
Aufmerksamkeitssteuerung bei Kindern mit Entwicklungsdyslexie: Eine Blickbewegungsstudie

Bachelorarbeit
im Studiengang Logopädie
an der Hogeschool Zuyd Heerlen

vorgelegt von
Claudia Kohlen (0609609) und Kerstin Weisse (0615137)

beurteilt von
Dr. Thomas Günther
und
Anja Zschornak

©Alle Rechte vorbehalten. Nichts aus dieser Ausgabe darf in einer automatischen Datei vervielfältigend gespeichert oder in jeglicher Form oder Art und Weise veröffentlicht werden, sei es durch elektronisch mechanische Mittel, durch Fotokopien, Aufnahmen oder durch jegliche andere Form, ohne vorab um schriftliche Zustimmung der Hogeschool Zuyd gebeten zu haben.

©Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of op enige andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de Hogeschool Zuyd.

DANKSAGUNG

Unser besonderer Dank gilt Dr. Thomas Günther, der uns stets mit Rat und Tat zur Seite stand. Sein konstruktives Feedback und die fachlichen Beiträge verhalfen uns dazu den “Blick” für das Wesentliche nicht aus den “Augen” zu verlieren.

Britta Zeschmann und Anja Zschornak danken wir für die vielen lieben und motivierenden Worte. Sie brachten uns das Thema der Blickbewegungsforschung begeistert näher und führten uns geduldig in die Untersuchungsdurchführung ein. An dieser Stelle möchten wir auch Astrid Pütz-Ebert für die Hilfe bei den Aufmerksamkeitsuntersuchungen danken.

Bei allen Kindern und ihren Eltern möchten wir uns für die Teilnahme an der Studie bedanken. Mit viel Durchhaltevermögen ertrugen sie die Schwere des Helmes und erstaunten uns mit ihren phantasievollen Verbesserungsvorschlägen der Messapparaturen. Der Feinschliff der Arbeit wurde durch die sorgfältige und zuverlässige Hilfe der Korrekteure Detlef Weisse und Wedig von Heyden erleichtert.

Zu unseren Familien und Freunden sagen wir “Danke!”. Sie ertrugen unsere Launen, gaben uns viel Kraft, unterstützten uns emotional und halfen uns wie sie nur konnten!

INHALTSVERZEICHNIS

1	ZUSAMMENFASSUNG	1
2	EINLEITUNG	3
3	THEORETISCHER HINTERGRUND	5
3.1	Grundbegriffe der Blickbewegungsforschung	5
3.2	Informationsaufnahme im Leseprozess	6
3.3	Blickbewegungsparameter	8
3.4	Aufmerksamkeitsprozesse des Lesens	10
3.5	Modellgeleitete Darstellung von Blickbewegungen beim Lesen	11
3.5.1	E-Z-Reader-Modell	13
3.5.2	SWIFT-Modell	17
3.5.3	Glenmore-Modell	18
3.6	Entwicklungsdyslexie	21
3.6.1	Definition und Prävalenz	21
3.6.2	Formen und Typen	22
3.6.3	Ätiologie	23
3.7	Aufmerksamkeitsdefizite	27
3.7.1	Aufmerksamkeitsleistungen bei Entwicklungsdyslexie	28
3.8	Blickbewegungen bei Entwicklungsdyslexie	32
3.8.1	Untersuchung der Blickbewegungen auf sprachfreier Ebene	33
4	PROBLEMSTELLUNG UND HYPOTHESEN	37
5	METHODIK	39
5.1	Stichprobe	39
5.2	Versuchsmaterial	41
5.2.1	Lesematerial der Blickbewegungsmessungen	41
5.2.2	Landolt-Material zur Messung der Blickbewegungen	43
5.3	Versuchsdurchführung	45
5.4	Messmethode	46
5.5	Begleitdiagnostik	48
5.5.1	Salzburger Lese- und Rechtschreibtest (SLRT)	48
5.5.2	ELFE 1-6	49

5.5.3	Aufmerksamkeitsprüfung und exekutive Funktionen	50
5.6	Datenanalyse	53
6	ERGEBNISSE	56
6.1	Leseleistungen	56
6.2	Aufmerksamkeitsleistungen	58
6.3	Blickbewegungen des Lesens	60
6.4	Blickbewegungen des Scannings	62
7	DISKUSSION	65
7.1	Kritische Anmerkungen	71
7.2	Ausblick	72
7.3	Klinische Relevanz	73
7.4	Fazit	74
8	LITERATURVERZEICHNIS	75
9	ANHANG	85

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 3.1: Schematische Darstellung von Sakkaden und Fixationen	6
Abb. 3.2: Schematische Darstellung des E-Z-Reader (7)-Modells	14
Abb. 3.3: Schematische Darstellung des SWIFT-Modells	18
Abb. 3.4: Schematische Darstellung des Glenmore-Modells	19
Abb. 3.5: Bedingungsfaktoren von Entwicklungsdyslexie und -dysgraphie	26
Abb. 3.6: Beispiel verschiedener Landolt-I-Sätze	35
Abb. 3.7: Beispiel verschiedener Landolt-II-Sätze	35
Abb. 5.1: Beispiel für Lesematerial mit zugehöriger Mehrfachwahlaufgabe	42
Abb. 5.2: Instruktionstext zur Bearbeitung der Leseaufgabe	43
Abb. 5.3: Beispiel der Konvertierung von Satz- in Landolt-I-Material	43
Abb. 5.4: Beispiel verschiedener Landolt-I-Sätze	44
Abb. 5.5: Instruktionstext zur Bearbeitung der Landolt-Aufgabe	44
Abb. 5.6: EyeLink II Systemkonfiguration	47
Abb. 6.1: Leseleistung in den Tests ELFE 1-6 und SLT	57
Abb. 6.2: Leistungen in den Aufmerksamkeitstests	60
Abb. 6.3: Blickbewegungen während des Lesens	62
Abb. 6.4: Blickbewegungen während der Bearbeitung der Landolt-Aufgabe	64

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 3.1: Bezeichnungen und Definitionen wortbezogener räumlicher Blickbewegungsparameter	8
Tab. 3.2: Bezeichnungen und Definitionen wortbezogener zeitlicher Blickbewegungsparameter	9
Tab. 5.1: Darstellung der Normgruppengröße je Subtest des SLRT	49
Tab. 5.2: Darstellung der Normgruppengröße je Subtest des ELFE 1-6	50
Tab. 5.3: Darstellung von Größe und Alter der Normgruppe je Subtest der TAP	52
Tab. 5.4: Darstellung von Größe und Alter der Normgruppe je Subtest des ANT	53

1 ZUSAMMENFASSUNG

Aufmerksamkeitssteuerung bei Kindern mit Entwicklungsdyslexie:

Eine Blickbewegungsstudie

Forschungsergebnisse belegen, dass Kinder mit Entwicklungsdyslexie im Vergleich mit normal lesenden Kindern abweichende Blickbewegungen aufweisen. Die Frage, ob diese Auffälligkeiten eine Folge oder Teilursache der Leseschwierigkeiten sind, ist bisher ungeklärt und stellt eine der Kernfragen der vorliegenden Studie dar. Ein neu entwickeltes Scanning-Verfahren (Landolt-Paradigma) ermöglicht seit kurzem die Überprüfung der okulomotorischen Steuerung und leserelevanter Prozesse auf sprachfreier Ebene. Zudem kann mit diesem Paradigma der Einfluss der Aufmerksamkeitssteuerung auf die Blickbewegungen beim Lesen untersucht werden. Da Kinder mit einer Dyslexie häufig defizitäre Aufmerksamkeitsleistungen aufweisen, kann somit nun auch der Einfluss von Defiziten in der Aufmerksamkeitssteuerung auf das Lesen überprüft werden. Um diesen Fragestellungen nachzugehen, wurden ein Kind mit Entwicklungsdyslexie mit einem Kind mit Entwicklungsdyslexie in Kombination mit Aufmerksamkeitsdefiziten untersucht und mit einer Normgruppe (n=23) verglichen. Die Blickbewegungen beider Kinder wurden während des Lesens und in der Landolt-Aufgabe untersucht und einander gegenübergestellt. Die Datenanalyse bezog sich sowohl auf räumliche als auch auf zeitliche Blickbewegungsparameter. Neben einer Replikation bisheriger Forschungsergebnisse in Bezug auf das Lesen, konnten veränderte Blickbewegungen im Scanning-Verfahren bei dem Kind mit Aufmerksamkeitsdefizit festgestellt werden. Das Kind mit isolierter Entwicklungsdyslexie zeigte hierbei hingegen keine auffälligen Blickbewegungen.

Schlüsselwörter: Entwicklungsdyslexie - Aufmerksamkeitssteuerung - Blickbewegungen - nicht-lexikalisch – Kinder

SAMENVATTING

Aandachtsturing bij kinderen met ontwikkelingsdyslexie:

Een blikwegingsstudie

Onderzoeksresultaten tonen aan dat kinderen met ontwikkelingsdyslexie vergeleken met normaal lezende kinderen afwijkende blikbewegingen vertonen. De vraag of deze afwijkingen een gevolg of een de oorzaak zijn van de leesproblemen is nog niet opgehelderd en vormt een van de kernvragen van de onderhavige studie. Een nieuw ontwikkelde scanning-procedure (Landolt-paradigma) maakt sinds kort de toetsing van leesrelevante processen en van oculomotorische sturing op taalvrij niveau mogelijk. Bovendien kan met dit paradigma de invloed van de aandachtsturing op de blikbewegingen bij het lezen worden onderzocht. Omdat kinderen met dyslexie vaak deficitaire aandachtprestaties vertonen, kan nu ook de invloed van deficieten in de aandachtsturing op het lezen worden getoetst. Om deze vraagstellingen na te gaan, werden een kind met ontwikkelingsdyslexie en een kind met ontwikkelingsdyslexie in combinatie met aandachtsdeficieten onderzocht. Bij beide kinderen werden de blikbewegingen tijdens het lezen en bij de Landolt-taak bekeken en tegenover elkaar geplaatst. Bovendien werden deze vergeleken met een normgroep ($n = 23$). De data-analyse had betrekking op zowel ruimtelijke als tijdgerelateerde blikbewegingsparameters. Naast een replicatie van onderzoeksresultaten tot nu toe met betrekking tot lezen, konden bij de scanning-procedure afwijkende blikbewegingen van het kind met aandachtsdeficiet worden vastgesteld. Het kind met geïsoleerde ontwikkelingsdyslexie vertoonde geen opvallende blikbewegingen tijdens de niet-verbale taak.

Sleutelwoorden: ontwikkelingsdyslexie - aandachtsturing - blikbewegingen - niet-lexicaal - kinderen

2 EINLEITUNG

In der Dyslexieforschung wird der Analyse der Blickbewegungen während des Lesens viel Aufmerksamkeit gewidmet. Bereits im Jahre 1950 wurden Unterschiede in den Blickbewegungsmustern dyslektischer Leser im Vergleich mit normalen Lesern festgestellt (De Luca et al., 1999). Heute erlauben Messtechniken eine buchstabengenaue Erfassung räumlicher und zeitlicher Blickbewegungsparameter. Eine weit verbreitete Theorie beinhaltet, dass die okulomotorischen Anomalien dyslektischer Leser sekundär auf sprachliche Verarbeitungsschwierigkeiten folgen. Entgegen dieser Auffassung besteht die Annahme, dass eine abweichende Blickbewegungssteuerung als Teilursache der Leseschwierigkeiten betrachtet werden kann. Die Erforschung dieser Ursache-Folge-Beziehung wurde bislang dadurch erschwert, dass es keine Möglichkeit gab, Blickbewegungen beim Lesen sprachfrei zu untersuchen (Radach, Heller & Huestegge, 2002). Bislang scheiterten Studien an der Entwicklung eines nicht-lexikalischen Verfahrens, welches leseähnliche Bedingungen simuliert. Das kürzlich validierte Landolt-Paradigma (Zschornak & Zeschmann, 2009) ist das erste, welches diese Kriterien erfüllt. Mithilfe dieses Paradigmas ist es möglich die visuelle Konfiguration des Schriftbildes zu erhalten und so die Blickbewegungen während des Lesens ohne Einfluss lexikalischer Information zu untersuchen. Darüber hinaus kann mit Hilfe des Paradigmas der Einfluss der selektiven Aufmerksamkeit auf den Leseprozess untersucht werden (Zschornak & Zeschmann, 2009). Dass Kinder mit entwicklungsbedingter Dyslexie Defizite in der visuellen Aufmerksamkeit aufweisen, konnte mehrfach nachgewiesen werden (z.B. Facoetti et al., 2000a). Inwiefern diese Komorbidität mit den okulomotorischen Abweichungen dyslektischer Leser zusammenhängt, ist bisher jedoch nicht eindeutig geklärt und stellt eine weitere Kernfrage der vorliegenden Arbeit dar. Mit der Klärung dieses Zusammenhangs in Bezug auf den normalen Leseprozess setzen sich modellgeleitete Darstellungen auseinander. Die Darstellung und Diskussion ausgewählter Vertreter dieser Modelle stehen daher im Zentrum des theoretischen Hintergrundes der vorliegenden Studie. Vorab werden die wichtigsten Parameter der Informationsaufnahme im ungestörten Leseprozess und die Aufmerksamkeitsprozesse normaler Leser beschrieben. Nachdem die Beschreibung des normalen Lesens mit den modellgeleiteten Darstellungen schließt, wird das Störungsbild dyslektischer Leser umfassend dargestellt. In Analogie zu der Darstellung des ungestörten Lesens befassen sich die abschließenden Kapitel mit einer Erläuterung zu beobachtender Aufmerksamkeits- und Blickbewegungsprozesse dyslektischer Leser.

In Hinblick auf die klinische Relevanz der vorliegenden Studie, könnten die Ergebnisse richtungweisende Änderungen in der Diagnostik und Therapieplanung entwicklungsdyslektischer Patienten fordern. Je nachdem, ob die veränderten Blickbewegungen als Ursache oder Folge der Entwicklungsdyslexie identifiziert werden können, sind unterschiedliche Therapiemaßnahmen erforderlich. So müsste die logopädische Behandlung der Dyslexie durch ein Training der Blickbewegungen ergänzt werden, wenn die okulomotorischen Auffälligkeiten als ursächlich identifiziert würden. Wären diese Auffälligkeiten als Folge zu werten, stiege der Stellenwert der sprachbasierten logopädischen Therapie. Sollten Defizite in der Aufmerksamkeitssteuerung als Einflussgröße auf die Blickbewegungen bei Kindern mit Entwicklungsdyslexie herausgestellt werden, hätte auch dies Konsequenzen für Diagnostik- und Therapieverfahren.

3 THEORETISCHER HINTERGRUND

3.1 Grundbegriffe der Blickbewegungsforschung

Es ist zu beobachten, dass sich die Augen während des Lesens relativ gut koordiniert bewegen. In der Blickbewegungsforschung sind Augen- von Blickbewegungen zu unterscheiden. Augenbewegungen sind die Bewegungen, die durch äußerliche Beobachtung des Auges erfasst werden können. Unter Blickbewegungen werden lediglich die Bewegungen des Auges verstanden, die auf die visuelle Informationsaufnahme des Auges zurückzuführen sind (Rötting, 2001). Im Folgenden werden die wichtigsten Blickbewegungsparameter genauer beschrieben.

Sakkaden

Im Leseprozess bewegen sich die Augen in ruckartigen Sprüngen, den so genannten Sakkaden, über die Textzeile. Diese sind in Abbildung 3.1 durch Pfeile dargestellt. Ihre Dauer beträgt ungefähr 20 bis 50 ms und ihre Amplitude, d.h. mittlere Länge, umfasst ca. sechs bis neun Zeichen (Reichle, Rayner & Pollatsek, 2003). Im deutschsprachigen Raum verläuft die Leserichtung von links nach rechts. Sakkaden, die in diese Richtung verlaufen, werden als progressive Sakkaden bezeichnet. Im Leseprozess sind das nach Radach (1996) etwa 80-90% der Sakkaden. Regressive Sakkaden verlaufen entgegen der Leserichtung. Im Vergleich mit progressiven Sakkaden weisen sie eine etwa halb so lange Amplitude auf (Radach et al., 2002). Sowohl Schwierigkeiten in der linguistischen Verarbeitung als auch Fehler in der okulomotorischen Kontrolle werden als Einflussfaktoren für Regressionen diskutiert (Reichle et al., 2003). Beide Sakkadentypen werden nochmals in Refixationssakkaden (Intrawort-Sakkaden) und Interwort-Sakkaden eingeteilt. Unter Refixationssakkaden werden die Sprünge verstanden, die innerhalb ein und desselben Wortes starten und landen. Im Gegensatz dazu starten Interwort-Sakkaden in einem Wort und landen ein oder sogar zwei Wörter später. Progressive Sakkaden springen in den meisten Fällen über eine oder sogar zwei Wortgrenzen hinweg. Sakkaden, die aufgrund ihrer Länge weder den progressiven noch den regressiven Sakkaden zugeordnet werden können, werden als Minisakkaden bezeichnet (Radach & Kennedy, 2004).

Fixationen

Sakkaden werden unterbrochen durch Fixationen, welche in der Abbildung 3.1 als Punkte dargestellt sind. Während einer Fixation befindet sich das Auge in Bezug auf ein Sehobjekt in relativem Stillstand (Reichle et al., 1998). In diesen Phasen der relativen Ruhe wird die Textinformation aufgenommen. Um das Leseverständnis zu gewährleisten, verweilt der Leser etwa 90-95% der Zeit in Fixationen (Eden et al., 1994). Es ist jedoch nicht von einem völligen Stillstand zu sprechen, da die Augen ständig kleine Mikrosakkaden und Driftbewegungen ausführen, die nur durch sehr kleine Bewegungen der Augen gekennzeichnet sind. Die mittlere Dauer von Fixationen liegt etwa zwischen 220-250 ms (Radach et al., 2002) und hängt von personalen Faktoren, typographischen und inhaltlichen Merkmalen des Textmaterials ab (Radach, 1996). Es ist nicht genau festgelegt, ab wann eine Fixation als solche identifiziert werden muss. Dürrwächter (2003) hält jedoch fest, dass die Fixation die Mindestlänge sprachlicher Informationsverarbeitung widerspiegeln müsse. Untersuchungen von Just & Carpenter (1980) zeigen, dass eine Fixation mindestens 100 ms lang sein muss, damit sprachliche Information aufgenommen werden kann. McConkie, Reddix & Zola (1992) hingegen halten 120 bis 140 ms für nicht ausreichend, um sprachliche Informationen zu verarbeiten. Dies sei lediglich für die Verarbeitung visueller Informationen ausreichend.

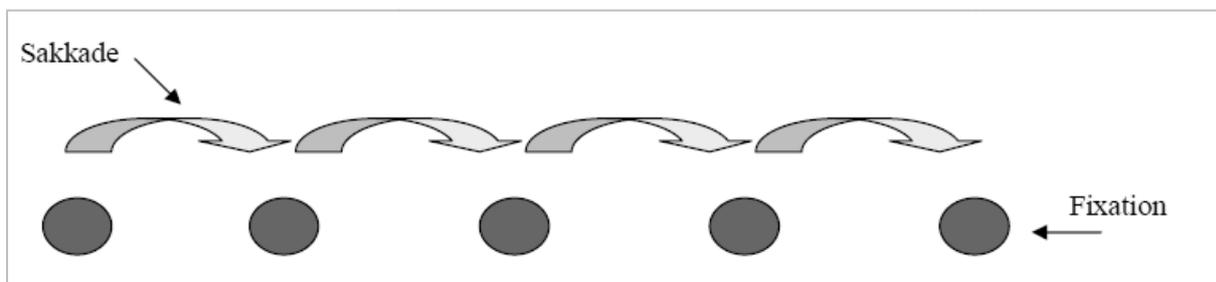


Abb. 3.1: Schematische Darstellung von Sakkaden und Fixationen

(Weingarten, 2000)

3.2 Informationsaufnahme im Leseprozess

Da die Verarbeitung visueller Informationen während einer Fixation begrenzt ist, bewegen sich die Augen auf konstante Weise während des Lesens. Wenn ein Sakkadensprung von einem Wort zum nächsten ansteht, muss zunächst die Sakkadenamplitude näher bestimmt werden. Leser tendieren dazu, Wörter ungefähr auf halber Strecke zwischen Anfang und Mitte erstmalig zu fixieren (Rayner, Sereno & Raney, 1996). Diese präferierte Landeposition

ist von der optimalen Landeposition zu unterscheiden, welche sich etwas weiter rechts von der bevorzugten Position befindet und die Stelle der kürzesten Verarbeitungsdauer eines Wortes darstellt. Die Reizstruktur eines Textes wird im Allgemeinen in drei Bereiche eingeteilt: die foveale, die parafoveale und die periphere Region. Die Fovea stellt den zentralen Bereich maximaler retinaler Auflösung mit einem Durchmesser von zwei Grad dar. Der parafoveale Bereich erstreckt sich über fünf Grad um den Fixationspunkt. Unmittelbar benachbarte Einheiten des foveal fixierten Wortes werden somit als parafoveal bezeichnet. Bereiche, die darüber hinausgehen, stellen die periphere Region dar (Reichle et al., 2003). Dass Wörter teilweise im parafovealen Bereich verarbeitet werden können, zeigten McConkie & Rayner (1975) mit Hilfe der so genannten moving-window-Technik. In diesem Paradigma wird ein Bereich links und rechts neben dem aktuellen Fixationspunkt definiert, außerhalb dessen bestimmte Textmerkmale verändert werden (z.B. Ersetzung von Buchstaben durch große „X“). Hierdurch ist es möglich, die Region zu bestimmen, aus der nützliche visuelle Information beim Lesen aufgenommen werden kann. Dieser Bereich wird als perceptual span bezeichnet, wobei zwischen der total perceptual span und der letter identification span zu unterscheiden ist. Ausgehend von der Fixationsposition erstreckt sich der total perceptual span über eine Spannweite von bis zu 15 Buchstaben nach rechts. Hiermit ist eine Schätzung des Bereichs angegeben, innerhalb dessen Information über die Wortlänge zur Zielbestimmung für die nächste Sakkade genutzt wird. Der letter identification span bezeichnet den Bereich der Buchstabendiskrimination und beträgt etwa acht bis neun Buchstaben nach rechts und bis zu vier Buchstaben nach links (Radach, 1996). Diese Asymmetrie ist orthographiespezifisch und hängt laut Reichle et al. (2003) mit der Aufmerksamkeitsspanne zusammen, innerhalb derer visuell verfügbare Informationen verarbeitet und/ oder vorverarbeitet werden können.

Ein Lesephänomen, welches eng mit dem perceptual span in Zusammenhang steht, ist der parafoveal preview benefit. Dieser Effekt beinhaltet, dass die orthographische und phonologische Verarbeitung eines Wortes bereits beginnt, bevor dieses Wort foveal fixiert wird. Daraus kann eine reduzierte Dauer der folgenden Fixation dieses Wortes resultieren. Die bereits parafoveal gewonnenen Informationen eines Wortes können auch dazu führen, dass dieses gar nicht fixiert werden muss und folglich übersprungen wird. Dieser Prozess wird als word skipping bezeichnet. Es konnte mehrfach nachgewiesen werden, dass vor allem kurze, sowie hochfrequente und aus dem Satzkontext vorhersehbare Wörter beim Lesen übersprungen werden (Balota, Pollatsek & Rayner, 1985; Binder, Pollatsek & Rayner, 1999; Ehrlich & Rayner, 1981; Rayner et al., 2001; Rayner & Well, 1996; Schustack, Ehrlich &

Rayner, 1987). Die Tatsache, dass lexikalisch schwierig zu verarbeitende, niedrigfrequente Wörter eine längere Fixationsdauer als hochfrequente Wörter aufweisen, wird als Frequenzeffekt bezeichnet. Nimmt die längere Fixationsdauer eines niedrigfrequenten Wortes auch Einfluss auf die Fixationsdauer des darauffolgenden Wortes, wird von einem Spillover-Effekt gesprochen (Radach et al., 2002).

3.3 Blickbewegungsparameter

Nach drei Jahrzehnten intensiver Forschung sind die Messsysteme so weit entwickelt, dass eine buchstabengenaue Erfassung der Sakkadenamplituden und Fixationspositionen möglich ist. Sie versetzen einen in die Lage, die komplexen Prozesse des Lesevorgangs mit Hilfe wortbasierter räumlicher und zeitlicher Messparameter genauer zu bestimmen und deutlichere Aussagen über die sprachliche Verarbeitung beim Lesen zu machen (Dürrwächter, 2003). Sakkaden sind beim Leseprozess notwendig, um das Auge in eine neue Position zu bringen, in der es die Textinformation verarbeiten kann. Sie unterliegen daher räumlichen Parametern, die zum einen festlegen, in welche Richtung eine Sakkade verlaufen soll und zum anderen, welcher Punkt im Wort als nächstes fixiert wird. Die wichtigsten räumlichen Parameter werden bei Radach et al. (2002) beschrieben (Tab. 3.1).

Räumliche Parameter	Definition
Fixationswahrscheinlichkeit <i>Fixation probability</i> <i>Invers: skipping probability/rate</i>	Relative Häufigkeit, mit der ein Wort mindestens einmal fixiert wird; inverses Maß: relative Häufigkeit für das „Überspringen“ eines Wortes
Sakkadenamplitude, Sakkadenlänge <i>Saccade amplitude, saccade length</i>	Distanz zwischen der mittleren Position zweier aufeinander folgender Fixationen
Fixationsposition <i>Fixation position, fixation location</i>	Innerhalb eines Wortes fixierte Position. Der Leerraum vor dem Wort ist als Buchstabe 0 kodiert.
Startdistanz <i>Launch distance, launch site</i>	Entfernung zwischen Startpunkt einer Sakkade und Wortanfang oder Wortmitte
Fixationshäufigkeit <i>Fixation frequency</i>	Mittlere absolute Häufigkeit von Fixationen im Wort, meist auf den ersten Blick bezogen (vgl. Blickzeit)
Refixationshäufigkeit <i>Refixation probability/frequency</i>	Relative Häufigkeit mindestens einer auf die initiale Fixation folgenden erneuten Fixation im Wort

Tab. 3.1: Bezeichnungen und Definitionen wortbezogener räumlicher Blickbewegungsparameter

(Radach, Heller & Huestegge, 2002)

Zu den räumlichen Parametern zählt die Fixationswahrscheinlichkeit, die eine relative Häufigkeit angibt, mit der ein Wort mindestens einmal fixiert wird. Die Sakkadenamplitude markiert die Distanz zwischen der mittleren Position zweier aufeinander folgender Fixationen. Die Fixationsposition -und häufigkeit innerhalb eines Wortes stellen weitere räumliche Parameter dar. Angaben zur Fixationshäufigkeit werden dabei meist auf die Fixationen eines Wortes innerhalb eines Blicks bezogen. Der Parameter der Refixationshäufigkeit bezeichnet die relative Häufigkeit, mit der ein Wort, nachdem es bereits fixiert wurde, wiederholt fixiert wird. Folgt auf einen Sakkadensprung eine Fixation, wird in dieser Zeit die Textinformation verarbeitet. Zeitliche Parameter einer Fixation beschreiben, wie lange die aktuelle Fixation anhält und wann diese abgebrochen wird, um die folgende Sakkade einzuleiten. Die Parameter initiale Fixationsdauer, Refixationsdauer, Blickzeit und Gesamtlesezeit werden ebenfalls bei Radach et al. (2002) anschaulich zusammengefasst (Tab. 3.2).

Zeitlicher Parameter	Definition
Initiale Fixationsdauer <i>Initial/first fixation duration</i>	Dauer der ersten Fixation im Wort, unabhängig davon, ob weitere folgen
Refixationsdauer <i>Refixation duration</i>	Dauer von Fixationen, die unmittelbar auf die initiale Fixation folgen
Blickzeit <i>Gaze duration/first pass gaze duration, first pass reading time</i>	Summierte Dauer aller Fixationen innerhalb des ersten Blickes, d.h. von der initialen Fixation bis zum Verlassen des Wortes
Gesamtlesezeit <i>Total reading time, total fixation time</i>	Summierte Dauer aller Fixationen auf dem Wort (inklusive Fixationen nach Interwortregressionen)

Tab. 3.2: Bezeichnungen und Definitionen wortbezogener zeitlicher Blickbewegungsparameter

(Radach, Heller & Huestegge, 2002)

Die initiale Fixationsdauer bezeichnet die Dauer der ersten Fixation im Wort, unabhängig davon, ob weitere folgen. Die Dauer der Fixationen, die unmittelbar auf die initiale Fixation innerhalb eines Wortes folgen, nennt sich Refixationsdauer. Die Blickzeit stellt die summierte Dauer aller Fixationen innerhalb des ersten Blicks dar, d.h. von der initialen Fixation bis zum Verlassen des Wortes. Dahingegen gibt die Gesamtlesezeit die summierte Dauer aller Fixationen auf einem Wort inklusive der Fixationen nach einer Interwortregression an. Die in der Literatur am weitesten verbreiteten Parameter der initialen Fixationsdauer und der Blickzeit stellen wichtige Indikatoren für kognitive Verarbeitungsprozesse dar. Da nur während einer Fixation Informationen verarbeitet werden können, geben diese Parameter

Auskunft darüber, wie lange orthographische, morphologische, phonologische und semantische Informationen verarbeitet werden (Rayner, 1998).

3.4 Aufmerksamkeitsprozesse des Lesens

„Aufmerksamkeit verarbeitet selbst keine Informationen, sondern verbessert die Informationsverarbeitung in anderen Bausteinen der kognitiven Architektur“ (Goldenberg, 2007). Zu diesen „Baussteinen“ zählen Prozesse der Wahrnehmung, des Gedächtnisses, des Planens und Handelns, der Orientierung und des Problemlösens (Sturm, Herrmann & Münte, 2009). Somit stellen Aufmerksamkeitsfunktionen die Basis nahezu jeder Informationsverarbeitung im Gehirn dar. Ein Modell von Van Zomeren und Brouwer (1994) fasst die verschiedenen Aufmerksamkeitsprozesse zusammen. Diese teilen sie zunächst in die beiden Dimensionen der Intensität und Selektivität ein. Die Dimension der Intensität beinhaltet die Aufmerksamkeitsaktivierung (alertness), Daueraufmerksamkeit und Vigilanz. Unter dem Begriff der Aufmerksamkeitsselektivität werden die Funktionen der selektiven, geteilten und visuell-räumlichen Aufmerksamkeit zusammengefasst. Bei Sturm et al. (2009) werden drei Dimensionen der Aufmerksamkeit unterschieden. In Übereinstimmung mit Van Zomeren & Brouwer (1994) werden die Intensität und Selektivität voneinander abgegrenzt. Die visuell-räumliche Aufmerksamkeit fällt bei Sturm et al. (2009) jedoch nicht unter den Bereich der selektiven Aufmerksamkeit, sondern bildet eine eigene Dimension.

Im Folgenden werden die für das Lesen wichtigsten Aufmerksamkeitsprozesse erläutert. Die Daueraufmerksamkeit gibt Auskunft über die Fähigkeit, die Aufmerksamkeit über einen längeren Zeitraum einer Informationsquelle zuzuwenden, dabei kleine Veränderungen zu bemerken und darauf zu reagieren. Da das Lesen eine relativ monotone Anforderung darstellt, ist die Daueraufmerksamkeit hierbei von Bedeutung. Die selektive Aufmerksamkeit befähigt einen Menschen dazu, seine Aufmerksamkeit auf bestimmte Merkmale einer Aufgabe zu fokussieren. Hierzu wird bestimmten Reizen eine hohe Priorität für die weitere Verarbeitung eingeräumt, so dass irrelevante Stimuli unterdrückt werden und mit gezielten Verhaltensweisen auf die Reizquelle reagiert wird (Prosiegel & Böttger, 2007). Ein weiterer für das Lesen wichtiger Prozess ist die geteilte Aufmerksamkeit. Hierunter versteht man die Fähigkeit, mehrere Reize simultan aufzunehmen und entsprechend darauf zu reagieren (Prosiegel & Böttger, 2007). Gleichzeitig muss der Leser seine Aufmerksamkeit aktiv auf eine Reizquelle fokussieren und dabei die relevanten Merkmale erfassen. Die visuell-räumliche Selektion beschreibt eine räumliche Verschiebung des Aufmerksamkeitsfokus im

extrapersonalen Raum und spielt ebenfalls eine wichtige Rolle beim Leseprozess. Es wird zwischen zwei Arten der Aufmerksamkeitsverschiebung differenziert. Die offene Aufmerksamkeitsverschiebung (overt shift of attention), welche im Verhalten sichtbar und gut zu untersuchen ist, beschreibt die Orientierung auf eine neue Reizquelle im Raum, z.B. durch Bewegungen der Augen oder des Kopfes. Bei der verdeckten Aufmerksamkeitsverschiebung (covert shift of attention) geht die Orientierung zu neuen räumlichen Zielreizen den Augen- oder Kopfbewegungen zeitlich voraus. In der dazwischen liegenden Zeitspanne, in der das Ziel der Aufmerksamkeit und die Augenbewegungen nicht identisch sind, besteht eine Differenz zwischen kognitivem und sensorischem Aufmerksamkeitsfokus (Prosiegel & Böttger, 2007). Das räumliche Verschieben der Aufmerksamkeit umfasst das Lösen vom aktuellen Stimulus (disengage), das Verschieben des Aufmerksamkeitsfokus (shift) und das erneute Fixieren (engage) (Sturm et al, 2009). Dieser Aufmerksamkeitsprozess steht in engem Zusammenhang mit dem parafoveal preview benefit (vgl. 3.2). Corbetta (1998) zeigte, dass sich die an der verdeckten Aufmerksamkeitsverschiebung und der Kontrolle der Augenbewegungen beteiligten neuronalen Netzwerke zum größten Teil überschneiden. „Die Prozesse der Aufmerksamkeitsorientierung scheinen nach diesen Befunden eng an okulomotorische Prozesse gebunden sein.“ (Sturm et al., 2009).

