

**Aus dem Department für Augenheilkunde Tübingen
Schwerpunkt: Neuro-Ophthalmologie
Sehbehinderten-Ambulanz
Leiterin: Frau Professor Dr. S. Trauzettel-Klosinski**

**Augenbewegungen legasthener Kindern
beim Lesen von Texten
untersucht mit dem
Scanning-Laser-Ophthalmoskop**

**Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin**

**der Medizinischen Fakultät
der Eberhard-Karls Universität
zu Tübingen**

**vorgelegt von
Andrea Michaela Koitzsch
aus
Esslingen**

2007

Dekan: Professor Dr. I. B. Autenrieth

1. Berichterstatter: Frau Professor Dr. S. Trauzettel-Klosinski
2. Berichterstatter: Professor Dr. G. Klosinski

meinen Eltern

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1 Legasthenie	
1.1.1 Definition	1
1.1.2 Ätiologie	2
1.1.3 Epidemiologie, Komorbidität und Verlauf	7
1.1.4 Symptome	8
1.1.5 Diagnose	9
1.1.6 Differentialdiagnose	10
1.2 Der Lesevorgang	10
1.2.1 Physiologische Grundlagen des Lesens	10
1.2.2 Augenbewegungen beim Lesen	13
1.3 Ziele dieser Arbeit	15
2. Probanden und Methoden	17
2.1 Probanden	17
2.1.1 Augenärztliche Untersuchung	17
2.1.2 Testverfahren	18
2.2 Meßmethode	19
2.3 Auswahl und Darbietung der Stimuli	22
2.4 Untersuchung des Leseverhaltens	23
3. Ergebnisse	27
3.1 Lesegeschwindigkeit	27
3.2 Augenbewegungsparameter	29
3.2.1 Sakkaden	29
3.2.2 Regressionen	33
3.2.3 Fixationen	35
3.2.4 Zeilenrücksprung	38
4. Diskussion	39
4.1 Methodik	39
4.2 Ergebnisse	40
4.2.1. Lesegeschwindigkeit	40
4.2.2. Augenbewegungsparameter	41
4.2.2.1 Sakkaden	41
4.2.2.2 Regressionen	43
4.2.2.3 Fixationen	46
4.2.2.4 Zeilenrücksprung	49
5. Zusammenfassung	50
6. Literaturverzeichnis	53
7. Danksagung	67
8. Lebenslauf	68

1. Einleitung

1.1 Legasthenie

Eine der ersten Erwähnungen einer "Störung der Schriftsprache" erfolgte durch den praktischen Arzt Oswald Berkhan 1885.

Bereits 1896 wurde vom englischen Augenchirurgen Pringel Morgan der Begriff der "congenital word-blindness", also der "angeborenen Wortblindheit" geprägt. Er beschrieb dabei den Fall eines normalbegabten Jugendlichen, der anhaltende Schwierigkeiten beim Erlernen des Lesens zeigte.

Heutzutage hat sich im englischen Sprachraum der Begriff der "developmental dyslexia" durchgesetzt, im Deutschen der 1916 von Ranschburg eingeführte Begriff der "Legasthenie".

1.1.1 Definition

Die Legasthenie oder Lese- und Rechtschreibstörung (LRS) ist eine umschriebene Entwicklungsstörung des Lesens und Rechtschreibens, die trotz normaler Intelligenz, angemessenen Schulunterrichts und fehlender neurologischer und sensorischer Erkrankungen auftritt.

Nach ICD-10 wird die LRS im Rahmen der "umschriebenen Entwicklungsstörungen schulischer Fertigkeiten" klassifiziert.

Diese Kategorie der umschriebenen Entwicklungsstörungen schulischer Fertigkeiten umfaßt die spezifischen Beeinträchtigungen des Erlernens des Lesens, Rechtschreibens und Rechnens.

Kennzeichnend für die Legasthenie ist dabei die durchschnittliche oder oft sogar überdurchschnittliche Intelligenz der Betroffenen und eine Diskrepanz der Leistungen beim Lesen und Schreiben zu den übrigen Lernleistungen.

Es handelt sich hierbei um eine Störung des Erlernens, nicht zu verwechseln mit dem Verlust einer bereits erworbenen Fertigkeit.

Daher muß die Legasthenie gegenüber anderen Lesestörungen, zum Beispiel aufgrund von Minderbegabung, unzureichendem Unterricht oder erworbener Störungen zum Beispiel durch neurologische Erkrankungen abgegrenzt werden.

1.1.2. Ätiologie

"Übereinstimmung dürfte heute weitgehend darüber bestehen, daß die LRS ein heterogenes Syndrom ist" (Warnke 1995), also eine Störung mit mehreren Ursachen (Renschmidt et al. 1998) und unterschiedlichen Erscheinungsformen.

Die Erklärungsansätze beziehen sich auf das visuelle System, das auditive System, auf die sprachliche Informationsverarbeitung und genetische Ursachen.

Visuelles System

Pavlidis (1981) führte zur Untersuchung der Okulomotorik eine Untersuchung durch, bei der legasthene und nicht legasthene Kinder einem Lichtpunkt horizontal von links nach rechts folgen sollten. Dabei stellte er fest, daß die Legasthener mehr Sakkaden und Regressionen machten und instabile Fixationen hatten. Da es sich bei der Untersuchung um nichtlinguistische Stimuli handelte, folgerte er daraus, daß die Blickbewegungsstörungen einen ursächlichen Faktor der Legasthenie darstellen.

Olson et al. (1983) versuchten diese Ergebnisse zu replizieren, konnten aber keinen signifikanten Unterschied feststellen. Zum gleichen Ergebnis kamen auch Stanley et al. (1983). In nichtlinguistischen Aufgaben konnten sie keinen Unterschied zwischen der legasthenen Gruppe und der Kontrollgruppe feststellen.

Fischer und Weber (1990) stellten fest, daß eine Gruppe von Legasthenern signifikant mehr Express-Sakkaden (reflexartige Augenbewegung nach einer extrem kurzen Reaktionszeit) macht und äußerten die Vermutung, daß diese Ergebnisse durch ein Defizit bei der willentlichen Kontrolle der Blicksteuerung verursacht werden.

Man geht heutzutage davon aus, daß die auffälligen Blickbewegungsparameter bei Legasthenern beim Lesen Folge und nicht wie von Pavlidis vermutet Ursache der Legasthenie sind (Rayner 1998).

Im Bereich der zentralnervösen Informationsverarbeitung konzentriert sich die Forschung vor allem auf das magnozelluläre System. Das magnozelluläre System beginnt auf der Ebene der retinalen Ganglienzellen, verläuft durch das Corpus geniculatum laterale und von dort weiter zum primären visuellen Kortex (V1). Diesem System werden Aufgaben bei der Verarbeitung schneller, kontrastarmer und bewegter

Reize zugeordnet, während das parvozelluläre System der Verarbeitung langsamer, kontrastreicher Informationen dient.

Die Zellen des magnozellularen Systems der Sehbahn im Corpus geniculatum laterale sind bei Legasthenikern kleiner und imponieren unorganisierter (Livingstone et al. 1991). Außerdem leiteten Livingstone et al. (1991) visuell evozierte Potentiale (VEP) ab und stellten fest, daß die VEP der Legastheniker bei kontrastarmen Reizen Unterschiede zu denen der Normalpersonen zeigten, und zwar im Sinne einer Latenzverzögerung von 20-40 ms.

Eden et al. (1996) stellten außerdem mit Hilfe der funktionellen Magnetresonanztomographie (fMRT) fest, daß bei Legasthenikern vermutlich auch eine Anomalie in höher gelegenen Anteilen des visuellen Systems besteht. Sie konnten nachweisen, daß die Darbietung von bewegten Lichtpunkten bei Legasthenikern im Gegensatz zu den Kontrollpersonen zu keiner Aktivierung der Area V5/MT (die ebenfalls dem magnozellularen System zugeordnet wird) führte.

Auch Demp et al. (1997) konnten bei Legasthenikern eine geringere Antwort der MT+-Region des visuellen Kortex auf sich bewegende Stimuli nachweisen und fanden eine signifikante Korrelation zwischen der individuellen Leserate und der MT+-Aktivität. Im Gegensatz dazu fanden Vanni et al. (1997) in magnetenzephalographischen Untersuchungen eine unauffällige Aktivierung bewegungsspezifischer Hirnregionen. Auch Wimmer et al. (2001) und Kronbichler et al. (2002) konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen Legasthenikern und Kontrollpersonen in der Verarbeitung visueller bewegter Reize finden.

Auditives System

Bei Untersuchungen zur Verarbeitung akustischer Signale gibt es für den Bereich der nichtsprachlichen Wahrnehmung widersprüchliche Ergebnisse.

Tallal (1980) kam zu dem Ergebnis, daß bei leseschwachen Kindern Schwierigkeiten bei der Verarbeitung schnell wechselnder Töne bestehen. Sie konnte diese Ergebnisse mit der Ableitung akustisch evozierter Potentiale (Tallal et al. 1993) bestätigen und interpretierte sie dahingehend, daß bereits auf nichtsprachlicher Ebene eine Schwäche besteht, die eventuell in Zusammenhang mit der Sprachwahrnehmung steht.

Schulte-Körne et al. (1998) konnten diese Ergebnisse für den nichtsprachlichen Bereich nicht bestätigen. Sie untersuchten die evozierten Potentiale auf Standardreize und deviante Reize und errechneten aus der Differenz dieser Reizantworten die Mismatch-Negativity (MMN). Diese MMN wurde für Sinustöne und für Sprachreize ermittelt und zeigte bei den nichtsprachlichen Tönen keinen Gruppenunterschied zwischen Legasthenikern und Kontrollpersonen. Bei den Sprachreizen hingegen war der Gruppenunterschied signifikant und dieses Ergebnis spricht für eine spezifische Schwäche in der Wahrnehmung von Sprachreizen bei Legasthenikern.

Diese Schwäche in der Wahrnehmung von Sprachreizen konnte von Cornelissen et al. (1996) und Adlard et al. (1998) bestätigt werden. Zu demselben Ergebnis kamen auch eine Reihe von Untersuchungen zu Schwächen in der Lautwahrnehmung und Lautdiskrimination bei Legasthenikern (Godfrey et al. 1981, Werker et al. 1987, Manis et al. 1997).

Galaburda und Livingstone (1993) konnten außerdem bei Legasthenikern anatomische Veränderungen im magnozellulären System der Hörbahn feststellen.

Darüber hinaus konnten auch strukturelle Veränderungen hauptsächlich der linken Hirnhemisphäre nachgewiesen werden. Galaburda et al. (1985) stellten fest, daß das normalerweise zugunsten der linken Hemisphäre asymmetrisch entwickelte Planum temporale bei Legasthenikern symmetrisch entwickelt ist. Hynd et al. (1990) bestätigten diese Ergebnisse und fanden außerdem, daß die Inselregion bei Legasthenikern bilateral kleiner ausgebildet ist.

Sprachliche Informationsverarbeitung

Eine für das Lesen- und Schreibenlernen wichtige Voraussetzung ist die phonologische Bewußtheit. Darunter versteht man die Fähigkeit, die Struktur der Lautsprache zu erkennen, also zum Beispiel die Fähigkeit zur Untergliederung von Wörtern in Laute, die Graphem-Phonem-Zuordnung und umgekehrt die Phonem-Graphem-Zuordnung, das Erkennen von Reimen und die Verbindung von Lauten.

In einer Reihe von Längsschnittstudien konnte die Bedeutung der phonologischen Bewußtheit bei Kindergartenkindern als Prädiktor für die spätere Lese- und

Rechtschreibfähigkeit nachgewiesen werden (Lundberg et al. 1988, Wagner et al. 1994, Wimmer et al. 1991, Klicpera und Gasteiger-Klicpera 1994).

Zudem zeigte sich, daß ein Training dieser phonologischen Bewußtheit bei Kindern im Vorschulalter zu einer Verbesserung der Lesefähigkeit führt (Lundberg et al. 1988, Schneider et al. 1994, Küspert 1998).

Die Graphem-Phonem-Zuordnung (also die Fähigkeit, schriftliche Symbole in lautliche Verbalsprache zu übersetzen) ist ein Teilbereich der phonologischen Bewußtheit und wird als phonologisches Rekodieren bezeichnet. Das phonologische Rekodieren kann zum Beispiel durch das Lesen von Pseudowörtern überprüft werden (Rack et al. 1992). Pseudowörter sind aussprechbare Wörter ohne Sinn.

In mehreren Studien konnte nachgewiesen werden, daß englischsprachige Legastheniker beim Lesen von Pseudowörtern erheblich mehr Fehler machen als die Kontrollpersonen und sich auch in der Lesegeschwindigkeit deutlich von den Normalpersonen unterscheiden (Snowling 1980, Brady et al. 1983, Siegel und Ryan 1988, Holligan und Johnston 1988).

Interessant ist außerdem, daß dieses Defizit der phonologischen Bewußtheit offenbar bis ins Erwachsenenalter bestehen bleibt (Campbell et al. 1985, Pennington et al. 1990).

Es gibt auch einige Befunde bezüglich struktureller und funktioneller Veränderungen der für phonologische Aufgaben bedeutsamen Hirnareale.

Rumsey et al. (1994) fanden bei Legasthenikern während Reimerkennungsaufgaben mit Hilfe der Positronenemissionstomographie (PET) eine geringere Aktivierung des linken temporoparietalen Cortex als bei den Kontrollpersonen. Paulesu et al. (1996) stellten ebenfalls in einer Untersuchung mit Reimerkennungsaufgaben fest, daß die linksseitige Inselregion bei Legasthenikern im Gegensatz zu den Kontrollpersonen nicht aktiviert wurde, und auch die Broca- und Wernickeregion wurde bei den Legasthenikern nicht wie bei der Kontrollgruppe gemeinsam aktiviert.

Backes et al. (2002) stellten mit Hilfe der fMRT fest, daß bei Legasthenikern andere Hirnregionen aktiviert werden als die normalerweise auf sprachliche Verarbeitungsvorgänge spezialisierten. Sie stellten bei Legasthenikern während phonologischer Verarbeitungsprozesse eine geringere Aktivität des temporalen und präfrontalen Cortex als bei den Kontrollpersonen fest.

Gendefekte

Aufgrund der Tatsache, daß sehr häufig mehrere Generationen einer Familie von der LRS betroffen sind, liegt die Annahme einer genetischen Disposition für die Ausprägung der Störungen der phonologischen und visuellen Informationsverarbeitung nahe. Diese Annahme konnte durch verschiedene Familien- und Zwillingsstudien bestätigt werden.

Nach Auswertung neuerer Zwillingsuntersuchungen kommen Schulte-Körne et al. (1998) zu dem Ergebnis, daß der genetische Anteil an der beobachteten Gesamtvarianz für die Lesefähigkeit zwischen 3 und 60 % liegt und für die Rechtschreibung zwischen 60 und 70 % liegt.

Das Wiederholungsrisiko für Geschwisterkinder liegt laut Schulte-Körne et al. (1998) zwischen 38-62 %.

In Zwillingsuntersuchungen konnten Olson et al. (1994) zeigen, daß für die Ausprägung der phonologischen Bewußtheit eine genetische Veranlagung besteht. Grigorenko et al. (1997) identifizierten einen in Frage kommenden Genlocus für die Ausprägung der phonologischen Bewußtheit auf Chromosom 6.

Smith et al. (1983) veröffentlichten erstmals eine molekulargenetische Studie zur Legasthenie mit dem Ergebnis einer Kopplung auf Chromosom 15. In Erweiterung ihrer Stichprobe fanden Smith et al. (1991) erste Hinweise für genetische Heterogenität. Zum einen fand sich eine Kopplung auf Chromosom 15 (15q15) und darüber hinaus eine weitere Kopplung auf Chromosom 6 (6p21.3, DYX2). Grigorenko et al. (1997) fanden eine Kopplung des Locus 6p21.3 mit phonologischer Bewußtheit und auf Chromosom 15q21 (DYX1) eine Kopplung mit dem Wort-Lesen. Schulte-Körne et al. (1998) konnten eine weitere Kopplung auf Chromosom 15q21 mit der Rechtschreibleistung nachweisen. Taipale et al. (2003) fanden ein weiteres Gen (DYX1C1) auf Chromosom 15q21, nahe des Locus von DYX1.

Darüber hinaus wird ein Genlocus auf Chromosom 1 diskutiert (Rabin et al. 1993). Ein weiteres Gen fanden Fagerheim et al. (1999) mit dem DYX3 auf Chromosom 2.

Inzwischen wurden weitere Genorte auf den Chromosomen 6q11(DYX4), 3p12-q13 (DYX5) und 18p11 (DYX6) identifiziert.

Diese Befunde sowie die vielen in Erscheinung tretenden Phänotypen sprechen stark für eine genetische Heterogenität der Legasthenie.

1.1.3. Epidemiologie, Komorbidität und Verlauf

Im deutschsprachigen Raum gibt es nur wenige Untersuchungen zur Prävalenz der Legasthenie. Weinschenk et al. (1968) gehen von einer Prävalenzrate von 7,6 % bei Zweitklässlern aus. Zu einem Ergebnis von 8 % kamen Remschmidt et al. (1989).

Esser und Schmidt (1993) fanden unter Anwendung der ICD-10-Forschungskriterien eine Prävalenzrate von 3,7 % für die Lese- und Rechtschreibstörung.

Für den englischen Sprachraum geben Pennington et al. (1990) eine Prävalenzrate von 7,5 % an, Shaywitz et al. (1990) geben die Prävalenz mit 8,7 % für Jungen und 6,9 % für Mädchen an.

Man geht davon aus, daß Jungen häufiger von einer Lese- und Rechtschreibstörung betroffen sind, aktuelle Studien zeigen allerdings, daß der Unterschied der Prävalenzraten zwischen den Geschlechtern nicht so groß ist wie bisher angenommen wurde. Die Prävalenzraten bezüglich der Geschlechtsunterschiede werden von Rutter et al. (1975) mit einem Verhältnis von Jungen zu Mädchen mit 3,3:1 angegeben, Lewis et al. (1994) kommen mit einem Verhältnis von 3:1 zu einem ähnlichen Ergebnis, wohingegen Shaywitz et al. (1990) das Verhältnis von Jungen zu Mädchen mit 1,2:1 angeben.

Ein hoher Anteil der Kinder mit Lese- und Rechtschreibstörung weist vorbestehende Begleitstörungen des Sprechens oder der Sprache auf, so besteht zum Beispiel bei vielen legasthenen Kindern anamnestisch eine verzögerte Sprachentwicklung.

Außerdem findet sich mit 15 % eine hohe Komorbidität für das Bestehen einer hyperkinetischen Störung (Schulte-Körne et al. 1991, Shaywitz et al. 1994).

Fast die Hälfte der betroffenen Kinder weisen Konzentrationsstörungen und motorische Unruhe auf (Esser und Schmidt 1994), ein ebenso hoher Anteil der Kinder entwickelt eine Angstsymptomatik, die in Zusammenhang mit Schulleistungsanforderungen oft mit psychosomatischen Symptomen wie Kopf- und/oder Bauchschmerzen, Übelkeit bis hin zu Erbrechen auftritt (Niebergall 1987). Außerdem zeigen viele betroffene Kinder ein gestörtes Sozialverhalten mit Aggressivität und Kontaktstörungen.

Diese Fehlentwicklung führt nicht selten zu delinquenten Verhaltensweisen (Niebergall 1987). Weinschenk (1980) zum Beispiel fand unter männlichen Insassen einer Jugendstrafanstalt eine Prävalenz der Legasthenie von 33 %.

Bezüglich des Verlaufs weist die Legasthenie eine hohe Persistenz auf (Strehlow et al. 1992), vor allem die Rechtschreibstörung ist ein stabiles Merkmal bis in das Erwachsenenalter (Klicpera et al. 1993, Esser und Schmidt 1993).

Das Schulabschlußniveau von Legasthenikern ist im Durchschnitt wesentlich geringer als aufgrund ihrer Intelligenz zu erwarten wäre (Esser et al. 2002), auch das Berufsausbildungsniveau der Betroffenen bleibt deutlich unter dem aufgrund ihrer kognitiven Fähigkeiten zu Erwartenden (Strehlow et al. 1992) und sie sind häufiger von Arbeitslosigkeit betroffen (Esser und Schmidt 1993).

1.1.4. Symptome

Charakteristisch für die Legasthenie sind schwerwiegende Probleme beim Lesen und/oder der Rechtschreibung im Vergleich zu den Leistungen gleichaltriger Kinder. Im folgenden sind die für die Lese- und Rechtschreibstörung typischen Fehler aufgelistet (Warnke et al. 2001).

