Diagnosen sind am Ende der Klasse 1 noch nicht möglich.

Die Validität unserer Ergebnisse wird möglicherweise durch das Erhebungsverfahren getrübt. Die Tests wurden von insgesamt 22 verschiedenen Testleitern/-innen durchgeführt, die jeweiligen Referendare/-innen der 22 ausgewählten Schulen. Alle Referendare/-innen wurden zwar vorher über eine genaue Durchführung und exakte Anweisung geschult, dennoch ist eine gewisse Verzerrung der Ergebnisse möglich. Jedoch ist zweifelhaft, ob eine validere Messung der Lese- und Rechtschreibleistungen eine Korrelation mit den VO-Ergebnissen ergeben hätte. Sowohl die gemessene Lesezeit, als auch die Lesegeschwindigkeit und die Rechtschreibleistung zeigen eine starke Korrelation untereinander. Man kann also davon ausgehen, dass die erhobenen Lese- und Rechtschreibleistungen sehr valide und reliabel gemessen wurden. Außerdem besteht keinerlei Korrelation zwischen den VO und den Ergebnissen der Lese- und Rechtschreibtests. Weder die Lesezeit, noch die Lesegeschwindigkeit, oder die Rechtschreibleistungen zeigen irgendeine signifikante Korrelation mit den Ergebnissen der visuellen Wahrnehmungsaufgabe.

Beurteilung der Aufmerksamkeit

In der vorliegenden Studie wurde die Aufmerksamkeit zum ersten Messzeitpunkt von der Testleiterin abgeschätzt. Die Abschätzung der Aufmerksamkeit erfolgte während eines sehr begrenzten Zeitraums, etwa 30-45 Minuten benötigte jeder Proband für die Datenerhebung zum zweiten Messzeitpunkt. Dabei wurde die Aufmerksamkeit subjektiv über den beobachteten Zeitraum eingeschätzt. Von der Einschätzung der Aufmerksamkeit lässt in der vorliegenden Studie keine Diagnose eines möglichen ADHS ableiten, da keine weitergehenden Untersuchungen erfolgten.

Weiterhin muss bedacht werden, dass die Aufmerksamkeit jeweils von einer der zwei Testleiterinnen beurteilt wurde. Es könnten dabei gewisse Effekte die Testleiterin betreffend oder die Umgebung betreffend erwartet werden, die die Einschätzung der Aufmerksamkeit beeinflussen könnten. In den erhobenen Daten zeigt sich jedoch sehr wohl eine signifikante Korrelation zwischen den Ergebnissen im Aufmerksamkeitsscore und den kognitiven Aufgaben, wie Arbeitsgedächtnis. Dies bestätigt die Ergebnisse des erhobenen Aufmerksamkeitsscores und auch seine Validität. Auch die Ergebnisse der Lesefehler und Rechtschreibfehler und die VO korrelieren siginifikant mit dem Aufmerksamkeitsscore.

4.2 Einfluss der allgemeinen kognitiven Fähigkeiten auf das Lesen und Schreiben

Allgemeine kognitive Fähigkeiten haben einen Einfluss auf den Lese- und Rechtschreiberfolg. So haben Kinder mit einer Lese-Rechtschreibstörung Schwierigkeiten bei der Durchführung von phonologischen Arbeitsgedächtnisaufgaben, vor allem wenn Zahlenspannen präsentiert werden (Jeffries und Everatt 2004). In der vorliegenden Auswertung konnte die phonologische Arbeitsgedächtnisleistung einen signifikanten Beitrag zur Varianzaufklärung der Lesegeschwindigkeit (5,4 %) und der Rechtschreibfehler (6,8 %) beitragen.