3.5 Modellgeleitete Darstellung von Blickbewegungen beim Lesen

Modelle, die die Kontrolle der Blickbewegungen beim Lesen zu erklären versuchen, gehen grundsätzlich zwei zentralen Fragen nach: Welche Faktoren bestimmen, wohin eine Blickbewegung geht und wann diese gestartet wird (Radach, 1996)? Mithilfe der Beantwortung dieser Fragen zielen modellorientierte Darstellungen darauf ab, die Interaktion zwischen Aufmerksamkeitsprozessen, Blickbewegungen und lexikalischer Wortverarbeitung beim Lesen darzustellen. Die Entscheidung, wo als nächstes fixiert wird, scheint primär durch visuelle Informationen niedrigerer Ebenen (low-level), wie Wortlänge und Spatien, bestimmt zu werden. Auch kognitive Faktoren, wie die Frequenz und Vorhersagbarkeit eines Wortes, spielen hierbei eine wichtige Rolle (Radach & Kennedy, 2004; Rayner, 1998; Reichle et al., 2003). Der zeitliche Aspekt der Blickbewegungskontrolle wird kontrovers diskutiert. Es gibt Evidenz dafür, dass linguistische Variablen, wie z.B. Wortfrequenz, lexikalische Ambiguität oder syntaktische Komplexität Einfluss auf die Entscheidung haben, wann die Augen bewegt werden. Einige Forscher argumentieren jedoch, dass visuomotorische Faktoren primär für die Kontrolle der Blickbewegungen verantwortlich sind (Rayner et al., 1996).

So entstanden mit dem Ziel der Beantwortung der Fragen nach dem Wo und dem Wann viele Kontroversen, die die Dyslexieforschung in den achtziger und neunziger Jahren in zwei unterschiedliche Richtungen teilte. Die eine Position der Debatte sieht die lexikalische Verarbeitung als wichtigsten Einflussfaktor auf Fixationsort und -dauer sowie auf die Wahrscheinlichkeit, dass ein Wort beim Lesen übersprungen wird. Ausgehend von dieser These wurde das prozessorientierte, d.h. aufmerksambasierte Modell von Morrison (1984) entwickelt, welches als Vorlage vieler weiterer Modelle diente (Radach & Kennedy, 2004). Morrison betrachtet Blickbewegungen als das Ergebnis einer erfolgreichen lexikalischen Verarbeitung. Die Identifikation eines foveal fixierten Wortes n veranlasst die Verschiebung der Aufmerksamkeit – des so genannten Spotlights – zum nächsten Wort $n+1$. Diese Aufmerksamkeitsverschiebung triggert ihrerseits einen weiteren Prozess, nämlich die Generierung einer Sakkade zu dem Wort $n+1$ durch das okulomotorische System. Ist die Programmierung der Sakkade abgeschlossen, bevor das Wort lexikalisch verarbeitet wurde, wird der geplante Sakkadensprung zu $n+1$ ausgeführt. Wurde ein Wort jedoch identifiziert, bevor sich die Augen des Lesers auf diesem Wort befinden, bewegt sich der Aufmerksamkeitsfokus bereits zu Wort $n+2$, während die Augen noch Wort n fixieren (vgl. parafoveale Verarbeitung). Die geplante Sakkade zu Wort $n+1$ wird abgebrochen und das alte motorische Programm mit der Planung eines neuen Sakkadensprunges zu Wort $n+2$ überschrieben (Rayner et al., 1996, Reichle et al., 2003). Morrison erhebt in seinem Modell also die Annahme, dass sich die Aufmerksamkeit seriell von Wort zu Wort verschiebt, während Sakkaden parallel dazu geplant werden. Effekte wie word skipping und parafoveal preview benefit können mit Hilfe dieser Theorie erklärt werden, Refixationen jedoch dürften in solch einer streng seriellen Verschiebung der Aufmerksamkeit nicht auftreten (z.B. Reichle et al., 2003). Auch die Tatsache, dass die parafoveale Verarbeitung durch foveale Schwierigkeiten beeinflusst werden kann, findet keine Berücksichtigung bei Morrison (Radach & Kennedy, 2004).

Die andere Seite der Debatte bezeichnet vor allem perzeptuelle und visuomotorische (low level) Faktoren als wesentlich in Bezug auf Blickbewegungen. O'Regan und Levy-Schoen (1987) sowie O'Regan (1990) entwickelten daher okulomotorisch orientierte Modelle, die davon ausgehen, dass Blickbewegungen hauptsächlich durch okulomotorische Faktoren kontrolliert und nur sekundär von der sprachlichen Verarbeitung beeinflusst werden (Radach et al., 2002). Dem Strategie-Taktik-Modell von O'Regan (1990) liegt die Annahme zu Grunde, dass jeder Leser entweder eine sorgfältige oder risikoreiche Lesestrategie anwendet, die Einfluss auf die Fixationszeiten und Sakkadenlängen des Lesers hat. Weiterhin wird

davon ausgegangen, dass die initiale Fixationsposition innerhalb eines Wortes ausschlaggebend dafür ist, wie lange ein Wort fixiert und wo die nächste Fixation stattfinden wird. Landen die Blicke eines Lesers in der optimalen Position (etwas links von der Mitte des Wortes), erstreckt sich die Fixation über mindestens 300 ms, während dessen die lexikalische Verarbeitung des Wortes vollzogen wird. Ist die initiale Fixationsposition nicht optimal, wird eine Refixation initiiert und erst dann beginnt der Prozess der lexikalischen Verarbeitung. Refixationen sind demnach nicht auf sprachliche Verarbeitungsschwierigkeiten zurückzuführen, sondern werden durch visuelle low-level Faktoren verursacht. Dies bezeichnet O'Regan als Intrawort-Taktik des Lesers (Rayner et al., 1996). Laut Rayner et al. (1996) werden Modelle, die sich allein auf okulomotorische Faktoren beschränken, der Komplexität temporärer Kontrolle nicht gerecht. So konnten Rayner et al. (1995) in ihrer Studie zeigen, dass die Fixationsdauer nicht nur durch die initiale Fixationsposition, sondern auch durch die Wortfrequenz beeinflusst wird.

Die Ansätze von Morrison (1984) und O'Regan (1990) bzw. O'Regan & Levy-Schoen (1987) stellen Extreme in einem Kontinuum der Blickbewegungsforschung dar. Es ist nahe liegend, dass die kognitiv-aufmerksamkeitsbasierten mit den visuell-okulomotorischen Aspekten miteinander vereint werden müssen, um den vollständigen Leseprozess mit Hilfe eines Modells darzustellen (Radach & Kennedy, 2004). Im Zuge dieser Erkenntnis entwickelten sich wiederum zwei Arten von Modellen: Sequential-attention-shift (SAS) Modelle und guidance-by-attentional-gradient (GAG) Modelle (Engbert et al., 2005). Während SAS-Modelle annehmen, dass sich die Aufmerksamkeit des Lesers sequentiell von Wort zu Wort verlagert, gehen GAG-Modelle von einer parallelen Wortverarbeitung aus. Im Folgenden werden das bekannteste der SAS-Modelle, das E-Z-Reader-Modell (Reichle et al., 1998), sowie die GAG-Modelle „SWIFT“ (Engbert, Longtin & Kliegl, 2002) und „Glenmore“ (Reilly & Radach, 2002) dargestellt und kritisch beleuchtet.

3.5.1 E-Z-Reader-Modell

Das E-Z-Reader Modell von Reichle et al. (1998) ist ein Verarbeitungsmodell, welches auf der Arbeit von Morrison (1984) basiert. Ihm liegt die Annahme zugrunde, dass die gegenwärtige kognitive Verarbeitung die Blickbewegungen beim Lesen beeinflusst. So gehen Reichle et al. (1998) davon aus, dass ein bestimmtes Niveau der Wortverarbeitung als Signal zur Programmierung von Sakkaden gilt und dass die Übertragung der Aufmerksamkeit von einem Wort zum nächsten streng seriell erfolgt (Reichle, Pollatsek & Rayner, 2006).

Das Modell gliedert sich in drei Systeme, die jeweils mit einander verbunden sind und Informationen austauschen: Das visuelle System (visual system), das Wortidentifikationssystem (word identification system) und das Okulomotorische System (okulomotor system) (Abb. 3.2).

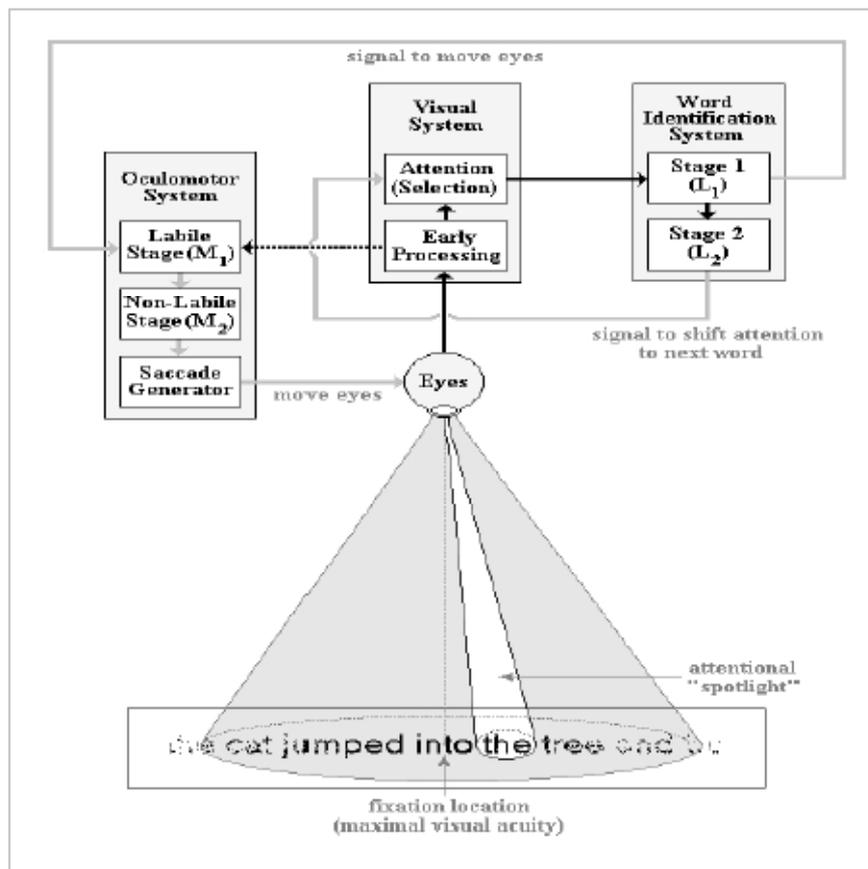


Abb. 3.2: Schematische Darstellung des E-Z-Reader (7)-Modells

(Reichle, Rayner & Pollatsek, 2003)

Wird ein Wort im fovealen Bereich fixiert, werden die visuellen Informationen dieses Wortes von der Retina zum visuellen Kortex projiziert. Diese so genannte frühe Verarbeitung (early processing) eines Wortes erfolgt, noch bevor die Aufmerksamkeit auf das betreffende Wort verlagert wird. Die Dauer der frühen Verarbeitung hängt von der Wortlänge und der durchschnittlichen Entfernung des Fixationspunktes ab. Wird ein Wort in der Nähe seiner Mitte fixiert, verläuft die frühe Verarbeitung am schnellsten, da diese Fixation der optimalen Blickposition entspricht. Die frühe visuelle Verarbeitung zielt darauf ab, Informationen bezüglich der Wortgrenzen und der An- bzw. Abwesenheit von vorausgehenden oder nachfolgenden Wörtern zu gewinnen. Im okulomotorischen System werden mit Hilfe dieser Informationen Sakkaden generiert. Dieser Informationstransfer wird im Modell als gestrichelter Pfeil zwischen der frühen Verarbeitung und der labilen Phase (labile stage, M1)

der Sakkadenprogrammierung dargestellt. Zusätzlich liefert die frühe visuelle Verarbeitung Informationen, die von visuellen Arealen höherer Ebenen benötigt werden, um die Aufmerksamkeit in Form eines Spotlights zu fokussieren. Erst wenn die Prozesse der Sakkadengenerierung und der Aufmerksamkeitsverschiebung der frühen visuellen Verarbeitung abgeschlossen sind, beginnt die Verarbeitung eines Wortes. Diese erfolgt in zwei Phasen. In einer ersten Phase (stage 1, L1) wird zunächst die orthographische Form des Wortes n , welches im Spotlight der Aufmerksamkeit steht, identifiziert. Zu diesem Zeitpunkt der Verarbeitung liegt noch kein vollständiger lexikalischer Zugang vor. Hierdurch wird die weitere Wortverarbeitung in Phase 2 initiiert. Des Weiteren wird dem okulomotorischen System nach Abschluss des ersten Stadiums ein Signal zur Sakkadenprogrammierung gegeben. In Phase 2 (stage 2, L2) findet nun eine linguistische Verarbeitung statt, in der phonologische und semantische Formen aktiviert werden. Mit dieser Phase wird die lexikalische Verarbeitung des Wortes n abgeschlossen und das Aufmerksamkeitsspotlight verschiebt sich zum nächsten Wort, Wort $n+1$ (Reichle et al., 2003; Radach et al., 2002). Liegt die Aufmerksamkeit dann vollständig auf Wort $n+1$, beginnt der Prozess der Wortverarbeitung erneut. Die Annahme einer streng seriellen Verarbeitung der Aufmerksamkeit von Wort zu Wort stützen Reichle et al. (1998) darauf, dass die Reihenfolge der Wörter innerhalb eines Satzes von hoher Relevanz für eine fehlerlose Informationsübertragung und -verarbeitung ist (Reichle et al., 2003). Indem der Aufmerksamkeitsfokus von einem Wort zum nächsten verschoben wird, identifizieren und verarbeiten Leser jedes Wort in der dafür vorgesehenen Reihenfolge. Die Programmierung von Sakkaden verläuft jedoch unabhängig von der Verschiebung der Aufmerksamkeit. Dieser Aspekt stellt eine wesentliche Annahme des E-Z-Reader-Modells dar. Während sich die Aufmerksamkeitsverschiebung erst nach Abschluss der zweiten Phase der Wortverarbeitung (L2) vollzieht, wird die Sakkadenprogrammierung bereits durch Beendigung der ersten Phase der Wortverarbeitung (L1) initiiert. Die Programmierung von Sakkaden erfolgt, wie auch der Prozess der Wortverarbeitung, in zwei Phasen. Diese Einteilung basiert auf der Unterscheidung zwischen einem labilen und einem stabilem Stadium der Sakkadenprogrammierung. Wenn die erste Phase der Wortverarbeitung abgeschlossen ist, wird das labile Stadium (labile stage, M1) initiiert, welches dann parallel mit der zweiten Phase der Wortverarbeitung verläuft. Das okulomotorische System wird während des labilen Stadiums zunächst aktiviert und auf eine Sakkadenprogrammierung vorbereitet. Des Weiteren berechnet das okulomotorische System während dieses Stadiums den Abstand zwischen dem aktuellen Fixationsort und dem Target der zu programmierenden Sakkade, d.h. die geplante

Sakkadenamplitude. Während einer solchen labilen Phase kann der Vorgang der Sakkadenprogrammierung wieder abgebrochen werden. Dies geschieht, wenn das okulomotorische System vom Wortidentifikationssystem ein Signal zur Programmierung einer zweiten Sakkade erhält, während eine erste Sakkade noch in der labilen Phase programmiert wird. Word skipping aufgrund parafovealer Verarbeitung oder Regressionen infolge von Schwierigkeiten bei der lexikalischen Verarbeitung stellen Beispiele möglicher Gründe für eine solche Reprogrammierung dar. Ist Stadium 1 der Sakkadenprogrammierung abgeschlossen, beginnt die stabile Phase. Das motorische System erhält den Auftrag eine Blickbewegung in eine bestimmte Richtung und mit einer bestimmten Amplitude auszuführen. Zu diesem Zeitpunkt ist das motorische Programm bereits soweit fortgeschritten, dass ein Abbruch der geplanten Sakkade nicht mehr möglich ist (Reichle et al., 2003; Radach et al., 2002).

Das E-Z-Reader-Modell ist in der Lage, eine ganze Reihe experimenteller Beobachtungen zu erklären, wie z.B. word-skipping, den Einfluss der Wortfrequenz und -länge auf die Fixationsdauer und das Auftreten sehr kurzer Fixationen (Radach & Kennedy, 2004). Des Weiteren liefert das Modell eine Erklärung für die Beobachtung, dass Fixationen auf dem Wort n länger sind, wenn das Wort $n+1$ übersprungen wird. In diesem Fall wird das erste Sakkadenprogramm abgebrochen und das okulomotorische System muss „warten“, bis das zweite ausgeführt wird (Radach, 1996). Auch wenn das Modell von Reichle et al. (1998) einen Standard festgelegt hat, wurde es seit seiner Publikation häufig kritisiert. Die Kritik bezieht sich zum einen auf die Annahme der streng seriellen Wortverarbeitung und Aufmerksamkeitsverschiebung. Es besteht vielfach Evidenz dafür, dass die Wortverarbeitung beim Lesen räumlich verteilt erfolgt, so dass mehr als ein Wort zur gleichen Zeit verarbeitet werden kann (Hyönä & Bertam, 2004; Inhoff, Starr & Shindler, 2000a, Inhoff, Eiter & Radach, 2005; Kennedy, 1998, 2000; Starr & Inhoff, 2004). So widersprechen Forschungsergebnisse, dass charakteristische Eigenschaften parafovealer Wörter, wie z.B. die Wortfrequenz, die Verarbeitungsdauer foveal fixierter Wörter beeinflussen (parafovea-on-fovea effects), der Grundannahme des SAS-Modells. Weiterhin wird bezweifelt, dass alle notwendigen Schritte der Wortverarbeitung, Aufmerksamkeitsverlagerung und Sakkadenprogrammierung in Anbetracht der Zeit streng seriell zu realisieren sind (Deubel, O'Regan & Radach, 2000). So zeigen ERP-Studien, dass zwischen dem Beginn einer Fixation und der lexikalischen Wortverarbeitung mindestens 130 ms vergehen, jedoch bereits 90 ms vor Beendigung einer Fixation das nächste Sakkadenziel feststehen muss. Die Zeitspanne kognitiver Einflüsse auf die Fixationsdauer sei folglich zu kurz (Reilly & Radach, 2006).

Auch die Theorie der Aufmerksamkeitsverschiebung in Form eines Spotlights, das sich zum folgenden Wort bewegt, sobald die lexikalische Verarbeitung ein gewisses Stadium erreicht hat, wird kritisiert. Diese Theorie bietet zwar eine Erklärung für das Problem der Sakkadensteuerung, jedoch bleibt die Frage nach der Steuerung der Aufmerksamkeit ungeklärt. Eine derartige Bewegung der Aufmerksamkeit müsste laut Reilly und Radach (2006) ähnlich einer Blickbewegung eine Latenz, Dauer und Geschwindigkeit aufweisen. So werde das Problem der Steuerung nicht gelöst, sondern lediglich auf eine andere Ebene verlagert.

3.5.2 SWIFT-Modell

Das SWIFT (Saccade generation with inhibition of foveal targets) - Modell von Engbert et al. (2002) weist einige grundlegende Übereinstimmungen mit dem E-Z-Reader Modell (Reichle et al., 1998) auf. Auch in diesem Modell (Abb. 3.3) verlaufen die Prozesse der Wortverarbeitung und der Sakkadenprogrammierung in jeweils zwei Phasen (Reichle et al., 2003). In einer einleitenden Phase der Wortverarbeitung werden Eigenschaften des Wortes, wie Wortlänge oder Anfangsbuchstabe, analysiert; die lexikalische Aktivität dieses Wortes steigt. Ist die maximale lexikalische Aktivität erreicht, wird das Wort vollständig phonologisch und lexikalisch in einer zweiten Phase verarbeitet, bis die lexikalische Aktivität schließlich den Nullpunkt erreicht (Engbert & Kliegl, 2004). Im Gegensatz zu dem SAS-Modell E-Z-Reader, basiert das SWIFT-Modell auf der Annahme, dass sich die lexikalische Verarbeitung über einen Aufmerksamkeitsgradienten verteilt, der vier Wörter umfasst. Das theoretische Gerüst hierfür stellt die dynamical field theory von Erlhagen & Schöner (2002) dar. Die räumliche Verteilung der Aufmerksamkeit ermöglicht dem Leser eine parallele Verarbeitung mehrerer Wörter zur gleichen Zeit (Engbert et al., 2002). Engbert et al. stützen ihre Annahme auf zahlreiche Studien, die zeigen, dass auch Informationen von Wörtern links und rechts neben dem fixierten Wort vom Leser verarbeitet werden (Binder et al., 1999; Inhoff et al., 2000a, 2000b; Kennedy, 2000). Foveal fixierte Wörter werden hierbei besser verarbeitet als jene, die sich im perceptual span befinden (Engbert & Kliegl, 2004). Auch die Annahme bezüglich der Prozesse der Sakkadenprogrammierung- und Generierung stellt einen Unterschied zum E-Z-Reader-Modell dar. Bei Engbert et al. (2002) verläuft die Programmierung der Sakkade unabhängig von der Selektion des Targetwortes (Engbert et al., 2002; Reichle et al., 2003). Während die Sakkadenprogrammierung in Phase 1 beginnt, wird das Target der programmierten Sakkade erst in einem zweiten Schritt ausgewählt. Die

Sakkadengenerierung wird nach Ablauf eines bestimmten Zeitintervalls, welches zufällig festgelegt ist, automatisch initiiert. Ist das gegenwärtig fixierte Wort aufgrund seiner niedrigen Frequenz schwer zu verarbeiten, wird das Wort refixiert und das Zeitintervall verlängert. Somit ist SWIFT im Gegensatz zu E-Z-Reader in der Lage, zusätzlich zu den anderen Effekten das Phänomen der Refixation zu erklären.

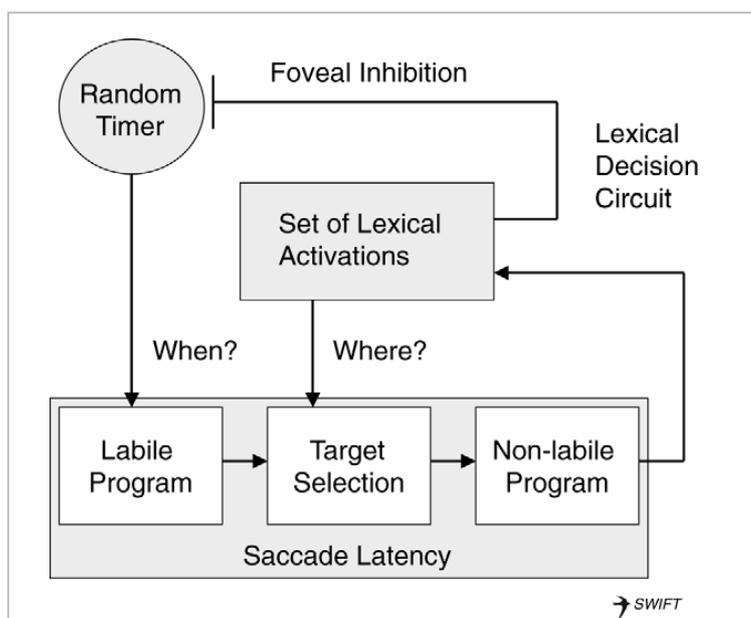


Abb. 3.3: Schematische Darstellung des SWIFT-Modells

(Engbert, Longtin & Kliegl, 2002)

Zusammenfassend basiert das SWIFT-Modell auf zwei Grundprinzipien: Die Lexikalische Verarbeitung ist räumlich über ein Aufmerksamkeitsfenster verteilt und die Sakkadenprogrammierung verläuft unabhängig von der Auswahl des Targetwortes. Blickbewegungen stellen in diesem Modell kein Produkt einer erfolgreichen lexikalischen Verarbeitung dar. Stattdessen sind Sakkaden erforderlich, um eine durchschnittliche Rate der Blickbewegungen aufrecht zu erhalten (Reichle et al., 2003).

3.5.3 Glenmore-Modell

Inspiziert von Findlay & Walker (1999) entwickelten Reilly & Radach im Jahre 2002 das Glenmore-Modell. Das konnektionistische Modell basiert auf der Annahme, dass Blickbewegungen beim Lesen durch die Wechselwirkungen okulomotorischer Programme und kognitiver Prozesse bestimmt werden (Reilly & Radach, 2006). Da Reilly und Radach

(2002) davon ausgehen, dass mehrere Wörter gleichzeitig innerhalb eines Aufmerksamkeitsgradienten um eine foveale Fixation verarbeitet werden können, wenden sie sich konsequent von sequentiellen Verarbeitungsmodellen ab (Reichle et al., 2003).

Das Modell beinhaltet Eingangselemente (input units), Buchstabenelemente (letter units), eine Salienzkarte (saliency map) und Wortelemente (word units). Zusätzlich gibt es ein Fixationszentrum (fixate centre), welches den Zeitpunkt für Sakkadensprünge kontrolliert und einen Sakkadengenerator (saccade generator) (Abb. 3.4).

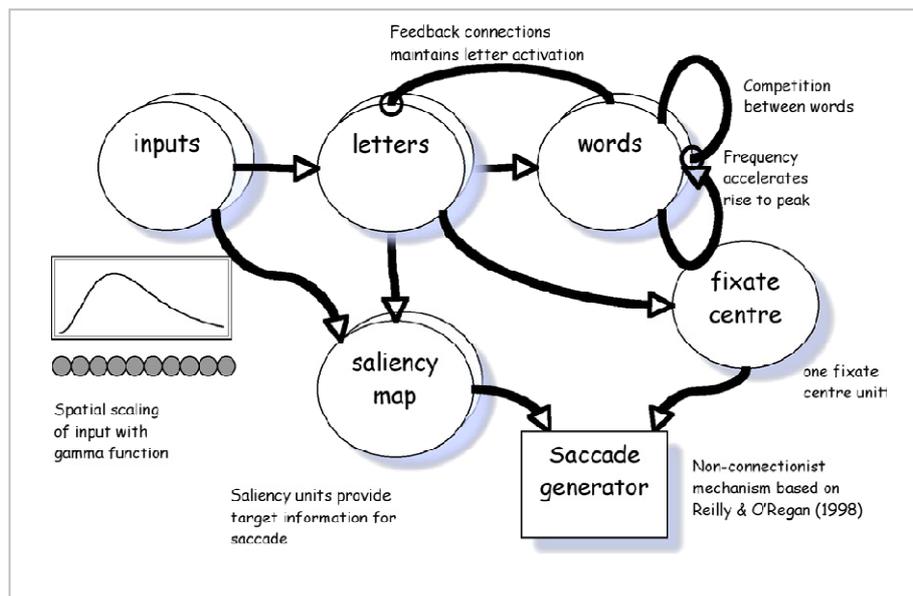


Abb. 3.4: Schematische Darstellung des Glenmore-Modells

(Reilly & Radach, 2002)

Die Aufgabe der Eingangselemente ist das Erkennen der An- bzw. Abwesenheit von Buchstaben innerhalb eines Umfangs von 30 Buchstaben, wobei jedem Buchstaben ein Eingangselement entspricht. Das Zentrum der Fovea liegt, unter Berücksichtigung der Asymmetrie des perceptual span, auf der Buchstabenposition 11. Dies entspricht auch der Position mit der höchsten Aktivierungsrate, welche zum Rand hin graduell abnimmt (Reilly & Radach, 2006). Über eine direkte Eins-zu-eins-Übertragung werden die aus den Eingangselementen gewonnenen Informationen an die Buchstabenelemente und die Einheiten der Salienzkarte gesendet. Da Buchstaben- und Wortelemente zusammen ein interaktives Netzwerk der Wortverarbeitung bilden, finden eine kontinuierliche gegenseitige Aktivierung und ein permanenter Informationsaustausch zwischen ihnen statt. Auf diese Weise können zusammengesetzte Buchstabenfolgen mit den lexikalischen Repräsentationen der Wortelemente abgeglichen und zusammengefügt werden. Nebeneinander liegende Wortelemente konkurrieren im Prozess der parallelen Wortverarbeitung während einer

einzigsten Fixation miteinander. Jeweils ein Wort dominiert jedoch in der lexikalischen Verarbeitung und tritt aus dem Wettbewerb aus, sobald ein gewisses Stadium der Verarbeitung erreicht ist. Je hochfrequenter ein Wort, desto schneller wird es aktiviert. Aufgrund dieses Mechanismus können mehrere Wörter während einer Fixation parallel verarbeitet und Frequenzeffekte erklärt werden (Reilly & Radach, 2006). Die räumlich organisierte Salienzkarte ist für die Targetauswahl einer folgenden Sakkade zuständig. Indem ihre Elemente mit den je 30 Eingangs- und Buchstabenelementen verknüpft sind, werden Informationen über Identität und Lokalisierung der einzelnen Buchstaben auf der Salienzkarte vermerkt. Durch diesen Prozess können die Salienzwerte potentieller Sakkadentargets kontinuierlich aktualisiert und angepasst werden. Dasjenige Eingangselement, das zum Zeitpunkt der Sakkadeninitiierung die höchste Salienz, d.h. Aktivität, aufweist stellt das Ziel der nächsten generierten Sakkade dar (Reichle et al., 2003; Reilly & Radach, 2006). Die Aktivität der Eingangselemente ist dabei hauptsächlich von low-level Faktoren, wie der Wortlänge und dem Abstand zwischen Fovea und Fixationspunkt abhängig (Reichle et al., 2003). Zuständig für die Initiierung einer Sakkade ist das Fixationszentrum im Glenmore-Modell. Dieses Zentrum steht mit den Buchstabeneinheiten in Verbindung und erhält auf diese Weise Informationen über den Status der aktuellen Wortverarbeitung. Wird eine Aktivierungsschwelle zufällig oder durch eine gewisse lexikalische Verarbeitung eines Wortes erreicht, wird ein Triggersignal an den Sakkadengenerator geschickt und eine Sakkade initiiert (Reilly & Radach, 2002).

Im Gegensatz zu SAS-Modellen, wie dem E-Z-Reader-Modell, geht das Glenmore-Modell von einer parallelen Wortverarbeitung mehrerer konkurrierender Wörter aus. Einzigartig an dem Modell ist der Gebrauch einer räumlich organisierten Salienzkarte, welche das Zusammenspiel visueller bottom-up Prozesse und lexikalischer top-down Einflüsse vereinigt. Diese Faktoren erzeugen gemeinsam jene Aktivierung, die als Basis für die Auswahl eines Wortes als Sakkadentarget dient. Aufgrund der Idee der kompetitiven Inhibition der Salienzwerte potentieller Targets kann das Glenmore-Modell die wichtigsten low-level Lesephänomene erklären. In Abhängigkeit vom Zeitpunkt der Triggerung einer Sakkade kann ein Eingangselement des vorhergehenden Wortes (Regression), desselben Wortes (Refixation) oder eines anderen Wortes weiter rechts im perceptual span (word skipping) aufgrund der aktuell höchsten Salienz als Sakkadenziel selektiert werden. Die Fixationswahrscheinlichkeit eines Wortes hängt dabei von dessen Frequenz ab. So erreichen hochfrequente Wörter schneller ein hohes Aktivitätslevel und treten aus der Konkurrenz um die Wortverarbeitung mit nachfolgenden Wörtern heraus. Im Falle eines niedrigfrequenten Wortes n steht dieses

automatisch länger in Konkurrenz mit Wort n+1, wodurch der Fortschritt der Verarbeitung von n+1 geringer ist und kein preview-benefit-Effekt auftritt. Auch für Spillover- und preview-benefit-Effekte bietet das Glenmore-Modell mit Hilfe des Mechanismus der Sakkadengenerierung eine Erklärung. Geht der fovealen Fixation ein niedrigfrequentes Wort voraus, so kommt es zu einer restlichen Verarbeitung dieses Wortes, obwohl es nicht mehr fixiert wird. Eine Sakkade wird dann generiert, wenn ein gewisses Aktivitätslevel im Fixationszentrum überschritten wird. Dieser Prozess ist jedoch unabhängig von der erfolgreichen Verarbeitung des aktuell fixierten Wortes, so dass Spillover- und preview-benefit-Effekte auftreten können. Die Entscheidung über den Zeitpunkt einer Sakkade wird in dem Modell von Reilly und Radach (2002) unabhängig vom Status der Wortidentifikation getroffen. Dies stellt einen grundlegenden Unterschied zu den zuvor beschriebenen Modellen E-Z-Reader und SWIFT dar, bei denen diese Entscheidung ausschließlich auf linguistischen Parametern basiert. Dennoch wird der grundlegende Einfluss der linguistischen Verarbeitung auf die Blickbewegungsentscheidung nicht vernachlässigt (Reilly & Radach, 2006). Glenmore berücksichtigt als einziges beschriebenes Modell eine linguistische Verarbeitung sowohl auf Wort- als auch auf Buchstabenebene. Aus diesem Grund kann auf eine Unterscheidung zweier Phasen der Wortverarbeitung, wie sie in den Modellen E-Z-Reader und SWIFT zu finden ist, verzichtet werden.

3.6 Entwicklungsdyslexie

3.6.1 Definition und Prävalenz

In der Internationalen Statistischen Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme der Weltgesundheitsorganisation (ICD-10) wird Dyslexie als eine umschriebene und bedeutsame Beeinträchtigung in der Entwicklung der Lesefertigkeiten beschrieben, die nicht allein durch das Entwicklungsalter, Visusprobleme, eine Intelligenzminderung oder unangemessene Beschulung erklärbar ist (Dilling, Mombour & Schmidt, 1993). Zu den Symptomen zählen eine niedrige Lesegeschwindigkeit, fehlende Lesegenauigkeit und das Verlieren der Zeile im Text. Dies führt zu einem unzureichenden Lesesinnverständnis. Auch das Hinzufügen von Wörtern, Silben oder Buchstaben beim Lesen wird bei Patienten mit entwicklungsbedingter Dyslexie beobachtet. Momentan kann gemäß der ICD-10 Klassifikation die Störung der Dyslexie im Wesentlichen diagnostiziert werden, wenn zwei Kriterien erfüllt sind. Zum einen muss eine Diskrepanz der Lese-

Rechtschreibfertigkeiten im Vergleich zum Intelligenzquotienten im Ausmaß von mehr als eineinhalb Standardabweichungen bestehen. Auf der anderen Seite muss eine Diskrepanz der Lese – Rechtschreibfertigkeiten im Vergleich zu Altersgleichen im Ausmaß von mehr als eineinhalb Standardabweichungen nachzuweisen sein.