Für die Lesestörung sind kennzeichnend:

- Auslassen, Ersetzen, Verdrehen oder Hinzufügen von Worten oder Wortteilen
- Startschwierigkeiten beim Vorlesen, langes Zögern oder Verlieren der Zeile im Text
- ungenaues Phrasieren
- niedrige Lesegeschwindigkeit
- ungenaues Betonen des Textes
- Defizite im Leseverständnis

Für die Rechtschreibstörung typische Fehler:

- Reversionen: innerhalb eines Wortes werden Buchstaben verdreht (z.B. b-d, p-q)
- Inversionen (M-W)
- Reihenfolgefehler (Umstellung von Buchstaben im Wort: bald-blad)
- Auslassungen von Buchstaben oder Wortteilen
- Einfügen von falschen Buchstaben oder Wortteilen
- Regelfehler: Dehnungsfehler, Fehler in der Groß- und Kleinschreibung
- Wahrnehmungsfehler: ähnlich klingende Buchstaben werden verwechselt (d-t, g-k)

- Fehlerinkonstanz: Ein- und dasselbe Wort wird in schweren Fällen auch nach häufigem Üben unterschiedlich falsch geschrieben

Interessant ist, daß Kinder, die leicht auswendig lernen, unter Umständen die Lese- und Rechtschreibstörung in den ersten beiden Schulklassen kompensieren können. Diese Kinder werden häufig erst in der dritten Klasse auffällig, wenn unbekannte Schriftsprachleistungen gefordert werden.

1.1.5. Diagnose

Nach der International Classification of Diseases (ICD-10) der World Health Organization (WHO) ist die Legasthenie definiert als umschriebene Entwicklungsstörung bei der die umschriebene Leistung des Lesens und der Rechtschreibung beeinträchtigt sind. Die Diagnostik der LRS erfordert also ein standardisiertes Testverfahren zur Überprüfung der Lese- und Rechtschreibleistung. Diese Teilleistungen müssen deutlich unter dem Niveau liegen, das aufgrund des Alters und der Grundintelligenz des Kindes zu erwarten ist.

Über die Höhe dieser Diskrepanz gibt es keine einheitliche Regelung, der ICD-10 fordert eine "bedeutsame" Diskrepanz, die nicht konkretisiert wird, die ICD-10 Forschungskriterien fordern eine Diskrepanz von 2 Standardabweichungen. Diese Diskrepanz von 2 Standardabweichungen verlangt auch das DSM-IV.

In der englischsprachigen Forschung hat sich hingegen das Regressionsmodell als Standard etabliert (Evans 1990).

Die statistische Grundlage des Regressionsmodells ist die Korrelation zwischen IQ und Fähigkeit (Lese- und Rechtschreibleistung). Mittels Regression kann man die Lese- und Rechtschreibleistung aufgrund des IQ vorhersagen. Diese Korrelation beträgt allerdings nicht 1, sondern laut Glogauer (1977) ist von einer Korrelation von 0.4 zwischen IQ und Lese-/Rechtschreibleistung auszugehen.

Im Regressionsmodell wird die diagnostisch relevante Diskrepanz zwischen erwarteter und tatsächlicher Lese- und Rechtschreibleistung mit 1,5 Standardabweichungen festgelegt.

Darüber hinaus gibt es einen IQ-Grenzwert, unterhalb dessen keine Diagnose einer LRS mehr gestellt werden sollte, Schulte-Körne et al. (2001) empfehlen hier einen Wert von 85.

Außerdem soll sichergestellt werden, daß auch wirklich nur bei den Kindern die Diagnose der Legasthenie gestellt wird, deren Leistung im Lese- und Rechtschreibtest unter der Norm liegt, Schulte-Körne et al. (2001) verlangen deshalb einen Rechtschreibprozentrang von unter 16.

1.1.6. Differentialdiagnose

Die Legasthenie ist differentialdiagnostisch abzugrenzen von Lese- und Rechtschreibstörungen aufgrund neurologischer und sensorischer Erkrankungen oder von einer erworbenen LRS z.B. durch eine psychiatrische Erkrankung. Außerdem müssen der Verlust einer bereits erworbenen Lesefertigkeit und auch eine LRS aufgrund mangelnden Schulunterrichts (Analphabetismus) ausgeschlossen werden.

1.2. Der Lesevorgang

1.2.1. Physiologische Grundlagen des Lesens

Das Auflösungsvermögen der Netzhaut ist an der Stelle des schärfsten Sehens, der Fovea, am höchsten und nimmt mit zunehmender Entfernung vom Zentrum des schärfsten Sehens (Foveola) stark ab (s. Abb. 1.1). Um nun, wie es während des Lesevorgangs erforderlich ist, eine Gruppe von Buchstaben von bestimmter Größe zu erfassen, ist ein Mindestgesichtsfeld von ungefähr 2° nach links und rechts und je 1° nach oben und unten vom Fixationspunkt aus erforderlich (Aulhorn 1953, Trauzettel-Klosinski 1997). Dieses minimale Lese Gesichtsfeld entspricht in seiner Ausdehnung ziemlich genau der Ausdehnung der Fovea und wird auch als visual span (Legge et al. 1997) bezeichnet.

Informationsaufnahme während des Lesens findet aber nicht nur in diesem Bereich statt, sondern auch im parafovealen Bereich (s. Abb. 1.2). Dieses parafoveale Areal hat beim geübten Leser eine Ausdehnung von bis zu 5° in Leserichtung (McConkie und Rayner 1975).

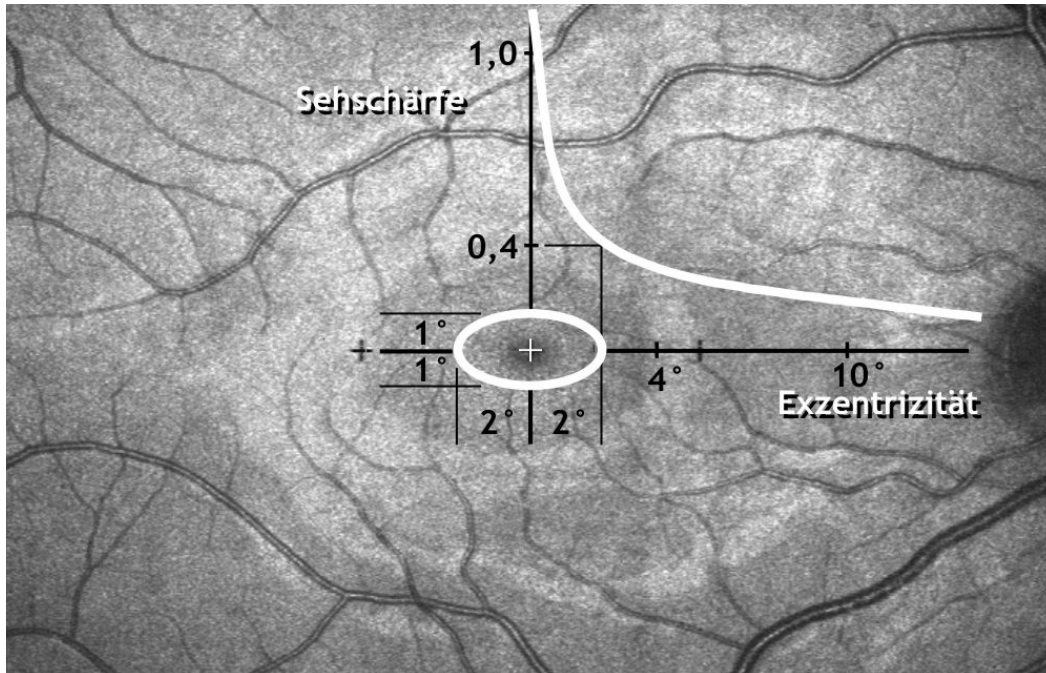


Abb. 1.1: Die Sehschärfe (weiße Kurve) und das minimale Lesegesichtsfeld (weißes Oval). Mit zunehmender Entfernung von der Fovea fällt die Sehschärfe entsprechend der Zapfendichte steil ab. Bei einer Exzentrizität von 2° beträgt die Sehschärfe noch 0,4, die Sehschärfe, die zum Lesen von Zeitungsdruck in 25 cm Abstand benötigt wird. Das minimale Lesegesichtsfeld hat somit eine Ausdehnung von 4° in horizontaler und 2° in vertikaler Richtung (Trauzettel-Klosinski et al. 2002).

Der gesamte Wahrnehmungsbereich während einer Fixation wird als perceptual span bezeichnet. In diesem parafovealen Bereich werden noch Informationen zum Beispiel über die Wortlänge oder die Position des nächsten Wortes wahrgenommen (Bouma 1978). Diese Information wird dann genutzt, um den Landeort für die nächste Sakkade festzulegen (McConkie und Zola 1987).

Rayner et al. (1989) stellten fest, daß der perceptual span bei legasthenen Kindern kleiner ist als bei den Kindern der Kontrollgruppe.

Von diesem kleinen Netzhautareal aus werden nun die Informationen entlang der Sehbahn zum primären visuellen Cortex (primäre Sehrinde, Area V1) im Okzipitallappen weitergeleitet. Neben dem primären visuellen Cortex dienen auch noch die Areale V2, V3 und V4 der visuellen Signalverarbeitung.

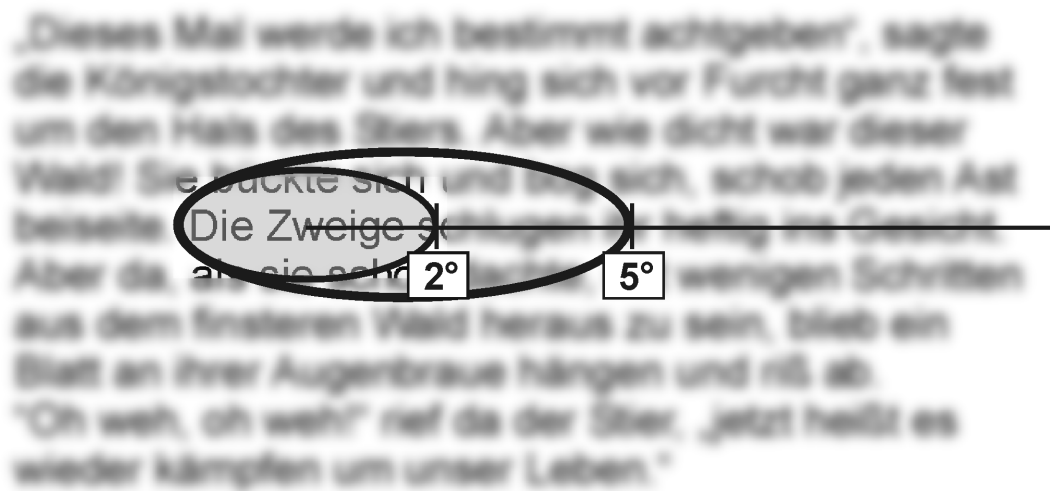


Abb. 1.2: Das kleine Oval entspricht dem minimalen Lesegesichtsfeld. Nur in diesem Bereich wird der Text scharf gesehen. Das größere Oval entspricht dem gesamten Perzeptionsareal während einer Fixation (perceptual span). Das parafoveale Perzeptionsareal ist asymmetrisch und hat eine Ausdehnung von 2° entgegen der Leserichtung und beim geübten Leser bis zu 5° in Leserichtung. Hier können nur strukturelle Merkmale des Textes, wie zum Beispiel die Wortlänge wahrgenommen werden (Abb. durch Reinhard modifiziert, nach Trauzettel-Klosinski et al. 2002).

Nach der Signalverarbeitung in der primären Sehrinde werden die dort registrierten Sinneseindrücke an das „Lesezentrum“ (Gyrus angularis) weitergeleitet. Hier findet die Umwandlung der visuellen Wortform in ihre lautliche Entsprechung statt. Die Verarbeitung der lautlichen Wortform findet dann im sensorischen Sprachzentrum (Wernicke-Areal) statt. Wenn das Gelesene ausgesprochen werden soll, müssen die Informationen an das motorische Sprachzentrum (Broca-Areal) weitergeleitet werden, wo dann ein Artikulierungsprogramm erstellt wird, das wiederum zu einer Aktivierung der Sprechmuskulatur im motorischen Cortex führt (s. Abb. 1.3).

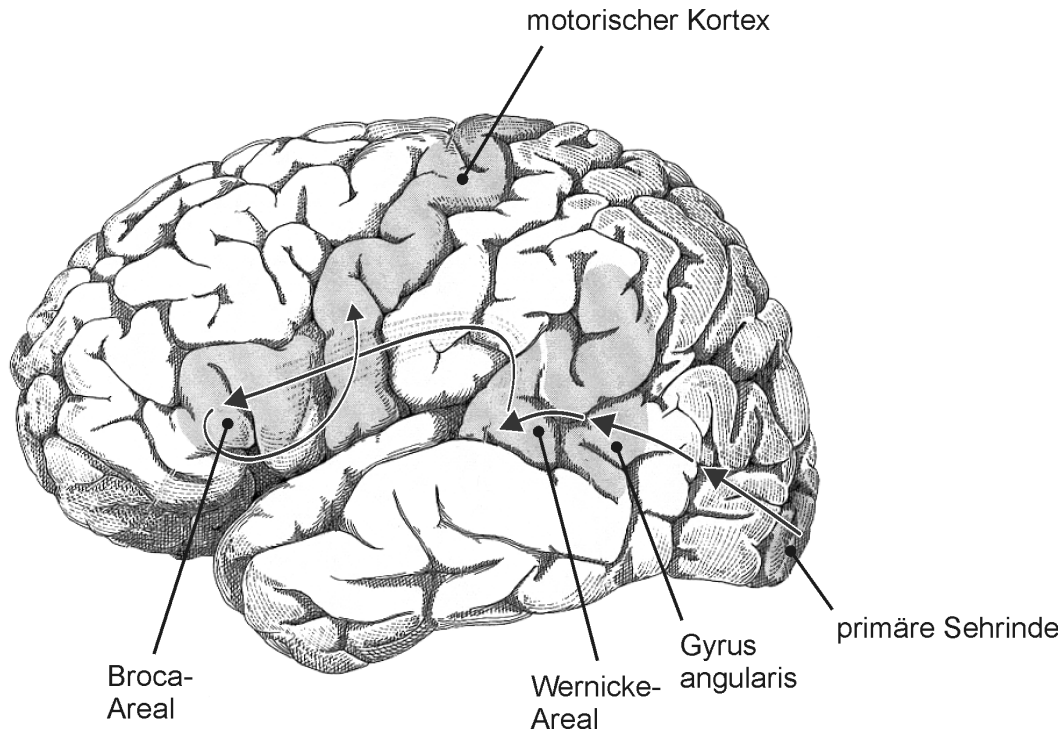


Abb. 1.3: Vereinfachtes Modell der beim lauten Lesen beteiligten Hirnregionen (nach Geschwind 1988). Zuerst wird das retinale Bild in die primäre Sehrinde weitergeleitet. Von dort aus wird der Sinneseindruck an den Gyrus angularis weitergeleitet, wo die Umwandlung der visuellen Wortform in ihre lautsprachliche Form stattfindet. Diese wird dann im sensorischen Sprachzentrum (Wernicke-Areal) weiterverarbeitet. Zur Artikulation erfolgt die Weiterleitung an das motorische Sprachzentrum (Broca-Areal), von wo aus dann der motorische Cortex aktiviert wird.

1.2.2. Augenbewegungen beim Lesen

Der Lesevorgang setzt sich aus einer Abfolge von Blicksprüngen (Sakkaden) und Haltephasen (Fixationen) zusammen (Javal 1879). Dadurch entsteht bei der Aufzeichnung dieser Augenbewegungen eine Lesekurve mit Treppenstufenmuster (s. Abb. 1.4).

Während die Sakkaden dazu dienen, im Text zum nächsten Haltepunkt zu kommen, findet während der Fixationen die Informationsaufnahme statt. Dabei nehmen die Fixationen 90-95% der Lesezeit in Anspruch (Tinker 1958).

Darüber hinaus unterscheidet man Blicksprünge in Leserichtung (Sakkaden, Vorwärtssakkaden) und Blicksprünge entgegen der Leserichtung (Regressionen, Rückwärtssakkaden). Normalerweise sind bei einem erwachsenen Leser 80-90 Prozent der Blicksprünge Vorwärtssakkaden (im weiteren Verlauf als Sakkaden bezeichnet) und 10-20 Prozent Rückwärtssakkaden (im weiteren Verlauf als Regressionen bezeichnet) (Rayner 1978).

Bei Kindern im Grundschulalter ist diese Verteilung etwas zu Gunsten der Regressionen verschoben. Sie machen 19-36 % Regressionen (McConkie et al. 1991).

Am Ende einer Zeile wird ein weiterer Sakkadentyp erforderlich, um an den Beginn der nächsten Zeile zu gelangen, der Zeilenrücksprung (return sweep). Er ist definitionsgemäß eine Regression. Manchmal reicht dieser return sweep nicht aus, um den Zeilenanfang der nächsten Zeile zu erreichen, dann macht der Leser weitere korrigierende Regressionen, sogenannte „Add to return sweeps“ (ATRS).

Augenbewegungen legasthener Kinder

In einer Reihe von Studien konnte gezeigt werden, daß legasthene Kinder mehr und längere Fixationen machen als normal lesende Kontrollkinder. Sie machen außerdem kürzere Sakkaden und haben einen höheren prozentualen Anteil an Regressionen (Eltermann et al. 1980, Olson et al. 1991). Diese typischen Veränderungen des Lesemusters erkennt man besonders eindrücklich, wenn man die Lesekurven eines normal lesenden Kontrollkindes und eines legasthenischen Kindes nebeneinander stellt. (s. Abb. 1.4)

SLRT 1-1

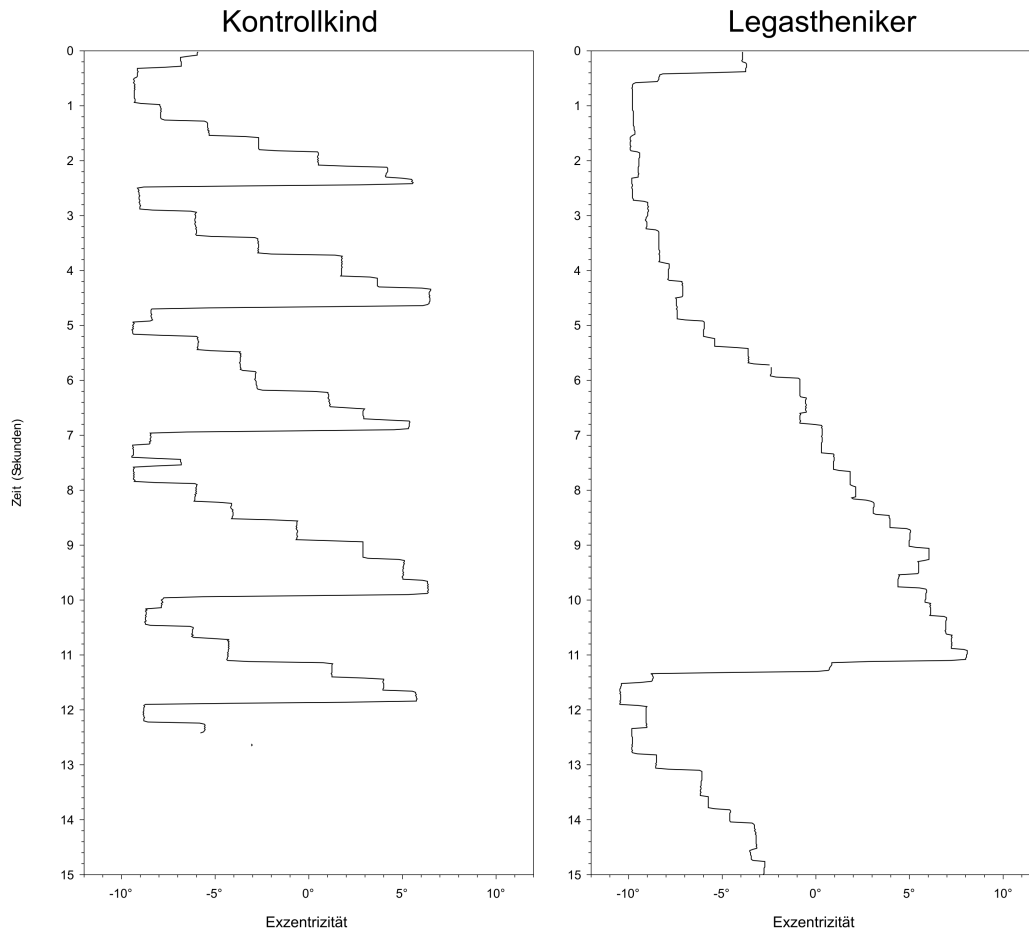


Abb. 1.4: Die Lesekurven eines Kontrollkindes und eines legasthenischen Kindes beim Lesen von Textteil 1-1. Die Kurven zeigen die Position der Fovea in Abhängigkeit von der Zeit. Das Kontrollkind benötigt zum Lesen der 6 Zeilen des Textes knapp über 12 Sekunden. Das legasthenische Kind liest in annähernd derselben Zeit nur die erste Zeile des Textes und macht dabei erheblich mehr Sakkaden und Fixationen.

1.3. Ziele dieser Arbeit

Ziel dieser Arbeit ist es, die Augenbewegungen legasthener Kinder und einer altersentsprechenden Kontrollgruppe beim Lesen von Texten zu bestimmen. Mit Hilfe des Scannig-Laser-Ophthalmoskops steht uns dafür eine Methode zur Verfügung, die das präziser ermöglicht, als dies in bisherigen Studien der Fall war.