Dass der IQ einen größeren Einfluss auf das Lesen und Schreiben hat als die zeitliche Wahrnehmungsverarbeitung, wurde auch durch Hulslander und Kollegen gezeigt. In ihrer Untersuchung an 73 Kindern und jungen Erwachsenen mit unterschiedlichen Lesefähigkeiten stellten sie fest, dass die Wahrnehmungsverarbeitung keinen signifikanten Beitrag zur Varianzaufklärung der Lesefähigkeiten leistete, nachdem der IQ in die statistische Kontrolle eingerechnet wurde. Der IQ allein erklärte die Beziehung zwischen der Leseleistung und der Wahrnehmungsverarbeitung (Hulslander et al. 2003). In der vorliegenden statistischen Auswertung konnte die allgemeine Intelligenz einen signifikanten Beitrag zur Varianzaufklärung des Rechtschreibens leisten (1,9 %). Bei der Varianzaufklärung der Leseleistungen spielte der IQ keine Rolle.

Außerdem konnten Hulslander et al. in ihrer Studie keinen signifikanten Einfluss einer ADHS und der Arbeitgedächtnisleistung auf die Lesefähigkeiten finden (Hulslander et al. 2003). Die vorliegende Stichprobe wurde nicht auf ADHS untersucht. Deshalb kann ein möglicher Effekt einer ADHS auf die Lese- und Rechtschreibleistungen nicht ausgeschlossen werden. Die eingeschätzte Aufmerksamkeit in der vorliegenden Studie konnte sowohl einen signifikanten Teil der Varianz der Lesefehler (3,8 %), als auch der Rechtschreibfehler (2,8 %) aufklären.

Basale kognitive Fähigkeiten wie allgemeine Intelligenz, Aufmerksamkeit und phonologisches Arbeitsgedächtnis hatten einen Einfluss auf die visuellen Ordnungsschwellen. Ebenso wurde eine signifikante Korrelation zwischen den allgemeinen kognitiven Fähigkeiten und dem späteren Lese-Rechtschreibfähigkeiten gefunden. Der Lese-Rechtschreiberfolg am Ende von Klasse 1 konnte in der vorliegenden Stichprobe durch die basalen kognitiven Fähigkeiten vorhergesagt werden. Kinder mit hohem IQ, guter Arbeitsgedächtnisleistung und einer guten Aufmerksamkeit zeigten eine größere Lesegeschwindigkeit und machten weniger Fehler im Lesen und Rechtschreiben.

4.3 Pansensorisches Wahrnehmungsdefizit

Grundlegend für die vorliegende Studie ist die Theorie des temporalen zeitlichen Wahrnehmungsdefizits als Ursache schlechter Lese- und Rechtschreibfähigkeiten. Aufgrund einiger Studienergebnisse ging man davon aus, dass dies pansensorisch zu finden sei. Also sowohl im visuellen, als auch im auditiven Wahrnehmungssystem (Conlon et al. 2004, Farmer und Klein 1995, van Ingelhem et al. 2001). In der vorliegenden Studie konnte kein Zusammenhang zwischen einem visuellen zeitlichen Wahrnehmungsdefizit und einem Lese- und Rechtschreibdefizit gefunden werden. In einer zweiten Studie mit denselben Probanden und gleichem Studienaufbau wurden am Anfang von Klasse 1 auditive Ordnungsschwellen gemessen und diese mit den Lese- und Rechtschreibleistungen am Ende der ersten Klasse in Beziehung gesetzt (Jaensch N, Dissertationsschrift in Vorbereitung). Im Ergebnis zeigte sich eine signifikante Korrelation der auditiven Ordnungsschwellen zu den Lese- und Rechtschreibergebnissen (Lesefehler, Lesegeschwindigkeit und Rechtschreibfehler) am Ende von Klasse 1. Die auditive