Angaben zur Häufigkeit der Dyslexie schwanken je nach Untersuchungsmethodik und gewähltem diagnostischen Kriterium zwischen fünf und siebzehn Prozent (Heim et al., 2008). Hierbei sind Formen und Grad der Ausprägung der Dyslexie zu unterscheiden. Für den englischsprachigen Raum wird von Zahlen von vier bis acht Prozent der Grundschul Kinder sowie sechs Prozent der Erwachsenen berichtet (Lewis, Hitch & Walker, 1994; Shaywitz et al., 1990). Bis zu zehn Prozent der Schulkinder, leichte Fälle mit eingeschlossen, weisen die Teilleistungsschwäche in Deutschland auf (Rüsseler, 2006). Jungen sind im Durchschnitt zwei- bis dreimal häufiger betroffen als Mädchen (Schulte-Körne & Remschmidt, 2003). Schulte-Körne (2002) geht davon aus, dass knapp sieben Prozent der deutschen Erwachsenen eine Entwicklungsdyslexie aufweisen.

3.6.2 Formen und Typen

In der Literatur ist die Annahme verbreitet, dass verschiedene Formen der Entwicklungsdyslexie unterschieden werden können. Die Definition von Subtypen geht allerdings nicht auf standardisierte und normierte Untersuchungsverfahren zurück, sondern auf die Beschreibung einiger prototypischer Einzelfälle (Costard, 2007). Im angloamerikanischen Sprachraum werden zwei unterschiedliche Formen der Dyslexie unterschieden, die als Oberflächen- bzw. Phonologische Dyslexie bezeichnet werden (Klicpera, Schabmann & Gasteiger-Klicpera, 2007). Auch bei Manis et al. (1996) und Castles et al. (1999) werden diese beiden Formen der Dyslexie unterschieden. Während Kinder mit einer Oberflächendyslexie vor allem Probleme im orthographischen Wissen zeigen, und die phonologische Rekodierung beim Lesen und Schreiben recht gut beherrschen, haben Kinder mit einer phonologischen Dyslexie gerade bei der phonologischen Rekodierung die größten Schwierigkeiten (Klicpera et al., 2007). Eine dritte in der Literatur beschriebene Form ist die Tiefendyslexie (Brunsdon et al., 2002). Diese Kinder weisen Probleme im orthographischen Wissen und der phonologischen Rekodierung auf. Die beschriebenen Subtypen existieren jedoch kaum in reiner Form, vielmehr gibt es eine große Variabilität in den Teilfertigkeiten des Lesens und Schreibens (Klicpera et al., 2007).

Heim et al. (2008) untersuchten die phonologische Bewusstheit, die auditive Diskriminationsfähigkeit, die Bewegungserkennung, die visuelle Aufmerksamkeit und die Fähigkeit, einen Rhythmus zu imitieren, bei 49 Kindern mit entwicklungsbedingter Dyslexie und 48 Kontrollprobanden. Die Datenanalyse filterte die phonologische Bewusstheit und die Aufmerksamkeitsleistungen als signifikante Prädiktoren für die Leseresultate heraus. Die Gruppe der Kinder mit Entwicklungsdyslexie unterschied sich signifikant von den Kontrollen in den Testteilen Lautdiskrimination, Aufmerksamkeit, phonologische Bewusstheit und in den magnozellulären Funktionen. Die Analyse der Ergebnisse ließ die Autoren auf drei Subtypen von Kindern mit Entwicklungsdyslexie mit unterschiedlichen kognitiven Beeinträchtigungen schließen. Die erste Gruppe verfügte über schlechte Testergebnisse in phonologischen, auditiven und magnozellulären Übungsteilen, während die zweite Gruppe durch eine schlechte phonologische Bewusstheit auffällig wurde. Die dritte Gruppe wies deutliche Aufmerksamkeitsdefizite auf. Ein generelles magnozelluläres Defizit wurde widerlegt, da keine Gruppe nur in diesem Teilttest auffällig wurde, ohne zusätzlich Auffälligkeiten in phonologischen Übungsteilen zu zeigen. Auch die zweite Gruppe stellt kein überraschendes Ergebnis dar und stützt die Vertreter einer sprachbasierten/ phonologischen Defizithypothese. Der dritten Gruppe in Verbindung mit Dyslexie wurde in der Literatur bislang wenig Aufmerksamkeit gewidmet. Heim et al. (2008) schlagen daher systematische Untersuchungen zum Zusammenhang von Defiziten in den Aufmerksamkeitsleistungen und Dyslexie vor.

3.6.3 Ätiologie

Bisherige Forschungsarbeiten haben eine Reihe von Theorien zur Erklärung der Ursachen entwicklungsbedingter Dyslexien hervorgebracht. Dabei sind linguistische Theorien von neurobiologischen Theorien, die von grundlegenden Defiziten in der Informationsverarbeitung ausgehen, zu unterscheiden. Bevor das Modell eines multifaktoriellen Ursachengefüges dargestellt wird, werden die vorherrschenden Ursachenhypothesen erläutert.

Phonologische Defizithypothese

Die phonologische Defizithypothese ist eine allgemein akzeptierte Hypothese, die das Kernproblem dyslektischer Leser in der Verarbeitung phonologischer Aspekte von Sprache sieht. Sie geht davon aus, dass die phonologische Bewusstheit, d.h. die metalinguistische Fähigkeit, die lautliche Struktur der gesprochenen Sprache zu analysieren und zu

manipulieren, beeinträchtigt ist (Rüsseler, 2006). Kinder lernen im Lese- Rechtschreiberwerb, dass die neu gelernten orthographischen Repräsentationen mit bestehenden Phonemen der gesprochenen Sprache verknüpft werden können. Ehri et al. (2001) filtern in ihrer Metaanalyse die Bedeutung der phonologischen Bewusstheit heraus, die bei gezieltem Training die Leistungen im normalen Leselernprozess verbessert. Zahlreiche Studien zeigen, dass Kinder mit Entwicklungsdyslexie gerade in der Zuordnung von visuellem Input zu den entsprechenden phonologischen Repräsentationen Schwierigkeiten haben (Griffiths & Snowling, 2002). Es wird jedoch auch von Fällen berichtet, die eine Leserechtschreibschwäche trotz guter phonologischer Bewusstheit aufweisen (Castles & Coltheart, 1996).

Doppeldefizithypothese

Die Doppeldefizithypothese geht davon aus, dass neben einem phonologischen Defizit ein Benennproblem bei Menschen mit entwicklungsbedingter Dyslexie besteht. So sei die Geschwindigkeit für das schnelle, serielle Benennen reduziert (Wolf, Bowers & Biddle, 2000). Dieses Symptom lässt sich bei auffälligen Kindern schon im Vorschulalter finden und scheint daher ein sehr guter Prädiktor für spätere Lesefähigkeiten zu sein (Eleveld, 2005). Die Längsschnittstudien von Wolf, Bally & Morris (1986) und Wolf & Goodglass (1986) liefern die wichtigsten Belege für das Vorhandensein einer reduzierten Benennungsgeschwindigkeit bei Kindern mit Entwicklungsdyslexie. Die Doppeldefizithypothese wird jedoch kontrovers diskutiert. Hippmann (2007) postuliert, dass das schnelle Benennen und die phonologische Bewusstheit als zwei voneinander abzugrenzende Fähigkeiten betrachtet werden sollten, die in Kombination auftreten können.

Magnozelluläre Defizithypothese

Die Verarbeitung visueller Informationen ist in zwei parallelen Systemen angelegt, die anatomisch getrennt durch die gesamte Sehbahn verlaufen. Die Neuronen des parvozellulären Systems sprechen auf Informationen zur Form und Farbe von Objekten an und ermöglichen so das Erkennen von Objekten. Beim Leseprozess ist dieses System vor allem an der Verarbeitung während der Fixationen beteiligt. Das magnozelluläre System verarbeitet Orts- und Bewegungsinformationen. Es besteht aus Zellen mit einer hohen Impulsleistungsgeschwindigkeit, die vor allem für Kontrast, Bewegung und schnelle Stimulusveränderungen sensibel sind. So signalisiert es jede unwillkürliche visuelle Bewegung, die das Auge außerhalb des Zielbereichs bewegt, und korrigiert diese. Dieses

System ermöglicht dem Leser einen flüssigen Lesevorgang, indem es die parvozelluläre Aktivität während Sakkaden hemmt (Rüsseler, 2006). Somit gelingt es dem normalen Leser, seine Aufmerksamkeit bereits auf die folgenden Buchstaben bzw. Wörter zu verlagern, ohne dabei die Augen zu bewegen.

Die magnozelluläre Defizithypothese besagt, dass diese inhibitorische Funktion des magnozellulären Systems beeinträchtigt ist. Außerdem sei das magnozelluläre System Lese-Rechtschreibschwacher weniger sensibel für Kontraste, wodurch Schwierigkeiten beim Erkennen von Buchstabenpositionen und dem Verhältnis von Buchstaben zueinander entstehen (Stein & Talcott, 1999). Damit übereinstimmend zeigten Lovegrove, Garzia & Nicholson (1990), dass schwache und normale Leser Gittermuster mit hoher bzw. niedriger räumlicher Frequenz unterschiedlich verarbeiten. Galaburda (1999) konnte in Postmortem-Untersuchungen von Gehirnen lese-rechtschreibschwacher Menschen zeigen, dass diese weniger und kleinere Magno-Zellen im visuellen System aufweisen. Hieraus resultieren eine längere visuelle Persistenz und instabile binokulare Fixationen. Diese Instabilität führt wiederum dazu, dass sich Buchstaben bewegen, dass sie verschwimmen oder übereinanderlappen (Stein, 2001a). Die empirische Basis für ein magnozelluläres Verarbeitungsdefizit bewertet Skottun (2000) als schwach. Er berichtet von normalen Lesern mit magnozellulären Defiziten und von Studien, die keine Unterschiede in diesen Funktionen bei normalen und dyslektischen Lesern fanden. Skottun & Parke (1999) stellen die Grundannahme der magnozellulären Defizithypothese in Frage, indem sie davon ausgehen, dass das magnozelluläre System selbst gehemmt wird.

Multifaktorielles Ursachengefüge

Führende Vertreter des kognitiv-neuropsychologischen Ansatzes führen die Entstehung der Entwicklungsdyslexie auf eine Ursachenverkettung zurück. Ein mögliches Bedingungsgefüge wird in Abbildung 3.5 dargestellt. Unterschieden werden proximale und distale Ursachen. Proximale Ursachen, wie neuronale Normabweichungen, seien im Unterschied zu Patienten mit erworbener Dyslexie subtil und würden unter anderem in verschiedenen Arealen des linkshemisphärischen, perisylvischen Cortex' sowie des Cerebellums vermutet (Stein, 2001b; Ramus et al., 2003; Temple et al., 2003). Dennoch wird ihnen eine entwicklungshemmende Wirkung auf kognitiver Ebene zugeschrieben. Anzunehmen ist, dass diese kognitiven Beeinträchtigungen, anders als bei Patienten mit erworbener Dyslexie, keinen direkten Einfluss auf das Lesen nehmen, sondern auf basale kognitive Verarbeitungssysteme, die als Voraussetzung für den Leseerwerb gelten (Ellis, 1985; Morton, 2004). Die Unterschiede in

den gestörten Komponenten des Lese- und Schreibsystems seien durch den unterschiedlichen Einfluss der basalen Systeme auf verschiedene Komponenten zu erklären. (z. B. Castles, 2006). Auf dieser kognitiven Ebene beeinflussen das phonologische System, das visuelle Gedächtnis oder Automatisierungsprozesse den Lese- und Rechtschreiberwerb. Verständlicherweise bildet das letzte Verursachungsglied in diesem Modell ein Entwicklungsdefizit in den Komponenten des Lese- und Rechtschreibsystems selbst, da nur durch dieses die aktuelle Ausführung eines Lese- und Schreibprozesses unmittelbar beeinträchtigt wird.

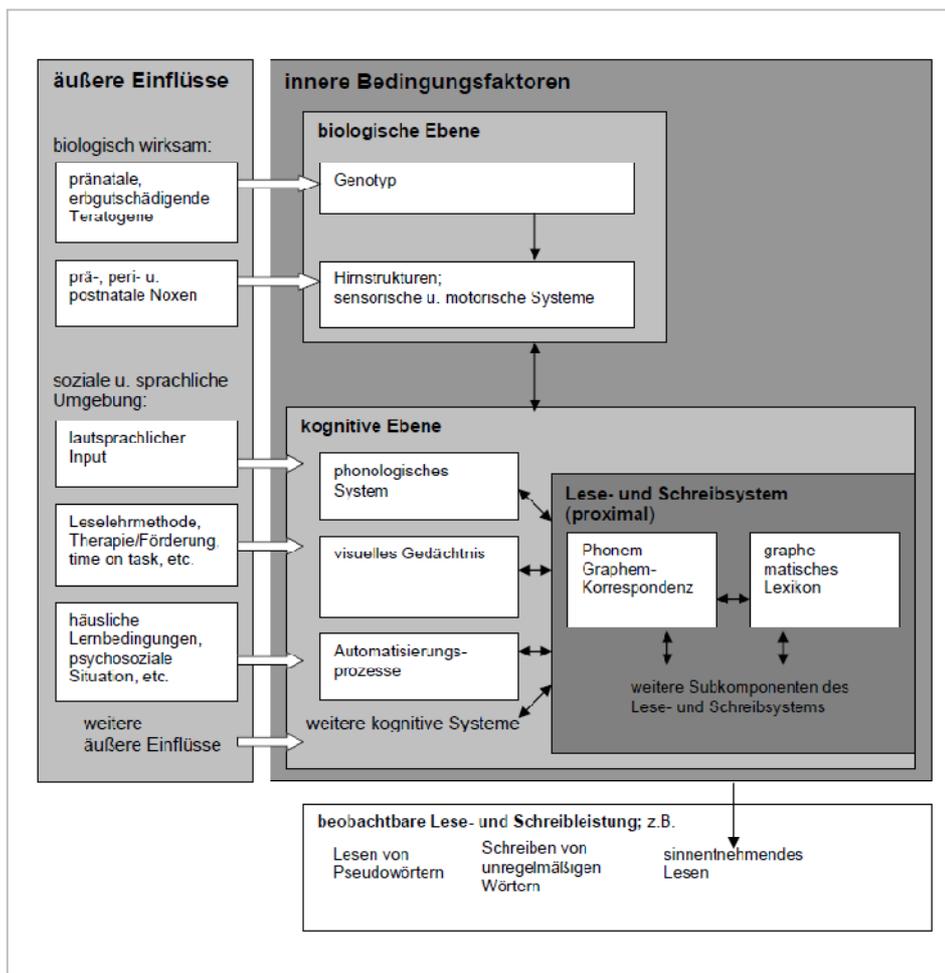


Abb. 3.5: Bedingungsfaktoren von Entwicklungsdyslexie und -dysgraphie

(Cholewa et al., 2008)

Weitere Komponenten, die Einfluss auf eine entwicklungsbedingte Dyslexie nehmen, sind die distalen Ursachen. Dies sind Ursachen, die sowohl auf der genetischen Ebene als auch auf der kognitiven oder neuronalen Ebene angesiedelt sind. Sie stehen stets in enger Relation zueinander. Eine weitere Unterteilung kann in äußere und innere distale Einflüsse

vorgenommen werden. Die äußeren Einflüsse werden auf biologisch wirksamer Ebene beschrieben, so wie pränatale auf dem erbgutberuhende Schädigungen. Des Weiteren zählt zu den äußeren Einflüssen die soziale und sprachliche Umgebung, die nie alleine ursächlich ist, aber die Entwicklungsdyslexie gravierend beeinflussen kann. Diese distalen Faktoren nehmen Einfluss auf die proximalen Faktoren, wie beispielsweise die innere biologische Ebene, die den Genotyp und die Hirnstrukturen festlegt. Wechselwirkungen werden zwischen der neuronalen und kognitiven Ebene und innerhalb der kognitiven Ebene erwartet.

3.7 Aufmerksamkeitsdefizite

Aufmerksamkeitsstörungen gehören zu den häufigsten Verhaltensstörungen bei Kindern im Grundschulalter (Lauth & Schlotke, 2002). Empirische Untersuchungen zur Auftretenswahrscheinlichkeit schwanken in ihren Angaben aufgrund von Unterschieden in den Untersuchungskriterien, den Untersuchungsinstrumenten, den Beurteilern und der Stichprobe. Derzeit ist von etwa fünf bis sieben Prozent aufmerksamkeitsgestörter Kinder auszugehen. Heutzutage wird keine trennscharfe Unterscheidung zwischen Defiziten in den Aufmerksamkeitsleistungen, die durch neuropsychologische Untersuchungen erkannt werden können, und dem Aufmerksamkeitsdefizit/ Hyperaktivitätssyndrom (ADHS) gemacht.

Das ADHS zeichnet sich durch Probleme in der Aufmerksamkeit sowie durch Impulsivität und häufig auch durch Hyperaktivität aus. Die Angaben zur Auftretenswahrscheinlichkeit schwanken zwischen den verschiedenen Untersuchungen erheblich. Das ADHS ist mit einer Prävalenz von drei bis sieben Prozent eine häufige kinder- und jugendpsychiatrische Störung. Nach den diagnostischen Kriterien der ICD-10 (Dilling et al., 1993) wird das ADHS durch nachweisbare Abnormität von Aufmerksamkeit und Aktivität zu Hause und im Kindergarten oder der Grundschule gekennzeichnet. Dies wird in Bezug auf das Alter und den Entwicklungsstand beurteilt. Daneben darf es sich nicht um eine tiefgreifende Entwicklungsstörung, Manie, Depression oder Angststörung handeln, die Symptomatik sollte vor dem sechsten Lebensjahr beginnen, mindestens sechs Monate andauern, außerdem muss der IQ einen Wert von 50 überschreiten. Der Unterschied zu Defiziten in den Aufmerksamkeitsleistungen wird deutlich, sobald die Diagnoseverfahren miteinander verglichen werden. Die Diagnose einer Aufmerksamkeitsstörung wird erst nach Auffälligkeiten in den unter 3.4 beschriebenen Aufmerksamkeitsdimensionen gestellt, die durch neuropsychologische Untersuchungen ermittelt werden. Das ADHS hingegen ist eine

klinische Diagnose, die nur dann gestellt wird, wenn es klinisch relevante Einschränkungen gibt und einige Symptome vorliegen, die mit Hilfe von Fragebögen an die Familie und die belastete Institution, wie z.B. den Kindergarten oder die Grundschule, ermittelt werden.

Nicht alle Kinder mit ADHS zeigen gleichzeitig Auffälligkeiten in den Bereichen Aufmerksamkeit, Impulsivität und Hyperaktivität. Es ist somit möglich, dass Kinder mit einem ADHS keine Auffälligkeiten in den Aufmerksamkeitsleistungen während eines neuropsychologischen Tests zeigen, und umgekehrt, dass Kinder mit diagnostizierter Aufmerksamkeitsstörung nicht zwingend die Kriterien für ein ADHS erfüllen.

3.7.1 Aufmerksamkeitsleistungen bei Entwicklungsdyslexie

1987 zeigten Brannan & Williams erstmalig, dass schwache Leser Schwierigkeiten bei der Verschiebung ihrer Aufmerksamkeit von einem Zielreiz (Target) zum anderen haben. Die Aufgabe einer Studie von Casco, Tressoldi & Dellantonio (1998) beinhaltete die Suche nach einem Zielbuchstaben vor dem Hintergrund vieler weiterer Buchstaben. Auf diese Weise wurde die selektive Aufmerksamkeit der Probanden untersucht: es stellte sich heraus, dass die Kinder mit den schlechtesten Leistungen signifikant langsamer lasen als jene mit den besten Ergebnissen. Dass die räumliche Verteilung der Aufmerksamkeit bei Dyslektikern diffuser ist als die der normalen Leser zeigten Facoetti, Paganoni & Lorusso (2000b). Gemessen wurde dies anhand der Reaktionszeit, die benötigt wurde, um einen weißen Punkt auf einem Bildschirm zu entdecken. Dieser wurde mit variierender Exzentrizität von der Fovea präsentiert. Während normal lesende Kinder proportional mehr Zeit bei größerer Exzentrizität benötigten, hatte diese keinen Effekt auf die Reaktionszeiten bei Kindern mit Entwicklungsdyslexie. Zusätzlich zeigten die leseschwachen Kinder eine verlangsamte automatische Verschiebung der Aufmerksamkeit („sluggish attentional shift“). Um dieses Ergebnis zu überprüfen, verwendeten Facoetti et al. (2003) eine so genannte cue-size-Prozedur. Das zu identifizierende Target befand sich entweder in einem kleinen oder großen Kreis. Wird ein Kreis, kurz bevor das Target erscheint, gezeigt, ist die Aufmerksamkeit automatisch auf die Mitte dieses Kreises fokussiert. Aus diesem Grund sollte die benötigte Zeit, um das Target zu identifizieren, bei großen Kreisen länger als bei kleinen Kreisen sein. Während eines kurzen cue-Target-Intervalls (100 ms) konnten bei Kindern mit Entwicklungsdyslexie keine Effekte hinsichtlich der Kreisgröße festgestellt werden. Bei einer Verzögerung von 500 ms hingegen, wurde bei Targets in kleinen Kreisen schneller reagiert. Normale Leser zeigten diesen Effekt bei beiden Bedingungen. Die Autoren interpretierten

dieses Ergebnis als Bestätigung einer schwerfälligen automatischen Orientierung visuell-räumlicher Aufmerksamkeit bei Dyslektikern. Auch Hari, Renvall & Tanskanen (2001) nehmen an, dass eine verlangsamte Fähigkeit der Aufmerksamkeitsverschiebung eine Kernproblematik der Dyslexie darstellt. In ihrer Studie wiesen sie nach, dass Dyslektiker nach Darbietung eines visuellen Stimulus eine bis zu 30% längere Zeitspanne benötigen, bis sie den Reiz verarbeiten können. Normalerweise wird die Aufmerksamkeit durch einen Reiz für eine gewisse Zeit (400-600 ms) gebunden, so dass innerhalb dieses Zeitfensters keine weiteren Reize wahrgenommen werden können. Bei Dyslektikern scheint diese Phase länger zu sein. Durch diese Verlangsamung erklären Hari et al. (2001) die Defizite bei der Verarbeitung schnell aufeinander folgender Reize. Ein Test, der üblicherweise zur Überprüfung der Aufmerksamkeitsfunktion eingesetzt wird, beinhaltet das visuelle Scanning. Bei einer solchen Anforderung muss die Testperson einen Targetstimulus in einer Reihe unbedeutender Stimuli herausfiltern und lokalisieren. Kann ein Targetstimulus aufgrund seiner einzigartigen Merkmale von den übrigen Nicht-Targets differenziert werden, ist die benötigte Zeit der Suche unabhängig von der Anzahl der Stimuli. Dies wird auf eine präattentive parallele Verarbeitung zurückgeführt und als pop-out-Effekt bezeichnet. Steigt die Zeit bei erhöhter Stimulusanzahl jedoch an, wird angenommen, dass die Aufmerksamkeit auf jeden Stimulus gerichtet werden muss, bis das Zieltarget identifiziert wird (für eine Übersicht siehe Quinlan, 2003). Diese Beobachtung machten sowohl Iles, Walsh & Richardson (2000) als auch Vidyasagar & Pammer (1999) bei Kindern mit Entwicklungsdyslexie. Die Ergebnisse sind jedoch inkonsistent. So konnten Casco & Prunetti (1996) und Hayduk, Bruck & Cavanagh (1996) keine Unterschiede bei dyslektischen und normal lesenden Kindern in einer visuellen Suchaufgabe feststellen.

Ein Phänomen, von dem in der Literatur mehrfach berichtet wird, ist die Beobachtung einer Links-rechts-Asymmetrie der Aufmerksamkeit bei Dyslektikern, die als linksseitiges Minineglect bezeichnet wird (Facoetti & Turatto, 2000; Facoetti & Molteni, 2001, Hari et al., 2001; Sireteanu et al., 2005, 2006). Facoetti & Molteni (2001) verwendeten das Posner-Paradigma (Posner, 1980) in ihrer Studie. In dem Experiment schauten Testpersonen auf ein Fixationskreuz, das ihnen auf einem Bildschirm präsentiert wurde. Daraufhin folgten periphere und zentrale Hinweisreize (Cues) valider oder invalider Natur, deren Informationsgehalt darin bestand, Angaben über den wahrscheinlichen Ort des bevorstehenden Zielreizes zu machen. Während valide Cues meinen, dass der Zielreiz an dem vorhergesagten Ort erscheint, bedeuten invalide Cues, dass der Zielreiz an einem nicht vorhergesagten Ort auftritt. Normale Leser zeigten den typischen Effekt: Auf Targets, auf die

auf valide Weise hingewiesen wurde, wurde besser reagiert als auf invalide eingeleitete Targets. Zusätzlich konnte keine Asymmetrie des Gesichtsfeldes festgestellt werden. Im Gegensatz hierzu zeigten Kinder mit Entwicklungsdyslexie keinen Cue-Effekt, wenn das Target im rechten Gesichtsfeld erschien. Im linken Gesichtsfeld war dieser Effekt hingegen sogar größer als bei den normalen Lesern. Eine ähnliche Links-rechts-Asymmetrie wurde durch Hari et al. (2001) bei erwachsenen Dyslektikern beobachtet. In ihrer Untersuchung wurden den Testpersonen stets zwei visuelle Stimuli präsentiert, je einer auf den Seiten des Fixationskreuzes. Die Aufgabe bestand darin, die Reihenfolge des Erscheinens der Stimuli anzugeben. Die Autoren stellten fest, dass Dyslektiker schlechtere Leistungen erbrachten, wenn der linke Stimulus zuerst präsentiert wurde. Aufgrund dieses Ergebnisses gehen Hari et al. (2001) von einem linksseitigen Minineglect, d.h. einer Vernachlässigung des linken Gesichtsfeldes, bei der Auswahl und Verarbeitung visueller Informationen bei Dyslektikern aus. Sireteanu et al. (2005) konnten diese Annahme bei Kindern mit Entwicklungsdyslexie bestätigen. Die Testpersonen wurden gebeten, eine horizontale Linie zu halbieren. Bei Erwachsenen und Kindern mit normalen Lesefertigkeiten, kann eine konsistente Überschätzung ihres linken extrapersonalen Raums beobachtet werden. So wird die linke „Hälfte“ der Linie stets zu kurz eingeteilt. Diese Asymmetrie, die als „Pseudoneglect“ bezeichnet wird, konnten Sireteanu et al. (2005) bei dyslektischen Kindern nicht nachweisen. Dieses Resultat ergänzt den Befund, dass Kinder mit Entwicklungsdyslexie räumliche Aufmerksamkeitsdefizite aufweisen.

Auch verschiedene Aspekte exekutiver Funktionen dyslektischer Kinder wurden mehrfach untersucht. Der Begriff der exekutiven Funktionen wird primär mit Fähigkeiten des Planens und Problemlösens assoziiert. Doch auch das Arbeitsgedächtnis, die Fähigkeit zu organisieren, Flexibilität und Inhibition zählen zu diesem Bereich der Aufmerksamkeit (Sturm et al., 2009). Im Vergleich mit normalen Lesern, zeigen Kinder mit Entwicklungsdyslexie Beeinträchtigungen. Während die Studie von Reiter, Tucha und Lange (2005) 42 dyslektische mit 42 normal lesenden Kindern vergleicht, unterschieden Marzocchi et al. (2007) eine normal lesende Gruppe, eine Gruppe von Kindern mit Entwicklungsdyslexie und eine Gruppe von Kindern mit einem ADHS. Reiter und Kollegen (2005) beschreiben Störungen des Arbeitsgedächtnisses bei Kindern mit Entwicklungsdyslexie. Beim Unterdrücken willkürlicher Reaktionen, zeigten sich erst in anspruchsvolleren Untertests Schwierigkeiten. Funktionen der verbalen Flüssigkeit waren bei den dyslektischen Lesern beeinträchtigt. Während keine Störungen der konzeptuellen Wahrnehmung gefunden wurden, waren die Ergebnisse im Untertest Problemlösen teilweise auffällig. Im Gegensatz dazu berichten

Marzocchi et al. (2007) nur bei den Kindern mit ADHS von Auffälligkeiten in den Tests zu den exekutiven Funktionen. Diese Funktionen seien bei den Kindern mit isolierter Entwicklungsdyslexie unbeeinträchtigt; lediglich im Test der phonetischen Flüssigkeit zeigten sich bei dieser Gruppe Schwierigkeiten. Diese Ergebnisse zeigen erneut, dass eine genaue Bestimmung der Probandengruppe notwendig ist, um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten.

Sowohl in klinischen als auch in nicht-klinischen Stichproben wird eine hohe Komorbidität des ADHS und der Dyslexie beschrieben. So haben 25 bis 40% der Kinder mit einem ADHS auch eine Dyslexie und 15 bis 40% der Kinder mit einer Dyslexie erfüllen die Kriterien für ein ADHS (siehe Willcutt et al., 2005 für eine detaillierte Analyse der Komorbidität). Zwillingsstudien zeigen, dass Dyslexie und ADHS erblich und polygenisch sind. Diese Erkenntnisse bilden die Basis der „common etiology“ Hypothese (Willcutt, 2003). Mit bivariaten Zwillingsanalysen konnte ein gemeinsamer genetischer Einfluss der beiden Störungen erwiesen werden, der Mechanismus dieser gemeinsamen Gene ist jedoch bis dato ungeklärt (Willcutt, 2007). Das Psychotonikum Methylphenidat (MPH) ist ein Arzneistoff mit stimulierender Wirkung, der hauptsächlich bei der Behandlung des ADHS eingesetzt wird. Aufgrund der hohen Komorbidität dieser Störung mit der der Dyslexie, wird nach dem Effekt des MPH bei Kindern, die beide Störungen aufweisen, geforscht. Grizenko et al. (2006) fanden in ihrer randomisierten, doppelblinden und Placebo-Kontrollierten Studie, dass 59% der Kinder mit ADHS und Dyslexie nach einer MPH-Medikation Verbesserungen hinsichtlich der ADHS-Symptomatik aufwiesen. Dies ist eine Antwortquote, die nicht signifikant von der der Kinder mit isoliertem ADHS (68%) abweicht. Die Tatsache, dass einige dyslektische Kinder scheinbar nicht von einer MPH-Medikation profitieren, könnte darauf hindeuten, dass das ADHS durch die Dyslexie verursacht wird. Genau das Gegenteil zeigt jedoch eine Studie von Keulers et al. (2007). Sie stellten fest, dass sich die Leseleistungen der Kinder mit komorbidem Störungsbild nach MPH-Medikation signifikant stärker verbesserten, als die der Kontrollgruppen mit isolierter Dyslexie bzw. isoliertem ADHS.

Dass Defizite in verschiedenen Aufmerksamkeitsfunktionen mit Leseschwierigkeiten assoziiert werden, scheint aufgrund der dargestellten Evidenzlage unumstritten. Die entscheidende Frage lautet jedoch weiterhin, ob diese Aufmerksamkeitsdefizite ein Begleitsymptom der Dyslexie darstellen oder ob sie bei ihrer Verursachung beteiligt sind.

3.8 Blickbewegungen bei Entwicklungsdyslexie

Es konnte bereits nachgewiesen werden, dass die Blickbewegungen bei entwicklungsbedingter Dyslexie beim Lesen im Vergleich mit normal Lesenden abweichen (Biscaldi, Gezeck & Stuhr, 1998; Biscaldi, Fischer & Hartnegg, 2000; Eden et al., 1994; Hutzler & Wimmer, 2003; Radach et al., 2002). Diese Abweichungen spiegeln sich in veränderten Werten der räumlichen und zeitlichen Parameter wieder.

In Bezug auf die räumlichen Parameter wurden Defizite in der Stabilität der Fixationen (Eden et al., 1994) festgestellt. Biscaldi, Fischer & Aiple (1994) beobachteten darüber hinaus Schwächen bei der Unterdrückung von willkürlichen Blicksprüngen und Stark, Givcen & Terdiman (1991) fanden eine erhöhte Anzahl von Sakkaden und Regressionen bei Patienten mit entwicklungsbedingter Dyslexie. Zusätzlich berichtet Rayner (1998) von mehr Fixationen. Hutzler und Wimmer (2003) verglichen in ihrer Studie die Blickbewegungen von 14-jährigen Kindern mit Entwicklungsdyslexie mit einer Kontrollgruppe beim Lesen kurzer Absätze und Pseudowörter. Auch sie konnten mehr Fixationen und Regressionen bei dyslektischen Lesern nachweisen. Im Gegensatz zu den normalen Lesern nahm die Zahl der Fixationen bei Dyslektikern von kurzen zu langen Wörtern zu. Selbst bei kurzen Wörtern zeigten Kinder mit Entwicklungsdyslexie eine erhöhte Anzahl an Refixationen. Dieselben Resultate ergaben sich beim Lesen von Pseudowörtern. In Übereinstimmung mit diesen Ergebnissen, fanden De Luca et al. (1999) eine geringere Wahrscheinlichkeit, ein Wort zu überspringen, bei Dyslektikern im Vergleich mit normalen Lesern. Auch Hyönä & Olson (1995) untersuchten die Blickbewegungen 14-jähriger Dyslektiker während des Lesens eines englischen Textes. Bei mehr als 30% der gelesenen niedrigfrequenten Wörter wurden Regressionen beobachtet. Im Vergleich mit 10-jährigen normalen Lesern konnten keine Unterschiede bezüglich der Anzahl an Regressionen festgestellt werden. Als Erklärung hierfür wird die Komplexität der englischen Graphem-Phonem-Korrespondenz genannt. In einer Studie von Feretti, Mazzotti & Brizzolara (2008) wurde der Zusammenhang zwischen der visuellen Scanning-Verarbeitung mit dem Leseerwerb bei dyslektischen und normal lesenden Kindern untersucht. Die Aufgabe bestand darin, aus einer Reihe von geometrischen Figuren so schnell wie möglich auf ein auftauchendes Zielitem zu reagieren. Hierbei wurden Unterschiede im Scanning-Verhalten beobachtet. Kinder mit Entwicklungsdyslexie gingen nicht nach der typischen „links-nach-rechts-Strategie“ vor. Feretti et al. (2008) fanden zusätzlich abweichende zeitliche Parameter. So waren die Reaktionszeiten der dyslektischen Kinder signifikant länger als die der Kontrollgruppe. In weiteren Studien wurden kürzere Latenzzeiten bei Expresssakkaden

(Fischer & Weber, 1990) sowie verlängerte Fixationszeiten (Hutzler & Wimmer, 2003; Stark et al., 1991) nachgewiesen. Weiterhin berichten Hutzler & Wimmer (2003) von initialen Fixationsdauern, die im Vergleich mit normalen Leser fast doppelt so lang waren. Diese Abweichungen sind Indikatoren für Schwierigkeiten in der Verarbeitung bestimmter Textstellen (Funke, 2006; Rayner & Pollatsek, 1987; Weingarten, 2000).

