Aus der

Universitäts-Augenklinik Tübingen

Department für Augenheilkunde

Augenbewegungen von Kindern mit und ohne Legasthenie beim Lesen von alphabetischen Wörtern, Piktogrammen und chinesischen Zeichen

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der Medizinischen Fakultät
der Eberhard Karls Universität
zu Tübingen

vorgelegt von

Faißt, Theda Jana

2026

Dekanin:	Professorin Dr. S. Y. Brucker
1. Berichterstatter:	Professorin Dr. S. Trauzettel-Klosinski
2. Berichterstatter:	Professor Dr. T. Renner
Tag der Disputation:	11.08.2026

Für
meine Geschwister
und Oma R.

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung 1
1.1 Unterschiede zwischen der alphabetischen und chinesischen Schrift 1
1.1.1 Das alphabetische Schriftsystem 2
1.1.2 Das chinesische Schriftsystem 2
1.2 Definition Legasthenie 3
1.3 Leseerwerb 4
1.3.1 Übersicht Schriftsysteme 5
1.4 Prävalenzen 7
1.4.1 Einfluss der Granularität und Transparenz einer Schrift auf die Prävalenz 7
1.5 Augenbewegungen beim Lesen alphabetischer und chinesischer Schriften 8
1.6 Neuronale Verarbeitung beim physiologischen Leseprozess 12
1.7 Ursachenforschung Legasthenie 13
1.7.1 Genetik 13
1.7.2 Neuronale Prozesse 14
1.7.3 Kognitive Fähigkeiten 15
1.8 Psychische Auswirkungen einer Legasthenie 17
1.9 Forschungsziel 19
2 Methodik 21
2.1 Übersicht 21
2.2 Studiendesign 21
2.3 Rekrutierung 23
2.4 Beschreibung der Studienkohorten 23
2.5 Ein- und Ausschlusskriterien 24
2.6 Baseline-Daten 25
2.7 Voruntersuchung 25
2.8 Lesegeschwindigkeit 26
2.9 Stimuli 27
2.9.1 Alphabetische Wörter 27
2.9.2 Piktogramme 27
2.9.3 Chinesische Schriftzeichen 28
2.10 Chinesisch-Unterricht 29
2.11 Fragebögen 30
2.11.1 Lebensqualität 30
2.11.2 Feedback zum Training 30

2.12 Messung der Augenbewegungen 31
2.12.1 Eyetracking 31
2.12.2 ET-Kalibrierung 31
2.13 Augenbewegungsparameter 33
2.14 Fragebogen zur Lebensqualität 35
2.15 Statistik 35
3 Ergebnisse 38
3.1 Beschreibung des Studienkollektivs 38
3.2 Lesegeschwindigkeit 39
3.3 Crowding 40
3.4 Alphabetische Wörter 40
3.4.1 Artikulationslatenz 40
3.4.2 Anzahl an Sakkaden 41
3.4.3 Anzahl an Fixationen 45
3.4.4 Fixationszeiten 45
3.5 Piktogramme 46
3.5.1 Artikulationslatenz 46
3.5.2 Anzahl an Sakkaden 47
3.5.3 Anzahl an Fixationen 48
3.5.4 Fixationszeiten 49
3.6 Chinesische Zeichen, deutsche Bedeutung (CD) 50
3.6.1 Korrekte Antworten/ Fehlerrate 50
3.6.2 Artikulationslatenz 51
3.6.3 Anzahl an Sakkaden 52
3.6.4 Anzahl an Fixationen 53
3.6.5 Fixationszeiten 54
3.7 Chinesische Zeichen, Chinesische Aussprache (CC) 55
3.7.1 Korrekte Antworten/ Fehlerrate 55
3.7.2 Artikulationslatenz 56
3.7.3 Anzahl an Sakkaden 57
3.7.4 Anzahl an Fixationen 59
3.7.5 Fixationszeiten 60
3.8 Vergleich zwischen der deutschen und der chinesischen Benennung der chinesischen Zeichen (CD/CC) 61
3.8.1 Anzahl korrekter Antworten 61
3.8.2 Artikulationslatenzen 61

3.8.3 Anzahl an Sakkaden ... 61
3.8.4 Anzahl an Fixationen ... 61
3.8.5 Fixationszeiten ... 62
3.9 Visuelle Komplexität ... 62
3.9.1 Anzahl der Striche pro chin. Zeichen versus Artikulationslatenz pro Zeichen ... 62
3.9.2 Anzahl der Striche pro chin. Zeichen versus Anzahl an Fixationen pro Zeichen ... 62
3.9.3 Anzahl der Striche pro chin. Zeichen versus Fixationszeit pro Zeichen ... 63
3.10 Zeitspanne zwischen Unterricht bis T2 ... 63
3.11 Inventar zur Erfassung der Lebensqualität (ILK) ... 65
3.11.1 ILK – Angaben der Eltern ... 67
3.11.2 ILK – Vergleich zwischen Kinder und Eltern ... 69
3.12 Feedback T2 ... 70
4 Diskussion ... 75
4.1 Crowding ... 75
4.2 Lesegeschwindigkeit ZLT ... 76
4.3 Alphabetische Wörter ... 76
4.3.1 Ergebnisübersicht ... 76
4.3.2 Diskussion ... 77
4.4 Piktogramme ... 80
4.4.1 Ergebnisübersicht ... 80
4.4.2 Diskussion ... 80
4.5 Chinesische Zeichen ... 82
4.5.1 Ergebnisübersicht ... 82
4.5.2 Diskussion ... 83
4.6 Visuelle Komplexität ... 89
4.7 ILK ... 91
4.7.1 Kinder ... 91
4.7.2 Eltern ... 92
4.7.3 Vergleich zwischen Kinder und Eltern ... 93
4.8 Diskussion der Methodik ... 93
4.9 Zusammenfassung der Hypothesen ... 96
5 Zusammenfassung ... 98
Literaturverzeichnis ... 100
Erklärung zum Eigenanteil ... 115

Veröffentlichungen 116
Danksagung 117
Anhang 118

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematische Darstellung der Begriffe Granularität und Transparenz. 6
Abbildung 2: Studienverlauf 22
Abbildung 3: Kalibrierung. 32
Abbildung 4: Beispiel Eye-Tracking Aufzeichnung. 33
Abbildung 5: Lesegeschwindigkeit. 39
Abbildung 6: Artikulationslatenz pro Wort beim Lesen alphabetischer Wörter. 41
Abbildung 7: Anzahl an Sakkaden beim Lesen alphabetischer Wörter. 42
Abbildung 8: Anzahl an Sakkaden > 5° pro Wort. 44
Abbildung 9: Anzahl an Fixationen pro Wort beim Lesen alphabetischer Wörter. 45
Abbildung 10: Fixationzeiten pro Wort beim Lesen alphabetischer Wörter. 46
Abbildung 11: Artikulationslatenz beim Benennen von Piktogrammen. 47
Abbildung 12: Anzahl an Fixationen beim Benennen von Piktogrammen. 49
Abbildung 13: Fixationszeiten beim Benennen von Piktogrammen. 49
Abbildung 14: Anzahl korrekter Antworten CD. 50
Abbildung 15: Artikulationslatenz Piktogramme/CD. 51
Abbildung 16: Anzahl an Sakkaden Piktogramm/CD. 53
Abbildung 17: Anzahl an Fixationen Piktorgramme/CD. 54
Abbildung 18: Fixationszeiten Piktogramme/CD. 55
Abbildung 19: Anzahl korrekter Antworten CC. 56
Abbildung 20: Artikulationslatenz Piktogramme/CC. 57
Abbildung 21: Anzahl an Sakkaden Piktogramme/CC. 58
Abbildung 22: Anzahl an Fixationen Piktogramme/CC. 59
Abbildung 23: Fixationszeiten Piktogramme/CC. 60
Abbildung 24: Fehlerrate CD. 64
Abbildung 25: Fehlerrate CC. 64
Abbildung 26: PR0-7: Verteilung der Kinder. 66
Abbildung 27: LQ0-28: Verteilung der Kinder. 66
Abbildung 28: PR0-7: Verteilung der Eltern. 68
Abbildung 29: LQ0-28: Verteilung der Eltern. 68
Abbildung 30: Feedback Frage 2. 71
Abbildung 31: Feedback Frage 3. 71
Abbildung 33: Piktogramme T1. 118
Abbildung 34: Piktogramme T2. 118

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Baseline-Daten der einzelnen Kinder. 26
Tabelle 2: Komplexität chinesischer Zeichen. 29
Tabelle 3: Beschreibung des Studienkollektivs. 38
Tabelle 4: Anzahl an Sakkaden beim Lesen alphabetischer Wörter T1. 43
Tabelle 5: Anzahl an Sakkaden beim Lesen alphabetischer Wörter T2. 43
Tabelle 7: Ergebnisübersicht der Eye-Tracking Daten und der statistischen Testergebnisse..... 72
Tabelle 7: Ergebnisübersicht PR0-7. 73
Tabelle 8: Ergebnisübersicht LQ0-28. 74
Tabelle 9: Liste aller erlernten chinesischen Zeichen. 119

Abkürzungsverzeichnis

CC	Chinesische Zeichen auf Chinesisch ausgesprochen
CD	Chinesische Zeichen auf Deutsch ausgesprochen
d	Tag
deg/°	Grad (degree)
ET	Eye-Tracking
F-Sakkade	Vorwärtssakkade (forward saccade)
H-Sakkade	Horizontale Sakkade
ID	Identifikationsnummer
ILK	Inventar zur Erfassung der Lebensqualität
IQR	Interquartilsabstand (interquartile range)
K	Kontrollgruppe
LQ	Lebensqualitätsscore
LRS	Lese-Rechtschreibstörung (Gruppe)
m	männlich
ms	Millisekunde
PR	Problemscore
RAN	Rapid Automatized Naming
R-Sakkaden	Regressionen, rückwärtsgerichtete Sakkaden
s	Sekunde
SD	Standard deviation / Standardabweichung
SLO	Scanning Laser Ophthalmoscopy
SPSS	Statistical Package für Social Sciences (Software)
T1	Testzeitpunkt 1 (vor dem Chinesisch-Unterricht)
T2	Testzeitpunkt 2 (nach dem Chinesisch-Unterricht)
V- Sakkade	Vertikale Sakkade
VA	Sehschärfe (Visual acuity)
VAS	Visuelle Aufmerksamkeitsspanne (Visual Attention Span)
VWFA	Visual Word Form Area

w	Weiblich
wpm	Wörter pro Minute
ZLT	Zürcher Lesetest

1 Einleitung

„Schreiben und Malen sind nicht getrennte Künste, ihr Anfang war ein und derselbe“ (Sung-Lien im 14.Jhd. über die Schrift) (Kuckenburg, 2015). In den Augen der westlichen Kultur haben chinesische Zeichen bis heute eine bildhafte, fast malerische Komponente. Ein Teil dieser Zeichen entspringt aus Piktogrammen und weist einen ikonographischen Charakter auf. Damit unterscheidet sich dieser Teil der chinesischen Schrift grundsätzlich von unserem alphabetischen System, das auf reiner Phonetisierung basiert.

Die Schrift ist heutzutage allgegenwärtig und ein zentraler Bestandteil unserer Gesellschaft. Gleichzeitig ist die Legasthenie, auch als Lese-Rechtschreibstörung (LRS) bekannt, eine der am häufigsten diagnostizierten Entwicklungsstörungen (Schulte-Körne und Remschmidt, 2003). Betroffene hiervon haben große Schwierigkeiten, Wörter zu lesen und zu schreiben. Hinsichtlich der Ursachen werden verschiedene Theorien diskutiert. Interessanterweise deuten einige Studien darauf hin, dass verschiedene Schriften auf unterschiedliche kognitive Fähigkeiten angewiesen sind (Verhoeven et al., 2019). Im Folgenden werden die alphabetische und chinesische Schrift gegenübergestellt, die kognitiven Anforderungen an die Schriften und die Unterschiede der Schriften in Bezug zur Legasthenie erörtert, um der Frage nachzugehen: Können Kinder mit Legasthenie in der alphabetischen Schrift eine logographische Schrift besser erlernen?

Teile der hier vorliegenden Arbeit wurden bereits im Rahmen einer größeren Studie publiziert (Kuester-Gruber et al., 2023, Trauzettel-Klosinski et al., 2024).

1.1 Unterschiede zwischen der alphabetischen und chinesischen Schrift

Schon vor 18 000 Jahren wurde Wissen zunächst mittels Höhlenmalereien, d.h. Bildern und Symbolen, vermittelt (Kuckenburg, 2015). Im antiken Ägypten entstanden Hieroglyphen, die neben Ideogrammen auch schon Lautzeichen beinhalteten (Kuckenburg, 2015). Vor ca. 5000 Jahren entwickelten sich dann die Keilschriften, die je nach Land und Sprache silbenhafte bis alphabetische Strukturen aufwiesen (Haarmann, 2017). Der Vorteil eines Übergangs,

von der Bedeutung eines Bildes hin zu einer kodierenden Schriftweise, ist der Zugewinn an Effektivität (Perfetti und Harris, 2013). Anstatt die Bedeutung sehr vieler Zeichen memorieren zu müssen, reichen ein paar wenige Zeichen in Laut- oder Silbenform aus, um effektiv kommunizieren zu können (Perfetti und Harris, 2013).

1.1.1 Das alphabetische Schriftsystem

Das in unserer Kultur genutzte Alphabet hat seine Ursprünge im phönizischen Schriftsystem (Haarmann, 2017). Daraus entstand das griechische Alphabet, aus dem wiederum das lateinische Alphabet hervorging, das als Basisschrift u.a. für das Deutsche dient (Haarmann, 2017). Aufgrund phonologischer und morphologischer Merkmale in den Sprachen, haben sich die alphabetischen Schriften unterschiedlich entwickelt (Katz und Frost, 1992). Der Großteil der Sprachen mit alphabetischen Schriftsystemen weist in den verschiedenen Sprachen eine unterschiedlich konstante Umwandlung von einem Graphem (Schriftzeichen) zu einem Phonem (Laut) auf (Haarmann, 2017).

1.1.2 Das chinesische Schriftsystem

Die heutige chinesische Schrift entspringt der logographischen Schreibweise der alten chinesischen Schrift aus der Shang-Periode im 12. und 11. Jahrhundert v. Chr. (Haarmann, 2017). Es gibt folgende Hauptkategorien, in die sich die Schriftzeichen unterteilen lassen: Bildzeichen (Piktogramme), abstrakte Symbole (Ideogramme), zusammengesetzte Zeichen mit metaphorischer Bedeutung, lautbezogene Zeichen (Rebus-Prinzip) und phonetisch-semantische Zeichen, bei denen ein zusätzliches Lautzeichen hinzugefügt wird (Robinson und Billen, 2013, Kuckenburg, 2015, DeFrancis, 1986). Während zu der Zeit der Shang-Dynastie die piktographischen Zeichen überwogen, fallen über 90% der Zeichen mittlerweile in die letzte Kategorie, bei der einem semantischen Zeichen ein zusätzliches phonetisches Zeichen hinzugefügt wird, woraus sich zusätzlich zur Bedeutung die Aussprache erschließt (DeFrancis, 1986, Robinson und Billen, 2013, Kuckenburg, 2015). In diesem Zusammenhang ist auch die japanische Schrift erwähnenswert. Sie bildet sich aus Kanji (Wortzeichen aus dem Chinesischen) und Kana (japanische Silbenschrift), die sich wiederum in

Hiragana und Katakana unterteilt (Kuckenburg, 2015). Während Kanji häufig als Wortstamm verwendet wird, werden die Hiragana-Silben meist als grammatikalischer Zusatz und die Katakana- Silben zur Untermalung oder bei Fremdwörtern genutzt (Kuckenburg, 2015).

Der Fokus dieser Studie liegt auf den piktographischen und den ideographischen Zeichen, demnach jene mit bildhaftem Charakter.

1.2 Definition Legasthenie

Bei der Legasthenie handelt es sich um eine der häufigsten umschriebenen Entwicklungsstörungen schulischer Fertigkeiten mit einer hohen Persistenz (Deutsche Gesellschaft für Kinder und Jugendpsychiatrie, 2015, Galuschka, 2015). Die Diagnose einer Legasthenie erfolgt meist erst in der dritten oder vierten Klasse. In den unteren Klassen kann eine Legasthenie beispielsweise durch Auswendiglernen kompensiert werden, weshalb sie erst später ersichtlich wird. Symptome einer Legasthenie sind unter anderem eine stark reduzierte Lesegeschwindigkeit und ein vermindertes Leseverständnis. Auch Verwechslungen, Einsetzen oder das Auslassen von Buchstaben oder Wortteilen bzw. ganzen Wörtern kann Teil einer Legasthenie sein. Des Weiteren ist die Geschwindigkeit bei der Rechtschreibung reduziert und es werden häufig Buchstaben vertauscht, verdreht (p-q), ausgelassen oder hinzugefügt. Auch entstehen oft zusätzlich Fehler durch lautgetreues Schreiben.

Legasthenie ist laut der Internationalen Klassifikation der Krankheiten (ICD-10) der Weltgesundheitsorganisation (WHO) definiert als eine umschriebene Entwicklungsstörung der Lese- und Rechtschreibfertigkeiten (F81.0), wobei oft die Leseschwierigkeit im Vordergrund steht (Deutsche Gesellschaft für Kinder und Jugendpsychiatrie, 2015). Die aktuellen Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Kinder und Jugendpsychiatrie von 2015 befinden sich derzeit in Überarbeitung. Führend zum Zeitpunkt der Studie galt für die Diagnose auch das sogenannte doppelte Diskrepanzkriterium (Deutsche Gesellschaft für Kinder und Jugendpsychiatrie, 2015). Dies beinhaltet sowohl eine verminderte Lese- und Rechtschreibfähigkeit im Vergleich zur entsprechenden Altersklasse, als auch im Verhältnis zum eigenen Intelligenzquotienten (IQ) (Deutsche Gesellschaft für Kinder und Jugendpsychiatrie, 2015, Plume und Warnke, 2007,

Fischbach et al., 2013).

Laut der Deutschen Gesellschaft für Kinder und Jugendpsychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie e.V. (2015) muss zur Diagnose der Legasthenie eine Diskrepanz von 1,5 Standardabweichungen vorliegen. Testergebnisse der Lese- Rechtschreibleistung und der Intelligenz können auch in einen sogenannten T-Wert umgerechnet werden. Hier ist eine Diskrepanz von mindestens 15 T-Wertpunkten (entspricht 1,5 Standardabweichungen) für die Diagnose der Legasthenie ausschlaggebend, es werden allerdings auch leicht abweichende Diagnostikkriterien in der Literatur beschrieben. Organische Ursachen wie Seh- und Hörstörungen, Intelligenzminderung, sowie neurologische, psychische oder physische Ursachen, aber auch externe Faktoren, wie mangelnde Unterweisung, müssen explizit ausgeschlossen werden, bevor die Diagnose gestellt werden kann (Deutsche Gesellschaft für Kinder und Jugendpsychiatrie, 2015).