Darüber hinaus soll überprüft werden, ob die hier erhobenen Ergebnisse mit den Daten aus dem englischen Sprachraum vergleichbar sind. Dies ist vor allem aufgrund der im deutschen Sprachraum sehr hohen Graphem-Phonem-Korrespondenz interessant.

Neuere deutsche (Dürrwächter 2003) und italienische Studien (DeLuca et al. 1999) kamen anhand von Einzelwortdarbietungen zu dem Ergebnis, daß Legastheniker aus diesen Sprachräumen andere Blickbewegungsstrategien aufweisen als englischsprachige Legastheniker.

Durch die Auswahl der Texte mit zwei verschiedenen Schwierigkeitsgraden soll außerdem untersucht werden, ob die Gruppenunterschiede konstant sind bzw. die Legastheniker mit einem einfacheren Text signifikant besser zurechtkommen als mit dem ihrer Schulstufe entsprechenden Text.

2. Probanden und Methoden

2.1 Probanden

Untersucht wurden 16 legasthenische Kinder (mittleres Alter 9,48) und 16 normal lesende Kontrollkinder (mittleres Alter 9,62). Die Kinder besuchten zum Zeitpunkt der Untersuchung alle die gleiche Klassenstufe (3. bzw. 4. Klassenstufe, da Schuljahreswechsel im Untersuchungszeitraum erfolgte). Keines der Kinder hatte zu diesem Zeitpunkt eine Klasse wiederholt.

Die Daten der Probanden sind in der folgenden Tabelle (Tab. 2.1) zusammengefaßt. Alle Probanden wurden ophthalmologisch voruntersucht und psychologisch getestet (Diagnose einer Lese- und Rechtschreibstörung nach ICD-10). Es handelt sich um dieselbe Stichprobe wie in der Einzelwortstudie von Dürrwächter (2005).

	Kontrollgruppe	Legastheniker
Geschlecht		
männlich	10	12
weiblich	6	4
Alter (Monate)		
MW	115,5	113,7
SD	4,6	3,8

Tab. 2.1: Die Zusammensetzung der Stichprobe bezüglich des Alters und des Geschlechts der Probanden. Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (SD) für das Alter sind in Monaten angegeben.

2.1.1 Augenärztliche Untersuchung

Primäres Ziel der augenärztlichen Untersuchung war der Ausschluß von Kindern mit ophthalmologischen Erkrankungen.

Zu Beginn der Untersuchung wurde zusammen mit dem begleitenden Elternteil die Anamnese erhoben. Diese betraf eventuelle Refraktionsanomalien, Schielstellung oder -behandlung, Augenerkrankungen, Sehstörungen oder Kopfschmerzen der Kinder. Dann wurden evtl. vorhandene Brillen ausgemessen und die Prüfung des Visus mit jeweiliger Korrektur der Probanden durchgeführt. Im Falle eines auffälligen Seitenunterschieds, länger nicht überprüfter Korrektur, bzw. einer Sehschärfe weniger

als 1,0 wurde eine objektive Refraktion mittels Autorefraktor oder Skiaskopie nach 3-maliger Gabe von Cyclopentolat im Abstand von 10 Minuten durchgeführt. Die Nahsehschärfe wurde durch Textvorlagen der FA Oculus geprüft. Zur Bestimmung von latenten und manifesten Schielstellungen wurde ein Abdecktest (monokular und alternierend) in Ferne und Nähe durchgeführt. Das Stereosehen wurde routinemäßig mittels Lang-Test kontrolliert und bei negativem Lang-Test mittels Titmus-Test und Bagolini-Test (zur Prüfung der retinalen Korrespondenz) überprüft. Außerdem erfolgte eine Kontrolle der Motilität und der Konvergenzreaktion der Augen. Ferner wurde die Fusionsbreite und die Akkommodationsbreite bestimmt. Die vorderen und hinteren Augenabschnitte wurden mittels Spaltlampenuntersuchung und Funduskopie kontrolliert. Das dominierende Auge wurde durch freihändiges Durchblicken eines fixierten Kaleidoskopes festgestellt. Aus der weiteren Untersuchung ausgeschlossen wurden Probanden, bei denen im Rahmen der augenärztlichen Diagnostik ein latentes Schielen, welches zu Beschwerden führt, manifestes Schielen, ein Nystagmus, Fusionsstörungen oder eine Hypoakkommodation festgestellt wurde. Insgesamt wurden vier Kinder aus der Untersuchung ausgeschlossen, bei einem Kind lag ein latentes Schielen vor, drei Kinder hatten eine isolierte Rechtschreibstörung.

2.1.2 Testverfahren

Intelligenzdiagnostik

Zum Ausschluß einer allgemeinen Intelligenzminderung wurde mit den Kindern der Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Kinder - dritte Auflage - (HAWIK-III, Tewes et al. 2001) durchgeführt.

Der Grenzwert für die Teilnahme an der Studie wurde entsprechend dem Regressionsmodell und dem international üblichen Standard im Bereich der Legasthenieforschung bestimmt. Alle Probanden dieser Studie erfüllten dieses Kriterium und wurden mit einem Gesamt-IQ von > 85 getestet.

Lese- und Rechtschreibdiagnostik

Um die Leistung der Kinder beim Lesen einzustufen, wurden der Zürcher Lesetest (ZLT, Grissemann 2000) und die Würzburger Leise Leseprobe (WLLP, Küspert & Schneider 1998b) verwendet.

Gemäß dem Standard der deutschsprachigen Legasthenieforschung und der klinischen Praxis wurde im Rahmen der Untersuchung der Prozentrang der Lesegeschwindigkeit als relevantes Kriterium für die Beurteilung der Leseleistung gewählt. Für die Gruppeneinteilung der Probanden wurde in bezug auf diesen Standard zunächst die Prozentrangstufe der Kinder für den Gesamtscore der Lesegeschwindigkeit im Wortlesetest des ZLT, im Textlesetest des ZLT und in der WLLP ermittelt. Daraufhin wurde geprüft, ob das Regressionskriterium erfüllt wird, d.h. ob zwischen der aufgrund des IQ zu erwartenden Leistung und der aktuellen Leseleistung eine Differenz von 1,5 Standardabweichungen besteht. Außerdem wurde der Untertest Rechtschreibung aus dem Salzburger Lese- und Rechtschreibtest (SLRT, Landerl et al. 1997b) zur Prüfung der Rechtschreibleistung herangezogen. Um am Ende der Lese- und Rechtschreibdiagnostik über die endgültige Aufnahme der Kinder in die Experimentalgruppe zu entscheiden, mußten die Probanden die Einschlußkriterien im Lesen und in der Rechtschreibung, d.h. in beiden Bereichen erfüllen. Probanden mit einer isolierten Lese- oder Rechtschreibstörung wurden vom weiteren Verlauf der Untersuchung ausgeschlossen. Insgesamt wurden vier Kinder aus der Untersuchung ausgeschlossen. Bei einem Kind lag ein latentes Schielen vor, drei Kinder hatten eine isolierte Rechtschreibstörung.

2.2 Meßmethode

Zur Aufzeichnung der Augenbewegungen der Probanden wurde in der vorliegenden Arbeit ein Scanning-Laser-Ophthalmoskop (SLO) der Firma Rodenstock, das SLO 101, benützt.

Für den Einsatz für die Leseexperimente an der Universitätsaugenklinik Tübingen wurde das SLO erweitert und modifiziert (Tornow et al. 1997, Reinhard et al. 1997). Das SLO ist ein bildgebendes Verfahren für die hinteren Augenabschnitte. Ein schwacher Laserstrahl wird zeilenweise über ein rechteckiges zentrales Netzhautgebiet

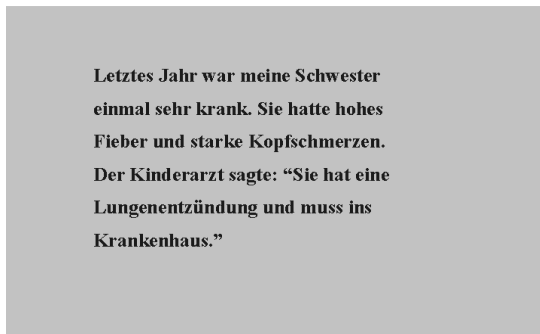
im Auge gescannt, wobei die Abtastfrequenz der normalen Videonorm entspricht (50 Halbbilder pro Sekunde). Das rechteckige Abtastfeld besitzt einen Diagonaldurchmesser von ca. 40°.

Das vom Augenhintergrund reflektierte Laserlicht wird auf eine sehr empfindliche Fotodiode geleitet und in ein elektrisches Videosignal umgewandelt. Auf diese Weise ist es möglich, ein Livebild von der Netzhaut zu erhalten, dieses kann auf einem Videoband gespeichert werden.

Neben der Bildgebung des hinteren Augenpols bietet das SLO die Möglichkeit, durch Modulation des Laserstrahls während des Scanvorgangs Objekte, z.B. ein Fixationskreuz oder einen ganzen Lesetext, direkt auf die Netzhaut zu projizieren. Der Patient sieht dann die Objekte schwarz auf hellrotem Hintergrund, der Untersucher sieht die Objekte auf dem Videobildschirm *simultan* mit der Netzhaut.

Hierdurch ist es möglich, den genauen Fixationsort des Patienten in bezug auf ein dargebotenes Objekt zu beurteilen: Die Position seiner Foveola relativ zum Objekt ist direkt aus dem Videobild ersichtlich.

Sicht des Patienten:



Sicht des Untersuchers:

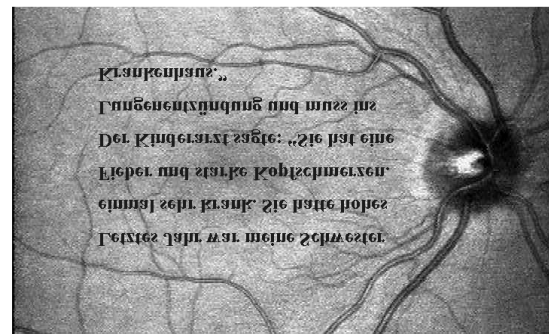


Abb. 2.1: Projektion des zu lesenden Textes auf die Netzhaut mittels SLO. Der Proband sieht schwarzen Text auf hellrotem Untergrund, der Untersucher sieht ein horizontal gespiegeltes Bild des Stimulus und zusätzlich die Netzhaut des Probanden. Auf Grundlage der simultanen Darstellung kann verfolgt werden, welches Wort mit der Stelle des schärfsten Sehens (Foveola) fixiert wird.

Im Beispiel wird das Wort "starke" (3. Zeile von unten, im Spiegelbild) in der Wortmitte fixiert.

Die gesamte SLO-Untersuchung bei einem Patienten (Dauer zwischen 10 und 25 Minuten) wurde auf ein SVHS-Videoband gespeichert und mit einem Zeitcode (VITC)

versehen. Durch dieses Verfahren wird jedem Video-Vollbild ein eindeutiger Code zugewiesen (Stunde:Minute:Sekunde,Vollbild).

Mit einer in der Sehbehindertenambulanz der Universitäts-Augenklinik Tübingen entwickelten spezialisierten Software ist es möglich, die Position der Foveola in Relation zu den dargebotenen Objekten in jedem einzelnen Videobild zu quantifizieren: Die Software liest eine digitalisierte SLO-Videosequenz (z. B. das Lesen eines Textes) ein. Der Untersucher markiert am Bildschirm eine markante Struktur am Augenhintergrund, beispielsweise eine Gefäßgabel. Die Software ist in der Lage, diese Struktur in den darauffolgenden Videobildern wiederzufinden („Tracking“) und gibt deren Koordinaten in Form einer einfachen Textdatei aus. Nach Einlesen in ein Tabellenkalkulationsprogramm (SigmaPlot) läßt sich die sogenannte *Lesekurve*, also die Position der Foveola relativ zum Text, aufgetragen über der Zeit, darstellen.

Zur Veranschaulichung der Funktionsweise des SLO ist dieser Vorgang in Abbildung 2.2 dargestellt.

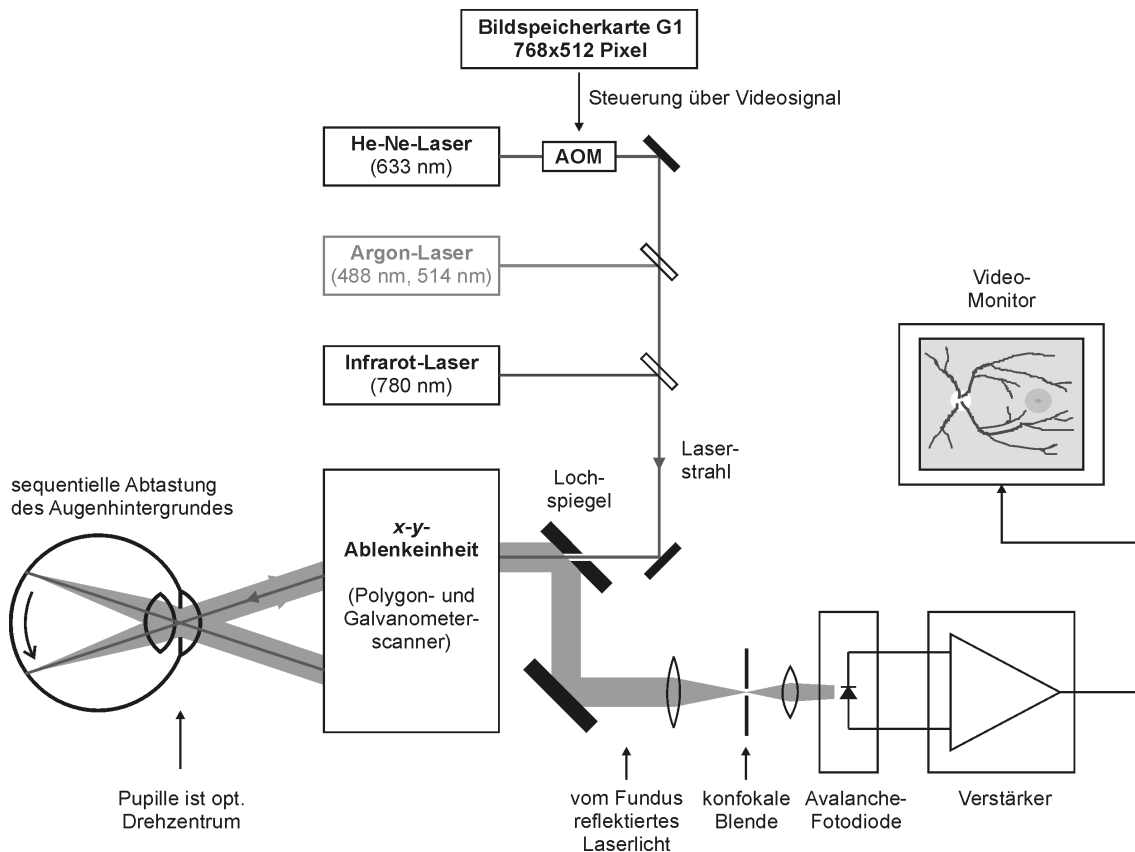


Abb. 2.2: Funktionsweise des SLO (Reinhard 2002). Durch Einkoppelung eines Laserstrahls in eine Ablenkeinheit wird der Augenhintergrund zeilenweise abgetastet. Das von dort reflektierte Licht wird durch eine Fotodiode in ein elektrisches Signal umgewandelt und als Videosignal exportiert (nach Reinhard, 2002).

2.3 Auswahl und Darbietung der Stimuli

Ausgewählt wurden zwei Texte aus dem Salzburger Lese- und Rechtschreibtest (Landerl, Wimmer und Moser 1997), die die Probanden laut vorzulesen hatten.

Text 1 ist ein Text für Schüler der 3. und 4. Schulstufe, also der Klassenstufe der Probanden entsprechend. Er besteht aus 57 Wörtern und mußte aufgrund seiner Länge für die SLO-Darbietung in zwei Teilen dargeboten werden: Teil 1-1 mit 26 Wörtern und Teil 1-2 mit 31 Wörtern. Dieser Text enthält jeweils einige recht schwierige zusammengesetzte Wörter (z.B. Krankenhaus, Rettungsauto).

Text 2 hingegen ist für Schüler der 1. und 2. Schulstufe konzipiert, also etwa zwei Leistungsstufen unter der unserer Probanden und ungefähr entsprechend dem Lesealter der legasthenischen Probanden. Er umfaßt 30 kurze, wenig komplexe Wörter.

Beide Texte wurden von den Probanden laut gelesen.

Text 1-1

Letztes Jahr war meine Schwester einmal sehr krank. Sie hatte hohes Fieber und starke Kopfschmerzen. Der Kinderarzt sagte: „Sie hat eine Lungenentzündung und muß ins Krankenhaus.“

Text 1-2

Meine Schwester wurde dann mit dem Rettungsauto ins Spital gebracht. Ich habe sie deshalb sehr beneidet. Im Krankenhaus wurde sie sehr schnell wieder gesund und konnte bald wieder zur Schule gehen.

Text 2

**Meine Schwester hat grüne Augen
und braune Haare. Ihr Gesicht
ist hübsch. Sie hat rote Wangen.
Ich mag sie sehr gerne. Sie
hat heute ein Kleid mit roten
Punkten an.**

Abb. 2.3: Die zwei am SLO dargebotenen Lesetexte

Als Ausgangspunkt für die Angabe von Vergrößerungen wird üblicherweise die Größe von Zeitungsdruck bei einem Abstand von 25 cm zwischen Auge und Text verwendet. Bei erwachsenen Probanden wird im Tübinger SLO-Labor mit einer 1,4fachen Vergrößerung gearbeitet, im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurde zur Minimierung von Artefakten, die in Zusammenhang mit der dargebotenen Schriftgröße stehen könnten, eine 2fache Vergrößerung gewählt.

Die Texte werden durch die Modulation des Laserstrahls direkt auf die Netzhaut des Patienten gescannt (s. o.).

Eine Angabe der Schriftgröße in Punkt ist aufgrund der der Projektion zugrundeliegenden Technik nicht möglich.

2.4 Untersuchung des Leseverhaltens

Wie bereits in Abschnitt 2.2 erwähnt, wurde jede Untersuchungssequenz am SLO auf Videoband aufgenommen und mit einem Timecode versehen. Unter Verwendung eines in der Sehbehindertenambulanz der Universitätsaugenklinik Tübingen entwickelten vollautomatischen Auswertungssystems wurde in einem ersten Auswertungsschritt in jedem einzelnen Videohalbbild die Position der Fovea bestimmt.

Dieses Auswertesystem macht es möglich, eine absolute Zuordnung von retinalem Fixationsort und Stimulus durchzuführen.

Die Koordinaten, die in Form einer einfachen Textdatei vorlagen, wurden dann in ein Tabellenkalkulationsprogramm (Sigmaplot, Version 7.01) übertragen und konnten damit in Form einer x-t-Kurve (Leseurve, s. Abbildung 2.4) dargestellt werden.

Aus dieser Kurve können dann verschiedene Werte wie Fixationsdauern, Anzahl und Amplituden der Sakkaden entnommen werden.

Gegenüber einer konventionellen Augenbewegungsregistrierung hat die SLO-Leseurve den Vorteil einer absoluten Zuordnung von der Foveola zum Text. Ihre Auswertung erlaubt eine exakte Analyse der absoluten Augenbewegungsparameter.

Darüberhinaus besitzt das SLO bei der Untersuchung von Kindern den entscheidenden Vorteil, daß keine Ungenauigkeiten aufgrund von Bewegungsartefakten auftreten und daß die Durchführung von Kalibrierungssequenzen vor und während der Untersuchung nicht erforderlich ist.

Bestimmt wurden Anzahl der Sakkaden, Anzahl der Regressionen, Amplitude der Sakkaden, Amplitude der Regressionen, Anzahl der zusätzlich benötigten Regressionen für den Zeilenrücksprung, sowie die Anzahl und Dauer der Fixationsperioden.

Für die Auswertung wurden folgende Richtlinien aufgestellt:

1. Eine *Sakkade* (S) ist eine Bewegung der Fovea in Leserichtung (nach rechts), die größer als die halbe Breite des Kleinbuchstabens n des Lesetextes ($= 0,19^\circ$) ist.
2. Eine *Regression* (R) ist eine Bewegung der Fovea entgegen der Leserichtung, für die die gleiche Winkelbedingung gilt.
3. Eine Periode, in der das Auge länger oder gleich 100 ms auf einer Position ruht, wird als *Fixation* (F) bezeichnet. Diesem Schwellenwert liegt die Überlegung zugrunde, ab wann während einer Fixation eine sprachliche Informationsverarbeitung stattfinden kann. Radach (2002) gibt hier für Erwachsene Werte zwischen 50 und 100 ms an.
4. Der Rücksprung des Auges vom Ende einer Zeile zum Beginn der nächsten ist der Zeilenrücksprung oder *Return sweep* (RS). Er ist definitionsgemäß eine Regression, verbunden mit dem Wechsel in die nächste Zeile.
Werden zum Sprung an den Zeilenanfang noch weitere Regressionen benötigt, werden diese als *Add to return sweep* (ATRS) gezählt.