Ordnungsschwelle konnte 3,3 % der Varianz der Lesefehler aufklären. Wobei 4 % der Varianz der Lesefehler durch die Aufmerksamkeit aufgeklärt wurde. Jedoch konnte die auditive Ordnungsschwelle keinen Beitrag zur Varianzaufklärung der Rechtschreibfehler und Lesegeschwindigkeit leisten. Die Arbeitsgedächtnisleistung war der größte Prädiktor der Lesegeschwindigkeit (Varianzaufklärung 5,7 %) und der Rechtschreibfehler (Varianzaufklärung 10 %). Anhand der auditiven Ordnungsschwelle ist eine Vorhersage der Lese- und Rechtschreibleistungen am Ende von Klasse 1 möglich. Zwar klärt die auditive Ordnungsschwelle nur wenig bis keine Varianz der Lese- und Rechtschreibleistungen auf, jedoch zeigt sich eine eindeutig signifikante Korrelation. Somit läßt sich schließen, dass ein auditives Wahrnehmungsdefizit ursächlich für schlechte Lese- und Rechtschreibleistungen ist, wenngleich es weitere wichtigere Determinanten geben muss (Jaensch N, Dissertationsschrift in Vorbereitung). Weiterhin zeigt sich der große Einfluss basaler kognitiver Fähigkeiten wie Aufmerksamkeit und Arbeitsgedächtnis auf den Lese- und Rechtschreiberwerb, der auch in der Untersuchung der auditiven Ordnungsschwelle durch Jaensch gefunden wurde.

Aufgrund dieser Ergebnisse und den Ergebnissen der vorliegenden Studie muss die Theorie des pansensorischen Wahrnehmungsdefizits revidiert werden. Womöglich sind schnelle zeitliche Verarbeitungsdefizite nur im auditiven System die Ursache für schlechte Lese- und Rechtschreibleistungen. Ein Visuelles Wahrnehmungsdefizit, beziehungsweise eine Störung im magnozellulären System scheint nicht grundlegend für den Lese- und Rechtschreiberfolg zu sein. Man kann schlussfolgern, dass die auditive Wahrnehmung einen größeren Einfluss auf den Erwerb des Lesens- und Schreibens hat als die visuelle. In zahlreichen Studien konnte Tallal zeigen, dass eine gestörte Entwicklung des phonologischen Systems Folge eines auditiven Wahrnehmungsdefizits ist und zu einer Lese- und Rechtschreibstörung führt (Tallal 1980, Tallal et al. 1998, Tallal 2000). Eine gestörte Entwicklung im phonologischen System scheint Ursache schlechter Lese- und Rechtschreibfähigkeiten zu sein. Die Theorie des magnozellulären Defizits bei Dyslektikern kann durch die vorliegende Untersuchung nicht unterstützt werden. Es konnte keine Korrelation der VO mit den Lese- und Rechtschreibleistungen gefunden werden. Vielmehr wird deutlich, dass ein schnelles zeitliches Verarbeitungsdefizit im visuellen System keinen Einfluss auf den Lese- und Rechtschreiberwerb hat und somit nicht Ursache einer Lese- und Rechtschreibstörung ist.

4.4 Ausblick

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie können die Theorie eines zeitlichen Verarbeitungsdefizits bei Lese-Rechtschreibschwachen nicht unterstützen. Es konnte keine Vorhersage der Lese- und Rechtschreibleistungen am Ende von Klasse 1 durch die visuellen Ordnungsschwellen getroffen werden. Die Studie reiht sich ein in eine Liste von Forschungsvorhaben, denen es misslang ein temporales Verarbeitungsdefizit als Ursache einer Lese- und Rechtschreibstörung zu finden. Viel mehr zeigte sich der Einfluss basaler kognitiver Fähigkeiten auf den Schriftspracherwerb in Klasse 1. Die allgemeinen kognitiven Variablen erklären jedoch nur einen kleinen Teil der Lese- und Rechtschreibleistungen. Es muss von weiteren noch unbekannten Größen ausgegangen werden, die einen wesentlichen Einfluss auf den Erwerb des Lesens und Schreibens haben. Zukünftige Studien sollten sich mit anderen möglichen Variablen beschäftigen, die den Lese- und Rechtschreiberwerb beeinflussen.

