

# Legasthenie & Dyskalkulietrainer

*Im Dienste legasthener und dyskalkuler Menschen! ®*

## Fortbildung 1031

**Der Einfluss der  
zeitlichen auditiven  
Wahrnehmung  
(Ordnungsschwelle)  
auf den  
Schriftspracherwerb:  
Eine prospektive Studie**

Dr. Nadine Jaensch

# Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	III
1 Einleitung.....	1
1.1 Definition der Lese-Rechtschreibstörung.....	1
1.2 Hypothesen zur Entstehung der LRS .....	1
1.3 Gründe für die Hypothesenvielfalt.....	5
1.4 Ausgangshypothese vorliegender Dissertation.....	8
2 Material und Methoden .....	9
2.1 Probanden.....	9
2.1.1 Probandenselektion/ Differenzierungsproben-Studie.....	9
2.1.2 Stichprobe.....	11
2.2 Studienaufbau .....	11
2.2.1 Studienplan.....	11
2.2.2 Zeitlicher Ablauf der gesamten Studie .....	12
2.3 Procedere der Experimente zur Messung von zeitlicher auditiver und visueller Wahrnehmung zu Beginn von Klasse eins.....	13
2.3.1 Ablauf der Messung.....	13
2.3.2 Messsituation/ Geräteaufbau .....	15
2.4 Erläuterung der Einzelaufgaben .....	18
2.4.1 Tonschwellenmessung (Hörtest) .....	19
2.4.2 Arbeitsgedächtnistest (Zahlennachsprechen aus HAWIK III) ..	20
2.4.3 Auditive Ordnungsschwelle (Kuh-Maus-Spiel).....	21
2.4.4 Beurteilung der Aufmerksamkeit.....	24
2.4.5 Lesegeschwindigkeit (Würzburger Leise Leseprobe; WLLP)...	25
2.4.6 Diagnostischer Lesetest zur Frühdiagnose (DLF 1-2) .....	25
2.4.7 Rechtschreibfehler (Diagnostischer Rechtschreibtest für erste Klassen; DRT 1) .....	26
2.4.8 Intelligenztest (Culture Fair Intelligence Test Scale 1; CFT 1) .	27
2.5 Auswertungsverfahren .....	28

3	Ergebnisse .....	31
3.1	Deskriptive Auswertung .....	31
3.2	Statistische Auswertung .....	33
3.2.1	Korrelative Zusammenhänge der betrachteten Variablen (nach Pearson) .....	33
3.2.2	Vorhersagen bezüglich des Lese-Rechtschreiberfolges .....	36
4	Diskussion .....	38
4.1	Schätzung der auditiven Ordnungsschwellen .....	38
4.2	Zusammenhang zwischen der Ordnungsschwelle und der Lese- Rechtschreibfähigkeit .....	41
4.3	Einfluss allgemeiner kognitiver Variablen .....	45
4.4	Ausblick .....	47
5	Zusammenfassung .....	49
6	Literaturverzeichnis .....	51
	Anhang .....	55
	Danksagung .....	61

## Abkürzungsverzeichnis

Abb. ....	Abbildung
2-AFC Verfahren	.2-alternative forced choice Verfahren: Wahlpflicht-Aufgabe mit zwei Alternativen. Der Proband hat bei jeder Reizdarbietung die Pflicht, eine von zwei alternativen Antwortmöglichkeiten zu wählen. Es ist nicht möglich, keine Antwort zu geben.
ADHS	...Aufmerksamkeitsdefizit- Hyperaktivitäts-Syndrom
AO	.auditive Ordnungsschwelle
catch trial.....	überschwellige Reizdarbietung
CFT 1.....	Culture Fair Intelligence Test Scale 1: Test zur Bestimmung der Grundintelligenz mit Hilfe nonverbaler Problemstellungen.
bzw.	. beziehungsweise
dB SPL	. Dezibel: Maßeinheit für den Schalldruckpegel
dB HL.....	Dezibel hearing level: Maßeinheit für Abweichungen von der Hörschwelle. Die Hörschwelle wird dabei gleich Null gesetzt.
d.h. ....	das heißt
DLF 1-2	Diagnostischer Lesetest zur Frühdiagnose von Lesestörungen: Test zur objektiven und zuverlässigen Feststellung der Lesefertigkeit, bzw. Feststellung von Leseschwierigkeiten 6- bis 8- jähriger Kinder.
DP-Studie	Differenzierungsproben Studie: Studie zur Erkennung von Defiziten in verschiedenen Wahrnehmungsbereichen (optisch-graphomotorisch, akustisch-phonematisch, kinästhetisch, melodisch, rhythmisch), welche Relevanz für den Schriftspracherwerb haben sollen.
DRT 1	...Diagnostischer Rechtschreibtest: Test zur Beurteilung der Rechtschreibleistung nach einem Jahr Unterricht im Lesen und Schreiben.
FBB-HKS.....	Fremdbeurteilungsbogen für hyperkinetische Störungen

FrACT	...Freiburger Visual Acuity und Contrast Test: Untersuchungsmethode zur Bestimmung der Sehschärfe mit Hilfe des Landolt- C- Ringes.
HAWIK III	. Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Kinder III: Test zur Beurteilung der Arbeitsgedächtnisleistung.
Hrsg	.. Herausgeber
Hz.....	Hertz: Maßeinheit für Frequenz
ICD-10.....	International Classification of Diseases: Internationale Klassifikation der Krankheiten. 10. aktuelle Ausgabe, Version 2009.
IQ	.. Intelligenzquotient: Kenngröße zur Bewertung des allgemeinen intellektuellen Leistungsvermögens (Intelligenz) eines Menschen.
ISI	. Interstimulus-Intervall: Zeitraum zwischen zwei Reizen.
LRS.....	Lese-Rechtschreib-Störung: umschriebene Entwicklungsstörung beim Erwerb des Lesens; oft vergesellschaftet mit einer Entwicklungsstörung beim Erwerb des Schreibens.
ms.....	Millisekunde: eintausendstel Sekunde
trial	Darbietung: ein Durchgang hat eine bestimmte Anzahl an Darbietungen.
SOA	. Stimulus-onset Asynchrony: Zeitintervall zwischen dem Beginn des ersten Stimulus bis zum Beginn des zweiten Stimulus.
Tab. ....	Tabelle
usw.	.. und so weiter
WLLP	Würzburger Leise Leseprobe: Test zur Überprüfung der Lesegeschwindigkeit als zuverlässiges Maß für die Erfassung der Leseleistung in der Grundschule.
z.B.	.. zum Beispiel
ZNL	Transferzentrum für Neurowissenschaften und Lernen

## 1 Einleitung

### 1.1 Definition der Lese-Rechtschreibstörung

Das Hauptkommunikationsmedium in unserer modernen Gesellschaft stellt neben der gesprochenen Sprache das Lesen und Schreiben dar. Jedoch haben zwischen 5 und 17,5 % der Schulanfänger Schwierigkeiten beim Erwerb dieser Fähigkeiten. Diese Kinder leiden an einer Lese-Rechtschreibstörung (LRS). In der englischen Literatur wird im Allgemeinen von „developmental dyslexia“ geschrieben, was im Folgenden mit Dyslexie übersetzt wird und mit LRS synonym verwendet wird. Es ist dabei nicht eine Dyslexie im Sinne einer Werkzeugstörung der Stimm- und Sprachbildung nach ICD-10 (R48.-) gemeint.

Eine LRS tritt unerwartet auf und besteht oft bis ins Erwachsenenalter oder sogar darüber hinaus trotz normaler Intelligenz, angemessener Schulbildung und soziokulturellem Angebot. Nach der Definition der ICD-10 Klassifikation wird die Lese-Rechtschreibstörung den „umschriebenen Entwicklungsstörungen schulischer Fertigkeiten“ (F81.-) zugeordnet. Dabei sind die normalen Muster des Leseerwerbs gestört, das heißt es besteht eine umschriebene und bedeutsame Beeinträchtigung in der Entwicklung der Lesefertigkeiten. Zusätzlich ist die Lesestörung oft mit einer Rechtschreibstörung vergesellschaftet (F81.0). Das Entwicklungsalter oder Visusprobleme können nicht allein die Defizite des Leseverständnisses beim Vorlesen und bei der Wiedererkennung von gelesenen Worten erklären (Démonet et al. 2004).

### 1.2 Hypothesen zur Entstehung der LRS

Verschiedene Theorien zur Entstehung von LRS werden propagiert. Einerseits wird beschrieben, dass ein Defizit im direkten Zugriff zu phonemischen Spracheinheiten beim Abrufen des deklarativen Langzeitgedächtnisses (beinhaltet Information, die bewusst wiedergegeben und erklärt werden kann) besteht und dass diese phonemischen Spracheinheiten durch das Defizit beeinflusst werden.

Phoneme sind die kleinsten Einheiten ohne eigene Bedeutung, die man zur Unterscheidung zweier sonst gleicher Wörter benötigt, z.B. seit – Zeit. Andererseits wird die Bedeutung der Fehlsteuerung beim Eingreifen in nicht-deklarative oder implizite Gedächtnisprozesse (beinhalten automatisierte, unbewusste Funktionen) betont, so dass ein komplexer Sprachinformationsfluss ohne Fehler oder großer Anstrengung ablaufen kann. Eine weitere Hypothese bringt die Rolle des Kleinhirns mit ins Spiel. Diese Theorie besagt, dass eine Fehlsteuerung beim Erwerb und der Automatisierung der Lese- und Schreibfertigkeiten am meisten hervorsteicht, dass dies aber nicht das einzige Symptom bei der Dyslexie ist. Vielmehr hat das Kleinhirn koordinative Funktionen und manche Kinder haben zusätzlich Gleichgewichtsprobleme und motorische Koordinationsschwierigkeiten. Diese Verbindung zwischen Koordination und Dyslexie könnte ebenfalls Artikulationsschwierigkeiten und Probleme bei der Handschrift erklären (Démonet et al. 2004).

Einen bedeutenden Beitrag zur Klärung der Ursachen für die Entstehung der Lese-Rechtschreibstörung leisteten die Studien von Tallal (1980, 1998, 2000). Ihre Haupttheorie besagt, dass Störungen in der zeitlichen Verarbeitung pansensorischer Reize zu gestörtem Lese-Rechtschreiberwerb führen. Grund für diese Hypothese waren die Experimente zur Messung der Ordnungsschwelle (Farmer und Klein 1995). Die Ordnungsschwelle wird in Millisekunden (ms) angegeben und sagt aus, dass bei jenem Zeitwert eine Versuchsperson zwei verschiedene Stimuli als zwei verschiedene Stimuli erkennt und diese zusätzlich in die korrekte Reihenfolge bringen kann. Tallal (1980) führte dazu verschiedene aufeinander aufbauende Untertests durch, wobei zunächst sichergestellt wurde, dass die Probanden zwei präsentierte Töne erkennen und mit entsprechenden Tasten in Verbindung bringen können. Im nächsten Teil sollten die Probanden per Tastendruck beurteilen, ob die beiden präsentierten Töne gleich oder verschieden waren. Anschließend mussten sie zum einen die präsentierte Reihenfolge der beiden Töne durch Drücken der entsprechenden Tasten wiedergeben, wobei das Interstimulus-Intervall (ISI: Zeitintervall zwischen zwei präsentierten Reizen) bei 428 ms konstant gehalten wurde. Zum anderen wurde dann das ISI über

verschiedene Stufen bis auf 8 ms verkürzt, wobei die Aufgabenstellung, die Reihenfolge der zuvor präsentierten Stimuli per Tastendruck wiederzugeben, dieselbe blieb. Dabei ergab sich, dass bei 8-12 Jahre alten Kindern mit Lese-Rechtschreibstörung deutlich schlechtere Ergebnisse resultierten, als bei normal entwickelten, jüngeren Kindern, wenn das ISI kurz war (8-305 ms); wohingegen keine Unterschiede zwischen den Gruppen gefunden wurden, wenn das ISI lang (428 ms) war. Daraus schloss Tallal, dass Kinder mit Lese-Rechtschreibstörung Probleme bei kurzen Tönen oder kurz gesprochenen Konsonanten haben, nicht aber bei lang gesprochenen Vokalen, da die Diskriminierung von einer schnellen zeitlichen Verarbeitung abhängt (Farmer und Klein, 1995).

Verschiedene andere Autoren fanden Evidenz, die die Theorie von Tallal (1980) unterstützen. Laasonen et al. (2001) fanden bei einem Gruppenvergleich zwischen 16-jährigen Dyslektikern und normal lesenden Teenagern heraus, dass die Probanden mit Lese-Rechtschreibstörung bei der Durchführung von sechs verschiedenen zeitlichen Wahrnehmungsaufgaben des auditiven, taktilen und visuellen Systems den normalen lesenden Probanden unterlegen waren. Bei De Martino et al. (2001) waren die Resultate eines Experiments zur zeitlichen auditiven Wahrnehmung bei einer Gruppe mit 10 bis 13-jährigen Dyslektikern im Vergleich zu einer gleichaltrigen normal lesenden Kontrollgruppe ebenfalls signifikant schlechter. Dabei verwendeten sie keine Töne, die es zu unterscheiden und chronologisch zuzuordnen galt, sondern es wurden die beiden Konsonanten „s“ und „p“ in unterschiedlicher Reihenfolge und Länge per digitaler Computeraufnahme präsentiert. An Hand von drei verschiedenen Untertests des Experiments mit obigen Konsonanten kamen De Martino et al. (2001) zu dem Schluss, der These des generellen zeitlichen Verarbeitungsdefizits zuzustimmen. Van Ingelghem et al. (2001) fanden ebenfalls Evidenz, die die Hypothese eines generellen zeitlichen Verarbeitungsdefizits unterstützt. Dazu verglichen sie eine Gruppe 10 bis 12-jähriger Kinder mit Lese-Rechtschreibstörung mit einer gleichaltrigen Gruppe ohne LRS bei einer Lückenerkennungsaufgabe. Dabei ergab sich, dass 70% der Kinder mit LRS signifikant höhere Schwellen hatten als die Vergleichsgruppe. Zudem hatten die Zeitverarbeitungsaufgaben signifikante Korrelationen mit den Fähigkeiten bei verschiedenen Leseaufgaben.



Reed (1989) fand heraus, dass Kinder mit Lese-Rechtschreibstörung schlechter in zeitlichen Ordnungsschwellenexperimenten mit Konsonant-Vokal-Pärchen (Dauer 250 ms) und mit Pärchen von verschiedenen Tönen (Dauer 75 ms), abschnitten, als normal entwickelte Kinder, wenn die Interstimulus-Intervalle von 400 ms auf 10 ms verringert wurden. Allerdings gab es keine Gruppenunterschiede bei Ordnungsschwellenexperimente mit Vokal-Pärchen. Dies bestätigt wiederum die Theorie von Tallal (1980).

Einige Autoren, die LRS-Betroffene untersuchten, fanden keine Evidenz, die für das pansensorische zeitliche Verarbeitungsdefizit spricht. Nittrouer (1999) fand in ihrer Arbeit keine zeitlichen akustischen Verarbeitungsdefizite bei einer schlecht lesenden Gruppe von Kindern (8-10 Jahre) im Vergleich zu einer normal lesenden Gruppe von Kindern. Auch Edwards et al. (2004) konnten mit ihrer Studie die Hypothese des generalisierten zeitlichen Verarbeitungsdefizits nicht unterstützen. Sie untersuchten 9 bis 13-jährige Kinder mit psychophysischen Instrumenten im auditiven und visuellen Sinnesbereich. Kronbichler et al. (2002) fanden zwar, dass Kinder mit Lese-Rechtschreibstörung einen langsameren Redefluss und Defizite im Buchstabieren haben, aber sie konnten keine schlechteren Ergebnisse in der LRS Gruppe bei dynamischen auditiven und visuellen Stimuli feststellen. Im Gegenteil, die Leistungen der LRS Kinder waren mindestens genauso gut, wie die der normalen Kinder und tendierten eher noch dazu besser zu sein, als in der alterskorrelierten Vergleichsgruppe. Schulte-Körne et al. (1998) benutzten zur Messung der schnellen auditiven Verarbeitung eine Lückenerkennungsaufgabe, fanden aber keine Evidenz für eine Korrelation zwischen Lese- und Rechtschreibfähigkeit und der Lückenerkennungsaufgabe. Sie führten die Aufgabe an zwei verschiedenen Stichproben durch: eine Stichprobe mit Fünft- und Sechstklässlern mit LRS und einer altersentsprechenden Kontrollgruppe und die andere Stichprobe mit Erwachsenen mit LRS und einer dementsprechenden Kontrollgruppe.

Neben den Autoren, die das Vorhandensein eines pansensorischen zeitlichen Defizits bestätigen, und denen, die es nicht bestätigen, gibt es noch eine dritte Gruppe von Autoren, die zwar Unterschiede in der zeitlichen Verarbeitung von neun bis elfjährigen Kindern mit LRS und normal lesenden Kindern fanden, die

aber der Meinung sind, dass die auditiven Verarbeitungsdefizite nicht nur auf eine zeitliche Komponente begrenzt werden können, sondern dass Kinder mit LRS auch Schwierigkeiten mit der Unterscheidung von Frequenzen und Intensitäten haben, unabhängig von der Stimulusdauer (Cacace et al. 2000). Auch Amitay et al. (2002) sind der Meinung, dass mehr als nur ein zeitliches Verarbeitungsdefizit hinter den Problemen beim Erwerb des Lesens und Schreibens steckt. Sie fanden beim direkten Vergleich von zwei Gruppen mit Lese-Rechtschreibstörung heraus, dass eine Gruppe Schwierigkeiten bei der Unterscheidung von Frequenzen, von Tönen im Umgebungslärm, von Amplitudenveränderungen und bei der Einschätzung der Richtung der Klangquelle hatten, dass diese Gruppe jedoch keine Probleme hatte zwei Töne zu unterscheiden, die in kurzen Interstimulus-Intervallen (zwischen 4 und 2048 ms) aufeinander folgten, obwohl diese Gruppe zudem schlechtere Ergebnisse bei kognitiven Tests hatte. Die andere Gruppe von Dyslektikern, die zwar keine Schwierigkeiten bei den oben aufgelisteten Aufgaben zeigte, hatte jedoch gewisse Probleme bei der Unterscheidung der beiden Töne mit kurzem ISI, trotz guter Kognition.