1.3 Leseerwerb

Im Gegensatz zum Spracherwerb bedarf es beim Lesenlernen einer expliziten Unterweisung. Frith (1986) unterteilt den Leseerwerb in drei Stufen. Zum einen in die logographische Phase, die das Lesen anhand von auffälligen Merkmalen oder der Wortgestalt erklärt (Frith, 1986). Darauf folgt eine alphabetische Phase, die auf dem Graphem-Phonem Prinzip basiert (Frith, 1986). Zuletzt erfolgt die orthographische Phase, die sich durch das Erkennen von Morphemen, Silben und größeren Worteinheiten auszeichnet (Frith, 1986). Allerdings wurde insbesondere die logographische Phase in Frage gestellt und Kritik an der deutlichen Trennung der einzelnen Phasen ausgeübt (Klicpera et al., 2020). Im Laufe der Zeit wurden weitere Theorien aufgestellt, die sich vor allem mit dem aktiven, bereits erlernten Lesen auseinandersetzten. Zu erwähnen wären hierbei das Zwei-Wege-Modell nach Coltheart et al. (2001) und das Dreiecksmodell nach Seidenberg (2005). Hier wird zum einen ein sublexikales (Coltheart et al., 2001), oder auch phonologisches Lesen (Seidenberg, 2005) beschrieben, das sich auf die Graphem zu Phonem- Umwandlung bezieht. Zum anderen wird ein lexikales Lesen (Coltheart et al., 2001) aufgezeigt, das das Lesen anhand des Erkennens größerer Worteinheiten beschreibt. Auch das „Model of foundation literacy“ unterscheidet eine sogenannte logographische und eine alphabetische

Lesestrategie (Duncan und Seymour, 2000). Während das Zwei-Wege-Modell nach Coltheart et al. (2001) zwei getrennte Lesestrategien aufweist, beschreibt das Dreiecksmodell nach Seidenberg (2005) eine Verknüpfung zwischen der Orthographie (Rechtschreibung) , Phonologie und der Semantik (Bedeutung). Das aktuelle Kompetenzentwicklungsmodell von Klicpera et al. (2020) fügt diese Theorien mit weiteren Erkenntnissen zusammen. Laut diesem Modell wird zu Beginn das Lesen anhand des phonologischen Rekodierens erlernt, wodurch das persönliche Lexikon aufgebaut und erweitert wird (Klicpera et al., 2020). Über die Morphem- und Silbenbewusstheit steigt wiederum die Kompetenz des lexikalischen Lesens, die Wahrnehmung des Wortes als ein Ganzes. Dies führt im Laufe der Zeit zu einer Automatisierung des Leseprozesses (Klicpera et al., 2020). Das Kompetenzentwicklungsmodell zeigt gleichzeitig Variablen auf, die diese Entwicklung beeinflussen können. Zum einen gibt es linguistisch/biologische Einflussfaktoren, wie das Arbeitsgedächtnis, die individuelle phonologische Bewusstheit, Rapid automatized naming (RAN), visuelle Aufmerksamkeit und die basale Informationsverarbeitung (Klicpera et al., 2020). Ebenfalls spielen soziale Faktoren eine Rolle, wie die elterliche Unterstützung, die Unterrichtsqualität und weitere Interventionen, sowie die Regularität der jeweiligen Sprache (Klicpera et al., 2020).

1.3.1 Übersicht Schriftsysteme

Schriften können systematisch unterteil werden nach deren linguistischen Einheiten (alphabetisch, silbisch, morphosyllabisch) und deren Transparenz, in anderen Worten, der Regularität zwischen Graphem und Phonem (Joshi und McCardle, 2017, Ziegler und Goswami, 2005). Eine schematische Darstellung der Begriffe findet sich in Abbildung 1. Ähnlich der Modelle nach Coltheart et al. (2001) und Seidenberg (2005) wird auch bei schriftübergreifenden Modellen von einem dualen Leseprozess ausgegangen. Nach der „Orthographic Depth Hypothesis“ wird eine reguläre Schrift meist über deren Phonologie dekodiert (Katz und Frost (1992). Sobald eine Schrift komplexer ist, kann diese zusätzlich über deren morphologische Einheit entziffert werden (Katz und Frost, 1992).

Die „Grain Size Theory“ geht noch einen Schritt weiter und besagt, dass eine unregelmäßigere Schrift, wie beispielsweise Englisch, für das korrekte Lesen

auf größere Leseeinheiten (Silben, Reime, ganze Wörter) angewiesen ist im Vergleich zu regelmäßigen Schriften wie beispielsweise Deutsch (Ziegler und Goswami, 2006, Ziegler und Goswami, 2005). Die Abhängigkeit der Lesestrategie von der Regelmäßigkeit der Schrift wurde jedoch auch kritisch betrachtet (Schmalz et al., 2017). Die „Grain size accommodation Hypothesis“ geht darüber hinaus auf das Erlernen von Zweitschriften ein (Lallier und Carreiras, 2018). Diese sagt aus, dass bilinguale, verglichen mit monolingualen Lesern, beim Erlernen einer unregelmäßigen Schrift neben lexikalen Prozessen vermehrt auf sublexikale Prozesse zurückgreifen (Lallier und Carreiras, 2018). Im Umkehrschluss nutzen bilinguale Leser beim Erlernen einer regelmäßigen Schrift vermehrt lexikale Leseprozesse verglichen mit monolingualen Lesern dieser Schrift (Lallier und Carreiras, 2018).

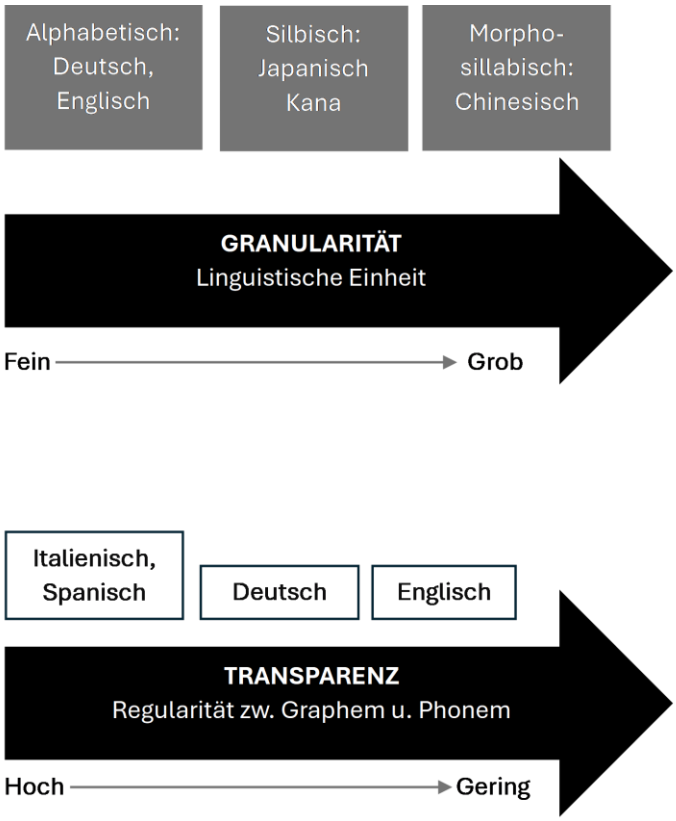


Abbildung 1: Schematische Darstellung der Begriffe Granularität und Transparenz.

1.4 Prävalenzen

Legasthenie tritt durchweg in allen Gesellschaftsschichten (Plume und Warnke, 2007) und in jeder Schrift auf. Je nach den jeweiligen Diskrepanzkriterien, den verwendeten Tests, der Sprache, dem Geschlecht und dem Probandenalter variieren jedoch die Angaben der Prävalenzen. Internationale Studien berichten von Werten zwischen 3,6 % und 7,3 % (Fischbach et al., 2013). In Deutschland werden Prävalenzen zwischen 3 bis 9 % angegeben (Deutsche Gesellschaft für Kinder und Jugendpsychiatrie, 2015, Hasselhorn und Schuchardt, 2006, Strehlow und Haffner, 2002). Im Allgemeinen wird hierzulande von rund 6 % ausgegangen (Hasselhorn und Schuchardt, 2006, Plume und Warnke, 2007). Jungen sind 1,5 - 3 Mal häufiger als Mädchen von einer Legasthenie betroffen (Peterson und Pennington, 2012).

1.4.1 Einfluss der Granularität und Transparenz einer Schrift auf die Prävalenz

Es gibt einige Anzeichen für schriftspezifische Einflüsse auf das Lesen (Pugh und Verhoeven, 2018, Joshi und McCardle, 2017). Der Versuch eines schriftübergreifenden Modells ist die „Hypothesis of Granularity and Transparency," das zusätzlich auf die japanischen Schriften Kana und Kanji eingeht (Wydell und Butterworth, 1999). Hierbei werden die Schriften unterteilt in Transparenz, d.h. der Regularität der Graphem-Phonem-Übereinstimmung, und Granularität, d.h. inwiefern ein Zeichen ein Phonem, eine Silbe oder ein ganzes Wort darstellt (Wydell und Butterworth, 1999). Laut Wydell und Butterworth (1999) hat neben der Transparenz auch die Granularität einer Schrift direkte Auswirkungen auf die Prävalenz der Legasthenie. Sie hypothetisieren eine niedrigere Legasthenierate, je größer die Transparenz und je größer die Granularität innerhalb einer Schrift ist (Wydell und Butterworth, 1999). In der Tat konnte in vielen Studien gezeigt werden, dass in transparenten Sprachen wie Italienisch oder Spanisch die Prävalenz an Menschen mit Legasthenie niedriger ist als in unregelmäßigen Sprachen wie Englisch oder Dänisch (Lindgren et al., 1985, Sprenger-Charolles et al., 2011, Reis et al., 2020, Everatt und Elbeheri, 2008, Ziegler und Goswami, 2005, Aro und Wimmer, 2003, Hirshorn und Fiez,

2014, Borleffs et al., 2019). So ist beispielsweise in den USA die Prävalenz mit 7,3 % doppelt so hoch verglichen mit 3,5 % in Italien (Barbiero et al., 2019). Deutsch wird als eine phonologisch eher transparente Sprache eingeordnet (Ziegler und Goswami, 2005, Aro und Wimmer, 2003).

Regelmäßige Schriften weisen darüber hinaus im Vergleich zu intransparenten Schriften eine bis zu zweifach schnellere Leseentwicklung auf (Seymour et al., 2003). Interessanterweise zeigt sich dieser Effekt, wie von Wydell und Butterworth (1999) vorhergesagt, ebenfalls auf der Ebene der Granularität. Einige Studien ergaben, dass Silbenschriften im Vergleich zu Lautschriften schneller und besser erlernt werden (Cherodath et al., 2017, Asfaha et al., 2009, Gupta und Jamal, 2007, Goswami, 2008). Des Weiteren wurde zur Überprüfung der Validität dieser Hypothese von Ijuin und Wydell (2018) eine Computersimulation durchgeführt. Hierbei wurde die japanische Silbenschrift Kana, sowie die morphosyllabische Schrift Kanji untersucht. Die Ergebnisse unterstützen die „Hypothesis of Granularity and Transparency." Sowohl das unbeeinträchtigte Netzwerk, als auch das legasthenische Netzwerk lernten in dieser Simulation schneller Kanji als Kana und die Lesegenauigkeit für Kanji war ebenfalls signifikant höher (Ijuin und Wydell, 2018).

Der Anteil an Menschen mit Legasthenie in der chinesischen Schrift liegt etwa bei 3,45% (Liu et al., 2016) bis 3,9% (Sun et al., 2013), hat aber meist andere Ursachen, s. Kapitel 1.7. Damit ist der durchschnittliche Anteil an Menschen mit Legasthenie in der chinesischen Schrift kleiner als in der deutschen Schrift.

1.5 Augenbewegungen beim Lesen alphabetischer und chinesischer Schriften

Augenbewegungen korrelieren mit verschiedenen Messungen der Leseleistung (Strandberg et al., 2022), wobei gleichzeitig davon ausgegangen wird, dass bei Menschen mit Legasthenie die pathologischen Augenbewegungsmuster nicht die Ursache, sondern das Resultat der erschwerten kognitiven Verarbeitung sind (Hawelka und Wimmer, 2005, Hutzler et al., 2006, Trauzettel-Klosinski et al., 2002). Beim Lesen kommt es zu kurzen, schnellen

Augenbewegungen, sogenannten Sakkaden, im Wechsel mit Haltephasen, sogenannten Fixationen. Die Sakkaden haben in der Regel eine Dauer von 20-50 ms (Reichle et al., 2003) und können sowohl vorwärts-, als auch rückwärtsgerichtet sein, sogenannte Regressionen. Amplituden-verlängerte, vorwärts gerichtete Sakkaden konnten bereits mit einer besseren Leseleistung assoziiert werden (Trauzettel-Klosinski et al., 2010, Strandberg et al., 2022). Regressionen machen ca. 10-25% der Sakkaden aus (Reichle et al., 2003). Eine erhöhte Anzahl an Regressionen sowie verlängerte Fixationszeiten korrelierten in vorigen Studien mit einer verminderten Leseleistung (Strandberg et al., 2022, Reichle et al., 2003). Verglichen mit Erwachsenen ist bei Kindern die Anzahl an Sakkaden und Regressionen, sowie die Fixationszeit und die Lesezeit eines Satzes generell erhöht (Joseph et al., 2009). In der Studie von Joseph et al. (2009), die Augenbewegungen in der englischen Schriftsprache bei Kindern zwischen 7 und 11 Jahren untersuchten, betrug die durchschnittliche Sakkadenlänge 7,6 Zeichen (Vrgl. Erwachsene 8,2 Zeichen), die mittlere Fixationsdauer 283 ms (Vrgl. Erwachsene 235ms), und der Anteil an Regressionen 29% (Vrgl. Erwachsene 22%).

Des Weiteren gibt es Hinweise, dass die Augenbewegungsparameter von der Granularität einer Schrift abhängen. So ergaben Studien in der japanischen Schrift in deren Silbenschrift Katakana eine längere Fixationszeit (ca. 240ms) mit einer kürzeren Sakkadenlänge (3,5 Buchstaben), während in der logographischen Schrift Kanji die Fixationszeit kürzer (ca. 170ms) sowie die Sakkadenlänge größer war (über 6 Buchstaben) (Osaka, 1989, Osaka, 1992). Die Studie von Feng et al. (2009) untersuchte Augenbewegungsparameter an Kindern und Erwachsenen aus China und Amerika in der jeweiligen Muttersprache. Zur besseren Vergleichbarkeit der Schriftsysteme kamen standardisierte Pixelgrößen zum Einsatz, die anschließend in Buchstabengrößen umgerechnet wurden. Bei Drittklässlern zeigte sich ein Unterschied in der Anzahl an Fixationen pro Wort (Englisch: 2,00 vs. Chinesisch 1,71), während sich dieser Unterschied bei Erwachsenen nicht mehr feststellen ließ (Englisch: 0,79 vs. Chinesisch 0,86) (Feng et al., 2009). Die mittlere Fixationszeit ergab in der Gruppe der Drittklässler keinen signifikanten Unterschied (Englisch: 263 ms vs. Chinesisch 265 ms),

während die Fixationszeit amerikanischer Erwachsener im Schnitt 21 ms kürzer waren, verglichen mit der Fixationszeit chinesischer Erwachsener (Englisch: 191 ms vs. Chinesisch 212 ms) (Feng et al., 2009). Die mittlere Sakkadenlänge war, mit Umrechnung dieser in vergleichbare Pixelgrößen, signifikant kürzer bei Drittklässlern im Englischen und länger im Chinesischen (Englisch: 5,5 Buchstabenlängen vs. Chinesisch 2 Chinesische Zeichen) (Feng et al., 2009). Dasselbe zeigte sich in der Studie von Feng et al. (2009) bei der Gruppe der Erwachsenen, mit Zunahme der Sakkadenlänge im Alter in beiden Schriften (Englisch: 10,3 Buchstabenlängen vs. Chinesisch: 3,1 chinesische Zeichen).

Die Fovea der Netzhaut, der Bereich des schärfsten Sehens, rückt beim Lesen fast ruckartig über den Text. Diese Region entspricht dem minimalen Lesegesichtsfeld und beträgt ausgehend von der Foveola, der Mitte der Netzhaut, ca. 2° zu beiden Seiten und 1° nach oben und unten (Aulhorn, 1975, Trauzettel-klosinski, 1997). Die parafoveale Region, in der wir beim Lesen die Buchstaben noch wahrnehmen können, ist vor allem beim flüssigen Lesen von Wörtern und Sätzen von Bedeutung. Die Wahrnehmungsspanne (engl. perceptual span) wird mittels des Blick-Kontingenz-Paradigma (engl. gaze-contingent-paradigm) ermittelt. Hierbei wird der gelesene Text innerhalb eines Fensters, das sich synchron mit den Augenbewegungen mitbewegt, angezeigt, während außerhalb dieses Fensters die Zeichen bzw. Buchstaben maskiert werden. Bei geübten kann die Wahrnehmungsspanne bei Lesern in alphabetischen Schriften mit einer Leserichtung von links nach rechts sogar bis 15 Zeichen nach rechts betragen (Rayner, 1986). Eine Zunahme der Wahrnehmungsspanne mit steigendem Alter konnte sowohl in der deutschen (Sperlich et al., 2016) und chinesischen Schrift (Yan et al., 2020) festgestellt werden. So konnten Yan et al. (2020) zeigen, dass chinesische Kinder im Vergleich zu Erwachsenen eine kleinere Wahrnehmungsspanne aufwiesen, die ein Zeichen nach links und zwei Zeichen nach rechts vom fixierten Zeichen betrug. Die Wahrnehmungsspanne wird auch durch das jeweilige Schriftsystem beeinflusst. Bei Schriften, die von rechts nach links gelesen werden, ist die Wahrnehmungsspanne asymmetrisch größer zur linken Seite (Pollatsek et al., 1981).

In Bezug zur Granularität gibt es hierzu unterschiedliche Aussagen in der

Literatur. So gibt es zum einen Hinweise darauf, dass beim Lesen eines chinesischen Texts die Wahrnehmungsspanne im Vergleich zum Englischen verkleinert ist (Inhoff und Liu, 1998, Reichle et al., 2003). Zum Anderen zeigen Vergleiche zwischen Englisch und Chinesisch bisher kaum Unterschiede in der Wahrnehmungsspanne, sobald die Umrechnung in Wörter erfolgte (Sun et al., 1985).

Des Weiteren gibt es Hinweise, dass die visuelle Komplexität eines Schriftsystems die Wahrnehmungsspanne beeinflusst (Pan und Yan, 2024). In der Studie von Pan und Yan (2024) wurde die vereinfachte chinesische Schrift mit der visuell komplexeren, traditionellen chinesischen Schrift verglichen. Es zeigte sich hierbei eine Reduktion der Wahrnehmungsspanne beim Lesen der traditionellen Schrift (Pan und Yan, 2024). Auch konnte bereits gezeigt werden, dass die Wahrnehmungsspanne von der Schriftgröße im Chinesischen abhängt (Yan et al., 2015). Darüber hinaus ließ sich eine Abnahme der Wahrnehmungsspanne beim lauten Lesen feststellen, was vermutlich auf einen erhöhten Aufmerksamkeitsbedarf zurückzuführen ist (Pan et al., 2017).

Kinder mit Legasthenie in der deutschen Schriftsprache weisen in Eyetracking-Studien mehr Fixationen, bzw. Sakkaden, sowie eine längere Fixationszeit auf (Hutzler und Wimmer, 2004, Dürrwächter et al., 2010). Auch zeigt sich eine verlangsamte Lesegeschwindigkeit und ein leicht erhöhter Prozentsatz an Regressionen (Trauzettel-Klosinski et al., 2010). Verglichen mit Studien in der englischen Schriftsprache zeigen die Kinder weniger Regressionen, was am ehesten im Zusammenhang mit der höheren Transparenz in der deutschen Schriftsprache erklärbar ist (Hutzler und Wimmer, 2004). Laut Dürrwächter et al. (2010) war der prozentuale Anteil an Regressionen lediglich bei Wörtern mit geringer Frequenz erkennbar. Auch konnte bereits festgestellt werden, dass mit einer Zunahme der Wortlänge und der Wortfrequenz, die Fixationszeit und die Sakkadenanzahl anstiegen (Dürrwächter et al., 2010). Die Wahrnehmungsspanne war bei Menschen mit Legasthenie verkleinert (Luke et al., 2024).

1.6 Neuronale Verarbeitung beim physiologischen Leseprozess

Bereits im Gehirn von Säuglingen ist ein spezifisches Areal dafür angelegt, gesprochene Sprache zu verarbeiten (Dehaene-Lambertz et al., 2002). Hierbei handelt es sich vor allem um den linken Temporallappen (Dehaene-Lambertz et al., 2002), der universell über alle gesprochenen Sprachen aktiv zu sein scheint (Malik-Moraleda et al., 2022). Für das Lesen wird das bereits bestehende System für gesprochene Sprache genutzt (Deniz et al., 2019, Dehaene und Cohen, 2011). Beim Lesen leitet zunächst der visuelle Kortex die Informationen zur Visual Word Form Area (VWFA) im linken Sulcus occipitotemporalis, wo die Buchstaben als solche erkannt werden (Dehaene und Cohen, 2011). Die VWFA ist wiederum mit dem Planum temporale verbunden, wo zunächst die phonemische Repräsentation lokalisiert ist und sich im Verlauf die lexikale Repräsentation entwickelt (Dehaene et al., 2015). Beim Lesenlernen kommt es zur Entwicklung der phonologischen Areale (Vergrößerung des linken Planum temporale), es entwickeln sich die visuellen Areale des Gehirns (vor allem die VWFA) und es kommt zu einer stärkeren Verbindung zwischen den auditiven und visuellen Systemen des Gehirns (Dehaene et al., 2015). Die VWFA spielt eine zentrale Rolle. Dieses Areal scheint über alle Kulturen hinweg an der gleichen Stelle im Gehirn lokalisiert zu sein (Bolger et al., 2005) und selektiv durch Schrift, als auch durch andere visuelle Stimuli, aktiviert zu werden (Dehaene und Cohen, 2011). Die Aktivierung hängt hierbei hauptsächlich von der Leseerfahrung ab (Feng et al., 2022).