Außerdem wurde die Lesezeit für die einzelnen Texte vom Zeitpunkt der Fovealandsung auf dem ersten Wort bis zum Ausspracheende des letzten Wortes bestimmt und daraus die *Lesegeschwindigkeit* in Wörtern pro Minute (WpM) berechnet.

Ergebnisauswertung

Zur statistischen Auswertung wurde das Programm JMP (Version 4.0) verwendet. Zum Testen der Hypothese gleicher Erwartungswerte für die mittlere Lesegeschwindigkeit innerhalb einer Stichprobe (entweder Legastheniker oder Kontrollgruppe, jeweils Vergleich Text 1 vs. Text 2) wurde der t-Test für paarige Stichproben verwendet.

Zum Testen der Hypothese gleicher Erwartungswerte für die mittlere Lesegeschwindigkeit zwischen den beiden Gruppen (Legastheniker vs. Kontrollgruppe) wurde der t-Test für unverbundene Stichproben verwendet.

Bei der Anwendung der t-Tests wurde davon ausgegangen, daß die Lesegeschwindigkeiten in der Grundgesamtheit normalverteilt sind.

Das globale Signifikanzniveau für die insgesamt sechs statistischen Tests wurde auf $\alpha = 0,05$ festgelegt. Um für multiples Testen zu korrigieren wurde das lokale Signifikanzniveau für jeden Test auf 0,0083 festgelegt.

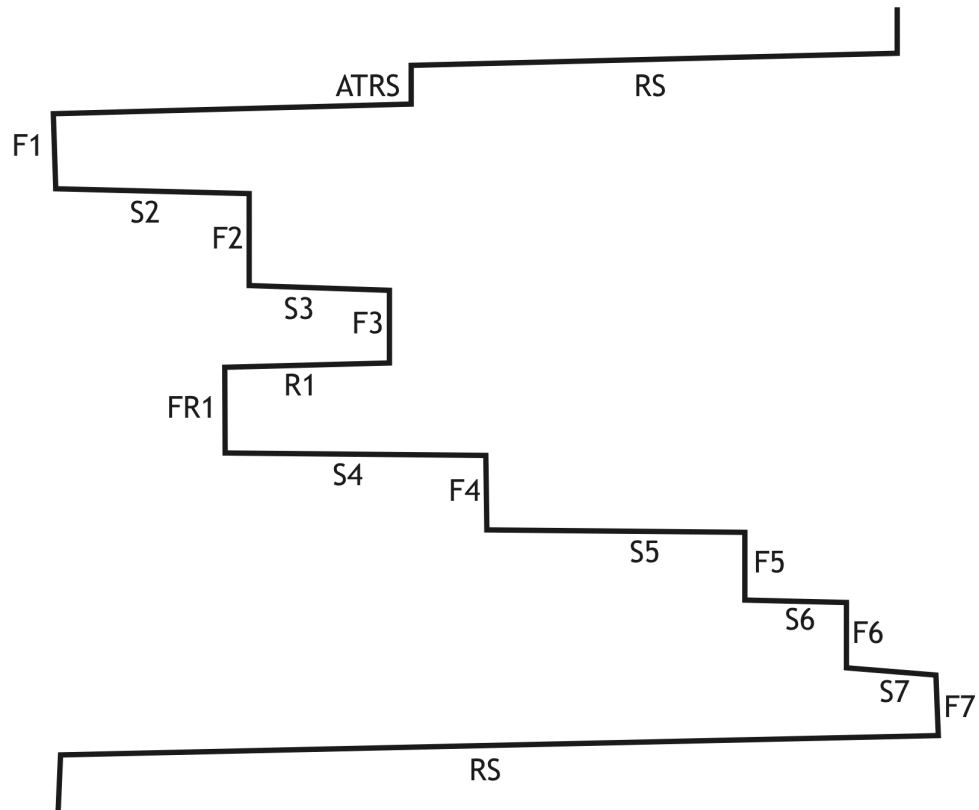


Abb. 2.4: Schematische Darstellung einer SLO-Lesekurve beim Lesen einer Textzeile. Die Kurve beginnt mit dem Zeilenrücksprung (RS), gefolgt von einer zusätzlichen Regression (ATRS). Dann beginnt die erste Fixationsperiode (F1). Nach der Fixation erfolgt eine Sakkade (S2), der wiederum eine Fixation (F2) folgt. Nach der 3. Fixationsperiode (F3) erfolgt keine Sakkade, sondern eine Blickbewegung entgegen der Leserichtung, also eine Regression (R1) mit anschließender Fixation (FR1). Nach der letzten Fixation (F7) erfolgt ein regelrechter Zeilenrücksprung (RS).

3 Ergebnisse

3.1 Lesegeschwindigkeit

Zur Berechnung der Lesegeschwindigkeit wurde die Gesamtlesezeit von der Landung der Fovea auf dem ersten Wort des Textes bis zum Ende der Aussprache des letzten Wortes gemessen.

Diese Zeit wurde dann umgerechnet in Wörter pro Minute.

Die Legastheniker hatten bei Text 1 mit 40,6 Wörtern pro Minute (WpM) eine erheblich langsamere Lesegeschwindigkeit als die Kontrollgruppe mit einem Mittelwert von 119,6 Wörtern pro Minute (Tabelle 3.1).

Dieser Unterschied ist signifikant ($p < 0,0001$).

Außerdem gab es bei der Lesegeschwindigkeit von Text 1 keine Überlappung der beiden Gruppen.

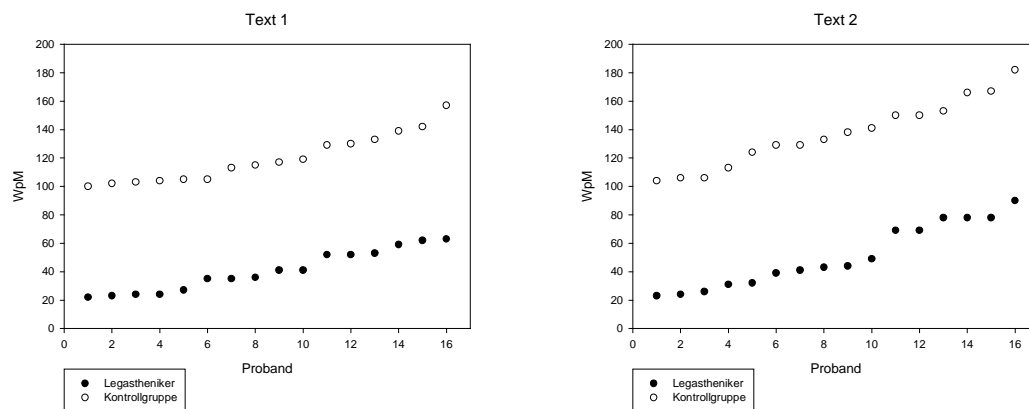


Abb. 3.1: Lesegeschwindigkeit in Wörtern pro Minute. Alle legasthenischen Kinder lasen langsamer als die Kinder der Kontrollgruppe, zwischen den beiden Gruppen gab es keine Überschneidungen.

Abbildung 3.1 zeigt die individuellen Lesegeschwindigkeiten beider Gruppen für die Texte 1 und 2.

Bei Text 2 betrug die mittlere Lesegeschwindigkeit der Legastheniker 50,9 Wörter pro Minute. Auch hier war die Kontrollgruppe mit 136,9 Wörtern pro Minute signifikant schneller ($p < 0,0001$). Auch bei Text 2 gab es keine Überlappung der Einzelwerte, die Differenz des schnellsten Legasthenikers zum langsamsten Kontrollkind ist aber geringer als bei Text 1 (s. Abb. 3.1).

Beide Gruppen lasen den leichteren Text 2 signifikant schneller ($p = 0,0006$ für die Kontrollgruppe bzw. $p = 0,0034$ für die Gruppe der Legastheniker).

Lesegeschwindigkeit in Wörter pro Minute				
	SLRT 1		SLRT 2	
	MW	SD	MW	SD
Legastheniker N = 16 (Text 1=13)	40,56	14,58	50,88	22,53
Kontrollgruppe N = 16	119,56	17,06	136,94	23,49

Tabelle 3.1: Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) für die Lesegeschwindigkeit in Wörtern pro Minute für die Gruppe der Legastheniker und die Kontrollgruppe.

Die Vollständigkeit der Lesevorgänge der Probanden war sehr hoch, nur drei Probanden (davon zwei aus der legasthenischen Gruppe) haben die Texte nicht vollständig gelesen. So hat Proband L7 der legasthenischen Gruppe den Textteil 1-2 nur bis „...wieder gesund und“ gelesen, das entspricht einer Anzahl von 25 Wörtern für Textteil 1-2 (statt der dargebotenen 31 Wörter). Insgesamt las Proband L 7 zusammen mit Teil 1-1 also 51 Wörter (statt 57), das wurde bei der Berechnung der Lesegeschwindigkeit berücksichtigt.

Proband L8 der legasthenischen Gruppe machte beim Lesen des Textteils 1-2 zu viele Unterbrechungen, so dass bei ihm nur Textteil 1-1 ausgewertet werden konnte.

Außerdem gab es bei Proband L16 der legasthenischen Gruppe eine längere Unterbrechung während des Lesevorgangs von Textteil 1-2, daher wurde bei ihm nur Teil 1-1 mit 26 Wörtern zur Berechnung der Lesegeschwindigkeit zugrunde gelegt.

Proband N 14 der Kontrollgruppe ließ das Wort "wieder" im Textteil 1-2 aus, hat also nur 30 (statt 31) Wörter gelesen, was ebenfalls bei der Berechnung der Lesegeschwindigkeit berücksichtigt wurde.

3.2. Augenbewegungsparameter

3.2.1. Sakkaden

1. Sakkaden pro 100 Wörter

Die durchschnittliche Anzahl der Sakkaden pro 100 Wörter betrug bei den Legasthenikern 316,46 für Text 1. Die Kontrollkinder machten im Durchschnitt nur 136,95 Sakkaden (Tabelle 3.2.). Dieser Unterschied ist signifikant ($p < 0.0001$).

Durchschnittliche Anzahl der Sakkaden pro 100 Wörter

	Text 1		Text 2	
	MW	SD	MW	SD
Legastheniker	316,46	89,79	268,15	90,42
N = 13				
Kontrollgruppe	136,95	20,06	121,87	18,93
N = 16				

Tab.3.2.: Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) der Sakkadenanzahl pro 100 Wörter

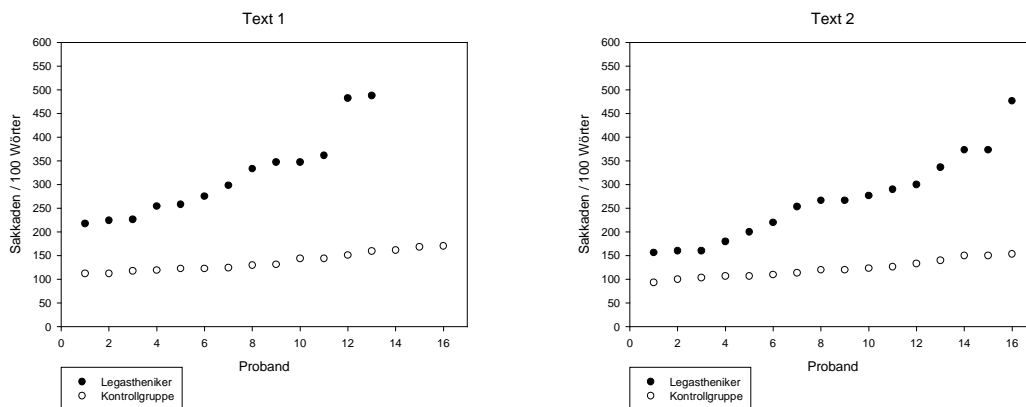


Abb. 3.2: Individuelle Mittelwerte der Anzahl an Sakkaden pro 100 Wörter

Beim Lesevorgang des zweiten Textes machten die Legastheniker 268,15 Sakkaden, die Kinder der Kontrollgruppe mit 121,87 Sakkaden machten auch hier deutlich weniger Blicksprünge. Auch dieser Unterschied ist signifikant ($p < 0,0001$).

Bei der Auswertung der Sakkaden pro 100 Wörter ist zu beachten, daß bei drei Kindern der legasthenischen Gruppe nicht alle Zeilen ausgewertet werden konnten.

So hat Proband L7 wie bereits in Abschnitt 3.1 erwähnt, den Textteil 1-2 nicht vollständig gelesen. Die Zeilen 11 und 12 fehlen. Deshalb wurden bei diesem Probanden nur die Blicksprünge pro Zeile ausgewertet.

Auch bei Proband L8 der legasthenischen Gruppe konnte die Anzahl der Sakkaden pro 100 Wörter nicht bestimmt werden, da die Lesekurve für Zeile 10 aufgrund der vielen Artefakte nicht auswertbar war. Bei Proband L16 der legasthenischen Gruppe trat dasselbe Problem auf, bei ihm konnten die Zeilen 3 und 7 - 9 nicht ausgezählt werden. Diese 3 Kinder wurden daher bei den Parametern pro 100 Wörter aus der Wertung herausgenommen, um die Ergebnisse nicht zu verfälschen.

Damit die verwertbaren Daten der Kinder aber nicht verloren gehen, und auch zum besseren Vergleich der beiden Texte untereinander, wurde daher auch jeweils der Parameter Sakkaden pro Zeile bestimmt (siehe Punkt 2: Sakkaden pro Zeile). Hier wurden dann jeweils nur die auswertbaren Zeilen berücksichtigt, also bei Proband L7 die Zeilen 1-10, bei Proband L8 insgesamt 11 Zeilen (Zeilen 1-9 und 11-12) und bei Proband L16 nur die 8 auswertbaren Zeilen (Zeilen 1,2, 4-6 und 10-12). Für die weiteren Parameter Regressionen pro 100 Wörter und Fixationen pro 100 Wörter konnten die entsprechenden Zeilen ebenfalls nicht ausgewertet werden, der Vollständigkeit halber und zur besseren Vergleichbarkeit mit entsprechenden Arbeiten werden hier diese Parameter jeweils pro 100 Wörter und pro Zeile angegeben, die oben erwähnten Kinder wurden auch hier aus der Auswertung herausgenommen. Auf die graphische Darstellung der Parameter pro 100 Wörter wird in den folgenden Abschnitten der Übersichtlichkeit halber verzichtet.

2. Sakkaden pro Zeile

Die durchschnittliche Anzahl der Sakkaden pro Zeile betrug für Text 1 bei den Legasthenikern 15,23 (s. Tabelle 3.3). Die Kontrollgruppe machte mit durchschnittlich 6,51 Sakkaden pro Zeile sehr viel weniger Blicksprünge in Leserichtung.

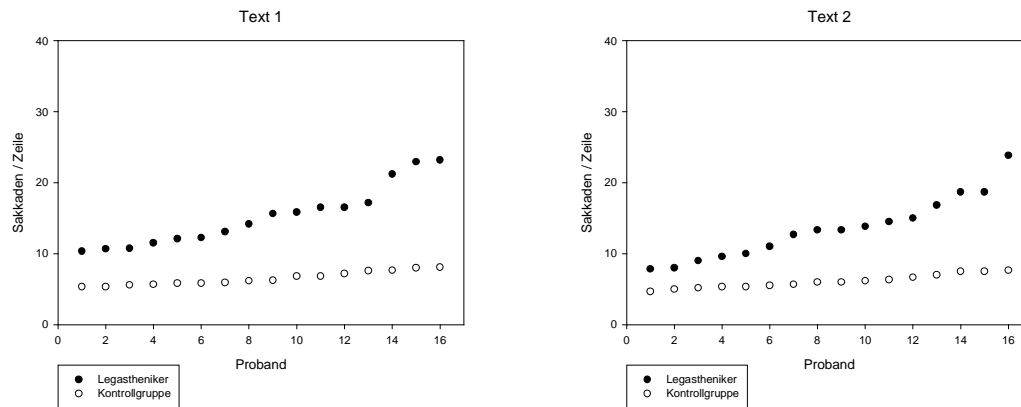


Abb. 3.3: Individuelle Mittelwerte der Anzahl an Sakkaden pro Zeile

Für das Lesen des einfacheren Textes 2 benötigten die Legastheniker mit durchschnittlich 13,51 Sakkaden etwas weniger Blicksprünge als zum Erfassen von Text 1. Die Kontrollkinder hatten mit 6,09 Sakkaden ungefähr gleich viele Sakkaden wie bei Text 1 und benötigten auch für Text 2 wesentlich weniger Sakkaden als die Legastheniker.

Durchschnittliche Anzahl der Sakkaden pro Zeile				
	SLRT 1		SLRT 2	
	MW	SD	MW	SD
Legastheniker	15,23	4,23	13,51	4,41
N = 16				
Kontrollgruppe	6,51	0,95	6,09	0,95
N = 16				

Tab. 3.3: Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) für die Anzahl der Sakkaden pro Zeile für die Gruppe der Legastheniker und die Kontrollgruppe.

3. Sakkadenamplitude

Die Sakkadenamplitude gibt die durchschnittliche Weite einer Sakkade in Grad an. Die durchschnittliche Sakkadenweite bei den legasthenischen Kindern betrug für den ersten Text 1,46° (s. Tabelle 3.4). Die Kontrollgruppe machte mit durchschnittlich 3,02° ungefähr doppelt so große Blicksprünge in Leserichtung. Dieser Unterschied ist signifikant ($p < 0,0001$). Ein Grad entspricht ca. 2,63 Kleinbuchstaben.

Durchschnittliche Sakkadenweite in Grad				
	SLRT 1		SLRT 2	
	MW	SD	MW	SD
Legastheniker	1,46	0,29	1,48	0,32
N = 16				
Kontrollgruppe	3,02	0,52	2,74	0,4
N = 16				

Tab. 3.4: Mittelwerte (MW) und Standardabweichung (SD) für die Sakkadenweite für die Gruppe der Legastheniker und die Kontrollgruppe.

Die Ergebnisse für Text 2 sind ähnlich, da machten die Legastheniker durchschnittlich 1,48 Grad weite Sakkaden, die Sakkaden der Kontrollgruppe waren auch hier mit durchschnittlich 2,74 Grad erheblich weiter. Dieser Unterschied ist signifikant ($p < 0,0001$).

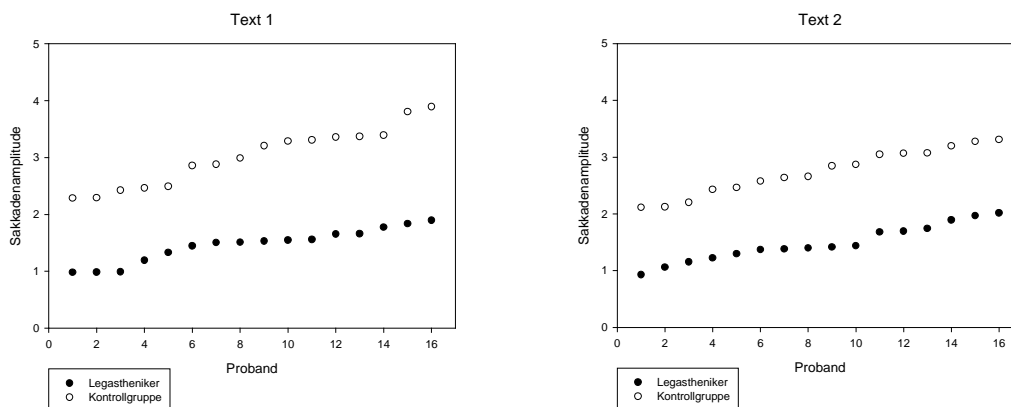


Abb. 3.4: Individuelle durchschnittliche Sakkadenamplituden in Grad

3.2.2 Regressionen

1. Regressionen pro 100 Wörter

Die absolute Zahl der Regressionen pro 100 Wörter ist für die Gruppe der Legastheniker mit 84,34 Regressionen für Text 1 und 70,83 Regressionen für Text 2 sehr viel höher als bei der Kontrollgruppe. Die Kinder der Kontrollgruppe machten beim Lesen von Text 1 durchschnittlich nur 20,72 Regressionen und bei Text 2 16,25 Regressionen (s. Tab. 3.5)

Durchschnittliche Anzahl der Regressionen pro 100 Wörter				
	Text 1		Text 2	
	MW	SD	MW	SD
Legastheniker N = 16 (Text 1=13)	84,34	40,77	70,83	56,97
Kontrollgruppe N = 16	20,72	11,18	16,25	12,58

Tab. 3.5: Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) für die Anzahl der Regressionen pro 100 Wörter für die Gruppe der Legastheniker und die Kontrollgruppe.

2. Regressionen pro Zeile

Durchschnittliche Anzahl der Regressionen pro Zeile				
	Text 1		Text 2	
	MW	SD	MW	SD
Legastheniker N = 16	3,72	1,88	3,61	2,82
Kontrollgruppe N = 16	0,99	0,54	0,91	0,64

Tab. 3.6: Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) für die Anzahl der Regressionen pro Zeile für die Gruppe der Legastheniker und die Kontrollgruppe.

Hier wurden die Blicksprünge gegen die Leserichtung erfaßt.

Die Mittelwerte und Standardabweichungen der Untersuchungsgruppen für die Anzahl an Regressionen pro Zeile sind in Tabelle 3.6 dargestellt.