### 1.3 Gründe für die Hypothesenvielfalt

Der Grund für die vielen verschiedenen, differierenden Resultate bei der Erörterung der zeitlichen auditiven Wahrnehmungs- und Verarbeitungsfähigkeiten könnte sein, dass das zeitliche Wahrnehmungsdefizit im Laufe der Jahre kompensiert wird. Dies belegen Hautus et al. (2003) mit vier verschiedenen Altersgruppen, wobei nur die jüngste Gruppe (6 bis 9 Jahre) der Dyslektiker Defizite in zeitlicher Verarbeitung in einer Lückenerkennungsaufgabe aufwies. Bei den anderen Alterstufen (10 bis 11 Jahre, 12 bis 13 Jahre und 23 bis 25 Jahre) ließ sich ein solches zeitliches Verarbeitungsdefizit nicht beobachten. Dies weist auf einen Rückstand in der Reifeentwicklung zeitlicher Verarbeitungsfähigkeit hin. Es mag sein, dass sich die Unfähigkeit in zeitlicher Auflösung über die Zeit verbessert, dennoch bleibt die Lesestörung lebenslang erhalten, da der normale Entwicklungsablauf beim Leseerwerb gestört ist. Die Ergebnisse von Hautus et al.

(2003) betonen die Notwendigkeit, zeitliche Verarbeitungsfähigkeit so früh wie möglich zu messen. Dies kann zudem helfen die Rolle der zeitlichen Auflösungs-fähigkeit beim Schriftspracherwerb aufzuklären. Wenn zeitliche Verarbeitungsfähigkeit bereits vor dem instruktiven, schulischen Leseerwerb für die spätere Lese- und Rechtschreibfähigkeit vorhersagend wäre, könnte man schlussfolgern, dass zeitliche Verarbeitungsdefizite eher Ursache als Folge von Schwierigkeiten beim Lese- und Rechtschreiberwerb seien. In der Tat finden sich Studien, die für diese Hypothese sprechen: Hood und Conlon (2004) fanden bei Vorschülern und Erstklässlern an Hand von Messungen der zeitlichen auditiven und visuellen Wahrnehmungsfähigkeit signifikante und von anderen Variablen unabhängige Varianz in der Lesegeschwindigkeit. Auch Lovegrove et al. (1986) fanden bei einem unselektierten Kollektiv von Vorschulkindern Vorhersagewerte für die Lesefähigkeit zwei Jahre später, die unabhängig von anderen Variablen waren. Dazu benutzten sie eine visuelle Muster-Kontrast-Sensitivitätsmessung. Allgemeine kognitive Fähigkeiten wie Aufmerksamkeit, Arbeitsgedächtnis und andere exekutive Funktionen entwickeln sich erst mit dem Alter und sind deshalb an der Ausführung von auditiven Zeitverarbeitungstests beteiligt. Der Begriff exekutive Funktionen steht primär in Zusammenhang mit den Fähigkeiten zur Planung und Problemlösung. Jedoch gehören auch Arbeitsgedächtnis, die Fähigkeit zu organisieren, Begriffsbildung, Hemmung und Flexibilität zu den exekutiven Funktionen (Reiter et al. 2004). Es könnte sein, dass sie die Ergebnisse der Aufgaben zur auditiven Zeitverarbeitung beeinflussen. Viele Studien berichten von verminderten Arbeitsgedächtnisleistungen und exekutiven Funktionen bei Personen mit LRS. Jeffries und Everatt (2004) untersuchten und verglichen drei verschiedene Gruppen: eine Gruppe von knapp neunjährigen Kindern mit LRS ohne Komorbiditäten, eine Gruppe mit über neunjährigen Kindern, die mit anderen Auffälligkeiten wie Dyspraxie (Störungen der Grob- und Feinmotorik, sowie der Handlung und Handlungsplanung), emotionalen oder Verhaltensauffälligkeiten oder Aufmerksamkeitsdefizitsyndrom behaftet waren und eine dritte Gruppe als Kontrollgruppe mit gesunden neunjährigen Kindern. Im Vergleich zur Kontrollgruppe hatten die beiden anderen Gruppen schlechtere Arbeitsgedächtnisleistungen und die Kinder der LRS Gruppe hatten darüber

hinaus die schlechtesten Ergebnisse bei Tests zum phonologischen Bewusstsein. Chiappe et al. (2000) fanden, dass Defizite im Arbeitsgedächtnis charakteristisch für Dyslektiker allen Alters (6 bis 49 Jahre) seien. Auch Reiter et al. (2005) fanden Beeinträchtigungen im Arbeitsgedächtnis bei elfjährigen Kindern mit LRS. Sie untersuchten zusätzlich verschiedene exekutive Funktionen und stellten fest, dass die Kinder sowohl Beeinträchtigungen gewisser Aspekte exekutiver Funktionen aufwiesen, als auch im verbalen und figuralen Arbeitsgedächtnis. Reiter et al. (2005) gehen davon aus, dass Kinder mit LRS Schwierigkeiten auf der ganzen Bandbreite exekutiver Funktionen aufweisen. Helland und Asbjørnsen (2000) fanden ebenfalls Defizite in mehreren Aufgaben, die zur Beurteilung der exekutiven Funktionen gehören. Sie teilten ihre Stichprobe in drei Gruppen ein: eine Kontrollgruppe und zwei Gruppen mit Dyslektikern. Die beiden LRS Gruppen wurden an Hand eines Sprachverständnistests differenziert: eine Gruppe hatte Schwierigkeiten beim Sprachverständnis, die andere nicht. Helland und Asbjørnsen (2000) fanden eine klare Abstufung der drei Gruppen im Bezug auf exekutive Funktionen: Am besten löste die Kontrollgruppe die Aufgaben, in der Mitte reihte sich die LRS Gruppe ohne Sprachverständnisschwierigkeiten ein und Schlusslicht bildete die LRS Gruppe mit Sprachverständnisschwierigkeiten, so dass Helland und Asbjørnsen eine deutliche Verbindung zwischen Sprachfähigkeit und exekutiven Funktionen bei Dyslexie feststellten.

Zu schlechter zeitlicher Verarbeitungsfähigkeit könnte es auch durch Komorbidität von LRS und dem Aufmerksamkeitsdefizit-Hyperaktivitäts-Syndrom (ADHS) kommen. Dies untersuchten Willcutt und Pennington (2000) genauer: Dazu entwarfen sie eine Zwillingsstudie mit einer Gruppe von Leseschwachen und einer normal lesenden Gruppe, die sie auf die beiden Kriterien Unaufmerksamkeit und Hyperaktivität/ Impulsivität untersuchten. Es zeigte sich, dass im Allgemeinen die Leseschwachen mehr Kriterien für ADHS aufwiesen, insbesondere für Unaufmerksamkeit.

Alle oben genannten kognitiven Störfaktoren könnten Einfluss auf die Ergebnisse in Aufgaben zur zeitlichen Verarbeitung haben. Deshalb ist es wichtig, dass man bei Studien, die den Vorhersagewert der zeitlichen Verarbeitung für Lesen an Hand von zeitlichen Verarbeitungsaufgaben bestimmen, diese Variablen

kontrolliert. Lovegrove et al. (1986) und Hood und Conlon (2004) kontrollierten das phonologische Arbeitsgedächtnis und Hood und Conlon (2004) untersuchten zudem noch die Aufmerksamkeit. In beiden Studien leisteten auditive und visuelle Verarbeitung einen eigenen Beitrag für die Leseentwicklung unabhängig von Aufmerksamkeit und phonologischem Arbeitsgedächtnis. Zukünftige Studien sollten mehr Wert auf die Erfassung von möglichen Variablen legen, die die Resultate für zeitliche Verarbeitungstests beeinflussen oder stören könnten.

#### 1.4 Ausgangshypothese vorliegender Dissertation

Die Theorie von Tallal (1980, 2000), die ein pansensorisches, zeitliches Verarbeitungsdefizit als Ursache für die Entstehung von LRS identifiziert, ist der Ausgangspunkt für die vorliegende Dissertation. Viele experimentelle Studien wurden durchgeführt, um die Hypothese von Tallal zu überprüfen. Die Ergebnisse waren widersprüchlich, einige Studien finden eindeutige Evidenz für die Theorie, andere kommen zu keinem Ergebnis und wieder andere finden Argumente, die die Hypothese in Frage stellen.

Hautus et al. (2003) erklären die divergenten Ergebnisse damit, dass das Defizit in der Zeitverarbeitung durch Reifungsprozesse mit dem Alter verschwindet, oder zumindest nicht mehr messbar wird. Daher erscheint es vielversprechend, zeitlich auditive Verarbeitung möglichst früh zu messen, um ihren möglichen Beitrag auf den späteren Lese-Rechtschreiberfolg identifizieren zu können.

Die Fragestellung für die vorliegende Studie lautet:

Sagen Tests zur zeitlichen auditiven Wahrnehmung, die zu Beginn der Schulzeit durchgeführt werden, die Lese- und Rechtschreibleistungen am Ende von Klasse eins voraus?

Da die Ergebnisse durch allgemeine kognitive Leistungen wie Aufmerksamkeit, Arbeitsgedächtnis oder Intelligenz beeinflusst sein können, werden derartige Variablen ebenfalls untersucht.

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Probanden

#### 2.1.1 Probandenselektion/ Differenzierungsproben-Studie

Die Probanden der vorliegenden Studie sind eine Teilstichprobe aus der 1400 Kinder umfassenden Differenzierungsproben-Studie (DP-Studie), die vom Transferzentrum für Neurowissenschaften und Lernen (ZNL) an 53 Schulen im süddeutschen Raum durchgeführt wurde.

Die Differenzierungsproben nach Breuer und Weuffen (2004) sollen Defizite in verschiedenen Wahrnehmungsbereichen, die als Grundlagen für den ungestörten Erwerb von Lese- und Schreibfähigkeit gelten, aufdecken. In der genannten DP-Studie wurden die von Breuer und Weuffen (2004) etablierten Test-Items in standardisierter Weise dargeboten. Darüber hinaus wurden weitere Test-Items entwickelt und an der Gesamtstrichprobe getestet. Die sich entwickelnde Lese- und Rechtschreibleistung wurden nach einem und nach zwei Schuljahren mittels geeigneter Lese- und Rechtschreibtests getestet.

Da die DP-Studie mit der hier beschriebenen Studie zu zeitlicher auditiver Wahrnehmung thematisch eng zusammenhängt und da für die DP-Studie und für die vorliegenden Studie dieselben Lese- und Rechtschreibtests nötig waren, wurden die Probanden für die Ordnungsschwellenstudie aus dem Kollektiv der DP-Studie ausgewählt.

Es wurden zunächst Schulen für die Teilnahme an der vorliegenden Studie rekrutiert. Es wurden alle Schulen, die an der DP-Studie bereits teilnahmen und die im Alb-Donau-Kreis, sowie den anliegenden Kreisen Biberach und Heidenheim liegen, telefonisch und zu einem späteren Zeitpunkt noch schriftlich nach Messbedingungen und Motivation der Schule für die Studienteilnahme befragt. Zu den Messbedingungen gehörten: Mindestgröße des Messraumes 3 Meter (Länge oder Breite), ruhige Lage des Raumes, Verdunklungsmöglichkeit des Fensters,

Ausstattung des Raumes mit einem Tisch und zwei Stühlen sowie mindestens einer Steckdose.

Zusätzlich wurden die Schulen in städtische und ländliche Schulen eingeteilt und so ausgewählt, dass aus jedem Gebiet ungefähr gleich viele Schulen an der Studie teilnahmen. Außerdem wurde auf darauf geachtet, dass das Verhältnis von Schulen der Unter-, Mittel- und Oberschicht ausgewogen war. Insgesamt waren 22 Schulen in die Studie zur zeitlichen auditiven Wahrnehmung involviert.

Die Eltern der zukünftigen Erstklässler an den teilnehmenden Schulen wurden durch ein gemeinsames Informationsblatt für die DP-Studie und die Studie zur zeitlichen auditiven Wahrnehmung über den Ablauf informiert und um Einwilligung zur Teilnahme ihres Kindes gebeten. Der Aufklärungsbogen ist im Anhang 1 eingefügt.

An jeder teilnehmenden Schule wurden 12 Kinder, die alle Einschlusskriterien (männlicher oder weiblicher Schulanfänger im Alter zwischen sechs und sieben Jahren, deutsche Muttersprache, schriftliches Einverständnis der Erziehungsberechtigten zur Studienteilnahme) und keines der Ausschlusskriterien (Mittel- bis hochgradige Hörschädigung oder Gehörlosigkeit, Sehminderung bzw. Blindheit) erfüllten, durch zufälliges Auswählen aus den Einverständniserklärungen der Erziehungsberechtigten gezogen, um einen gleich großen Einfluss jeder Schule zu gewährleisten. Die Einverständniserklärungen wurden zu einem männlichen und weiblichen Stapel sortiert. Um die Anzahl der getesteten Jungen und Mädchen auszugleichen wurde abwechselnd aus den beiden Stapeln gezogen. In der vorliegenden Studie wurden drei verschiedene Experimente durchgeführt, deshalb wurden die 12 Kinder zu Pärchen zusammengefasst; jedem Probandenpärchen wurde per Computerrandomisierung eine Reihenfolge zugeordnet, in der die drei Experimente durchzuführen waren. An der Studie sollten 200 Kinder teilnehmen.

### 2.1.2 Stichprobe

Aus der Messung vom Herbst 2005 liegen Daten von 242 Probanden vor. Von diesen 242 Probanden wurden drei Kinder wegen Migrationshintergrund aus dem kompletten Datensatz ausgeschlossen. Die Herausnahme aus dem kompletten Datensatz wird damit begründet, dass man nicht ausschließen kann, dass die Kinder Instruktionen schlechter verstanden haben, bzw. die Ergebnisse der erhobenen Zusatzinfos (Intelligenz, Arbeitsgedächtnis) durch mangelnde Sprachkenntnisse beeinflusst wurden. Drei weitere Kinder wurden aus dem kompletten Datensatz genommen, da sie die erste Klasse zum Testzeitpunkt bereits wiederholten und die Ergebnisse durch das tendenziell höhere Lebensalter und damit verbundene Entwicklungs- und Reifungsprozesse, sowie durch die seit einem Jahr gesammelten Erfahrungen mit Lernen im institutionalisierten Lernumfeld Schule, beeinflussen könnten. Nach Ausschlüssen aus der gesamten Studie blieben also 236 Probanden. Das Durchschnittsalter zum Zeitpunkt der Datenerhebung betrug 79,49 Monate, wobei der jüngste Proband am Tag der Datenerhebung 65 Monate und der älteste Proband 88 Monate alt war.

## 2.2 Studienaufbau

### 2.2.1 Studienplan

Es handelte sich um eine prospektive Längsschnittstudie über einen Zeitraum von etwas mehr als einem Jahr, in der überprüft wurde, ob ein Zusammenhang zwischen der am Schulanfang gemessenen zeitlichen auditiven Wahrnehmung und den Leistungen im Lesen und Schreiben am Ende der ersten Klasse besteht. Variablen wie Aufmerksamkeit und Konzentration bei der Durchführung der Experimente, Arbeitsgedächtnisleistung und Intelligenz wurden auf ihren Einfluss, die sie auf die Leistungen im Lesen und Schreiben am Ende der ersten Klasse



haben, kontrolliert. Minderung des peripheren Hör- oder Sehvermögens als Ausschlusskriterien sollten durch passende Tests detektiert und der Proband aus der jeweiligen Auswertung entweder der zeitlichen auditiven oder visuellen Wahrnehmung ausgeschlossen werden. Als Versuchseinheit wurde ein in die Studie eingeschlossener Proband definiert.

Da es sich bei dieser Studie um eine experimentelle Untersuchung am Menschen handelte wurde sie vor Beginn der Durchführung einer unabhängigen Ethikkommission der Universität Ulm, Antrag Nr.: 79/06 zur Beratung und Prüfung vorgelegt und mit einem positiven Votum begleitet.

### 2.2.2 Zeitlicher Ablauf der gesamten Studie

Zwischen dem ersten und dritten Monat nach der Einschulung wurden in einer Schulstunde pro Kind die Experimente zur auditiven und visuellen Wahrnehmung, sowie eine Lückenerkennungsaufgabe durchgeführt. Außerdem wurde ein elementarer Hörtest und ein elementarer Sehtest durchgeführt. Aufmerksamkeit und Arbeitsgedächtnis als Einflussvariablen wurden ebenfalls zu diesem Zeitpunkt miterfasst. Am Ende der ersten Klasse wurden die Leistungen der Kinder mit zwei Lesetests und einem Rechtschreibtest überprüft. Im ersten Halbjahr der zweiten Klasse wurde zusätzlich ein nonverbaler Grundintelligenztest durchgeführt, da Intelligenz ebenfalls eine bedeutende Einflussvariable darstellt.