Studien in der englischen und chinesischen Schrift deuten darauf hin, dass es zwar zu einem großen Teil Überlappungen in der Aktivierung der Hirnareale gibt, jedoch zusätzliche Hirnareale, wie den linken Gyrus frontalis medialis und den rechten Gyrus fusiformis, bei der Verarbeitung der chinesischen Zeichen aktiviert werden (Wu et al., 2012). Die Studie von Zhang et al. (2023) untersuchte Chinesisch-Englisch bilinguale und Englisch monolinguale Kinder bei Aufgaben zur phonologischen und morphologischen Bewusstheit. Sie konnten zeigen, dass bei Aufgaben bezüglich phonologischer Bewusstheit sowohl die bilingualen Kinder im Englischen und Chinesischen als auch die monolingualen

Kinder im Englischen eine Aktivierung des Gyrus frontalis inferior sowie des Gyrus temporalis superior zeigten (Zhang et al., 2023). Bei Aufgaben in Bezug zur morphologischen Bewusstheit wiesen alle Gruppen eine Aktivierung des Gyrus frontalis inferior auf, jedoch lediglich die Gruppe der Bilingualen im Chinesischen eine zusätzliche Aktivierung des Gyrus temporalis medius, während eine verminderte Aktivierung bei der Gruppe der bilingualen Kinder im Englischen und monolingualen Kinder im Englischen detektiert wurde (Zhang et al., 2023). So zeigen viele aktuelle Studien, dass es zu einer Anpassung der neuronalen Netzwerke an die Anforderung der jeweiligen Schrift kommt (Zhang et al., 2023, Wu et al., 2012, Cao et al., 2017a, Hirshorn et al., 2016, Mei et al., 2015, Zhao et al., 2012).

1.7 Ursachenforschung Legasthenie

Die Ursachen und Ausprägungen einer Legasthenie können vielfältig sein. Pennington (2006) geht von einem „Multiple Deficit Model“ aus, in dem genetische Faktoren, protektive Faktoren, Umweltfaktoren, neurale und kognitive Prozesse sowie Komorbiditäten Einfluss auf die Ausprägung der Legasthenie haben. Im folgenden Kapitel wird auf die Genetik, neuronale Ursachen und der behavioralen Ausprägung eingegangen sowie die Unterschiede zwischen alphabetischen und der chinesischen Schrift näher beleuchtet.

1.7.1 Genetik

Es wurden in den letzten Jahren verschiedene Gene entdeckt, die im Zusammenhang mit einer Legasthenie stehen, und eine Erblichkeit von 40 bis 60% wird angenommen (Raskind et al., 2012). Sowohl in verschiedenen alphabetischen Schriften (Gialluisi et al., 2020, Carrion-Castillo et al., 2017, Ulfarsson et al., 2017, Schulte-Körne et al., 2006), als auch in der chinesischen Schrift gibt es hierzu eine wachsende Anzahl an Studien (Lim et al., 2014, Kong et al., 2016, Chen et al., 2015, Wang et al., 2017). Liu et al. (2019) verglichen verschiedene genetische Varianten, sogenannte Einzelnukleotid-Polymorphismen, die die Genexpression beeinflussen (expression Single Nukleotide Polymorphisms, eSNPs) und die bei europäischen Menschen mit Legasthenie vorliegen, mit einer Gruppe von chinesischen Menschen mit Legasthenie. Hierbei

zeigte sich keine signifikante Korrelation zwischen europäischen Varianten und einer Legasthenie im Chinesischen (Liu et al., 2019).

1.7.2 Neuronale Prozesse

Jüngere Forschungen beschäftigen sich mit dem Zusammenhang zwischen Genetik und neuronalen Strukturen, die die Ausprägung einer Legasthenie begünstigen (Mascheretti et al., 2017, Perdue et al., 2019). Verschiedene Studien konnten feststellen, dass sich die Hirnaktivität bei Personen mit Legasthenie von Personen ohne Legasthenie unterscheidet. Beim Lesen alphabetischer Schriften ist die Aktivität der linken Hirnhälfte bei Menschen mit Legasthenie vermindert (Maisog et al., 2008, Ligges und Blanz, 2007, Trauzettel-Klosinski et al., 2006). Bei Erwachsenen mit Legasthenie wird eine eingeschränkte strukturelle und phonologische Verbindung zwischen den beiden auditiven Kortizes mit dem linken Gyrus frontalis inferior, einem Areal für übergeordnete phonologische Verarbeitung, beschrieben (Boets et al., 2013). Auch die Visual Word Form Area (VWFA), eine funktionelle Region im linken occipitotemporalen Cortex, scheint ein wichtiger Teil im Leseprozess zu sein (Dehaene und Cohen, 2011), die beim Vorliegen einer Legasthenie eine verminderte Aktivität beim Lesen aufweist (Brem et al., 2020). Gleichzeitig wurde bei Menschen mit Legasthenie in alphabetischen Schriften eine erhöhte Aktivität der rechten Hirnhälfte gemessen (Maisog et al., 2008), was als Kompensationsmechanismus interpretiert werden kann (Ligges und Blanz, 2007, Chyl et al., 2019).

Menschen mit Legasthenie in der chinesischen Schrift weisen dagegen andere strukturelle und funktionelle Abnormalitäten in der Neuro-Bildgebung auf (Siok et al., 2008). So zeigen chinesische Kinder mit beeinträchtigtem Lesen ein reduziertes Volumen der Grauen Substanz sowie eine verminderte Aktivität im linken Gyrus frontalis medius (Siok et al., 2004, Siok et al., 2008). Laut Siok et al. (2004) kommt es dadurch zu einer dysfunktionalen Koordination und Integration von orthographischen, phonologischen und semantischen Verarbeitungsprozessen im verbalen und räumlichen Arbeitsgedächtnis. Dagegen sind keine funktionellen oder strukturellen Unterschiede zwischen chinesischen Kindern mit und ohne Legasthenie in den posterioren Hirnstrukturen feststellbar, welche

bei einer Legasthenie in alphabetischen Schriften auffällig sind (Siok et al., 2008).

Unterschiedliche Aktivitätsmuster zwischen Menschen mit und ohne Legasthenie in alphabetischen und chinesischen Schriften werden auch im Kleinhirn beschrieben (Yang et al., 2016, Alvarez und Fiez, 2018). Das Zerebellum ist wesentlich involviert in visuellen und räumlichen Verarbeitungsprozessen. Die vorliegende Datenlage weist auf Kompensationsmechanismen bei Kindern mit Legasthenie durch Verbinden des Kleinhirns mit Großhirnstrukturen, die für das Lesen relevant sind, hin (Feng et al., 2017).

Zudem gibt es Hinweise auf Unterschiede in den Verarbeitungswegen zwischen Piktogrammen und der alphabetischen Schrift. In einer fMRT Studie durch Huang et al. (2015) wurden die aktiven Hirnstrukturen bei der Verarbeitung von englischen Wörtern, Piktogrammen, Bildern und chinesischen Zeichen untersucht. Hierbei konnte gezeigt werden, dass Teile des semantischen Systems bei allen Aufgaben beteiligt waren (Huang et al., 2015). Insbesondere bei der Erkennung von Piktogrammen im Vergleich zu englischen Wörtern waren vermehrt der Gyrus frontalis inferior, der Gyrus frontalis medius und der rechte Frontpol aktiv (Huang et al., 2015). Interessanterweise war bei den chinesischen Teilnehmern im Durchschnitt eine stärkere Aktivität im primären visuellen Kortex festzustellen, während bei den englischen Probanden eine höhere Aktivität im primären Motorkortex vorlag (Huang et al., 2015). Piktogramme ähnelten dabei in der kognitiven Verarbeitung stärker Bildern als englischen Wörtern oder chinesischen Zeichen (Huang et al., 2015). Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Probanden entweder Chinesisch oder Englisch als Muttersprache sprachen und die logografischen Schriftzeichen nicht bildhaft erlernt wurden und sich somit von der vorliegenden Studie unterscheiden.

1.7.3 Kognitive Fähigkeiten

Verschiedene Studien weisen auf unterschiedliche kognitive Fähigkeiten beim Erlernen der beiden Schriftsysteme hin (Hulme et al., 2019, Zhou et al., 2015, Siok und Fletcher, 2001, Kuester-Gruber et al., 2023, Trauzettel-Klosinski et al., 2024). Im Allgemeinen herrscht Konsens darüber, dass ein wesentlicher Bestandteil in der alphabetischen Schrift die phonologische Aufmerksamkeit

darstellt (Wimmer und Schurz, 2010, Navas et al., 2014, Melby-Lervåg et al., 2012), d.h. die Fähigkeit einen Laut zu identifizieren, zu unterscheiden, zusammenzufügen, sowie der Umwandlung eines Graphems hin zu einem Laut und im weiteren Verlauf die Erkennung und Verarbeitung von Silben, Reimen und Wörtern (Deutsche Gesellschaft für Kinder und Jugendpsychiatrie, 2015, Klicpera et al., 2020). Einige Studien in der chinesischen Schrift hingegen ergaben eine geringere Korrelation hinsichtlich der phonologischen Aufmerksamkeit (Tong et al., 2017, Chung und Ho, 2010, Shu et al., 2006). Eine zentrale Rolle beim Lesen der chinesischen Schrift scheint die morphologische Bewusstheit, in anderen Worten, die Identifikation und Verarbeitung von Bedeutungseinheiten in Sprache (Pan et al., 2016, Shu et al., 2006, Song et al., 2019, Liu et al., 2017, Kalindi und Chung, 2018, Leong und Ho, 2008). Zhou et al. (2014) beobachtete, dass beim Erlernen der chinesischen Schrift, verglichen mit der alphabetischen Schrift, ein größerer Fokus auf der Semantik liegt. In der anfänglichen Phase des Erlernens der chinesischen Schrift scheinen zudem vor allem visuelle Fähigkeiten eine große Rolle zu spielen, was auf eine logographische bzw. visuelle Phase hinweist (Siok und Fletcher, 2001, Yang et al., 2013, Kuester-Gruber et al., 2023). In diesem Zusammenhang wurden die Geschwindigkeit der visuellen Wahrnehmung und Verarbeitung (Yang et al., 2013) sowie das räumliche Vorstellungsvermögen (Lin et al., 2016) mit dem anfänglichen Erlernen der chinesischen Schrift in Verbindung gebracht. Auch scheint die Fähigkeit des Kopierens chinesischer Zeichen und damit das Erkennen der visuellen Unterschiede und Gemeinsamkeiten von Bedeutung in der Phase des Erlernens der Zeichen zu sein (McBride-Chang et al., 2011, McBride, 2016).

Ein weiterer umstrittener Bereich ist die Hypothese der verminderten visuellen Aufmerksamkeitsspanne (Visual Attention Span, VAS). VAS ist definiert als die Anzahl an einzelnen visuellen Elementen, die gleichzeitig auf einen Blick wahrgenommen werden können (Frey und Bosse, 2018). Speziell bei orthographischen Einheiten spielt VAS eine Rolle (Frey und Bosse, 2018). Studien in chinesischen Schriften ergaben eine Verbindung zwischen VAS und der Lesefähigkeit, und -flüssigkeit (Bosse et al., 2007, Li et al., 2021). Zhao et al. (2019) zeigten, dass Übungen zur Verbesserung der VAS bei chinesischen Kindern mit

Legasthenie auch die Leseleistung verbesserten. In der deutschen Schriftsprache ist das Vorliegen einer VAS sehr umstritten. Auf der einen Seite wird diskutiert, ob VAS eine Ursache oder eine Folge der Legasthenie darstellt (Goswami, 2015, Lobier und Valdois, 2015). Auf der anderen Seite wird das grundlegende Vorliegen einer verminderten VAS hinterfragt (Hawelka und Wimmer, 2008, Shovman und Ahissar, 2006). Es konnte sogar gezeigt werden, dass sobald Buchstabenreihen mit Symbolen ersetzt wurden, kein VAS in Kindern mit Legasthenie mehr erkennbar war (Ziegler et al., 2010). Auch für weitere kognitive Defizite, die als Alternative zur phonologischen Bewusstheit herangezogen wurden, wie Defizite des magnozellulären Systems oder des visuell-sequentiellen Gedächtnisses, konnte keine klare Kausalität aufgezeigt werden (Wimmer und Schurz, 2010).

1.8 Psychische Auswirkungen einer Legasthenie

Etliche Studien zeigen primäre und sekundäre Folgen einer Legasthenie auf. Zu den primären Folgen zählen die verminderten schulischen und akademischen Leistungen (Livingston et al., 2018). Gleichzeitig entsteht durch das von der Norm abweichende Leseverhalten eine Stigmatisierung durch die Gesellschaft (Livingston et al., 2018) mit Annahmen, diese Personen seien geistig eingeschränkt, faul und unaufmerksam. Daraus können wiederum sekundäre Folgen entstehen. Menschen mit Legasthenie berichten vermehrt von internalisierenden Verhaltensweisen wie Angst und Depression (Giovagnoli et al., 2020, Mugnaini et al., 2009). Insgesamt zeigen Schüler mit einer Lernbeeinträchtigung vermehrt Gefühle der Frustration, Nervosität, Unsicherheit und Hilflosigkeit (Heiman und Precel, 2003) sowie, speziell bei Menschen mit Legasthenie, zusätzlich Gefühle der Inkompetenz und Minderwertigkeit (Sako, 2016). Dies kann wiederum soziale und emotionale Konsequenzen haben, die sich vor allem in der Adoleszenz manifestieren können (Livingston et al., 2018). Studien deuten bei Menschen mit Legasthenie auf eine Korrelation zwischen negativen emotionalen Erfahrungen und einem verminderten Selbstwertgefühl (Carawan et al., 2016, Terras et al., 2009). Daneben zeigt sich die Angst bei Jugendlichen in fortführenden Schulen in Form von verminderter Selbstwirksamkeitserwartung, generellen Sorgen und Hyperaktivität beim Lösen von Problemen

(Giovagnoli et al., 2020). Dies hat auch negative Auswirkungen auf die Motivation (Livingston et al., 2018). Nachshon und Horowitz-Kraus (2019) vermuten einen sogenannten Teufelskreis, wobei Stress und Angst unter anderem zu einer Aufmerksamkeitsminderung führt, was wiederum die Leseleistung negativ beeinträchtigt und weitere Angst schürt, das Vermeidungsverhalten fördert und das Selbstwertgefühl weiter beeinträchtigt. Die Schulabbruchrate ist folglich deutlich höher unter Schülern mit Legasthenie (Al-Lamki, 2012). Ein weiterer Aspekt ist die familiäre Belastung, die sich in der vermehrten Sorge im Alltag von Eltern betroffener Kinder zeigt (Bonifacci et al., 2014). Mütter von Kindern mit Legasthenie berichten von erhöhtem Stress und das vermehrte Zurückgreifen auf emotionale und vermeidende Strategien im Umgang mit dem Kind (Carotenuto et al., 2017). Letztlich hat eine Legasthenie bis ins Erwachsenenalter Auswirkungen. Stress, Angst und Traurigkeit können anhalten und zusätzlich Schwierigkeiten in der Ausbildung, dem Job und in sozialen Beziehungen bedeuten (Nalavany et al., 2011). Eine Studie an Universitätsstudenten mit Legasthenie zeigte Einschränkungen in der Lebenszufriedenheit (Kalka und Lockiewicz, 2018). Darüber hinaus weisen schwache Leser vermehrt ein negatives akademisches Selbstkonzept auf, in anderen Worten, es fehlt hierbei an Kenntnissen um die Fähigkeiten und Interessen der Person in Bezug zur Schule (McArthur et al., 2016). Weitere sekundäre Folgen einer Legasthenie sind Kriminalität und Suizidalität (Livingston et al., 2018). Auch berichten Personen mit einer Lernstörung vermehrt von Suizidgedanken (Wilson et al., 2008). Anzumerken ist, dass alle negative Erfahrungen auch Auswirkungen auf die Person haben und diese an der Entfaltung der eigenen Fähigkeiten und dem Ausschöpfen des vollen Potenzials hindern können. Spezielle Risikofaktoren für negative psychosoziale Langzeitwirkungen bei einer Legasthenie sind neben der Schwere der Lese-Rechtschreibstörung auch mangelnde soziale Unterstützung (Mugnaini et al., 2009). Die Zusatzdiagnose ADHS ist ebenso ein erheblicher Langzeitfaktor (Mugnaini et al., 2009). Weitere Komorbiditäten, die vermehrt bei Menschen mit Legasthenie auftreten sind: verzögerter Spracherwerb, Dyskalkulie, ängstlich depressive Störungen und Verhaltensstörungen (Huc-Chabrolle et al., 2010).

Ein Kernpunkt im Umgang mit Legasthenie ist die Bedeutung protektiver Faktoren, die die Resilienz und positive Emotionen fördern. Eine positiv wahrgenommene soziale Unterstützung erhöht gleichzeitig die Lebenszufriedenheit bei Menschen mit Legasthenie (Kalka und Lockiewicz, 2018). Weiterhin ist eine frühe Diagnose essenziell zur Vermeidung sekundärer Folgen und zur frühen Förderung, da im Kindesalter eine hohe Neuroplastizität vorliegt (Sanfilippo et al., 2020). Die familiäre Unterstützung stärkt das Selbstwertgefühl und hilft im Umgang mit emotionalen Belastungen (Carawan et al., 2016). Ein gesundes Selbstwertgefühl und ein Verständnis der Diagnose wirkt sich positiv auf die Einstellung zur Legasthenie aus und verringert eine wahrgenommene Beeinträchtigung in sozialen Beziehungen und könnte somit manchem sekundären Problem vorbeugen oder dieses abschwächen (Terras et al., 2009). Vor allem Programme, die neben dem Selbstwertgefühl auch die Motivation und ein Gemeinschaftsgefühl fördern, können sich positiv auf Kinder mit Legasthenie auswirken und internalisierenden Verhaltensweisen wie Angst und Depression entgegenwirken (Giovagnoli et al., 2020). Auch die individuellen Stärken zu erkennen und zu fördern ist ein wichtiger Bestandteil im Umgang mit Legasthenie (Carawan et al., 2016). Diese Studie möchte unter anderem zur Förderung der Selbstwirksamkeit, der Motivation und der Stärkung des Selbstwertgefühls und Selbstbewusstseins speziell bei Kindern mit Legasthenie beitragen.

1.9 Forschungsziel

Zusammengefasst deuten bisherige Studien darauf hin, dass sich die Schwerpunkte beim Erlernen der chinesischen Schrift von der alphabetischen Schrift unterscheiden. Das zeigt sich auf der kognitiven Ebene, bei der der phonologische Aspekt in alphabetischen Schriften im Vordergrund steht, während in der chinesischen Schrift der morphologische Aspekt zentral erscheint. Bezüglich des reinen Benennens von Piktogrammen, außerhalb von RAN, konnten Trauzettel-Klosinski et al. (2002) zeigen, dass eine weitgehende Überschneidung der Benennungszeiten zwischen Kindern mit und ohne Legasthenie vorliegt. Dies wurde im Rahmen zweier separater Verarbeitungswege von Piktogrammen und alphabetischen Wörtern interpretiert. Zum einen, bei den Piktogrammen, den visuell-eidetischen Prozess, bei dem es sich um eine

ganzheitliche (holistische) Erkennung der Stimuli handelt (Trauzettel-Klosinski et al., 2002). Zum anderen, beim Benennen von alphabetischen Wörtern einen phonetisch-analytischen Prozess, bei dem die phonologische Verarbeitung im Vordergrund steht (Trauzettel-Klosinski et al., 2002). Andere Studien konnten mithilfe von artifiziellen Schriften zeigen, dass unterschiedliche neuronale Netzwerke aktiviert werden, je nach Herangehensweise an die Schrift, d.h. ob sie als ganzes Wort oder als Graphem-zu-Phonem Umwandlung erlernt wird (Mei et al., 2015, Mei et al., 2013, Hirshorn et al., 2016, Hirshorn und Fiez, 2014).