Vor dem Hintergrund der dargestellten Forschungsergebnisse stellen sich einige räumliche und zeitliche Parameter als besonders bedeutsam bei der Untersuchung der Blickbewegungen dyslektischer Leser heraus. Hierzu zählen die räumlichen Parameter, die die Häufigkeit von Sakkaden, (Re-) Fixationen und Regressionen angeben. In Hinblick auf die zeitlichen Parameter spielt die initiale Fixationsdauer eine nachweislich wichtige Rolle. Die Tatsache, dass Dyslektiker eine verlängerte initiale Fixationsdauer und eine erhöhte Anzahl an Refixationen aufweisen, lässt darauf schließen, dass die Blickzeit ebenfalls verlängert ist. Dies wiederum in Kombination mit einer erhöhten Anzahl an Regressionen führt zu einer verlängerten Gesamtlesezeit. Somit sind die Blickzeit und Gesamtlesezeit weitere wichtige zeitliche Blickbewegungsparameter.

Die Tatsache, dass dyslektische Leser veränderte Blickbewegungen aufweisen, wurde in zahlreichen Studien belegt. Unklar ist jedoch, „inwieweit die beschriebenen Auffälligkeiten kausal mit der Lesestörung in Zusammenhang stehen oder nur ein Epiphänomen darstellen“ (Schulte-Körne & Remschmidt, 2003). Sollten die veränderten Blickbewegungen kausal mit der Dyslexie zusammenhängen, besteht weiterhin die Frage, ob diese als Ursache oder Folge der Lesestörung zu betrachten sind. Um dieser Fragestellung nachzugehen, wurden Studien der Blickbewegungen während sprachfreier Untersuchungen durchgeführt.

3.8.1 Untersuchung der Blickbewegungen auf sprachfreier Ebene

De Luca et al. (1999) verglichen die Blickbewegungen beim Lesen von Wörtern und bei der Bearbeitung einer nicht-sprachlichen Aufgaben bei Leseschwachen und Kontrollpersonen. Die nicht-sprachliche Aufgabe beinhaltete das Erkennen des Erscheinens von Lichtpunkten. Bei dieser Anforderung wurden weder in der Stabilität der Fixationen noch bei den Blickbewegungen Gruppenunterschiede festgestellt. Bezüglich der Lese-Aufgabe konnten De Luca et al. (1999) die unter 3.8 beschriebenen Ergebnisse bezüglich der abweichenden räumlichen und zeitlichen Parameter replizieren. Auch sie fanden eine signifikant höhere Anzahl an Sakkaden, mehr Regressionen und längere Fixationszeiten bei dyslektischen Lesern. Zusammenfassend wurden Abweichungen bei einer sprachlichen Anforderung,

jedoch nicht auf sprachfreier Ebene, festgestellt. Dieses Ergebnis stützt die sprachbasierten Ursachenhypothesen der Dyslexie und widerspricht einer generellen Störung der Blickbewegungskontrolle. Die Studie ist jedoch aus methodischen Gründen kritisch zu betrachten. So stellt das Erkennen von Lichtpunkten keine vergleichbare Anforderung zum Lesen dar. Vitu et al. (1995) berücksichtigten diesen Aspekt bei ihrer Untersuchung der Blickbewegungen während einer lexikalischen und einer nicht-lexikalischen Leseaufgabe. Ihr so genanntes mindless-reading Paradigma simuliert die okulomotorischen Erfordernisse des Lesens, jedoch keine higher level Prozesse, wie die der lexikalischen, semantischen und syntaktischen Verarbeitung (Nuthmann & Engbert, 2009). Hierzu wurden die Wörter der lexikalischen Leseaufgabe durch eine Aneinanderreihung von 'z' dargestellt. So wurde zum Beispiel der Satz „Reading is a complex skill.“ durch „ZZZZZZ ZZ Z ZZZZZZ ZZZZZ.“ ersetzt. Auf diese Weise blieb die räumliche Konfiguration des Schriftbildes erhalten. Die Probanden sollten die z-Textaufgabe so scannen, als würden sie diese lesen. Während das Verständnis der lexikalischen Aufgabe überprüft werden konnte, war nicht zu bestimmen, nach welchen Kriterien die Probanden die z-Aufgabe gescannt haben. Um dieses Problem zu vermeiden, wurden in einer erweiterten Version des Paradigmas alle Buchstaben der lexikalischen Aufgabe durch 'z' ersetzt, jedoch alle c's beibehalten. Durch diese Anpassung konnten die Probanden die z-Reihen nach c's absuchen und durch Knopfdruck bestätigen. Die Autoren fanden leseähnliche Blickbewegungen während der nicht-sprachlichen Anforderung. Geringe Abweichungen wurden in der Sakkadenamplitude und der Länge der Fixationen, die während der nicht-sprachlichen Aufgabe etwas größer bzw. länger waren, gefunden. Insgesamt gehen die Autoren davon aus, dass eine okulomotorische Scanningstrategie entwickelt wird, die auf leseähnliche Aufgaben übertragen werden kann. Ob diese Strategie allerdings erst während des Leseerwerbs entwickelt wird, ist noch nicht geklärt. Auch die längeren Fixationszeiten während der z-Leseaufgabe sind kritisch zu betrachten. Da Fixationen dazu dienen, Textinformationen aufzunehmen, sollte gerade ein umgekehrter Effekt zu erwarten sein. Es ist anzunehmen, dass die Probanden durch die Instruktion sich „wie beim Lesen“ zu verhalten, unbewusst versuchen, das Lesemuster zu kopieren, was starken Einfluss auf die Ergebnisse hat (Vitu et al.,1995).

Aus diesem Grund wurde eine weitere nicht-lexikalische Aufgabe von Corbic, Glover & Radach (2007) entwickelt. Diese wird als Landolt-Paradigma bezeichnet, weil sich die Autoren der aus der Optik bekannten Landoltringe bedienen. In der Landolt-Aufgabe werden die Buchstaben eines Satzes durch Landolt-Ringe ersetzt. Hierbei bleibt die räumliche Konfiguration des Schriftbildes erhalten. Ursprünglich wurden zwei Versionen des

Paradigmas erstellt, da bei beiden Grund zur Annahme bestand, dass sie leseähnliche Blickbewegungen abbilden. Bei Landolt I (Abb. 3.6) wurden alle Buchstaben durch geschlossene Ringe ersetzt; gesucht werden sollten nur wenige Zielitems, die durch nach links geöffnete Ringe dargestellt wurden. Die Probanden scannten die Zeile wie beim Lesen ab und reagierten mit Knopfdruck, sobald sie einen nach links geöffneten Ring erblickten.

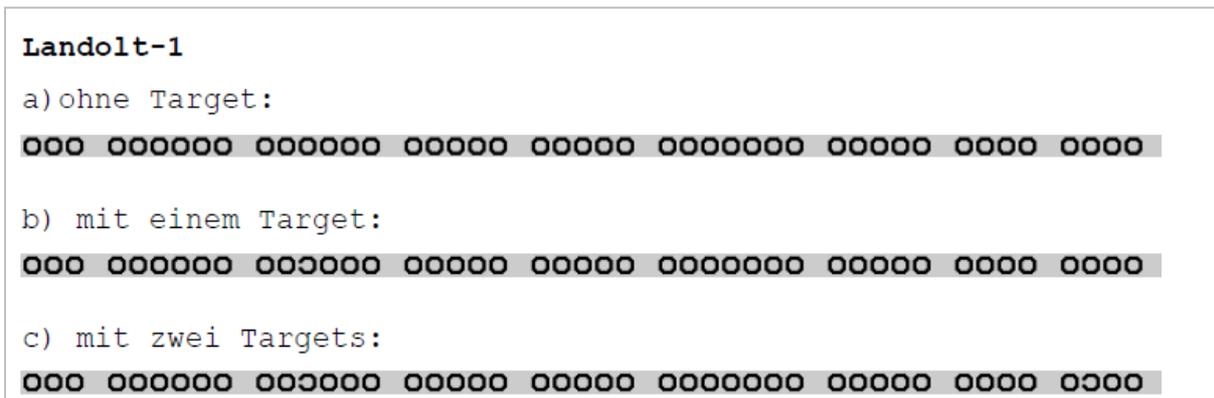


Abb. 3.6: Beispiel verschiedener Landolt-I-Sätze

Landolt-I-Aufgabe ohne Target; b) Landolt-I-Aufgabe mit einem Target; c) Landolt-I-Aufgabe mit zwei Targets

In der zweiten Variante, Landolt II (Abb. 3.7), wurden alle Buchstaben durch Landolt-Ringe ersetzt; als Zielitems, sogenannte Targets, dienten wenige geschlossene Ringe. Da die Targets weniger sichtbar waren, sollte diese Aufgabe mehr zu seriellem Scanning führen.

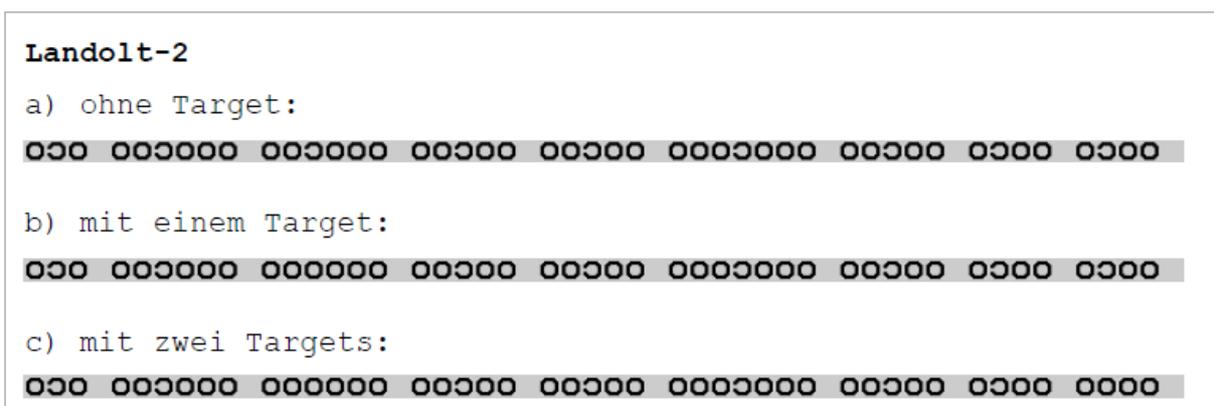


Abb. 3.7: Beispiel verschiedener Landolt-II-Sätze

a) Landolt-II-Aufgabe ohne Target; b) Landolt-II-Aufgabemit einem Target; c) Landolt-II-Aufgabe mit zwei Targets

Zschornak & Zeschmann (2009) überprüften die beiden Versionen Landoldt I und Landoldt II bei normal lesenden Dritt- und Viertklässlern und konnten die Validität von Landoldt I nachweisen. Beide Varianten bildeten die okulomotorischen Bewegungen des Lesens gut ab. Im Gegensatz zu der beschriebenen Studie von Vitu et al. (1995) waren neben den räumlichen Parametern Sakkadenamplitude und –landeposition auch der zeitliche Parameter der Fixationsdauer dem Lesen sehr ähnlich. Somit ist das Landolt-Paradigma dem mindless-reading Paradigma (Vitu et al., 1995) als überlegen zu werten (Zschornak & Zeschmann, 2009).

4 PROBLEMSTELLUNG UND HYPOTHESEN

Wie modellorientierte Darstellungen des normalen Lesens (siehe Kapitel 3.5) zeigen, stellt die Aufmerksamkeitssteuerung eine bedeutsame Funktion in Bezug auf die Blickbewegungskontrolle im Leseprozess dar (Reichle et al., 1998; Engbert et al., 2002; Reilly & Radach, 2002). Bei Kindern mit entwicklungsbedingter Dyslexie konnten Defizite in verschiedenen Komponenten der visuellen Aufmerksamkeit festgestellt werden. Dazu zählen Auffälligkeiten in der selektiven Aufmerksamkeit (Casco et al., 1998), der räumlichen Verteilung der Aufmerksamkeit (Facoetti et al., 2000b) und der Fähigkeit der Aufmerksamkeitsverschiebung (Brannan & Williams, 1987; Facoetti et al., 2003; Hari et al., 2001). Auch das Phänomen eines linkseitigen Minineglects bei Dyslektikern konnte mehrfach belegt werden (Facoetti & Turatto, 2000; Facoetti & Molteni, 2001, Hari et al., 2001; Sireteanu et al., 2005, 2006). Weiterhin sind Abweichungen der Blickbewegungen in Bezug auf räumliche und zeitliche Parameter bekannt (Biscaldi et al., 1998; Biscaldi et al., 2000; Eden et al., 1994; Hutzler & Wimmer, 2003; Radach et al., 2002). Ob die auffälligen Blickbewegungen jedoch eine Teilursache der Dyslexie darstellen, oder ob diese aus den Leseschwierigkeiten resultieren, ist bisher ungeklärt. Auch der Zusammenhang zwischen Defiziten in der Aufmerksamkeitssteuerung und der Kontrolle der Blickbewegungen ist noch nicht eindeutig nachgewiesen (Vidyasagar, 2004).

Für die Beantwortung dieser Fragestellungen wird ein Vergleich der Blickbewegungen beim Lesen und Scannen von normal lesenden Kindern mit denen eines Kindes mit isolierter Entwicklungsdyslexie und eines Kindes mit zusätzlichen Aufmerksamkeitsdefiziten für sinnvoll gehalten. Dies wurde in der vorliegenden Studie umgesetzt. Ein grundlegendes Problem bisheriger Studien zu den Blickbewegungen von Dyslektikern beim Lesen ist, dass diese Leser aufgrund der Schwierigkeiten in der sprachlichen Verarbeitung des Textes okulomotorisch immer auffällig sein werden. Dies gilt insbesondere für zeitliche Parameter wie Fixations- und Blickzeiten, die mehr kognitiv determiniert sind und wahrscheinlich weniger für räumliche Parameter wie Fixationspositionen (Hyönä & Olson, 1995). Die Nicht-Leseaufgabe des Landolt-Paradigmas (Corbic et al., 2007) bildet die okulomotorischen Anforderungen des Lesens funktional äquivalent ab. Es ist in der Lage auf sprachfreier Ebene leserelevante Prozesse der visuellen Verarbeitung, selektiven Aufmerksamkeit und okulomotorischen Steuerung zu untersuchen (Zschornak & Zeschmann, 2009).

Die Betrachtung des aktuellen Forschungsstands zeigt, dass die Blickbewegungskontrolle und die Aufmerksamkeitssteuerung dyslektischer Leser bisher nicht auf sprachfreier,

leseäquivalenter Ebene untersucht wurden. Mit dem Ziel der Untersuchung dieses Zusammenhangs wurden folgende Hypothesen für die vorliegende Studie abgeleitet. Bei der Bearbeitung einer lexikalischen Leseaufgabe wird eine Replikation der Ergebnisse von Biscaldi et al. (1998), Biscaldi et al. (2000), Eden et al. (1994), Hutzler & Wimmer (2003), Radach et al. (2002) erwartet. So wird davon ausgegangen, dass das Kind mit isolierter Entwicklungsdyslexie abweichende räumliche und zeitliche Blickbewegungsparameter aufweist, wie eine erhöhte Anzahl an Fixationen, Sakkaden und Regressionen, verlängerte Fixationszeiten und längere initiale Fixationsdauern. Auch für das Kind mit zusätzlichen Aufmerksamkeitsdefiziten sind diese Abweichungen aufgrund der Dyslexiesymptomatik zu erwarten. Unterschiede in der Blickbewegungskontrolle zwischen diesen beiden Kindern werden hingegen bei der Bearbeitung der sprachfreien Landolt-Aufgabe erwartet. Aufgrund der vorherrschenden sprachlichen Ursachenhypothesen (siehe Kapitel 3.6.3) wird davon ausgegangen, dass die Blickbewegungen des Kindes mit isolierter Entwicklungsdyslexie denen der Normgruppe bei dieser Anforderung durch die Abwesenheit sprachlicher Information gleichen. Das Kind mit Entwicklungsdyslexie und Aufmerksamkeitsdefiziten wird vermutlich aufgrund der Defizite der visuellen Aufmerksamkeit auch bei dieser nicht-sprachlichen Aufgabe Abweichungen in der Blickbewegungskontrolle aufweisen.

5 METHODIK

Das Ziel der vorliegenden Studie besteht in der vergleichenden Untersuchung der Blickbewegungen eines Kindes mit Entwicklungsdyslexie und eines Kindes mit Entwicklungsdyslexie in Kombination mit Aufmerksamkeitsdefiziten. Die beiden Probanden werden während des Lesens auf lexikalischer und nicht-lexikalischer Ebene untersucht.

Im folgenden Kapitel werden zunächst die Stichprobe und deren Rekrutierung beschrieben. Es folgt eine Erläuterung des Versuchsmaterials und des Ablaufs der Blickbewegungsmessungen. Anschließend werden die zur Begleitdiagnostik gehörenden Instrumente Leseverständnistest für Erst- bis Sechstklässler (ELFE; Lenhard & Schneider, 2006) und Salzburger Lese- und Rechtschreibtest (SLRT; Landerl, Wimmer & Moser, 1997) genauer beschrieben. Auch die Aufmerksamkeitstests „Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung“ (TAP; Zimmermann & Fimm, 2007) und „Amsterdam Neuropsychologie Test“ (ANT; De Sonneville, 2000) gehören zur Begleitdiagnostik und werden im Anschluss an die Lesetests dargestellt. Mit der Beschreibung der Datenanalyse schließt das Kapitel.

5.1 Stichprobe

Ein- und Ausschlusskriterien

Mit dem Ziel, einen Probanden mit isolierter Entwicklungsdyslexie und einen mit zusätzlichem Aufmerksamkeitsdefizit zu vergleichen, wurden die folgenden Ein- und Ausschlusskriterien aufgestellt. Die Kinder sollten in einem Alter von acht bis zwölf Jahren sein und eine diagnostizierte Entwicklungsdyslexie aufweisen. Die Diagnose sollte zuvor durch externe Instanzen, wie Logopäden oder Lehrer, gestellt und mit Hilfe standardisierter Testverfahren im Rahmen der Studie verifiziert werden. Die Testinhalte und die Durchführung dieser Verfahren werden in der Begleitdiagnostik genauer beschrieben. Um sicher zu stellen, dass die schriftsprachlichen Äußerungen der Kinder nicht durch die Orthographie anderer Sprachen beeinflusst werden, wurde Deutsch als Unterrichtssprache bei allen Teilnehmern der Studie vorausgesetzt. Als weiteres Einschlusskriterium für alle Kinder galt ein unauffälliges oder durch eine Brille korrigiertes Sehvermögen. Um die Messungen der Okulomotorik nicht zu beeinträchtigen, durften jedoch keine anatomischen Abweichungen der Augen vorliegen. Probanden, bei denen vor Beginn der Studie durch

externe Instanzen die Diagnose einer Intelligenzminderung gestellt wurde, mussten von der Studie ausgeschlossen werden. Mindestens einer der Probanden sollte neben der Dyslexie ein Aufmerksamkeitsdefizit aufweisen. Für den Zeitpunkt der Untersuchung wurde sichergestellt, dass keiner der teilnehmenden Probanden unter Medikation mit stimulierender Wirkung, wie z.B. Ritalin, stand.

Rekrutierung

Die Rekrutierung der klinischen Probanden erfolgte durch Zusammenarbeit mit dem „LRS-Zentrum“, dem sozialpädiatrischen Zentrum, dem lerntherapeutischen Institut und logopädischen Praxen in Aachen. Diese Anlaufstellen wurden telefonisch kontaktiert, erhielten auf schriftlichem Weg die wichtigsten Informationen und wurden schließlich in einem persönlichen Gespräch über den Hintergrund und den Verlauf der Studie aufgeklärt. Für die Eltern wurden Informationsbriefe (siehe Anhang A) bei den genannten Stellen ausgelegt, denen eine Einverständniserklärung (siehe Anhang B) beilag. Bei Interesse konnte telefonisch Kontakt aufgenommen werden, um einen individuellen Termin zu vereinbaren. Als Anreiz erhielten die Probanden einen ausführlichen Diagnosebericht, der die Ergebnisse der durchgeführten Tests zusammenfasste.

Einzelfalldarstellung

Für die vorliegende Studie konnten insgesamt neun Kinder, sechs Jungen und drei Mädchen, gewonnen werden. Zum Testzeitpunkt lag das durchschnittliche Alter dieser Kinder bei 9;0 Jahren (SD = 2,24). Da die Probanden MJ und LA alle Einschlusskriterien optimal erfüllten, wurden die beiden Einzelfälle für die vorliegende Studie ausgewählt.

LA ist ein Mädchen im Alter von 8;11 Jahren, das monolingual Deutsch aufwächst und am Ende des zweiten Schuljahres untersucht wurde. Sie konnte über das Aachener LRS-Zentrum für die Studie rekrutiert werden, wo sie seit rund einem Jahr aufgrund ihrer Lese-Rechtschreibschwäche gefördert wird. Nach Angaben der Eltern nimmt LA keinerlei Medikamente ein.

Der Proband MJ war zum Zeitpunkt der Untersuchung 8;3 Jahre alt und befand sich ebenfalls am Ende des zweiten Schuljahres. Auch er wächst monolingual Deutsch auf. Die Eltern des Jungen wurden über die neuropsychologische Abteilung der Kinder- und Jugendpsychiatrie des Aachener Universitätsklinikums auf die Studie aufmerksam. Einer dort durchgeführten Anamnese konnten einige Informationen entnommen werden. So wurden erstmals während einer Lernstandserhebung Auffälligkeiten im Lesen und Schreiben festgestellt. Nach Angaben

der Eltern ist die Aufmerksamkeit des Jungen begrenzt; außerdem kann er sich nicht lange konzentrieren. Die Diagnose ADHS konnte durch eine externe Instanz ausgeschlossen werden. Seit seiner Einschulung wurden häufiges Augenreiben und Blinzeln bei MJ beobachtet.

Normgruppe

Die Normgruppe setzt sich aus 23 Kindern, darunter zehn Jungen und dreizehn Mädchen, zusammen. Mit einem Durchschnittsalter von 9,44 Jahren ($SD = 0,876$), besuchten sie die dritten und vierten Klassen der Grundschulen im Kreis Aachen und Umgebung. Die Kinder der Normgruppe verfügten über ein durchschnittliches Lese- und Rechtschreibvermögen, was ebenfalls mit Hilfe standardisierter Testverfahren festgestellt wurde. Wie die klinischen Probanden verfügten auch sie über ein unauffälliges oder durch eine Brille korrigiertes Sehvermögen; auch sie wurden auf Deutsch unterrichtet (für eine genaue Beschreibung dieser Gruppe siehe Zschornak & Zeschmann, 2009). Auf Basis der von Zschornak & Zeschmann (2009) erhobenen Daten wurden Normwerte der Blickbewegungsparameter sowohl für die Lese- als auch die Landolt-Aufgabe erstellt (siehe Anhang E).

5.2 Versuchsmaterial

5.2.1 Lesematerial der Blickbewegungsmessungen

Zunächst lasen die Teilnehmer der Studie 36 ausgewählte Sätze (siehe Anhang C). Diese Sätze entstammten einer Studie von Huestegge (2005) und wurden für Kinder der dritten und vierten Klasse validiert (vgl. Schmitt 2005, Huestegge 2005). Um den Verlauf der Aufgabe für die Probanden zu verdeutlichen, gingen den 36 zu lesenden Sätzen fünf Probesätze voraus. Sowohl die Position des Zielwortes innerhalb einer Zeile als auch deren Länge waren aufeinander abgestimmt. Die Länge der Sätze lag zwischen 55 und 68 Zeichen inklusive Spatien. Die durchschnittliche Länge betrug etwa 61,5 Zeichen. Innerhalb eines Satzes gab es ein Substantiv, das Zielwort n , welches aus sechs bis sieben Buchstaben bestand. Die Zielwörter waren in der Zusammenstellung ihrer Zeichen ähnlich, so dass Längeneffekte ausgeschlossen werden konnten. Vor dem Zielwort stand ein Adjektiv ($n-1$), dessen Länge zwischen vier und acht Buchstaben variierte. Weiterhin gehörte das Wort nach dem Zielwort ($n+1$), das in den unterschiedlichen Sätzen aus drei bis fünf Buchstaben bestand, zur Zielregion. Außer der Länge wurde die Auftretenswahrscheinlichkeit der Wörter innerhalb

der Zielregion kontrolliert. Auf diese Weise konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den jeweiligen Adjektiven vor dem Zielwort auftreten; ebenso wurde eine Auswirkung auf die Verarbeitung des Zielwortes vermieden. Des Weiteren wurde ein Positionseffekt ausgeschlossen, da das Zielwort regelmäßig in der Satzmitte auftrat. Mit Hilfe der CELEX- Datenbank (Baayen, Piepenbrock & van Rijn, 1993) wurde außerdem die Wortfrequenz kontrolliert. Dabei wurden Wörter mit einer Auftretenswahrscheinlichkeit von mehr als 10 pro Million geschriebener Wörter als hochfrequent eingestuft, wohingegen eine Auftretenswahrscheinlichkeit von weniger als 10 pro Million als niedrigfrequent angesehen wurde. In dieser Studie wurden 47,2%, also insgesamt 17 Sätze mit niedrigfrequenten Zielwörtern verwendet, während 52,8% (19 Sätze) hochfrequente Zielwörter beinhalteten. Zur Überprüfung des Lesesinnverständnisses wurden in zufälligen Abständen im Anschluss an einige Sätze kurze Fragen gestellt. Diese Fragen wurden dem Probanden in Form von Mehrfachwahlaufgaben präsentiert, die zwei Antwortmöglichkeiten boten. Alle Antworten waren auf elementare semantische Relationen bezogen (Abb. 5.1).

Satz:	<i>Die Mutter pflückt viele bunte Blumen im Garten.</i>
Frage:	<i>Welches Wort kam im Satz vor?</i>
	<i>Blumen</i> <i>Waschmaschine</i>

Abb. 5.1: Beispiel für Lesematerial mit zugehöriger Mehrfachwahlaufgabe

Die Probanden wählten die Antwort mittels Knopfdruck auf einem Joypad. Auch der Übergang zum nächsten Satz wurde durch Drücken eines beliebigen Knopfes auf dem Joypad bestätigt. Die Leseaufgabe wurde anhand einer Instruktion am Computerbildschirm eingeleitet (Abb. 5.2), auf die eine mündliche Überprüfung des Verständnisses der Aufgabe folgte.

„Herzlich Willkommen!

Du musst gleich kurze Sätze, wie z.B. „Die Mutter pflückt viele bunte Blumen im Garten“, am Computerbildschirm lesen. Zwischen diesen Sätzen werden dir Fragen gestellt, die sich immer auf den zuletzt gelesenen Satz beziehen. Es erscheint aber nicht nach jedem Satz eine Frage. Eine Frage könnte sein: „Blumen oder Waschmaschine“. Hierbei handelt es sich zwar nicht um eine richtige Frage, du kannst es aber als Frage sehen. Deine Aufgabe ist es nämlich jetzt zu sagen, welches der beiden Wörter in dem vorherigen Satz enthalten war. Bei diesem Beispiel wäre also die richtige Antwort: „Blume“.

So, wenn du keine weiteren Fragen mehr hast, können wir beginnen.“

Abb. 5.2: Instruktionstext zur Bearbeitung der Leseaufgabe

5.2.2 Landolt-Material zur Messung der Blickbewegungen

Nachdem die Kinder die Leseaufgabe abgeschlossen hatten, folgte eine sprachfreie Aufgabe (siehe Anhang D). Hierfür wurde das Landolt-I-Paradigma von Corbic et al. (2007) verwendet. In dieser Version des Paradigmas wurde jeder Buchstabe eines Wortes durch einen Landolt-Ring ersetzt (Abb. 5.3.). Dabei wurde die Wort- und Satzstruktur, inklusive der Spatien zwischen den Items, erhalten.

a) Die Mutter findet Pauls große Trommel heute sehr laut.
b) ○○○ ○○○○○○ ○○○○○○ ○○○○○○ ○○○○○○ ○○○○○○○○ ○○○○○○ ○○○○ ○○○○

Abb. 5.3: Beispiel der Konvertierung von Satz- in Landolt-I-Material

a) Textbeispiel; b) Landolt-I-Umsetzung von Textbeispiel ohne Target; jede Ringgruppierung entspricht einem Wort des Originalsatzes

Um leseähnliche Blickbewegungen zu gewährleisten, enthielten die aus Ringen bestehenden Wörter Targets. Dies sind nach links geöffnete Ringe, die immer die mittlere Position innerhalb eines Targetwortes einnahmen. Sobald das Targetwort aus einer geraden Anzahl von Buchstaben bestand, befand sich das Target links von der Mitte. Um einen Abbruch der Lesebewegung der Probanden beim Entdecken eines Targets zu verhindern, gab es sowohl Sätze ohne Target, als auch Sätze mit einem oder sogar zwei Targets (Abb. 5.4).

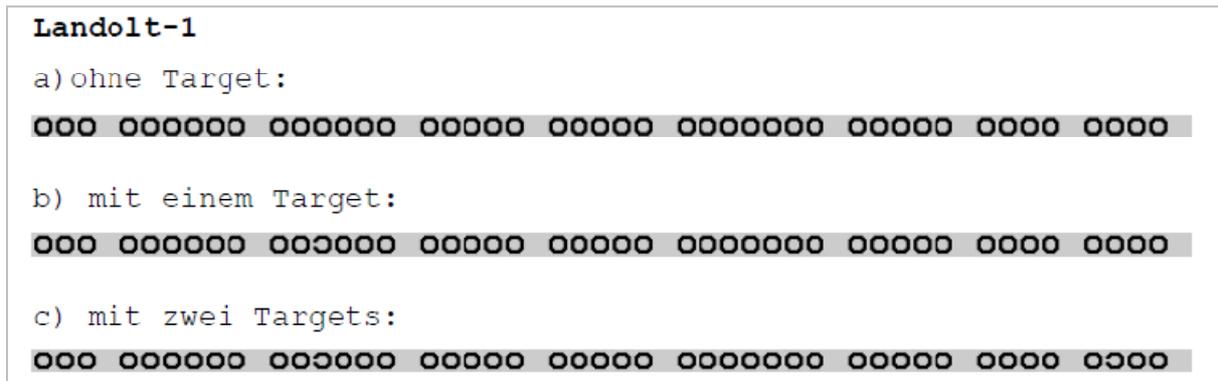


Abb. 5.4: Beispiel verschiedener Landolt-I-Sätze

a) Landolt-I-Aufgabe ohne Target; b) Landolt-I-Aufgabe mit einem Target; c) Landolt-I-Aufgabe mit zwei Targets

Die Positionen des Targets waren randomisiert, sodass eine zufällige Verteilung der Targets gewährleistet wurde. Diese befanden sich nie in der Mitte des Satzes, da diese Region später zur Auswertung hinzugezogen wurde. Um jedoch ein Überspringen dieser Region durch Lerneffekte zu verhindern, wurden fünf Sätze mit einem Target in der Mitte des Satzes erstellt. Diese wurden während der Datenanalyse nicht berücksichtigt, da Targets in dieser Region längere Fixationszeiten hervorrufen und die Blickbewegungen somit manipulieren würden. Die 36 Sätze der Leseaufgabe wurden in entsprechende Ringsätze des Landolt-Paradigmas umgewandelt. Zusätzlich beinhaltete die Aufgabe fünf Probesätze, die zufällig aus dem Satzmaterial ausgewählt wurden. Die Verteilung der Targets umfasste 50% der Sätze ohne Target und jeweils 25% mit einem oder zwei Targets. Wurde ein Landolt-Satz bis zum Ende gelesen, erschien am rechten Monitorrand ein Kreuz. Die Probanden gelangten durch Fixierung des Kreuzes und gleichzeitiges Drücken des Joypads zur nächsten Aufgabe. Die Probanden erhielten auch bei dieser Aufgabe eine Instruktion am Computerbildschirm, deren Verständnis anschließend mündlich überprüft wurde (Abb. 5.5).

„Du siehst jetzt weitere Sätze. Diese Sätze bestehen aus einer besonderen Zeichensprache. Wieder musst du so schnell wie möglich lesen, genau so schnell wie beim richtigen Lesen. Anstatt richtige Wörter zu lesen, sollst du jetzt bei jedem Wort nachsehen, ob es einen Ring hat, der nach links offen ist. Wenn du so einen Ring entdeckst, musst du einen Knopf drücken. In einem Satz können 1 oder 2 offene Ringe stehen. Es kann auch sein, dass kein offener Ring im Satz vorkommt. Also: Immer wenn du einen nach links offenen Ring siehst, sollst du den Knopf drücken.“

Abb. 5.5: Instruktionstext zur Bearbeitung der Landolt-Aufgabe

5.3 Versuchsdurchführung

Die Messungen wurden in einem Zeitraum von sieben Monaten am Universitätsklinikum in Aachen durchgeführt. Bei der Terminvereinbarung mit den Eltern der Probanden wurde darauf geachtet, dass die Testung vormittags stattfand, um ein höchstmögliches Konzentrationsniveau zu erreichen. Zum Zeitpunkt der Untersuchung befanden sich nur der Proband und eine Untersucherin im Testraum.

Bei allen Probanden wurde mit der Messung der Blickbewegungen, die im Blicklabor des Klinikums stattfand, begonnen. Jedes Kind nahm vor dem Computer Platz und wurde anschließend mündlich über den Verlauf der Untersuchung und die Apparatur aufgeklärt. Nachdem der Instruktionstext durch das Kind am Bildschirm gelesen wurde, wurden das Aufgabenverständnis sichergestellt und letzte Fragen beantwortet.