Die Messungen zur Erfassung der zeitlichen auditiven und visuellen Wahrnehmung, sowie die Lückenerkennungsaufgabe, der Hör- und Sehtest, die Aufmerksamkeitsbeurteilung und der Arbeitsgedächtnistest zu Beginn der ersten Klasse wurden von der Verfasserin der vorliegenden Dissertation sowie von Julia Schmid durchgeführt. Während sich die Dissertation von Frau Schmid mit dem Einfluss der zeitlichen visuellen Wahrnehmung auf den Schriftspracherwerb beschäftigt, hat die vorliegende Dissertation den Fokus auf dem Einfluss der

zeitlichen auditiven Wahrnehmung auf den Schriftspracherwerb. Die Lese- und Rechtschreibtests am Ende der ersten Klasse führten Lehrkräfte der an der Studie beteiligten Schulen durch. Die Daten des nonverbalen Intelligenztests Mitte der zweiten Klasse wurde von Mitarbeitern des ZNL erhoben. Ein tabellarischer Ablauf ist im Anhang 1 ersichtlich.

## 2.3 Procedere der Experimente zur Messung von zeitlicher auditiver und visueller Wahrnehmung zu Beginn von Klasse eins

### 2.3.1 Ablauf der Messung

Zu Beginn der Messung wurden die peripheren Hör- und Sehfähigkeiten der Kinder mit kurzen Screeningverfahren überprüft. Dazu wurde erstens der Freiburg Visual Acuity Test (FrACT) verwendet, um die Sehschärfe zu bestimmen (Bach, 1996). Zweitens kam ein von unserer Arbeitsgruppe erstelltes Verfahren zur Messung von Tonschwellen zum Einsatz, das in einem adaptiven Ja-Nein Verfahren orientierend die Schwellen für die Frequenzen 500 Hz, 1000 Hz, 2000 Hz und 4000 Hz getrennt für beide Ohren misst. Zur Kontrolle des Einflusses von Arbeitsgedächtnisleistungen auf die Ergebnisse in den Experimenten, führten die Kinder ergänzend als Arbeitsgedächtnisaufgabe den Untertest „Zahlenspanne vorwärts und rückwärts“ aus dem Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Kinder III (HAWIK III) durch (Tewes et al. 1999). Im Anschluss daran wurden die Experimente zur Messung der zeitlichen auditiven und visuellen Wahrnehmung durchgeführt, bei denen drei Maße der schnellen zeitlichen Verarbeitung mit zwei psychoakustischen Experimenten und einem Experiment aus der visuellen Psychophysik erhoben wurden: die zeitliche auditive Wahrnehmung mit zwei parallel laufenden logarithmischen Treppen, die als 2-alternative forced choice Verfahren (2-AFC Verfahren: Pflichtauswahl aus zwei Antwortmöglichkeiten) umgesetzt wurde. Die zeitliche visuelle Wahrnehmung wurde mit demselben Verfahren wie die zeitliche auditive Wahrnehmung gemessen und die auditive

Lückenerkennung wurde unter Verwendung einer Methode von Green (1993) zur Schwellenschätzung in einer Ja-Nein Aufgabe durchgeführt.

Somit ergab sich folgende Reihenfolge der Testdurchführung:

1. Sehtest (FrACT)
2. Hörtest (Tonschwellenmessung)
3. Arbeitsgedächtnistest (HAWIK III)
4. Experiment 1 (Messung zeitliche auditive oder visuelle Wahrnehmung oder Lückenerkennungsaufgabe)
5. Experiment 2 (Messung zeitliche auditive oder visuelle Wahrnehmung oder Lückenerkennungsaufgabe)
6. Experiment 3 (Messung zeitliche auditive oder visuelle Wahrnehmung oder Lückenerkennungsaufgabe)

Sehtest, Hörtest und Arbeitsgedächtnistest wurden immer in derselben Reihenfolge durchgeführt. Die Messung der zeitlichen auditiven Wahrnehmung, der zeitlichen visuellen Wahrnehmung und die Lückenerkennungsaufgabe wurden in randomisierter Abfolge getestet, um den Einfluss der nachlassenden Konzentration, Ermüdung und Motivation zu verringern.

Falls es notwendig war oder vom Kind gewünscht wurde, machten die Versuchsleiterinnen eine kleine Pause von ca. 5 Minuten nach der Durchführung des ersten Experiments, in der das Kind etwas essen, trinken oder zur Toilette gehen konnte. Je nach Situation war es ebenfalls möglich die Pause auch an anderer Stelle einzubauen, so dass man davon ausgehen konnte, dass das Kind bei allen Experimenten die größtmögliche Aufmerksamkeit besaß.

Im Anschluss an die Ordnungsschwellenexperimente wurden dem Kind Fragen zu Begleitumständen, Umfeld (z.B. wurden dem Kind Geschichten vorgelesen?, übten die Eltern mit dem Kind vor der Einschulung Schreiben oder Lesen?) und bisherigen Lese- und Rechtschreibfähigkeiten gestellt. Während der Durchführung der Aufgaben und Experimente füllte die Versuchsleiterin einen Protokollbogen aus, auf dem Name, Geburtsdatum, Schule, eine fortlaufende Nummer des

Probanden, Testtag und Beginn und Ende des kompletten Tests eingetragen wurde. Zudem diente dieser Bogen zur Protokollierung der Daten des FrACT, des Arbeitsgedächtnisses und der Aufmerksamkeitsbeurteilung. Die Versuchsleiterin hatte außerdem die Aufgabe, Angaben über die Untersuchungssituation (Helligkeit, Störgeräusche der Umgebung, Unterbrechungen bei der Durchführung der Tests) auf dem Protokollbogen zu notieren. Der komplette Protokollbogen findet sich im Anhang 2.

### 2.3.2 Messsituation/ Geräteaufbau

Mittelpunkt des Geräteaufbaus stellte ein Notebook (Dell Latitude D610, Dublin, Irland) dar, an welches ein externer Monitor (ADI Modiscan Monitor; 125 Hz, Norwood, MA, U.S.A.), für den Proband angeschlossen war (siehe Abbildung 1). Die Einstellungen des Monitors wurden täglich vor Beginn der Messung an Hand des Notebooks überprüft. Zu den Einstellungen zählten: Bildfrequenz 120 Hz, Auflösung von 1024 x 768 pixel und Farbqualität 32 bit (siehe Abbildung 2). Zusätzlich wurden am Monitor direkt die Helligkeit und der Kontrast auf 100 eingestellt (siehe Abbildung 3).

Weiterhin wurde an das Notebook eine Soundbox angeschlossen (Hammerfall DSP Multiface RME ADAT/ SPDIF/ MIDI 24 Bit 96 kHz Multichannel interface, Haimhausen, Deutschland). An die Hammerfall Soundbox wurde der Kopfhörer für die Probanden (Beyerdynamic DT 770, Heilbronn, Deutschland) und für den Versuchsleiter (Kopfhörer Sony MDR-101, Tokyo, Japan) angeschlossen (siehe Abbildungen 4 und 5). Als Antwortmöglichkeit für die Probanden wurde eine zusätzliche numerische Tastatur (USB Mini Keypad, Targus Group international Inc., Anaheim, CA, U.S.A.) per USB-Anschluss mit dem Notebook verbunden siehe Abbildung 6). Bei Beginn jedes Messtages wurde die Kalibrierung der Hammerfall Soundbox an Hand eines 10 Sekunden langen, 500Hz, 85 dB SPL Ton mit Hilfe eines Multimeters (Spannungsmessung) überprüft (siehe Abbildung 7).

Die verschiedenen Experimente zur Ordnungsschwelle wurden mit Hilfe des Programms Presentation 9.3 (Neurobehavioral Systems, Albany, CA, U.S.A.) realisiert. Der Hörtest wurde mit Matlab 6.1 (The Mathworks Inc, Natick, MA, U.S.A.) realisiert.



Abb. 1: Geräteaufbau: Das Notebook Dell Latitude D610 als zentrales Element, an welches ein externer Monitor (ADI Modiscan) angeschlossen ist. Die Hammerfall DSP Multiface Soundbox, sowie die beiden Kopfhörer und die numerische Tastatur sind ebenfalls miteinander verbunden.

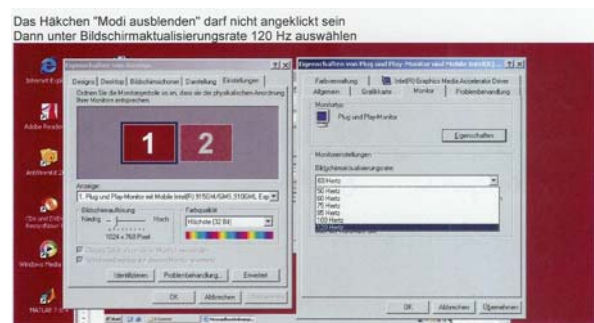


Abb. 2: Einstellungen des Monitors: Bildfrequenz 120 Hz, Auflösung 1024 x 769 Pixel, Farbqualität 32 bit.



Abb. 3: Helligkeit und Kontrast wurden am Monitor auf 100 eingestellt.

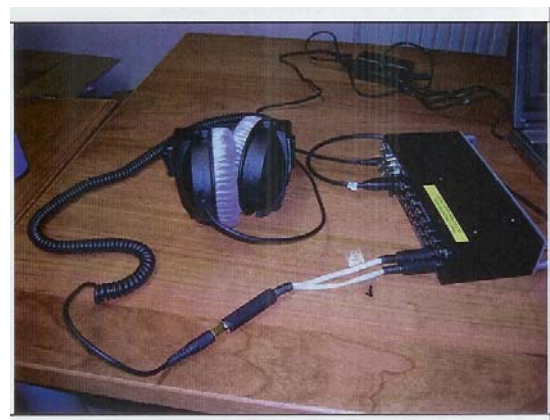


Abb. 4: Der Probandenkopfhörer Beyerdynamic Dt 770 wurde mit der Hammerfall DSP Multiface Soundbox verbunden.



Abb. 5: Ebenfalls an die Hammerfall Soundbox wurde der Versuchsleiterkopfhörer Sony MDR-101 angeschlossen.



Abb. 6: Die Probanden antworteten mit Hilfe dieser zusätzlich an das Notebook angebrachten numerischen Tastatur (Targus USB Mini Keypad).



Abb. 7: Die Kalibrierung der Hammerfall Soundbox erfolgte mit Hilfe eines Multimeters zur Spannungsmessung.

Bei allen Aufgaben, außer dem FrACT, saßen die Kinder neben dem Versuchsleiter auf einem Stuhl. Der Monitor und die übrigen Messinstrumente befanden sich wie in Abbildung 8 dargestellt vor dem Kind und dem Versuchsleiter auf einem Tisch. Bei der Durchführung des FrACT saßen die Kinder im Abstand von zwei Metern vor dem Tisch, siehe Abbildung 9.



Abb. 8: Messsituation bei allen Aufgaben und Experimenten, außer dem FrACT (Freiburger Visual Acuity und Contrast Test: Untersuchungsmethode zur Bestimmung der Sehschärfe mit Hilfe des Landolt- C- Ringes). Auf dem linken Stuhl sitzt das Probandenkind mit dem Beyerdynamic Dt 770 Kopfhörer. Auf dem Monitor ist die Abbildung des Kuh-Maus Experiments zu sehen. Auf dem rechten Stuhl nahm der Versuchsleiter platz.



Abb. 9: Messsituation bei der Durchführung des FrACT (Freiburger Visual Acuity und Contrast Test: Untersuchungsmethode zur Bestimmung der Sehschärfe mit Hilfe des Landolt- C- Ringes). Das Kind sitzt in zwei Meter Abstand vor dem Monitor.

## 2.4 Erläuterung der Einzelaufgaben

Im Folgenden werden alle Einzelaufgaben und Tests näher erläutert, die im Rahmen der vorliegenden Dissertation verwendet wurden. Der FrACT und das Experiment zur Messung der visuellen Wahrnehmung werden nicht näher erläutert, sie sind Teil der Dissertation von Julia Schmid: Der Einfluss der zeitlichen visuellen Wahrnehmung (Ordnungsschwelle) auf den Schriftspracherwerb (2009). Des Weiteren wird auch auf die Lückenerkennungsaufgabe nicht näher eingegangen, da sie nicht Teil der in der vorliegenden Dissertation verwendeten Aufgaben ist.

### 2.4.1 Tonschwellenmessung (Hörtest)

Auf der oberen Hälfte des Monitors wurde eine Glocke dargestellt, die mit der Antworttaste „Pfeil nach oben“ auf einer separat an das Notebook angeschlossenen numerischen Tastatur gekoppelt war. Auf der unteren Hälfte des Bildschirms wurde das Negativbild derselben Glocke dargestellt, die mit der Antworttaste „Pfeil nach unten“ gekoppelt war. Dem Kind wurde erläutert, dass es über einen Kopfhörer verschiedene Töne hören wird, die sich sowohl in Lautstärke, als auch in Tonhöhe unterscheiden werden. Das Kind sollte nun die obere Taste (Pfeil nach oben = Glocke) drücken, wenn es einen Ton gehört hat oder die untere Taste (Pfeil nach unten = Negativbild der Glocke), wenn es nichts gehört hat. Danach wurde ein Übungsdurchgang mit folgenden Tönen durchgeführt: 500 Hz, 60 dB, 500 ms, links; 500 Hz, 60 dB, 500 ms, rechts; 500 Hz, 60 dB, 500 ms links; kein Ton; 500 Hz, 40 dB; 500 Hz, 20 dB; kein Ton; 500 Hz, 20 dB. Die Abbildungen 10 und 11 spiegeln die Monitordarstellung und die Messsituation wider.



Abb. 10: Messsituation und Monitordarstellung bei der Tonschwellenmessung (die Versuchsleiterin saß rechts neben dem Probanden). Das Kind antwortete per Tatendruck auf der zusätzlich angebrachten numerischen Tastatur.



Abb. 11: Messsituation bei der Tonschwellenmessung aus einer anderen Perspektive als auf Abb. 10 ersichtlich ist. Oben auf dem Monitorbild ist die Glocke dargestellt, unten das Negativabbild der Glocke.



Die Versuchsleiterin verfolgte den Übungsdurchgang anhand eines separaten Kopfhörers mit. Wurde der Übungsdurchgang vom Kind gut verstanden und richtig bewältigt, startete die Versuchsleiterin den Hauptdurchgang, bei dem beide Ohren getrennt voneinander mit den Frequenzen 500, 1000, 2000 und 4000 Hz zu je 12 Darbietungen getestet wurden. Je nach Antwort des Kindes generierte das Computerprogramm den nächsten Ton: drückte das Kind Pfeil nach oben, was bedeutet, dass der Ton gehört wurde, so wurde der nächste Ton leiser, drückte das Kind die Taste mit dem Pfeil nach unten, was folglich bedeutete, dass der Ton nicht gehört wurde, so wurde der nächste Ton lauter. Mit der Tonschwellenmessung wurde die Hörschwelle der Probanden ermittelt: je niedriger die Schwelle (Schalldruckpegel in dB SPL), desto besser die Hörleistung des Probanden, je höher die Schwelle, desto schlechter das Hörvermögen.

Als manifeste Hörstörung wurden Abweichungen von mindestens 20 dB HL (Dezibel hearing level: Abweichung der Hörschwelle, wenn die Hörschwelle gleich null gesetzt wird) in zwei oder mehr der gemessenen Frequenzen angenommen. Die Daten des betroffenen Kindes wurden dann aus der Auswertung der Hörschwellenexperimente (auditive Ordnungsschwelle, auditive Lückenerkennung) ausgeschlossen.

#### 2.4.2 Arbeitsgedächtnistest (Zahlennachsprechen aus HAWIK III)

Bei der Durchführung des Arbeitsgedächtnistests (HAWIK III) las die Versuchsleiterin dem Kind Ziffernfolgen langsam (ca. 1 Sekunde pro Ziffer) und deutlich vor. Das Kind sollte im ersten Durchgang die Ziffern in derselben Reihenfolge, wie sie vorgelesen wurden, wiederholen (Zahlennachsprechen vorwärts). Im zweiten Durchgang sollte das Kind die Zahlenfolge in umgekehrter Reihenfolge wiederholen (Zahlennachsprechen rückwärts). Bei jeder Aufgabe hatte das Kind zwei Versuche, d.h. es sollte zweimal eine Ziffernfolge gleicher Länge, jedoch mit verschiedenen Ziffern nachsprechen. Zuerst wurde mit dem

Zahlennachsprechen vorwärts begonnen. Dieser Testteil wurde abgebrochen sobald das Kind beide Versuche einer Aufgabe nicht richtig lösen konnte. Danach wurde mit dem Zahlennachsprechen rückwärts begonnen. Auch dieser zweite Testteil wurde abgebrochen, sobald das Kind weder den ersten, noch den zweiten Versuch korrekt löste. Insgesamt konnte bei diesem Arbeitsgedächtnistest eine minimale Wertpunktzahl von 1 (sehr schlechtes Arbeitsgedächtnis) und eine maximale Wertpunktzahl von 19 (sehr gutes Arbeitsgedächtnis) erreicht werden. Die Wertpunkte wurden aus der absolut erreichten Punktzahl (Rohwert) anhand einer altersadjustierten Skala abgelesen (Tewes et al. 1999). Der Arbeitsgedächtnistest aus HAWIK III ist im Anhang 2 ersichtlich.