In der vorliegenden Arbeit wurden Augenbewegungsparameter mittels Eye-Tracking zur Ermittlung der Leseleistung von Kindern mit und ohne Legasthenie beim Lesen deutscher Wörter und chinesischer Zeichen untersucht. Die Augenbewegungsparameter bezogen sich auf die Anzahl an Sakkaden, Regressionen, und Fixationen, sowie die Fixationszeiten und Artikulationslatenzen.

Diese Erkenntnisse führten zu folgenden Hypothesen:

1) Kinder mit Legasthenie zeigen verlängerte Artikulationslatenzen und Fixationszeiten sowie mehr Fixationen beim Lesen alphabetischer Wörter.

2) Kinder mit und ohne Legasthenie unterscheiden sich nicht beim Benennen von Piktogrammen gemessen an den Augenbewegungsparametern.

3) Kinder mit und ohne Legasthenie unterscheiden sich nicht beim Erlernen chinesischer Zeichen, gemessen an den Augenbewegungsparametern.

4) Die visuelle Komplexität der chinesischen Zeichen hat Einfluss auf die Augenbewegungsparameter. Je komplexer ein Zeichen ist, desto höher die Artikulationslatenz, die Anzahl der Fixationen und desto länger die Fixationszeit.

5) Kinder mit Legasthenie, sowie deren Eltern, berichten von einer geringeren Lebensqualität, verglichen mit der jeweiligen Kontrollgruppe.

2 Methodik

2.1 Übersicht

Diese Studie ist Teil einer mehrgliedrigen Arbeit. Neben der hier vorliegenden Untersuchung mithilfe des Eye Trackers (ET) wurden weitere Augenbewegungs-Untersuchungen mit dem Scanning Laser Ophthalmoskop (SLO) durchgeführt. Die Datenerhebung dieser Studie erfolgte im Zeitraum von Oktober 2018 bis November 2019 im Rahmen der klinischen Studie „Erfassung und Förderung visueller Fähigkeiten bei deutschsprachigen Kindern mit und ohne Legasthenie durch Erlernen chinesischer Schriftzeichen. Visuelle Verarbeitung und pädagogische Anwendung."

Finanziell wurde diese Studie durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft über die Exzellenzinitiative der Universität Tübingen unterstützt. Des Weiteren wurde die Arbeit durch die Tistou & Charlotte Kerstan Stiftung, die Heidehof Stiftung, die Werner Kossmann Stiftung für Lebenshilfe und durch die Carl und Marisa Hahn-Stiftung gefördert.

Die vorliegende Studie wurde nach den Richtlinien von Helsinki (World Medical Association, 2013) erstellt und von der Ethikkommission der Medizinischen Fakultät der Universität Tübingen genehmigt (Nr.: 497/2018B01). Die Registrierung im Deutschen Register Klinischer Studien erfolgte am 11.10.2018 unter der Nummer DRKS00015697.

Eine schriftliche Einverständniserklärung wurde von den Kindern und deren Eltern eingeholt.

2.2 Studiendesign

Methodisch handelt es sich bei dieser Studie um eine prospektive Gruppenvergleichsstudie. Hierbei wurde untersucht, ob Unterschiede zwischen Kindern mit und ohne Legasthenie beim Lesen chinesischer Zeichen vorliegen. Die Kinder, mit deutscher Muttersprache, gingen zum Zeitpunkt der Untersuchung in die vierte oder fünfte Klasse und kamen aus dem Großraum Tübingen. Im Anschluss an die Voruntersuchung wurde mit den Kindern ein Prätest (T1) durchgeführt. Daraufhin erfolgte ein achttägiger Chinesisch-Unterricht á 3

Stunden täglich. Möglichst zeitnah wurde im Anschluss ein Posttest (T2) durchgeführt. Die Blickbewegungen wurden mit einem Infrarot-Eyetracker zu den Zeitpunkten T1 und T2 aufgenommen. Eine graphische Darstellung des Studienverlaufs ist in Abbildung 2 ersichtlich.

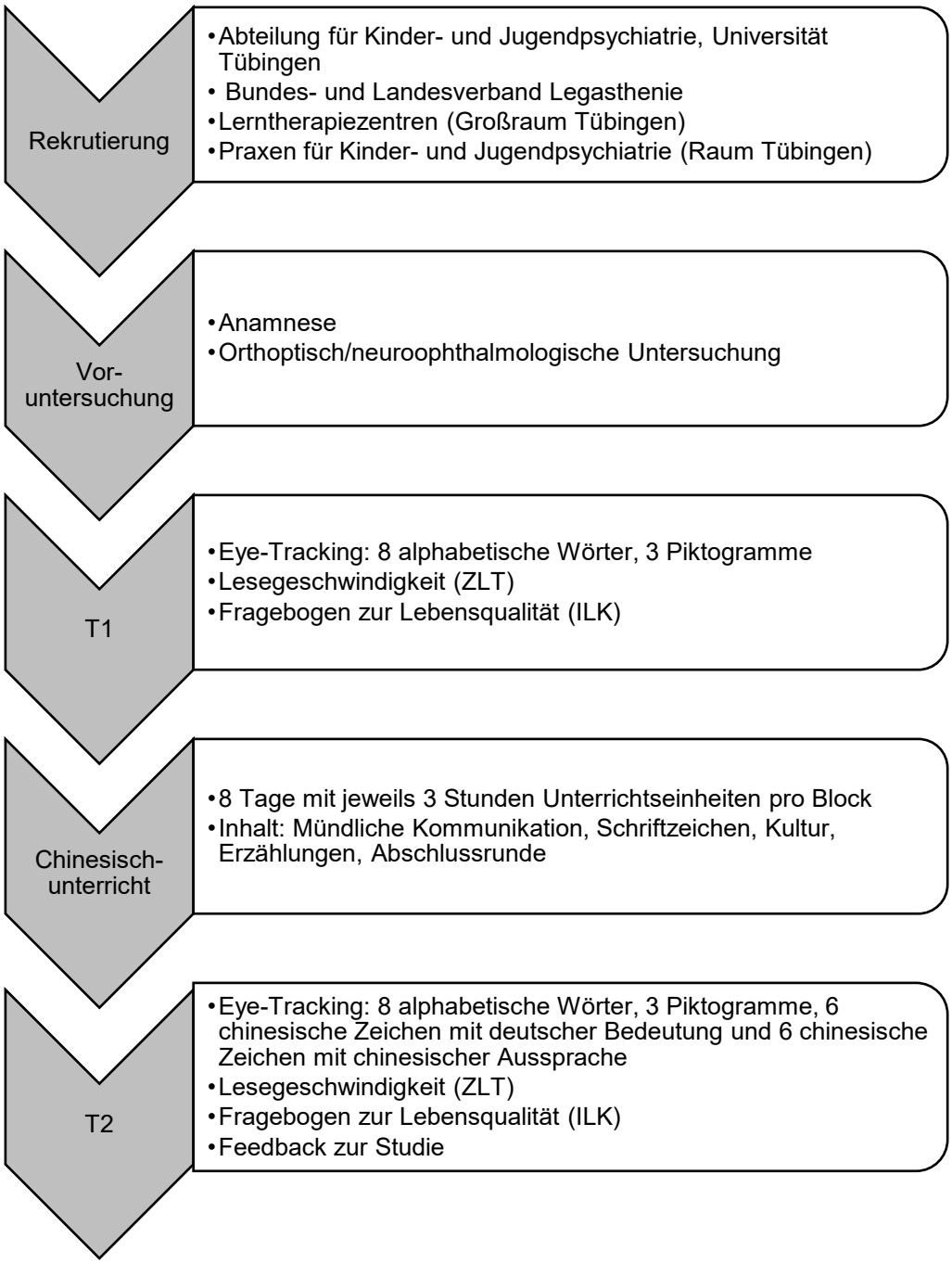


Abbildung 2: Studienverlauf

2.3 Rekrutierung

Die Rekrutierung fand im Zeitraum von Mai bis Dezember 2018 statt. Über die Abteilung für Kinder- und Jugendpsychiatrie der Universität Tübingen konnte der Großteil der Kinder mit Legasthenie rekrutiert werden. Zudem wurde Kontakt zum Bundes- und Landesverband Legasthenie hergestellt, um auf die Studie mittels Newsletter aufmerksam zu machen. Außerdem wurde über den E-Mail-Verteiler der Universität Tübingen zur Studienteilnahme aufgerufen und Lerntherapiezentren im Großraum Tübingen einbezogen, sowie Praxen für Kinder- und Jugendpsychiatrie in der Umgebung kontaktiert. Des Weiteren wurden zwei Vortragsabende in der Augenklinik zur Informationsvermittlung bezüglich der Studie angeboten. 409 Kinder mit Legasthenie wurden auf deren Eignung zur Teilnahme an der Studie gescreent, wobei 298 dieser Kinder die Einschlusskriterien aufgrund weiterer Defizite oder Komorbiditäten, wie zum Beispiel ADHS, nicht vollständig erfüllten. Von den 111 kontaktierten Personen konnten 28 rekrutiert werden. 5 Kinder mit Legasthenie kamen nicht zur Untersuchung, wodurch eine Gesamtzahl von 23 Kindern mit Legasthenie an der Studie teilnahmen. 5 dieser Kinder besuchten den Chinesisch-Unterricht weniger als 6 von 8 Unterrichtsstunden. Dadurch wurden in die Analysen letztendlich 18 Kinder mit Legasthenie eingeschlossen (14 Jungen, 4 Mädchen, Durchschnittsalter 10 Jahre, 2,5 Monate, SD 11 Monate).

Zur Rekrutierung der Kinder ohne Legasthenie wurden Rektoren von Schulen in Tübingen kontaktiert, die die Informationen den Eltern übermittelten. Insgesamt konnten 22 Kontrollkinder rekrutiert werden, die an der Studie teilnahmen und deren Daten im Anschluss analysiert wurden (10 Jungen, 12 Mädchen, Durchschnittsalter 10 Jahre, 2 Monate, SD 9 Monate).

2.4 Beschreibung der Studienkohorten

Dem Studiendesign entsprechend wurden die Kinder in zwei Gruppen aufgeteilt:

Experimentalgruppe, im Folgenden genannt LRS-Gruppe: Das Hauptkriterium war eine diagnostizierte Legasthenie (ICD-10 F81.0). Da eine Legasthenie erst ab Ende der zweiten Klasse (Schulte-Körne und Remschmidt, 2003)

bzw. in der dritten Klasse verlässlich erkannt und diagnostiziert wird (Plume und Warnke, 2007, Norton et al., 2014), wurden Kinder aus der vierten und fünften Klasse im Alter von 9 bis 11 Jahren in die Studie eingeschlossen. Die Diagnose der Legasthenie musste mittels eines standardisierten Lese- und Rechtschreibtests in Übereinstimmung mit der S3 Leitlinie "Diagnostik und Behandlung bei der Lese- und/oder Rechtschreibstörung" erfolgen (Deutsche Gesellschaft für Kinder und Jugendpsychiatrie, 2015).

Kontrollgruppe (K): Das Hauptkriterium für diese Gruppe war eine Lese- und Rechtschreibfähigkeit, die der Klasse und dem Alter entsprach. Um Störfaktoren zu minimieren, wurden ausschließlich Kinder in den entsprechenden Klassen und der korrespondierenden Altersspanne eingeschlossen.

2.5 Ein- und Ausschlusskriterien

Einschlusskriterien:

- Kinder mit Legasthenie (diagnostiziert durch standardisierte Testverfahren) und ohne Legasthenie in der 4. und 5. Klasse
- Alter zwischen 9 und 11 Jahren
- Muttersprache Deutsch

Ausschlusskriterien:

- beeinträchtigte Lesefähigkeit anderen Ursprungs (keine Legasthenie)
- Komorbiditäten wie Aufmerksamkeitsdefizit-/ Hyperaktivitätsstörung (ADS/ADHS) oder emotionale Störungen
- Augenerkrankungen (außer korrigierte Refraktionsanomalie)

Die Diagnose der Legasthenie erfolgte durch Kinder- und Jugendpsychiater nach den aktuellen Leitlinien der Deutschen Gesellschaft für Kinder- und Jugendpsychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie (Galuschka und Schulte-Körne, 2016). Dies beinhaltet einen Intelligenztest, sowie einen Lese- und Rechtschreibtest.

2.6 Baseline-Daten

Vier Kinder (3 Kinder mit Legasthenie, ein Kontrollkind) wurden in einer Pilotstudie untersucht und im Anschluss in die Hauptstudie aufgenommen, da die Aufgaben weitgehend dieselben waren. Der Unterschied lag darin, dass ein unterschiedliches Set an chinesischen Zeichen gezeigt wurde (5 der 6 Zeichen unterscheiden sich zur Hauptstudie). Zudem sollte in der Pilotstudie das jeweilige chinesische Zeichen sowohl auf Deutsch, als auch im Anschluss daran auf Chinesisch ausgesprochen werden. In der Hauptstudie (15 Kinder mit Legasthenie, 21 Kontrollen) wurde diese Aufgabe aufgeteilt. Im ersten Set von 6 chinesischen Zeichen sollte die deutsche Bedeutung des Zeichens genannt werden, im zweiten Set mit 6 Zeichen sollte dann die chinesische Aussprache erfolgen. Dadurch konnten zum einen mehr chinesischen Zeichen untersucht werden und zum anderen die beiden Aufgaben (deutsche Bedeutung vs. chinesische Aussprache) separat untersucht werden. Eine Übersicht über die klinischen Daten der einzelnen Kinder befindet sich in Tabelle 1.

2.7 Voruntersuchung

Die Voruntersuchung gliederte sich in drei Teile. Zu Beginn wurden die Probanden und deren Erziehungsberechtigte anamnestisch befragt. Thematisiert wurden aktuelle Beschwerden, schulische Leistungen und Vorlieben, sowie die außerschulische soziale Situation.

Im Anschluss daran gab es eine orthoptische bzw. neuroophthalmologische Untersuchung (Untersuchung der Augenstellung, Motilität, Konvergenz der Augen, Stereosehen, Folgebewegungen, Sakkaden, Augendominanz, Pupillenreaktion, Fern- und Nahvisus, Akkommodation, Refraktion, Strabismus, Crowding Phänomen (Visusdifferenz zwischen einzelnen Optotypen und gruppierten Optotypen anhand von Landoltringen), Augenmorphologie des vorderen Augenabschnitts und des Augenhintergrunds).

Gruppe	ID	Alter [Jahre]	Geschlecht	ZLT [Wörter pro Minute]	Lese-fehler	VA	VA Crowding	Crowding Differenz [log]	Klasse
Legasthenie-gruppe	1	10,4	W	73,3	12	1,40	1,00	2	5
	2	9,7	M	50	8	1,40	1,25	1	4
	3	11,3	M	54	8	1,40	1,00	2	5
	4	10,8	M	78	1	1,40	1,20	1	5
	5	10,1	M	71	9	1,25			4
	6	12,6	M	61	4	1,40	0,90	2,25	6
	7	10,1	W	39	2	1,40	1,40	0	4
	8	11	M	118,5	2	1,40	1,00	2	5
	9	10,9	M	21,4	26	1,40	1,00	2	5
	10	9,4	W	45,8	2	1,40	0,90	2,25	4
	11	11,2	M	56	0	1,25	0,70	2,5	5
	12	11,9	M	25	20	1,40	0,90	2,25	5
	13	11,5	M	107	8	1,40	0,90	2,25	5
	14	9,6	M	57	2	1,25	1,00	1	4
	15	10,1	M	79	4	1,40	1,00	2	4
	16	9,7	M	58	3	1,40	1,00	2	4
	17	10,1	W	44	3	1,25	0,90	1,25	4
	18	9,3	M	90,7	4	1,40	1,00	2	4
Kontroll-gruppe	19	9,2	M	111	0	1,40	1,00	2	4
	20	10,6	M	136	0	1,40	1,40	0	5
	21	9	W	63,5	0	1,25	1,00	1	4
	22	11,5	W	141	0	1,40	1,00	2	5
	23	10,2	W	123,8	0	1,40	1,00	2	5
	24	10,9	M	149	0	1,40	1,25	1	5
	25	10,2	M	106	0	1,40	1,40	0	4
	26	10,2	M	116	0	1,40	1,00	2	4
	27	11	W	105	0	1,40	1,25	1	5
	28	11	W	132,6	0	1,40	1,00	2	5
	29	9,4	W	119	0	1,00	0,60	2	4
	30	9,6	M	110	0	1,40	1,00	2	4
	31	9,9	M	136	0	1,40	1,40	0	4
	32	9,9	W	138	0	1,40	1,25	1	4
	33	11,6	W	139	0	1,40	1,40	0	5
	34	10,4	M	141	0	1,40	1,00	2	4
	35	9,6	W	111,3	0	1,40	1,40	0	4
	36	10,1	M	132	0	1,00	0,80	1	4
	37	10,7	W	150	0	1,00	0,80	1	5
	38	11,1	W	118	0	1,25	0,90	1,25	5
	39	10,8	W	163	0	1,40	1,40	0	5
	40	9,4	M	123,8	0	1,40	1,25	1	4

Tabelle 1: Baseline-Daten der einzelnen Kinder.
ID = Identifikationsnummer, ZLT = Zürcher Lesetest (Durchschnitt aus T1 und T2), VA = Seh-schärfe. Kontrollgruppe, LRS = LRS-Gruppe, m = männlich, w = weiblich

2.8 Lesegeschwindigkeit

Die Lesegeschwindigkeit in Wörtern pro Minute (wpm) wurde anhand des Zürcher Lesetests II (ZLT II) zu T1 und T2 ermittelt. Es handelt sich hierbei um einen standardisierten Lesetest für die Klassen 2 bis 6. In dieser Studie wurde ein Lesetest der 4. und 5. Klasse vorgelegt, den die Kinder zügig und möglichst korrekt lesen sollten. Lesefehler wurden bei der Berechnung der

Lesegeschwindigkeit durch Abzug der falsch oder nicht gelesenen Wörter an der Gesamtzahl der Wörter berücksichtigt:

$$wpm = \frac{Lesezeit}{Summe\ der\ korrekt\ gelesenen\ Wörter} \times 60$$

Daraufhin fiel die Entscheidung, ob das Kind die Einschlusskriterien erfüllte. Mit solcher wurde der Unterrichtszeitraum, sowie der Kontrolltermin festgelegt.

2.9 Stimuli

Den Kindern wurden im Abstand von 25 cm vor einem Bildschirm verschiedene Stimuli gezeigt. Zwischen den einzelnen Stimuli wurde jeweils ein Fixationskreuz (Größe 0,8°) in der Mitte gezeigt, das die Kinder fixieren sollten. Der jeweilige Stimulus erschien 5°rechts neben dem Kreuz, um eine eindeutige Einsprung-Sakkade in den Eyetracking Aufzeichnungen zu erhalten. Die jeweiligen Stimuli sind im Anhang aufgelistet.

2.9.1 Alphabetische Wörter

Sowohl beim Prä-, als auch beim Posttest, wurden Wörter präsentiert, die das jeweilige Kind bei Erscheinen vorlesen sollte. Die Schriftgröße bei Wörtern betrug 14 pt, Times New Roman Ein „n“ war demnach 0,5° breit und hoch. Basierend auf einer früheren Studie von Dürrwächter et al. (2010), wurden häufige und seltene, sowie kurze und lange Wörter eingeschlossen, also Wörter von unterschiedlichem phonologischen Schwierigkeitsgrad. Wörter mit einer Buchstabenanzahl zwischen 4 bis 5 galten als kurze Wörter, wohingegen lange Wörter aus 7 bis 12 Buchstaben bestanden (MacKeben et al., 2004). Die Häufigkeit orientiert sich an dem Häufigkeitswörterbuch von Pregel und Rickheit (1987). Es wurden jeweils zwei häufige kurze Wörter, zwei seltene kurze Wörter, zwei häufige lange Wörter und zwei seltene lange Wörter gezeigt.