Die Gruppe der Legastheniker machte beim Lesen des ersten Textes im Durchschnitt 3,72 Regressionen pro Zeile. Die Kontrollgruppe hingegen machte mit einem Mittelwert von 0,99 wesentlich weniger Regressionen .

Für Text 2 sehen die Ergebnisse ähnlich aus, da machten die Legastheniker 3,61 Regressionen entgegen der Leserichtung, die Kontrollkinder nur 0,91 Regressionen.

3. Prozentualer Anteil an Regressionen

Von besonderer Bedeutung in Bezug auf die Anzahl regressiver Blickbewegungen ist die Betrachtung des prozentualen Anteils an Regressionen bezogen auf die Gesamtzahl der Blickbewegungen.

Hierbei ist zu erkennen, daß die Legastheniker nicht nur zahlenmäßig mehr Regressionen machen, weil sie auch insgesamt mehr Blicksprünge machen, sondern daß sie relativ mehr Regressionen zum Erfassen eines Textes benötigen als die Kontrollgruppe (s. Tabelle 3.7).

Die Kontrollgruppe machte beim Lesen des ersten Textes 12,93 % Regressionen, für Text 2 lag der prozentuale Anteil der Regressionen bei 12,25 % (s. Abb. 3.4).

Prozentualer Anteil an Regressionen				
	SLRT 1		SLRT 2	
	MW	SD	MW	SD
Legastheniker	19,17	5,86	18,42	9,01
N = 16 (Text 1 = 15)				
Kontrollgruppe	12,93	6,26	12,25	7,51
N = 16				

Tab. 3.7: Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) für den prozentualen Anteil an Regressionen für die Gruppe der Legastheniker und die Kontrollgruppe.

Die Werte der Legastheniker unterscheiden sich davon signifikant, sie machten während des Lesens von Text 1 durchschnittlich 19,17 % Regressionen ($p = 0,0073$), bei Text 2 lag dieser Anteil bei 18,42 % ($p = 0,0033$).

Für Proband 16 der legasthenischen Gruppe konnte der prozentuale Anteil an Regressionen nicht bestimmt werden, da in seiner Lesekurve 4 Zeilen der insgesamt 12 Zeilen nicht auswertbar waren.

Bei den Probanden 7 und 8 wurden zur Berechnung des prozentualen Anteils der Regressionen die 10 bzw. 11 auswertbaren Zeilen verwendet.

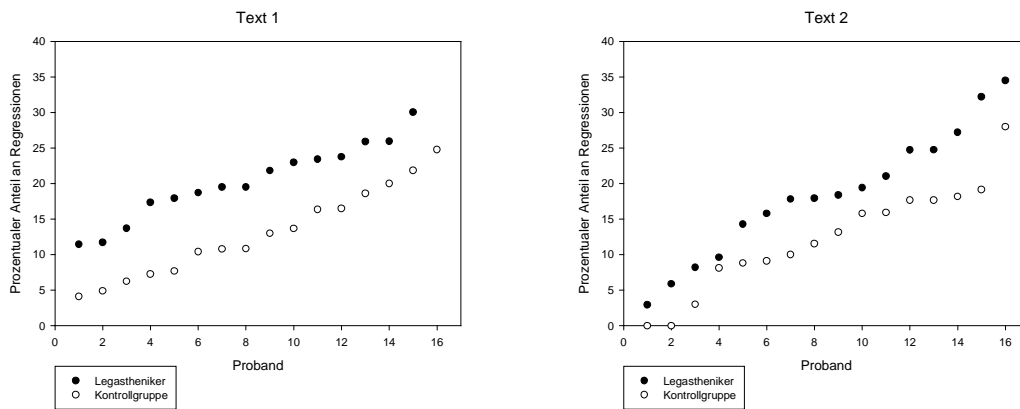


Abb. 3.4: Prozentualer Anteil der Regressionen an der Gesamtzahl der Sakkaden und Regressionen.

3.2.3. Fixationen

1. Fixationen pro 100 Wörter

Anzahl der Fixationen pro 100 Wörter				
	SLRT 1		SLRT 2	
	MW	SD	MW	SD
Legastheniker	400,81	124,29	338,96	138,57
N = 16 (Text 1 = 13)				
Kontrollgruppe	157,68	22,67	140	25,73
N = 16				

Tab. 3.8: Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) für die Anzahl der Fixationen pro 100 Wörter für die Gruppe der Legastheniker und die Kontrollgruppe.

2. Fixationen pro Zeile

Die Mittelwerte und Standardabweichungen für die Fixationen pro Zeile sind in Tabelle 3.9 dargestellt. Wie bei den anderen absoluten Leseparametern ist auch die Anzahl der Fixationen bei den Legasthenikern erheblich höher als bei der Kontrollgruppe.

Die Kinder der Kontrollgruppe benötigten für den ersten Text durchschnittlich 7,49 Fixationen, für den zweiten Text brauchten sie 7,0 Fixationen.

Anzahl der Fixationen pro Zeile				
	SLRT 1		SLRT 2	
	MW	SD	MW	SD
Legastheniker	18,29	5,94	16,95	6,93
N=				
Kontrollgruppe	7,49	1,08	7,0	1,29
N=				

Tab. 3.9: Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) für die Anzahl der Fixationen pro Zeile für die Gruppe der Legastheniker und die Kontrollgruppe.

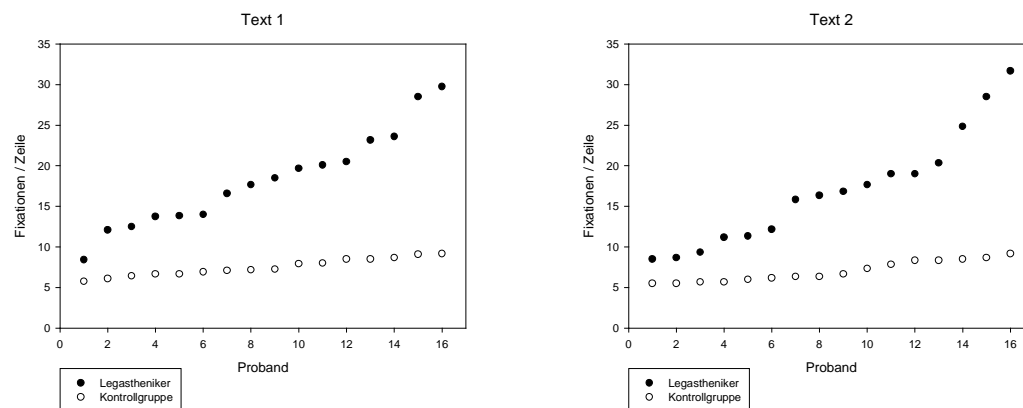


Abb. 3.5: Individuelle Mittelwerte der Fixationen pro Zeile

Die legasthenische Gruppe machte dagegen bei Text 1 im Durchschnitt 18,29 Fixationen und bei Text 2 16,95 Fixationen, also jeweils mehr als doppelt so viele Fixationen wie die Kinder der Kontrollgruppe (s. Abb. 3.5.).

3. Fixationsdauer

Hier wurde die mittlere Fixationsdauer der Einzelfixation bestimmt.

Die Mittelwerte und Standardabweichungen sind Tabelle 3.10 zu entnehmen.

Die mittlere Fixationsdauer war bei den Legasthenikern für Text1 350 ms, für Text 2 352 ms, und damit jeweils ungefähr 100 ms länger als bei der Kontrollgruppe. Dieser Unterschied ist signifikant (p jeweils $< 0,0001$).

Mittlere Fixationsdauer pro Einzelfixation in Sekunden				
	SLRT 1		SLRT 2	
	MW	SD	MW	SD
Legastheniker N = 16	0,350	0,06	0,352	0,06
Kontrollgruppe N = 16	0,25	0,03	0,24	0,03

Tab. 3.10: Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) für die Dauer der Einzelfixation für die Gruppe der Legastheniker und die Kontrollgruppe.

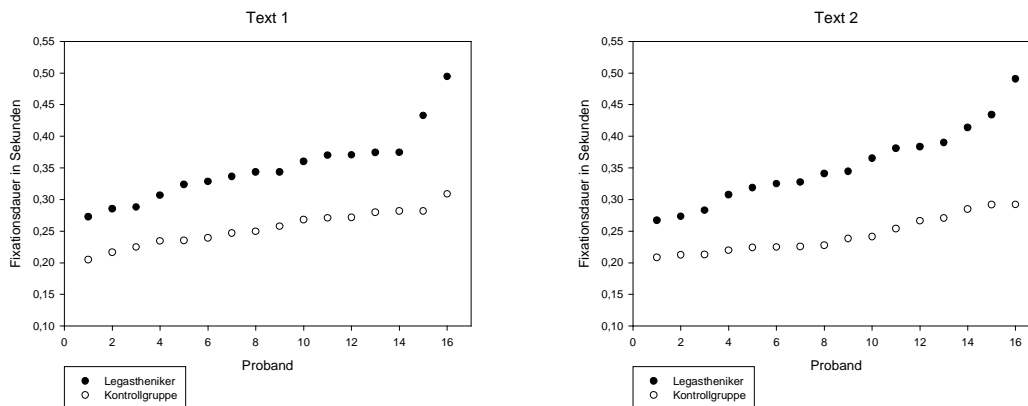


Abb. 3.6.: Individuelle durchschnittliche Fixationsdauer in Sekunden

3.2.4 Zeilenrücksprung

Hier wurde die Anzahl der „Add to return sweeps“ (ATRS) bestimmt, das heißt, die Regressionen, die bei einem Zeilenrücksprung (*return sweep*) an den Zeilenanfang zusätzlich benötigt werden (siehe auch Beispielkurve in Abb 2.4).

Auch bei diesem Parameter konnte ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden Gruppen festgestellt werden, die Differenz zwischen den Gruppen beträgt jeweils ca. 1,5 Standardabweichungen (s. Tabelle 3.11 und Abb. 3.7.).

Anzahl der Add to return sweeps (ATRS) pro Zeile				
	Text 1		Text 2	
	MW	SD	MW	SD
Legastheniker	1,55	0,33	1,54	0,31
N = 16				
Kontrollgruppe	1,0	0,31	1,04	0,36
N = 16				

Tab. 3.11: Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) für die ATRS der Gruppe der Legastheniker und der Kontrollgruppe.

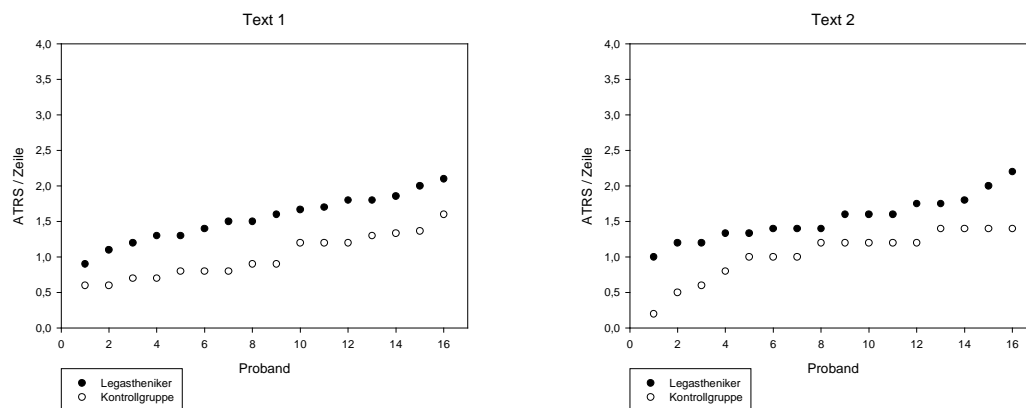


Abb. 3.7: Individuelle durchschnittliche Anzahl der Add to return sweeps pro Zeile

4 Diskussion

4.1 Methodik

Das Scanning-Laser-Ophthalmoskop hat sich als ausgezeichnetes Instrument zur Untersuchung von Augenbewegungen beim Lesen erwiesen. Seine unbestreitbaren Vorteile liegen vor allem in der Möglichkeit, die Augenbewegungen der Probanden simultan mit dem auf die Netzhaut projizierten Stimulus aufzuzeichnen. Durch die Abbildung des dargebotenen Stimulus auf der Retina kann die absolute Position der Fovea während des Lesevorgangs ermittelt werden und dadurch wird eine exakte Analyse der Augenbewegungsparameter möglich. Zusätzlich dazu kann die Sprache simultan aufgezeichnet werden, so daß nicht nur eine exakte Lesekurve ermittelt werden kann, sondern auch die genaue Position der Fovea während der Aussprache festgestellt werden kann.

Wie jede Methode hat aber auch das SLO Nachteile. Zum einen ist ein hoher Zeit- und Personalaufwand vor allem für die Auswertung der erhobenen Videosequenz erforderlich. Sein Einsatz ist daher wissenschaftlichen Fragestellungen vorbehalten und für Leseuntersuchungen im klinischen Alltag nicht sinnvoll.

Außerdem kann die Aufzeichnung nur monokular erfolgen.

Durch Kopfbewegungen und Lidschläge der Probanden kann es zu Bewegungsartefakten kommen, die einen Teil der Lesekurve nicht darstellbar machen. Dies konnte in dieser Studie durch Fixierung des Kopfes der Probanden und die gute Kooperation der Kinder glücklicherweise weitgehend vermieden werden. Nur bei einem Kind der legasthenischen Gruppe (L16) konnten aufgrund von Bewegungsartefakten 4 Zeilen des ersten Textes nicht ausgewertet werden (s. auch Kapitel 3, Ergebnisse). Darüber hinaus muß die Untersuchung in Mydriasis erfolgen, das heißt, daß bei den Probanden eine medikamentöse Erweiterung der Pupille notwendig ist.

4.2 Zu den Ergebnissen

4.2.1 Lesegeschwindigkeit

Ein Charakteristikum der Lese- und Rechtschreibschwäche ist die im Vergleich zu normal lesenden Kontrollpersonen erheblich herabgesetzte Lesegeschwindigkeit. Dies bestätigen auch die Ergebnisse dieser Arbeit. Carver (1990) gibt die durchschnittliche Lesegeschwindigkeit von englischsprachigen Collegestudenten beim leisen Lesen mit 300 Wörtern pro Minute an. Ciuffreda et al. (1976) geben in ihrer Studie die Lesegeschwindigkeit von normal lesenden erwachsenen Probanden beim leisen Lesen mit einer Geschwindigkeit von 225 - 400 WpM an, legasthenische Erwachsene lasen in ihrer Studie mit durchschnittlich 175 WpM. Für Kinder ist diese Rate naturgemäß erheblich herabgesetzt, so lesen Schüler der 3. bis 4. Grundschulklasse im Durchschnitt mit einer Geschwindigkeit von 135 WpM (Carver 1990). In einer Studie von Adler-Grinberg et al. (1978) lasen die Kontrollkinder beim leisen Lesen 164 WpM, die Legastheniker 105 WpM.

Oben zitierte Werte beziehen sich also hauptsächlich auf das leise Lesen von Texten. Außerdem hängt die Lesegeschwindigkeit natürlich auch vom Schwierigkeitsgrad des dargebotenen Textes ab.

Die Kinder in der vorliegenden Arbeit haben jedoch laut gelesen.

Für das laute Lesen von Texten geben Daane et al. (2005) für nicht legasthenische Schüler der vierten Klasse eine Lesegeschwindigkeit von 119 Wörtern pro Minute an. Die Lesegeschwindigkeit der Kinder der Kontrollgruppe der hier vorliegenden Arbeit lag für den altersentsprechenden Text 1 ebenfalls bei einer Lesegeschwindigkeit von durchschnittlich 119,56 WpM, den leichteren Text 2 lasen die Kinder mit 136,94 WpM. Die legasthenischen Kinder blieben erwartungsgemäß deutlich unter diesen Werten. DeLuca et al. (1999) stellten bei legasthenischen Kindern eine gegenüber der Kontrollgruppe um den Faktor 2-6 herabgesetzte Lesegeschwindigkeit fest. Diese Feststellung deckt sich mit den Ergebnissen dieser Arbeit. Die Legastheniker lasen den schwierigeren Text 1 nur mit einer Geschwindigkeit von 40,56 WpM, blieben also erheblich unter dem Wert der Kontrollgruppe. Mit dem zweiten Text hatten auch sie weniger Probleme und erreichten eine Geschwindigkeit von 50,88 WpM.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit lassen vermuten, daß auch der leichtere Text 2 noch über dem Lesealter der legasthenischen Kinder lag, denn auch beim Lesen von Text 2 war die legasthenische Gruppe erheblich langsamer als die Kontrollgruppe. Wie Olson et al. (1991) zu bedenken geben, werden diese Gruppenunterschiede deutlich geringer, wenn man die Kontrollgruppe entsprechend dem Lesealter der Legastheniker und nicht nach deren Schulalter zusammensetzt.

Bezüglich der Lesegeschwindigkeit bestehen zwischen den Kontrollkindern keine Unterschiede zwischen englischen und deutschen Kindern, bei den Legasthenikern gibt es Hinweise, daß deutsche Kinder langsamer sind. Dies geht konform mit den Unterschieden im Phänotyp in den unterschiedlichen Sprachräumen. Wimmer (1993) beschreibt, daß deutschsprachige Kinder langsamer, aber genauer lesen, während englischsprachige Legastheniker schneller, aber mit einer höheren Fehlerquote lesen.

4.2.2 Augenbewegungsparameter

4.2.2.1. Sakkaden

1. Sakkaden pro Text / Zeile

Die Aufgabe von Sakkaden ist es, die Augen nach einer Fixationsperiode zur nächsten optimalen Halteposition zu bringen.

Hyönä und Olson (1995) konnten nachweisen, daß auch normale Leser (ebenso wie Legastheniker) eine höhere Anzahl an Sakkaden machen, wenn sie Textmaterial lesen, das über ihrem Leseniveau liegt und ihnen damit Schwierigkeiten bereitet.

DeLuca et al. (1999) kamen in ihrer Studie zu dem Ergebnis, daß Legastheniker mehr und kürzere Sakkaden machen als eine entsprechende Kontrollgruppe: die Legastheniker machten durchschnittlich 16,6 Sakkaden pro Zeile, wobei eine Zeile durchschnittlich 7,6 Wörter umfaßte, die Kontrollgruppe hingegen machte mit 7,4 Sakkaden pro Zeile signifikant weniger Blicksprünge. Die von ihr an italienischen Kindern erhobenen Ergebnisse stimmten mit den Ergebnissen englischsprachiger Untersuchungen überein.

In der vorliegenden Arbeit bestand eine Zeile aus durchschnittlich 4,75 Wörtern (Text 1) bzw. 5 Wörtern (Text 2), die Zeilen sind also etwas kürzer als bei DeLuca.

Die Ergebnisse liegen aber trotzdem in einem ähnlichen Bereich und die Gruppenunterschiede sind ebenso beeindruckend.

Erwartungsgemäß sind also bezüglich des Parameters der Sakkadenanzahl keine Unterschiede zum englischen Sprachraum festzustellen. Die vermehrte Anzahl an Sakkaden und Fixationen spiegelt in erster Linie die Schwierigkeit der Legastheniker bei der Wortverarbeitung wieder.

2. Sakkadenamplitude

Mit zunehmendem Alter und zunehmender Lesefähigkeit nimmt die Sakkadenweite normalerweise zu (McConkie 1991). Die durchschnittliche Sakkadenweite eines geübten Lesers beträgt 7 - 9 Satzzeichen (Rayner 1998). Kinder machen üblicherweise kürzere Blicksprünge mit einer mittleren Weite von 3,6 Satzzeichen in der ersten Schulklasse, die dann bis zum vierten Schuljahr auf durchschnittlich 6,3 Satzzeichen zunimmt (McConkie et al. 1991).

Legastheniker machen üblicherweise kürzere Sakkaden als normale Leser (Rayner 1983, Pavlidis 1983, Hyonä und Olson 1995). Olson et al. (1991) untersuchten die Augenbewegungen legasthenischer Kinder im Vergleich mit einer altersentsprechenden Kontrollgruppe und einer dem Lesealter entsprechend parallelisierten Kontrollgruppe. Die Legastheniker machten dabei gegenüber der altersentsprechenden Kontrollgruppe mit durchschnittlich 5,36 Satzzeichen weiten Sakkaden kürzere Sakkaden als die Kontrollgruppe, deren Sakkaden 6,34 Satzzeichen weit waren. Diese Ergebnisse bestätigten die Ergebnisse früherer Studien (Rubino und Minden 1973, Griffin et al. 1974). Auch in der vorliegenden Arbeit sind die Gruppenunterschiede beeindruckend. Die Sakkaden der Legastheniker waren mit einer durchschnittlichen Weite von $1,46^\circ$ (Text 1) und $1,48^\circ$ (Text 2) etwa um die Hälfte kürzer als die der Kontrollgruppe mit einer Weite von $3,02^\circ$ (Text 1) und $2,74^\circ$ (Text 2). Dies entspricht bei den Legasthenikern 4,56 bzw. 4,63 Satzzeichen und bei der Kontrollgruppe 9,44 bzw. 8,56 Satzzeichen. Diese Ergebnisse decken sich somit sowohl mit der englischsprachigen Literatur als auch mit den Ergebnissen aus dem italienischen Sprachraum, der ja aufgrund der höheren Regularität der Graphem-Phonem-Korrespondenz eher mit dem deutschen Sprachraum vergleichbar ist. DeLuca et al. (1999) fanden für italienischsprachige Legastheniker Sakkaden mit einer Amplitude von $1,2^\circ$ im

Gegensatz zu den Sakkaden der Kontrollgruppe, die mit einer Amplitude von $2,7^\circ$ mehr als doppelt so weit waren.