#### 2.4.3 Auditive Ordnungsschwelle (Kuh-Maus-Spiel)

Bisher wurde in vorliegender Dissertation immer von zeitlicher auditiver Wahrnehmung gesprochen. Da das Kuh-Maus-Spiel das Hauptexperiment vorliegender Dissertation ist und die auditive Ordnungsschwelle misst, wird der Begriff der zeitlichen auditiven Wahrnehmung nun durch diesen Begriff ersetzt und im Folgenden näher erläutert. Der Teilbegriff Ordnung bezieht sich auf die Zeit. Es soll also die zeitliche Ordnung, das heißt die zeitliche Reihenfolge, die Chronologie bestimmt werden. Als Schwelle wird der Wert bezeichnet, ab dem zwei Reize auch als zwei Reize erkannt werden. Normalhörende Versuchspersonen können zwei verschiedene Töne ab einem Interstimulus-Intervall von 3 bis 5 Millisekunden getrennt voneinander wahrnehmen. Ist das ISI kleiner, wird die Darbietung als ein Ton wahrgenommen. Bei einem ISI zwischen 3 bis 5 ms kann aber nur erkannt werden, dass es sich nicht um einen, sondern um zwei verschiedene Töne handelte. Soll nun die Versuchsperson zusätzlich noch die Information geben, welcher der beiden dargebotenen Töne der erste und welcher der zweite Ton war, also die zeitliche Reihenfolge oder die zeitliche Ordnung bestimmen, so muss das ISI auf ungefähr 30 bis 40 ms vergrößert werden. Diesen Wert bezeichnet man dann als auditive Ordnungsschwelle, also

der Zeitwert, ab dem eine Person zwei unterschiedliche Töne auch als diese wahrnimmt und sie zusätzlich in die richtige chronologische Reihenfolge einordnen kann (Nickisch, 1999; Pöppel, 2000). In der vorliegenden Arbeit wird nicht das Interstimulus-Intervall angegeben (Intervall vom Ende des ersten Stimulus bis zum Beginn des zweiten Stimulus), sondern die Stimulus-onset Asynchronie (SOA). Sie wird gemessen vom Beginn des ersten Stimulus zum Beginn des zweiten Stimulus.

Im Experiment zur Messung der auditiven Ordnungsschwelle wurden einer Maus und einer Kuh ein hoher (1430 Hz 70 dB SPL) bzw. ein tiefer Ton (166 Hz 79 dB SPL, Dauer jeweils 75 ms) zugeordnet. Beide Tiere "riefen" in kurzem zeitlichen Abstand (SOA zu Beginn: 150 ms), wenn ein Ball zwischen den beiden Tieren auf dem Bildschirm erschien. Die Probanden sollten das Tier identifizieren, das als erstes gerufen hat. Dazu sollten die Probanden die numerische Tastatur verwenden. Es wurde die Taste „Pfeil nach links“ der Maus zugeordnet, die Taste „Pfeil nach rechts“ der Kuh. Auf dem Monitor waren die Maus und die Kuh ebenfalls links bzw. rechts dargestellt, wie in Abbildung 12 und 13 ersichtlich ist.

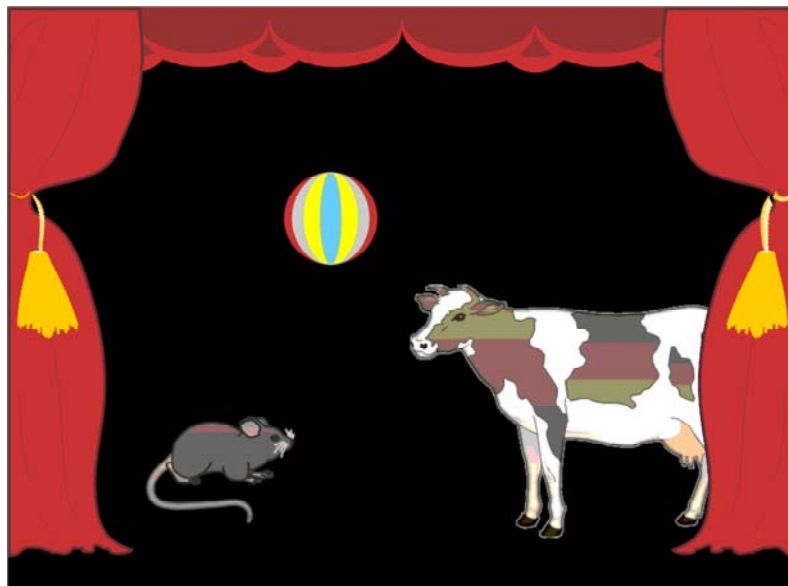


Abb. 12: Monitordarstellung der auditiven Ordnungsschwellenmessung. Darstellung der Maus links und der Kuh rechts im Bild. Der Ball verschwand nach jeder gegebenen Antwort des Probanden und tauchte bei jeder neuen Stimulusdarbietung erneut auf, als optisches Zeichen für den Beginn einer erneuten Reizdarbietung. Die Maus und die Kuh waren ständig zu sehen.



Abb. 13: Monitordarstellung des auditiven Ordnungsschwellenexperiments im Zustand der Testsituation. Der Proband saß links auf dem Stuhl und gab mit Hilfe der angeschlossenen numerischen Tastatur die Antwort. Die Versuchsleiterin saß rechts auf dem Stuhl und beobachtete die Testsituation. Vor dem Proband ist ein zusätzlich angeschlossener Monitor zu sehen, vor dem Versuchsleiterstuhl das Notebook als Hauptinstrument des Versuches. Zwischen beiden Monitoren sieht man die Hammerfall Soundbox, an die die beiden Kopfhörer angeschlossen sind.

Nachdem das Kind richtig erkannt hat, welches Tier zuerst gerufen hatte und die dazugehörige Taste gedrückt hat erschien auf dem unteren Bildschirmrand ein kleiner Ball als visueller Hinweis und Belohnung für die richtig gelöste Darbietung. Danach wurde eine neue Darbietung, mit Hilfe des Computerprogramms „Presentation“, generiert. Die SOA verkürzte sich. Wurde nicht richtig erkannt, welches Tier zuerst gerufen hat, verlängerte sich die SOA wiederum. Als Erfolgskontrolle diente den Probanden ein kleiner Ball, der auf dem linken, unteren Bildschirmrand erschien, sobald eine Darbietung richtig gelöst wurde. Wurde sie falsch gelöst, erschien kein Ball. Die 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 Computerprogrammes nicht voraussagen zu können, wurden zwei unabhängige 2:1 Treppenverläufe zufällig miteinander vermischt. Der 2:1 Treppenalgorithmus konvergiert etwa bei 71% richtige Antworten.

Die auditive Ordnungsschwelle wurde durch zwei Durchgänge à 60 Darbietungen ermittelt. Je kleiner die ermittelte Ordnungsschwelle, desto besser kann der Proband schnelle auditive Reize verarbeiten. Je größer die ermittelte Ordnungsschwelle, desto schlechter kann der Proband schnelle auditive Reize verarbeiten. Für das auditive Ordnungsschwellenexperiment wurde derselbe Geräteaufbau verwendet wie für die Tonschwellenmessung.

#### 2.4.4 Beurteilung der Aufmerksamkeit

Nach Abschluss der Messung schätzte die Versuchsleiterin die Aufmerksamkeit und Konzentration der Probanden über den Verlauf der Testsituation mit Items zur Fremdbeurteilung der Aufmerksamkeit ein, die nach Baumgaertel et al. (1995) adaptiert wurden, zusätzlich wurde der Fremdbeurteilungsbogen für hyperkinetische Störungen (FBB-HKS) von Döpfner und Lehmkuhl (2000) herangezogen. Dazu dienten zehn Items zur Aufmerksamkeit und Konzentration, die in jeweils drei Kategorien zu unaufmerksamen Verhaltensweisen (gar nicht, manchmal, häufig) unterteilt wurden. Es wurden immer alle zehn Items eingeschätzt, wobei die drei Kategorien in Punkte umcodiert wurden (gar nicht= 1 Punkt, manchmal=2 Punkte, häufig=3 Punkte) so dass sich die minimal erreichbare Punktzahl auf zehn beläuft, die maximal erreichbare Punktzahl auf 30, wobei gilt: je niedriger der Wert, desto höher die Aufmerksamkeit und je höher der Wert, desto niedriger die Aufmerksamkeit. Der adaptierte Fragebogen zur Aufmerksamkeitsbeurteilung befindet sich im Anhang 2.

#### 2.4.5 Lesegeschwindigkeit (Würzburger Leise Leseprobe; WLLP)

Die WLLP dient zur Beurteilung der Lesegeschwindigkeit. Dieser Test wurde von den Lehrkräften der betreffenden Probanden am Ende von Klasse eins durchgeführt. Mit allen zu testenden Kindern einer Klasse wurde die WLLP gleichzeitig durchgeführt. Die Kinder mussten dabei in einem ihnen vorgelegten Heft innerhalb einer Zeitspanne von fünf Minuten so viele Aufgaben wie möglich stumm bearbeiten. Eine Aufgabe befand sich jeweils in einer Zeile, wobei am Anfang der Zeile ein Wort (Subjekt oder Verb) stand. Rechts neben dem vorgegebenen Wort wurden vier Kästchen mit vier Abbildungen darin, gezeigt. Das Kind sollte nun dem vorne in der Zeile stehenden, ausgeschriebenen Wort das richtige Bild zuordnen und mit einem schrägen Strich markieren (/). Sobald es dies getan hatte sollte das Kind das Wort der nächsten Zeile lesen und wieder das dazugehörige Bild markieren, usw. Sollte das Kind ein Wort nicht lesen können so wurde es instruiert, dass es diese Zeile überspringt und ohne Zeitverlust gleich zur nächsten Zeile übergeht und diese Aufgabe bearbeitet. Falls dem Kind ein Fehler passiert und es diesen bemerkt, so wurde es angeleitet, das falsch markierte Bild nochmals mit einem schrägen Strich durchzustreichen (X) und das richtige Bild mit einem einfachen Schrägstrich (/) zu markieren.

Die Beurteilung der Lesegeschwindigkeit mit diesem Testmittel ist ein zuverlässiges Maß für die Erfassung der Leseleistung im deutschen Sprachraum. Es ist nur eine quantitative Auswertung möglich, wobei eine minimale Punktzahl von 0 Wertpunkten und eine maximale Punktzahl von 140 Wertpunkten erreicht werden kann (Küspert und Schneider, 1998).

#### 2.4.6 Diagnostischer Lesetest zur Frühdiagnose (DLF 1-2)

Bei dem DLF 1-2 handelt es sich um einen Test zur Messung der Lesefehler und der Lesezeit; im Rahmen dieser Studie waren jedoch nur die Lesefehler relevant. Die Kinder wurden einzeln von den Lehrkräften getestet. Dem Kind wurde eine

Lesevorlage gegeben, auf der in Gruppen angeordnet häufige Wörter; seltene, aber einfach aufgebaute Wörter (Wörter mit und ohne Bedeutung); schwierige Wörter mit Konsonantengruppen und zusammengesetzte Wörter, abgedruckt sind. Zusätzlich zu diesem Blatt erhielt das Kind ein Abdeckblatt, bei dem ein Lesefenster ausgeschnitten wurde. Das Lesefenster wurde immer von links nach rechts weiter geschoben, sobald das im Lesefenster sichtbare Wort gelesen werden konnte. In der letzten Zeile der Lesevorlage standen vier bedeutungslose Wörter, worauf der Testleiter das Kind hinwies, dass dies Wörter aus der „Indianersprache“ seien. Der Testleiter protokollierte während des gesamten Tests auf einem extra Protokollbogen die Lesefehler. Ein Lesefehler wird als ein falsch gelesenes Wort oder ein Wort, das nicht innerhalb von 20 Sekunden gelesen werden konnte, definiert. Die Zeitmessung erfolgte dabei nicht objektiv mit einer Uhr, sondern subjektiv per „Striche machen“. Dann wurde das betreffende Wort durchgestrichen. Es konnten minimal null Fehler gemacht werden, was der besten Leseleistung entsprach und maximal 33 Fehler, was entsprechend die schlechteste Leseleistung bezeugte (Müller, 1999).

#### 2.4.7 Rechtschreibfehler (Diagnostischer Rechtschreibtest für erste Klassen; DRT 1)

Der DRT 1 wurde, wie die beiden vorhergehenden Tests, am Ende der ersten Klasse von Lehrkräften der an der Studie teilnehmenden Kinder durchgeführt. Alle Kinder einer Klasse wurden gleichzeitig getestet. Der DRT 1 wurde zur Messung der Rechtschreibfehler genutzt.

Jedes Kind erhielt einen eigenen Testbogen, in den die Lösungen eingetragen werden mussten. Dazu las der Testleiter eine vorgegebene Geschichte laut und deutlich, aber nicht übertrieben betont, vor. Den Kindern wurde erläutert, sie sollen bestimmte Wörter, die vom Testleiter extra genannt wurden auf die vorgegebene Zeile schreiben. Dazu nannte der Testleiter als erstes die Zeile, in welche die Kinder das Wort hineinschreiben sollten, dann las der Testleiter das Wort vor,

danach wiederholte er den dazugehörigen Satz, in dem das Wort vorkommt und dann wiederholte er abermals das zu schreibende Wort. Dieser Vorgang wurde mit zwei verschiedenen Wörtern vorab geübt. Den Kindern wurde zum Aufschreiben der Wörter kein Zeitlimit gesetzt. Der Test besteht aus insgesamt zwei Teilen. Teil eins wurde beendet, nachdem alle 14 Testwörter der ersten Geschichte diktiert und aufgeschrieben waren. Danach las der Testleiter die zweite Geschichte vor. Teil zwei des Tests wurde in derselben Art und Weise durchgeführt wie Teil eins (Müller, 2004).

Bei der quantitativen Auswertung konnten wenigstens null Fehler (beste Rechtschreibleistung) und höchstens 30 (14 Wörter im ersten Teil und 16 Wörter im zweiten Teil) Fehler gemacht werden (schlechteste Rechtschreibleistung).

#### 2.4.8 Intelligenztest (Culture Fair Intelligence Test Scale 1; CFT 1)

Um eine Aussage über die allgemeine Intelligenz zu machen und um einen eventuellen Zusammenhang zwischen Intelligenz und späterer Lese-Rechtschreibleistung feststellen zu können wurde ein nonverbaler Intelligenztest durchgeführt. Hier kam der Grundintelligenztest Culture Fair Intelligence Test Scale 1 (CFT 1) zum Einsatz, der die nonverbale Intelligenz misst.

Es wurden, wie schon bei den letzten drei Messungen, alle an der Studie beteiligten Kinder einer Klasse gemeinsam getestet. Zu Beginn erhielt jedes Kind ein Testheft, in welches die Lösungen eingetragen werden musste.

Der CFT 1 ist in fünf Untertests untergliedert, die im Folgenden genauer erklärt werden. Jeder Untertest wurde an Hand von Beispielen vom Testleiter (in diesem Fall ein Mitarbeiter des ZNL) vor der Durchführung erläutert und zweimal mit den Kindern geübt. Für alle Untertests galten bestimmte Zeitvorgaben.

Der erste Untertest war ein Substitutionstest. Bei diesem Test wurde sechs Bildern von Gegenständen je ein Symbol zugeordnet. Die Kinder mussten nun unter jeden Gegenstand das dazugehörige Symbol zeichnen. Die Gegenstände waren in sechs Zeilen in unterschiedlicher Reihenfolge angeordnet. Den Kindern wurde



erläutert, dass sie immer von links nach rechts vorgehen sollten, nicht durcheinander. Bei diesem Test wurde der reproduktive Aspekt der Wahrnehmung erfasst.

Der zweite Untertest bestand aus vier Labyrinthreihen zu je drei kleinen Labyrinthreihen. Es mussten möglichst viele Labyrinthreihen durchfahren werden; dabei wurde der produktive Aspekt der Wahrnehmung, sowie visuelle Orientierung und Aufmerksamkeit gemessen.

Im dritten Untertest sollten Klassifikationen erkannt werden. Dabei waren fünf ähnliche Figuren nebeneinander gezeigt. Von diesen fünf Figuren sollte diejenige markiert werden, die nicht dieselben Merkmale aufwies, wie die anderen vier. Mit diesem Test erfasste man das beziehungsstiftende Denken bei figuralem Material. Untertest vier untersuchte die Wiedererkennung von Figuren. Dabei sollte eine am Rand vorgegebene Musterfigur unter fünf nebenstehenden Figuren wiedererkannt werden. Vier dieser fünf Figuren waren ähnlich der Musterfigur, jedoch detail- oder merkmalsverändert.

Der letzte Untertest beinhaltete das Erkennen von Matrizen. Es wurde wiederum am Rand ein Muster vorgegeben, welches aus drei Teilen bestand. Der vierte Teil sollte nun aus fünf nebenstehenden Mustern passend ergänzt werden. Bei diesem Untertest kann die Fähigkeit, Regeln und Zusammenhänge bei figuralen Problemstellungen zu erkennen, erfasst werden.

Für jeden Untertest können maximal 12 Punkte vergeben werden, d. h. insgesamt können maximal 60 Rohwertpunkte erzielt werden (beste Leistung); wenigstens können null Punkte erzielt werden, wenn keine Aufgabe richtig gelöst wurde (schlechteste Leistung).

Für unsere Berechnungen wurde der ermittelte Intelligenzquotient der Kinder herangezogen (Weiß und Osterland, 1997).

## 2.5 Auswertungsverfahren

Die auditiven Ordnungsschwellen wurden für jeden Probanden aus den je 60 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/> cf. Wichmann und Hill, 2001) an die Antwortdaten angepasst. Diese Funktion ist vollständig beschrieben mit den vier Parametern Minimum (0,5, Ratewahrscheinlichkeit bei 2-AFC Verfahren), Maximum (1), Schwellenwert (Wendepunkt, hier 75% korrekte Antworten) und Steigung. Abbildung 14 zeigt eine solche Auswertungsfunktion.