2.9.2 Piktogramme

Zu beiden Untersuchungszeitpunkten wurden jeweils drei Bilder von Objekten, im Folgenden Piktogramme genannt, präsentiert. Die Hauptkriterien für

die Auswahl der Piktogramme war eine leichte Erkennbarkeit und eine, dem Alter entsprechende, Vertrautheit mit den abgebildeten Objekten. Als korrekt galten hierbei auch Überbegriffe, beispielsweise der Begriff „Fisch“ bei dem Piktogramm „Hai“. Aufgrund der geringen Anzahl an Piktogrammen, jeweils drei zu T1 und T2, wurden diese in den Analysen zusammengeführt und ausgewertet. Genauere Analysen bezüglich dem Benennen von Piktogrammen erfolgte bereits in einer früheren Studie unter denselben Bedingungen (Trauzettel-Klosinski et al., 2002). Die Größe der Piktogramme war angepasst an die Größe der chinesischen Zeichen (zwischen 1,8° und 4,4°).

2.9.3 Chinesische Schriftzeichen

Insgesamt wurden 12 chinesische Einzelzeichen gezeigt. Diese wurden in zwei Sets unterteilt. Beim ersten Set aus 6 chinesischen Zeichen (D1-6) sollte die Bedeutung des Zeichens auf Deutsch genannt werden. Die Aufgabenstellung des zweiten Sets (C1-6) lautete, die Zeichen auf Chinesisch zu benennen. Die chinesischen Zeichen unterschieden sich in ihrer visuellen Komplexität. Zum einen wurde hierbei die Pixelzahl basierend auf dem Chinese Lexical Database von Sun et al. (2018) verwendet (niedrige Komplexität: 1000-2999 Pixel, mittlere Komplexität: 3000-3999 Pixel, hohe Komplexität: 4000-4999 Pixel). Zum anderen wurde die Anzahl der Striche der jeweiligen Zeichen ermittelt und als Maß der Komplexität herangezogen (s. Tabelle 2). Die chinesischen Zeichen sowie der chinesische Satz wurden mit einer Schriftgröße von 26 pt (1,8° in Höhe und Breite), Schriftart SimHei, präsentiert. Die Größe der Schrift, sowie deren Schriftart, wurde in Rücksprache mit dem China Centrum Tübingen (CCT) und der Abteilung für Quantitative Linguistik der neuphilologischen Fakultät Tübingen festgelegt. Um die Schriftgröße zu ermitteln, wurden unter anderem Versuche am Bildschirm mit Personen durchgeführt, die Chinesisch als Muttersprache beherrschten oder erlernt hatten. Dabei wurde geschaut, welche kleinstmögliche Schriftgröße noch gut lesbar war. Zusätzlich wurde aus pädagogischer Sicht darauf geachtet, dass die Zeichen klar erkennbar waren. Es wurden zwei Sets mit je 6 chinesischen Einzelzeichen gezeigt. Das erste Set bestand aus sechs chinesischen Zeichen mit der Aufgabenstellung, die deutsche

Bedeutung des Wortes zu nennen (D1-D6). Das zweite Set von sechs chinesischen Zeichen sollte direkt auf Chinesisch ausgesprochen werden (C1-C6).

Zeichen	Chinesisch	Aussprache	Übersetzung	Anzahl der Pixel	Anzahl der Striche
D1	人	Deutsch	Mensch	1725	2
D2	木	Deutsch	Baum	2674	4
D3	龙	Deutsch	Drache	3256	5
D4	她	Deutsch	Sie	3876	6
D5	属	Deutsch	Zugehören	4563	12
D6	鼠	Deutsch	Ratte	4132	13
C1	大	Chinesisch	Groß	2364	3
C2	石	Chinesisch	Stein	2981	5
C3	我	Chinesisch	Ich	3669	7
C4	虎	Chinesisch	Tiger	3675	8
C5	猫	Chinesisch	Katze	4344	11
C6	猪	Chinesisch	Schwein	4382	11

Tabelle 2: Komplexität chinesischer Zeichen.
Angaben von Pixel- und Strichzahl der zum Zeitpunkt T2 verwendeten chinesischen Zeichen.

2.10 Chinesisch-Unterricht

Das didaktische Konzept sowie die verwendeten Lehrmaterialien wurden am China-Zentrum der Universität Tübingen durch Frau Vera Schick (Wissenschaftliche Mitarbeiterin AOI/ Leiterin der Wissenschaftlichen Programme des Erich-Paulun-Instituts am CCT) konzipiert. Der Chinesisch-Unterricht erstreckte sich über acht aufeinanderfolgende Tage, jeweils mit einer täglichen Unterrichtsdauer von drei Unterrichts-Stunden. Die Durchführung übernahm Frau Schick gemeinsam mit einem chinesischen Muttersprachler. Die Lerngruppen setzten sich aus Kindern mit und ohne Legasthenie zusammen, wobei die Lehrpersonen nicht über die Diagnose der Kinder informiert waren.

Bei der Auswahl der chinesischen Schriftzeichen wurde auf verschiedene Merkmale geachtet, darunter visuelle Komplexität, Bildhaftigkeit, Struktur und

Aufbau, Ähnlichkeiten bzw. Unterschiede zwischen Zeichen, inwiefern die Bedeutung den Kindern bekannt ist, sowie deren Einsetzbarkeit im Unterrichtskontext. Insgesamt wurden 37 Schriftzeichen erlernt, die Auswahl der Zeichen erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Fachbereich Linguistik.

Als thematischer Rahmen diente die Geschichte zur Entstehung der chinesischen Tierkreiszeichen, basierend auf dem Bilderbuch *„Das kaiserliche Wettrennen“* (Dargaw und Oleynikov, 2009). Anhand des explorativen Lernens wurden die Kinder an die Zeichen herangeführt. Die eigens für die Studie entwickelten Unterrichtsmaterialien förderten gezielt die visuelle Wahrnehmung und das Einprägen der Zeichen. Auch das Verstehen und die Anwendung der Sprache wurden geübt.

Zur Minimierung phonologischer Schwierigkeiten wurde im gesamten Kurs auf Buchstabenschrift verzichtet. Weder die chinesische Lautschrift Hanyu Pinyin noch eine alphabetische Darstellung der deutschen Bedeutungen kam zum Einsatz. Eine Aussprache galt als korrekt, wenn sie verständlich war und Anfangs- sowie Endlaute im Rahmen der sprachlichen Möglichkeiten annähernd stimmten. Bei schwierigeren Lauten, die im Deutschen nicht existieren, wurde Toleranz geübt. Die vier chinesischen Töne wurden nicht in die Auswertung einbezogen.

Zur Unterstützung des Lernens erhielten die Kinder eine eigens entwickelte Lern-App. Diese basierte rein auf einer bildhaften Darstellung der chinesischen Zeichen. Die korrekte Aussprache konnte durch Antippen des jeweiligen Zeichens angehört werden.

2.11 Fragebögen

2.11.1 Lebensqualität

Bei dieser Untersuchung wurde die Lebensqualität des Kindes und des jeweiligen Elternteils mithilfe des Inventars zur Erfassung der Lebensqualität bei Kindern und Jugendlichen (ILK) erfasst (Mattejat und Remschmidt, 2006). Dieser wurde zu T1 und T2 untersucht.

2.11.2 Feedback zum Training

Zudem wurde eine kurze Umfrage zu T2 durchgeführt mit folgenden Fragen:

1. Hat das chinesisch Lernen Spaß gemacht?

2. War es schwierig, sich an die Bedeutung des chinesischen Zeichens zu erinnern?

3. War es schwierig, das chinesische Wort zum Zeichen zu finden?

2.12 Messung der Augenbewegungen

Die Daten wurden mittels eines Eyetrackers bei T1 als auch bei T2 im Anschluss an die Voruntersuchungen erhoben. Im Folgenden werden das Eyetracking und die Kalibrierung näher erläutert.

2.12.1 Eyetracking

Für diese Studie wurde das Eyetracking Gerät (ET) „Jazz-novo Standard“ der Firma „Ober Consulting“ genutzt. Neben der Registrierung der horizontalen und vertikalen Blickbewegungen beinhaltet dieses Programm auch eine Tonaufzeichnung. Der “Jazz-novo Standard” ist an einen Computer angeschlossen, wodurch mithilfe des JazzRecorder, Version 3.19, die verschiedenen Parameter aufgezeichnet werden. Dieses Modell beinhaltet eine direkte Infrarot-Okulographie, die sich innerhalb des Cyclops ODS Sensors befindet. Der Sensor wird zwischen den Augen auf die Nase gesetzt und hat somit den Vorteil, dass das Gesichtsfeld des Probanden nicht eingeschränkt wird und auch Brillenträger an der Studie teilnehmen können. Der Cyclops ODS Sensor misst binokular, da die Augenbewegungen des rechten und linken Auges synchronisiert sind und somit die Messungen addiert und gemittelt werden können. Hierfür werden die inneren Augenwinkel des rechten sowie des linken Auges mit einem schwachen Infrarotlicht beleuchtet (ca. 2 mW/cm2 bei einer Distanz von 1 cm zwischen dem Sensor und der Augenoberfläche; die Sicherheitsgrenze beträgt 10 mW/cm2). Die Reflexion des Infrarotlichts gibt Aufschluss über die Positionsänderung der Augen. Der Eye-Tracker hat eine Signalverarbeitung von 1000 Hz und eine räumliche Auflösung von 0,1°.

2.12.2 ET-Kalibrierung

Zur Kalibrierung dient eine Präsentationsfolie mit vier Kreuzmarkierungen, die im Rechteck angeordnet ist. Jedes Kind wurde anfangs aufgefordert,

beim jeweiligen Kommando auf das entsprechende Kreuz zu schauen (s. Abbildung 3). Angefangen wurde mit der Aufforderung, das Kreuz links unten zu fixieren gefolgt von links oben, rechts oben und rechts unten. Dies wurde mindestens dreimal wiederholt und jedes Kreuz wurde für circa drei Sekunden fixiert. Für die Berechnung des Sehwinkels werden die Objektgröße (S), d.h, die vertikalen und horizontalen Abstände der Kreuze und die Distanz des Probanden zum Bildschirm (D) benötigt. Der Sehwinkel wird dann wie folgt berechnet:

$$\alpha = 2\tan^{-1}\frac{0{,}5 \times S}{D}$$

Die horizontalen Abstände der Kreuze betrugen S(x) = 218 mm, die vertikalen Kreuze S(y) = 144 mm. Eine Entfernung von 250 mm zwischen Bildschirm und Proband wurde festgelegt. Dadurch ergibt sich für die Horizontale umgerechnet einen Sehwinkel von α(x) = 47.114° und entsprechend für die Vertikale α(y)=32.133°. Die Daten wurden mithilfe der Software JazzManager, Version 3.12, ausgewertet. Die Aufzeichnungen der Blickfolgen ergaben folgende Kurven (s. Abbildung 4). Dadurch errechnete sich für jeden Probanden ein individueller Kalibrierungsfaktor.



Abbildung 3: Kalibrierung.
Das Kind wurde hierbei aufgefordert, auf das jeweilige Kreuz unten links, dann oben links, oben rechts, unten rechts und wieder unten links zu fokussieren (drei Runden)

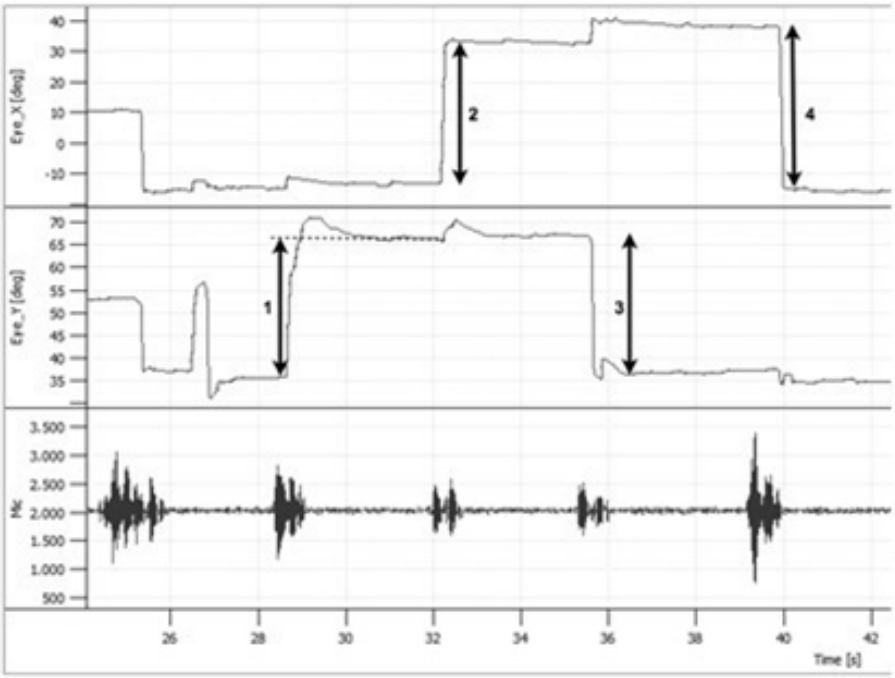


Abbildung 4: Beispiel Eye-Tracking Aufzeichnung.
1 Blick von links unten nach links oben; 2 Blick von links oben nach rechts oben; 3 Blick von rechts oben nach rechts unten; 4 Blick von rechts unten nach links unten

2.13 Augenbewegungsparameter

Für die automatische Auswertung wurden vom Hersteller des Eye Trackers folgende Definitionen verwendet:

Artikulationslatenz: Als Artikulationslatenz wurde die Zeit zwischen der ersten Fixation und dem Beginn der Aussprache definiert und diente als Parameter für die Benennungsgeschwindigkeit. Im Fall, dass der Proband den Stimulus falsch benannte, wurde die Latenz zwischen der Darbietung bis zur korrigierten Aussprache des Stimulus gemessen. Obwohl die Erfassung der Artikulationslatenz ohne Augenbewegungsmessung möglich wäre, wird sie hier im Rahmen der Augenbewegungsregistrierung erfasst

Fixation: Die Fixation wurde definiert als Zeit zwischen zwei Sakkaden mit einer Dauer von mindestens 100 ms. Die Anzahl der Fixationen diente als Anhalt zur Einschätzung der individuellen Schwierigkeit bei der jeweiligen Aufgabe.

Fixationszeit: Die mittlere Fixationszeit diente als Maß zur Informationserfassung und wurde folgendermaßen berechnet:

$$Fixationszeit = \frac{Artikulationslatenz}{Anzahl\ der\ Fixationen}$$

Sakkade: Als Sakkade wurde eine Blickbewegung um ≥0.5° beschrieben, die im Anschluss an eine Fixation von mindestens 100 ms erfolgte. Dies entspricht der Höhe und Breite eines „n“ auf dem Bildschirm von 2 mm bei einer Distanz von 250 mm. Die Dauer betrug ≥20 ms. Des Weiteren wurde eine initiale Geschwindigkeit von 20 deg/s und eine minimale Spitzengeschwindigkeit von 75 deg/s festgelegt. Mit 1000 deg/s2 wurde die minimale Beschleunigung einer Sakkade bestimmt. Sakkaden >5° wurden in den Ergebnissen separat berechnet.

Eingeschlossen wurden Sakkaden, die vor der Aussprache sowohl anfingen als auch endeten. Die erste Sakkade, vom Fixationskeuz hin zum Wort oder Zeichen, wurde nicht in die Anzahl der Sakkaden aufgenommen, da es sich hier um die Einsprung-Sakkade handelt, die noch nicht während der Stimulusverarbeitung erfolgt.

Horizontale Sakkade (H-Sakkade): der horizontale Vektor ist größer als der vertikale Vektor. Lediglich bei den alphabetischen Wörtern wurden Vorwärtssakkaden (F-Sakkaden) und Regressionen (R-Sakkaden) unterschieden.

Vertikale Sakkade (V-Sakkade): der vertikale Vektor ist größer als der horizontale Vektor einer Sakkade. Es wurde keine Unterscheidung zwischen Auf- und Abwärtssakkaden vorgenommen.

Ausgeschlossen wurden Sakkaden, die erst nach der Aussprache des Stimulus endeten. Auch Sakkaden, die nicht im Zusammenhang mit dem Stimulus standen, d.h. die über den Stimulus hinausgingen, wurden separat ausgewertet. Der cut-off Wert lag bei 5°, darüber hinaus finden die Sakkaden mit hoher Wahrscheinlichkeit außerhalb des Stimulus statt.

Zusätzlich wurde die Fehlerrate der chinesischen Zeichen für jedes Kind ermittelt und innerhalb der Gruppe analysiert. Die Fehlerrate ergibt sich aus der Anzahl der Fehler geteilt durch die Anzahl aller Zeichen. Diese wurde für die Aufgaben CD und CC ermittelt.

2.14 Fragebogen zur Lebensqualität

Die Einschätzung der Lebensqualität bei Kindern mit und ohne Legasthenie erfolgte anhand des „Inventars zur Erfassung der Lebensqualität bei Kindern und Jugendlichen“ (ILK) (Mattejat und Remschmidt, 2006). Dieser erfasst die Bereiche Schule, Familie, Kontakte zu Gleichaltrigen, Freizeitgestaltung sowie körperliche und psychische Gesundheit und eine Gesamteinschätzung der Lebensqualität. Es gibt jeweils fünf mögliche Antworten zu jedem Bereich, variierend von sehr schlecht bis sehr gut. Entsprechend erfolgte die Einschätzung der Lebensqualität bei Kindern mithilfe einer visuellen Skala anhand von „Smileys.“ Die Daten wurden für Eltern und Kinder separat erhoben.

Die Auswertung der Daten erfolgte auf zwei Arten, dem Problemscore ($PR_{0\text{-}7}$) und dem Lebensqualitätsscore ($LQ_{0\text{-}28}$). Der Problemscore gibt einen Anhalt dafür, wie problembehaftet die abgefragten Bereiche im Leben des Kindes sind. Die Fragen werden dichotomisiert ausgewertet. Es wird zwischen einem unauffälligen Problemscore und einem auffälligen Problemscore unterschieden. Die Werte orientieren sich an einer Normierungsstichprobe. Der Problemscore kann somit Werte zwischen null und sieben beinhalten, je höher der Wert, desto ungünstiger das Ergebnis. Der Lebensqualitätsscore dient als Maß der subjektiven Lebensqualität über dieselben Bereiche. Dieser errechnet sich durch die Addition der absoluten Werte in den einzelnen Bereichen, wodurch maximal ein Wert von 35 erhoben werden kann ($PR_{0\text{-}35}$). Im weiteren Verlauf wird dieser Wert umgerechnet zum Lebensqualitätsscore $LQ_{0\text{-}28}$:

$$LQ_{0-28} = ABSOLUT(PR_{0-35} - 35)$$

Je höher der Wert, desto höher die eingeschätzte Lebensqualität. Teile dieser Ergebnisse wurden bereits in Kuester-Gruber et al. (2023) veröffentlicht.

2.15 Statistik

Die statistischen Analysen wurden mithilfe der Statistiksoftware „Statistical Package for Social Sciences“ (SPSS) für MS Windows, Versionen 25, 27 und 30 durchgeführt.

Deskriptive Daten wurden mittels absoluter und relativer Häufigkeitsverteilung ermittelt. Zur Analyse der Altersverteilung der Stichprobe wurde ein T-Test

durchgeführt. Die Verteilung der Geschlechter sowie der Klassenstufen wurde mittels Chi-Quadrat-Test auf signifikante Unterschiede überprüft. Bei gegebener Normalverteilung der Lesegeschwindigkeit im Zürcher Lesetest erfolgte eine statistische Prüfung mittels T-Test.

Zur Überprüfung der Anwendbarkeit parametrischer Tests wurden die Daten auf deren Normalverteilung mithilfe des Shapiro-Wilk-Tests und graphischer Q-Q Plots getestet, da in dieser Studie eine kleinere Stichprobe vorliegt ($n<100$). Die Daten zur Lesegeschwindigkeit waren normalverteilt, weshalb parametrische Methoden zur Analyse hierfür verwendet wurden. Die Mittelwerte wurden mit der jeweiligen Standardabweichung (SD) angegeben. Da bei den restlichen Daten überwiegend keine Normalverteilung vorlag, wurden die Daten einheitlich mittels nicht-parametrischer Tests analysiert. Hierbei wurde der Mann-Whitney U Test zur Analyse von Unterschieden zwischen den Gruppen verwendet, während zur Analyse innerhalb einer Gruppe der Wilcoxon Signed Rank Test herangezogen wurde. Bei den deskriptiven Daten wurde der Median und der Interquartilbereich angegeben.