Die Kamera wurde sowohl manuell am Kopf des Kindes, als auch mit Hilfe der Autothreshold-Funktion reguliert. Sobald die Pupillengröße, der Cornealreflex und die Markerpositionen des rechten Auges vom Computer erfasst und aufeinander abgestimmt waren, startete das Experiment. Die Probanden führten zunächst die Satzleseaufgabe und anschließend die Landolt-Aufgabe durch. Zur Sicherstellung einer einheitlichen Startposition der Blickbewegungen aller Probanden, musste jeweils ein Punkt am linken Bildschirmrand fixiert werden, der das Erscheinen des Satzes auslöste. Um eine möglichst genaue Messung der Blickbewegungen zu gewährleisten, wurden diese in regelmäßigen Abständen, während beider Leseaufgaben, kalibriert und validiert. Bei beiden Verfahren musste der Proband Punkte auf dem Bildschirm fixieren. Die Kalibrierung dient dem Vergleich des Messwertes mit einem festen bekannten Standard. Hierbei wird überprüft, ob der gemessene Wert im Normbereich liegt bzw. wie stark dieser davon abweicht (DIN, 1995). Bei der Validierung wird kontrolliert, ob der Messwert zu einem bestimmten Datentyp gehört und ob dieser innerhalb des vorgegebenen Wertebereichs liegt (Balzert, 1998). Die Probanden wurden nach der Messung der Blickbewegungen einer Batterie von Aufmerksamkeitstests unterzogen, die in einem Untersuchungsraum der neuropsychologischen Abteilung des Aachener Klinikums durchgeführt wurde. Die Überprüfung der Lese- und Rechtschreibfähigkeiten der Kinder fand an einem gesonderten Termin, ebenfalls in einem Untersuchungsraum des Aachener Universitätsklinikums statt. Insgesamt betrug die Dauer der Messungen ca. dreieinhalb Stunden.

5.4 Messmethode

Die Buchstaben der Satzleseaufgabe wurden dem Probanden in der Schriftart „Courier New“ mit der Schriftgröße 15 auf einem Monitor dargeboten. Dies entspricht einer Größe der Ringe von 12x12 Pixel in der Landolt-Aufgabe. Zur Aufzeichnung der Blickbewegungen beim Lesen dieser Aufgaben wurde das EyeLinkII-System der SR Research Ltd. verwendet (Abb. 5.6). Dieses System ermöglicht eine genaue Analyse von Fixationen, Sakkaden und Lidschlüssen. Hierzu werden zwei Computer und ein Kopfteil, an dem drei Kameras befestigt sind, verwendet. Bei den Kameras handelt es sich um spezielle Hochgeschwindigkeits-Infrarot-Kameras, die 250 bzw. 500 Bilder pro Sekunde von jedem Auge aufzeichnen können (Funke, 2005). In der vorliegenden Studie wurde eine monookulare Messung des rechten Auges vorgenommen, so dass die Verwendung der rechten Kamera ausreichte. Die maximale Geschwindigkeit der Kamera bei der Messung des Pupillenmodus und des Cornealreflex liegt bei 250 Hz (SR Research Ltd., 2004). Aufgrund der bei der Messung aktivierten Cornealreflexeinstellung des Systems konnte eine ungenaue Messung bei Muskelzittern, Verrutschen des Kopfteils oder anderen äußeren Einwirkungen verhindert werden. Ein in die Kamera integrierter Infrarot-LED dient der kontinuierlichen Beleuchtung des Auges mit einer Wellenlänge von 940 nm. Die durchschnittliche Bestrahlung liegt bei 0.8 mW/cm² mit einem Maximum von 1.2 mW/cm². Eine weitere, in der Mitte des Kopfgestells befestigte Infrarotkamera sorgt für die Aufzeichnung der Kopfposition im Verhältnis zum Display und dient der Kompensation der Kopfbewegungen durch Abgleichen der Aufzeichnungen von Pupille und Cornealreflex. Diese Funktionen werden durch den Kontakt der Kamera mit vier Infrarotlichtquellen (Markern), die an den Ecken des Monitors angebracht sind, ermöglicht. Die räumliche Auflösung liegt bei 0.01° (Funke, 2005). Die zum System gehörenden Host- und Display Computer sind über Ethernet-Karten miteinander verbunden und können auf diese Weise ihre Daten austauschen. Der Host-Computer startet das Experiment und speichert die gemessenen Blickbewegungsdaten auf seiner Festplatte. Er ermöglicht eine Überprüfung der Kameraeinstellungen und die Steuerung der Kalibrierung und Validierung. Zur Kalibrierung wurde weiterhin ein horizontales Drei-Punkt-Kalibrierungs-System verwendet, da in den Aufgaben nur Stimuli auf der horizontalen Achse präsentiert wurden. Dabei lag der horizontale Median, auf dem die Kalibrierungstargets präsentiert wurden, in Höhe der Augenwaagerechten.

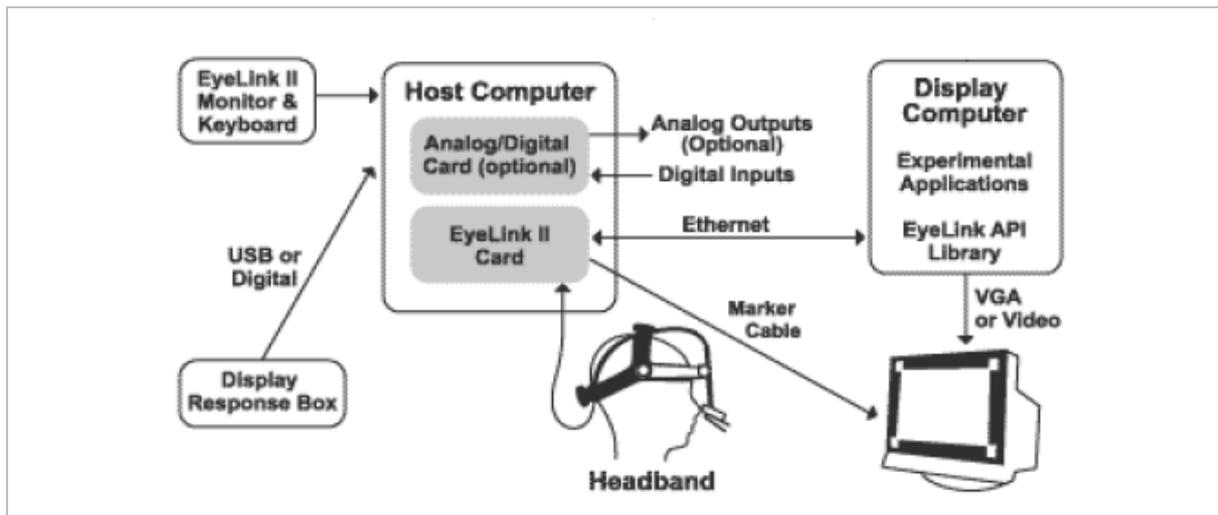


Abb. 5.6: EyeLink II Systemkonfiguration

mit den Hauptelementen Host- und Display-Computer, dem Kopfteil sowie Verbindungselementen
(<http://www.psychologie.uni-heidelberg.de/ae/allg/forschun/eyes/eyetracking.html>)

Als Display-Computer wurde ein 21 Zoll Monitor der Marke ELSA verwendet, der bei einem Positivkontrast mit einer Auflösung von 1024*768 Pixeln und einer Bildwiederholungsfrequenz von 70 Hz betrieben wurde. Dieser Computer dient in erster Instanz der Darbietung der visuellen Reize an den Probanden. Des Weiteren verarbeitet er die Positionen der Augen und der Lichtquellen in Echtzeit und zeichnet die Blickpositionen mit extrem geringen Störungen und einer hohen Auflösung ($< 0.01^\circ$) auf. Die relative Auflösung der Blick- und Augenpositionen liegt bei 0.005° , die der Pupille bei 0.1%. Somit können Bewegungen ab 0.01 mm zuverlässig durch das System erkannt werden (Schmitt, 2005).

Um eine absolute Messgenauigkeit zu erreichen, muss die Entfernung zwischen der Augenkamera und dem Auge zwischen 4 und 7 cm und die zwischen dem Auge und Monitor 40 bis 140 cm, betragen. In der vorliegenden Studie wurde ein Abstand von 57 cm zwischen dem Auge des Probanden und dem Display-Computer eingehalten.

5.5 Begleitdiagnostik

5.5.1 Salzburger Lese- und Rechtschreibtest (SLRT)

Der SLRT von Landerl et al. (1997) ist ein normiertes und standardisiertes Verfahren zur Differentialdiagnose von Störungen des Lesens und Schreibens für das erste bis vierte Schuljahr. Der Lesetest besteht aus den Subtests häufige Wörter, zusammengesetzte Wörter, Text, wortunähnliche und wortähnliche Pseudowörter. Er ermöglicht eine separate Diagnose zwischen Defiziten in der automatischen, direkten Worterkennung und Defiziten des synthetischen, lautierenden Lesens. Anhand der benötigten Zeit aller Subtests wird mit Hilfe der Normtabelle des jeweiligen Schuljahres der Prozentrang bestimmt. Neben der benötigten Zeit gilt die Fehleranzahl als zweites Kriterium für die Beurteilung der Lesefertigkeiten. Die Normtabellen geben für jeden Subtest einen kritischen Wert für die Fehleranzahl an. Wird dieser erreicht oder überschritten, ergibt sich ein Prozentrang von 10 bzw. < 10. Je nach Lesetempo beträgt die Durchführungsdauer etwa 15 bis 20 Minuten.

Der Rechtschreibtest nimmt etwa 20 bis 30 Minuten in Anspruch und wird in Form eines Diktats durchgeführt. Bei der Auswertung gliedern sich die Rechtschreibfehler in drei Kategorien. Der Fehlertyp N bezeichnet nicht lauttreue Fehler, während der Fehlertyp O für lauttreue Fehler steht, die nicht den Konventionen der deutschen Orthographie entsprechen. Verstöße gegen die Groß- und Kleinschreibung werden als G-Fehler bezeichnet. Der Prozentrang des Fehlertyps O ist den Normtabellen zu entnehmen, die Fehlertypen N und G werden an kritischen Werten gemessen.

Der SLRT wurde in Zusammenarbeit mit dem Schulpsychologischen Dienst des Landes Salzburg an über 2800 Kindern in den Bundesländern Salzburg und Oberösterreich normiert. In einer ersten Pilotphase konnten die Daten von 600 Kindern für die Subtests „Häufige Wörter“ und „Zusammengesetzte Wörter“ des Lesetests gewonnen werden. In einer zweiten Phase nahmen ca. 1600 Kinder an dem gesamten Lese- und Rechtschreibtest der ersten bis vierten Klasse teil. In der Tabelle 5.1 ist aufgeführt, mit wie vielen Kindern die einzelnen Subtests des Lese- und des Rechtschreibtests zu den jeweiligen Normierungszeitpunkten durchgeführt wurden.

	häufige Wörter	zusammen- gesetzte Wörter	Text	wortun- ähnliche Pseudo- wörter	wortähn- liche Pseudo- wörter	Schreiben
2. Klasse 2. Halbj.	N = 119	-	N = 119	N = 119	N = 119	N = 224
3. Klasse	N = 259	N = 259	N = 176	N = 176	N = 176	N = 256
4. Klasse	N = 312	N = 312	N = 245	N = 245	N = 245	N = 100

Tab. 5.1: Darstellung der Normgruppengröße je Subtest des SLRT

(Landerl et al., 2006)

5.5.2 ELFE 1-6

Der Leseverständnistest von Lenhard & Schneider (2006) ist für Erst- bis Sechstklässler normiert. Das standardisierte Verfahren dient der Überprüfung des Lesesinnverständnisses auf Wort, Satz und Textebene. Bei dem Wortverständnistest werden einem Bild mehrere Wortalternativen gegenübergestellt, die einander möglichst graphemisch und phonemisch ähneln. Der Proband erhält die Aufgabe, möglichst viele der insgesamt 72 Items in der vorgegebenen Zeit von drei Minuten zu bearbeiten. Die Bearbeitung des Lesematerials auf Wortebene erfordert die Fähigkeit zur Dekodierung und visuellen Synthese. Das Leseverständnis auf Satzniveau wird überprüft, indem ein Wort aus fünf Auswahlalternativen in einen Satz eingefügt werden soll. Die Alternativen der insgesamt 28 Items sind derselben Wortart zugehörig und sind sich graphemisch und phonemisch ähnlich. Um die Wörter innerhalb eines Satzes miteinander in Beziehung zu setzen, ist die Analyse der semantischen und syntaktischen Relationen der einzelnen Satzelemente erforderlich. Auch bei diesem Subtest liegt das Zeitlimit bei drei Minuten. Auf Textebene werden dem Probanden insgesamt 20 kurze Texte mit einer jeweils dazugehörigen Frage dargeboten. Zur Auswahl stehen vier Antwortmöglichkeiten, aus denen die richtige Alternative gefunden werden soll. Während einige Aufgaben das Auffinden von isolierten Informationen erfordern, muss bei anderen satzübergreifend gelesen oder schlussfolgernd gedacht werden, um zur korrekten Antwort zu finden. Für die Bearbeitung dieser Aufgaben hat der Proband sieben Minuten Zeit. Bei allen drei Untertests werden Rohpunkte für jeden korrekt gelöste Aufgabe vergeben. Mit Hilfe der

Normtabellen können den Rohpunkten Prozentrangnormen, z- und T-Äquivalenzwerte zugeordnet werden.

Die Normgruppe des ELFE 1-6 setzt sich aus insgesamt 4893 Kindern des ersten bis sechsten Schuljahres zusammen (Tab. 5.2). Aus Gründen der Repräsentativität fallen hierunter auch Kinder mit Migrationshintergrund (23,23%), Klassenwiederholer (2,3%), Lese-Rechtschreibschwache (2,6%) und Schüler mit sonderpädagogischem Förderbedarf (1,0%).

	Wortverständnistest	Satzverständnistest	Textverständnistest
Ende 2. Schuljahr	N = 293	N = 292	N = 293
Mitte 3. Schuljahr	N = 278	N = 275	N = 276
Ende 3. Schuljahr	N = 221	N = 221	N = 220
Mitte 4. Schuljahr	N = 275	N = 275	N = 275
Ende 4. Schuljahr	N = 205	N = 206	N = 207
Mitte 5. Schuljahr	N = 216	N = 214	N = 215
Ende 5. Schuljahr	N = 135	N = 134	N = 136
Mitte 6. Schuljahr	N = 195	N = 195	N = 196

Tab. 5.2: Darstellung der Normgruppengröße je Subtest des ELFE 1-6

(Lenhard & Schneider, 2006)

5.5.3 Aufmerksamkeitsprüfung und exekutive Funktionen

5.5.3.1 Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP)

Alertness (Zimmermann & Fimm, 2007)

In zufällig variierenden Intervallen erscheint ein Kreuz auf dem Bildschirm, auf das so schnell wie möglich mit einem Tastendruck reagiert werden soll. Um Ermüdungseffekte auszugleichen, besteht der Test aus vier Blöcken in Form eines ABBA Designs. Beim ersten und vierten Durchgang mit je 20 Zielreizen, wird die einfache Reaktionszeit gemessen und somit die „intrinsische“ Alertness erfasst. Beim zweiten und dritten Durchgang handelt es sich um eine Reaktionszeitmessung mit einem dem kritischen Reiz vorausgehenden Warnton, der der Erfassung der phasischen Alertness dient. Zeigt der Proband keine Reaktion oder reagiert er verfrüht, werden maximal fünf zusätzliche Trials pro Durchgang wiederholt. Die Dauer der

Durchführung des Tests beträgt ohne Instruktion und Vortests etwa 4,5 Minuten. Als Daten zur Auswertung wurden der Median der Reaktionszeit ohne Warnton und die Standardabweichung der Reaktionszeit ohne Warnton verwendet.

Geteilte Aufmerksamkeit (Zimmermann & Fimm, 2007)

Eine visuelle und auditive Aufgabe wurden parallel bearbeitet. Auf dem Bildschirm erschien ein quadratisches Feld von vier mal vier Punkten, an denen während der Durchführung in einem festen Rhythmus zwischen sechs und acht kleine Kreuze sichtbar wurden. Die Aufgabe des Probanden bestand darin, so schnell wie möglich die Taste zu drücken, wenn vier Kreuze in einem kleinen Quadrat erschienen. Es wurden 100 visuelle Reize angeboten, wovon der Zielreiz 17-mal enthalten war. Gleichzeitig zum Positionswechsel der Kreuze ertönte abwechselnd ein hoher und ein tiefer Ton. Wurde der hohe oder tiefe Ton zweimal hintereinander angeboten, musste die Taste so schnell wie möglich betätigt werden. Von den insgesamt 200 auditiven Reizen waren 16 kritisch. Die Durchführungsdauer des Tests betrug 3,25 Minuten. Für die Auswertung sind folgende Variablen wichtig: Der Median und die Standardabweichung der Reaktionszeiten, die Auslassungen sowie die Fehlreaktionen der Probanden.

51

Go/Nogo (Zimmermann & Fimm, 2007)

In der Mitte des Bildschirms wurden 40 Reize dargeboten, wobei ein stehendes („+“) oder liegendes Kreuz („x“) in wechselnder Abfolge erschien. Sah der Proband ein stehendes Kreuz, sollte er so schnell wie möglich mit Tastendruck reagieren. Aufgrund einer Darbietungszeit der Reize von 200 ms betrug die Dauer der Durchführung insgesamt zwei Minuten. In der Auswertung des Subtests werden folgende Variablen berücksichtigt: Anzahl richtiger Reaktionen und Fehler (verpasste kritische Reize und falsche Reaktionen) sowie Median und Streuung der Reaktionszeiten.

Die Zusammensetzung der Normstichproben wurde nach den Merkmalen Geschlecht und Alter bei Kindern und Jugendlichen aufgeschlüsselt. Die unterschiedlichen Projekte, in denen TAP-Normdaten erhoben wurden, bezogen jeweils unterschiedliche Teilmengen von TAP-Untertests in die Normierung ein, sodass diese hinsichtlich der Größe der Normstichprobe differieren. Dies ist in Tabelle 5.3 detailliert dargestellt.

	Alertness	Geteilte Aufmerksamkeit	Go/Nogo
Anzahl Kinder	N = 527	N = 187	N = 529
Alter Kinder	6 - 18	9 - 12	6 - 18

Tab. 5.3: Darstellung von Größe und Alter der Normgruppe je Subtest der TAP

(Zimmermann & Fimm, 2007)

5.5.3.2 Amsterdamer Neuropsychologie Test (ANT)

Sustained Attention Dots (De Sonneville, 2000)

Auf dem Bildschirm erschienen drei, vier oder fünf Punkte in einem festen Rhythmus, auf die eine stimulusabhängige Reaktion erfolgen sollte. Leuchteten drei oder fünf Punkte auf, bestand die Aufgabe darin, die rechte Taste, und bei vier kritischen Reizen, die linke zu betätigen. Während einer Abnahmedauer von mindestens 15 Minuten sollten die Reaktionen so schnell wie möglich erfolgen. Ziel dieses Tests war die Erfassung der Daueraufmerksamkeitsleistungen der Probanden. Bei der Auswertung und Datenanalyse wurde die benötigte Zeit, die Standardabweichung, die Variation der Zeit, sowie die Auslassungen und Fehlreaktionen des Probanden berücksichtigt.

Set Shifting Visual (De Sonneville, 2000)

Bei diesem Subtest handelt es sich um eine komplexe Aufgabe unter Zeitdruck, die in drei Durchgänge mit steigendem Schwierigkeitsgrad durchgeführt wird. Zuerst folgte der Proband einem grünen, die Richtung stets wechselnden Quadrat, indem er der Richtung entsprechend die rechte bzw. linke Taste betätigte. Im folgenden Durchgang entsprach der kritische Reiz einem roten Quadrat. Im Gegensatz zum ersten Durchgang sollte nun die Taste der entgegengesetzten Richtung gedrückt werden. Eine Kombination der ersten und zweiten Aufgabe fand sich im letzten Durchlauf. Erschien ein grünes Quadrat, wurde der Richtung entsprechend gedrückt, bei einem roten Quadrat sollte in entgegengesetzter Richtung mit Tastendruck reagiert werden. Die Auswertung und Datenanalyse erfolgte für die kompatible und inkompatible Reaktionszeit, die kompatible und inkompatible Standardabweichung der Reaktionszeit und die kompatiblen und inkompatiblen Fehler.

Die Entwicklung des ANT-Programms basiert auf jahrzehntelanger Erfahrung des Vorläufermodells SVAT und klinischer Evaluation neuropsychologischer Funktionen teilnehmender Kinder und Erwachsener. Die Normierung des Subtests Sustained Attention Dots, für Kinder im Alter von sieben bis zwölf Jahren beruht auf einer Normstichprobe von 231 Kindern. In die Normierung des Subtest Shifting Set Visual flossen die Daten von insgesamt 127 Kindern im Alter von sieben bis elf Jahren ein. Eine detaillierte Übersicht der Normgruppengröße in Bezug auf das Alter der Teilnehmer wird in Tabelle 5.4 für die beiden Tests Sustained Attention Dots und Shifting Set Visual dargestellt.

Alter in Jahren	7	8	9	10	11	12
Sustained Attention Dots	N = 10	N = 8	N = 119	N = 36	N = 10	N = 48
Shifting Set Visual	N = 19	N = 25	N = 18	N = 45	N = 20	k.A.

Tab. 5.4: Darstellung von Größe und Alter der Normgruppe je Subtest des ANT

(De Sonneville, 2000)

5.6 Datenanalyse

Die Auswertung der Daten erfolgte unter Verwendung verschiedener Datenverarbeitungsprogramme. Die in den Blickbewegungsuntersuchungen gewonnenen Daten wurden im edf-Format auf dem Host-PC gespeichert. Diese Rohdaten wurden mit Hilfe eines xml-Managers in das xml-Format umgewandelt. In diesem Format konnten die Daten im Eyescanprogramm geöffnet und weiter verarbeitet werden. Zunächst wurde das Satz- bzw. Landoltmaterial mit den Rohdaten aus den Blickbewegungsuntersuchungen zusammengefügt. Der Verlauf der Blickpfade der Probanden wurde auf das Satz- bzw. Landoltmaterial abgebildet und konnte so sichtbar gemacht werden. Dieses Übereinanderlegen der Daten diente dem buchstabengenauen Visualisieren der Blickbewegungsparameter, wie Fixationen und Refixationen, und machte Messungenauigkeiten sichtbar. Die xml-Datei wurde in Teilschritten wie dem Einlesen der Blickbewegungsparameter der einzelnen Versuchspersonen, dem Zusammenfügen der Blickbewegungsdaten mit den vorliegenden Wortinformationen, dem Registrieren aller Fixationen und Sakkaden und dem Eliminieren

nicht brauchbarer Daten zu einer SPSS (SPSS Inc., Version 16, Chicago, Illinois, USA) kompatiblen Datenmatrix weiterverarbeitet. Zu diesem Zeitpunkt waren alle Fixationen der Probanden auf Wortebene sichtbar. Daraufhin wurden die fünf Probesätze, die den Landoltuntersuchungen vorgeschaltet waren, von der Analyse ausgeschlossen. Auch die Landoltsätze mit einem Target in der Mitte des Landolt-Satzes, das zur Vorbeugung des Überspringens dieser Region eingebaut wurde, wurden in der weiteren Datenanalyse nicht berücksichtigt. Anschließend wurde eine Gesamtdatei erstellt, die alle Sakkaden und Fixationen der Probanden in einer Datei darstellt. Ausgehend von dieser Datei konnten nun weitere Analysen durchgeführt werden. Ein Schritt dieser Analyse befasste das genaue Bestimmen der Sakkadentypen in progressive, regressive, Intra- und Interwort Sakkaden. Alle verwendeten zeitlichen Parameter wurden auf einen Grenzbereich festgelegt, damit einer Verfälschung des Mittelwertes vorgebeugt werden konnte. Lag eine Fixation also außerhalb dieses Bereichs, wurde diese von der weiteren Analyse ausgeschlossen. Für die zeitlichen Parameter der Fixationsdauer, der Blickzeit und der Gesamtlesezeit lagen diese Grenzen bei $<70\text{ms}$ und >3 Standardabweichungen vom Mittelwert. Um zu verhindern, dass bedingt durch die Messmethode erhöhte räumliche und zeitliche Parameter auftreten, wurden lediglich die Blickdaten weiteranalysiert, die der Zielregion angehörten (vgl. 5.2). Allein in dieser Region waren die Wortfrequenz und -länge bei der lexikalischen Aufgabe kontrolliert. In der Landolt-Aufgabe gab es in dieser Region keine Targets, sodass kein Einfluss auf die räumlichen und zeitlichen Parameter genommen wurde. Auf diese Weise entstand eine sowohl bedingungsorientierte als auch personenbezogene Matrix. Dieser konnten für jeden Probanden die errechneten Mittelwerte der verwendeten Parameter - bezogen auf die Lese- und Landolt-Aufgabe - entnommen werden. Anschließend wurden in der Matrix die Daten aus dem Leseverständnistest (ELFE) und dem Salzburger Lese- und Rechtschreibtest (SLRT) ergänzt. Für die Probanden MJ und LA wurde ein z-Wert je Parameter berechnet. Hierzu wurden die Schluss-Matrix, der die Werte bezüglich jedes Parameters entnommen wurden, und die Daten der Normgruppe (siehe Anhang E) verwendet.

Zur Berechnung der z-Werte je Parameter wurde die Differenz der individuellen Werte der Probanden und der Durchschnittswerte der Normgruppe durch die Standardabweichung dieser Durchschnittswerte dividiert. Die Spanne der z-Werte zwischen -1 und 1 wurde als Normbereich definiert. Wurde dieser Grenzbereich unter- oder überschritten, wurde dies als unter- bzw. überdurchschnittliche Leistung gewertet.

Sowohl die räumlichen und zeitlichen Blickbewegungsparameter als auch die erhobenen Daten der Lese-Rechtschreib- und Aufmerksamkeitstests stellen die abhängigen Variablen dar. Die unabhängige Variable bildeten die beiden Probanden MJ und LA.

6 ERGEBNISSE

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse der vorliegenden Studie detailliert dargestellt. Zunächst werden die erhobenen Daten der Probanden MJ und LA in Bezug auf die Lese- und Aufmerksamkeitsleistungen pro Subtest beschrieben und mit den Normdaten der jeweiligen Tests verglichen. Im Anschluss folgt eine Darstellung der räumlichen und zeitlichen Blickbewegungsparameter, die bei MJ und LA während der Leseaufgabe und der Landolt-Anforderung gemessen wurden. Auch diese Daten werden mit den Werten der Normgruppe in Beziehung gesetzt.

6.1 Leseleistungen

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Lesetests ELFE 1-6 und SLT für beide Probanden dargestellt (Abb. 6.1). Mit Hilfe des ELFE 1-6 wurde das visuelle Wortverständnis, Satz- und Textverständnis anhand von Leseaufgaben überprüft und mit Normen für das Ende des zweiten Schuljahres verglichen. Sowohl auf Wortebene (RW = 19; $z = -1,16$) als auch auf Satz- (RW = 6; $z = -1,63$) und Textebene (RW = 2; $z = -1,72$) zeigte MJ ein unterdurchschnittliches Lesesinnverständnis. Das Gesamtergebnis ($z = -1,61$) entspricht demnach einer unterdurchschnittlichen Leistung. Auch Probandin LA weist ein insgesamt unterdurchschnittliches Lesesinnverständnis auf ($z = -1,47$). Im Wortverständnis- (RW = 14; $z = -1,68$) und Satzverständnistest (RW = 7; $z = -1,38$) schnitt LA unterdurchschnittlich ab. Die Ergebnisse des Textverständnistests (RW = 7; $z = -0,35$) lagen im durchschnittlichen Bereich.

Die Leistungen beim Lesen häufiger Wörter, eines Textes, wortunähnlicher und wortähnlicher Pseudowörter wurden mit dem SLT getestet und mit Normen für das Ende des zweiten Schuljahres verglichen. Für das Lesen häufiger Wörter benötigte MJ überdurchschnittlich viel Zeit (66,2 s; $z = -2,94$) und machte vier Fehler (kritischer Wert = 4). Beim Lesen eines kurzen Textes schnitt MJ mit einer Lesezeit von 77,59 s ($z = -4,28$) stark unterdurchschnittlich ab. Hierbei wurde der kritische Wert von drei mit einem Fehler überschritten. Sowohl beim Lesen der wortähnlichen als auch der wortunähnlichen Pseudowörter zeigte MJ stark unterdurchschnittliche Leistungen. Während die wortunähnlichen Pseudowörter in einer Zeit von 137,22 s ($z = -2,8$) gelesen wurden, beanspruchten die wortähnlichen Pseudowörter eine Lesezeit von 155,69 s ($z = -5,82$). Hierbei unterliefen dem Probanden MJ 17 (kritischer Wert

= 6) respektive 7 (kritischer Wert = 5) Fehler. LA las die häufigen Wörter des SLT in einer unterdurchschnittlichen Zeit von 46 s ($z = -1,38$). Mit sechs Lesefehlern überschritt LA hierbei den kritischen Wert von vier. Für das Lesen eines Textes benötigte LA 112 s ($z = -4,27$) und machte elf Fehler (kritischer Wert = 2). Dieses Ergebnis entspricht einer stark unterdurchschnittlichen Leistung. Sowohl beim Lesen wortähnlicher als auch wortunähnlicher Pseudowörter unterliefen LA zwölf Fehler (kritischer Wert = 6 respektive 5). Für das Lesen wortähnlicher Pseudowörtern benötigt LA überdurchschnittlich viel Zeit (86 s; $z = -1,94$). Die Lesezeit wortunähnlicher Pseudowörter betrug 68 s ($z = -0,41$) und liegt somit innerhalb des Durchschnitts. Die Ergebnisse der standardisierten Lesetests belegen deutliche Auffälligkeiten in den Leseleistungen bei den Probanden MJ und LA. So weichen sowohl das Lesesinnverständnis als auch das Lesetempo und die Fehleranzahl beider Kinder von der Norm ab.

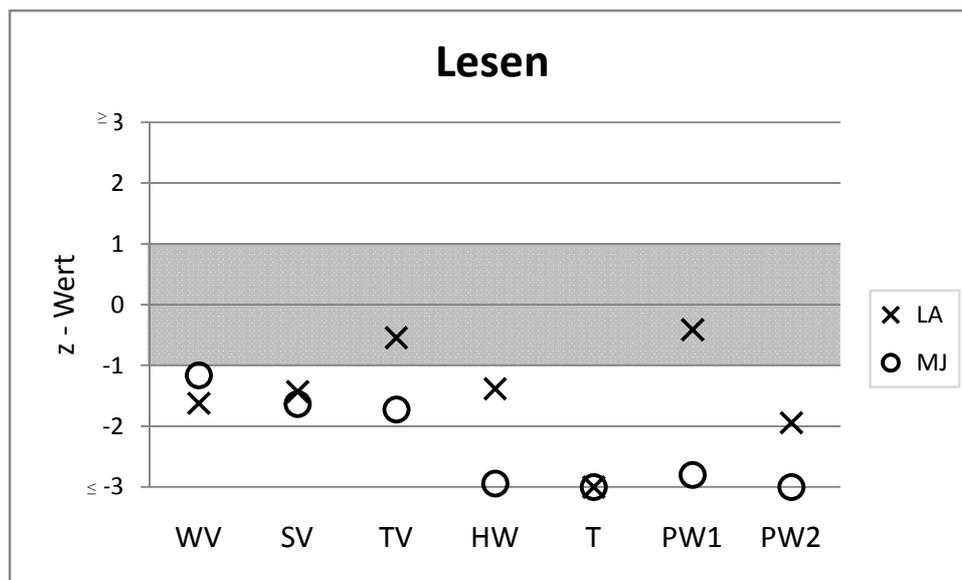


Abb. 6.1: Leseleistung in den Tests ELFE 1-6 und SLT

Die y-Achse repräsentiert die z-Werte im Bereich von -3 bis 3. Auf der x-Achse sind die einzelnen Subtests abgebildet. WV = Wortverständnis; SV = Satzverständnis; TV = Textverständnis; HW = Häufige Wörter; T = Text; PW1 = Wortunähnliche Pseudowörter; PW2 = Wortähnliche Pseudowörter. Der grauunterlegte Bereich zwischen 1 und -1 stellt den definierten Normbereich dar. Werte, die diesen Bereich unterschreiten, sind als unterdurchschnittlich zu bewerten. Ab einem z-Wert von -3 sind die Leistungen stark unterdurchschnittlich.

6.2 Aufmerksamkeitsleistungen

Die Ergebnisse der neuropsychologischen Aufmerksamkeitsuntersuchung wurden den Dimensionen Intensität, Selektivität und exekutive Funktionen zugeordnet und werden dementsprechend getrennt voneinander dargestellt (Abb. 6.2).

Intensität

Mit dem Test „Alertness“ wird das allgemeine Aktivierungsniveau gemessen. Der Median der Reaktionszeit von MJ lag mit 464 ms ($z = -4,5$) und einer Standardabweichung von 170 ms ($z = -4,1$) im unterdurchschnittlichen Bereich. Auch bei zusätzlicher Vorgabe eines akustischen Warnsignals schnitt MJ mit einer Reaktionszeit von 396,5 ms ($z = -3,78$) und einer Standardabweichung von 107 ms ($z = -1,5$) unterdurchschnittlich ab. Der Kennwert der phasischen Aufmerksamkeit unterschreitet den durchschnittlichen Bereich mit einem Ergebnis von 0,162 ($z = -1,05$) knapp. Während der Versuchsdurchführung ohne Warnsignal lag der Median der Reaktionszeit von LA mit 305 ms ($z = -1,04$) und einer Standardabweichung von 55 ms ($z = -0,23$) im durchschnittlichen Bereich. Eine kürzere Reaktionszeit von 295 ms ($z = -1,42$) zeigte LA bei zusätzlicher Vorgabe des Warntons. Hierbei betrug die Standardabweichung 187 ms, was einem unterdurchschnittlichen z-Wert von -3,65 entspricht. Die phasische Aufmerksamkeit lag mit einem Kennwert von 0,034 ($z = 0,48$) im durchschnittlichen Bereich.

Die Daueraufmerksamkeit wurde getestet, indem auf eine Abfolge von 600 Reizen korrekt reagiert werden sollte („Sustained Attention Dots“). MJ reagierte mit einer unterdurchschnittlichen Geschwindigkeit von 23,33 s ($z = -1,79$) und einer hohen Streuung von 6,06 s ($z = -1,97$). Hierbei machte MJ 26 Auslassungen ($z = -0,93$) und 28 Fehler ($z = -0,92$). Die Untersuchung der Daueraufmerksamkeit musste bei LA nach 40 Einheiten abgebrochen werden. Die durchschnittliche Reaktionszeit der verfügbaren Daten beträgt 1790,67 ms ($z = -1,16$) mit einer Standardabweichung von 1058,67 ms ($z = -0,38$). Die Daten der Auslassungen und Fehler wurden extrapoliert. Dementsprechend macht LA 26 Auslassungen ($z = -0,93$) und 13 Fehler ($z = 0,34$).