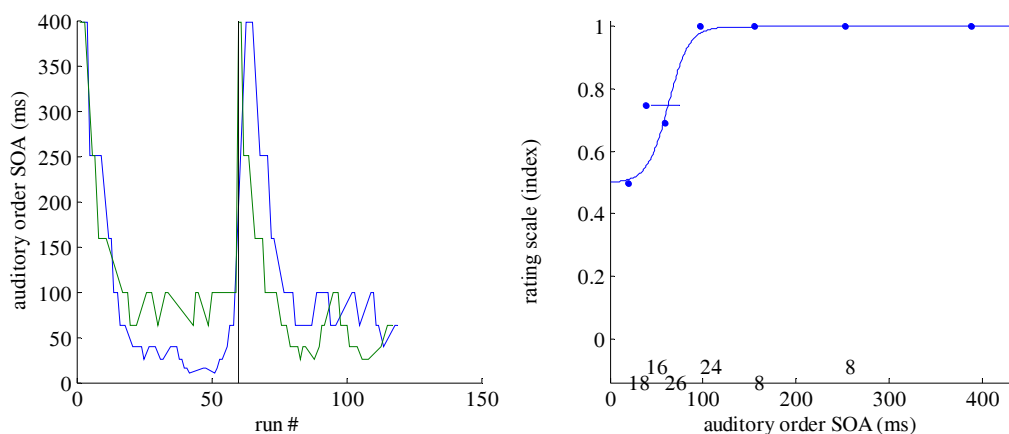


Abb. 14: Die linke Abbildungshälfte zeigt den Verlauf eines Kuh-Maus-Experiments bei einem Probanden. Es sind auf der X-Achse die Darbietungsanzahl (run #: # wird als Zeichen für number = Anzahl der Darbietungen, verwendet) der beiden Durchgänge und auf der Y-Achse die Zeitintervalle zwischen dem Beginn von zwei dargebotenen Tönen (SOA: Stimulus-onset Asynchrony) in Millisekunden (ms) aufgetragen. Beide Durchgänge beinhalteten 60 Darbietungen. Der Beginn des zweiten Durchgangs ist mit einem vertikalen schwarzen Strich gekennzeichnet und beginnt bei run # 61. Beide Durchgänge begannen mit einer großen SOA (400 ms) und näherten sich dann der auditiven Ordnungsschwelle im unteren Millisekunden-Bereich. Die beiden Farben Blau und Grün stellen die beiden unabhängig voneinander ablaufenden Treppenverläufe dar. Auf der rechten Abbildungshälfte ist die sigmoide Auswertungskurve (Funktion) für die Bestimmung der auditiven Ordnungsschwelle dargestellt. Auf der X-Achse ist die SOA in ms dargestellt (Zahlen unter der X-Achse), die Zahlen über bzw. auf der X-Achse beschreiben die Häufigkeit der dargebotenen SOA's. Die Y-Achse zeigt den relativen Anteil der richtigen Antworten. Die sigmoide Funktion beginnt bei 0,5 (entspricht 50% Ratewahrscheinlichkeit bei zwei Antwortmöglichkeiten) und endet bei 1 (entspricht 100%: alle Antworten sind korrekt). Der Wert der auditiven Ordnungsschwelle beträgt 62,7 ms (Wendepunkt bei 75% der korrekten Antworten, der durch einen kurzen, horizontalen, blauen Strich gekennzeichnet ist und dann auf der X-Achse abgelesen wird), die Steigung beträgt 11,1. Je kleiner der Steigungswert ist ( $>0$ ), desto genauer war die Schätzung der Ordnungsschwelle. Dieser Wert kann nicht aus der Abbildung abgelesen werden und ist als Zusatzinformation zu verstehen.

Nicht in die Auswertung mit einbezogen wurden die folgenden Schätzungen: Negative Schwellenwerte, negative Steigungen, Schwellenwerte größer als die Werte eines catch trials ( $> 399$  ms), sowie Steigungen, die größer als 500 waren.

In einem zweiten Schritt wurde der Mittelwert der Steigungen der verbliebenen Schätzungen berechnet und Schätzungen, deren Steigung größer als Mittelwert plus eine Standardabweichung waren, ausgeschlossen. Es wurde nur ein Durchgang zur Ermittlung auditiven Ordnungsschwelle herangezogen, wenn sich aus dem ersten oder der zweiten Durchgang kein realer Wert errechnen ließ. Dies wird damit gerechtfertigt, dass manche Kinder sich nur kurze Zeit konzentrieren können und somit beim zweiten Durchgang die Aufmerksamkeit zu gering war, um eine Ordnungsschwelle berechnen zu können. Bei anderen Kindern war es genau umgekehrt; sie benötigen einen kompletten Durchlauf um die Aufgabe zu verstehen und bringen ihre beste Leistung erst zum Ende der Aufgabe.

Für die statistische Auswertung wurden parametrische Verfahren verwendet. Es wurde zum einen mittels Produkt-Moment-Korrelationen nach Pearson untersucht, ob die auditive Ordnungsschwelle zu Schulanfang mit den späteren Lese-Rechtschreibleistungen am Ende der ersten Klasse in Verbindung stand. Da Pearson-Korrelationen für den prädiktiven Wert nicht aussagekräftig sind wurde zum anderen mit multivariaten hierarchischen Regressionsanalysen geprüft, ob die Ordnungsschwelle einen Beitrag zur Aufklärung der Varianz im Lesen und Schreiben leisten konnte, der über den Varianzaufklärungsbeitrag von allgemeinen kognitiven Variablen wie der allgemeinen Intelligenz, dem Arbeitsgedächtnis und der Aufmerksamkeit hinausgeht (Diehl und Kohr, 1994).

### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Deskriptive Auswertung

Zur Ermittlung der auditiven Hörschwelle konnten Daten von 236 Probanden herangezogen werden. Von der Auswertung des Experiments zur zeitlichen auditiven Wahrnehmung wurden 7 Kinder wegen schlechten Ergebnissen im selbst entwickelten Hörscreeningverfahren ausgeschlossen. Es wurde die Ruhehörschwelle der Kinder in vier Frequenzbereichen (500, 1000, 2000 und 4000 Hz) jeweils im linken und rechten Ohr ermittelt. Trat in einem oder beiden Ohren ein Hörverlust von mindestens 20 dB HL in zwei oder mehr der gemessenen Frequenzen auf, so wurden die Daten des betroffenen Kindes aus der Auswertung der Hörschwellenexperimente (auditive Ordnungsschwelle, auditive Lückenerkennung) ausgeschlossen. Aufgrund der Eigenheiten des im Hörscreenings verwendeten Algorithmus war es Kindern, die zu Beginn des Screenings einzelne falsche Entscheidungen trafen, unmöglich, im Verlauf der Messung noch akzeptable Ruhehörschwellen zu erreichen. Deshalb wurde bei Kindern, deren schlechte Werte im Hörscreening auf diese Eigenheiten des Messverfahrens zurückzuführen waren, auf einen Ausschluss aus der Stichprobe verzichtet. Da das verwendete Verfahren darüber hinaus nicht den Anforderungen an einen kontrollierten Hörtest entsprach (das Screening war kein standardisiertes audiometrisches Verfahren und wurde nicht in einer Hörkabine durchgeführt), wurde bei eventuellen Einbußen bei einzelnen Frequenzen in einem Ohr ebenfalls von einem Ausschluss der Kinder abgesehen.

Weitere 14 Kinder wurden auf Grund technischer Probleme mit dem Kopfhörer aus der Auswertung ausgeschlossen.

Somit verblieben für die Auswertung der Daten des Experiments zu zeitlichen auditiven Wahrnehmung 216 Probanden (ein Kind hatte schlechte Ergebnisse im Hörtest und technische Probleme mit dem Kopfhörer). Das Geschlechterverhältnis war ausgewogen mit 106 Mädchen zu 110 Jungen.

Die Schwellenwerte des Experiments zur zeitlichen auditiven Wahrnehmung sollten an Hand von zwei Durchgängen ermittelt werden. Sie wurde aus beiden Durchgängen (ein Durchgang à 60 Darbietungen) errechnet, wenn beide Durchgänge in Ordnung waren und nicht wegen einer oder mehrerer oben genannter Gütekriterien aus der Auswertung genommen werden musste. Konnte nur aus dem ersten Durchgang ein sinnvoller Wert für die auditive Ordnungsschwelle errechnet werden, wurde der erste Durchgang zur Ermittlung der Schwelle herangezogen, war es nur der Zweite, so wurde aus dem zweiten Durchgang der Schwellenwert zur zeitlichen auditiven Wahrnehmung ermittelt. Die genaue Erklärung dazu ist in 2.5 Auswertungsverfahren beschrieben. Bei 130 Probanden konnte die Schwelle aus beiden Durchgängen ermittelt werden (55,1%), bei 26 Probanden nur aus Durchgang eins (11,0%) und bei 10 Probanden nur aus Durchgang zwei (4,2%).

Bei 70 Kindern (29,7%) ließ sich die Ordnungsschwelle formal nicht schätzen. Es fanden sich bei der Schätzung negative Steigungen, die bedeuten würden, dass die Diskrimination bei steigender SOA unsicherer wird. Außerdem gab es Fälle bei denen die geschätzten Schwellenwerte über der SOA der catch trials von 399 ms lagen. Schließlich gab es Schwellenschätzungen mit sehr flachen Steigungsverläufen, die auch auf eine sehr unsichere Schätzung hinweisen. Steigungswerte größer als 500 wurden abgelehnt.

Dies ergab eine Anzahl von 164 Probanden, die in die Auswertung für die Schätzung der Schwelle des Experiments zur zeitlichen auditiven Wahrnehmung einfließen.

Der Schwellenwert für die auditive Ordnungsschwelle lag im Mittel bei 158,4 ms, wobei die niedrigste Schwelle 12,6 ms und die höchste Schwelle 398,0 ms betrug. Die Standardabweichung belief sich auf 94,6 ms.

Am CFT 1 nahmen 205 Kinder teil, woraus sich ein mittlerer Gesamt-IQ von 107,9 errechnen ließ. Der schlechteste Wert betrug 70 und der beste Wert 142, bei einer Standardabweichung von 14,2.

Das Zahlennachsprechen des HAWIK III wurde bei allen 216 Kindern durchgeführt. Im Mittel erreichten die Kinder 9,1 Wertpunkte, das Minimum lag bei

3 und das Maximum bei 16 Wertpunkten. Die Standardabweichung betrug 2,4 Wertpunkte.

Auch der Aufmerksamkeitsscore wurde bei allen 216 Kindern bestimmt. Hier lag das Maximum bei 22 Punkten, das Minimum bei 10 Punkten und der Mittelwert bei 12,8 Punkten. Die Standardabweichung wurde mit 2,7 Punkten errechnet.

Am DLF 1-2 nahmen 184 Kinder teil, das schlechteste Kind hatte 30 Lesefehler, das Beste 0 Lesefehler. Der Mittelwert lag bei 3,2 Fehler und die Standardabweichung betrug 3,7 Fehler.

Die WLLP wurde bei 191 Kindern durchgeführt, wobei die Kinder im Mittel 47,8 Wörter zu lesen schafften. Das Minimum betrug ein Wort und das Maximum 134 Wörter. Die Standardabweichung lag bei 19,4 Wörtern. Beim DRT 1 lag der quantitative Rohwert für die Fehler bei 4,98 im Mittel, der beste Wert waren 0 Fehler und der schlechteste Wert 28 Fehler. Die Standardabweichung belief sich auf 5,2 Fehler. Den DRT 1 bewältigten 206 Kinder.

## 3.2 Statistische Auswertung

Die statistische Auswertung erfolgt anhand von Korrelationskoeffizienten und Regressionsmodellen.

### 3.2.1 Korrelative Zusammenhänge der betrachteten Variablen (nach Pearson)

Es wurden Produkt-Moment-Korrelationen nach Pearson berechnet, um die Zusammenhänge zwischen den betrachteten Variablen zu ermitteln. In Tabelle 1 sind die Ergebnisse in einer Korrelationsmatrix dargestellt.

Tabelle 1: Korrelationskoeffizienten für die betrachteten Variablen.

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) Auditive Ordnungsschwelle	- 0,23**	- 0,37**	0,29**	1,00			
(5) Lesefehler	- 0,10	- 0,20**	0,26**	0,29**	1,00		
(6) Lesezeit	0,19**	0,24**	- 0,24**	- 0,21*	- 0,37**	1,00	
(7) Rechtschreibfehler	- 0,24**	- 0,26**	0,29**	0,28**	0,63**	- 0,48**	1,00

Anmerkung:

\*\* p < 0,01, zweiseitig; \* p < 0,05, zweiseitig

Im Folgenden sind die für diese Studie wichtigsten Korrelationsergebnisse schriftlich dargestellt. Hauptaugenmerk ist auf Korrelationen mit dem Schwellenwert der auditiven Ordnungsschwelle gerichtet.

Als erstes werden die Korrelationen des Schwellenwerts der auditiven Ordnungsschwelle mit den Testergebnissen am Ende der ersten Klasse erläutert. Es wurden Lesefehler (gemessen mit DLF 1-2), Lesegeschwindigkeit (gemessen mit WLLP) und Rechtschreibfehler (gemessen mit DRT 1) erfasst.

Der Schwellenwert der auditiven Ordnungsschwelle korreliert mit den Lesefehlern am Ende von Klasse eins positiv. Dies bedeutet, dass umso mehr Lesefehler gemacht werden, je höher der Schwellenwert der auditiven Ordnungsschwelle ist. Die Korrelation des Schwellenwerts der auditiven Ordnungsschwelle mit der Lesegeschwindigkeit ist negativ, d.h. je höher der Schwellenwert der auditiven Ordnungsschwelle ist, desto niedriger ist die Lesegeschwindigkeit. Der Zusammenhang zwischen dem Schwellenwert der auditiven Ordnungsschwelle und der Rechtschreibleistung am Ende der ersten Klasse ergibt eine positive Korrelation: je höher der Schwellenwert der auditiven Ordnungsschwelle, desto mehr Rechtschreibfehler werden gemacht.

Nachdem die Korrelationen mit den Testergebnissen am Ende der ersten Klasse genauer erläutert wurden, werden an zweiter Stelle die Korrelationen des Schwellenwerts der auditiven Ordnungsschwelle mit den allgemeinen kognitiven Variablen betrachtet. Zu den allgemeinen kognitiven Parametern gehören: non-

verbale Intelligenz (gemessen mit CFT 1), Arbeitsgedächtnis (gemessen mit HAWIK III) und Aufmerksamkeit (erörtert an Hand der an Döpfner und Lehmkuhl angelehnten Items).

Der Schwellenwert der auditiven Ordnungsschwelle korreliert mit der non-verbale Intelligenz negativ, was bedeutet, dass der Schwellenwert der auditiven Ordnungsschwelle umso niedriger ist, je höher der Intelligenzquotient ist. Auch beim Zusammenhang mit dem Schwellenwert der auditiven Ordnungsschwelle und des Arbeitsgedächtnisses ergibt sich eine negative Korrelation: je niedriger der Schwellenwert der auditiven Ordnungsschwelle, desto besser das Arbeitsgedächtnis. Als letztes betrachten wir noch die Korrelation des Schwellenwerts der auditiven Ordnungsschwelle mit der Aufmerksamkeit, wobei sich auch hier wiederum eine negative Korrelation ergibt, was bedeutet, dass der Schwellenwert für die auditive Ordnungsschwelle umso niedriger ist, je höher die Aufmerksamkeit ist.

Als drittes werden noch die Korrelationen der allgemeinen kognitiven Variablen untereinander näher beleuchtet.

Der nonverbale Intelligenzquotient korreliert positiv mit dem Arbeitsgedächtnis, d.h. je höher der Intelligenzquotient, desto besser die Arbeitsgedächtnisleistung. Dies wurde prinzipiell so erwartet, da man Arbeitsgedächtnis als Teilkomponente der allgemeinen Intelligenz sieht. Auch eine positive Korrelation besteht zwischen dem Intelligenzquotient und der Aufmerksamkeit, was bedeutet, dass die Kinder umso aufmerksamer sind, je höher der Intelligenzquotient ist. Die dritte und letzte Korrelation der allgemein kognitiven Variablen zwischen der Aufmerksamkeit und dem Arbeitsgedächtnis ist ebenfalls positiv, d.h. je aufmerksamer die Kinder sind, desto besser ist die Leistung des Arbeitsgedächtnisses.

Schlussfolgernd kann gesagt werden, dass die auditiven Ordnungsschwellen in engem Zusammenhang mit den allgemeinen kognitiven Leistungen wie nonverbale Intelligenz, Arbeitsgedächtnis und Aufmerksamkeit stehen und diese allgemeinen Leistungen den Zusammenhang zum Lesen und Schreiben bestimmen. Deshalb wird es schwer werden einen unabhängigen Beitrag der auditiven Ordnungsschwellen für das Lesen und Rechtschreiben zu finden. Bei



den auditiven Ordnungsschwellen könnten allgemeine kognitive Leistungen bereits so viel Varianz aufklären, dass der Schwellenwert der auditiven Ordnungsschwelle keinen davon unabhängigen Beitrag mehr leisten kann.

### 3.2.2 Vorhersagen bezüglich des Lese-Rechtschreiberfolges

Die tatsächlichen Beziehungen zwischen mehreren gemessenen Variablen entsprechen in der Regel 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 interkorrelierenden unabhängigen Variablen, Prädiktoren genannt. Zur Überprüfung der Beziehungsstruktur zwischen den Variablen wurde die Methode der multivariaten hierarchischen Regressionsanalyse angewandt. Es soll gezeigt werden, ob die auditive Ordnungsschwelle einen von allgemeinen kognitiven Leistungen (in diesem Fall allgemeine Intelligenz, Arbeitsgedächtnis und Aufmerksamkeit) unabhängigen Beitrag zum Lese-Rechtschreiberfolg in Klasse eins leisten kann. Deshalb wurden die Prädiktorvariablen blockweise in die Regressionsanalyse aufgenommen. In Block eins wurden Intelligenz, Arbeitsgedächtnis und Aufmerksamkeit aufgenommen (schrittweise Auswahl; Kriterien: Wahrscheinlichkeit von F-Wert für Aufnahme  $\leq 0,05$ , Wahrscheinlichkeit von F-Wert für Ausschluss  $\geq 0,1$ ). In Block zwei wurde die auditive Ordnungsschwelle in die Regressionsanalyse einbezogen (schrittweise Auswahl; Kriterien: Wahrscheinlichkeit von F-Wert für Aufnahme  $\leq 0,05$ , Wahrscheinlichkeit von F-Wert für Ausschluss  $\geq 0,1$ ). Insgesamt wurden drei Regressionsanalysen berechnet, um den Einfluss der Variablen auf den Lese-Rechtschreiberfolg in Klasse eins zu bestimmen. Tabelle 2 zeigt die Ergebnisse der hierarchischen Regressionsanalysen zur Vorhersage von Lesefehlern, Lesegeschwindigkeit und Rechtschreibfehlern am Ende von Klasse eins.