Bei der Betrachtung dieser Ergebnisse ist aber zu beachten, daß die Legastheniker jeweils mit einer entsprechend dem biologischen Alter parallelisierten Gruppe verglichen wurden. Wenn man wie Olson et al. (1991) die Gruppe der Legastheniker mit einer Kontrollgruppe entsprechend dem Lesealter der Legastheniker parallelisiert, finden sich ganz andere Ergebnisse. Hier zeigten die Legastheniker beim Lesen eines ihrer Lesefähigkeit entsprechenden Textes Sakkaden mit einer Weite von 6,62 Satzzeichen, die Sakkaden der Kontrollgruppe waren mit 6,06 Satzzeichen sogar kürzer als die der Legastheniker. Diese Ergebnisse sprechen dafür, daß bei Legasthenikern kein grundsätzliches Problem der Okulomotorik und der visuellen Informationsverarbeitung vorliegt, wie von einigen Autoren (Fischer und Weber 1990, Pavlidis 1991, Stein 2001) vertreten wird, sondern daß die Auffälligkeiten der Augenbewegungen von Legasthenikern eher Folge als Ursache der Lese-/Rechtschreibstörung sind und eventuell durch einen Entwicklungsrückstand verursacht sind (Olson et al. 1991, McConkie et al. 1991, Rayner und Pollatsek 1989).

4.2.2.2 Regressionen

1. Regressionen pro Text / Zeile

Entsprechend der erhöhten Anzahl an Fixationen steigt wie bereits in Abschnitt 4.2.2.1. erwähnt auch die Anzahl der horizontalen Blickbewegungsparameter und damit auch die Anzahl der Regressionen. Ciuffreda et al. (1976) geben die Häufigkeit von Regressionen bei normal lesenden Erwachsenen mit 5 bis 15 Regressionen pro 100 Wörter an, ein erwachsener Legastheniker macht im Mittel 20 Regressionen pro 100 Wörter. DeLuca et al. (1999) stellten bei ihren legasthenischen Probanden durchschnittlich 7,7 Regressionen pro Zeile fest.

Die legasthenische Gruppe der vorliegenden Arbeit machte beim Lesen von Text 1 durchschnittlich 48,08 Regressionen, das entspricht umgerechnet 84 Regressionen pro 100 Wörter, also erheblich mehr, als Ciuffreda et al. (1976) für erwachsene Legastheniker feststellten. Die Kontrollgruppe machte deutlich weniger Regressionen,

nämlich 11,81 Regressionen pro Text, auf 100 Wörter umgerechnet entspricht dies 21 Regressionen, also nur ein Viertel des Wertes der Legastheniker.

Für Text 2 sind die Werte pro 100 Wörter ähnlich, hier machten die Legastheniker durchschnittlich 71 Regressionen pro 100 Wörter, die Kontrollkinder nur 18 Regressionen pro 100 Wörter.

Die Werte der Legastheniker für die Regressionen pro Zeile sind mit 3,72 Regressionen pro Zeile (Text 1) und 3,61 Regressionen pro Zeile (Text 2) nur halb so hoch wie von DeLuca et al. (1999) beschrieben. Die Kontrollkinder machten jeweils 0,99 (Text 1) bzw. 0,91 (Text 2) Regressionen pro Zeile. Dabei muß man allerdings berücksichtigen, daß diese absoluten Werte pro Text bzw. pro Zeile aufgrund der verschiedenen Textlängen und Zeilenbreiten der einzelnen Studien nicht direkt vergleichbar sind. Gemeinsam ist den Ergebnissen allerdings, daß die Legastheniker weit mehr Regressionen machen, als die jeweilige Kontrollgruppe. Um die Studien untereinander vergleichen zu können, ist es daher empfehlenswert, den prozentualen Anteil der Regressionen an den horizontalen Blickbewegungen zu bestimmen (siehe nächster Abschnitt).

2. Prozentualer Anteil an Regressionen

Auch beim Lesevorgang eines normal lesenden Erwachsenen sind 10 bis 20 % der Blickbewegungen Regressionen (Rayner 1978). Dieser Anteil ist bei Kindern erfahrungsgemäß etwas höher und liegt bei Grundschulkindern laut Rayner (1998) relativ konstant zwischen 26 und 28 Prozent. McConkie et al. (1991) geben ihn in ihrer Metaanalyse mit 19 bis 36 Prozent für normal lesende Grundschüler an. Es ist bekannt, daß Legastheniker aufgrund der höheren Rate an Blicksprüngen an sich auch mehr Regressionen machen. Deshalb ist es besonders interessant, den prozentualen Anteil dieser Regressionen zu bestimmen, um zu erkennen, ob legasthenische Leser nur zahlenmäßig mehr Blicksprünge entgegen der Leserichtung machen, oder ob der Anteil der Regressionen an den Gesamtblicksprüngen bei ihnen tatsächlich erhöht ist.

Bereits Tinker (1958) stellte bei Legasthenikern einen höheren Anteil an Regressionen fest. Pavlidis (1981) bestätigte diese Feststellung, in seiner Studie betrug der Anteil an Regressionen bei den Legasthenikern 35 Prozent, der der Kontrollgruppe nur 12

Prozent. Er interpretierte diese Ergebnisse dahingehend, daß bei legasthenischen Kindern ein grundlegendes Problem der Blicksteuerung besteht.

Auch Eltermann et al. (1980) und Eden et al. (1994) stellten bei Legasthenikern einen erhöhten Anteil an Regressionen fest.

Olson et al. (1991) hingegen versuchten, die Ergebnisse von Pavlidis zu replizieren. Sie konnten aber keinen signifikanten Unterschied zwischen beiden Gruppen feststellen.

Die Legastheniker machten bei ihnen 20 Prozent Regressionen, die Kontrollgruppe 19 Prozent.

DeLuca et al. (1999) und Dürrwächter (2003) stellten für den italienisch-/deutschsprachigen Raum für das Lesen von Einzelwörtern keinen Unterschied zwischen den Legasthenikern und der Kontrollgruppe ihrer Studien bezüglich des prozentualen Anteils der Regressionen fest und erklären dies mit der hohen Regularität der Graphem-Phonem-Korrespondenz dieser beiden Sprachen gegenüber dem Englischen. Diese hohe Regularität unterstütze die sequentielle Analyse der Bestandteile eines Wortes und eröffne somit deutschsprachigen Legasthenikern im Vergleich zu englischsprachigen Legasthenikern die Möglichkeit, über den indirekten / sublexikalischen Weg der Wortverarbeitung zur Worterkennung zu gelangen (Dürrwächter 2003).

In der vorliegenden Arbeit liegt die Kontrollgruppe jedoch beim Lesen von Texten mit Werten zwischen 12 und 13 Prozent deutlich unter den Ergebnissen der Legastheniker, die jeweils etwas über 18 Prozent an Regressionen aufwiesen.

Offenbar kommt beim Lesen von Texten eine erhöhte Schwierigkeit für die Verarbeitung im Vergleich zum Lesen von Einzelwörtern hinzu.

Adler-Grinberg und Stark (1978) und Olson et al. (1991) konnten allerdings nachweisen, daß diese Unterschiede verschwinden, wenn man die Legastheniker mit einer Kontrollgruppe entsprechend ihres Lesealters matcht und nicht mit gleichaltrigen Kindern vergleicht, was dafür spricht, daß die Auffälligkeiten der Blickbewegungsparameter nicht Ursache der Legasthenie sind, sondern eher eine Begleiterscheinung oder Folge der Leserechtschreibstörung darstellen. Dafür sprechen auch die von DeLuca et al. (1999) und Dürrwächter (2003) erhobenen Ergebnisse beim Lesen von Einzelwörtern.

4.2.2.3 Fixationen

1. Fixationen pro Text / Zeile

Da Legastheniker beim Lesen signifikant mehr Sakkaden machen als die Kontrollpersonen, haben sie erwartungsgemäß auch mehr Fixationen, die ja den Sakkaden folgen. Ciuffreda et al. (1976) geben die Frequenz von Fixationen erwachsener Leser mit 50 bis 85 pro 100 Wörter an.

DeLuca et al. (1999) kamen zu dem Ergebnis, daß die legasthenischen Kinder ihrer Studie ungefähr doppelt so viele Fixationen machten wie die normal lesenden Kinder. Diese hohe Anzahl an Fixationen kommt durch die kürzeren Vorwärtsbewegungen der Augen beim Lesen zustande (siehe auch Abschnitt 4.2.2.1 Sakkaden). Außerdem haben normale Leser die Tendenz, kürzere Wörter beim Lesevorgang auszulassen, und brauchen dadurch weniger Fixationen, wohingegen Legastheniker häufiger auch diese kurzen Wörter fixieren müssen, um sie zu entschlüsseln.

Schulkinder der 3. und 4. Klassenstufe machen laut McConkie et al. (1991) im Durchschnitt 132 Fixationen pro 100 Wörter (3. Klassenstufe) bzw. 125 Fixationen pro 100 Wörter (4. Klassenstufe).

Hutzler und Wimmer (2004) geben die Frequenz von Fixationen von normal lesenden 13-jährigen Kindern mit 0,83 Fixationen pro Wort an, das entspricht 83 Fixationen pro 100 Wörter, die Gruppe der Legastheniker zeigte bei ihnen im Mittel 1,53 Fixationen pro Wort (das entspricht also 153 Fixationen pro 100 Wörter), also auch hier ungefähr doppelt so viele Fixationen wie die Kontrollgruppe.

In der vorliegenden Arbeit machten die Kinder der Kontrollgruppe beim Lesen von Text 1 im Mittel 89,88 Fixationen, und 42 Fixationen beim Lesen von Text 2. Das entspricht für Text 1 einer Anzahl von 157,68 Fixationen pro 100 Wörter und für Text 2 einer Anzahl von 138,13 Fixationen pro 100 Wörter.

Die legasthenische Gruppe benötigte beim Lesen von Text 1 im durchschnitt 228,46 Fixationen, das entspricht 400,81 Fixationen pro 100 Wörter. Beim zweiten Text lag die absolute Anzahl an Fixationen bei 101,69, das entspricht 338,96 Fixationen pro 100 Wörter.

Die Kontrollgruppe machte also etwas mehr Fixationen als von McConkie et al. (1991) für die gleiche Altersgruppe beschrieben. Die Gruppe der Legastheniker machte dabei aber immer noch mehr als doppelt so viele Fixationen wie die Kontrollgruppe.

Das deckt sich mit den Ergebnissen von Ciuffreda et al. (1976) und Adler-Grindberg und Stark (1978), die ebenfalls eine extrem hohe Anzahl an Fixationen von Legasthenikern beschrieben haben. Bezüglich der Anzahl der Fixationen decken sich daher die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit mit den Ergebnissen englischsprachiger Studien.

2. Fixationsdauer

Während der Fixationen findet die eigentliche Informationsaufnahme statt. Die Zeitspanne, die die sprachliche Informationsverarbeitung von der Retina zum visuellen Cortex benötigt, beträgt laut McConkie et al. (1992) 120 ms. Die durchschnittliche Fixationsdauer beim Lesen liegt aber deutlich darüber und wird von verschiedenen Autoren mit 200 - 250 ms angegeben (Radach 1994, Carpenter und Just 1981, McConkie und Zola 1984, Sun et al. 1985). Ciuffreda et al. (1976) geben in ihrer Studie die normale Spanne von Fixationsdauern normal lesender erwachsener Probanden mit einer Spanne von 150 bis 375 ms an. Diese mittlere Fixationsdauer ist unter anderem abhängig von dem Schwierigkeitsgrad des Textes und steigt mit zunehmendem Schwierigkeitsgrad (Rayner und Pollatsek 1989) an.

Die Augen bleiben dabei an der jeweiligen Halteposition, bis das fixierte Wort identifiziert wurde (Just und Carpenter 1980). Für die mittlere Fixationsdauer von Schülern der 3. und 4. Klassenstufe gibt es verschiedene Angaben, Buswell (1922) gibt sie mit 316 ms für die 3. Klassenstufe und mit 268 für die 4. Klasse an. Etwas niedrigere Werte erhielten Taylor et al. (1960) mit 280 ms für Drittklässler und 270 ms für Viertklässler. McConkie et al. (1991) erhielten in ihrer Studie noch niedrigere Werte. Die Schüler der 3. Klasse fixierten im Durchschnitt 262 ms, die der 4. Klasse nur 248 ms, und sind damit schon im Bereich der Werte für erwachsene Leser.

In der vorliegenden Arbeit hatte die Kontrollgruppe beim Lesen des ersten Textes eine mittlere Fixationsdauer von 250 ms, beim Lesen des zweiten Textes fixierten die Kinder der Kontrollgruppe mit durchschnittlich 240 ms pro Einzelfixation sogar noch etwas kürzer. Diese Ergebnisse decken sich in etwa mit den Ergebnissen der oben genannten Studien. Die Kinder der Kontrollgruppe lagen mit ihren Ergebnissen also im oberen Bereich der normalen Fixationsdauer von Erwachsenen. Die Kinder benötigten für den

schwierigeren Text mit einigen langen und seltenen Wörtern erwartungsgemäß eine etwas längere Fixationszeit pro Einzelfixation, das stimmt mit den Ergebnissen von Rayner und Pollatsek (1989) überein.

Daß Legastheniker im Vergleich zu normal lesenden Probanden signifikant längere Fixationszeiten aufweisen, konnte bereits in einigen Studien nachgewiesen werden. Bei Olson et al. (1991) betrug die mittlere Fixationsdauer der legasthenischen Gruppe 294 ms, die der Kontrollgruppe lag mit 252 ms deutlich darunter. Ähnliche Ergebnisse erhielten DeLuca et al. (1999) in ihrer Studie, hier fixierten die Legastheniker im Mittel 290 ms, die Kontrollkinder 234 ms.

Adler-Grinberg und Stark (1978) hingegen stellten bei englischsprachigen Probanden etwas längere Fixationszeiten fest. Die durchschnittliche Dauer der Einzelfixation von Legasthenikern betrug bei ihnen 340 ms, die der Kontrollgruppe 280 ms. Außerdem stellten sie eine größere Variabilität der Fixationsdauern von Legasthenikern fest. Beim Vergleich der Fixationsdauer muß allerdings berücksichtigt werden, daß diese auch vom Schwierigkeitsgrad des dargebotenen Textmaterials abhängt.

Diese Ergebnisse werden durch die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit bestätigt, wobei festzustellen ist, daß die Gruppenunterschiede etwas größer sind, als sie in der englischsprachigen Literatur beschrieben werden, das heißt, die Kontrollgruppe fixierte etwas kürzer, die Legastheniker hingegen etwas länger.

In der vorliegenden Arbeit hatten die legasthenischen Kinder beim Lesen von Text 1 eine mittlere Fixationsdauer von 350 ms. Bei ihnen nahm die mittlere Fixationsdauer auch beim Lesen des leichteren Text 2 nicht ab, sie betrug hier 352 ms. Die Standardabweichung der Legastheniker betrug für beide Texte 0,06, die der Kontrollkinder für beide Texte 0,03, das paßt zu der Feststellung von Adler-Grinberg und Stark (1978), daß die mittlere Fixationsdauer von Legasthenikern inhomogenere Werte aufweist als die der normal lesenden Kinder.

Zusammenfassend ist also festzustellen, daß die legasthenischen Kinder der vorliegenden Studie ähnliche Fixationszeiten aufweisen wie in englischsprachigen Studien beschrieben wurden. Eine deutlich verlängerte Fixationsdauer der Einzelfixation deutschsprachiger Legastheniker gegenüber italienischsprachigen Legasthenikern wie sie von Hutzler und Wimmer (2004) beschrieben wird, konnte in dieser Arbeit folglich nicht bestätigt werden.

4.2.2.4 Zeilenrücksprung

Der Zeilenrücksprung (return sweep) ist eine Regression mit großer Amplitude, die dazu dient, die Augen vom Ende einer Zeile zum Beginn der nächsten Zeile zu bewegen. Die Amplitude dieses return sweeps ist allerdings häufig zu klein, so daß eine oder mehrere kleinere Korrekturregressionen notwendig werden (Stark et al. 1991). Diese werden dann als „Add-to-return-sweep“ (ATRS) bezeichnet. Zuerst beschrieben wurde dieses Phänomen von Schmidt (1917). Dieses Muster ist auch für normale Leser beschrieben worden (Gray 1917, Adler 1976, Pavlidis 1981), ist aber vor allem bekannt in Assoziation mit bestimmten neurologischen Erkrankungen, zum Beispiel bei linksseitiger homonymer Hemianopsie (Gassel und Williams 1962, Reinhard 2002). Das Auftreten dieser ATRS könnte den Gebrauch einer einfachen Suchstrategie darstellen oder aber erhebliche Verständnisschwierigkeiten beim Lesen eines Textes widerspiegeln (Stark et al. 1991).

In der vorliegenden Arbeit machten die Legastheniker beim Zeilenwechsel mehr Add-to-return-sweeps als die Kontrollgruppe. Dies könnte zum Beispiel durch Schwierigkeiten mit dem Textverständnis verursacht sein. Allerdings sind die Werte der Legastheniker für beide Texte in etwa gleich (1,55 bzw. 1,54 ATRS für Text 1 bzw. Text 2), da die Kinder aber mit dem leichteren Text 2 erwartungsgemäß weniger Verständnisschwierigkeiten haben sollten, würde man für den zweiten Text dann eher eine niedrigere Anzahl an ATRS erwarten als bei Text 1. Möglicherweise sind aber auch beide Texte relativ zu schwierig für die Gruppe der Legastheniker. Dafür sprechen auch die relativ geringen Unterschiede auch der anderen oben erwähnten Leseparameter der Legastheniker zwischen beiden Texten.

5 Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Blickbewegungsparameter von Legasthenikern mit denen einer normal lesenden Kontrollgruppe zu vergleichen. Darüber hinaus sollte überprüft werden, ob Legastheniker aus dem deutschen Sprachraum mit seiner hohen Graphem-Phonem-Korrespondenz andere Blickbewegungsmuster aufweisen als Legastheniker aus dem englischsprachigen Raum. Außerdem sollte geprüft werden, ob der Entwicklungsrückstand im Lesevermögen durch zusätzliche Darbietung eines Textes mit einem 2 Jahre unter dem Lesealter liegenden Schwierigkeitsgrad kompensiert werden kann.

Mit dem Scanning-Laser-Ophthalmoskop steht der Sehbehindertenambulanz der Universitäts-Augenklinik Tübingen eine ausgezeichnete Methode zur simultanen Aufzeichnung sowohl des Augenhintergrundes des Probanden als auch des dargebotenen Stimulus zur Verfügung, die eine Registrierung der Augenbewegungen unter direkter Funduskontrolle ermöglicht.

Die vorliegende Arbeit konnte zeigen, daß deutschsprachige Legastheniker nicht nur mehr Fixationen zum Lesen eines Textes benötigen als eine altersentsprechende Kontrollgruppe, sie verbringen auch mehr Zeit während der einzelnen Fixationsphase. Sie verbringen folglich mehr Zeit auf weniger Text.

Die Ergebnisse aus der englischsprachigen Literatur für die Anzahl der Fixationen konnten in dieser Arbeit bestätigt werden. Bezüglich der durchschnittlichen Dauer der Fixationen wurden in dieser Arbeit ähnliche Werte der Einzelfixationen gemessen wie in englischsprachigen Studien.

Bezüglich der Parameter Sakkadenanzahl und Sakkadenweite konnten die Ergebnisse englischsprachiger Studien bestätigt werden. Die deutschsprachigen Legastheniker machen entsprechend der vermehrten Anzahl an Haltepausen auch mehr Sakkaden als die Kontrollgruppe, die einzelne Sakkade ist dabei deutlich kürzer als bei normalen Lesern.

In der vorliegenden Arbeit wurde versucht, den Entwicklungsrückstand im Lesealter der Legastheniker zu verifizieren, indem wir die legasthenischen Kinder auch einen ihrem Lesealter entsprechenden Text lesen ließen (2 Jahre geringeres Lesealter). Zwischen den beiden Texten konnten jedoch keine signifikanten Unterschiede der Leseparameter festgestellt werden. Dies ist mit dem relativ jungen Alter der Probanden und dem Schweregrad der Legasthenie zu erklären. Da sie zum Zeitpunkt der Untersuchung gerade die 3. Schulklasse besucht hatten, war für die Legastheniker möglicherweise auch der leichtere Text 2 noch über ihrem Leseniveau.