Selektive Aufmerksamkeit

Der Test „Go/Nogo“ überprüft das selektive Reagieren auf spezifische Reizmuster. Die Zeit, um auf einen kritischen aus zwei Reizen zu reagieren, betrug 629,5 ms ($z = -3,47$) bei MJ. Die Standardabweichung der Reaktionszeit von 174,71 ms entspricht einem z-Wert von -2,89. MJ

unterliefen drei Fehler ($z = -0,5$) und eine Auslassung ($z = -1$). Insgesamt sind die Leistungen als unterdurchschnittlich zu bewerten. Ebenso unterdurchschnittlich schnitt LA bei diesem Test ab. Die durchschnittliche Reaktionszeit der Probandin lag mit einer Standardabweichung von 154 ms ($z = -2,2$) bei 553 ms ($z = -2,11$). Sie zeigte fünf Fehlreaktionen ($z = -1,5$) und drei Auslassungen. ($z = -3$). Die Kapazität zur simultanen Verarbeitung von visuellen und akustischen Reizen wurde mit Hilfe des Tests „Geteilte Aufmerksamkeit“ untersucht. MJ reagierte mit einer Geschwindigkeit von 1019 ms ($z = -2,65$) sehr langsam. Zudem war die Anzahl der Fehlreaktionen mit sechs ($z = -2$) sehr hoch. Die Streuung der Reaktionszeit (392 ms; $z = -1,02$) und die Anzahl der Auslassungen (5; $z = -0,5$) waren hingegen durchschnittlich. Mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 853 ms ($z = -0,82$) und einer relativ großen Streuung ($SD = 184$ ms; $z = -1,2$) lagen die Werte von LA im durchschnittlichen Bereich. Auch die Anzahl der Fehlreaktionen ($n = 2$; $z = 0$) und Auslassungen ($n = 4$; $z = -0,25$) waren durchschnittlich zu bewerten.

Exekutive Funktionen

In dem Test „Shifting Set Visual“ soll eine komplexe Aufgabe unter Zeitdruck gelöst werden. Hierbei werden sowohl die Inhibition, als auch die Flexibilität und das Anwenden einer Strategie überprüft. Im ersten Durchgang, in dem man kompatibel auf 40 Reize reagieren soll, reagierte MJ mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 706,24 ms ($z = 0,34$) und einer durchschnittlichen Anzahl von Fehlreaktionen ($n = 3$; $z = -0,79$). Im zweiten Durchgang, in dem inkompatibel auf 40 Reize reagiert werden soll, arbeitete MJ mit unterdurchschnittlicher Geschwindigkeit ($RT = 1490,6$ ms; $z = -1,17$) und machte dabei keinen Fehler ($z = 1,84$). Im dritten Durchgang, indem unvorhersehbar kompatibel oder inkompatibel auf 80 Reize reagiert werden soll, machte MJ 16 Fehler ($z = -3,55$) und reagierte im Durchschnitt nach 1856,75 ms ($z = -1,39$). LA reagierte im ersten Durchgang mit einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 634,6 ms ($z = 0,57$). Die Anzahl der Fehler liegt im durchschnittlichen Bereich ($n = 1,5$; $z = 0,12$). Im zweiten Durchgang reagierte LA im Durchschnitt nach 1004,05 ms ($z = 0,09$) und machte 3,9 Fehler ($z = -0,21$). Eine durchschnittliche Reaktionszeit von 1411,15 ms ($z = -0,01$) und eine unterdurchschnittliche Fehleranzahl ($n=11,09$; $z = -1,25$) wurden im dritten Durchgang gemessen.

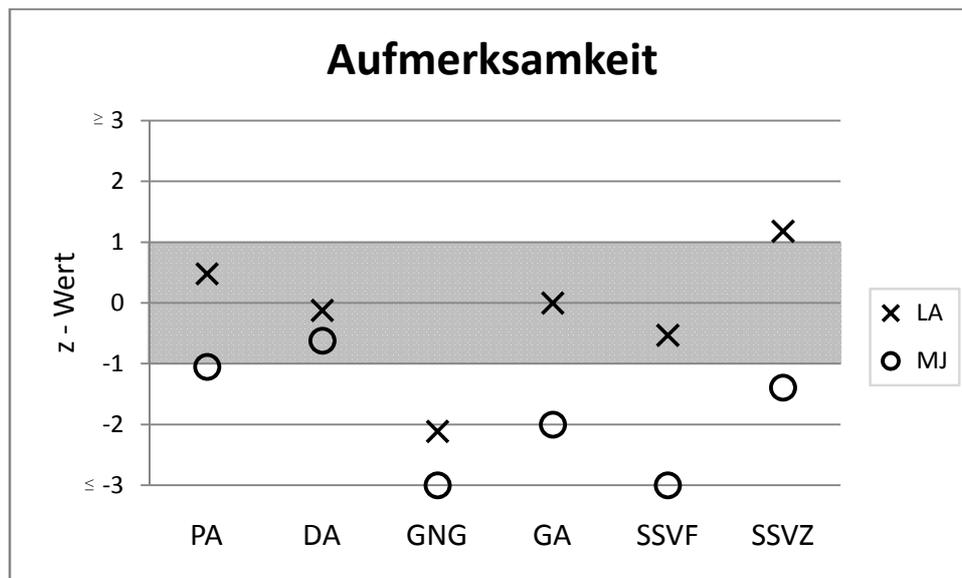


Abb. 6.2: Leistungen in den Aufmerksamkeitsstests

Die y-Achse repräsentiert die z-Werte im Bereich von -3 bis 3. Auf der x-Achse sind die einzelnen Subtests abgebildet. PA = phasische Alertness; DA = Daueraufmerksamkeit; GNG = Go/Nogo; GA = geteilte Aufmerksamkeit; SSVF = Fehler im Shifting Set Visual; SSVZ = Reaktionszeit im Shifting Set Visual. Der grauunterlegte Bereich zwischen 1 und -1 stellt den definierten Normbereich dar. Werte, die diesen Bereich unter- oder überschreiten, sind als unter- bzw. überdurchschnittlich zu bewerten. Ab einem z-Wert von -3 sind die Leistungen stark unterdurchschnittlich.

Zusammenfassend weist MJ ein klinisch bedeutsames Aufmerksamkeitsdefizit auf. Die Aufmerksamkeitsleistungen der Probandin LA sind hingegen als unauffällig zu werten.

6.3 Blickbewegungen des Lesens

Die Ergebnisse der räumlichen und zeitlichen Parameter der Blickbewegungsmessung werden im Folgenden dargestellt (Abb. 6.3). Die durchschnittliche initiale Landeposition der Normgruppe liegt zwischen dem zweiten und dritten Buchstaben (2,53; SD = 0,52). Während MJ ein Wort bereits vor dem ersten Buchstaben (0,75; $z = -3,44$) fixiert, landet LA im Durchschnitt auf dem zweiten Buchstaben eines Wortes ($z = -1,02$). Im Vergleich mit der Norm fixieren beide Probanden ein Wort erstmalig weiter links. Die Wahrscheinlichkeit, dass MJ ein Wort fixiert liegt bei 67%, was einem z-Wert von -3,44 entspricht. Somit fixiert er ein Wort deutlich seltener als die Normgruppe, deren Wahrscheinlichkeit bei 96% (SD = 0,86) liegt. Probandin LA weist eine der Norm entsprechende Fixationswahrscheinlichkeit von 91% ($z = -0,58$) auf. Die Wahrscheinlichkeit, dass sie ein bereits fixiertes Wort erneut fixiert, liegt bei 82% ($z = -1,98$) und ist somit im Vergleich mit der Norm (44%, SD = 0,09) deutlich

erhöht. Da MJ insgesamt sehr selten fixiert, ist es nicht verwunderlich, dass auch die Refixationswahrscheinlichkeit mit einem Wert von 33% ($z = 0,57$) nicht erhöht ist. Die Normgruppe legt eine durchschnittliche Sakkadenamplitude von 6,18 Zeichen ($SD = 1,26$) zurück. Die Amplitude beider Probanden ist im Vergleich hiermit deutlich verkürzt. So umfassen die Blicksprünge von MJ 3,16 Zeichen ($z = -2,4$) und LA überspringt 4,02 ($z = -1,72$) Zeichen bis zur nächsten Fixation. Auch die regressiven Sakkadenamplituden sind bei den dyslektischen Lesern verkürzt. Während die Normgruppe im Durchschnitt 3,6 Zeichen ($SD = 1,01$) zurückspringt, beträgt diese Amplitude bei MJ 2,5 ($z = -1,15$) und bei LA 1,8 ($z = 1,85$) Zeichen. Normale Leser fixieren im Durchschnitt 1,6-mal innerhalb eines Blicks ($SD = 0,35$). Dass die Anzahl der Fixationen pro Blick bei LA erhöht ist (2, $z = -1,13$), deckt sich mit der verkürzten Sakkadenamplitude. Da diese Amplitude auch bei MJ kürzer ist als die der Normgruppe, ist die im Normbereich liegende Anzahl der Fixationen pro Blick (1,5, $z = 0,29$) erstaunlich. Dieser Wert lässt sich jedoch mit der geringen Fixations- und Refixationswahrscheinlichkeit dieses Probanden vereinbaren.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Probanden MJ und LA in Bezug auf die zeitlichen Blickbewegungsparameter initiale Fixationsdauer, Blickzeit und Gesamtlesezeit dargestellt. Die durchschnittliche initiale Fixationsdauer der Normgruppe beträgt 287,53 ms ($SD = 51,48$). Von diesem Wert weicht sowohl MJ als auch LA deutlich ab, indem sie deutlich länger fixieren. Während eine initiale Fixation bei MJ im Durchschnitt 373 ms ($z = -1,66$) dauert, fixiert LA durchschnittlich 481 ms ($z = -3,76$). Bei Betrachtung der durchschnittlichen Blickzeit, kann bei der Normgruppe ein Wert von 422,29 ms ($SD = 100,42$) festgelegt werden. Beide Probanden weichen hiervon in Form deutlich verlängerter Blickzeiten ab. So entsprechen die durchschnittlichen Werte der Blickzeit der Probanden MJ (816 ms) und LA (961,2 ms) einem z -Wert von -3,92 respektive -5,37. Dass die Refixationswahrscheinlichkeit bei MJ nicht erhöht und die Fixationswahrscheinlichkeit gering ist, zeigt, dass die ausgeführten Fixationen und Refixationen von sehr langer Dauer sind. Verglichen mit der Normgruppe zeigen beide Probanden ebenfalls stark erhöhte Werte in Bezug auf die Gesamtlesezeit. Mit 1.174,4 ms ($z = -3,91$) bzw. 1.722 ms ($z = -7,54$) weichen die Probanden LA respektive MJ deutlich von der Norm (583,82 ms; $SD = 150,96$) ab. Die Differenz zwischen den Werten der Gesamtlesezeit und der Blickzeit macht die Fixationszeiten, die auf eine Regression folgen, sichtbar. Während diese bei LA im Durchschnitt 213,2 ms dauern, fixiert MJ nach einer Regression 906 ms.

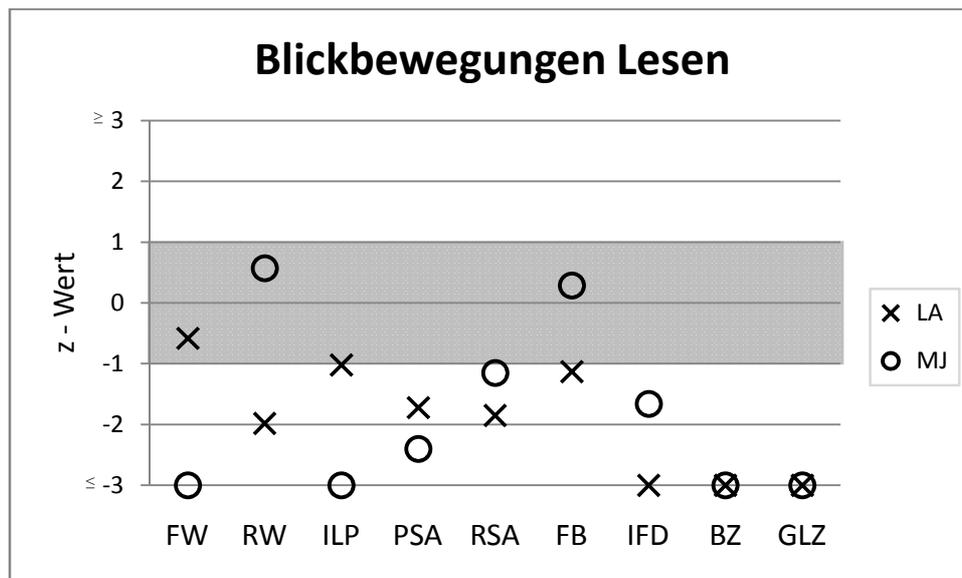


Abb. 6.3: Blickbewegungen während des Lesens

Die y-Achse repräsentiert die z-Werte im Bereich von -3 bis 3. Auf der x-Achse sind die einzelnen Subtests abgebildet. FW = Fixationswahrscheinlichkeit; RW = Refixationswahrscheinlichkeit; ILP = initiale Landeposition; PSA = progressive Sakkadenamplitude; RSA = regressive Sakkadenamplitude; FB = Fixationen pro Blick; IFD = initiale Fixationsdauer; BZ = Blickzeit; GLZ = Gesamtlesezeit. Der grauunterlegte Bereich zwischen 1 und -1 stellt den definierten Normbereich dar. Werte, die diesen Bereich unterschreiten, sind als unterdurchschnittlich zu bewerten. Ab einem z-Wert von -3 sind die Leistungen stark unterdurchschnittlich.

6.4 Blickbewegungen des Scannings

Analog zur Analyse der Blickbewegungsdaten des Lesens werden nun die Ergebnisse der Scanning-Aufgabe in Bezug auf die räumlichen und zeitlichen Parameter beschrieben (Abb. 6.4). Die initiale Fixationsposition der nicht-lexikalischen Aufgabe liegt bei der Gruppe normaler Leser auf Buchstabenposition 3 (SD = 0,66) und verschiebt sich somit im Vergleich mit der Leseaufgabe nach rechts. Auch die Probanden LA und MJ fixieren ein Landolt-Wort initial weiter rechts als beim Lesen. Während die Landolt-Werte von LA in Bezug auf die initiale Landeposition (3,71; $z = 1,08$) im Normbereich liegen, sind diese bei MJ nach links verschoben (2,14; $z = -1,31$). Die Fixationswahrscheinlichkeit eines Landolt-Wortes (81,5%, SD = 0,2) ist bei der Normgruppe geringer als die während der Leseaufgabe. Das gleiche Fixationsverhalten ist bei der Probandin LA zu beobachten, die ein Landolt-Wort mit einer Wahrscheinlichkeit von 81% ($z = -0,02$) fixiert. Ein umgekehrter Effekt lässt sich bei MJ feststellen. Während er in der Leseaufgabe sehr selten fixiert, liegt die Fixationswahrscheinlichkeit eines Landolt-Wortes bei 97% ($z = 0,79$). Für den Parameter der Refixationswahrscheinlichkeit ergibt sich das gleiche Bild. Auch diese ist bei normalen

Lesern (23%, SD = 0,21) und bei LA (15%, $z = 0,4$) während der Landolt-Anforderung geringer als während des Lesens. MJ refixiert ein Wort hingegen mit einer normabweichenden 53-prozentigen Wahrscheinlichkeit ($z = -1,44$) und refixiert beim Scanning somit häufiger als während der Leseaufgabe. Die Analyse der progressiven Sakkadenamplitude ergibt ebenfalls Auffälligkeiten für dem Probanden MJ. Normale Leser legen eine durchschnittliche progressive Sakkadenamplitude von 8,6 Zeichen (SD = 2,29) zurück und machen folglich während der Landolt-Aufgabe größere Blicksprünge als beim Lesen. Im Vergleich mit den Daten der Sakkadenamplitude des Lesens springt auch LA während des Scannings weiter (11,3, $z = 1,16$). Die Amplitude der Blicksprünge des Probanden MJ umfasst 5,8 Zeichen ($z = -1,24$) und ist somit im Vergleich mit den Lesedaten ebenfalls verlängert. Bezogen auf die Normgruppe der Landolt-Aufgabe ist der Wert jedoch als unterdurchschnittlich zu werten. Auch Sakkaden, die entgegen der Leserichtung erfolgen, sind bei der Landolt-Anforderung sowohl bei den normal lesenden Kindern als auch den klinischen Probanden im Vergleich mit der Leseaufgabe verlängert. Analog zu den progressiven Sakkadenamplituden springt die Probandin LA (7,6, $z = 0,88$) etwas weiter und MJ (3,6, $z = -0,92$) etwas weniger zurück als die Normgruppe (5,7, SD = 2,22). Die Anzahl Fixationen innerhalb eines Blicks ist sowohl bei der Normgruppe (1,31, SD = 0,28) als auch bei LA (1,19, $z = 0,44$) im Vergleich zur Leseaufgabe geringer während des Scannens. MJ hingegen fixiert beim Scanning (1,76, $z = -1,6$) häufiger als beim Lesen und weicht von der Norm der Landolt-Aufgabe ab. Da sowohl die progressive als auch regressive Sakkadenamplitude bei MJ verkürzt und die Fixationswahrscheinlichkeit erhöht sind, ist die erhöhte Anzahl der Fixationen pro Blick nicht verwunderlich.

Im Folgenden werden die Ergebnisse in Bezug auf die zeitlichen Blickbewegungsparameter für die nicht-lexikalische Aufgabe beschrieben. Die initiale Fixationsdauer der Normgruppe beträgt während des Scannings im Durchschnitt 267,55 ms (SD = 49,04) und ist somit im Vergleich mit der Leseaufgabe verkürzt. LA und MJ zeigen bei der sprachfreien Anforderung ebenfalls kürzere initiale Fixationszeiten. So fixiert LA ein Landolt-Wort durchschnittlich 254,29 ms ($z = 0,27$) und liegt folglich im Normbereich. MJ weist mit einer Fixationsdauer von 319,45 ms ($z = -1,06$) einen leicht unterdurchschnittlichen Wert auf. Auch die Blickzeit ist bei sowohl der Normgruppe als auch den klinischen Probanden im Vergleich mit der Leseaufgabe verkürzt. Während die Blickzeit der Probandin LA (306,86 ms, $z = 0,35$) nicht von der Norm (341,06 ms; SD = 96,35) abweicht, ist diese bei MJ (506,48; $z = -1,72$) erhöht. Die durchschnittliche Gesamtblickzeit der Normgruppe beträgt 427,52 ms (SD = 161,42). Dass diese Dauer im Vergleich zur Leseaufgabe verkürzt ist, lässt sich auch bei LA und MJ

finden. Da der Proband MJ auch nach einer Regression deutlich länger fixiert (762,48 ms; $z = -2,08$), weicht die Gesamtlesezeit deutlich von der Norm ab. LA hingegen liegt mit einem Wert von 364,38 ms ($z = 0,39$) im Normbereich.

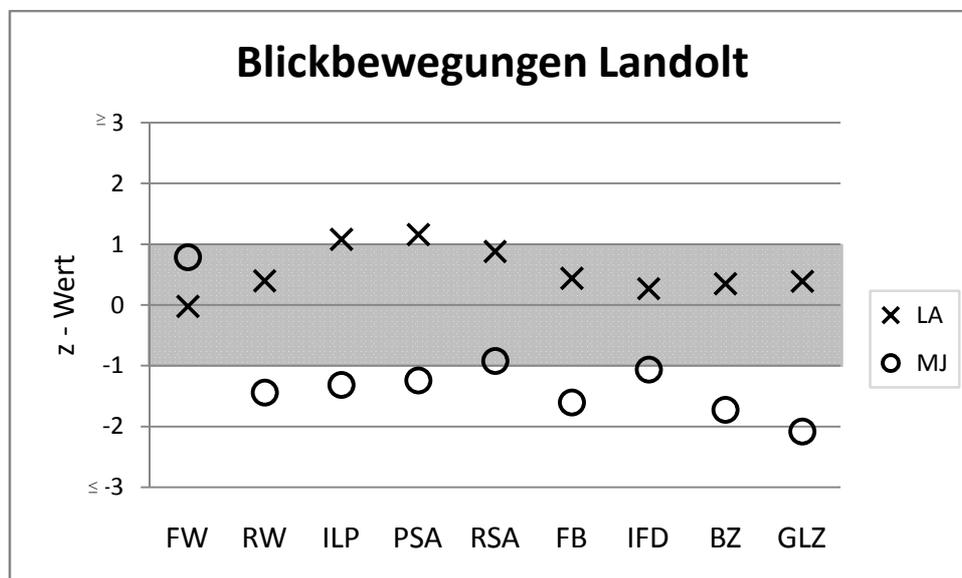


Abb. 6.4: Blickbewegungen während der Bearbeitung der Landolt-Aufgabe

Die y-Achse repräsentiert die z-Werte im Bereich von -3 bis 3. Auf der x-Achse sind die einzelnen Subtests abgebildet. FW = Fixationswahrscheinlichkeit; RW = Refixationswahrscheinlichkeit; ILP = initiale Landeposition; PSA = progressive Sakkadenamplitude; RSA = regressive Sakkadenamplitude; FB = Fixationen pro Blick; IFD = initiale Fixationsdauer; BZ = Blickzeit; GLZ = Gesamtlesezeit. Der grauunterlegte Bereich zwischen 1 und -1 stellt den definierten Normbereich dar. Werte, die diesen Bereich unter- oder überschreiten, sind als unter- bzw. überdurchschnittlich zu bewerten.

Zusammenfassend sind die Blickbewegungen beider Probanden während der Bearbeitung der Leseaufgabe im Vergleich mit normalen Lesern abweichend. Die Analyse der Blickbewegungen bei Bearbeitung der Landolt-Aufgabe ergab ein gänzlich anderes Bild. Bei dieser Anforderung lagen die Werte von LA in Bezug auf alle Parameter im durchschnittlichen Bereich. Bis auf den räumlichen Parameter der Fixationswahrscheinlichkeit und der regressiven Sakkadenamplitude waren alle weiteren Parameter bei MJ unterdurchschnittlich.

7 DISKUSSION

Das Ziel der vorliegenden Studie bestand in der Beantwortung zweier Fragen, die für die Dyslexieforschung von zentraler Bedeutung sind. Zum einen sollte geklärt werden, ob veränderte Blickbewegungen bei Kindern mit Entwicklungsdyslexie als Ursache oder Folge der Lesestörung zu werten sind; zum anderen sollte der Einfluss der Aufmerksamkeitssteuerung auf die Blickbewegungen während des Lesens überprüft werden. Zum Zweck der Beantwortung beider Fragestellungen wurden die Blickbewegungen der Probandin LA mit denen des Probanden MJ verglichen. Die Daten beider Probanden wurden zusätzlich einer Normgruppe gegenübergestellt. Während LA eine isolierte Entwicklungsdyslexie aufweist, zeigt MJ neben einer Entwicklungsdyslexie defizitäre Aufmerksamkeitsleistungen. Die Blickbewegungen beider Kinder wurden während des Lesens und einer nicht-lexikalischen Aufgabe in Bezug auf räumliche und zeitliche Parameter untersucht. Die Blickbewegungen beim Lesen wichen im Vergleich mit der Normgruppe bei beiden Probanden ab. Deutlich erhöhte Werte ließen sich vor allem bei den zeitlichen Parametern finden. Die Analyse der Blickbewegungen des Scannings zeigt hingegen, dass nur Proband MJ unterdurchschnittliche Werte aufwies.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie konnten bisherige Forschungsergebnisse in Bezug auf die Blickbewegungen von Kindern mit Entwicklungsdyslexie beim Lesen replizieren. Die von sowohl Rayner (1998) als auch Hutzler & Wimmer (2003) beschriebene erhöhte Anzahl an Fixationen konnte auch bei der Probandin LA festgestellt werden. Die Tatsache, dass diese Abweichung bei MJ nicht zu finden ist, deckt sich mit der deutlich geringeren Fixationswahrscheinlichkeit eines Wortes. So sind bei MJ sehr viele Wortauslassungen zu beobachten. Diese Beobachtung widerspricht der Annahme von De Luca et al. (1999), die bei Kindern mit Entwicklungsdyslexie von einer geringeren Wahrscheinlichkeit ausgehen, ein Wort zu überspringen. Da mehrfach nachgewiesen werden konnte, dass vor allem kurze, sowie hochfrequente und aus dem Satzkontext vorhersehbare Wörter beim Lesen übersprungen werden (Balota, Pollatsek & Rayner, 1985; Binder, Pollatsek & Rayner, 1999; Ehrlich & Rayner, 1981; Rayner et al., 2001; Rayner & Well, 1996; Schustack, Ehrlich & Rayner, 1987) lässt die Betrachtung des verwendeten kontrollierten Satzmaterials vermuten, dass der Proband MJ diese Wörter nicht aufgrund eines parafoveal preview benefit auslässt. Es ist vielmehr wahrscheinlich, dass die Fixationswahrscheinlichkeit von MJ zu gering ist, um die Textinformation zu verarbeiten. Aufgrund der Ergebnisse von Hutzler & Wimmer (2003) wäre eine erhöhte Refixationswahrscheinlichkeit zu erwarten gewesen. Im Falle von LA ist

diese Annahme zutreffend, MJ hingegen refixiert seltener als der Durchschnitt der Norm. Auch wenn die Werte des Probanden noch im Normbereich liegen, ist dieses Ergebnis als auffällig zu werten, da eine erfolgreiche Sprachverarbeitung auf diese Weise wahrscheinlich nicht gewährleistet ist. Dass die Amplitude progressiver und regressiver Sakkaden bei beiden Probanden im Vergleich mit der Norm deutlich verkürzt ist, lässt auf eine insgesamt erhöhte Anzahl an Blicksprüngen schließen. Dies bestätigt das Ergebnis von Stark et al. (1991). Ebenfalls auffällige Werte lassen sich bei beiden Probanden in Bezug auf die initiale Landeposition im Wort finden. So ist diese im Vergleich mit der Normgruppe nach links verschoben. Diese Beobachtung in Verbindung mit der verkürzten Sakkadenamplitude ist mit einer segmentalen Lesestrategie der beiden Probanden zu erklären, die auch während der Durchführung der begleitdiagnostischen Lesetests festgestellt wurde. Erwartungsgemäß wurden bei allen zeitlichen Parametern erhöhte Werte bei den Probanden MJ und LA festgestellt. Die verlängerten initialen Fixationszeiten entsprechen den Ergebnissen von Hutzler & Wimmer (2003) und Stark et al. (1991). Da die zeitlichen Parameter Auskunft über die Dauer der orthographischen, morphologischen, phonologischen und semantischen Informationsverarbeitung geben (Rayner, 1998), sind die erhöhten Fixationszeiten mit Schwierigkeiten in der sprachlichen Textverarbeitung zu erklären (Funke, 2006; Rayner & Pollatsek, 1987; Weingarten, 2000). Die erhöhten Werte der Blickzeit beider Probanden resultieren aus den verlängerten Fixations- und Refixationszeiten. Auch wenn keine Daten zur Refixationsdauer vorliegen, lassen die Angaben zur Blickzeit auf erhöhte Werte dieser Dauer schließen. Da die Refixationswahrscheinlichkeit eines Wortes des Probanden MJ im Normbereich liegt, die Blickzeit jedoch deutlich verlängert ist, wird deutlich, dass die Dauer der Refixationen sehr lang sein muss. Die noch stärker abweichende Gesamtlesezeit bei MJ lässt sich durch zusätzlich verlängerte Fixationszeiten, die auf Regressionen folgen, erklären. Aufgrund der Tatsache, dass die Gesamtlesezeit der Probandin LA weniger als die Blickzeit von der Norm abweicht, lässt annehmen, dass die auf eine Regression folgende Fixationszeit nicht erhöht ist. Dennoch ist der Parameter der Gesamtlesezeit auch bei dieser Probandin stark erhöht. Insgesamt weisen beide Probanden auffällige, d.h. von der Norm abweichende, Blickbewegungen beim Lesen auf. Dies stellt aufgrund bisheriger Forschungsergebnisse und der Gegebenheit einer Entwicklungsdyslexie ein zu erwartendes Resultat dar.

Unterschiede in der Blickbewegungskontrolle zwischen den beiden Probanden wurden hingegen bei der Bearbeitung der sprachfreien Landolt-Aufgabe erwartet. So konnte die Hypothese, dass lediglich bei dem Probanden mit Entwicklungsdyslexie und zusätzlichem Aufmerksamkeitsdefizit okulomotorische Abweichungen auftreten, bestätigt werden.

Probandin LA, die eine isolierte Entwicklungsdyslexie ohne Defizite in den Aufmerksamkeitsleistungen aufweist, zeigt in allen Blickbewegungsparametern unauffällige Werte. Dieses Resultat trägt zur Beantwortung der zentralen Fragestellung der vorliegenden Studie, ob die veränderten Blickbewegungen als Teilursache oder Folge der Entwicklungsdyslexie zu werten sind, maßgeblich bei. Wären die Abweichungen Teilursache der Dyslexie, hätten diese bei sowohl der sprachlichen als auch nicht-sprachlichen Anforderung festgestellt werden müssen. Da die auffälligen Blickbewegungen bei LA lediglich bei der Leseaufgabe auftreten, sind die dyslexiebedingten sprachlichen Verarbeitungsschwierigkeiten hierfür ursächlich. Für den Einzelfall LA konnte somit gezeigt werden, dass die abweichenden Blickbewegungen die Folge der Entwicklungsdyslexie darstellen. Ein Vergleich der beiden Probanden mit unterschiedlichem Störungsbild bietet Erklärungsansätze für den Einfluss der Aufmerksamkeitssteuerung beim Lesen. MJ weist nicht nur bei Bearbeitung der sprachlichen, sondern auch der nicht-sprachlichen Aufgabe auffälligen Blickbewegungen auf. Die Frage nach der Ursache-Folge-Relation konnte für diesen Einzelfall nicht eindeutig geklärt werden. So ist hier nicht auszuschließen, dass die abweichenden Blickbewegungen eine Teilursache der Entwicklungsdyslexie darstellen. Die Beantwortung der Frage wird durch die zusätzlichen Defizite in der Aufmerksamkeit bei MJ erschwert. Wären die okulomotorischen Auffälligkeiten auch bei MJ als Folge der Leseschwierigkeiten zu werten, so wären bei diesem Probanden stärkere Abweichungen aufgrund der defizitären Aufmerksamkeit während der Leseaufgabe im Vergleich mit LA anzunehmen. Dass jedoch keine bedeutsamen Unterschiede in den Blickbewegungsprofilen der Leseaufgabe festzustellen sind, deutet darauf hin, dass die okulomotorischen Abweichungen im Falle MJ ursächlich sind. Die Ergebnisse der Studie sprechen somit dafür, dass es keine einheitliche Antwort auf die Frage nach der Ursache-Folge-Beziehung gibt und Kinder mit Entwicklungsdyslexie demzufolge in zwei Gruppen einzuteilen sind. Auch Heim et al. (2008) unterscheidet Kinder mit Entwicklungsdyslexie, die rein sprachliche Defizite aufweisen, von Kindern mit zusätzlichen Defiziten in den Aufmerksamkeitsleistungen. Daher gilt es zu prüfen, ob letztgenannter Subtyp von Heim et al. (2008) jener Gruppe angehört, deren abweichenden Blickbewegungen als Teilursache der Entwicklungsdyslexie angenommen werden.

Die Betrachtung der Blickbewegungsdaten des Probanden MJ auf sprachfreier Ebene sollte zur Klärung des Aufmerksamkeitseinflusses auf die Blickbewegungen beitragen. Während der Bearbeitung von Aufgaben zum visuellen Scanning können bei Testpersonen ohne Aufmerksamkeitsdefizite pop-out-Effekte der Targetstimuli beobachtet werden (Quinlan, 2003).