Sicherlich kann die Theorie des pansensorischen Verarbeitungsdefizits allein durch die gefundenen Ergebnisse nicht völlig verworfen werden, denn einige Forschergruppen konnten sehr wohl einen Zusammenhang zwischen einem schnellen zeitlichen Wahrnehmungsdefizit und schlechten Lese- und Rechtschreibleistungen finden. Womöglich sind schnelle zeitliche Verarbeitungsdefizite nur im auditiven System die Ursache für schlechte Lese- und Rechtschreibleistungen. Ein visuelles Wahrnehmungsdefizit, bzw. eine Störung im magnozellulären System scheint nicht grundlegend für den Lese- und Rechtschreiberfolg zu sein.

Eine nochmalige Untersuchung der gleichen Stichprobe zu einem späteren Zeitpunkt (nochmalige Messung der Ordnungsschwelle und der Lese- und Rechtschreibleistung) ist geplant und wird weitere Erkenntnisse bringen. Dann kann der Effekt des Alters auf die Ordnungsschwellen und die Reliabilität des Ordnungsschwellenexperiments genauer untersucht werden. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass beim Erlernen des Lesens und Schreibens kognitive Variablen wie Intelligenz, Aufmerksamkeit und Arbeitsgedächtnis einen größeren Einfluss haben als die schnelle zeitliche Wahrnehmungsverarbeitung. Ob dieser Einfluss nur zu Beginn des Lernprozesses messbar ist oder auch zu einem späteren Zeitpunkt, wird sich zeigen. In zukünftigen Studien sollten weitere den Lese- und Rechtschreiberfolg beeinflussende Variablen geprüft werden.

Andere wichtige Einflussgrößen für einen erfolgreichen Schriftspracherwerb könnten der tägliche Lernaufwand der Kinder, die Betreuung durch die Eltern und auch die soziale Herkunft darstellen.

5. Zusammenfassung

Eine Lese- und Rechtschreibstörung, die per Definition unabhängig von Visusproblemen, Intelligenz und Beschulung ist, findet sich bei etwa 4-9 % der Bevölkerung. Zahlreiche Forschungsgruppen setzten sich in den letzten Jahren mit den möglichen Ursachen einer Lese- und Rechtschreibstörung auseinander. Unter anderem Tallal´s Theorie eines pansensorischen temporalen Verarbeitungsdefizits wurde in mehreren Studien als zugrunde liegende Ursache schlechter Lese- und Rechtschreibleistungen gefunden. Danach haben Lese- und Rechtschreibschwache Schwierigkeiten, schnelle Wahrnehmungsreize zu verarbeiten. Dies führt unter anderem zu einem gestörten phonologischen System und endet in einer Lese- und Rechtschreibstörung. Des Weiteren wurde die Theorie eines Defizits im magnozellulären Teil der Sehbahn diskutiert. Die magnozelluläre Leitungsbahn wird zur Verarbeitung sich schnell bewegender visueller Stimuli benötigt. Ein Defizit in dieser Bahn kann als Ursache eines schnellen zeitlichen Verarbeitungsdefizits visueller Reize angesehen werden. Trotzdem ist die Theorie des zeitlichen Verarbeitungsdefizits in der Literatur umstritten. Einigen Forschungsgruppen ist es nicht gelungen einen Zusammenhang zwischen der zeitlichen Wahrnehmungsverarbeitung und der Lese- und Rechtschreibleistung zu finden.

Ziel der vorliegenden Studie ist die Überprüfung der Theorie des schnellen zeitlichen Verarbeitungsdefizits als zugrunde liegende Ursache schlechter Lese- und Rechtschreibfähigkeiten. Dazu wurden prospektiv visuelle Ordnungsschwellen zu Beginn der Klasse 1 mit dem Lese- und Rechtschreibleistungen am Ende von Klasse 1 in Beziehung gesetzt. Da ein Einfluss allgemeiner kognitiver Fähigkeiten auf die temporale Verarbeitung und auf den Erwerb der Schriftsprache zu erwarten war, wurde die Intelligenz, die Arbeitsgedächtnisleistung und die Aufmerksamkeit der Probanden kontrolliert. In einer statistischen Auswertung wurden alle Variablen in drei multivariaten hierarchischen Regressionsanalysen miteinander in Beziehung gesetzt. Dabei konnte die visuelle Ordnungsschwelle nicht zur Varianzaufklärung beitragen. Es wurde kein signifikanter Zusammenhang zwischen den Ordnungsschwellen und der Lese- und Rechtschreibfähigkeiten gefunden. Jedoch konnte ein signifikanter Beitrag der basalen kognitiven Fähigkeiten auf den Lese- und Rechtschreiberwerb nachgewiesen werden. Die Arbeitsgedächtnisleistung klärte 5,4 % der Varianz der Lesegeschwindigkeit und 6,8 % der