Als Signifikanzniveau wurde wie üblich $\alpha = 0.05$ festgelegt. Bei den alphabetischen Wörtern und den Piktogrammen wurde für jedes Kind und Aufgabe der Median ermittelt. Bei den chinesischen Zeichen wurden lediglich die Daten miteinbezogen, bei denen das Kind mindestens 3 von 6 Zeichen korrekt benannt hatte. Bei Zeichen, die nicht benannt werden konnten, war die Ermittlung der Artikulationslatenz, Fixationszeiten und Anzahl der Sakkaden und Fixationen nicht möglich. Aufgrund der geringen Anzahl an Piktogrammen zu den Testzeitpunkten wurden die Daten von T1 und T2 beim Vergleich mit den chinesischen Zeichen zusammengeführt und gemeinsam analysiert.

Zur Testung auf das Vorliegen einer Korrelation wurde bei Normalverteilung der Pearson Korrelationskoeffizient berechnet, ansonsten die Korrelation mittels Spearman Rho analysiert.

Der ILK Fragebogen PR0-7 bestand aus den Kategorien ‚unauffällig' und ‚auffällig.' Zur Ermittlung der statistischen Unterschiede zwischen den Zeitpunkten innerhalb einer Gruppe wurde der McNemar's Test durchgeführt. Gruppenunterschiede wurden mit dem Mann-Whitney-U Test analysiert.

Der ILK Fragebogen LQ0-28 bestand aus den Kategorien ‚durchschnittlich,' ‚unterdurchschnittlich' und ‚überdurchschnittlich.' Zur Analyse der zeitlichen Unterschiede in einer Gruppe wurde der Chi-Quadrat Test verwendet, bzw. bei n<20 der Exakte Fisher Test. Gruppenunterschiede wurden auch hier mittels des Mann-Whitney-U Tests analysiert.

3 Ergebnisse

Die Daten dieser Arbeit wurden von mir ausgewertet und teilweise in den Publikationen meiner Arbeitsgruppe veröffentlicht (Kuester-Gruber et al., 2023, Trauzettel-Klosinski et al., 2024). In der hier vorliegenden Arbeit lag der Fokus auf der Analyse der Daten der Augenbewegungsregistrierung mit dem Infrarot-Eye Tracker. In den o.g. Publikationen wurden zusätzliche Daten zu Augenbewegungsmessungen mit einem Scanning Laser Ophthalmoskop eingeschlossen, um die Anzahl der Stimuli zu erhöhen, wodurch es zu geringen Abweichungen der Ergebnisse kam. Im Rahmen der Diskussion werden die Abweichungen nochmals eingehend beleuchtet.

Im Folgenden werden die Ergebnisse der verschiedenen Aufgaben dargestellt und verglichen. Eine Ergebnisübersicht findet sich in Tabelle 6.

3.1 Beschreibung des Studienkollektivs

In Tabelle 3 ist eine Übersicht des Studienkollektivs dargestellt. In der Alterskategorie lagen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen vor (T Test: t (38) = -1,16, p = 0,348, Cohen's d= 1,75). Dasselbe galt für die Verteilung der Klassenstufen über beide Gruppen hinweg (Chi-Quadrat Test: X^2 (2) = 1,26, p = 0,532).

Klinische Daten der Studienkohorte

		Gruppe		
		K	LRS	Signifikanz
Alter	Mittelwert (SD)	10,29 (0,73)	10,53 (0,91)	p = 0,348 (T-Test)
	95% KI	9,96 - 10,61	10,08 - 10,99	
Geschlecht	männlich	10	14	p = 0,038 (Chi-Quadrat)
	weiblich	12	4	
Klassenstufe	Klasse 4	12	9	p = 0,532 (Chi-Quadrat)
	Klasse 5	10	8	
	Klasse 6	0	1	
Zürcher Lesetest: Lesegeschwindigkeit in Wörtern pro Minute	T1 Mittelwert (SD)	125,68 (20,91)	62,70 (25,67)	p < 0,001 (T-Test)
	T2 Mittelwert (SD)	129,71 (25,77)	64,46 (28,90)	p < 0,001 (T-Test)

Tabelle 3: Beschreibung des Studienkollektivs.
K = Kontrollgruppe, LRS = LRS-Gruppe. 95% KI = 95% Konfidenzintervall

Dagegen wies die Geschlechterverteilung einen signifikanten Unterschied zwischen der Kontrollgruppe und der LRS-Gruppe auf (Chi-Quadrat Test: $X^2(1) = 4{,}31$, $p = 0{,}038$). Bei näherer Betrachtung der Daten waren deutlich mehr Jungen (n = 14) als Mädchen (n = 4) in der LRS-Gruppe vertreten, während die Verteilung innerhalb der Kontrollgruppe mit Jungen (n = 10) und Mädchen (n = 12) relativ ausgeglichen war.

3.2 Lesegeschwindigkeit

Die Lesegeschwindigkeit, ermittelt mithilfe des Zürcher Lesetests (ZLT), zeigte innerhalb beider Gruppen zu beiden Testzeitpunkten eine Normalverteilung (Shapiro-Wilk Test: $p > 0.05$). Graphisch sind die Ergebnisse in Abbildung 5 dargestellt. Die LRS-Gruppe las zum Zeitpunkt T1 signifikant weniger Wörter pro Minute, verglichen mit der Kontrollgruppe (T-Test: $t(38) = 8{,}56$, $p < 0{,}001$, Cohen's $d = 2{,}72$). Im Detail kamen die Kinder mit Legasthenie auf einen Mittelwert (SD) von 62,7 (25,7), und die Kontrollgruppe auf 125,7 (20,9) Wörter pro Minute. Ähnliche Ergebnisse erzielten die beiden Gruppen zum Testzeitpunkt T2 (LRS-Gruppe: 64,5 (28,9) Wörter pro Minute, Kontrollgruppe: 129,7 (25,8) Wörter pro Minute; T-Test: $t(38) = 7{,}55$, $p < 0{,}001$, Cohen's $d = 2{,}40$).

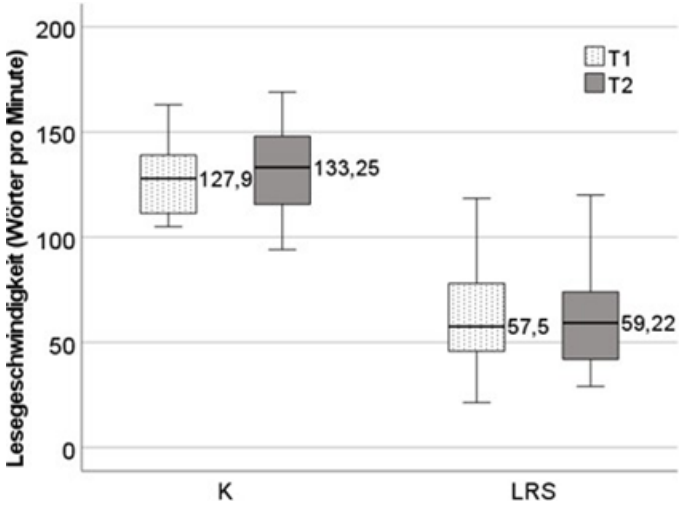


Abbildung 5: Lesegeschwindigkeit.
Angabe in Wörtern pro Minute (Median und IQR). K = Kontrollgruppe; LRS = LRS-Gruppe zu den Zeitpunkten T1 und T2

3.3 Crowding

Der Unterschied der Nahsehschärfe zwischen den Einzel-Optotypen und den Reihen-Optotypen war zwischen den Gruppen statistisch signifikant (Mann-Whitney-U Test: U=274,5, p = 0,012). Dieser betrug in der LRS-Gruppe 1,5 (IQR 1,2-1,9) log Visusstufen und in der Kontrollgruppe 1,0 (IQR 0,0-1,5) log Visustufe. Diese Gruppendifferenz von einer halben Zeile ist sehr wahrscheinlich klinisch nicht relevant. Es zeigten zwar mehr Kinder in der LRS-Gruppe einen Unterschied von ≥ 2 Zeilen (5 Kinder in der LRS-Gruppe, 1 Kind in der Kontrollgruppe), gleichzeitig war bei diesen Kindern jedoch kein abweichendes Verhalten in den Versuchen feststellbar (Kuester-Gruber et al., 2023).

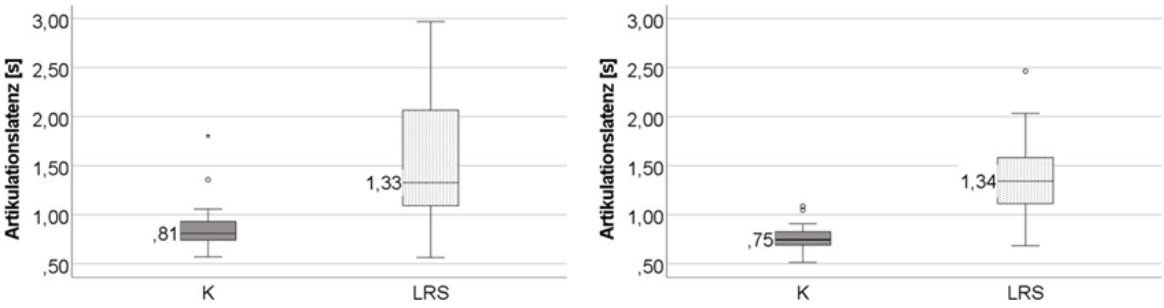
3.4 Alphabetische Wörter

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse beim Vorlesen alphabetischer, deutscher Wörter vorgestellt und analysiert. Es wurde der jeweilige Median über die gesamten 8 alphabetischen Wörtern für jeden Probanden ermittelt und analysiert. Die Werte werden im Folgenden als Median (IQR) angegeben.

3.4.1 Artikulationslatenz

In den vorliegenden Daten lag weder eine Normalverteilung in der T1-Untersuchung der Kontrollgruppe (Shapiro-Wilk Test: p < 0,001), noch in der T2-Untersuchung der LRS-Gruppe (Shapiro-Wilk Test: p = 0,009) vor.

Sowohl zum Zeitpunkt T1 (Mann-Whitney-U: U=332, p < 0,001) als auch bei T2 (Mann-Whitney-U Test: U=370, p < 0,001) fand sich bezügliche der Artikulationslatenz ein signifikanter Unterschied zwischen der Kontrollgruppe und der LRS-Gruppe (s. Abbildung 6). Die Reaktion auf den Stimulus erfolgte während T1 demnach deutlich langsamer in der LRS-Gruppe (1,33 (1,05-2,12) s) als in der Kontrollgruppe (0,81 (0,72-0,93) s). Ähnliche Ergebnisse waren zum Zeitpunkt T2 ersichtlich (Median (IQR) LRS-Gruppe 1,34 (1,09-1,69) s; Kontrollgruppe 0,75 (0,67-0,84) s). Es zeigte sich zusätzlich ein signifikanter Unterschied zwischen T1 und T2 in der Kontrollgruppe (Wilcoxon Test: z = -2,84; p=0,005), wobei eine längere Artikulationslatenz bei T1 feststellbar war. Bei der LRS-Gruppe hingegen bestand kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Zeitpunkten (Wilcoxon Test: z = -0,72; p = 0,472).



(a) T1 (b) T2

Abbildung 6: Artikulationslatenz pro Wort beim Lesen alphabetischer Wörter.
Angabe von Median und IQR. Vergleich zwischen den Gruppen zu den Zeitpunkten T1 (a) und T2 (b). K = Kontrollgruppe, LRS = LRS-Gruppe. Angaben in Sekunden [s]

3.4.2 Anzahl an Sakkaden

Nachfolgend wurde die Gesamtzahl der Sakkaden, sowie die Zahl der Vorwärtssakkaden und der Regressionen untersucht. Hierbei wurden ausschließlich Sakkaden von einer Amplitude ≤5° eingeschlossen. Sakkaden > 5 ° wurden separat analysiert.

Gesamtzahl an Sakkaden

In der LRS-Gruppe zum Zeitpunkt T1 (Shapiro-Wilk Test: p = 0,145) und in der Kontrollgruppe zum Zeitpunkt T2 (Shapiro-Wilk Test: p = 0,631) lag eine Normalverteilung vor, die übrigen Daten hierzu zeigten sich nicht normalverteilt (Shapiro- Wilk Test: p <0,05). Die graphische Darstellung ist in Abbildung 7 ersichtlich, eine Auflistung der Daten findet sich in den Tabellen 4 und 5.

Der Median (IQR) der gesamten der Sakkaden beim Vorlesen alphabetischer Wörter betrug in der LRS-Gruppe 36,00 (24 ,00-51,75) Sakkaden zu T1 und 29,50 (24,00-39,25) Sakkaden zu T2. Der Median (IQR) in der Kontrollgruppe zu T1 dagegen bezifferte sich auf 13,00 (10,00-17,00) Sakkaden und zu T2 auf 11,00 (8,00-15,00) Sakkaden. Die LRS-Gruppe wies dabei eine signifikant erhöhte Anzahl an Gesamtsakkaden sowohl zum Zeitpunkt T1 (Mann-Whitney-U Test: U=238,5, p < 0,001) als auch zu T2 (Mann-Whitney-U Test: U=317, p < 0,001) auf. Innerhalb der Kontrollgruppe lag ein signifikanter Unterschied zwischen T1 und T2 vor (Wilcoxon Test: z = -2,59; p = 0,010). Hingegen

war der Unterschied zwischen den beiden Zeitpunkten innerhalb der Legasthe-niegruppe nicht signifikant (Wilcoxon Test: z = -1,60; p = 0,109).

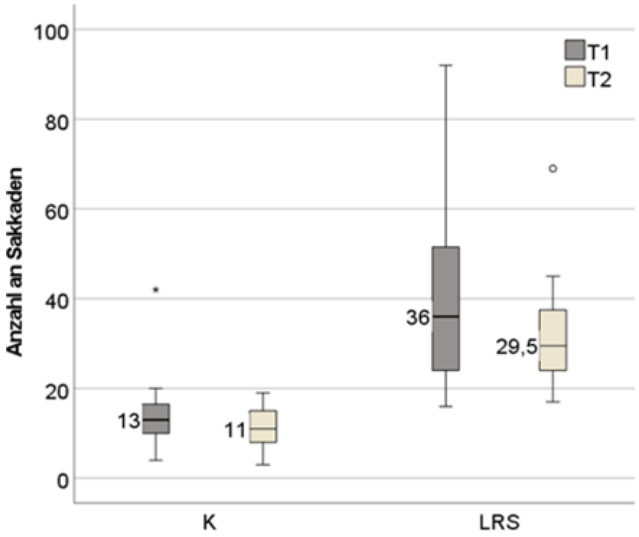


Abbildung 7: Anzahl an Sakkaden beim Lesen alphabetischer Wörter. Angabe von Median und IQR. K = Kontrollgruppe; LRS= LRS-Gruppe zu den Zeitpunkten T1 und T2

Anzahl an Vorwärtssakkaden pro Wort

In der LRS-Gruppe lag eine Normalverteilung zum Zeitpunkt T1 (Shapiro-Wilk Test: p = 0,079) und zu T2 (Shapiro-Wilk Test: 0,251) vor. Dagegen bestand in der Kontrollgruppe lediglich zu T2 eine Normalverteilung (Shapiro-Wilk Test: T1 p = 0,000; T2 p = 0,106). Die Daten sind in den Tabellen 4 und 5 gelistet.

Der Median (IQR) der Vorwärtssakkaden (F-Sakkaden) betrug zum Zeitpunkt T1 in der LRS-Gruppe 2,00 (1,50-3,13) und zu T2 2,25 (1,50-2,63) Sakkaden. In der Kontrollgruppe lag der Median bei 1,00 (1,00-1,50) Sakkaden zu T1 und 1,00 (0,88-1,50) Sakkaden zu T2. Sowohl zum Zeitpunkt T1 (Mann- Whitney-U Test: U=334,5, p < 0,001) als auch zu T2 (Mann-Whitney-U Test: U=340,5, p < 0,001) war ein signifikanter Unterschied in der Anzahl der Vorwärtssakkaden zwischen den beiden Gruppen auszumachen, wobei die Anzahl an Vorwärtssakkaden in der LRS-Gruppe deutlich erhöht war.

Anzahl an Regressionen pro Wort

Eine Normalverteilung lag zu den Zeitpunkten T1 und T2 weder in der LRS-Gruppe, noch in der Kontrollgruppe vor (Shapiro-Wilk Test: $p < 0,05$). Die Daten sind in den Tabellen 4 und 5 gelistet.

Der Median (IQR) der Regressionen betrug in der LRS-Gruppe zum Zeitpunkt T1 0,75 (0,00-1,00) und zu T2 1,00 (0,00-1,00) Regressionen. Es lag eine signifikant höhere Anzahl an Regressionen in der LRS-Gruppe sowohl zu T1 (Mann-Whitney-U Test: U=291, $p = 0,011$) als auch zum Zeitpunkt T2 (Mann-Whitney-U Test: U=328,5, $p < 0,001$) vor, verglichen mit dem Datensatz der Kontrollgruppe (Median (IQR) T1 0,00 (0,00-0,00) Regressionen; T2 0,00 (0,00-0,00) Regressionen).

T1	Sakkaden ges. LRS	Sakkaden ges. K	F-Sakkaden LRS	F-Sakkaden K	Regressionen LRS	Regressionen K
Median	36,00	13,00	2,00	1,00	0,75	0,00
IQR	24,00-51,75	10,00-17,00	1,50-3,13	1,00-1,50	0,00-1,00	0,00-0,00
Minimum	16	4	1	0	0	0
Maximum	92	42	4,5	3	2	1
	MWU (U=238,5) p < 0,001		MWU (U=334,5) p < 0,001		MWU (U=291) p = 0,011	

Tabelle 4: Anzahl an Sakkaden beim Lesen alphabetischer Wörter T1.
Kategorien: Sakkaden ges. = Gesamtzahl aller Sakkaden; F-Sakkaden = Vorwärtssakkaden pro Wort; R-Sakkaden = Regressionen pro Wort. LRS = LRS-Gruppe; K = Kontrollgruppe

T2	Sakkaden ges. LRS	Sakkaden ges. K	F-Sakkaden LRS	F-Sakkaden K	Regressionen LRS	Regressionen K
Median	29,50	11,00	2,25	1,00	1,00	0,00
IQR	24,00-39,25	8,00-15,00	1,50-2,63	0,88-1,50	0,00-1,00	0,00-0,00
Minimum	17	3	1	0	0	0
Maximum	69	20	4,5	2,5	1,5	1
	MWU (U=340,5) p < 0,001		MWU (U=340,5) p < 0,001		MWU (U=328,5) p < 0,001	

Tabelle 5: Anzahl an Sakkaden beim Lesen alphabetischer Wörter T2.
Kategorien: Sakkaden ges. = Gesamtzahl aller Sakkaden; F-Sakkaden = Vorwärtssakkaden pro Wort; R-Sakkaden = Regressionen pro Wort. LRS = LRS-Gruppe; K = Kontrollgruppe

Anzahl der Sakkaden > 5 Grad

Da Sakkaden > 5° im vorliegenden Versuchsaufbau mit großer Wahrscheinlichkeit über den Stimulus hinausgehen, wurden diese separat ausgewertet. Die Daten innerhalb der Kontrollgruppe und innerhalb der LRS-Gruppe waren weder zum Zeitpunkt T1, noch zum Zeitpunkt T2, normalverteilt (Shapiro-Wilk Test: $p < 0,05$). Graphisch wurden die Ergebnisse in Abbildung 8 dargestellt.