Diesen Effekt konnten Zschornak & Zeschmann (2009) bei normal lesenden Kindern auf das Landolt-Paradigma abbilden. Auch die aufmerksamkeitsunauffällige Probandin LA ist in der Lage, den Targetstimulus aufgrund seiner einzigartigen Merkmale aus einer Reihe unbedeutender Stimuli zu identifizieren, ohne dabei die Aufmerksamkeit auf jeden Stimulus richten zu müssen. Die nach links verschobene initiale Landeposition, verkürzte Sakkadenamplitude und erhöhte Anzahl an Fixationen und Refixationen belegen, dass MJ ein sehr kleinschrittiges Scanningverhalten aufweist. Der Proband muss seine Aufmerksamkeit auf überdurchschnittlich viele Stimuli richten, da bei MJ kein pop-out-Effekt auftritt. Auch die Tatsache, dass der Proband ein Landolt-Wort mit einer sehr hohen Wahrscheinlichkeit fixiert, ergänzt diesen Befund. Bei der Leseaufgabe fiel MJ hingegen durch eine stark unterdurchschnittliche Fixationswahrscheinlichkeit auf. Eine wissenschaftlich fundierte Begründung für die Beobachtung einer Differenz zwischen der Fixationswahrscheinlichkeit während einer sprachlichen und sprachfreien Anforderung konnte in der Literatur nicht gefunden werden. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass dem Probanden MJ die Bearbeitung der Leseaufgabe aufgrund seiner Entwicklungsdyslexie schwerer fällt als die der Scanning-Aufgabe. Eine Begründung für die geringe Fixationswahrscheinlichkeit könnten die sprachlichen Defizite des Probanden sein, die eine sorgfältige Verarbeitung der Textinformation behindern. Dementsprechend führt die Abwesenheit der sprachlichen Informationen in der Landolt-Aufgabe dazu, dass MJ motiviert ist, die Targetstimuli durch ein intensives Absuchen zu lokalisieren. Sowohl bei Bearbeitung der Lese- als auch der Scanning-Aufgabe weist MJ deutlich verlängerte Verarbeitungszeiten auf. Diese Feststellung steht in Übereinstimmung mit Forschungsergebnissen von Facoetti et al. (2000b), Facoetti et al. (2003) und Hari et al. (2001), die eine verlangsamte Verschiebung der Aufmerksamkeit während nicht-sprachlicher Aufgaben bei Kindern mit Entwicklungsdyslexie belegen. Anzumerken ist jedoch, dass in diesen Studien Gruppen normal lesender Kinder mit Kindern mit Entwicklungsdyslexie verglichen und defizitäre Aufmerksamkeitsleistungen bei der Gruppeneinteilung nicht berücksichtigt wurden. Ihre Ergebnisse sprächen dafür, dass auch die Probandin LA erhöhte Werte der zeitlichen Parameter zeigen müsste. Die Tatsache, dass dies jedoch nicht zutrifft, verlangt eine Differenzierung in der Beurteilung dyslektischer Leser, die eine Berücksichtigung zusätzlicher Aufmerksamkeitsdefizite gewährleistet. Diese Forderung deckt sich mit der Einteilung dyslektischer Leser nach Heim et al. (2008). Die für die vorliegende Studie berücksichtigten Forschungsarbeiten zur visuell-räumlichen Aufmerksamkeit nahmen eine derartige Einteilung nicht vor. Auf Basis der vorliegenden Ergebnisse muss der Differenzierung der beiden dyslektischen Subtypen eine hohe Relevanz

zugewiesen werden. So könnten sie einen Erklärungsansatz dafür bieten, dass einige Kinder mit Entwicklungsdyslexie nicht von einem Training der Okulomotorik profitieren. Da die Probandin LA keine auffälligen Blickbewegungen während des Scannings zeigte, ist anzunehmen, dass sich ihre Leseleistungen nicht durch ein Training der okulomotorischen Kontrolle, sondern durch eine sprachlich orientierte Therapie verbessern würden. Bonilla-Warford & Allison (2004) fassen in ihrem Überblicksaufsatz Studien von 1940 bis 2001 zusammen, die den Effekt eines okulomotorischen Trainings auf die Lesefähigkeiten untersuchen. Obwohl sich ein solches Training insgesamt positiv auf die Leseleistungen auswirkt, profitieren nicht alle untersuchten Teilnehmer davon. Ein Training, welches sowohl okulomotorische als auch sprachliche Aspekte vereint, wird als effektivste Therapiemethode der Dyslexie bewertet. Die Ergebnisse einer groß angelegten Studie von Fischer & Hartnegg (2008) bieten neue Ansatzpunkte für die Diskussion der Effektivität eines Trainings der Blickbewegungen bei Kindern mit Entwicklungsdyslexie. In dieser Studie erhielten Kinder mit unterdurchschnittlichen Leseleistungen, die auffällige Blickbewegungen während der Bearbeitung eines sprachfreien optomotorischen Sakkadentests aufwiesen, ein Training. Verbesserungen bei dieser Anforderung konnten in 80% der Fälle festgestellt werden. Ein Drittel der trainierten Kinder zeigte sofort nach dem Training ohne zusätzliche Förderung Verbesserungen ihrer Leseleistung. Wurde eine sprachlich orientierte Therapie hinzugefügt, profitierten 50% der Kinder mit Entwicklungsdyslexie. Bezieht man diese Ergebnisse auf die beiden Einzelfälle der vorliegenden Studie, wäre LA aufgrund unauffälliger Blickbewegungen während der sprachfreien Aufgabe von dem okulomotorischen Training ausgeschlossen worden. MJ hingegen müsste der Gruppe von Kindern angehören, deren Leseleistungen sich durch die okulomotorische Förderung verbesserten. Dass nicht alle Trainingsteilnehmer hinsichtlich ihrer Leseleistung profitierten, obwohl diese auffällige Blickbewegungen während des sprachfreien Sakkadentests zeigten, lässt eine weitere Einflussgröße vermuten. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie, die aus der Landolt-Aufgabe hervorgehen, verdeutlichen die Bedeutung des Aufmerksamkeitseinflusses. In der Studie von Fischer & Hartnegg (2008) wurde dieser Faktor nicht berücksichtigt und könnte eine Erklärung für den prozentualen Anteil bieten, der nicht von dem okulomotorischen Training profitierte. Mit Hilfe des Untersuchungsinstruments der Studie wurden vermutlich größtenteils Kinder sichtbar gemacht, die auch in neuropsychologischen Aufmerksamkeitstests auffällige Leistungen aufweisen würden. Das Landolt-Paradigma geht hierüber hinaus, indem es leserelevante Prozesse der Blickbewegungen abbildet. So ist anzunehmen, dass jene Kinder, deren Leseleistungen sich bei Fischer & Hartnegg (2008)

nicht durch ein okulomotorisches Training verbesserten, in der vorliegenden Studie auffällige Aufmerksamkeitsleistungen bei unauffälligem Landolt-Profil zeigten. Erst ein Vergleich der Landolt-Daten mehrerer Kinder mit auffälligen Aufmerksamkeitsleistungen könnte diese Gruppe detektieren und so den genauen Zusammenhang zwischen der Aufmerksamkeitssteuerung und den Blickbewegungen bestimmen. Auch die modellgeleiteten Darstellungen der Blickbewegungen beim Lesen können diesen Zusammenhang nicht konkretisieren. Das E-Z-Reader Modell (Reichle et al., 1998) geht von einem Aufmerksamkeitsspotlight aus, das sich seriell von Wort zu Wort verschiebt. Die bei den Probanden MJ und LA während des Lesens festgestellten Regressionen und Refixationen widerlegen die Theorie einer seriellen Verarbeitung. Das Modell ist nicht in der Lage, Refixationen zu erklären, da die Sakkadenamplitude bereits vor Beginn der lexikalischen Verarbeitung festgelegt wird. Refixationen können jedoch erst initiiert werden, wenn festgestellt wird, dass es sich um ein schwer zu verarbeitendes Wort handelt. Dieser Parameter findet in den Modellen SWIFT (Engbert et al., 2002) und Glenmore (Reilly & Radach, 2002) Berücksichtigung, indem die Sakkadengenerierung erst nach Abschluss der lexikalischen Verarbeitung erfolgt. Die Tatsache, dass die Sprachverarbeitung innerhalb des Aufmerksamkeitsfensters stattfindet und maßgeblich zur Sakkadenplanung beiträgt, lässt den engen Zusammenhang zwischen Aufmerksamkeitssteuerung und Blickbewegungskontrolle erkennen. In der vorliegenden Studie konnte dies durch den Vergleich der Blickbewegungen von LA und MJ auf sprachfreier Ebene sichtbar gemacht werden. Da sprachliche Aspekte bei dieser Anforderung ausgeschlossen werden und LA keine Aufmerksamkeitsdefizite aufweist, entspricht die Sakkadenplanung dieser Probandin dem Muster normaler Leser. Die abweichenden Werte der Sakkadenamplitude und Refixationswahrscheinlichkeit, die während der Leseaufgabe bei LA festgestellt wurden, sind daher auf sprachliche Defizite zurückzuführen. In den diskutierten Modellen gilt eine erfolgreiche lexikalische Verarbeitung als Signal zur Sakkadengenerierung. Aufgrund der Abwesenheit dieses Signals innerhalb der sprachfreien Landolt-Aufgabe bleibt der Auslöser für eine Sakkade hierbei fraglich. Somit kann die Theorie der Leser-Modelle nicht vollständig auf das Landolt-Paradigma übertragen werden. Die Blickbewegungen des Probanden MJ werden beim Lesen sowohl durch Schwierigkeiten in der lexikalischen Verarbeitung als auch durch Defizite in der Aufmerksamkeit beeinträchtigt. Dass diese okulomotorischen Abweichungen auch bei Abwesenheit sprachlicher Informationen auftreten, verdeutlicht den engen Zusammenhang zwischen der Aufmerksamkeits- und Blickbewegungssteuerung.

Zusammenfassend konnten alle zuvor gestellten Hypothesen bestätigt werden. Bisherige Forschungsergebnisse in Bezug auf die Blickbewegungen von Kindern mit Entwicklungsdyslexie beim Lesen konnten repliziert und um weitere abweichende Parameter ergänzt werden. Ein Vergleich der Einzelfälle MJ und LA konnte auch die beiden weiteren Hypothesen verifizieren. So wichen die Blickbewegungen des Probanden MJ, als Kind mit Entwicklungsdyslexie und zusätzlichem Aufmerksamkeitsdefizit, bei der Landolt-Aufgabe ab. Die Blickbewegungen der aufmerksamkeitsunauffällige Probandin LA waren hingegen mit denen der Normgruppe vergleichbar. Anhand dieser Erkenntnisse konnten die beiden Kernfragen der vorliegenden Studie beantwortet werden. So konnten die abweichenden Blickbewegungen von Kindern mit Entwicklungsdyslexie als Folge der Leseschwierigkeiten herausgearbeitet werden. Auch die Frage nach dem Einfluss der Aufmerksamkeitssteuerung auf die Blickbewegungen wurde mit Hilfe der leseäquivalenten Scanning-Aufgabe visualisiert.

7.1 Kritische Anmerkungen

Rückblickend können einige Aspekte bezüglich der methodischen Umsetzung der Studie angemerkt werden. Die Untersuchung der Blickbewegungen, auf sowohl sprachlicher als auch sprachfreier Ebene, wurde bereits in der Studie von Zschornak & Zeschmann (2009) durchgeführt und kritisch evaluiert. Ein Kritikpunkt der Autoren bezog sich auf die geringe Kalibrierungsfrequenz während der Landolt-Aufgabe. In der vorliegenden Studie wurde daher mit einer erhöhten Frequenz im Abstand von je fünf Sätzen kalibriert. Die Datenanalyse bei Zschornak & Zeschmann (2009) beschränkte sich auf die vier wichtigsten Blickbewegungsparameter, die in der vorliegenden Studie um weitere fünf Parameter ergänzt wurden. Hierdurch konnte ein umfassenderes und detailliertes Bild der Blickbewegungen gewonnen werden. Während der Versuchsdurchführung und der Analyse der erhobenen Daten traten keine technische Schwierigkeiten auf, sodass hierdurch keine Probanden aus der Analyse ausgeschlossen werden mussten. Die Rekrutierung von Kindern mit Entwicklungsdyslexie gestaltete sich schwierig. So zeigten sich die gewählten Anlaufstellen zwar kooperativ, der Großteil der Zielgruppe befand sich jedoch im Diagnostik- und Therapieprozess. Nach eigenen Angaben der Eltern wurde die Belastung durch weitere Testverfahren für ihr Kind als zu groß eingeschätzt; in vielen Fällen bestand außerdem kein Bedarf an einer zusätzlichen Diagnose. Die Suche nach geeigneten Probanden wurde zusätzlich durch einen weiteren Aspekt erschwert. So schnitten fünf der rekrutierten

Probanden in mindestens zwei der neuropsychologischen Aufmerksamkeitsstests unterdurchschnittlich ab. Aufgrund der Tatsache, dass Dyslexie häufig mit komorbiden Aufmerksamkeitsdefiziten auftritt, war dies ein zu erwartendes Phänomen. Bei drei der Probanden ohne Aufmerksamkeitsdefizit konnte die Diagnose einer Dyslexie nicht verifiziert werden. Diese Kinder eigneten sich daher nicht für die Einzelfallanalyse. Letztendlich konnten zwei geeignete Einzelfälle gefunden werden, die individuell ausgewertet, miteinander und mit einer Normgruppe verglichen wurden. Das Ziel der vorliegenden Studie konnte mit einem Vergleich der Einzelfälle erreicht werden. Die Aussagekraft der Ergebnisse sollte jedoch durch einen entsprechenden Gruppenvergleich gesteigert werden.

7.2 Ausblick

In Übereinstimmung mit den genannten methodischen Einschränkungen wird eine Replikation der Studie anhand eines Gruppenvergleichs empfohlen. Dies hätte eine repräsentativere Verteilung der Probanden zur Folge. Hiermit stiege die Wahrscheinlichkeit, dass mehr Kinder mit isolierter Entwicklungsdyslexie vertreten wären und ein Vergleich dieser Gruppe mit Kindern mit Entwicklungsdyslexie in Kombination mit Aufmerksamkeitsdefiziten möglich wäre. Wie bereits diskutiert, sollte in einer Folgestudie überprüft werden, ob eine dritte Gruppe klinischer Probanden identifiziert werden kann. So wäre eine Gruppe von Kindern mit Entwicklungsdyslexie denkbar, die defizitäre Aufmerksamkeitsleistungen bei unauffälligem Landolt-Profil aufweisen. Auf diese Weise könnten fundierte Aussagen über den Einfluss der Aufmerksamkeitssteuerung auf die Blickbewegungen beim Lesen getroffen werden, indem bestimmte Aufmerksamkeitsbereiche mit den auffälligen Blickbewegungen in Zusammenhang gebracht werden. Interessant wäre eine Studie, die den Therapieeffekt des Landolt-Scanning mit entwicklungs-dyslektischen Probanden untersucht, die sowohl auffällige Aufmerksamkeitsleistungen als auch abweichende Blickbewegungen in der Landolt-Aufgabe aufweisen. Würde sich ein solches Training in geringeren Mittelwerten der Blickbewegungsparameter in der Leseaufgabe niederschlagen, wäre dies eine effektive Therapiemethode der Dyslexie für diese Gruppe. Die Ergebnisse dieser Therapieeffektstudie hätten zusätzlich weitreichende Konsequenzen für die Früherkennung von Risikokindern für eine Entwicklungsdyslexie. Die im Vorschulalter durchgeführten Screeningverfahren beschränken sich gemäß der im Vordergrund stehenden Ursachenhypothesen beinahe ausschließlich auf sprachliche Aspekte. Die nachweislich geringe prädiktive Validität verfügbarer Diagnoseverfahren (Hippmann, 2007; Rosenkötter, 2004)

bestätigt die Annahme, dass ein sprachbasiertes Diagnostikinstrument nicht ausreicht und somit ergänzt werden muss. So werden zu viele Kinder als Risikokinder eingestuft, die später keine Lese- Rechtschreibschwäche entwickeln. Bedeutend ist auch die hohe Anzahl der falsch Positiven, d.h. Kinder, die im Vorschulalter als nicht gefährdet eingestuft werden, später jedoch eine Lese-Rechtsschreibschwäche entwickeln. Bei nachweislichem Therapieeffekt des Landolt-Paradigmas bei entwicklungsdislektischen Kindern mit sowohl Aufmerksamkeitsdefiziten als auch auffälligem Landolt-Profil wäre eine Früherkennung von Risikokindern dieser Gruppe sinnvoll. Zu diesem Zweck müsste ein Vorschulscreening um eine Überprüfung der Blickbewegungen während der Landolt-Aufgabe und der Aufmerksamkeitsleistungen ergänzt werden. Auf diese Weise würden auch Risikokinder einer isolierten Entwicklungsdyslexie erfasst werden.

7.3 Klinische Relevanz

Eine vorschulische Differenzierung der Risikokinder, die in der nicht-sprachlichen Scanningaufgabe auffällige bzw. unauffällige Blickbewegungen aufweisen, hätte Auswirkungen auf die Therapie. Einerseits würde dies die Möglichkeit bieten, der Ausprägung der Dyslexie bereits im Vorschulalter präventiv entgegenzuwirken. Andererseits hätte die Differenzierung der Risikokinder auch eine Unterscheidung der Therapieinhalte zur Folge. Kinder, die ein Risiko für eine isolierte Lesestörung tragen, profitieren von einer rein sprachlich basierten Förderung. Die Therapie von Kindern, die durch die beschriebene Therapieeffektstudie nachweislich von einem okulomotorischen Training mit Hilfe des Landolt-Paradigmas profitieren, könnte neben der sprachlichen Förderung durch ein solches Training ergänzt werden. Zusätzlich zu den Konsequenzen für den Bereich der Frühförderung wirken sich die Ergebnisse der vorliegenden Studie auf die Diagnostik und Therapie entwicklungsbedingter Dyslexien aus. Ein Großteil der rekrutierten Probanden wies neben der Entwicklungsdyslexie Defizite in den Aufmerksamkeitsleistungen auf. Somit konnten zwei der von Heim et al. (2008) beschriebenen Subtypen identifiziert werden. Eine singuläre Ursache zu vermuten, scheint daher wenig aussichtsreich, und ein Diagnostikinstrument, das allein auf sprachlichen Faktoren beruht, reicht bei weitem nicht aus. Eine detaillierte und trennscharfe Erfassung und Deutung individueller Leistungsprofile sollte auf der Grundlage expliziter Modellen des Lese- und Schreibvorgangs erfolgen. Zusätzlich zeigen die Ergebnisse dieser Studie auf, dass eine Überprüfung der Aufmerksamkeitsleistungen eines Kindes durch Neuropsychologen sinnvoll ist. Auch für die Therapie von Kindern mit

Entwicklungsdyslexie ist eine interdisziplinäre Zusammenarbeit erforderlich. Aktuelle Therapiemethoden von Entwicklungsdyslexien basieren meist auf der Theorie eines sprachlichen Defizits und beschränken sich daher auf ein Training der phonologischen Bewusstheit (Ehri et al., 2001). Durch die Klärung der Ursache-Folge-Beziehung von Blickbewegungen und Entwicklungsdyslexie konnte der Stellenwert der logopädischen Therapie unterstrichen werden. Wären die abweichenden Blickbewegungen als Ursache der Leseschwierigkeiten beider Probanden identifiziert worden, erschiene ein okulomotorisches Training relevanter als sprachbasierte Methoden. Die Ergebnisse der Studie zeigen jedoch, dass die Abweichungen für den Einzelfall LA als Folge der Dyslexie und somit der sprachlichen Verarbeitungsschwierigkeiten zu werten sind. Für diesen erkannten Subtyp stellt die Behandlung der sprachlichen Defizite daher einen unabdingbaren Therapiebaustein dar. Eine Unterscheidung der Dyslexieformen und die Berücksichtigung von Aufmerksamkeitsdefiziten ist dringend erforderlich. Um eine ganzheitliche Förderung für Kinder mit Entwicklungsdyslexie und zusätzlichen Aufmerksamkeitsdefiziten zu gewährleisten, sollte neben einer logopädischen Therapie ein Aufmerksamkeits- bzw. Blickbewegungstraining durch Neuropsychologen erfolgen. Zusätzlich unterstreichen die Ergebnisse die Notwendigkeit einer Zusammenarbeit mit Lehrern, so dass defizitäre Aufmerksamkeitsleistungen legeschwacher Schüler auch innerhalb schulischer Maßnahmen berücksichtigt werden.

7.4 Fazit

Im Rahmen der vorliegenden Studie konnte auf Einzelfallebene gezeigt werden, dass es Kinder mit Entwicklungsdyslexie gibt, deren abweichende Blickbewegungen während des Lesens eine Folge der Leseschwierigkeiten darstellen. Der Vergleich der beiden Einzelfälle verdeutlicht, dass die Blickbewegungen von Kindern mit Entwicklungsdyslexie von ihren Aufmerksamkeitsleistungen beeinflusst werden. Das Landolt-Paradigma in Kombination mit einer vergleichenden Lesaufgabe stellt ein geeignetes Untersuchungsverfahren dar, mit dem mindestens zwei Subtypen der Entwicklungsdyslexie identifiziert werden können. Kinder mit isolierten sprachlichen Verarbeitungsschwierigkeiten können von Kindern mit zusätzlichen Defiziten in der Aufmerksamkeit und auffälligem Landolt-Profil differenziert werden. Die Unterscheidung verschiedener Subtypen sollte zukünftig in sowohl Diagnostik als auch Therapie von Kindern mit Entwicklungsdyslexie Berücksichtigung finden.

8 LITERATURVERZEICHNIS

- Baayen, R.H., Piepenbrock, R. & van Rijn, H. (1993). CELEX (CD-ROM). Linguistic Data Consortium. University of Pennsylvania, Philadelphia.
- Balota, D.A., Pollatsek, A. & Rayner, K. (1985). The interaction of contextual constraints and parafoveal visual information in reading. *Cognitive Psychology*, 17, 364–90.
- Balzert, H. (1998). Lehrbuch der Software-Technik. Bd.2. Software-Management, *Software-Qualitätssicherung, Unternehmensmodellierung*. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag. Verfügbar unter: [http://de.wikipedia.org/wiki/Validierung_\(Informatik\)](http://de.wikipedia.org/wiki/Validierung_(Informatik)) [Stand: 20.09.2009]
- Binder, K.S., Pollatsek, A. & Rayner, K. (1999). Extraction of information to the left of the fixated word in reading. *Journal of Experimental Psychology Human Perception and Performance*, 25, 1162-1172.
- Biscaldi, M., Fischer, B. & Aiple, F. (1994). Saccadic eye movements of dyslexic and normal reading children. *Perception*, 23, 45-64.
- Biscaldi, M., Gezeck, S. & Stuhr, V. (1998). Poor saccadic control correlates with dyslexia. *Neuropsychologica*, 36(11), 1189-1202.
- Biscaldi, M., Fischer, B. & Hartnegg, K. (2000). Voluntary saccadic control in dyslexia. *Perception*, 29, 509-521.
- Bonilla-Warford, N. & Allison, C. (2004). A review of the efficacy of oculomotor vision therapy in improving reading skills. *Journal of Optometric Vision Development*, 35(2), 108-115.
- Brandstötter, G. (2009). Phonologische Defizite sind stabile klinische Kennzeichen der Legasthenie. *LOGOS Interdisziplinär*, 17(1), 182-188.
- Brannan, J.R. & Williams, M.C. (1987). Allocation of visual attention in good and poor readers. *Percept Psychophys*, 41, 23–28.
- Brunsdon, R.K., Hannan, T.J., Coltheart, M. & Nickels, L. (2002). Treatment of lexical processing in mixed dyslexia: A case study. *Neuropsychological Rehabilitation*, 12, 385-418.
- Casco, C. & Prunetti, E. (1996). Visual search of good and poor readers: effects with targets having single and combined features. *Percept Mot Skills*, 82, 1155–1167.
- Casco, C., Tressoldi, P.E. & Dellantonio, A. (1998). Visual selective attention and reading efficiency are related in children. *Cortex*, 34, 531–546.

- Castles, A. & Coltheart, M. (1996). Cognitive correlates of developmental surface dyslexia: A single case study. *Cognitive Neuropsychology*, 13, 25–50.
- Castles, A., Datta, H., Gayan, J. & Olson, R. (1999). Varieties of developmental reading disorder: Genetic and environmental influences. *Journal of Experimental Child Psychology*, 72, 73-94.
- Castles, A. (2006). The dual route model and the developmental dyslexias. *London Review of Education*, 4, 49– 61.
- Cholewa, J., Heber, S., Hollweg, W. & Mantey, S. (2008). Die kognitive Neuropsychologie der Störungen des Schriftspracherwerbs. *Heilpädagogische Forschung*, 4, 174-191.
- Costard, S. (2007). *Störungen der Schriftsprache: Modellgeleitete Diagnostik und Therapie*. Stuttgart: Thieme Verlag.
- Corbetta, M. (1998). Frontoparietal cortical networks for directing attention and the eye to visual locations: Identical, independent, or overlapping neural systems? *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95(3), 831-838.
- Corbic, D., Glover, L. & Radach, R. (2007). The Landoldt-C string scanning task as a proxy for visuomotor processing in reading. A pilot study. Poster session presented at the 14th European Conference on Eye Movements in Potsdam.
- De Bleser, R., Cholewa, J., Stadie, N. & Tabatabaie, S. (2004). *LEMO. Lexikon modellorientierte Einzelfalldiagnostik bei Aphasie, Dyslexie und Dysgraphie*. München: Urban & Fischer Verlag.
- De Luca, M., Di Pace, E., Judica, A., Spinelli, D. & Zoccolotti, P. (1999). Eye movement patterns in linguistic and non-linguistic tasks in developmental surface dyslexia. *Neuropsychologia*, 37, 1407-1420.
- De Sonneville, L.M.J. (2000). *ANT 2.1 – Amsterdam Neuropsychological Tasks*. Amstelveen: Sonar.
- Deubel, H., O'Regan, J.K. & Radach, R. (2000). Attention, information processing, and eyemovement control. In: A. Kennedy, R. Radach, D. Heller & J. Pynte (Hrsg.), *Reading as a perceptual process*. North Holland Publishing Co.
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (1995). *Grundlagen der Messtechnik – Grundbegriffe*. Berlin: Beuth – Verlag GmbH. Verfügbar unter: http://de.wikipedia.org/wiki/DIN_1319 [Stand: 20.09.2009]
- Dilling, H., Mombour, W & Schmidt, M.H. (1993). *Internationale Klassifikation psychischer Störungen – ICD-10*. (2. Aufl.). Bern: Verlag Hans Huber.
- Dürrwächter, U. (2003). *Analyse der Blickbewegungen von Kindern mit einer Lese- und Rechtschreibstörung*. Dissertation an der Fakultät für Informations- und Kognitionswissenschaften, Erberhard-Karls-Universität, Tübingen.

- Eden, G.F., Stein, J.F., Wood, H.M. & Wood, F.B. (1994). Differences in eye movements and reading problems in dyslexic and normal children. *Vision Research*, 34, 1345-1358.
- Ehri, L., Nunes, S.R., Willows, D.M., Schuster, B.V., Yahhoub-Zadeh, Z. & Shanahan, T. (2001). Phonemic awareness instruction helps children learn to read: Evidence from the National Reading Panel's meta-analysis. *Reading Research Quarterly*, 36(3), 250-287.
- Ehrlich, S.F. & Rayner, K. (1981). Contextual effects on word perception and eye movements during reading. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*, 20, 641-655.
- Eleveld, M. (2005). *At risk for dyslexia: the role of phonological abilities, letter knowledge, and speed of serial naming in early intervention and diagnosis*. Dissertation, Rijksuniversiteit Groningen.
- Ellis, A. W. (1985). The cognitive neuropsychology of developmental (and acquired) dyslexia: A critical survey. *Cognitive Neuropsychology*, 2, 169-205.
- Engbert, R., Longtin, A. & Kliegl, R. (2002). A dynamical model of saccade generation in reading based on spatially distributed lexical processing. *Vision Research*, 42, 621-636.
- Engbert, R. & Kliegl, R. (2004). Complexity of eye movements in reading. *International Journal of Bifurcation and Chaos*, 14(2), 493-503.
- Engbert, R., Nuthmann, A., Richter, E.M. & Kliegl R. (2005). SWIFT: A Dynamical Model of Saccade Generation During Reading. *Psychology Review* 112(4), 777-813.
- Erlhagen, W. & Schöner, G. (2002). Dynamic Field Theory of Movement Preparation. *Psychological Review* 109(3), 545-572.
- Facoetti, A., Paganoni, P., Turatto, M., Marzola, V. & Mascetti, G.C. (2000a). Visual-spatial attention in developmental dyslexia. *Cortex*, 36, 109-123.
- Facoetti, A., Paganoni, P. & Lorusso, M.L. (2000b). The spatial distribution of visual attention in developmental dyslexia. *Exp Brain Res*, 132, 531-538.
- Facoetti, A. & Turatto, M. (2000). Asymmetrical visual fields distribution of attention in dyslexic children: A neuropsychological study. *Neurosci Lett*, 290, 216-218.
- Facoetti, A. & Molteni, M. (2001). The gradient of visual attention in developmental dyslexia. *Neuropsychologia*, 39, 352-357.
- Facoetti, A., Lorusso, M.L., Paganoni, P., Cattaneo, C., Galli, R. & Mascetti, G.C. (2003). The time course of attentional focusing in dyslexic and normally reading children. *Brain and Cognition*, 53, 181-184.
- Ferretti, G., Mazzotti, S. & Brizzolara, D. (2008). Visual scanning and reading ability in normal and dyslexic children. *Behavioural Neurology*, 19, 87-92.

- Findlay, J.M. & Walker, R. (1999). A model of saccadic eye movement generation based on parallel processing and competitive inhibition. *Behavioral and Brain Sciences*, 22, 6661- 6721.
- Fischer, B. & Hartnegg, K. (2008). Saccade control in dyslexia: Development, deficits, training and transfer to reading. *Optometry & Vision Development*, 39(4), 181-190.
- Fischer, B. & Weber, H. (1990). Saccadic reaction times of dyslexic and age-matched normal subjects. *Perception*, 19, 805-818.
- Funke, J. (2005). ATP Eye Tracking Lab, Psychologisches Institut Universität Heidelberg, Verfügbar unter:
<http://www.psychologie.uni-heidelberg.de/ae/allg/forschun/eyes/eyetracking.html>
[Stand: 20.09.2009]
- Funke, J. (2006). *Wenn Blicke sprechen. Ruperta Carola, 1.* Verfügbar unter:
<http://www.uniheidelberg.de/presse/ruca/ruca06-1/wenn.html> [Stand: 14.11.2009]
- Galaburda, A.M. (1999). Developmental dyslexia: A multilevel syndrome. *Dyslexia*, 5, 183-191.
- Goldenberg, G. (2007). *Neuropsychologie: Grundlagen, Klinik, Rehabilitation* (4.Auflage). München: Elsevier GmbH.
- Griffiths, Y.M. & Snowling, M. (2002). Predictors of exception word and nonword reading in dyslexic children: The severity hypothesis. *Journal of Educational Psychology*, 94, 34-43.
- Grizenko, N., Bhat, M., Schwartz, G., Ter-Stepanian, M. & Joobar, R. (2006). Efficacy of methylphenidate in children with attention-deficit hyperactivity disorder and learning disabilities: a randomized crossover trial. *Rev Psychiatr Neurosci*, 31(1), 46-51.
- Hari, R., Renvall, H. & Tanskanen, T. (2001). Left minineglect in dyslexic adults. *Brain*, 124, 1373-1380.
- Hayduk, S., Bruck, M. & Cavanagh, P. (1996). Low-level visual processing skills of adults and children with dyslexia. *Cogn Neuropsychol*, 13, 975-1015.
- Heim, S., Tschierse, J., Amunts, K., Wilms, M., Vossel, S., Willmes, K. et al. (2008). Cognitive subtypes of dyslexia. *Acta Neurobiologiae Experimentalis*, 68, 73-82.
- Hippmann, K. (2007). *Prädiktoren des Schriftspracherwerbs im Deutschen*. Unveröffentlichte Dissertation, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule, Aachen.
- Huestegge, S. (2005). *Entwicklung des dynamischen Leseverhaltens bei Grundschulkindern- Effekte von Wortlänge und Wortfrequenz auf Blickbewegungsparameter beim lauten Lesen*. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule, Aachen.
- Hutzler, F. & Wimmer, H. (2003). Eye movements of dyslexic children when reading in a regular orthography. *Brain and Language*, 89, 235-242.

- Hyönä, J. & Olson, R.K. (1995). Eye fixation patterns among dyslexic and normal readers: effects of word length and word frequency. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 21(6), 1430-1440.
- Hyönä, J. & Bertam, R. (2004). Do frequency characteristics of non-fixated words influence the processing of fixated words during reading? *European Journal of Cognitive Psychology*, 16 (1/2), 104-127.
- Iles, J., Walsh, V. & Richardson, A. (2000). Visual search performance in dyslexia. *Dyslexia*, 6, 163–177.
- Inhoff, A.W., Starr, M. & Shindler, K. (2000a). Is the processing of words during eye fixations in reading strictly serial? *Perception and Psychophysics*, 62(7), 1474-1484.
- Inhoff, A.W., Radach, R., Starr, M. & Greenberg, S. (2000b). Allocation of visuo-spatial attention and saccade programming during reading. In: A. Kennedy, R. Radach, D. Heller & J. Pynte (Hrsg.), *Reading as a perceptual process*. Elsevier.
- Inhoff, A.W., Eiter, B.M. & Radach, R. (2005). Time course of linguistic information extraction from consecutive words during eye fixations in reading. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 31(5), 979–995.
- Just, M.A. & Carpenter, P.A. (1980). A theory of reading: From eye fixations to comprehension. *Psychological Review*, 87(4), 329-354.
- Kennedy, A. (1998). The influence of parafoveal words on foveal inspection time: Evidence for a processing trade-off. In: G. Underwood (Hrsg.), *Eye guidance in reading and scene perception* (S. 149-223). Oxford, UK: Elsevier.
- Kennedy, A. (2000). Parafoveal processing in word recognition. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 53A, 429-455.
- Keulers, E.H., Hendriksen, J.G., Feron, F.J., Wassenberg, R., Wuisman-Frerker, M.G., Jolles et al. (2007). Methylphenidate improves reading performance in children with attention deficit hyperactivity disorder and comorbid dyslexia: an unblinded clinical trial. *European Journal of Paediatric Neurology*, 11, 21-28.
- Klicpera, C., Schabmann, A., & Gasteiger-Klicpera, B. (2007). *Legasthenie. Modelle, Diagnose, Therapie und Förderung*. (2. Auflage). München: Reinhardt.
- Landerl, K., Wimmer, H. & Moser, E. (2006). *SLRT Salzburger Lese- und Rechtschreibtest – Verfahren zur Differentialdiagnose von Störungen des Lesens und Schreibens für die 1. bis 4. Schulstufe*. (2. Aufl.). Bern: Huber.
- Lauth, G.W. & Schlottke, P.F. (2002). *Training mit aufmerksamkeitsgestörten Kindern*. Weinheim: Beltz-Verlag.
- Lenhard, W. & Schneider, W. (2006). *ELFE 1-6 - Ein Leseverständnistest für Erst- bis Sechstklässler*. Göttingen: Hogrefe.

- Lewis, C., Hitch, G.J. & Walker, P. (1994). The Prevalence of Specific Arithmetic Difficulties and Specific Reading Difficulties in 9- to 10-year-old Boys and Girls. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 35(2), 283-292.
- Lovegrove, W.J., Garzia, R.P. & Nicholson, S.B. (1990). Experimental evidence for a transient system deficit in specific reading disability. *American Optometric Association Journal*, 61, 137-146.
- Manis, F.R., Seidenberg, M.S., Doi, L.M., McBride-Chang, C. & Petersen, A. (1996). On the bases of two subtypes of developmental dyslexia. *Cognition*, 58, 157-195.
- Marzocchi, G.M., Oosterlaan, J., Zuddas, A., Cavolina, P., Geurts, H., Redigolo, D. et al. (2008). Contrasting deficits on executive functions between ADHD and reading disabled children. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 49(5), 543-552.
- McConkie, G.W. & Rayner, K. (1975). The span of the effective stimulus during a fixation in reading. *Perception & Psychophysics*, 17, 578-586.
- McConkie, G.W., Reddix, M. & Zola, D. (1992). Perception and cognition in reading: Where is the meeting point. In: K. Rayner (Hrsg.), *Eye Movements and Visual Cognition: Scene perception and reading* (S. 293-303). New York: Springer.
- Morrison, R.E. (1984). Manipulations of stimulus onset delay in reading: Evidence for parallel programming of saccades. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 10, 667-682.
- Morton, J. (2004). *Understanding developmental disorders. A causal modelling approach*. Oxford: Blackwell.
- Nuthmann, A. & Engbert, R. (2009). Mindless reading revisited: An analysis based on the SWIFT model of eye-movement control. *Vision Research*, 49, 322-336.
- O'Regan, J.K. (1990). Eye movements and reading. In: E. Kowler (Hrsg.), *Reviews of Oculomotor research*, 4. *Eye movements and their role in visual and cognitive Processes* (S. 395-453). Amsterdam: Elsevier.
- O'Regan, J.K. & Lévy-Schoen, A. (1987). Eye movement strategy and tactics in word recognition and reading. In: M. Coltheart (Hrsg.), *Attention and Performance XII: The Psychology of reading*. Erlbaum: London.
- Posner, M.I. (1980). Orienting of attention. *Q J Exp Psychol*, 33, 3-25.
- Prosiegel, M. & Böttger, S. (2007). *Neuropsychologische Störungen und ihre Rehabilitation* (4. Aufl.). München: Richard Pflaum Verlag GmbH & Co.KG.
- Quinlan, P.T. (2003). Visual feature integration theory: Past, present and future. *Psychol Bull*, 129, 643-673.