Es wäre daher interessant, in weiteren Studien aus den oben genannten Sprachräumen diese Unterschiede weiter zu überprüfen, indem man die Legastheniker nicht nur mit einer entsprechend dem Schulalter parallelisierten Gruppe vergleicht, sondern zusätzlich auch mit einer Kontrollgruppe, die entsprechend dem Lesealter der legasthenischen Gruppe parallelisiert wurde.

Die neueren Forschungen (DeLuca 1999 und 2002, Dürrwächter 2003) ergaben Hinweise auf unterschiedliche Wege der Worterkennung zwischen englischsprachigen und deutschsprachigen Legasthenikern und damit auch andersartigen Blickbewegungsmustern der Legastheniker aus Sprachräumen mit dieser hohen Regularität gegenüber englischsprachigen Legasthenikern. Sie vertreten die Ansicht, daß italienisch-/deutschsprachigen Legasthenikern mit dem indirekten, sublexikalischen Weg der Graphem-Phonem-Zuordnung eine andere Strategie zur Verfügung steht als englischsprachigen Legasthenikern, die eine Präferenz für den Weg der direkten Worterkennung unter Zugriff auf das orthographische Lexikon vorweisen. Das heißt, italienisch-/deutschsprachige Legastheniker verfügen damit über eine Möglichkeit, das Wort in kleineren Einheiten zu analysieren. Sie kamen zu dem Ergebnis, daß für den prozentualen Anteil an Regressionen in diesen Schrift-Sprach-Systemen kein signifikanter Unterschied zwischen der Gruppe der Legastheniker und der Kontrollgruppe besteht, während dies in Schrift-Sprach-Systemen mit hoher Irregularität in der Graphem-Phonem-Korrespondenz der Fall ist.

De Luca (1999) stellte fest, daß bei langen Wörtern die Anzahl der Sakkaden und Regressionen bei Legasthenikern anstieg, während die zunehmende Wortlänge bei der Kontrollgruppe keinen Einfluß auf die Anzahl an Sakkaden und Regressionen hatte.

Dagegen stieg bei der Kontrollgruppe beim Lesen von langen Pseudowörtern die Anzahl an Sakkaden an, so daß sie davon ausgeht, daß normal lesende Probanden beim Lesen von Pseudowörtern auf die Strategie der Graphem-Phonem-Zuordnung zurückgreifen.

Dürrwächter (2003) hingegen stellte außer dem bereits bekannten Wortlängeneffekt (DeLuca 1999) außerdem einen Worthäufigkeitseffekt beim Lesen von Einzelwörtern fest. So stieg bei ihr die Anzahl der Regressionen mit abnehmender Worthäufigkeit in beiden untersuchten Gruppen (Legastheniker und Kontrollgruppe) an. Dies spiegelt Schwierigkeiten bei der Worterkennung wider und wurde dahingehend interpretiert, daß die Legastheniker nicht nur den indirekten, sublexikalischen Weg verwenden, sondern ein zusätzlicher Abgleich mit lexikalischen Informationen stattfindet. Der prozentuale Anteil an Regressionen war in beiden oben genannten Studien bei den Legasthenikern nicht erhöht.

Diese Ergebnisse konnten in dieser Studie zumindest für das Lesen von Texten nicht bestätigt werden. In der vorliegenden Arbeit lag sowohl die Anzahl der Regressionen als auch der prozentuale Anteil an Regressionen der Gruppe der Legastheniker deutlich über dem der Kontrollgruppe. Es gilt allerdings festzuhalten, daß der prozentuale Anteil an Regressionen bei englischsprachigen Legasthenikern zum Teil noch deutlich höher angegeben wird als in dieser Arbeit für den deutschsprachigen Raum gemessen wurde. Ursprünglich gibt es also Unterschiede in der Lesestrategie zwischen englisch- und deutschsprachigen Legasthenikern, wie anhand der Einzelwortanalysen gezeigt wurde (De Luca 1999, Dürrwächter 2003). Beim Textlesen findet dann eine Angleichung zu den englischen Studienergebnissen statt, da der erhöhte Anteil an Regressionen vermutlich durch Probleme beim Textverständnis verursacht ist und die Legastheniker beim Lesen von Texten mehr zweite Durchgänge benötigen als beim Lesen von Einzelwörtern. Da es sich bei dem hier vorgestellten Kollektiv um dieselbe Stichprobe wie bei Dürrwächter (2003) handelt, kann hier erstmals gezeigt werden, daß die spezifische Strategie in der Sprachverarbeitung in der deutschen Sprache besser mit Einzelwortdarbietung und -analyse erfaßt werden kann als beim Textlesen.

6. Literaturverzeichnis

- 1 Adlard, A., Hazan, V. (1998)
Speech perception in children with specific reading difficulties (dyslexia)
The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 51, 153-177
- 2 Adler, D. (1976)
Eye movements, scanpaths and dyslexia
University of California at Berkeley, Doctoral dissertation
- 3 Adler-Grindberg, D., Stark, L. (1978)
Eye movements, scanpaths, and dyslexia
American Journal of Optometry and Physiological Optics, 55, 557-570
- 4 Aulhorn, E. (1953)
Über Fixationsbreite und Fixationsfrequenz beim Lesen gerichteter Konturen
Pflügers Archiv der Physiologie, 257, 318-328
- 5 Backes, W., Vuurman, E., Wennekes, R., Spronk, P., Wuisman, M., van Engelshoven, J., Jolles, J. (2002)
Atypical brain activation of reading processes in children with developmental dyslexia
Journal of Child Neurology, 17, 867-871
- 6 Bahill, A.T., Adler, D., Stark, L. (1975)
Most naturally occurring human saccades have magnitudes of 15 degrees or less
Investigative Ophthalmology, 14, 468-469
- 7 Bedwell, C.H., Grant, R., McKeown, J.R. (1980)
Visual and ocular control anomalies in relation to reading difficulty
British Journal of Educational Psychology, 50, 61-70
- 8 Berkhan, O. (1885)
Über die Störung der Schriftsprache bei Halbidioten und ihre Ähnlichkeit mit dem Stammeln
European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience, 16, 78-86
- 9 Biscaldi, M., Fischer, B., Aiple, F. (1994)
Saccadic eye movements of dyslexic and normal reading children
Perception, 23, 45-64
- 10 Biscaldi, M., Gezeck, S., Stuhr, V. (1998)
Poor saccadic control correlates with dyslexia
Neuropsychologia, 36, 1189-1202
- 11 Bishop, D.V.M. (1989)
Unfixed reference, monocular occlusion, and developmental dyslexia- a critique
British Journal of Ophthalmology, 73, 209-215
- 12 Bitschnau, W. (1997)
Experimentelle Untersuchung über die Schnelligkeit visueller Suchprozesse und prämotorische Entscheidungslatenz bei legasthenen und nicht-legasthenen Kindern
Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie, 25, 82-94
- 13 Black, J.L., Collins, D.W.K., De Roach, J.N., Zubrick, S.R. (1984)
Dyslexia: saccadic eye movements
Perceptual and Motor Skills, 58, 903-910

- 14 Black, J.L., Collins, D.W.K., De Roach, J.N., Zubrick, S.R. (1984)
A detailed study of sequential saccadic eye movements for normal and poor-reading children
Perceptual and Motor Skills, 59, 423-434
- 15 Blanchard, H.E., McConkie, G.W., Zola, D., Wolverton, G.S. (1984)
Time course of visual information utilization during fixations in reading
Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 10, 75-89
- 16 Bouma, H. (1978)
Visual search and reading: eye movements and functional vision field
in: Regein, J. (Hrsg.): *Attention and performance VII*
Hillsdale, Lawrence Erlbaum
- 17 Brady, S., Shankweiler, D. Mann, V. (1983)
Speech Perception and memory coding in relation to reading ability
Journal of Experimental Child Psychology, 35, 345-367
- 18 Brown, B., Haegerstrom-Portnoy, G., Adams, A.J., Yingling, C.D., Galin, D., Herron, J., Marcus, M. (1983)
Predictive eye movements do not discriminate between dyslexic and control children
Neuropsychologia, 21, 121-128
- 19 Brown, B., Haegerstrom-Portnoy, G., Yingling, C.D., Herron, J., Galin, D., Marcus, M. (1983)
Tracking eye movements are normal in dyslexic children
American Journal of Optometry and Physiological Optics, 60, 376-383
- 20 Buswell, G.T. (1922)
Fundamental reading habits: A study of their development
Chicago, University of Chicago Press
- 21 Campbell, R., Butterworth, B. (1985)
Phonological dyslexia and dysgraphia in a highly literate subject; a developmental case with associated deficits of phonemic processing and awareness
Quarterly Journal of Experimental Psychology, 37, 435-475
- 22 Carpenter, P.A., Just, M.A. (1981)
Cognitive processes in reading: models based on readers` eye fixations.
in: Lesgold, A.M., Perfetti, C.A.: *Interactive processes in reading*
Hillsdale, Erlbaum
- 23 Carver, R.P. (1990)
Reading rate: a review of research and theory
San Diego, Academic Press
- 24 Ciuffreda, K.J., Bahill, A.T., Kenyon, R.V., Stark, L. (1976)
Eye Movements during Reading: case reports
American Journal of Optometry and Physiological Optics, 53, 389-395
- 25 Ciuffreda, K.J., Kenyon, R.V., Stark, L. (1985)
Eye movements during reading: further case reports
American Journal of Optometry and Physiological Optics, 62, 844-852
- 26 Cornelissen, P.L., Hansen, P.C., Bradley, L., Stein, J.F. (1996)
Analysis of perceptual confusion between nine sets of consonant-vowel sounds in normal and dyslexic adults
Cognition, 59, 275-306

- 27 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
- 28 Demp, J.B., Boynton, G.M., Heeger, D.J. (1997)
Brain activity in visual cortex predicts individual differences in reading performance
Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 94, 13363-13366
- 29 Dilling, H., Mombour, W., Schmidt, M.H. (1994)
Internationale Klassifikation psychischer Störungen, ICD-10, Kapitel V(F) Klinisch
Diagnostische Leitlinien
Bern, Verlag Hans Huber
- 30 Dossetor, D.R., Papaioannou, J (1975)
Dyslexia and eye movements
Language and Speech 18, 312-317
- 31 DSM IV (Diagnostic and statistical manual of mental disorders) (1994)
American Psychiatric Association
Washington
- 32 Dürrwächter, U. (2003)
Analyse der Blickbewegungen von Kindern mit einer Lese- und Rechtschreibstörung
Inaugural-Dissertation, Eberhard-Karls-Universität Tübingen
- 33 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
- 34 Eden, G.F. VanMeter, J.W., Rumsey, J.M., Maisog, J.M., Woods, R.P., Zeffiro, T.A. (1996)
Abnormal processing of visual motion in dyslexia revealed by functional brain imaging
Nature, 382, 66-69
- 35 Eltermann, R.D., Abel, L.A., Daroff, R.B., Dell'Osso, L.F., Bornstein, J.L. (1980)
Eye movement patterns in dyslexic children
Journal of learning disabilities, 13, 16-21
- 36 Esser, G., Schmidt, M.H. (1993)
Die langfristige Entwicklung von Kindern mit einer Lese-Rechtschreibschwäche
Zeitschrift für klinische Psychologie, 22, 100-116
- 37 Esser, G., Schmidt, M.H. (1994)
Children with specific reading retardation - early determinants and longterm outcome
Acta Paedopsychiatrica, 56, 229-238
- 38 Esser, G., Wyszkon, A., Schmidt, M.H. (2002)
Was wird aus Achtjährigen mit einer Lese- und Rechtschreibstörung?
Zeitschrift für klinische Psychologie und Psychotherapie, 31, 235-242
- 39 Evans, L.D. (1990)
A conceptual overview of the regression discrepancy model for evaluating severe discrepancy
between IQ and achievement scores
Journal of learning disabilities, 23, 406-412
- 40 Fagerheim, T., Raeymaekers, P., Tonnessen, F.E., Pedersen, M., Tranebjaerg, L., Lubs, H.A.
(1999)
A new gene (DYX3) for dyslexia is located on chromosome 2
Journal of Medical Genetics, 36, 664-669

- 41 Fahle, M. (1997)
Legasthenie als Störung der visuellen Wahrnehmung
Zeitschrift für praktische Augenheilkunde und augenärztliche Fortbildung, 18, 111-116
- 42 Felmingham, K.L., Jakobson, L.S. (1981)
Visual and visuomotor performance in dyslexic children
Experimental Brain Research, 106, 467-474
- 43 Fischer, B., Biscaldi, M., Gezeck, S. (1997)
On the development of voluntary and reflexive components in human saccade generation
Brain Research, 754, 285-297
- 44 Fischer, B., Biscaldi, M., Otto, P. (1993)
Saccadic eye movements of dyslexic adult subjects
Neuropsychologia 31, 887-906
- 45 Fischer, B., Gezeck, S., Hartnegg, K. (1997)
The analysis of saccadic eye movements from gap and overlap paradigms
Brain Research Protocols 2, 47-52
- 46 Fischer, B., Weber, H. (1990)
Saccadic reaction times of dyslexic and age-matched normal subjects
Perception, 19, 805-818
- 47 Frith, U. (1981)
Experimental approaches to developmental dyslexia: an introduction
Psychological Research, 43, 97-109
- 48 Galaburda, A., Livingstone, M. (1993)
Evidence for a magnocellular defect in developmental dyslexia
Annals of the New York Academy of Sciences, 682, 70-82
- 49 Galaburda, A., Sherman, G.F., Rosen, G.D., Aboitiz, F., Geschwind, N. (1985)
Developmental dyslexia: Four consecutive patients with cortical anomalies
Annals of Neurology, 18, 222-233
- 50 Gassel, M.M., Williams, D. (1962)
The completion phenomenon; insight and attitude to the defect; and visual functional efficiency
Brain, 86, 229-260
- 51 Gassel, M.M., Williams, D. (1963)
Visual function in patients with homonymous hemianopia. Part II, oculomotor mechanisms
Brain, 86, 19-23
- 52 Geschwind, N. (1988)
Aufgabenteilung in der Großhirnrinde
in: Spektrum der Wissenschaft (Hrsg.): Wahrnehmung und visuelles System, 26-35
Heidelberg, Spektrum-der-Wissenschaft-Verlagsgesellschaft
- 53 Glogauer, W. (1977)
Rechtschreibleistung und Intelligenz. Eine empirische Untersuchung.
Psychologie in Schule und Erziehung, 24, 287-292
- 54 Godfrey, J.J., Syrdal-Lasky, A.K., Millay, K.K., Knox, C.M. (1981)
Performance of dyslexic children on speech perception tests
Journal of Experimental Child Psychology, 32, 401-424

- 55 Gray, C.T. (1917)
Types of reading ability as exhibited through tests and laboratory experiments
Supplementary Educational Monograph, 1, 1-191
- 56 Griffin, D.C., Walton, H.N., Ives, V. (1974)
Saccades as related to reading disorders
Journal of Learning Disabilities, 7, 310-316
- 57 Grigorenko, E.L., Wood, F.B., Meyer, M.S., Hart, L.A., Speed, W.C., Shuster, A., Pauls, D.L. (1997)
Susceptibility loci for distinct components of developmental dyslexia on chromosome 6 and 15
American Journal of Human Genetics, 60, 27-39
- 58 Grigorenko, E.L. (2001)
Developmental Dyslexia: an update on genes, brains, and environments
Journal of child psychology and psychiatry, 42, 91-125
- 59 Grigorenko, E.L. (2003)
The first candidate gene for dyslexia: Turning the page of a new chapter of research
Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 100, 11190-11192
- 60 Grissemann, H. (2000)
Zürcher Lesetest
Bern, Huber Verlag
- 61 Hutzler, F., Wimmer, H. (2004)
Eye movements of dyslexic children when reading in a regular orthography
Brain and Language, 89, 235-242
- 62 Holligan, C., Johnston, R.S. (1988)
The use of phonological information by good and poor readers in memory and reading tasks
Memory and Cognition, 16, 522-532
- 63 Hynd, G.W., Semrud-Clikeman, M., Lorys, A.R., Novey, E.S., Eliopoulos, D. (1990)
Brain morphology in developmental dyslexia and attention deficit disorder/hyperactivity
Archives of Neurology, 47, 919-926
- 64 Hyönä, J., Niemi, P., Underwood, G. (1989)
Reading long words embedded in sentences: informativeness of word halves affects eye movements
Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 15, 142-152
- 65 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, 1430-1440
- 66 Inhoff, A.W., Pollatsek, A., Posner, M.I., Rayner, K. (1989)
Covert attention and eye movements during reading
The Quarterly Journal of Experimental Psychology, 41, 63-89
- 67 Inhoff, A.W., Rayner, K. (1986)
Parafoveal word processing during eye fixations in reading: Effects of word frequency
Perception and Psychophysics, 40, 431-439
- 68 Javal, E. (1879)
Essai sur la physiologie de la lecture
Annales d'Oculistique, 82, 242-253

- 69 Jerabek, J., Krejcova, H. (1991)
Oculomotor and vestibular findings in developmental dyslexia
Acta Otolaryngologica, 481, 513-514
- 70 Just, M.A., Carpenter, P.A. (1980)
A theory of reading: From eye fixation to comprehension
Psychological Review, 87, 329-354
- 71 Klicpera, C., Gasteiger-Klicpera, B. (1993)
Lesen und Schreiben - Entwicklung und Schwierigkeiten. Die Wiener Längsschnittuntersuchung über die Entwicklung, den Verlauf und die Ursachen von Lese- Und Rechtschreibschwierigkeiten in der Pflichtschulzeit
Bern, Verlag Hans Huber
- 72 Klicpera, C. Gasteiger-Klicpera, B. (1994)
Die langfristige Entwicklung der mündlichen Lesefähigkeit bei schwachen und guten Lesern
Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie, 26, 278-290
- 73 Kowler, E., Martins, A.J. (1982)
Eye movements of preschool children
Science, 215, 997-999
- 74 Kronbichler, M., Hutzler, F., Wimmer, H. (2002)
Dyslexia: Verbal impairments in the absence of magnocellular impairments
Neuroreport, 13, 617-620
- 75 Küspert, P. (1998)
Phonologische Bewußtheit und Schriftspracherwerb: Zu den Effekten vorschulischer Förderung der phonologischen Bewußtheit auf den Erwerb des Lesens und des Rechtschreibens
Frankfurt am Main, Verlag Peter Lang Europäischer Verlag der Wissenschaften
- 76 Küspert, P., Schneider, W. (1998)
Würzburger Leise Leseprobe (WLLP)
Göttingen, Hogrefe
- 77 Landerl, K., Wimmer, H., Moser, E. (1997)
Salzburger Lese- und Rechtschreibtest
Bern, Verlag Hans Huber
- 78 Langmann, A., Lindner, S., Kriechbaum, N. (2001)
Legasthenie - Informationsverarbeitungsstörung
Spektrum der Augenheilkunde, 15, 214-216
- 79 Lefton, L.A., Lahey, B.B., Stagg, D.I. (1978)
Eye movements in reading disabled and normal children: a study of systems and strategies
Journal of learning disabilities, 11, 549-548
- 80 Legein, C.P., Bouma, H. (1982)
Reading and the ophthalmologist
An introduction into the complex phenomenon of ordinary reading as a guideline for analysis and treatment of disabled readers
Documenta Ophthalmologica, 53, 123-157
- 81 Legge, G.E., Ahn, S.J., Klitz, T.S., Luebker, A. (1997)
Psychophysics of reading--XVI. The visual span in normal and low vision.
Vision Research, 37, 1999-2010

- 82 Leisman, G., Schwartz, J. (1978)
Aetiological factors in dyslexia: I. Saccadic eye movement control
Perceptual and Motor Skills, 47, 403-407
- 83 Lennerstrand, G., Ygge, J. (1992)
Dyslexia; ophthalmological aspects 1991
Acta Ophthalmologica, 70, 3-13
- 84 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, 283-292
- 85 Livingstone, M.S., Rosen, G.D., Drislane, F.W., Galaburda, A.M. (1991)
Physiological and anatomical evidence for a magnocellular defect in developmental dyslexia
Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 88, 7943-7947
- 86 Lovegrove, W. (1993)
Weakness in the Transient Visual System: A Causal Factor in Dyslexia?
in: Tallal, P., Galaburda, A.M., Llinas, R.R., Euler, C.von : Temporal Information Processing in
the Nervous System
Annals of the New York Academy of Sciences, 682, 1-22
- 87 Lundberg, I., Frost, J., Peterson, O. (1988)
Effects of an extensive training programme for stimulating phonological awareness in pre-school
children
Reading Research Quarterly, 23, 163-184
- 88 Mackensen, G. (1985)
Legasthenie
in: Lund, O.E. , Waubke T.N. : Die Augenerkrankungen im Kindesalter
Stuttgart, Enke-Verlag, 139-143
- 89 Manis, F.R., McBride-Chang, C., Seidenberg, M.S., Keating, P., Doi, L.M., Munson, B.,
Petersen, A. (1997)
Are speech perception deficits associated with developmental dyslexia?
Journal of Experimental Child Psychology, 66, 211-235
- 90 McConkie, G.W., Kerr, P.W., Reddix, M.D., Zola, D. (1989)
Eye movement control during reading: II. Frequency of refixating a
word
Perception & Psychophysics, 46, 245-253
- 91 McConkie, G.W., Rayner, K. (1975)
The span of the effective stimulus during a fixation in reading
Perception and Psychophysics, 17, 578-586
- 92 McConkie, G.W., Zola, D. (1984)
Eye movement control during reading: the effect of word units
in: Prinz, W., Sanders, A.T.: Cognition and motor processes
Berlin, Springer, 63-74
- 93 McConkie, G.W., Zola, D. (1987)
Visual attention during eye fixations while reading
in: Coltheart, M.: Attention and Performance XII: The psychology of reading
Hillsdale, Erlbaum, 385-401