Varianz der Lesefehler auf. Die Lesefehler konnten zu weiteren 3,8 % der Varianz durch die Aufmerksamkeit aufgeklärt werden. Intelligenz, Aufmerksamkeit und Arbeitsgedächtnis leisteten insgesamt 11,5 % der Varianzaufklärung im Rechtschreiben.

In der vorliegenden Studie konnte die Theorie eines schnellen zeitlichen Verarbeitungsdefizits als Ursache schlechter Lese- und Rechtschreibleistungen nicht bekräftigt werden. Es wurde kein signifikanter Zusammenhang zwischen der schnellen visuellen Wahrnehmungsverarbeitung und dem Lese- und Rechtschreiberfolg am Ende von Klasse 1 gefunden. Vielmehr wurde die Bedeutung basaler kognitiver Fähigkeiten auf den Lese-Rechtschreiberwerb deutlich. Allgemeine kognitive Fähigkeiten leisten einen signifikanten Beitrag, jedoch klären sie nur einen kleinen Teil der Lese- und Rechtschreibleistungen auf.

6. Literaturverzeichnis

1. Amitay S, Ben-Yehudah G, Banai K, Ahissar M: Disabled readers suffer from visual and auditory impairments but not from a specific magnocellular deficit. Brain 125: 2272-2285 (2002)

2. Bach M: The "Freiburg Visual Acuity Test" – Automatic measurement of visual acuity. Optometry and Vision Science 73: 49–53 (1996)

3. Baumgaertel A, Wolraich ML, Dietrich M: Comparison of diagnostic criteria for attention deficit disorders in a German elementary school sample. Journal of the American Academy of Children and Adolescent Psychiatry 34: 629-638 (1995)

4. Berwanger D, Wittmann M, von Steinbüchel N, von Suchodoletz W: Measurement of temporal-order judgment in children. Acta Neurobiologiae Experimentalis 64: 387-394 (2004)

5. Breitmeyer BG, Ganz L: Sustained (P) and transient (M) channels in vision: A review and implications for reading. In: Willows, Dale/Kruk, Richard/Carcos, Evelyne (Hrsg): Visual processes in reading and reading disabilities. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers 1993:95-110 (1993)

6. Conlon E, Sanders M, Zapart S: Temporal processing in poor adult readers. Neuropsychologia 42: 142-157 (2004)

7. Démonet JF, Taylor MJ, Chaix Y: Developmental Dyslexia. The Lancet 363: 1451-1460 (2004)

8. Diehl JM und Kohr HU: Deskriptive Statistik. Eschborn Klotz. (1994)

9. Döpfner M, Lehmkuhl G: Diagnostik-System für psychische Störungen im Kindes- und Jugendalter nach ICD 10 und DSM IV (DISYPS-KJ). Hans Huber, Bern (2000)

10. Edwards VT, Giaschi DE, Dougherty RF, Edgell D, Bjornson BH, Lyons C, Douglas RM: Psychophysical Indexes of Temporal Processing Abnormalities in Children With Developmental Dyslexia. Developmental neuropsychology 25: 321-354 (2004)

11. Farmer ME, Klein RM: The evidence for a temporal processing deficit linked to dyslexia: A review. Psychonomic Bulletin & Review 2: 460-493 (1995)