- Radach, R. (1996). *Blickbewegungen beim Lesen. Psychologische Aspekte der Determination von Fixationspositionen*. Münster: Waxmann.
- Radach, R., Heller, D. & Huestegge, L. (2002). Blickbewegungen beim Lesen: neueste Entwicklungen und Ansatzpunkte für die Legasthenieforschung. In: G. Schulte-Körne (Hrsg.), *Legasthenie und Rechenstörung. Aktuelle Ergebnisse aus Praxis und Forschung* (S. 2-31). Bochum: Winkler-Verlag.
- Radach, R. & Kennedy, A. (2004). Theoretical perspectives on eye movement in reading: Past controversies, current issues, and an agenda for future research. *European Journal of Cognitive Psychology*, 16, 3-26.
- Ramus, F., Rosen, S., Dakin, S., Day, B., Castellote, J., White, S. et al. (2003). Theories of developmental dyslexia: Insights from a multiple case study of dyslexic adults. *Brain*, 126, 841–865.
- Rayner, K. (1995). Eye movements and cognitive processes in reading, visual search and scene perception. In: J.M. Findlay, R. Walker & R.W. Kentridge (Hrsg.), *Eye movement research: Mechanisms, processes and applications* (S. 3-22). Amsterdam: North Holland.
- Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, 3, 372-422.
- Rayner, K., Sereno, S.C. & Raney, G.E. (1996). Eye movement control in reading: A comparison of two types of models. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 22(5), 1188-1200.
- Rayner, K. & Well, A. D. (1996). Effects of contextual constraint on eye movements in reading: A further examination. *Psychonomic Bulletin and Review*, 3, 504– 509.
- Rayner, K., Binder, K.S., Ashby, J. & Pollatsek, A. (2001). Eye movement control in reading: Word predictability has little influence on initial landing positions in words. *Vision Research*, 41, 943–954.
- Rayner, K. & Pollatsek, A. (1987). Eye movements in reading: A tutorial review. In: M. Coltheart (Hrsg.), *Attention and Performance XII: The Psychology of reading* (S. 327-362). Erlbaum: London.
- Reichle, E.D., Pollatsek, A., Fisher, D.L. & Rayner, K. (1998). Toward a model of eye movement control in reading. *Psychological Review*, 105, 125-157.
- Reichle, E.D., Rayner, K. & Pollatsek, A. (2003). The E-Z Reader Model of eye movement control in reading: comparisons to other models. *Behavioural and brain sciences*, 26, 445-526.
- Reichle, E.D., Pollatsek, A. & Rayner, K. (2006). E–Z Reader: A cognitive-control, serial attention model of eye-movement behavior during reading. *Cognitive Systems Research*, 7, 4-22.

- Reilly, R.G. & Radach, R. (2002). Glenmore: An interactive Activation Model of Eye Movement Control in Reading. *Neural Information Processing, Proceedings of the 9th International Conference on Neural Information Processing (ICONIP'02)*, 3, 1194-1200.
- Reilly, R.G. & Radach, R. (2006). Some empirical tests of an interactive activation model of eye movement control in reading. *Cognitive Systems Research*, 7, 34–55.
- Reiter, A., Tucha, O. & Lange, K.W. (2005). Executive functions in children with dyslexia. *Dyslexia*, 11, 116-131.
- Rosenkötter, H. (2004). Studie zur Früherkennung von Legasthenie. *Forum Logopädie*, 18, 6-13.
- Rötting, M. (2001). *Parametersystematik der Augen- und Blickbewegungen für arbeitswissenschaftliche Untersuchungen*. Aachen: Shaker.
- Rüsseler, J.(2006). Neurobiologische Grundlagen der Lese-Rechtschreib-Schwäche Implikationen für Diagnostik und Therapie. *Zeitschrift für Neuropsychologie*, 17(2), 101-111.
- Schmitt, C. (2005). *Blickbewegungen beim Lesen im Kindesalter: Effekte von Lesemodus und Leseaufgabe*. Diplomarbeit im Studienfach Diplom-Psychologie am Institut für Psychologie der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule, Aachen.
- Schulte-Koerne, G. & Remschmidt, H. (2003). Legasthenie - Symptomatik, Diagnostik, Ursachen, Verlauf und Behandlung. *Deutsches Ärzteblatt*, 100(7), 396-406.
- Schustack, M.W., Ehrlich, S.F. & Rayner, K. (1987). The complexity of contextual facilitation in reading: Local and global influences. *Journal of Memory and Language*, 26, 322– 340.
- Shaywitz, S.E., Shaywitz, B.A., Fletcher, J.M. & Escobar, M.D. (1990). Prevalence of reading disability in boys and girls. *Journal of the American Medical Association*, 264, 998-1002.
- Sireteanu, R., Goertz, R., Bachert, I. & Wandert, T. (2005). Children with dyslexia show a left visual „minineglect“. *Vision Research*, 45, 3075-3082.
- Sireteanu, R., Goebel, C., Goertz, R. & Wandert, T. (2006). Do children with developmental dyslexia show a selective visual attention deficit? *Strabismus*, 14, 85-93.
- Skottun, B.C. (2000). The magnocellular deficit theory of dyslexia: The evidence from contrast sensitivity. *Vision Research*, 40, 111–127.
- Skottun, B.C. & Parke, L.A. (1999). The possible relationship between visual deficits and dyslexia: Examination of a critical assumption. *Journal of Learning Disabilities*, 32, 2–5.
- SR Research Ltd. (Copyright 2001-2004). EyeLink II (Version 2.11). Mississauga, Ontario, Canada.

- Stark, L.W., Giveen, S.C. & Terdiman, J.F. (1991). Specific dyslexia and eye movements. In: J.F. Stein, (Hrsg.), *Vol. 13: Vision and visual dysfunction* (S. 203-232). Boston: CRC Press.
- Starr, M. & Inhoff, A. (2004). Attention allocation on the right and left of a fixated word: Use of orthographic information from multiple words during reading. *European Journal of Cognitive Psychology*, *16*(1/2), 203-225.
- Stein, J. (2001a). The magnocellular theory of developmental dyslexia. *Dyslexia*, *7*, 12-36.
- Stein, J. (2001b). The sensory basis of reading problems. *Developmental Neuropsychology*, *20*, 509-534.
- Stein, J. & Talcott, J. (1999). Impaired neuronal timing in developmental dyslexia – the magnocellular hypothesis. *Dyslexia: An international Journal of Research and Practice*, *5*(2), 59-77.
- Sturm, W., Herrmann, M. & Münte, T.F. (2009). *Lehrbuch der Klinischen Neuropsychologie: Grundlagen, Methoden, Diagnostik, Therapie* (2. Auflage). Freiburg: Spektrum Akademischer Verlag.
- Temple, E., Deutsch, G.K., Poldrack, R.A., Miller, S.L., Tallal, P., Merzenich, M.M. et al. (2003). Neural deficits in children with dyslexia ameliorated by behavioural remediation: Evidence from functional MRI. *Proceedings of the National Academy of Science*, *100*(5), 2860-2865.
- Van Zomeren, A.H. & Brouwer, W.H. (1994). *Clinical Neuropsychology of attention*. New York: Oxford University Press.
- Vidyasagar, T.R. & Pammer, K. (1999). Impaired visual search in dyslexia relates to the role of the magnocellular pathway in attention. *Neuroreport*, *10*(6), 1283-1287.
- Vidyasagar, T.R. (2004). Neural underpinnings of dyslexia as a disorder of visuo-spatial attention. *Clinical and Experimental Optometry*, *87*(1), 4-10.
- Vitu, F., O'Regan, K., Inhoff A.W. & Topolski, R. (1995). Mindless reading: Eye-movement characteristics are similar in scanning letter strings and reading texts. *Perception and Psychophysics*, *57*(3), 352-364.
- Weingarten, R. (2000). Visuelle und phonologische Prozesse bei Lesen. In: R.P. Gorbach (Hrsg.), *Lesen – Erkennen* (S. 83-100). München: Typographische Gesellschaft.
- Wilcutt, E.G., DeFries, J.C., Pennington, B.F., Olsen, R.K., Smith, S.D. & Cardon, L.R. (2003). Genetic etiology of comorbid reading difficulties and ADHD. In R. Plomin, J.C. DeFries, P. McGuffin & I. Craig (Hrsg.), *Behavioral genetics in a postgenomic era* (S. 227-264). Washington, DC: American Psychological Association.
- Wilcutt, E.G., Pennington, B.F., Olsen, R.K., Chhabildas, N. & Hulslander, J. (2005). Neuropsychological analyses of comorbidity between reading disability and attention deficit hyperactivity disorder: In search of the common deficit. *Developmental Neuropsychology*, *27*(1), 35-78.

- Wilcutt, E.G., Pennington, B.F., Olsen, R.K. & DeFries, J.C. (2007). Understanding Comorbidity: A Twin Study of Reading Disability and Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder. *American Journal of Medical Genetics Part B (Neuropsychiatric Genetics)*, 144B, 709-714.
- Wolf, M., Bally, H. & Morris, H. (1986). Automaticity, retrieval processes, and reading: A longitudinal study in average and impaired readers. *Child Development*, 57, 988-1000.
- Wolf, M. & Goodglass, H. (1986). Dyslexia, dysnomia, and lexical retrieval: A longitudinal investigation. *Brain and Language*, 28(1), 154-168.
- Wolf, M., Bowers, P.G. & Biddle, K. (2000). Naming-speed processes, timing, and reading: A conceptual review. *Journal of Learning Disabilities*, 33(4), 387-407.
- Zschornak, A. & Zeschmann, B. (2009). *Landolt: Ein validiertes Lese-Paradigma zur Erfassung kindlicher Blickbewegungen auf sprachfreier Ebene*. Hogeschool Zuyd - Opleiding Logopedie, Heerlen.
- Zimmermann, P. & Fimm, B. (2007). *Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung, Version 2.1. Vera Fimm*. Psychologische Testsysteme.

9 ANHANG

- A) Elternbrief
- B) Einverständniserklärung der Eltern
- C) Satzmaterial
- D) Versuchsanordnung des Landolt Experiments
- E) Normtabellen der Blickbewegungsparameter
- F) Erklärung zur Bachelorarbeit

A) Elternbrief



UNIVERSITÄTSKLINIKUM
AACHEN

Universitätsklinikum • Klinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie
und -psychotherapie, Neuenhofer Weg 21, 52074 Aachen

Klinik für Kinder- und Jugend-
psychiatrie und -psychotherapie

Klinische Neuropsychologie
Lehrin: Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Kerstin Konrad

MEDIZINISCHE FAKULTÄT
RWTHAACHEN

Tele-Nr.: (0241) 80 88 753
Telefax: (0241) 80 82 544

Teilnahme an Studie zum Einfluss von Aufmerksamkeit beim Lesen

Sehr geehrte Eltern,

im Lehr- und Forschungsgebiet für klinische Neuropsychologie des Kindes- und Jugendalters des Universitätsklinikums der RWTH Aachen wird momentan eine Studie durchgeführt, die den Einfluss von Aufmerksamkeit beim Lesen untersucht. Aufmerksamkeitsprozesse sind entscheidend beim Lesen lernen und spielen eine wichtige Rolle bei der Ursachenforschung von Lese- und Rechtschreibstörungen. Der genaue Zusammenhang zwischen Aufmerksamkeitsprozessen und dem Lesen ist jedoch bis dato wenig erforscht. Daher suchen wir für unsere Studie momentan Kinder ab der dritten Klasse, die eine Lese- und Rechtschreibstörung haben. Falls dies auf Sie zutrifft, bitten wir Sie und Ihr Kind um Mithilfe.

Visuelle Aufmerksamkeitsprozesse beim Lesen können mit Hilfe von so genannten Blickbewegungsmessungen erforscht werden. Dabei werden die Augenbewegungen der Kinder mit einer Kamera direkt beim Lesen an einem Computerbildschirm aufgezeichnet. Die dazu notwendigen Apparaturen können nicht transportiert werden, weshalb die Untersuchungen ausschließlich im Universitätsklinikum der RWTH Aachen stattfinden können. Die Kinder werden Sätze und Zeichenzeilen am Bildschirm lesen. Im Anschluss werden ein Lese-Rechtschreibtest, ein Leseverständnistest und verschiedene Aufmerksamkeits-tests durchgeführt. Die Ergebnisse aller Tests werden in einem Bericht zusammengefasst. Mit diesen Erkenntnissen ist es möglich Ihrem Kind eine bestmögliche und individuell auf die Schwierigkeiten abgestimmte Therapie zu empfehlen. Das ganze Vorgehen dauert etwa drei Stunden und findet an zwei Terminen statt.

Die Termine können sehr flexibel und individuell vereinbart werden. Bevor Ihr Kind an der Untersuchung teilnehmen kann, brauchen wir Ihr schriftliches Einverständnis, sowie Ihre Telefonnummer zur Vereinbarung eines Termins. Sie und ihr Kind treffen die Entscheidung zur Teilnahme an der Studie freiwillig und können Ihr Einverständnis jederzeit ohne Angabe von Gründen zurücknehmen. Bei wissenschaftlichen Studien werden persönliche Daten aufgenommen. Die Speicherung und Auswertung dieser studienbezogenen Daten erfolgt nach gesetzlichen Bestimmungen ohne Namensnennung (Datenschutz).

Da das Projekt daran interessiert ist, leseschwachen Kindern in Zukunft besser zu helfen, sind wir dringend auf ihre Mitarbeit angewiesen und wären sehr dankbar für eine rege Beteiligung!

Bei Rückfragen können Sie sich jederzeit an unser Institut wenden (Nummer siehe Briefkopf) oder an Frau Claudia Kohlen (0177/ 6813332) bzw. Frau Kerstin Weisse (0178/ 8376891), die diese Studie betreuen.

Mit freundlichen Grüßen

Kerstin Weisse
Cand. Bc. Logopädin

Claudia Kohlen
Cand. Bc. Logopädin

Dr. Thomas Günther
Bc. Logopäde / Dipl.-Psychologe

Universitätsklinikum Aachen (UKA)
Anstalt des Öffentlichen Rechts
Sitz Aachen
Pauwelsstraße 30 • D 52057 Aachen

Aufsichtsratsvorsitzende:
Christa Hermann

Vorstandsvorsitzender:
Univ.-Prof. Dr. Henning Saß

Kaufmännischer Direktor:
Detlef Klümpe

Banken:
Sparkasse Aachen
(BLZ 390 500 00) 13004015
Deutsche Bank
(BLZ 390 700 20) 1119999

B) Einverständniserklärung

Einverständniserklärung

Titel der Studie: "Einfluss von Aufmerksamkeit beim Lesen"

Wir,
(Name(n) des bzw. der Erziehungsberechtigten)

sind heute über das Ziel, die Bedingungen und die Dauer der Untersuchung unseres Kindes

.....
(Name des Kindes)

ausreichend und in uns verständlicher mündlicher Form

von **aufgeklärt worden.**
(Name des Verantwortlichen)

Wir haben die Studieninformation gelesen, fühlen uns ausreichend informiert und haben verstanden, worum es geht. Uns wurde ausreichend Gelegenheit gegeben, Fragen zu stellen, die alle für uns ausreichend beantwortet wurden. Wir hatten genügend Zeit, uns in Ruhe zu entscheiden.

Wir sind damit einverstanden, dass unser Kind an der Untersuchung teilnimmt. Unsere Einwilligung erfolgt ganz und gar freiwillig. Wir wurden darauf hingewiesen, dass wir unsere Einwilligung jederzeit ohne Angabe von Gründen widerrufen können, ohne dass uns oder unserem Kind dadurch irgendwelche Nachteile entstehen. Wir haben eine Kopie des Informationsblattes und dieser unterschriebenen Einwilligungs-Erklärung erhalten.

Bei wissenschaftlichen Studien werden persönliche Daten und medizinische Befunde erhoben. Die Weitergabe, Speicherung und Auswertung dieser studienbezogenen Daten erfolgt nach gesetzlichen Bestimmungen ohne Namensnennung.

- Wir sind damit einverstanden, für weitere Studien im Bereich der Lese- und Rechtschreibforschung kontaktiert zu werden.

.....
(Ort) (Datum)

.....
(Unterschrift des /der Erziehungsberechtigten)

C) Satzmaterial

Das Satzmaterial für die Leseaufgabe besteht aus 36 Sätzen. Die Position des Zielwortes sowie die Länge der Zielwörter sind aufeinander abgestimmt. Innerhalb dieser Sätze befindet sich die Targetregion mit dem Targetwort (n), dem vorausgehenden Adjektiv (n-1) sowie dem Postwort (n-1) (kursiv gedruckt). WK (Wortklasse) kennzeichnet die Targetwörter als niedrigfrequent (3) oder hochfrequent (4). SL (Satzlänge) gibt die Gesamtanzahl der Zeichen des vollständigen Satzes inklusive Leer- und Satzzeichen an. Die Nummerierung der Sätze entspricht der Reihenfolge aus dem Experiment.

NR	Satz	WK	SL
1	Die kleine Lina hat den <i>blauen Gürtel aus</i> Pauls neuer Hose gezogen.	4	68
2	Anna nimmt sich die <i>runde Bürste aus</i> dem Badezimmer zum Kämmen.	3	64
3	Paul ist heute ein sehr <i>schwerer Hammer auf</i> seinen Daumen gefallen.	4	68
4	Oft setzt Opa seine <i>braune Brille zum</i> Lesen seiner Zeitung auf.	4	64
5	Paul möchte sich heute die alte Gitarre von seinem Vater ausleihen.	3	68
6	Die Tante braucht eine <i>große Tasche für</i> ihre Reise nach Australien.	4	68
7	Paul hat einen großen <i>bunten Drachen für</i> die Feier gebastelt.	3	65
8	Den Kindern hat der <i>graue Elefant oft</i> seinen Rüssel zugesteckt.	4	65
9	Paul und Anna sehen eine <i>kleine Ameise ein</i> Stück Holz tragen.	3	62
10	Von der <i>süßen Melone hat</i> Mutter ein Stück auf dem Markt gekauft.	3	65
11	Die Mutter findet Pauls <i>große Trommel heute</i> sehr laut.	4	55
12	Gestern hat Paul eine <i>reife Ananas bei</i> seinem Freund gegessen.	3	63
13	Der Zoo hat für die <i>große Giraffe ein</i> sehr hohes Haus gebaut.	3	62
14	Lina findet das kleine <i>gelbe Telefon von</i> der Tante sehr schön.	4	63
15	Früher wurden mit einer <i>schweren Kanone große</i> Kugel abgefeuert.	3	65
16	Anna braucht für ihr <i>neues Fahrrad eine</i> neue Klingel und Licht.	4	64
17	Paul kauft sich eine <i>kleine Pistole zum</i> Spielen von seinem Geld.	4	65
18	Paul darf heute mit dem <i>neuen Pinsel sein</i> altes Fahrrad anmalen.	3	65
19	Lina stellt ihren kleinen <i>blauen Hocker gerne</i> vor dem Fenster auf.	3	67
20	Lina darf mit der <i>schweren Pfanne aus</i> der Küche nicht spielen.	3	63
21	Lina hat sich den <i>kleinen Löffel aus</i> der Eisdiele mitgenommen.	4	63
22	Die Kinder beobachten das <i>braune Känguru gerne</i> beim Fressen.	3	61
23	Heute hat Paul die erste <i>reife Kirsche von</i> Opas Baum gepflückt.	3	64
24	Vater raucht sonntags gerne seine <i>braune Pfeife nach</i> dem Essen.	4	64
25	Beim Einkaufen hat Lina eine <i>grüne Flasche aus</i> dem Regal gezogen.	4	66
26	Die kleine Lina soll die <i>scharfe Zwiebel nicht</i> mit der Hand nehmen.	4	68
27	Jeden Mittag schlägt die <i>große Glocke auf</i> dem Turm zwölf Mal.	4	62
28	Gerade ärgert eine <i>dicke Fliege den</i> Vater bei der schweren Arbeit.	4	67
29	Der Vater hat den <i>schweren Koffer von</i> der Tante kaum heben können.	4	67
30	Bei der Fütterung hat der <i>kleine Pinguin einen</i> Fisch bekommen.	3	65
31	Früher hat man aus dem <i>tiefen Brunnen das</i> frische Wasser geholt.	3	65
32	Zum Streichen stellt Vater die <i>lange Leiter vor</i> das Fenster.	4	61
33	Bei Regen darf das kleine <i>runde Fenster nicht</i> offen stehen.	4	60
34	Auf die Pizza soll noch <i>gelbe Paprika und</i> Käse gelegt werden.	3	62
35	Bei Opa steht ein <i>kleines Schwein bei</i> dem Pferd auf der Weide.	4	63
36	Die Mutter braucht heute eine <i>halbe Zitrone zum</i> Kuchen backen.	3	63

D) Versuchsordnung des Landolt Experiments

Die Sätze erscheinen nacheinander einzeln auf dem Bildschirm und sollen vom Probanden „gelesen“ werden. Die Targets bilden nach links geöffnete Kreise – hier als nach rechts geöffnete C's dargestellt – auf die die Probanden per Knopfdruck reagieren sollen. Bei der Analyse wurden lediglich 36 Sätze berücksichtigt. Die fünf Beispielsätze und die fünf Sätze, die ein Target in der Satzmitte beinhalten wurden von der Analyse ausgeschlossen. Diese Versuchsanordnung dient lediglich der Veranschaulichung und bildet nicht die während des Experiments verwendete Formatierung und Visualisierung ab.

Beispielsätze

```
OOO OOOOOO OOOO OOO OOO OOOOOO OOOOOO OOO OOOOOO OOOOOO OOOO OOOOOOOO.  
OOOO OOO OOOOOO OOCOOO OOOOOO OOOOOOOO OOO OOO OOOOOO OOOOOOOOOO.  
OOOO OOO OOOOOO OOO OOOO OOOOOOOOO OOOOOO OOO OOOOOOO OOOOOO OOOOOOOOOO.  
OOO OOOOOO OOO OCO OOOOOOOOO OOOOOO OOO OOO OOOOOO OOOO OOOOOO OOCOOO.  
OOOO OOOOOO OOOO OOOOOO OOO OOOO OOOOOOOO OOO OOOOOO OOOO OOOOOO OOOOO
```

Landolt-Sätze

```
OOO OOOOOO OOOO OOO OOO OOOOOO OOOOOO OOO OOOOOO OOOOOO OOOO OOOOOOOO.  
OOOO OOO OOOOOO OOCOOO OOOOOO OOOOOOOO OOO OOO OOOOOO OOOOOOOOOO.  
OOOO OOO OOOOOO OOO OOOO OOOOOOOOO OOOOOO OOO OOOOOOO OOOOOO OOOOOOOOOO.  
OOOO OCOO OOOOOO OOO OOO OOOOOO OOOOOO OOOO OOOOOO OOOOCOOO OOOOOOOO.  
OOOO OOOOOO OOOO OOOOOO OOO OOOO OOOOOOOO OOO OOOOOO OOOOOO OOOOOOOOOO.  
OOO OOOOOO OOOOOOOO OOOO OOOOOO OOOOOOOO OOO OOOO OOOOOO OOOO OOOOOOOOOO.  
OOCOOO OOOOOO OOOO OOOOOO OOOOOOOO OOO OOOOOO OOO OCO OOOOOOOOO OOOOOO.  
OOOOOOO OOOOOOOO OOO OOOOOO OOOOCOOO OOOOOOOO OOOOOO OOOOOOOO OOOOCOOOOO.  
OOO OOOOCOOO OOO OOO OOOOOO OOOOOOOO OOO OOOOOO OOOOOOOO OOOOOOOOOOO.  
OOO OOOOOO OOO OOOOOO OOOOOOOO OOOOOOOO OOO OOOOOO OOOOOOOO OOOOOOOO OOO.  
OOOO OOOOOO OOOO OOO OOOOOO OOOOOOOO OOO OOO OOOOOOOOOOOO OOO OOOOOOOO.  
OOO OOOOOO OOO OCO OOOOOOOOOO OOOOOOOO OOO OOO OOOOOO OOOO OOOOOO OOCOOO.  
OOOO OOOOOO OOOOOO OOOOOOOO OOOOOOOO OOOOOOOO OOOOOO OOO OOO OOOOOOOO OCO.  
OOOOO OCO OOOO OOO OOOOOO OOCOO OOOOOOOO OOO OOOO OOOO OOOOOOOOOO.  
OOOOOOOO OOO OOOO OOOO OOOOOO OOOOOOOO OOO OOOOOOOO OOOOOOOO OOOOOOOOOO.  
OOOO OOOO OOO OOO OOOOOOOOOO OOOOOOOO OOO OCO OOOOOO OOOOOO OOOOOOOO.  
OOOO OOO OOOOOO OOOOOOOO OOOOOOOO OOOOOOOO OOO OOO OOOOOO OOOOOOOOOO.  
OOOO OOOOOO OCOO OOOO OOOOOOOO OOOOOOOO OOO OOOOCOOO OOO OOOOOOOO OOOO.
```

0000 000 0000 00000 0000 000000 000000 000 00000 0000 000000.
000 000000 000000 00000 00000 0000000 00000 0000 0000.
0C00 0000000 000 000 00000 0000000 0000 0000 0000000 0C0 00000.
0000 00C000 0000 00000 000 0C00 0000000 000 000000 00000 0000000000.
000 0000000 000 000 00000 0000000 000 000000 000000 00000000000.
0C0 000000 0000 000 000 000000 000000 000 00000 00000 0000 0000000.
000 000 00000 000000 000 000000 000 00000 000 000 00000 0000000.
0000 000 0000 000 0000000 000000 000 000 000C0000 00000000000.
000 000000 0000000 00C00 0000 00000 0000000 000 00C000 000000.
0000 0000000 000 000 00000 0000000 0000 0000 0000000 000 00000.
0000 000000 000 000000 00000 0000C000 000 000 00000 0000 00000.
000 000000 00000000000 000 000000 0000000 00000 0C00 0000000.
000 000 0000C0000 000 000 000000 0000000 00000 00000 0000C000.
0000 000000 000 000000 00000 0000000 000 000 00000 0000 00000.
0000 00000 0C00 000 00000 000000 000 000 0000000000 000 000000.
0000 00000 0000 0000 000000 0000000 000 0000000 000 000000 0000.
000 000 000 000 000 0000 0000000 000 0000 00000 0000 000000.
000000 000 000 0C0 000 000000 0000000 000 0000000 00C000 000000.
0000 0000 00000 000 000 00C00 000000 0000 00000 0000000 0000000.
000000 000000 000 00000 00000000 000000 00000 000000 00000000000.
0000 000 00000 000 0C00 00000000 000000 000 000000 000000 00000000.
000 000000000 000000 00000 0C0 00000 000000 000 000 000C000.
0000 0000 00000 000 000 00000 000000 0000 00000 0000000 0000000.

E) Normtabellen der Blickbewegungsparameter

Die folgenden vier Tabellen bilden die Durchschnitts- (Mean) und Mittelwerte (Median) der Normgruppe in Bezug auf alle gemessenen Blickbewegungsparameter ab. Auch die Standardabweichung (Std. Deviation) der Durchschnittswerte, die niedrigsten (Minimum) und höchsten (Maximum) Werte der Normgruppe sowie die Normverteilung (Percentiles) werden je Parameter dargestellt. Mit Hilfe der Durchschnittswerte und deren Standardabweichung wurden die z-Werte je Blickbewegungsparameter für die beiden Probanden berechnet. Den ersten beiden Tabellen, deren Parameter mit einer "0" gekennzeichnet sind, sind die Normdaten der Leseaufgabe zu entnehmen. Die Tabellen, deren Parameterbezeichnung eine "1" beinhaltet, bilden die Normdaten der Landolt-Aufgabe ab.

		Fix.0: % word fixed	FixDur.0: Initial Fixation Duration	GazeDur.0: Gaze Duration	TotalTime.0: Total Viewing Time	LIW.0: Initial Landing Position
N	Valid	23	23	23	23	23
	Missing	0	0	0	0	0
Mean		,9601	287,53	422,29	583,82	2,53
Median		,9697	278,80	417,63	586,67	2,63
Std. Deviation		,08589	51,480	100,416	150,957	,518
Minimum		,58	216	224	232	2
Maximum		1,00	398	601	814	4
Percentiles	1	,5833	215,50	224,00	232,29	1,66
	3	,5833	215,50	224,00	232,29	1,66
	10	,9179	230,20	265,07	408,39	1,80
	16	,9417	240,96	329,38	436,57	1,90
	25	,9667	245,79	350,67	463,72	1,97
	50	,9697	278,80	417,63	586,67	2,63
	75	1,0000	294,84	507,86	691,65	2,84
	84	1,0000	369,85	539,18	785,08	2,88
	90	1,0000	384,94	567,62	809,22	3,28
	97	1,0000	398,24	600,82	813,67	3,64
99	1,0000	398,24	600,82	813,67	3,64	

		SacIn.0: Incoming Saccade Amp	AbsLau.0: Sacc Launch Distance	ReFix.0: Refixation Prob	TFixGaze.0: Total Fix in Gaze	TotGaze.0
N	Valid	23	23	23	23	23
	Missing	0	0	0	0	0
Mean		6,1793	-3,6616	,4398	1,6027	1,4689
Median		6,1747	-3,4483	,4138	1,5000	1,4688
Std. Deviation		1,25830	1,00648	,19235	,35087	,23830
Minimum		4,34	-7,21	,00	1,00	1,07
Maximum		10,75	-2,10	,75	2,42	2,03
Percentiles	1	4,3417	-7,2143	,0000	1,0000	1,0714
	3	4,3417	-7,2143	,0000	1,0000	1,0714
	10	4,9807	-4,7542	,1727	1,1991	1,2024
	16	5,1556	-4,3167	,2568	1,3477	1,2357
	25	5,2997	-4,0000	,3226	1,3793	1,2500
	50	6,1747	-3,4483	,4138	1,5000	1,4688
	75	6,6604	-3,0303	,5294	1,9333	1,6207
	84	6,8125	-2,9540	,6929	2,0053	1,7514
	90	7,2417	-2,6363	,7239	2,1582	1,7944
	97	10,7529	-2,1000	,7500	2,4167	2,0313
99	10,7529	-2,1000	,7500	2,4167	2,0313	

		Fix.1: % word fixed	FixDur.1: Initial Fixation Duration	GazeDur.1: Gaze Duration	TotalTime.1: Total Viewing Time	LIW.1: Initial Landing Position
N	Valid	23	23	23	23	23
	Missing	0	0	0	0	0
Mean		,8146	267,55	341,06	427,52	3,00
Median		,8929	254,13	329,25	388,00	2,94
Std. Deviation		,19770	49,040	96,346	161,421	,658
Minimum		,19	159	175	265	1
Maximum		1,00	382	629	901	5
Percentiles	1	,1905	159,40	175,40	264,53	1,25
	3	,1905	159,40	175,40	264,53	1,25
	10	,4740	220,62	234,55	271,68	2,15
	16	,6496	222,95	256,66	299,36	2,59
	25	,7419	237,00	276,00	331,57	2,67
	50	,8929	254,13	329,25	388,00	2,94
	75	,9394	308,87	392,00	444,13	3,44
	84	,9463	320,07	425,08	547,30	3,52
	90	,9643	332,21	463,77	740,18	3,65
	97	1,0000	382,07	628,59	901,48	4,60
99	1,0000	382,07	628,59	901,48	4,60	

		SacIn. 1: Incoming Saccade Amp	AbsLau. 1: Sacc Launch Distance	ReFix. 1: Refixation Prob	TFixGaze. 1: Total Fix in Gaze	TotGaze. 1
N	Valid	23	23	23	23	23
	Missing	0	0	0	0	0
Mean		8,6150	-5,6604	,2325	1,3145	1,2631
Median		8,2328	-4,9655	,1563	1,2500	1,2000
Std. Deviation		2,29320	2,21858	,20589	,27985	,22652
Minimum		5,12	-10,50	,03	1,03	1,03
Maximum		13,47	-2,74	,71	2,04	1,96
Percentiles	1	5,1241	-10,5000	,0286	1,0333	1,0278
	3	5,1241	-10,5000	,0286	1,0333	1,0278
	10	5,6409	-9,5750	,0382	1,0583	1,0442
	16	6,0287	-8,2400	,0464	1,0679	1,0884
	25	6,9018	-7,2609	,0625	1,1000	1,1071
	50	8,2328	-4,9655	,1563	1,2500	1,2000
	75	10,3047	-4,0000	,3333	1,4444	1,2857
	84	11,2363	-3,7845	,4754	1,5376	1,5605
	90	12,2361	-3,1778	,6286	1,8872	1,6123
	97	13,4733	-2,7419	,7143	2,0370	1,9630
99	13,4733	-2,7419	,7143	2,0370	1,9630	

Fix: % word fixed

FixDur: Initial Fixation Duration

GazeDur: Gaze Duration

Total Time: Total Viewing Time

LIW: Initial Landing Position

SacIn: Incoming Saccade Amp

AbsLau: Sacc Launch Distance

ReFix: Refixation Prob

TfixGaze: Total Fix in Gaze

TotGaze

Fixationswahrscheinlichkeit

Initiale Fixationsdauer

Blickzeit

Gesamtlesezeit

Initiale Landeposition

Progressive Sakkadenamplitude

Regressive Sakkadenamplitude

Refixationswahrscheinlichkeit

Anzahl Fixationen pro Blick

Anzahl Blicke pro Wort

F) Erklärung zur Bachelorarbeit

Ich versichere, dass die vorgelegte Bachelorarbeit selbstständig von mir verfasst wurde.
Sämtliche Quellen und Hilfsmittel, die ich wörtlich oder sinngemäß anderen Arbeiten
entnommen habe, sind angegeben.

Ort, Datum

Unterschrift (Claudia Kohlen)

Ort, Datum

Unterschrift (Kerstin Weisse)