Der Median (IQR) der Sakkaden >5° betrug in der LRS-Gruppe zum Zeitpunkt T1 1,00 (0,00-3,25) und zu T2 1,00 (0,00-3,00) Sakkaden. Der Median (IQR) zum Zeitpunkt T1 in der Kontrollgruppe lag bei 1,00 (0,00-2,25) Sakkaden und 0,00 (0,00-2,25) Sakkaden zu T2. Zwischen den Gruppen zeigte sich weder zum Zeitpunkt T1 (Mann-Whitney-U Test: U=228,5, $p = 0,411$), noch zu T2 (Mann-Whitney-U Test: U=232, $p = 0,366$) einen Unterschied. Darüber hinaus war kein signifikanter Unterschied innerhalb der LRS-Gruppe zwischen den Zeitpunkten T1 und T2 feststellbar (Wilcoxon Test: $z = -0,04$, $p = 0,969$). Dasselbe galt für die Kontrollgruppe (Wilcoxon Test: $z = 0,12$, $p = 0,916$).

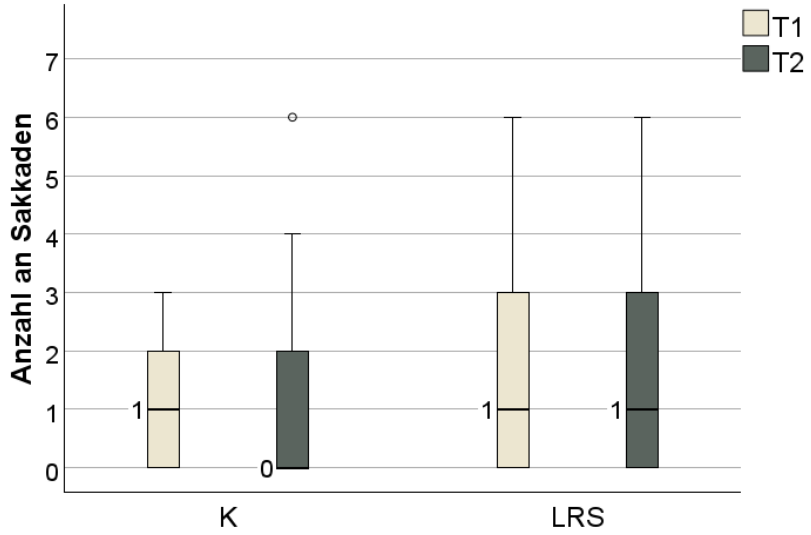


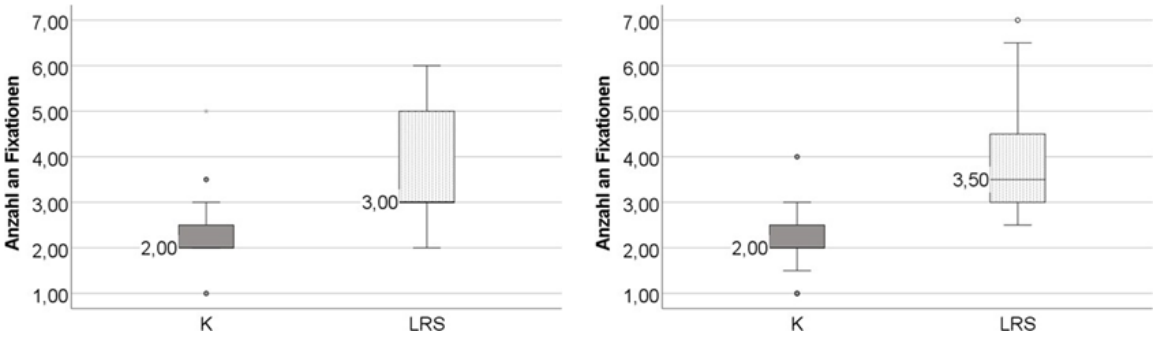
Abbildung 8: Anzahl an Sakkaden > 5° pro Wort.
Angabe von Median und IQR. Vergleich zwischen den Gruppen zu den Zeitpunkten T1 und T2. K = Kontrollgruppe, LRS = LRS-Gruppe.

3.4.3 Anzahl an Fixationen

Die folgenden Daten waren nicht normalverteilt (Shapiro-Wilk Test: p<0,05). Die graphische Darstellung findet sich in Abbildung 9.

Die Datenanalyse ergab zum Zeitpunkt T1 in der LRS-Gruppe einen Median (IQR) von 3,00 (3,00-5,25) Fixationen, während in der Kontrollgruppe die Zahl bei 2,00 (2,00-2,63) Fixationen lag. Die erhöhte Anzahl an Fixationen in der LRS-Gruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe beim Lesen alphabetischer Wörter zu T1 war hoch signifikant (Mann-Whitney-U Test: U=344, p < 0,001). Dieser Unterschied zwischen den beiden Gruppen war auch zum Zeitpunkt T2 ersichtlich (Median (IQR) LRS-Gruppe 3,50 (3,00-4,63) Fixationen; Kontrollgruppe 2,00 (2,00-2,50) Fixationen; Mann-Whitney-U Test (U=378,5) p < 0,001).

Vergleicht man die zwei Untersuchungszeitpunkte innerhalb einer Gruppe war kein signifikanter Unterschied zwischen T1 und T2 in der Kontrollgruppe ersichtlich (Wilcoxon Test: z = -1,85; p = 0,064). Auch innerhalb der LRS-Gruppe war kein signifikanter Unterschied auszumachen (Wilcoxon Test: z= 0,55; p= 0,584).



(a) T1 (b) T2

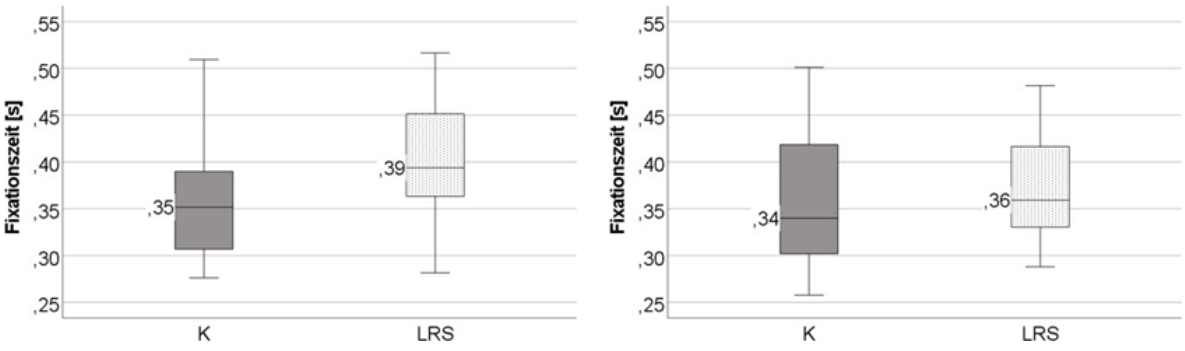
Abbildung 9: Anzahl an Fixationen pro Wort beim Lesen alphabetischer Wörter.
Angabe von Median und IQR. Vergleich zwischen den Gruppen zu den Testzeitpunkten T1 (a) und T2 (b). K = Kontrollgruppe, LRS = LRS-Gruppe

3.4.4 Fixationszeiten

Die Daten waren innerhalb der LRS-Gruppe zu T1 (Shapiro-Wilk Test: p=0,960) sowie zu T2 (Shapiro-Wilk Test: p= 0,100) normalverteilt. Die übrigen

Daten hierzu waren nicht normalverteilt (Shapiro-Wilk Test: $p < 0,05$). In Abbildung 10 werden die Fixationszeiten graphisch dargestellt.

Der Median (IQR) der Fixationszeit betrug zum Zeitpunkt T1 in der LRS-Gruppe 0,39 (0,36-0,45), und zu T2 0,36 (0,33-0,42) Sekunden. In der Kontrollgruppe belief sich der Median (IQR) auf 0,35 (0,31-0,40) zu T1, bzw. auf 0,34 (0,30-0,42) Sekunden zu T2. Zwischen den Gruppen lag weder zum Zeitpunkt T1 (Mann-Whitney-U Test: U=265, p = 0,070), noch zu T2 (Mann-Whitney- U Test: U=233,5, p = 0,338) ein signifikanter Unterschied vor. Dies war auch der Fall zwischen den Zeitpunkten T1 und T2 innerhalb der LRS-Gruppe (Wilcoxon Test: z = -1,81; p = 0,071) sowie innerhalb der Kontrollgruppe (Wilcoxon Test: z= 0,02; p = 0,987).



(a) T1 (b) T2

Abbildung 10: Fixationzeiten pro Wort beim Lesen alphabetischer Wörter.
Angabe von Median und IQR. Vergleich zwischen den Gruppen zu den Zeitpunkten T1 (a) und T2 (b). K = Kontrollgruppe; LRS = LRS-Gruppe

3.5 Piktogramme

Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit den Ergebnissen der verschiedenen Parameter beim Benennen von Piktogrammen. Wie auch beim Lesen alphabetischer Wörter wurde hierbei jeweils der Median für jedes einzelne Kind ermittelt und im Weiteren für alle 6 Piktogramme analysiert.

3.5.1 Artikulationslatenz

Die Daten waren in beiden Gruppen nicht normalverteilt (Shapiro-Wilk Test: $p < 0,05$). Die graphische Darstellung erfolgt in Abbildung 11.

Der Median (IQR) der Artikulationslatenz betrug in der LRS-Gruppe 0,90s (0,77-1,07) und in der Kontrollgruppe 0,81s (0,77-0,95). Statistisch zeigte sich kein signifikanter Unterschied (Mann-Whitney-U Test: U=233, p = 0,352).

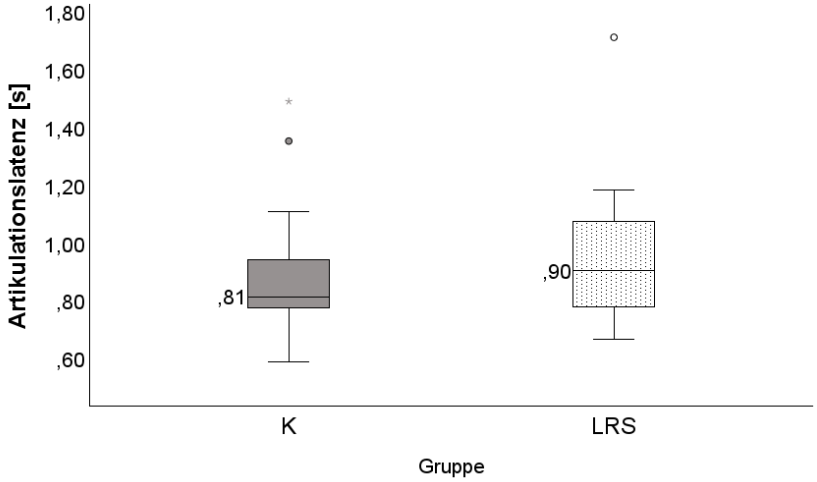


Abbildung 11: Artikulationslatenz beim Benennen von Piktogrammen. Angabe in Sekunden [s] beim Benennen von Piktogrammen (Median und IQR). Vergleich zwischen den Gruppen K= Kontrollgruppe; LRS = LRS-Gruppe

3.5.2 Anzahl an Sakkaden

Anzahl der Sakkaden pro Piktogramm

Hier lag eine Normalverteilung in der LRS-Gruppe vor (Shapiro-Wilk Test: p = 0,094), die Daten in der Kontrollgruppe waren nicht normalverteilt (Shapiro-Wilk Test: p < 0,05).

Der Median (IQR) in der LRS-Gruppe lag bei 1,50 (1,00-2,00) und in der Kontrollgruppe bei 1,00 (1,00-1,13) Sakkaden pro Piktogramm. Zwischen den Gruppen lag ein signifikanter Unterschied vor (Mann-Whitney-U Test: U = 290,5, p = 0,011).

Horizontale Sakkaden

Weder innerhalb der LRS-Gruppe, noch innerhalb der Kontrollgruppe lag eine Normalverteilung vor (Shapiro-Wilk Test p < 0,05).

Der Median (IQR) über die gesamten horizontalen Sakkaden belief sich in der LRS-Gruppe auf 1,00 (1,00-1,63) Sakkaden pro Piktogramm. In der

Kontrollgruppe lag der Median (IQR) bei 1,00 (0,88-1,00). Der Unterschied zwischen den Gruppen war nicht signifikant (Mann-Whitney-U Test: U=264,5, p = 0,070).

Vertikale Sakkaden

Weder innerhalb der LRS-Gruppe, noch innerhalb der Kontrollgruppe lag eine Normalverteilung vor (Shapiro-Wilk Test p < 0,05).

In der LRS-Gruppe konnte ein Median (IQR) von 0,00 (0,00-0,13) vertikale Sakkaden pro Piktogramm ermittelt werden. In der Kontrollgruppe lag der Median (IQR) bei 0,00 (0,00-0,00) Sakkaden. Es bestand kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Anzahl an vertikalen Sakkaden beim Benennen der Piktogramme (Mann-Whitney-U Test: U=242, p = 0,240).

Sakkaden > 5°

Weder innerhalb der LRS-Gruppe, noch innerhalb der Kontrollgruppe lag eine Normalverteilung vor (Shapiro-Wilk Test p < 0,05).

Der Median (IQR) lag in der LRS-Gruppe bei 1,00 (0.00-2,00) Sakkaden >5°. Die Kontrollgruppe erzielten Werte von 0,50 (0,00-1,25) Sakkaden >5° pro Piktogramm. Es lag kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen vor (Mann-Whitney-U Test: U=226,5, p = 0,443).

3.5.3 Anzahl an Fixationen

Für die folgende Datenanalyse wurde wiederum der jeweilige Median für jedes Kind ermittelt. In den vorliegenden Daten zeigte sich keine Normalverteilung (Shapiro-Wilk Test: p < 0,05). In Abbildung 12 werden die Ergebnisse graphisch dargestellt.

Der Median (IQR) innerhalb der LRS-Gruppe lag bei 2,50 (2,00-3,00) und innerhalb der Kontrollgruppe bei 2,00 (2,00-2,13) Fixationen. Analysen zeigen hierbei einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen (Mann-Whitney-U Test: U=300, p = 0,005).

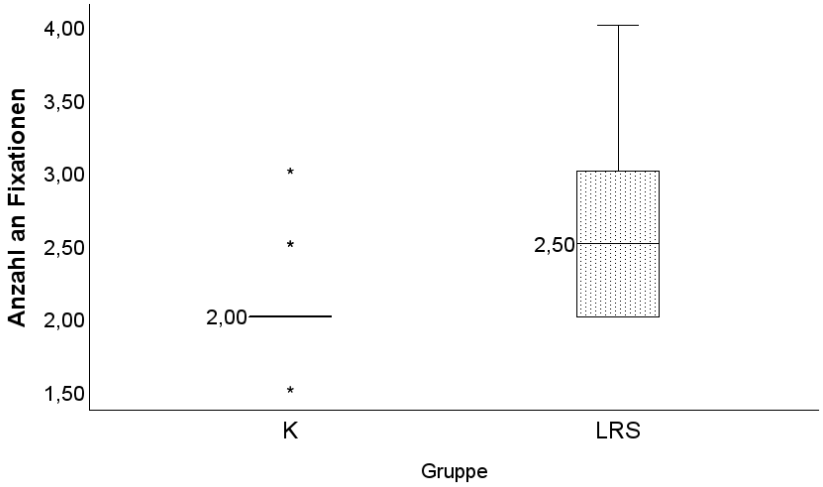


Abbildung 12: Anzahl an Fixationen beim Benennen von Piktogrammen. Angabe von Median und IQR. Vergleich zwischen den Gruppen. K = Kontrollgruppe, LRS = LRS-Gruppe

3.5.4 Fixationszeiten

Bezüglich der Fixationszeiten zeigte sich eine Normalverteilung in der LRS-Gruppe (T1, Shapiro-Wilk Test: p = 0,392), während die restlichen Daten keine Normalverteilung aufwiesen (Shapiro-Wilk Test: p < 0,05). Die graphische Darstellung erfolgt in Abbildung 13.

Es zeigte sich in der LRS-Gruppe ein Median (IQR) von 0,40 (0,35-0,44) s, während die Kontrollgruppe einen Median (IQR) von 0,38 (0,34-0,53) s aufwies. Es ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen (Mann- Whitney-U Test: U= 188, p= 0,798).

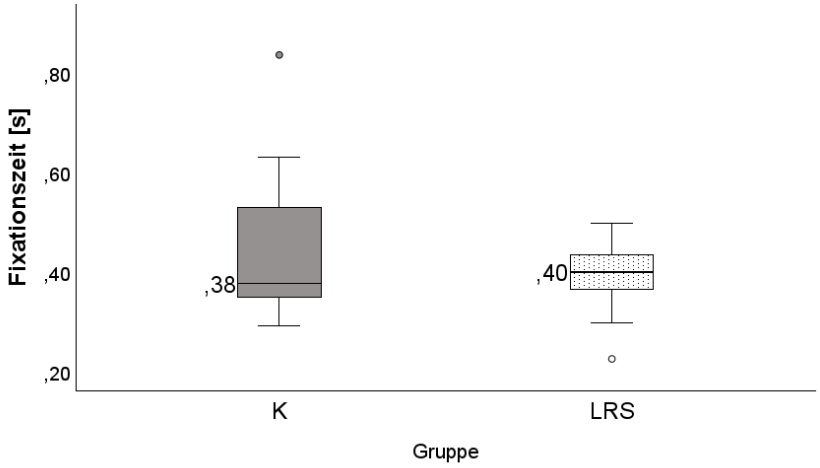


Abbildung 13: Fixationszeiten beim Benennen von Piktogrammen. Fixationszeiten in Sekunden [s] (Median und IQR). Vergleich zwischen den Gruppen. K = Kontrollgruppe, LRS = LRS-Gruppe

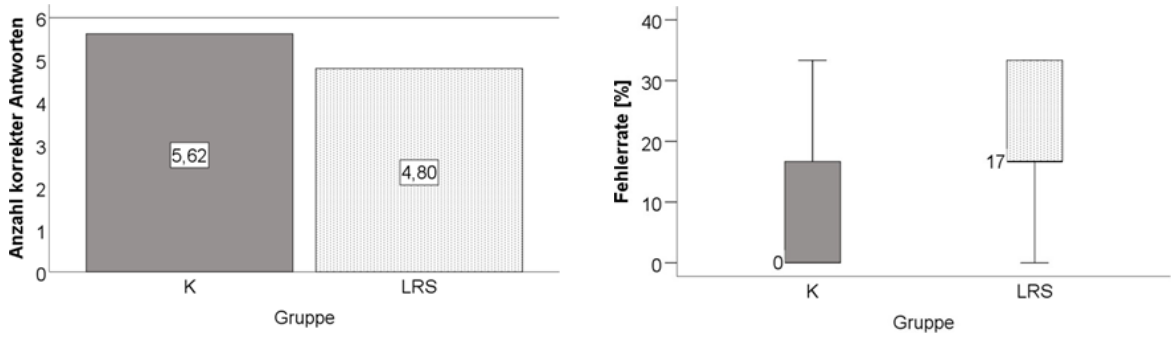
3.6 Chinesische Zeichen, deutsche Bedeutung (CD)

Im vorliegenden Kapitel erfolgt die deskripitive Statistik und Analyse anhand der Daten beim Übersetzen von chinesischen Zeichen ins Deutsche (CD), in anderen Worten, dem Erkennen der Bedeutung des vorliegenden Zeichens. Um die Vergleiche zwischen Piktogrammen und der deutschen Aussprache chinesischer Zeichen zu ziehen, wurden die Piktogramme der Prä- und Postuntersuchungen zusammengefügt und der jeweilige Median ermittelt, sodass der Median von 6 Piktogrammen mit dem Median von 6 chinesischen Zeichen (CD) im Folgenden gegenübergestellt werden.

3.6.1 Korrekte Antworten/ Fehlerrate

Folgend lag weder in der Kontrollgruppe, noch in der LRS-Gruppe eine Normalverteilung vor (Shapiro-Wilk Test: $p < 0,05$). Die graphische Darstellung erfolgt in Abbildung 14.

Die maximale Anzahl an korrekten Antworten beim Benennen der chinesischen Zeichen auf Deutsch belief sich auf 6 Zeichen pro Kind. Der Median (IQR) in der Kontrollgruppe betrug 6,00 (5,00-6,00) korrekter Antworten. In der LRS-Gruppe lag der Wert bei 5,00 (4,00-5,00). Die Anzahl an korrekten Antworten war signifikant niedriger in der LRS-Gruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe (Mann-Whitney-U Test, $U = 62,5$, $p = 0,002$). Die prozentuale Fehlerrate liegt damit in der LRS-Gruppe bei 17 (17-33) % und in der Kontrollgruppe bei 0 (0-17) %.