Tabelle 2: Hierarchische Regressionsanalyse für Variablen zur Vorhersage von Lesefehlern, Lesezeit und Rechtschreibfehlern am Ende von Klasse eins.

Prädiktorvariable	Lesefehler (N = 134)		Lesegeschwindigkeit (N = 144)		Rechtschreibfehler (N = 149)	
	Beta	p	Beta	p	Beta	p
1. Intelligenz	- 0,03	0,77	0,14	0,10	- 0,17	< 0,05 *
Arbeitsgedächtnis	- 0,13	0,12	0,25	< 0,01 **	- 0,33	< 0,01 **
Aufmerksamkeit	0,22	< 0,01 **	- 0,10	0,23	0,22	< 0,01 **
2. AO	0,21	< 0,05 *	- 0,11	0,20	0,12	0,16

Anmerkung:

AO = Auditive Ordnungsschwelle

In der Regressionsanalyse zur Vorhersage von Lesefehlern am Ende von Klasse eins werden 4% der Varianz durch die Aufmerksamkeit aufgeklärt (korrigiertes  $R^2$ ). Allgemeine Intelligenz und Arbeitsgedächtnis leisten keinen darüber hinausgehenden signifikanten Beitrag zur Varianzaufklärung. Das  $\Delta R^2$ -zwischen Modell 1 und 2 zeigt an, dass die auditive Ordnungsschwelle weitere 3,3% der Varianz aufklärt (Varianzaufklärung durch Aufmerksamkeit + auditive Ordnungsschwelle = 7,3%). Der einzige signifikante Prädiktor für die Lesegeschwindigkeit am Ende von Klasse eins ist die Arbeitsgedächtnisleistung (Varianzaufklärung: 5,7%). Weder die anderen allgemeinen kognitiven Variablen (Intelligenz, Aufmerksamkeit), noch die auditive Ordnungsschwelle können einen signifikanten Teil der Varianz aufklären. Als wichtigster Prädiktor für Rechtschreibfehler am Ende von Klasse eins fungiert das Arbeitsgedächtnis, welches 10% der Varianz aufklärt. Die Aufmerksamkeit leistet zusätzliche 3,9% Varianzaufklärung, die allgemeine Intelligenz nochmals 2%. Durch die allgemeinen kognitiven Variablen werden somit 15,9% der Varianz im Rechtschreiben aufgeklärt. Die auditive Ordnungsschwelle leistet dagegen keinen eigenständigen Beitrag zur Varianzaufklärung.

## 4 Diskussion

In vorliegender Studie war das Ziel, den prädiktiven Wert der auditiven Ordnungsschwelle auf den späteren Lese-Rechtschreiberfolg bei Schulanfängern zu eruieren um eventuelle später auftretende Schwierigkeiten beim Lese-Rechtschreiberwerb frühzeitig erkennen zu können. Bei über zwei Drittel der getesteten Kinder konnte ein auditiver Ordnungsschwellenwert ermittelt werden. Die gemessenen Ordnungsschwellenwerte konnten mit dem späteren Lese-Rechtschreiberwerb in Beziehung gesetzt werden, d.h. es bestand ein Zusammenhang auf korrelativer Basis; je niedriger die auditive Ordnungsschwelle war, desto besser war der Erfolg bei den späteren Lese- und Rechtschreibtests. Dieses Ergebnis spricht zunächst für die Theorie von Tallal, dass zeitliche auditive Verarbeitung eine Rolle beim Schriftspracherwerb spielt (Tallal 1980, 2000). Die auditive Ordnungsschwelle konnte 3,3% der Varianz der Lesefehler aufklären, d.h. es konnte aus der Regressionsanalyse ein Vorhersagewert von 3,3% ausgemacht werden. Allerdings muss betont werden, dass die auditive Ordnungsschwelle keinen Vorhersagewert hinsichtlich Lesegeschwindigkeit und Rechtschreibfehler besaß. Im Gesamtvergleich der auditiven Ordnungsschwelle und der zusätzlich erfassten allgemeinen kognitiven Variablen, wie Arbeitsgedächtnis, Aufmerksamkeit und Intelligenz schwindet der prädiktive Wert der auditiven Ordnungsschwelle zu einem unbedeutenden Minimum. Zur Vorhersage des Lese- und Rechtschreiberfolgs am Ende von Klasse eins eignen sich also andere Einflussgrößen besser als die auditive Ordnungsschwelle.

### 4.1 Schätzung der auditiven Ordnungsschwellen

Die Studie von Hood und Conlon (2004) diente als Anhaltspunkt für die Experimente der vorliegenden Studie. Zudem wurde vorliegende Studie mit für uns sinnvollen und realisierbaren Ergänzungen erweitert. Die Messungen der auditiven Ordnungsschwellen und derselben Kontrollparameter (Arbeitsgedächtnis, Aufmerksamkeit und nonverbale Intelligenz) wie bei Hood und

Conlon (2004) wurden direkt an den jeweiligen Schulen in ruhigen Räumen durchgeführt. Unser Probandenkollektiv umfasste etwa 30% mehr Kinder als das von Hood und Conlon (2004), außerdem wurden zusätzliche Störgrößen wie Lärm, Licht oder Störungen während der Testphase miterfasst. Im Gegensatz zu der Studie von Hood und Conlon (2004), die verschiedene, vorgegebene ISI's überprüften, wurde in vorliegender Studie die Länge der SOA's an die vorhergehende Antwort des Probanden individuell, mit dem Ziel bei der Bestimmung der Ordnungsschwelle ein noch genaueres Ergebnis zu erzielen, adaptiert. Somit konnte, im Gegensatz zu der Methode von Hood und Conlon (2004), die einen allgemeinen Summenscore über die Anzahl der richtigen Antworten bei kurzen ISI's geteilt durch die Gesamtanzahl der Darbietungen bildeten, für jeden Probanden individuell eine Ordnungsschwelle geschätzt werden durch rechnerische Annäherung an die eigentliche auditive Ordnungsschwelle des Probanden.

Das Alter der Probanden scheint bei der Datenerhebung für die Ordnungsschwelle eine große Rolle zu spielen. Hautus et al. (2003) betonten, dass es wichtig sei, die Erfassung der zeitlichen, auditiven Auflösungsfähigkeit so früh als möglich durchzuführen, da der Entwicklungsrückstand zu normal Lesenden nicht mehr nachgewiesen werden könne, je älter die Probanden würden. Sie fanden Unterschiede in der zeitlichen, auditiven Auflösungsfähigkeit nur bei der Gruppe mit 6 bis 9-jährigen. Die Unterschiede waren bei den Gruppen im Alter zwischen 10 und 25 Jahren nicht mehr nachweisbar. Hautus et al. (2003) erhoben diese Daten bei einer Lückenerkennungsaufgabe. Berwanger et al. (2004) dagegen beschrieben Schwierigkeiten bei der Erhebung von Ordnungsschwellenwerten bei Schulkindern im Alter von 5 bis 11 Jahren. Sie haben festgestellt, dass die Kinder, die beim Messzeitpunkt jünger als sieben Jahre alt waren, Schwierigkeiten hatten die auditiven Ordnungsschwellenaufgaben reliabel zu bearbeiten. Die Messung der auditiven Ordnungsschwelle in vorliegender Studie wurde extra für Kinder im Vorschulalter entworfen, d.h. es wurde bildlich dargestellt, was die Kinder hörten, nämlich eine Maus für einen hohen und eine Kuh für einen tiefen Ton. Dies sollte zur Verdeutlichung der Aufgabe dienen, die Vorstellung erleichtern und die Motivation der Kinder erhöhen. Bei über 70 Prozent der Probanden vorliegender

Studie konnte aus mindestens einem Testdurchgang die Ordnungsschwelle berechnet werden. Für die Probanden diesen Anteils lässt sich definitiv feststellen, dass sie nicht zu jung waren. Für die 70 Kinder bei denen keine sinnvolle Ordnungsschwelle ermittelt werden konnte, ist nicht sicher festzustellen, warum es zu keinem Ergebnis kam. Einerseits ist es denkbar, dass die Versuchsaufgabe von den Kindern nicht vollständig verstanden wurde, oder im Laufe der Messung wieder vergessen wurde. Weiterhin ist es möglich, dass die Kinder tatsächlich nicht in der Lage waren, die Reihenfolge der Töne sicher zu identifizieren. Das Fehlschlagen einer Schwellenmessung ist auch als ein qualitatives Ergebnis der Messung zu verstehen. Es ist davon auszugehen, dass bei jedem Kind zu einem späteren Zeitpunkt eine erfolgreiche Schwellenmessung durchgeführt werden kann, so dass das Fehlschlagen eine frühe, für den Test unreife Entwicklungsstufe des Kindes widerspiegelt.

Bei der Datenerhebung von Berwanger et al. (2004) beendeten 64 Prozent der fünfjährigen Kinder, 63 Prozent der Sechsjährigen und 94 Prozent der Siebenjährigen den Ordnungsschwellentest erfolgreich, was zu einer Ermittlung der Ordnungsschwelle führte. Das Probandenkollektiv bestand dabei aus 35 Kindern im Alter zwischen fünf und sieben Jahren. Im Vergleich zu den älteren Kindern (8-11 Jahre) hatten sie insgesamt höhere Ordnungsschwellenwerte (132, 98 und 90 ms) und brauchten für die Ermittlung der Ordnungsschwelle mehr Darbietungen. Im vorliegenden Experiment umfasste das getestete Kollektiv 236 Kinder und die Anzahl der Darbietungen war festgelegt. Alle Kinder waren zwischen fünf und sieben Jahren alt, wobei die Altersgruppen nicht getrennt voneinander betrachtet wurden. Insgesamt konnte bei über 70 Prozent der Probanden eine auditive Ordnungsschwelle bestimmt werden, die im Mittel 158 ms betrug. Die Ergebnisse von Berwanger et al. (2004) zeigen einen deutlichen Sprung in der Ermittlungshäufigkeit der Ordnungsschwelle zwischen den sechs- und den siebenjährigen Kindern, wobei die vorliegende Studie keine genaue Aussage zur Differenzierung des Alters machen kann. Es lässt sich jedoch konstatieren, dass in einem gemischten Kollektiv zwischen fünf und sieben Jahren eine Bestimmung der auditiven Ordnungsschwelle in über 70 Prozent möglich ist, ohne dass die Anzahl der Darbietungen dabei beliebig vergrößert wurde.

#### 4.2 Zusammenhang zwischen der Ordnungsschwelle und der Lese-Rechtschreibfähigkeit

Der zwar vorhandene, aber nur kleine Vorhersagewert der auditiven Ordnungsschwelle auf die Lese- und Rechtschreibfähigkeit der vorliegenden Studie bestätigt die Beobachtungen einer Reihe von vorausgegangenen Messungen. In vielen Studien findet sich überhaupt kein prädiktiver Einfluss der Ordnungsschwellen auf den Lese- Rechtschreiberwerb. Schulte-Körne et al. (1998) haben keine Unterschiede in zeitlicher Verarbeitungsfähigkeit, gemessen an Hand einer Lückenerkennungsaufgabe, zwischen einer Gruppe von Kindern mit LRS und einer Kontrollgruppe gefunden. Auch Nittrouer (1999) konnte in einer Stichprobe mit über einhundert 8 bis 10-jährigen Kindern keine Beziehung zwischen phonologischer Verarbeitungsfähigkeit und zeitlicher Wahrnehmung eruieren. Kronbichler et al. (2002) zeigten an Hand von Kindern mit schwerer LRS, dass kein Unterschied zwischen ihnen und einer alterskorrelierten normal lesenden Vergleichsgruppe bestand. Die Siebtklässler mussten per dargebotenen Klicks im Kopfhörer erkennen, ob sich ein Zug virtuell fortbewegte oder nicht. Dabei hatte ein stagnierender Zug lange ISI's (500ms) und ein fahrender Zug Kurze (45 ms). Es stellte sich heraus, dass die Kinder mit LRS entgegen aller Erwartungen mindestens gleich gute, eher sogar noch bessere Ergebnisse zeigten, als die Kontrollgruppe. Diese drei Beispiele illustrieren, dass empirische Befunde die Theorie von Tallal (1980) derzeit infrage stellen.

In vorliegender Studie konnte bei großem Aufwand, sorgfältiger Datenerhebung und genauesten Bestimmungsmethoden der auditiven Ordnungsschwelle nur ein kleiner prädiktiver Wert für die Vorhersage der Lesefehler gemacht werden. Die Lesezeit und Rechtschreibfehler konnten mit Hilfe der verwendeten Methoden nicht vorhergesagt werden, womit die Studienergebnisse von Tallal (1980) nicht bekräftigt werden konnten. Es liegt die Vermutung nahe, dass nur aufgrund der großen methodischen Sorgfalt und Genauigkeit überhaupt ein kleiner prädiktiver Wert für die Lesefehler in vorliegender Studie gefunden werden konnte.

Im Gegensatz dazu haben Van Ingelghem et al. (2001) bei einer Lückenerkennungsaufgabe signifikante Gruppendifferenzen finden können. Sie kamen zu dem Ergebnis, dass 70% der Dyslektiker signifikant höhere auditive und visuelle Schwellen hatten, als die Kontrollgruppe, was wiederum für die Theorie von Tallal (1980) spricht. Auch Hood und Conlon (2004) sind Befürworter der Tallal-Theorie. Sie verwendeten ein unselektiertes Kollektiv von 144 Kindern im Vorschul- und Grundschulalter und kamen zu ähnlichen Ergebnissen wie Tallal (1980, 2000), nämlich, dass auditive und visuelle zeitliche Wahrnehmungsverarbeitung den Leseerfolg eindeutig begründen.

Die vorliegende Studie kann die Ergebnisse von Hood und Conlon (2004) nicht bestätigen, obwohl das Studiendesign hinsichtlich Methodik und Stichprobe sehr ähnlich und damit gut vergleichbar aufgebaut war. So stellt sich die Frage, welche Variablen und Umstände zu den differierenden Resultaten geführt haben könnten.

Denkbar wäre, dass die Anzahl der Probanden eine Rolle gespielt haben könnte. Hood und Conlon (2004) führten Ihre Studie an 144 Probanden durch, wobei in vorliegender Arbeit das Probandenkollektiv mehr als das 1,5-fache umfasste. Es ist davon auszugehen, dass die Größe des Kollektivs einen Einfluss auf Studienergebnisse hat, da sich einzelne Extreme relativieren. Jedoch ist es kaum möglich, dass allein durch die Anzahl der Probanden das Ergebnis komplett anders ausfällt, zumal ein größeres Kollektiv eher signifikante Ergebnisse aufzeigen sollte als ein kleineres.

Das Alter der Probanden könnte Einfluss auf die Ergebnisse genommen haben. Das mittlere Alter der Kinder in der Hood und Conlon-Studie betrug 64,32 Monate und die Kinder besuchten noch die Vorschule, während in vorliegender Studie die Kinder im Schnitt über 12 Monate älter waren (79,49 Monate) und bereits die erste Klasse besuchten. Diese Tatsache widerlegt jedoch die These von Berwanger et al. (2004), dass jüngere Kinder die Testinstruktionen nicht verstanden haben könnten und dass sich deshalb in vorliegender Studie nur hinsichtlich einer der getesteten Variablen ein prädiktiver Wert ergab. Somit kann das Alter die unterschiedlichen Studienergebnisse nicht erklären.

Unterschiedlich war auch die Anzahl der Schulen, in denen die Aufgaben durchgeführt wurden. Hood und Conlon (2004) waren lediglich an drei Institutionen, wohingegen vorliegende Studie an 20 Grundschulen im süddeutschen Raum durchgeführt wurde. Diese Tatsache könnte Einfluss auf die unterschiedlichen Ergebnisse genommen haben, da die Kinder an jeder Institution mit unterschiedlichen Lehr- und Umgangsformen konfrontiert werden. Das Studiendesign und der Ablauf blieb jedoch immer derselbe, so dass sich Kinder, die mit ähnlichen Aufgaben durch Zufall bereits konfrontiert wurden sicherlich leichter bei der Bearbeitung der Studienaufgaben taten, als solche, die ähnliche Aufgaben noch nie bearbeiteten.

In der Arbeit von Hood und Conlon (2004) wurden Kinder, die eine bekannte Entwicklungsstörung hatten, von der Teilnahme an der Studie ausgeschlossen. Man könnte daraus schlussfolgern, dass somit von Beginn an intelligentere Kinder die Studienaufgaben lösten und somit auch eventuelle Verständnisschwierigkeiten von vornherein so gering wie möglich gehalten wurden. Zudem schrumpft damit der Einfluss der Intelligenz und des Arbeitsgedächtnisses auf das Ergebnis. In der vorliegenden Studie wurden solche Kinder nicht von der Teilnahme ausgeschlossen, so dass sich hinsichtlich dieser Parameter in dieser Studie sicherlich eine breitere Streuung ergab, was dazu geführt haben kann, dass sich nur ein kleiner Vorhersagewert ergeben hat.