12. Hautus MJ, Setchell GJ, Waldie KE, Kirk IJ: Age-Related Improvements in Auditory Temporal Resolution in Reading-Impaired Children. Dyslexia 9: 37-45 (2003)

13. Hood M, Conlon E: Visual and Auditory Temporal Processing and Early Reading Development. Dyslexia 10: 234-252 (2004)

14. Hulslander J, Talcott J, Witton C, DeFries J, Pennington B, Wadsworth S, Willcutt E, Olson R: Sensory Processing, reading IQ, and attention. Journal of Experimental Child Psychology 88: 274-295 (2004)

15. Jaensch N: Der Einfluss auditiver Ordnungsschwellen auf den Lese- und Rechtschreiberfolg. Dissertationsschrift in Vorbereitung, Universität Ulm

16. Jeffries S und Everatt J: Working Memory: Its Role in Dyslexia and Other Specific Learning Difficulties. Dyslexia 10:196-214 (2004)

17. Kronbichler M, Hutzler F, Wimmer H: Dyslexia: Verbal impairments in the absence of magnocellular impairments. NeuroReport 13: 617-620 (2002)

18. Küspert P, Schneider W: Würzburger Leise Leseprobe (WLLP). Hogrefe, Göttingen (1998)

19. Laasonen M, Service E, Virsu V: Temporal order and processing acuity of visual, auditory, and tactile perception in developmentally dyslexic young adults. Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience 1: 394-410 (2001)

20. Livingstone MS, Rosen GD, Drislane FW, Galaburda AM: Physiological and anatomical evidence for a magnocellular defect in developmental dyslexia. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 88: 7943-7947 (1991)

21. Lovegrove W, Slaghuis W, Bowling A, Nelson P, Geeves E: Spatial frequency processing and the prediction of reading ability: A preliminary investigatin. Perception & Psychophysics 40: 440-444 (1986)

22. Müller R: Diagnostischer Lesetest zur Frühdiagnose von Lesestörungen DLF 1-2. Beltz Test GmbH, Göttingen (1999)

23. Müller R: DRT 1 Diagnostischer Rechtschreibtest für 1. Klassen. Beltz Test GmbH, Göttingen (2004)

24. Nittrouer S: Do Temporal Processing Deficits Cause Phonological Processing Problems? Journal of Speech, Language, and Hearing Research 42: 925-942 (1999)

25. psignifit Version 2.5.4: http://www.bootstrap-software.org/psignifit/

26. Schulte-Körne G, Deimel W, Bartling J, Remschmidt H: Role of auditory temporal processing for reading and spelling disability. Perceptual and Motor Skills 86: 1043-1047 (1998)

27. Shaywitz SE, Shaywitz BA, Fletcher JM, Escobar MD: Prevalence of reading disability in boys and girls: results of the Connecticut longitudinal study. Journal of the American Medical Association 264: 998-1002 (1990)

28. Tallal P: Auditory Temporal Perception, Phonics, and Reading Disabilities in Children. Brain and Language 9: 182-198 (1980)

29. Tallal P, Merzenich MM, Miller S, Jenkins W: Language learning impairments: integrating basic science, technology and remediation. Experimental Brain Research 123: 210-219 (1998)

30. Tallal P: Experimental studies of language learning impairments: From research to remediation. In: Bishop DVM, Leonard L (Hrsg) Speech and Language Impairments in Children: Causes, Characteristics, Intervention and Outcome. Psychology Press Hove, S. 131-151 (2000)

31. Tewes U, Rossmann P, Schallberger U: Hamburger-Wechsler-Intelligenztest für Kinder-III. 3. Auflage, Hans Huber, Bern (1999)

32. van Ingelghem M, van Wieringen A, Wouters J, Vandenbussche E, Onghena P, Ghesquière P: Psychophysical evidence for a general temporal processing deficit in children with dyslexia. Neuroreport 12: 3603-3607 (2001)