- 94 McConkie, G.W., Zola, D., Grimes, J., Kerr, P.W., Bryant, N.R., Wolff, P.M. (1991)
Children`s eye movements during reading
in: Stein, J.F.: Vision and visual dyslexia
Boston, CRC Press, 251-270
- 95 Morgan, W.P. (1896)
A case of congenital word-blindness
British Medical Journal, 2, 1378
- 96 Morris, R.K., Rayner, K. (1991)
Eye movements in skilled reading: Implications for developmental dyslexia
in: Stein, John F.: Vision and visual dyslexia
Boston, CRC Press, 233-242
- 97 Nagarajan, S., Mahncke, H., Salz, T., Tallal, P., Roberts, T., Merzenich, M.M. (1999)
Cortical auditory signal processing in poor readers
Proceedings of the National Academy of Sciences, 96, 6483-6488
- 98 Niebergall, G. (1987)
Diagnostische Aspekte der Legasthenie
Monatsschrift Kinderheilkunde, 135, 297-301
- 99 Olson, R.K., Conners, F.A., Rack, J.P. (1991)
Eye movements in dyslexic and normal readers
in: Stein, J.F.: Vision and visual dyslexia
Boston, CRC Press, 243-250
- 100 Olson, R.K., Kliegl, R., Davidson, B.J. (1983)
Dyslexic and normal readers` eye movements
Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 9, 816-825
- 101 Olson, R.K., Forsberg, H., Wise, B. (1994)
Genes, environment and development of orthographic skills
in: Berninger, V.W. (Hrsg.): The varieties of orthographic knowledge I: Theoretical and developmental issues
Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 27-71
- 102 O`Regan, J.K. (1980)
The control of saccade size and fixation duration in reading: the limits of linguistic control
Perception & Psychophysics, 28, 112-117
- 103 Paulesu, E., Frith, U., Snowling, M., Gallagher, A., Morton, J., Frachowiak, R.S.J., Frith, C.D. (1996)
Is developmental dyslexia a disconnection syndrome? Evidence from PET scanning
Brain, 119, 143-157
- 104 Pavlidis, G.T. (1980)
Dyslexia: eye movements in reading and beyond
Nursing Mirror, 150, 22-26
- 105 Pavlidis, G.T. (1981)
Do eye movements hold the key to dyslexia?
Neuropsychologia, 19, 57-64
- 106 Pavlidis, G.T. (1983)
Erratic sequential eye-movements in dyslexics: Comments and reply to Stanley et al.
British Journal of Psychology, 74, 189-193

- 107 Pavlidis, G.T., (1985)
Eye movements in dyslexia: their diagnostic significance
Journal of learning disabilities, 18, 42-50
- 108 Pavlidis, G.T. (1985)
Erratic eye movements and dyslexia: Factors determining their relationship
Perceptual and Motor Skills, 60, 319-322
- 109 Pavlidis, G.T. (1991)
Diagnostic significance and relationship between dyslexia and erratic eye movements
in: Stein, J.F.: Vision and visual dyslexia
Boston, CRC Press, 263-270
- 110 Pennington, B.F., Van Orden, G.C., Smith, S.D., Green, P.A., Haith, M.M. (1990)
Phonological processing skills and deficits in adult dyslexics
Child Development, 61, 1753-1778
- 111 Petri, J.L., Anderson, M.E. (1980)
Eye and head movements in reading-disabled and normal children
American Journal of Occupational Therapy, 34, 801-808
- 112 Rack, J.P., Snowling, M.J., Olson, R.K. (1992)
The nonword reading deficit in developmental dyslexia: A review
Reading research Quarterly, 27, 29-53
- 113 Radach, R. (1994)
Elementare Prozesse der Informationsaufnahme beim Lesen
Zeitschrift für Psychologie, 202, 37-63
- 114 Radach, R., Heller, D., Inhoff, A. (1997)
Blickbewegungen und kognitive Prozesse: Stand und Perspektiven
in: Mandl, H.: Bericht über den 40. Kongress der Deutschen Gesellschaft für Psychologie
Göttingen, Hogrefe
- 115 Radach, R. (2002)
Experimentelle Leseforschung: Blickbewegungen und Prozessmodelle
Unveröffentlichte Habilitationsschrift, RWTH Aachen
- 116 Raney, G.E., Rayner, K. (1995)
Word frequency effects and eye movements during two readings of a text
Canadian Journal of Experimental Psychology, 49, 151-172
- 117 Ranschburg, P. (1928)
Die Lese- und Rechtschreibstörungen des Kindesalters
Halle, Carl Marhold
- 118 Rayner, K., McConkie, G.W. (1975)
What guides a reader's eye movements?
Vision Research, 16, 829-837
- 119 Rayner, K. (1978)
Eye movements in reading and information processing
Psychological Bulletin, 85, 618-660
- 120 Rayner, K. (1983)
Eye movements in reading: perceptual and language processes
New York, Academic Press

- 121 Rayner, K., Murphy, L.A., Henderson, J.M., Pollatsek, A. (1989)
Selective attentional dyslexia
Cognitive Neuropsychology, 6, 357-378
- 122 Rayner, K. (1998)
Eye Movements in Reading and Information Processing: 20 Years of Research
Psychological Bulletin, 124, 372-422
- 123 Rayner, K., Pollatsek, A. (1989)
The psychology of reading
Englewood, Prentice Hall
- 124 Reichle, E.D., Rayner, K., Pollatsek, A. (1999)
Eye movement control in reading: accounting for initial fixation locations and refixations within the E-Z Reader model
Vision Research, 39, 4403-4411
- 125 Reinhard, J.I. (2002)
Die makuläre Aussparung bei homonymer Hemianopsie
Inaugural-Dissertation, Eberhard-Karls-Universität Tübingen
- 126 Reinhard, J.I., Tornow, R.P., Beuel, S., Nüsslin, F. (1997)
Entwicklung einer Laserstrecke zur Erweiterung der Scanning-Laser-Ophthalmoskopie
Zeitschrift für Medizinische Physik, 7, 88-93
- 127 Remschmidt, H., Schulte-Körne, G., Hennighausen, K. (1998)
What is specific about the specific reading disorder.
in: Rispens, J. (Hrsg.), Yperen, T.A.V. (Hrsg.), Yule, W. (Hrsg.): Perspectives on the classification of specific developmental disorders
Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 83-104
- 128 Remschmidt, H., Walter, R., Kampert, K. (1989)
Evaluation kinder- und jugendpsychiatrischer Versorgung
Stuttgart, Enke-Verlag
- 129 Roggenkämper, P. (1974)
Die Veränderung von Lesekurven bei zunehmender Akkomodation
Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde, 164, 541-548
- 130 Romero, R., Estanol, B., Lee-Kim, M., Romero, O., Martinez, A. (1982)
Analysis of sequential saccadic eye movements during the act of reading: comparison between normal and dyslexic subjects
Archivos de Investigacion Medica, 13, 185-189
- 131 Rubino, C.A., Minden, H.A. (1973)
An analysis of eye-movements in children with a reading disability
Cortex, 9, 217-220
- 132 Rumsey, J.M., Andreason, P., Zametkin, A.J., Aquino, T. King, A.C., Hamburger, S.D., Pikus, A., Rapoport, J.L., Cohen, R.M. (1994)
Failure to activate the left temporoparietal cortex in dyslexia. An oxygen 15 positron emission tomography study
Archives of Neurology, 49, 527-534
- 133 Rumsey, J.M., Donohue, B.C., Brady, D.R., Nace, K., Giedd, J.N., Andreason, P. (1997)
A magnetic resonance imaging study of planum temporale asymmetry in men with developmental dyslexia
Archives of Neurology, 54, 1481-1489

- 134 Rutter, M., Yule, W. (1975)
The concept of specific reading retardation
Journal of Child Psychology and Psychiatry, 16, 181-197
- 135 Schmidt, W.A. (1917)
An experimental study in the psychology of reading
Supplementary Educational Monograph, 1, 1-123
- 136 Schneider, W., Vise, M., Reimers, P., Blaesser, B. (1994)
Auswirkungen eines Trainings der sprachlichen Bewußtheit auf den Schriftspracherwerb in der Schule
Zeitschrift für Pädagogische Psychologie, 8, 177-188
- 137 Schulte-Körne, G., Remschmidt, H., Warnke, A. (1991)
Selektive visuelle Aufmerksamkeit und Daueraufmerksamkeit bei legasthenen Kindern. Eine experimentelle Untersuchung.
Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie, 19, 99-106
- 138 Schulte-Körne, G., Remschmidt, H., Bebebrand, J. (1993)
Zur Genetik der Lese- und Rechtschreibschwäche
Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie, 21, 242-252
- 139 Schulte-Körne, G., Deimel, W., Bartling, J., Remschmidt, H. (1998)
Auditory processing and dyslexia: Evidence for a specific speech processing deficit
Neuroreport, 9, 337-340
- 140 Schulte-Körne, G., Deimel, W., Bartling, J., Remschmidt, H. (2001)
Speech perception deficit in dyslexic adults as measured by mismatch negativity (MMN)
International Journal of Psychophysiology, 40, 77-87
- 141 Schulte-Körne, G., Grimm, T., Nöthen, M.M., Müller-Myhsok, B., Cichon, S., Vogt, I.R., Propping, P., Remschmidt, H. (1998)
Evidence for linkage of spelling disability to chromosome 15
American Journal of Human Genetics, 63, 279-282
- 142 Schulte-Körne, G. (2001)
Annotation: genetics of reading and spelling disorder
Journal of Child Psychology and Psychiatry, 42, 985-997
- 143 Shaywitz, S.E., Shaywitz, B.A., Fletcher, J.M., Escobar, J.M. (1990)
Prevalence of reading disability in boys and girls
Journal of the American Medical Association, 264, 998-1002
- 144 Shaywitz, B.A., Fletcher, M., Shaywitz, S.E. (1994)
Interrelationships between reading disability and attention-deficit hyperactivity disorder
in: Capute, A.J., Accardo, P.J., Shapiro, B.K.: *The learning disabilities spectrum: ADD, ADHD and LD*
Baltimore, York Press, 190-207
- 145 Siegel, L.S., Ryan, E.B. (1988)
Development of grammatical sensitivity, phonological and short-term memory skills in normally achieving and subtypes of learning disabled children
Developmental Psychology, 24, 28-37
- 146 Smith, S.D., Kimberling, W.J., Pennington, B.F., Lubs, H.A. (1983)
Specific reading disability: identification of an inherited form through linkage analysis
Science, 219, 1345-1347

- 147 Snowling, M.J. (1980)
The development of grapheme-phoneme correspondence in normal and dyslexic readers
Journal of Experimental Child Psychology, 2, 294-305
- 148 Snowling, M.J. (1981)
Phonemic deficits in developmental dyslexia
Psychological Research, 43, 219-234
- 149 Stanley, G., Smith, G.A. (1983)
Eye-movements and sequential tracking in dyslexic and control
Children
British Journal of Psychology, 74, 181-187
- 150 Stanley, G., Smith, G.A., Howell, E.A. (1983)
Eye-movements in dyslexic children: Comment on Pavlidis` reply
British Journal of Psychology, 74, 195-197
- 151 Stark, L.W., Giveen, S.C., Terdiman, J.F. (1991)
Specific dyslexia and eye movements
in: Stein, J.F.: *Vision and visual dyslexia*
Boston, CRC Press, 203-232
- 152 Starr, M.S., Rayner, K. (2001)
Eye movements during reading: some current controversies
Trends in Cognitive Sciences, 5, 156-163
- 153 Stein, J. (2001)
The magnocellular theory of developmental dyslexia
Dyslexia, 7, 12-36
- 154 Stein, J., Fowler, S. (1985)
Effect of monocular occlusion on visuomotor perception and reading in dyslexic children
Lancet, 2, 69-73
- 155 Stein, J.F., Riddell, P.M., Fowler, M.S. (1986)
The Dunlop test and reading in primary school children
British Journal of Ophthalmology, 70, 317-320
- 156 Strehlow, U., Kluge, R., Moller, H., Haffner, J. (1992)
Der langfristige Verlauf der Legasthenie über die Schulzeit hinaus: Katamnesen aus einer
kinderpsychiatrischen Ambulanz
Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie, 20, 254-265
- 157 Suchodoletz, W. von (1999)
100 Jahre LRS-Forschung- was wissen wir heute?
Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie, 27, 199-206
- 158 Sun, F., Morita, M., Stark, L. (1985)
Comparative patterns of reading eye movements in Chinese and English
Perception and Psychophysics, 37, 502-506
- 159 Taipale, M., Kaminen, N., Nopola-Hemmi, J., Haltia, T., Myllyluoma, B., Lyytinen, H., Muller, K., Kaaranen, M., Lindsberg, P.J., Hannula-Jouppi, K., Kere, J. (2003)
A candidate gene for developmental dyslexia encodes a nuclear tetratricopeptide repeat domain protein dynamically regulated in brain.
Proceedings of the National Academy of Sciences, 100, 11553-11558

- 160 Tallal, P. (1980)
Auditory temporal perception, phonics, and reading disabilities in children
Brain and Language, 9, 182-198
- 161 Tallal, P., Miller, S., Fitch, R.H. (1993)
Neurobiological basis of speech: a case for the preeminence of temporal processing
in: Tallal, P., Galaburda, A., Llinas, R.R., Euler, C.: *Temporal information processing in the nervous system: special reference to dyslexia and dysphasia*
New York, New York Academy of Sciences, 27-47
- 162 Taylor, S.E., Franckenpohl, H., Pettee, J.L. (1960)
Grade level norms for components of the fundamental rading skills
Educational Developmental Laboratories, *Information Research Bulletin* 3
New York, Huntington
- 163 Temple, E., Poldrack, R.A., Protopapas, A., Nagarajan, S., Salz, T., Tallal, P., Merzenich, M.M., Gabrieli, J.D.E. (2000)
Disruption of the neural response to rapidly transient acoustic stimuli in dyslexia: Evidence from fMRI.
Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, 97, 13907-13912
- 164 Tewes, U., Rossmann, P., Schallenberger, U. (2001)
HAWIK III: Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Kinder, Dritte Auflage
Bern, Huber Verlag
- 165 Tinker, M.A. (1946)
The study of eye movements in reading
Psychological Bulletin, 43, 93-120
- 166 Tinker, M.A. (1958)
Recent studies of eye movemens in reading
Psychological Bulletin, 55, 215-231
- 167 Tornow, R.P., Beuel, S., Zrenner, (1997)
Modifying a Rodenstock scanning laser ophthalmoscope for imaging densitometry
Applied Optics, 36, 5621-5629
- 168 Trauzettel-Klosinski, S. (1997)
Eccentric fixation with hemianopic field defects - A valuable strategy to improve reading ability and an indication of cortical plasticity
Neuroophthalmology, 18, 117-131
- 169 Trauzettel-Klosinski, S, Reinhard, J., Mackeben, M., Dürrwächter, U., Klosinski, G. (1999)
Eye movements during reading texts vs. pictograms in dyslexic and normal children- assessed by scanning laser ophthalmoscopy
European Child and Adolescent Psychiatry, 8, (suppl. 2), 1147 Abstract
- 170 Trauzettel-Klosinski, S., Mackeben, M., Reinhard, J., Feucht, A., Dürrwächter, U., Klosinski, G. (2002)
Pictogram naming in dyslexic and normal children assessed by SLO
Vision Research, 42, 789-799
- 171 Trauzettel-Klosinski, S., Reinhard, J., Mackeben, M., Dürrwächter, U., Klosinski, G. (2001)
Die Abbildung von Lesematerial auf der Netzhaut
in: Schulte-Körne, G.: *Legasthenie: erkennen, verstehen, fördern*
Bochum , Verlag Dr. Dieter Winkler, 83-87

- 172 Trauzettel-Klosinski, S., Schäfer, W.D., Klosinski, G. (2002)
Legasthenie. Grundlagen des Lesens - Lese-Rechtschreib-Störung - okuläre Lesestörung
Ophthalmologie, 99, 208-229
- 173 Vanni, S., Uusitalo, M., Kiesilä, P., Hari, R. (1997)
Visual motion activates V5 in dyslexics
Neuro Report, 8, 1939-1942
- 174 Vitu, F., O'Reagan, J.K., Inhoff, A.W., Topolski, R. (1995)
Mindless Reading: Eye-movement characteristics are similar in scanning letter strings and
reading texts
Perception & Psychophysics, 57, 352-364
- 175 Wagner, R.K., Torgesen, J.K., Rashotte, C.A. (1994)
Development of reading-related phonological processing abilities: New evidence of bidirectional
causality from latent variable longitudinal study
Developmental Psychology, 30, 73-87
- 176 Warnke, A. (1995)
Umschriebene Lese-Rechtschreibstörung
in: Petermann, F. (Hrsg.): Lehrbuch der Klinischen Kinderpsychologie
Göttingen, Hogrefe-Verlag, 287-323
- 177 Warnke, A., Hemminger, U., Roth, E., Schneck, S. (2001)
Legasthenie
Göttingen, Hogrefe-Verlag
- 178 Weinschenk, C., Funke, E.H., Gieseler, L., Pieh, K.H., Winhold, N. (1968)
Über die Häufigkeit der kongenitalen Legasthenie im zweiten Grundschuljahr
Psychologische Rundschau, 19, 44-51
- 179 Weinschenk, C. (1980)
Die Grundschule als Ursache für kriminelle Entwicklungen
Münchener Medizinische Wochenschrift, 122, 1553-1558
- 180 Werker, J.F., Tees, R.C. (1987)
Speech perception in severely disabled and average reading children
Canadian Journal of Psychology, 41, 48-61
- 181 Wimmer, H., Landerl, K., Linortner, R., Hummer, P. (1991)
The relationship of phonemic awareness to reading acquisition: More consequence than prediction
but still important
Cognition, 40, 219-249
- 182 Wimmer, H. (1993)
Characteristics of Developmental Dyslexia in a Regular Writing System
Applied Psycholinguistics, 14, 1-33
- 183 Wimmer, H., Hutzler, F., Wiener, C. (2001)
Children with dyslexia and right parietal lobe dysfunction: event-related potentials in response to
words and pseudowords
Neuroscience Letters, 331, 211-213
- 184 Zangwill, O.L., Blakemore, C. (1972)
Dyslexia: reversal of eye-movements during reading
Neuropsychologia, 10, 371-373

Danksagung

Ich danke Frau Prof. Dr. Susanne Trauzettel-Klosinski für die freundliche Überlassung des interessanten Themas, sowie für ihre Motivation und Begeisterung, mit der sie mich bei der Durchführung dieser Arbeit betreut hat.

Mein besonderer Dank gilt Dr. Jens Reinhard und Dr. Ute Dürrwächter für ihre Geduld und Hilfsbereitschaft, mit der sie mich bei der Entstehung dieser Arbeit unterstützt haben.

Außerdem danke ich Herrn Christoph Meissner vom Institut für Medizinische Informationsverarbeitung für die Unterstützung in statistischen Fragen.

Meinem Bruder danke ich für seine endlose Geduld beim Sichern dieser Arbeit, sowie für seine moralische, finanzielle und sonstige Unterstützung meines bisherigen Lebensweges.

Ganz besonders danke ich meinen Eltern und meiner gesamten Familie, auf deren wohlwollende Hilfe ich mich immer verlassen kann.

Lebenslauf

Name: Andrea Michaela Koitzsch
Geburtsdatum: 08.11.1973
Geburtsort: Esslingen
Familienstand: ledig
Staatsangehörigkeit: deutsch

Schulbildung

1980 - 1984 Grundschule Hegensberg-Liebersbronn, Esslingen
1984 - 1990 Wolfstorrealschule Esslingen
1990 - 1994 Wirtschaftsgymnasium Esslingen

Hochschulbildung

1994 - 1996 Studium der Rechtswissenschaft an der Eberhard-Karls-Universität Tübingen
1997 - 2000 Studium der Medizin an der Johannes-Gutenberg Universität Mainz
März 2000 Ärztliche Vorprüfung
2000 - 2003 Studium der Medizin an der Eberhard-Karls-Universität Tübingen
März 2001 Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
März 2003 Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
April 2003 Praktisches Jahr am Städtischen Krankenhaus
- März 2004 Friedrichshafen und dem General Hospital Port of Spain
27. April 2004 Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung
September 2004 Ärztin im Praktikum / Assistenzärztin in der Medizinischen
- März 2005 Klinik II (Kardiologie), Städtisches Krankenhaus Friedrichshafen
April 2005 Assistenzärztin an der Augenklinik Berlin Marzahn
-März 2006
seit April 2006 Assistenzärztin an der Augenklinik der Dr.Horst Schmidt Klinik in Wiesbaden