Ein bedeutender Unterschied beim Studiendesign stellt die Einstellung der ISI's bzw. der SOA's dar. Die Studie von Hood und Conlon (2004) prüfte Schritt für Schritt fest vorgewählte, kürzer werdende ISI's ab. In vorliegender Studie wurden die SOA's individuell an die jeweils vorhergehenden Antworten der Probanden entweder verkürzt oder verlängert, so dass eine zufällig richtig gegebene Antwort durch eine kürzer werdende SOA vom Computerprogramm „beantwortet“ wurde, die dann wiederum erst zweimal richtig vom Probanden beantwortet werden musste um die nächste Stufe zu erreichen. Zufällig richtige Antworten wurden bei vorliegendem Design also nahezu komplett ausgeblendet. Beim Studiendesign von Hood und Conlon (2004) mit dem starren System konnten zufällig richtige Antworten allerdings auch zu einem Ergebnis mit kleiner auditiver



Ordnungsschwelle führen, so dass dieser Unterschied sicherlich hohe Relevanz besitzt und unbedingt beachtet werden sollte. In der vorliegenden Studie wurde das Messergebnis dagegen durch stufenweise Annäherung an die eigentliche auditive Ordnungsschwelle jedes Probanden individuell geschätzt. Ein Zufallsergebnis wurde nahezu ausgeschlossen. Somit konnte, im Gegensatz zu der Methode von Hood und Conlon (2004), die einen allgemeinen Summenscore über die Anzahl der richtigen Antworten bei kurzen ISI's geteilt durch die Gesamtanzahl der Darbietungen bildeten, für jeden Probanden individuell eine Ordnungsschwelle geschätzt werden durch rechnerische Annäherung an die eigentliche auditive Ordnungsschwelle des Probanden.

Die Anzahl der Durchgänge war in beiden Studien ebenfalls unterschiedlich und hängt mit oben genanntem Argument sicherlich eng zusammen. Während Hood und Conlon (2004) lediglich 14 Durchgänge bearbeiten ließen, waren es in vorliegender Studie 60. Erstens wird durch eine höhere Anzahl an Durchgängen eine Extremantwort in die eine oder die andere Richtung nicht so stark gewichtet und zweitens wird der Anteil der zufällig richtig gegebenen Antworten relativiert, so dass die geringe Anzahl der Durchgänge im Zusammenhang mit dem starrem ISI-System richtungsweisend als Erklärung für die differierenden Ergebnisse gesehen werden kann.

Schließlich gab es auch Unterschiede in der Gesamtdurchführung der beiden Studien. Hood und Conlon (2004) ließen die Kinder sieben mal 20 Minuten die Aufgaben bearbeiten. In vorliegender Studie wurden die Kinder einmalig 40 Minuten getestet. Auch hier ist ein deutlicher Einfluss auf die Studienergebnisse nicht auszuschließen. Es ist zwar nicht bekannt in welchem Zeitraum die Kinder siebenmal getestet wurden, jedoch ist der Konzentrationsaufwand bei einer 20-minütigen Sitzung deutlich geringer, als bei einer 40-Minütigen. Zudem ist davon auszugehen, dass bei nicht entwicklungsgestörten Kindern ein gewisser Lerneffekt angenommen wird, der die Ergebnisse in der Studie von Hood und Conlon (2004) beeinflusst haben kann.

Zusammenfassend lässt sich nicht sicher klären, welche Unterschiede des Studiendesigns zu den unterschiedlichen Ergebnissen geführt hat. Am wahrscheinlichsten erscheint die unterschiedliche Methodik der Schwellenmessung zu der Divergenz der Ergebnisse führen zu können.

Es gibt nur wenige Studien, außer der Untersuchung von Hood und Conlon (2004), die ein ähnliches Studiendesign verwendeten. Deshalb sind die verschiedenen Resultate schwer vergleichbar. Die meisten Studien auf diesem Gebiet hatten ein anderes Probandenkollektiv, meist ältere Kinder, die bereits Lesen und Schreiben konnten oder Erwachsene, so dass sich damit eine andere Fragestellung und ein anderes Studiendesign ergab. In dieser Studie wurde ein prospektives Studiendesign gewählt, um tatsächlich den prädiktiven Wert der Schwellenmessung in einem unselektierten Kollektiv von Kindern zu ermitteln. Die meisten anderen Studien, die ein insgesamt älteres Probandenkollektiv gemessen haben, verwendeten ein retrospektives Studiendesign, da sie meist nach Unterschieden der zeitlichen Wahrnehmungsverarbeitung zwischen Dyslektikern und Kontrollpersonen suchten.

#### 4.3 Einfluss allgemeiner kognitiver Variablen

Die allgemein kognitiven Variablen Arbeitsgedächtnis, Aufmerksamkeit und nonverbale Intelligenz leisteten in den vorliegenden Daten einen entscheidenden Beitrag zur Prädiktion des Lese- Rechtschreiberwerbs am Ende von Klasse eins. In der Regressionsanalyse konnten 15,9% der Varianz allein durch diese Einflussgrößen aufgeklärt werden. Dabei scheint das Arbeitsgedächtnis die einflussstärkste Variable auf Lesegeschwindigkeit und Rechtschreibfehler zu sein. Bei der Vorhersage zur Häufigkeit von Rechtschreibfehlern waren sogar 10% durch die Arbeitsgedächtnisleistung vorhersagbar. Zu diesem oder ähnlichen Ergebnissen kamen auch verschiedene andere Studien. Erst- und Zweitklässler mit LRS oder anderen Entwicklungsstörungen zeigten deutlich verminderte Leistungen bei Aufgaben zum Arbeitsgedächtnis als eine entsprechende Kontrollgruppe (Jeffries und Everatt, 2004) und es scheint darüber hinaus sogar

charakteristisch zu sein für Personen allen Alters mit LRS Defizite im Arbeitsgedächtnis zu haben (Chiappe et al. 2000).

Bei der Beurteilung der Aufmerksamkeit lässt sich feststellen, dass sie den größten Anteil im Vergleich zu den anderen allgemeinen kognitiven Variablen bei der Vorhersage von Lesefehlern am Ende der ersten Klasse einnimmt, nämlich 4%. Die Rechtschreibfehler konnten mit 3,9% durch die Aufmerksamkeit vorhergesagt werden, wobei hier der größte Anteil bereits durch das Arbeitsgedächtnis (10%) aufgeklärt wurde. Es sollte erwähnt werden, dass die Beurteilung der Aufmerksamkeit nicht durch ein standardisiertes Verfahren geschah, sondern dass die beiden Versuchsleiterinnen verschiedene, im Anhang ersichtliche, Items verwendeten (Döpfner und Lehmkuhl, 2000). Die Einteilung dieser Items in drei abgestufte Kategorien war bereits vorgegeben, jedoch war nicht genau definiert, welche Kriterien für die drei Einteilungsstufen erfüllt sein mussten. Die Beurteilung der Aufmerksamkeit fand während der 40-minütigen Durchführung der Experimente statt. Dies könnte die Aufmerksamkeit in beide Richtungen manipuliert haben. Ein Verbesserungsvorschlag wäre deshalb die Aufmerksamkeit während des regulären Unterrichts zu beurteilen, was allerdings für außerschulische Testleiter einen ungleich größeren Zeitaufwand darstellt. Aus Gründen der eventuellen Verzerrung der Aufmerksamkeitsbeurteilung wurde bei der Durchführung der Experimente darauf geachtet, dass nicht das Wort „Test“ oder „Prüfung“ verwendet wurde, sondern statt dessen lieber „Aufgabe“ oder „Spiel“, so dass die getesteten Erstklässler nicht das Gefühl hatten einer Prüfungssituation ausgesetzt zu sein. Zudem haben Erstklässler meist noch keine negativen Assoziationen mit Testsituationen. Somit relativiert sich der eventuell negative Einfluss der Beurteilung der Aufmerksamkeit während der Prüfungsphase.

Da es bei vorliegender Fragestellung zum Einfluss der auditiven Ordnungsschwelle auf den späteren Lese-Rechtschreiberwerb nicht relevant erschien, ob die Kinder an zusätzlichen Auffälligkeiten wie z.B. ADHS leiden, wurden Komorbiditäten wie diese weder erfasst noch kontrolliert. Hulslander et al. (2004) bestätigten in einer umfassenden Untersuchung mit 73 Kindern und jungen

Erwachsenen, dass der Zusammenhang zwischen auditiver Ordnungsschwelle und Leseleistung größtenteils unabhängig von ADHS ist.

Der nonverbale Intelligenzquotient leistete in dieser Studie einen kleinen Beitrag von 2% zu der Vorhersage der Rechtschreibfehler am Ende von Klasse eins. Bei der Prädiktion von Lesefehlern und Lesegeschwindigkeit konnte er keinen bedeutenden Beitrag leisten. In der Untersuchung von Goswami et al. (2002) mit 101 Kindern spielte der IQ ebenfalls eine untergeordnete Rolle, da 25% der Varianz des Lese- und Rechtschreiberwerbs durch die auditiven Wahrnehmungsaufgaben erklärt werden konnten nachdem der Einfluss der IQs kontrolliert wurde. Ganz im Gegenteil dazu stehen die Ergebnisse von Hulstender et al. (2004), bei denen der Einfluss von Wahrnehmungsaufgaben auf die Leseleistung verschwand, nachdem der Einfluss des IQ mitberechnet wurde. Der IQ Wert allein konnte den Einfluss auf die Leseleistung erklären.

In vorliegender Studie war der prädiktive Wert von den auditiven Ordnungsschwellen nur bei den Lesefehlern detektierbar. Auf die Lesegeschwindigkeit und die Rechtschreibfehler hatte die auditive Ordnungsschwelle keinen Einfluss; diese konnten allein durch den Einfluss von Arbeitsgedächtnis, Aufmerksamkeit und IQ erklärt werden.

#### 4.4 Ausblick

Die vorliegende Studie konnte die ursprüngliche Theorie von Tallal (1980) hinsichtlich der Vorhersage von Lese- und Rechtschreibfehler an Hand der Messung von auditiven Ordnungsschwellen nicht reproduzieren. Tatsächlich war der gemessene prädiktive Wert vor allem in Bezug auf Lesegeschwindigkeit und Rechtschreibfehler deutlich kleiner als bei Tallal (1980), was verschiedene Gründe haben kann. Zum einen scheint der starke Einfluss allgemeiner kognitiver Variablen, zum anderen die Methoden selbst und die Durchführung dieser einen großen Einfluß auf das Ergebnis zu haben. Die allgemeinen kognitiven Variablen

konnten jedoch auch nur einen Teil der Varianz aufklären. Als weitere Variablen, die dieses Ergebnis erklären könnten, wären zum Beispiel exekutive Funktionen oder der bereits oben beschriebene unterschiedliche Lehrstil der verschiedenen Schulen denkbar.

Weiterführende Studien könnten hinsichtlich der Beurteilung der Aufmerksamkeit von der Testsituation unabhängige Umstände wählen, um die eigentliche Aufmerksamkeit des Probanden objektiver beurteilen zu können. Verbesserungswürdig wäre auch die Tatsache, dass die auditiven Experimente nicht in einer abgeschirmten Hörkabine sondern lediglich in einem „ruhigen“ Raum an den Schulen durchgeführt wurden, wobei der Lärmpegel bei jedem Probanden anders und somit nicht objektivierbar war und auch nicht durch eine Schalldruckmessung miterfasst wurde.

Ein zweiter Messpunkt am Ende der zweiten Klasse zu dem dieselben Experimente nochmals durchgeführt werden wird weitere Erkenntnisse hinsichtlich Reliabilität und Validität der verwendeten Methode bringen können. Zudem wird die Entwicklung der Ordnungsschwellen beurteilbar werden und der prädiktive Wert könnte sich verändern, da am Ende der zweiten Klasse angenommen werden kann, dass sich der Einfluss der unterschiedlichen Lehrmethoden relativiert haben wird.

Fernere Ziele in diesem Gebiet sollten eine oder mehrere Variablen sein, mit deren Hilfe man im Vorschulalter oder zu Beginn der Grundschule, z.B. bei der Einschulungsuntersuchung sicher vorhersagen kann, ob ein Kind Schwierigkeiten beim Schriftspracherwerb entwickeln wird oder nicht. Dann könnten bisherige Förderprogramme, wie zum Beispiel Fast ForWord<sup>®</sup>, das von Tallal im Jahre 2002 beschrieben wurde noch gezielter auf die jeweiligen Defizite der einzelnen Schüler abgestimmt werden (Tallal 2000).

## 5 Zusammenfassung

Die Prävalenz der Lese- Rechtschreibstörung, die per definitionem eine umschriebene und bedeutsame Entwicklungsstörung der Lesefertigkeiten ohne kausalen Zusammenhang mit schlechtem Visus, verzögertem Entwicklungsalter oder inadäquater Beschulung ist, liegt zwischen 5 und 17,5%. Eine Vielzahl von Studien ergab keine übereinstimmenden Ergebnisse zu den Ursachen einer Lese- Rechtschreibstörung oder zu frühen Detektionsmöglichkeiten von gefährdeten Kindern. Eine immer wieder diskutierte Theorie von Tallal, die von einem pansensorischen Wahrnehmungsdefizit ausgeht, war Dreh- und Angelpunkt vorliegender Studie. Das pansensorische Wahrnehmungsdefizit soll mit Hilfe von sogenannten Ordnungsschwellen vor Erwerb schulischer Fertigkeiten im Lesen und Schreiben vorhergesagt werden können.

In einer prospektiven Studie wurden auditive Ordnungsschwellen zu Beginn der ersten Klasse gemessen mit der Frage, ob die Schwellenwerte prädiktiv für den späteren Erfolg des Schriftspracherwerbs am Ende der ersten Klasse sind. Die auditiven Ordnungsschwellen wurden mit einem für diese Studie entwickelten, adaptiven Verfahren gemessen. Sie sagen aus, bei welchem Zeitintervall ein Proband zwei verschiedene Reize gerade noch differenzieren kann und die zeitliche Ordnung wahrnehmen kann. Dazu diente die Methode des 2-AFC Verfahrens (2-alternative forced choice), was bedeutet, dass sich der Proband zwischen zwei dargebotenen Möglichkeiten entscheiden muss, da es nicht möglich ist keine Antwort zu geben. In vorliegendem Fall musste der Proband angeben, ob ein hoher oder ein tiefer Ton zuerst gehört wurde. Die vorliegende Studie wurde kindgerecht konzipiert, weshalb der tiefe und der hohe Ton einer Kuh bzw. einer Maus zugeordnet wurde. Da aus der aktuellen Literatur bekannt war, dass allgemeine kognitive Variablen ebenfalls Einfluss auf den Erwerb des Lesens und Schreibens haben, wurden diese mit geeigneten Tests kontrolliert. Zu den allgemeinen kognitiven Variablen zählen Arbeitsgedächtnis, Aufmerksamkeit und Intelligenz. Die auditive Ordnungsschwelle, ein Test zur Messung der Arbeitsgedächtnisleistung und die Beurteilung der Aufmerksamkeit erfolgten am

Beginn von Klasse eins im Herbst 2005. Tests zur Überprüfung der Lese- und Rechtschreibleistung wurden am Ende der ersten Klasse im Juli 2006 durchgeführt und die Messung der nonverbalen Intelligenz folgte im Herbst 2006. Für die Auswertung wurden korrelative Zusammenhänge bestimmt und Regressionsanalysen durchgeführt. Es stellte sich heraus, dass nahezu alle Variablen miteinander korrelieren, was bereits darauf hindeutete, dass keine Variable als alleiniger Prädiktor für die Vorhersage von Lese- und Rechtschreibleistungen zu Rate gezogen werden kann. Vielmehr zeigte die Regressionsanalyse, dass die auditive Ordnungsschwelle lediglich einen kleinen Vorhersagewert von 3,3% hinsichtlich der Lesefehler besitzt. Lesegeschwindigkeit und Rechtschreibfehler werden durch die allgemeinen kognitiven Variablen, insbesondere durch das Arbeitsgedächtnis am Besten vorhergesagt. Die allgemeinen kognitiven Variablen erklärten insgesamt 15,9% der Varianz.

Die vorliegende Studie konnte die Hypothese von Tallal, die von einem pansensorischen Wahrnehmungsdefizit ausgeht, zumindest für die auditive Wahrnehmungsleistung nicht bekräftigen. Auditive Wahrnehmungsdefizite hatten einen kleinen prädiktiven Wert, besonders in Bezug auf Lesefehler, jedoch konnte die Bestimmung der auditiven Ordnungsschwelle trotz großem Aufwand zur sorgfältigen Datenerhebung und genauesten individuellen Bestimmungsmethoden keinerlei Vorhersage hinsichtlich Lesegeschwindigkeit oder Rechtschreibfehler machen. Allgemeine kognitive Variablen wie Intelligenz, Arbeitsgedächtnis und Aufmerksamkeit wiesen einen größeren prädiktiven Wert zur Vorhersagung einer Entwicklung einer LRS auf, als die Bestimmung der auditiven Ordnungsschwelle. Es liegt der Verdacht nahe, dass eben nur aus den Gründen der Sorgfalt und Genauigkeit überhaupt ein kleiner prädiktiver Wert für die Lesefehler gefunden werden konnte.