33. Weiß R, Osterland J: Grundintelligenztest Skala 1-CFT 1. 5. Auflage, Hogrefe, Göttingen, Bern, Toronto, (1997)

34. Wichmann FA, Hill NJ: The psychometric function: I. Fitting, sampling, and goodness of fit. Perception & Psychophysics 63: 1293-1313 (2001)

35. Wilcutt EG, Pennington BF: Comorbidity of reading disability and attention deficit/hyperactivity disorder: Differences by gender and subtype. Journal of Learning Disabilities 33: 179-191 (2000)

Anhang

Erhebungsbogen zum ersten Messzeitpunkt

Name:	Vpn-Code:	Randomisierung
Schule:	Geburtsdatum:	Uhrzeit Anfang - Ende:

Hawik

Zahlennachsprechen vorwärts	1. Versuch	0 od. 1 Punkt	2. Versuch	0 od. 1 Punkt	0,1 od.2 Punkte
1.	2–9		4–6		
2.	3–8–6		6–1–2		
3.	3–4–1–7		6–1–5–8		
4.	8–4–2–3–9		5–2–1–8–6		
5.	3–8–9–1–7–4		7–9–6–4–8–3		
6.	5–1–7–4–2–3–8		9–8–5–2–1–6–3		
7.	1–6–4–5–9–7–6–3		2–9–7–6–3–1–5–4		
8.	5–3–8–7–1–2–4–6–9		4–2–6–9–1–7–8–3–5		

Rohwertsumme (Maximum = 16)

Zahlennachsprechen rückwärts	1. Versuch	0 od. 1 Punkt	2. Versuch	0 od. 1 Punkt	0,1 od.2 Punkte
	Beispiel 8–2		Beispiel 5–6		
1.	2–5		6–3		
2.	5–7–4		2–5–9		
3.	7–2–9–6		8–4–9–3		
4.	4–1–3–5–7		9–7–8–5–2		
5.	1–6–5–2–9–8		3–6–7–1–9–4		
6.	8–5–9–2–3–4–2		4–5–7–9–2–8–1		
7.	6–9–1–6–3–2–5–8		3–1–7–9–5–4–8–2		

Sehtest

Abstand:

	Tag		Monat		Jahr	
Geboren						
Test						

Alter Jahre	Alter Monate

Wertpunktsumme

Fragen an das Kind:

	nein	ja	Nähere Erläuterungen
1. Warst Du in den Sommerferien oder danach beim Ohrenarzt? Warum?	☐	☐	
2. Warst Du schon einmal beim Augenarzt? Wann? Warum?	☐	☐	
3. Warst Du schon einmal beim Logopäden? Was habt Ihr da gemacht?	☐	☐	
4. Kannst Du schon etwas lesen? Was denn? Und außer Deinem Namen, kannst Du noch etwas lesen?	☐	☐	
5. Kannst Du schon etwas schreiben? Was denn? Und außer Deinem Namen, kannst Du noch etwas schreiben?	☐	☐	
6. Hast Du schon mal Lesen oder Schreiben geübt? Vielleicht im Kindergarten? Mit Deinen Eltern? Mit Deinen Großeltern? Mit Deinen Geschwistern?	☐	☐	
7. Welche Sprache sprecht Ihr zu Hause? Deutsch? ...	☐	☐	
8. Kriegst Du manchmal zu Hause eine Geschichte vorgelesen? Ja? Wann war das denn das letzte Mal? Gestern? Oder	☐	☐	

vorgestern? Oder in der letzten Woche? Oder in den Sommerferien? Oder vor den Sommerferien?			