## 6 Literaturverzeichnis

1. Amitay S, Ahissar M, Nelken I: Auditory Processing Deficits in Reading Disabled Adults. *Journal of the Association for Research in Otolaryngology* 03: 302-320 (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 Child and Adolescent Psychiatry* 34: 629-638 (1995)
4. Berwanger D, Wittmann M, von Steinbüchel N, von Suchodoletz W: Measurement of temporal-order judgement in children. *Acta neurobiologiae experimentalis* 64: 387-394 (2004)
5. Breuer H, Weuffen M: Die „Differenzierungsprobe für Fünf- bis Sechsjährige und für Schüler mit Lernschwierigkeiten im Anfangsunterricht (DP I)“. In: Breuer H, Weuffen M (Hrsg.) *Lernschwierigkeiten am Schulanfang*. 5. Aufl., Beltz, Weinheim und Basel S. 69-85 (2004)
6. Chiappe P, Hasher L, Siegel LS: Working memory, inhibitory control, and reading disability. *Memory & Cognition* 28: 8-17 (2000)
7. De Martino S, Espresser R, Rey V, Habib M: The “temporal processing deficit” hypothesis in dyslexia: new experimental evidence. *Brain and cognition* 46: 104-108 (2001)
8. Cacace AT, McFarland DJ, Ouimet JR, Schrieber EJ, Marro P: Temporal processing deficits in remediation-resistant reading-impaired children. *Audiology and neuro-otology* 05: 83-97 (2000)
9. Démonet JF, Taylor MJ, Chaix Y: Developmental dyslexia. *The Lancet* 363: 1451-1460 (2004)



10. Diehl JM, Kohr HU: Multiple Korrelation und Regression. In: Diehl JM, Kohr HU (Hrsg.) Deskriptive Statistik. 11. Aufl., Klotz, Eschborn S. 311-337 (1994)
11. Döpfner M, Lehmkuhl G: Fremdbeurteilungsbogen für Aufmerksamkeitsdefizit/Hyperaktivitätsstörungen (FBB-HKS). In: Döpfner M, Lehmkuhl G (Hrsg.) Diagnostik-System für psychische Störungen im Kindes- und Jugendalter nach ICD 10 und DSM IV (DISYPS-KJ), 2. Aufl., Hans Huber, Bern (2000)
12. 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)
13. Farmer ME, Klein RM: The evidence for a temporal processing deficit linked to dyslexia: A review. *Psychonomic Bulletin & Review* 2: 460-493 (1995)
14. Goswami U, Thomson J, Richardson U, Stainthorp R, Hughes D, Rosen S, Scott SK: Amplitude envelope onsets and developmental dyslexia: A new hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 99: 10911-10916 (2002)
15. Green DM: A maximum-likelihood method for estimating thresholds in a yes-no task. *The Journal of the Acoustic Society of America* 93: 2096-2105 (1993)
16. Hautus MJ, Setchell GJ, Waldie KE, Kirk IJ: Age-related improvements in auditory temporal resolution in reading-impaired children. *Dyslexia* 09: 37-45 (2003)
17. Helland T, Asbjørnsen A: Executive functions in dyslexia. *Child neuropsychology* 06: 37-48 (2000)
18. Hood M, Conlon E: Visual and auditory temporal processing and early reading development. *Dyslexia* 10: 234-252 (2004)

19. Hulstiner 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)
20. Jeffries S, Everatt J: Working memory: its role in dyslexia and other specific learning difficulties. *Dyslexia* 10: 196-214 (2004)
21. Kronbichler M, Hutzler F, Wimmer H: Dyslexia: verbal impairments in the absence of magnocellular impairments. *Neuroreport* 13: 617-620 (2002)
22. Küspert P, Schneider W: Würzburger Leise Leseprobe (WLLP). Hogrefe, Göttingen (1998)
23. 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)
24. Lovegrove W, Slaghuis W, Bowling A, Nelson P, Geeves E: Spatial frequency processing and the prediction of reading ability: a preliminary investigation. *Perception & psychophysics* 40: 440-444 (1986)
25. Müller R: Diagnostischer Lesetest zur Frühdiagnose von Lesestörungen (DLF 1-2). Beltz Test GmbH, Göttingen (1999)
26. Müller R: Diagnostischer Rechtschreibtest für 1. Klassen (DRT 1). Beltz Test GmbH, Göttingen (2004)
27. Nickisch A: Ordnungsschwellenwerte im Vor- und Grundschulalter. *Sprache – Stimme – Gehör* 23: 63-70 (1999)
28. Nittrouer S: Do temporal processing deficits cause phonological processing problems? *Journal of speech, language, and hearing research* 42: 925-942 (1999)
29. Pöppel E: Grenzen des Bewußtseins. Insel, Frankfurt am Main, Leipzig, S. 18-58 (2000)
30. Reed MA: Speech perception and the discrimination of brief auditory cues in reading disabled children. *Journal of experimental child psychology* 48: 270-292 (1989)

31. Reiter A, Tucha O, Lange KW: Executive functions in children with dyslexia. *Dyslexia* 11: 116-131 (2005)
32. Schmid J: Der Einfluss der zeitlichen visuellen Wahrnehmung (Ordnungsschwelle) auf den Schriftspracherwerb. Medizinische Dissertation, Universität Ulm (2009)
33. 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)
34. Tallal P: Auditory temporal perception, phonics, and reading disabilities in children. *Brain and language* 9: 182-198 (1980)
35. Tallal P: Experimental studies of language learning impairments: From research to remediation. In: Bishop DVM, Leonard LB (Hrsg) *Speech and language impairments in children: Causes, Characteristics, Intervention and Outcome*. Hove: Psychology Press, S. 131-151 (2000)
36. Tewes U, Rossmann P, Schallberger U: HAWIK III Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Kinder. 3. Aufl., Hans Huber, Bern S. 241-273 (1999)
37. 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)
38. Weiß R, Osterland J: Grundintelligenztest Skala 1 – CFT 1. 5. Aufl., Hogrefe, Göttingen (1997)
39. Willcutt 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

## Anhang 1

### Teilnahme Ihres Kindes an einer Studie zum Zusammenhang von Wahrnehmungsleistungen und Lese-Rechtschreibentwicklung

Ulm im Juli 2005

Liebe Eltern,

herzlichen Glückwunsch zur Einschulung Ihres Kindes. In der ersten Klasse wird es sein Lernen fortsetzen, das es zu Hause und im Kindergarten schon lange begonnen hat. Es wird sich weiter entwickeln, Neues lernen und Interessantes entdecken. Dem größten Teil der Schulanfänger wird es gelingen, sich auch die Welt der Zahlen und Buchstaben ohne zusätzliche Hilfen zu erobern, Lesen und Schreiben erfolgreich zu lernen.

Aber nicht allen Kindern fällt das leicht, trotz aller Mühen und Anstrengungen. **Eine sichere Diagnose** hilft den Lehrerinnen und Lehrern, **die richtige Unterstützung** zu finden. Leider sind solche Diagnose-Instrumente für die Schule noch rar und die vorhandenen sind kaum geprüft.

Im April 2004 wurde das **Transferzentrum für Neurowissenschaften und Lernen (ZNL)** in Ulm gegründet. Unter der Leitung des bekannten Hirnforschers Prof. Dr. Dr. Manfred Spitzer arbeiten Pädagogen, Psychologen und Mediziner unter anderem an Diagnose- und Fördermaßnahmen für den gelingenden Start beim Lesen- und Schreibenlernen. Für eine **umfangreiche Studie mit ca. 2.000 Erstklässlern** haben wir auch die Schule Ihres Kindes um Mitarbeit gebeten.

In diesem Brief erfahren Sie **mehr über die Studie** und über eine Mitwirkung der Lehrer/innen Ihres Kindes. Am Schluss des Briefes finden Sie eine **Einverständniserklärung**, mit der Sie als Eltern entscheiden, ob Ihr Kind an der Studie teilnehmen darf oder nicht. **Ihre Entscheidung ist bindend** für die Schule Ihres Kindes und auch für uns Forscher.

**Wir danken Ihnen für Ihre Zeit und Ihre Aufmerksamkeit beim Lesen dieses Briefes.**

## **Worum geht es in der Studie?**

Viele Kinder, die Schwierigkeiten beim Lesen und Schreiben haben, weisen ein ganz bestimmtes Problem auf: Ihnen gelingt es häufig nur schwer, Hör- und Sehreize genau wahrzunehmen. Manchmal kann mit einer Brille oder einem Hörgerät geholfen werden. Meistens aber sind die Augen und Ohren in Ordnung. Bei diesen Kindern ist oft die Fähigkeit zur **Wahrnehmung und Verarbeitung** von Gehörtem und Gesehenem nicht optimal entwickelt.

Es stellt sich die Frage, ob die Lese-Rechtschreibprobleme aufgrund dieser nicht ausreichenden Wahrnehmungsleistungen der Kinder entstanden sind. Wir untersuchen deshalb, ob die Wahrnehmungs- und Unterscheidungsfähigkeiten, die Kinder zu Beginn ihrer Schulzeit zeigen, tatsächlich etwas über ihre späteren Lese- und Rechtschreibleistungen aussagen. Ist dies der Fall, so könnten frühzeitige Messungen von Wahrnehmungsfähigkeiten dazu eingesetzt werden, Risiken für Lese-Rechtschreibprobleme zu erkennen **noch bevor das Problem entsteht**.

## **Was kommt auf die Kinder zu, die an der Studie teilnehmen?**

Ziel der Studie ist es, herauszubekommen, ob die Ergebnisse aus Wahrnehmungsaufgaben in der 1. Klasse zu den Ergebnissen im Lesen und Schreiben und in Wahrnehmungsaufgaben passen, die die Kinder am Ende der 2. Klasse erreichen. Darum wird die Studie den ganzen Anfangsunterricht über bis zum Ende der 2. Klasse andauern. Sie brauchen aber keine Angst zu haben: innerhalb dieser **zwei Schuljahre** wird Ihr Kind nur zu fünf Zeitpunkten untersucht.

Die Wahrnehmungsfähigkeiten der Kinder untersuchen wir auf zweifache Weise. Zum einen führt ein Lehrer an der Schule Ihres Kindes am Anfang und in der Mitte der 1. Klasse ein Papier- und Bleistiftverfahren durch, bei dem verschiedene **Hör- und Schreibaufgaben** zu lösen sind. Zum anderen überprüfen Mitarbeiter des Transferzentrums mit einem Teil der Kinder grundlegende **Hör- und Sehverarbeitungsfähigkeiten** mit einem computergestützten Verfahren, welches kindgerecht und spielerisch aufbereitet ist. Diese Untersuchung wird zu Beginn der 1. und am Ende der 2. Klasse durchgeführt.

Die **Lese- und Rechtschreibfähigkeiten** Ihres Kindes werden am Ende der 1. und am Ende der 2. Klasse von Lehrern aus der Schule Ihres Kindes überprüft.

Zwischen Juli 2006 und Juli 2007 wird von einem ZNL-Mitarbeiter mit einem Testverfahren die **kognitive Entwicklung** Ihres Kindes überprüft. Dieser Test soll ausschließen, dass bei einigen Kindern allgemeine Entwicklungsverzögerungen vorliegen, die die Ergebnisse der Studie verzerren würden.

Weiterhin wird ein kurzer Fragebogen an Sie, die Eltern, verteilt, in dem wir Sie um weitere Informationen zu Ihrem Kind bitten.

Alle Untersuchungen finden an Schulvormittagen in der Schule Ihres Kindes statt.

Auf der letzten Seite eine Übersicht über den Ablauf des Forschungsprojekts.

## Wichtige Hinweise

Die Tests helfen bei der individuellen Förderung im Unterricht

Die meisten Tests werden von den Lehrer/innen an der Schule Ihres Kindes durchgeführt, die Ihr Kind aus dem Unterricht kennt. Selbstverständlich haben die Lehrer/innen die Möglichkeit, die Ergebnisse der einzelnen Testverfahren zu nützen, um **Ihr Kind noch besser in seinem Lernen unterstützen und fördern** zu können.

Der Datenschutz ist gesichert

Für die wissenschaftliche Arbeit erhalten ausschließlich Mitarbeiter des ZNL, die an dieser Studie mitarbeiten, Zugang zu den Ergebnissen. Veröffentlichungen der Ergebnisse der Studie beziehen sich nicht auf einzelne Kinder und lassen keinen Rückschluss auf den Einzelnen zu.

### **Für Ihre Fragen sind wir im ZNL zu erreichen**

Sollten Sie noch Fragen zur Studie haben, so wenden Sie sich jederzeit gerne an die Studienleiterin. Die **Kontaktadresse** finden Sie **auf der letzten Seite**.

Wir freuen uns, wenn Sie einer Teilnahme Ihres Kindes an unserer Studie zustimmen. Bitte unterschreiben Sie die Einwilligungserklärung und geben Sie diese in der Schule ab.



Dr. Claudia Steinbrink



Prof. Dr. Dr. Manfred Spitzer

### **Einverständniserklärung bitte bei der Klassenlehrerin / beim Klassenlehrer abgeben**

---

Name des Kindes:

Klasse:

- Ich bin einverstanden, dass meine Tochter / mein Sohn an der Studie zu Wahrnehmungsleistungen und Lese-Rechtschreibentwicklung teilnimmt.
- Ich möchte nicht, dass mein Kind an der Studie des ZNL teilnimmt.

---

Ort, Datum

---

Unterschrift eines Erziehungsberechtigten

**Hier eine Übersicht über den Ablauf des Forschungsprojektes:**

<b>Wann?</b>	<b>Was?</b>	<b>Wer?</b>	<b>Wie lange?</b>
Beginn Klasse 1 (September 2005)	Differenzierungsprobe I + Zusatzaufgaben	Schule	2 x 15 Minuten
	Überprüfung der Hör- und Sehschwellen	ZNL	30 – 40 Minuten
Mitte Klasse 1 (Februar 2006)	Differenzierungsprobe II + Zusatzaufgaben	Schule	2 x 15 Minuten
Ende Klasse 1 (Juli 2006)	2 Lesetests	Schule	15 Minuten + 10 Minuten
	Rechtschreibtest	Schule	30 Minuten
Ende Klasse 2 (Juli 2007)	Rechtschreibtest	Schule	30 Minuten
	Lesetest	Schule	15 Minuten
	Überprüfung der Hör- und Sehschwellen	ZNL	30 – 40 Minuten
Zwischen Juli 2006 und Juli 2007	Test zur kognitiven Entwicklung	ZNL	30 Minuten

**Ihre Fragen zur Studie beantwortet gerne:**

Dr. Claudia Steinbrink  
Beim Alten Fritz 2  
89075 Ulm

Telefon: 0731 / 500 – 49007  
E-mail: [claudia.steinbrink@znl-ulm.de](mailto:claudia.steinbrink@znl-ulm.de)

## Anhang 2

### Hör- und Sehschwellen: Fragebogen für Experiment

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

### Hawik

Zahlennachsprechen vorwärts					Sehtest					
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							
<b>Rohwertsumme</b>										
(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							
								<b>Abstand:</b>		
								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?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2. Warst Du schon einmal beim Augenarzt? Wann? Warum?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3. Warst Du schon einmal beim Logopäden? Was habt Ihr da gemacht?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4. Kannst Du schon etwas lesen? Was denn? Und außer Deinem Namen, kannst Du noch etwas lesen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5. Kannst Du schon etwas schreiben? Was denn? Und außer Deinem Namen, kannst Du noch etwas schreiben?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6. Hast Du schon mal Lesen oder Schreiben geübt? Vielleicht im Kindergarten? Mit Deinen Eltern? Mit Deinen Großeltern? Mit Deinen Geschwistern?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
7. Welche Sprache spricht Ihr zu Hause? Deutsch? ...	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
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?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	



**Angaben durch die Versuchsleiterin nach Durchführung der Experimente:**

Angaben zum Kind			nähere Erläuterungen
	nein	ja	
1. Trägt das Kind eine Brille?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2. Hat das Kind ein Hörgerät?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3. Sprachliche Auffälligkeiten (z.B. Stimmeln, Stottern, Lispeln)? Welche?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

**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?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
2. Gab es Hintergrundgeräusche?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3. Gab es Probleme mit den Lichtverhältnissen? Zu viel Sonneneinstrahlung?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
4. Musste die Durchführung der Aufgaben unterbrochen werden?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
5. Musste ein Durchgang neu gestartet werden? Welcher?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
6. Wurde die Messung abgebrochen?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Weitere Bemerkungen:

## Danksagung

Die vorliegende Dissertation wurde unter der Leitung von Prof. Dr. Dr. Manfred Spitzer in der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie III der Universität Ulm angefertigt.

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen bedanken, die mich auf vielfältige Weise bei der Anfertigung dieser Arbeit unterstützten:

- bei Herrn Prof. Spitzer für die Überlassung und Bereitstellung des Themas
- bei Frau Dr. Claudia Steinbrink für die initiale Einarbeitung und Organisation der Durchführung der Experimente an den Grundschulen, sowie die Hilfestellung bei der Anfertigung der Arbeit
- bei Herrn PD Dr. Thomas Kammer für die stets angenehme Zusammenarbeit bei der Zusammenstellung und Instruierung der technischen Hilfsmittel, sowie die Übernahme der Betreuung meiner Dissertation nach dem Weggang von Frau Dr. Steinbrink
- bei Herrn Michael Fritz für die Bereitstellung finanzieller Mittel
- bei allen Mitarbeitern des ZNL in Ulm, die einen Beitrag zum Gelingen dieser Arbeit geleistet haben
- bei allen Lehrern und Lehrerinnen, sowie allen Referendaren der Grundschulen, die die begleitenden Tests mit den Schülern durchgeführt haben. Außerdem danke ich allen Schulleitern für die freundliche Aufnahme und die Kooperation
- bei allen Familien und Erstklässlern des Jahrgangs 2005/2006, die Teil dieser Arbeit geworden sind
- bei Julia Schmid, die mit mir die Datenerhebung durchführte und mit der ich alle Unklarheiten besprechen konnte

Nicht zuletzt möchte ich mich ganz herzlich bei meinen Eltern, meiner Familie, meinen Freunden und meinem Freund Manuel bedanken, die mich bereits während des gesamten Studiums nicht nur mit Rat und Tat unterstützten, insbesondere bei meiner Mama, die mir immer die notwendige Ruhe und Zuversicht gab.