Angaben durch die Versuchsleiterin nach Durchführung der Experimente:

Angaben zum Kind			nähere Erläuterungen
	nein	ja	
1. Trägt das Kind eine Brille?	□	□	
2. Hat das Kind ein Hörgerät?	□	□	
3. Sprachliche Auffälligkeiten (z.B. Stammeln, Stottern, Lispeln)? Welche?	□	□	

Aufmerksamkeit (Items angelehnt an FBB-HKS von Döpfner und Lehmkuhl)

	gar nicht	manchmal	häufig
1. Das Kind beachtet Einzelheiten der Aufgabe nicht oder macht Flüchtigkeitsfehler			
2. Das Kind hat Schwierigkeiten, die Aufmerksamkeit längere Zeit aufrechtzuerhalten.			
3. Das Kind scheint nicht zuzuhören, wenn es angesprochen wird.			
4. Das Kind zeigt eine Abneigung gegen Aufgaben, bei denen es sich länger anstrengen und konzentrieren muss.			
5. Das Kind lässt sich durch seine Umgebung (äußere Reize) leicht ablenken.			
6. Das Kind zappelt mit den Füßen oder rutscht auf dem Stuhl herum.			
7. Das Kind steht zwischendurch auf, auch wenn von ihm erwartet wird, sitzen zu bleiben.			
8. Das Kind unterbricht die Versuchsleiterin bei der Erklärung der Aufgaben, platzt mit Antworten heraus.			
9. Das Kind kann nur schwer warten, bis es an der Reihe ist			
10. Das Kind redet übermäßig viel.			

Angaben zur Untersuchungssituation

		nein	ja	wenn ja: nähere Erläuterungen
1. Kamen Personen während der Durchführung der Aufgaben in den Testraum?		□	□	
2. Gab es Hintergrundgeräusche?		□	□	
3. Gab es Probleme mit den Lichtverhältnissen? Zu viel Sonneneinstrahlung?		□	□	
4. Musste die Durchführung der Aufgaben unterbrochen werden?		□	□	
5. Musste ein Durchgang neu gestartet werden? Welcher?		□	□	
6. Wurde die Messung abgebrochen?		□	□	

Weitere Bemerkungen:

Danksagung

Ich danke ganz herzlich meinem Doktorvater Prof. Dr. med. Dr. phil. Manfred Spitzer, der mir dieses interessante Thema zu Verfügung gestellt hat. Besonderer Dank gilt meinen Betreuern Dr. med. Thomas Kammer und Dr. phil. Claudia Steinbrink. Thomas Kammer hat mich stets mit fachlicher Kompetenz geleitet. Vielen Dank für die Entwicklung des Seehundspiels und die Hilfe bei allen technischen Problemen. Ohne Frau Dr. phil. Claudia Steinbrink wäre diese Studie nie zustande gekommen, sie hat mich bei der Planung, der Durchführung und Auswertung immer mit Geduld unterstützt. Ebenso danke ich Ihrem Mann Martin für seine Hilfe.

Dem gesamten ZNL-Team danke ich für die sehr gute und menschliche Zusammenarbeit. Sie ermöglichten mir die Hilfsmittel und die technische Ausrüstung zur Durchführung der Studie. Ganz herzlichen Dank an Michael Fritz, der mir die finanziellen Mittel zu Verfügung stellte und Dipl.-Ing. (FH) Annegret Weise, die für alle technischen Probleme eine Lösung fand.

Meiner Mitstreiterin Nadine Jaensch danke ich, dass sie den Weg mit mir gegangen ist und mir mit Rat und Tat zur Seite stand. Ich möchte auch meinem Freund Tobias Mayer M. sc. herzlich danken, der immer viel Verständnis und ein offenes Ohr für all meine Anliegen hatte. Meinen Eltern Dipl.-Ing. (FH) Stephan und Sonja Schmid und meinen Großeltern Kurt und Martha Oehler danke ich für die ideelle und materielle Unterstützung während der Zeit meines Studiums und der Erstellung dieser Arbeit. Ebenso danke ich meinen Brüdern Simon und Manuel Schmid für die Hilfe bei kleineren Problemen.

Natürlich danke ich auch allen teilnehmenden Kindern, den Schulleitern/-innen und den Leherern/-innen und Lehranwärtern/-innen, ohne die diese Studie nicht möglich gewesen wäre. Vielen Dank für die Zeit und Geduld, die Sie alle geopfert haben.