(a) Mittlere Anzahl korrekter Antworten (b) Fehlerrate

Abbildung 14: Anzahl korrekter Antworten CD.
(a) Angabe des Mittelwerts sowie (b) die Fehlerrate in Prozent [%] unter Angabe von Median und IQR beim Erkennen der Bedeutung chinesischer Zeichen

3.6.2 Artikulationslatenz

In diesem Unterkapitel wurde der Median jedes Kindes ermittelt und im Folgenden analysiert. Die Daten waren in der Kontrollgruppe normalverteilt (Shapiro-Wilk Test: p = 0,097) und in der LRS-Gruppe nicht normalverteilt (Shapiro-Wilk Test: p = 0,006) Eine graphische Darstellung erfolgt in Abbildung 15. Der Median (IQR) der Artikulationslatenz in der LRS-Gruppe betrug 1,45 (1,27-1,72) s und in der Kontrollgruppe 1,48 (1,29-1,70) s. Zwischen den Gruppen lag kein signifikanter Unterschied vor (Mann-Whitney-U Test, U=150, p = 0,825).

Vergleich der Artikulationslatenzen zwischen CD und Piktogrammen

In der Kontrollgruppe CD lag eine Normalverteilung vor (Shapiro-Wilk Test: p = 0,286), die übrigen Daten hierzu waren nicht normalverteilt (Shapiro-Wilk Test: p < 0,05). Die graphische Darstellung befindet sich in Abbildung 15.

Vergleicht man die Artikulationslatenzen zwischen den Aufgaben mittels nichtparametrischer Tests, waren deutliche Unterschiede ersichtlich. Sowohl innerhalb der LRS-Gruppe (Wilcoxon Test: z = 3,07; p = 0,002), als auch innerhalb der Kontrollgruppe (Wilcoxon Test: z = 4,02; p < 0,001) zeigte sich eine signifikant höhere Artikulationslatenz beim Benennen von chinesischen Zeichen in der deutschen Bedeutung, verglichen mit Piktogrammen.

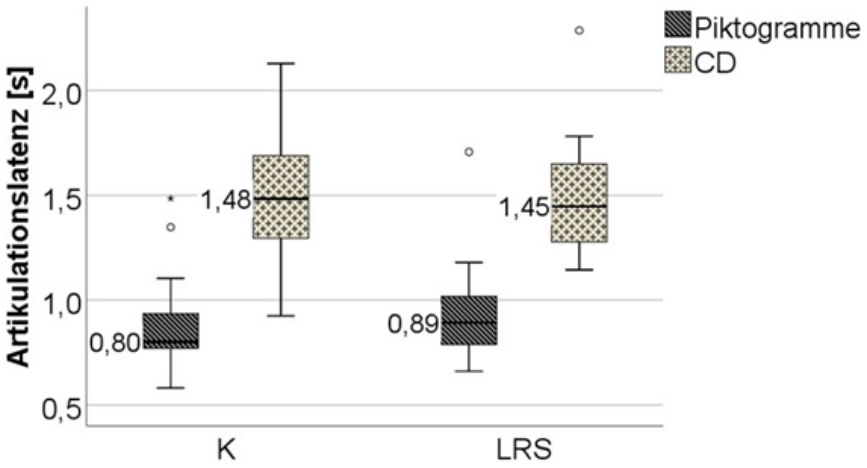


Abbildung 15: Artikulationslatenz Piktogramme/CD.
Angabe in Sekunden [s] pro Stimulus im Überblick. Vergleich zwischen dem Benennen von Piktogrammen und CD (Median und IQR). K = Kontrollgruppe, LRS = LRS-Gruppe.

3.6.3 Anzahl an Sakkaden

Angelehnt an die vorigen Analysen wird auch in diesem Kapitel lediglich auf Sakkaden ≤5° eingegangen, da diese mit großer Wahrscheinlichkeit innerhalb des Stimulus stattfinden. Es wurde auch hierbei der Median jedes Kindes ermittelt und im Weiteren analysiert. Der durchgeführte Test ergab hierbei in beiden Gruppen keine Normalverteilung (Shapiro-Wilk Test: $p < 0,05$). Die graphische Darstellung erfolgt in Abbildung 16.

Der Median (IQR) der Sakkaden pro Zeichen betrug in der LRS-Gruppe 1,00 (1,00-2,00). In der Kontrollgruppe lag dieser Wert ebenso bei 1,00 (1,00-2,00). Analysen zeigten keinen Unterschied in der Anzahl der Sakkaden pro chinesischem Zeichen zwischen den beiden Gruppen beim Benennen der Bedeutung (Mann-Whitney-U Test: $U = 161$, $p = 0,924$).

Anzahl an horizontalen Sakkaden pro Zeichen

Die Daten waren bezüglich der horizontalen Sakkaden in beiden Gruppen nicht normalverteilt (Shapiro-Wilk Test: $p<0,05$). In der LRS-Gruppe lag der Median (IQR) bei 1,00 (1,00-1,00) horizontalen Sakkaden pro Zeichen. In der Kontrollgruppe waren es 1,00 (1,00-1,25) Sakkaden pro Zeichen. Zwischen den Gruppen zeigte sich kein signifikanter Unterschied (Mann-Whitney-U Test: $U =152$, $p = 0,874$).

Anzahl an vertikalen Sakkaden pro Zeichen

In beiden Gruppen lag keine Normalverteilung vor (Shapiro-Wilk Test: $p<0,05$). Sowohl in der LRS-Gruppe, als auch in der Kontrollgruppe lag der Median (IQR) bei 0,00 (0,00-0,00) vertikalen Sakkaden pro Zeichen. Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen (Mann-Whitney-U Test: $U = 181,5$; $p = 0,446$).

Vergleich der Anzahl an Sakkaden zwischen CD und Piktogrammen

Im Nachfolgenden lagen keine Normalverteilungen vor (Shapiro-Wilk Test: $p < 0,05$). Die graphische Gegenüberstellung hinsichtlich der Sakkaden pro Stimulus zwischen den Piktogrammen und CD erfolgt in Abbildung 16.

Nichtparametrische Analysen ergaben keinen signifikanten Unterschied innerhalb der LRS-Gruppe in der Anzahl der Sakkaden zwischen den beiden Aufgaben (Wilcoxon Test: z = -0,16; p = 0,877). Dasselbe war ersichtlich innerhalb der Kontrollgruppe (Wilcoxon Test: z = -1,43; p = 0,153)

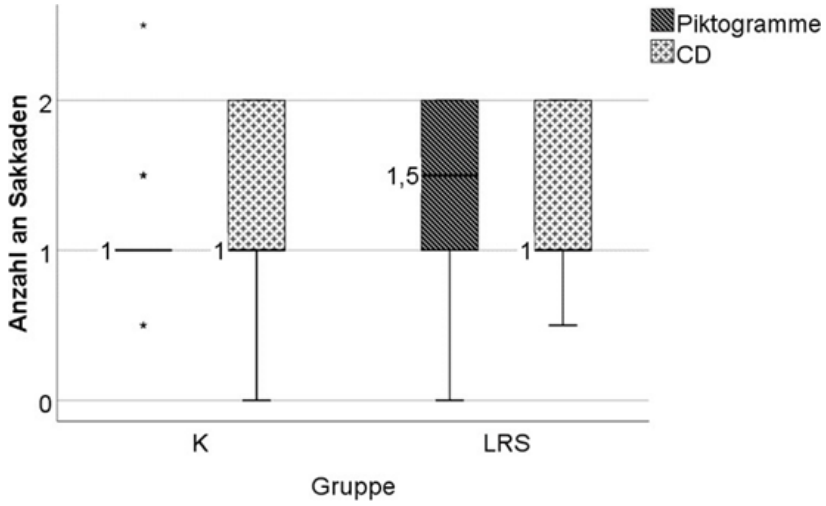


Abbildung 16: Anzahl an Sakkaden Piktogramm/CD.
Vergleich zwischen dem Benennen von Piktogrammen und CD unter Angabe von Median und IQR. K = Kontrollgruppe; LRS = LRS-Gruppe

3.6.4 Anzahl an Fixationen

In beiden Gruppen lag keine Normalverteilung vor (Shapiro-Wilk Test: $p < 0,05$). Die graphische Darstellung erfolgt in Abbildung 17.

Die beiden Gruppen unterschieden sich in der Anzahl der Fixationen CD nicht signifikant (Mann-Whitney-U Test: p = 0,612). Dabei lag der Median (IQR) der Fixationen innerhalb der LRS-Gruppe bei 3,00 (2,00-3,00), während der Wert innerhalb der Kontrollgruppe 2,00 (2,00-3,00) betrug.

<u>Vergleich der Anzahl an Fixationen zwischen CD und Piktogrammen</u>

Die Daten hierzu waren nicht normalverteilt (Shapiro-Wilk Test: $p < 0,05$). Der Vergleich zwischen CD und dem Benennen von Piktogrammen wird in Abbildung 17 dargestellt.

Analysen ergaben in der LRS-Gruppe keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Aufgaben (Wilcoxon Test: z = -0,57; p = 0,570). Dagegen

war ein signifikanter Unterschied in der Kontrollgruppe erkennbar (Wilcoxon Test: z = -2,10; p = 0,036).

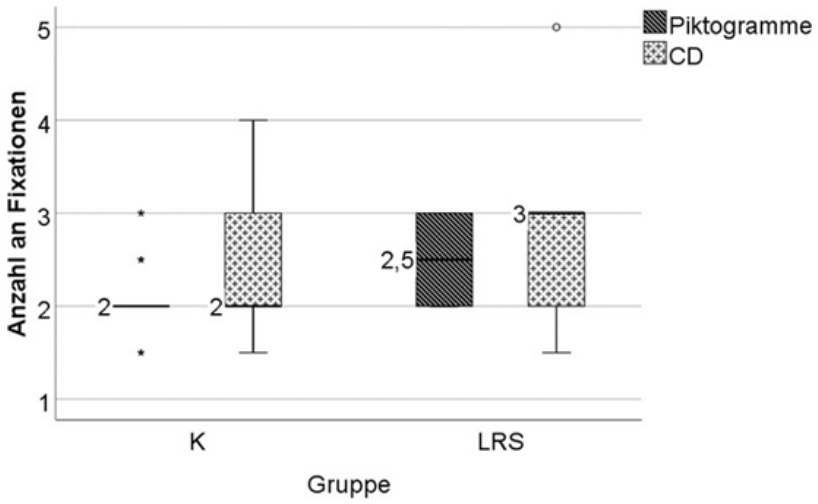


Abbildung 17: Anzahl an Fixationen Piktorgramme/CD.
Vergleich zwischen dem Benennen von Piktogrammen und CD (Median und IQR). K = Kontrollgruppe; LRS = LRS-Gruppe

3.6.5 Fixationszeiten

Tests auf Normalverteilung zeigten weder eine Signifikanz in der Kontrollgruppe (Shapiro-Wilk Test: p = 0,416), noch in der LRS-Gruppe (Shapiro-Wilk Test: p = 0,188). Die graphische Darstellung erfolgt in Abbildung 18.

Der Median (IQR) der Fixationszeit belief sich in der LRS-Gruppe auf 0,54 (0,44-0,63) s. In der Kontrollgruppe belief sich diese auf 0,59 (0,49-0,74) s. Es lag kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen vor (Mann-Whitney-U Test: U = 120, p = 0,238).

<u>Vergleich der Fixationszeiten zwischen CD und Piktogrammen</u>

Eine Normalverteilung lag in der Kontrollgruppe CD (Shapiro- Wilk Test: p = 0,249) und in der LRS-Gruppe beim Piktogramm benennen (Shapiro-Wilk Test: p = 0,141) vor. Die graphische Gegenüberstellung der beiden Aufgaben erfolgt in Abbildung 18.

Analysen ergaben sowohl innerhalb der LRS-Gruppe (Wilcoxon Test: z = 3,29; p < 0,001), als auch innerhalb der Kontrollgruppe (Wilcoxon Test:

z = 3,53; p < 0,001) einen signifikanten Unterschied. In beiden Gruppen war die mittlere Fixationszeit bei CD länger, verglichen mit dem Benennen von Piktogrammen.

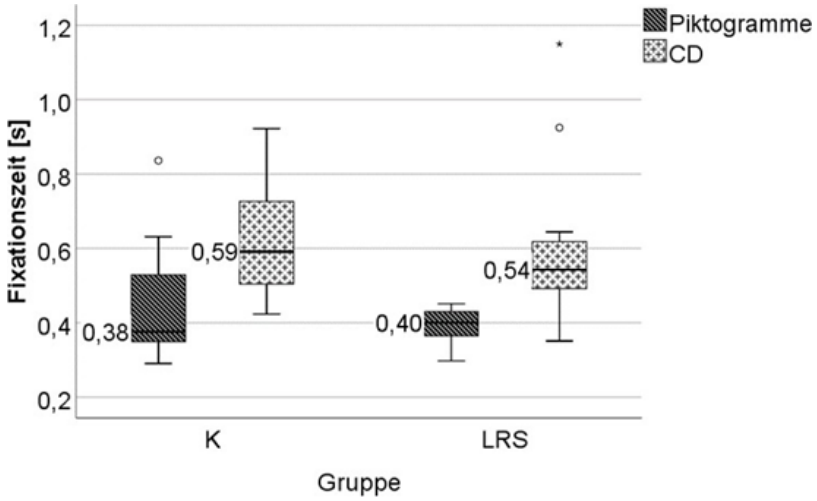


Abbildung 18: Fixationszeiten Piktogramme/CD.
Vergleich der Fixationszeiten in Sekunden [s] zwischen dem Benennen von Piktogrammen und CD (Median und IQR). K = Kontrollgruppe; LRS = LRS-Gruppe

3.7 Chinesische Zeichen, Chinesische Aussprache (CC)

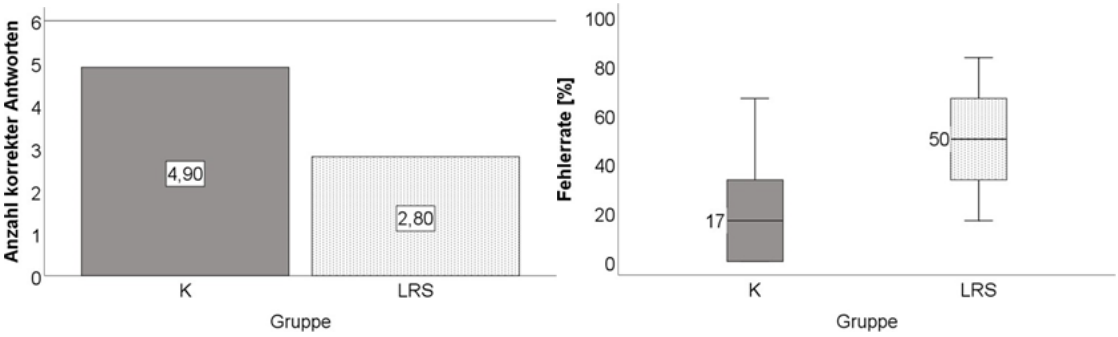
In diesem Kapitel erfolgt die deskriptive Statistik und Analyse bezüglich der Aufgabe, die chinesischen Zeichen auf Chinesisch auszusprechen (CC). Es wurden insgesamt 6 Piktogramme und 6 chinesische Zeichen gegenübergestellt.

3.7.1 Korrekte Antworten/ Fehlerrate

Die Daten waren in der LRS-Gruppe normalverteilt (Shapiro-Wilk Test: p = 0,179) und in der Kontrollgruppe nicht normalverteilt (Shapiro- Wilk Test: p < 0,001). Eine graphische Darstellung bezüglich der Anzahl der korrekten Antworten und der Fehlerrate beim chinesischen Aussprechen der Zeichen erfolgt in Abbildung 19.

Die maximale Anzahl an korrekten Antworten betrug in dieser Aufgabe 6 Zeichen pro Kind. In der LRS-Gruppe lag der Median (IQR) an korrekten Antworten bei 3,00 (2,00-4,00), während diese in der Kontrollgruppe 5,00 (4,00-6,00) betrug. Die Analyse zeigte eine signifikant erniedrigte Anzahl korrekter

Antworten in der LRS-Gruppe verglichen mit der Kontrollgruppe (Mann-Whitney-U Test (U = 43,5) p < 0,001). Der Median (IQR) der prozentualen Fehlerrate liegt entsprechend in der LRS-Gruppe bei 50 (33-67) % und in der Kontrollgruppe bei 17 (0-33) %, dargestellt in Abbildung 19.



(a) Mittlere Anzahl korrekter Antworten (b) Fehlerrate

Abbildung 19: Anzahl korrekter Antworten CC.
(a) Angabe des Mittelwerts sowie (b) die Fehlerrate in Prozent [%] unter Angabe von Median und IQR beim Lesen der Zeichen auf Chinesisch.

3.7.2 Artikulationslatenz

In der LRS-Gruppe zeigte sich hinsichtlich der Artikulationslatenz für CC eine Normalverteilung (Shapiro-Wilk Test: p = 0,254), während dies in der Kontrollgruppe nicht der Fall war (Shapiro-Wilk Test: p < 0,001). Die graphische Darstellung erfolgt in Abbildung 20.

Der Median (IQR) der Artikulationslatenz betrug in der LRS-Gruppe 3,06 (2,29-3,86) s. In der Kontrollgruppe lag dieser Wert bei 1,72 (1,37-2,25) s. Analysen ergaben einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen, wobei die Artikulationslatenz in der LRS-Gruppe deutlich länger war (Mann-Whitney-U Test: U = 138, p = 0,009).

Vergleich der Artikulationslatenzen zwischen CC und Piktogrammen

In der LRS-Gruppe CC lag eine Normalverteilung vor (Shapiro- Wilk Test: p = 0,980), alle weiteren Daten hierzu waren nicht normalverteilt (Shapiro- Wilk Test: p < 0,05). Die graphische Gegenüberstellung erfolgt in Abbildung 20.

Analysen ergaben innerhalb der LRS-Gruppe eine signifikant höhere Artikulationslatenz bei CC, verglichen mit dem Benennen von Piktogrammen (Wilcoxon Test: z = -2,67; p = 0,008). Dasselbe galt innerhalb der Kontrollgruppe (Wilcoxon Test: z = 3,82; p < 0,001).

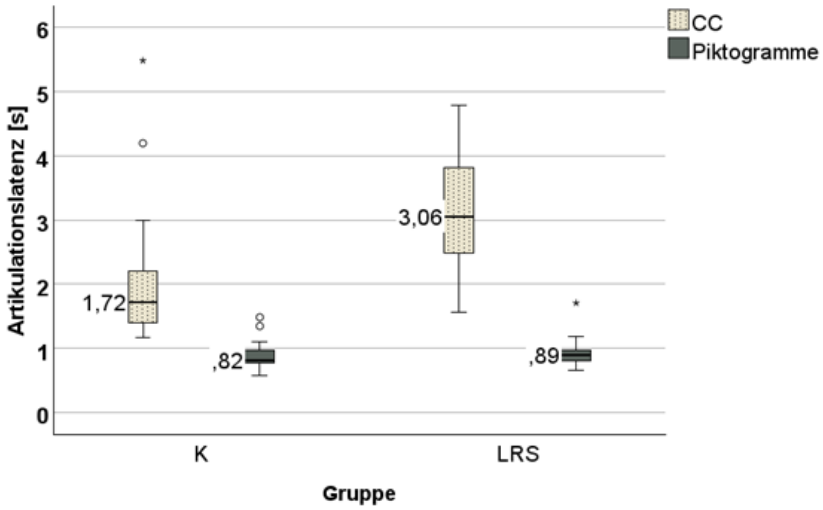


Abbildung 20: Artikulationslatenz Piktogramme/CC.
Angabe in Sekunden [s] pro Stimulus. Vergleich zwischen dem Benennen von Piktogrammen und CC (Median und IQR). K = Kontrollgruppe; LRS = LRS-Gruppe

3.7.3 Anzahl an Sakkaden

Tests zeigten eine Normalverteilung in der LRS-Gruppe (Shapiro-Wilk Test: p = 0,637). In der Kontrollgruppe waren die Daten nicht normalverteilt (Shapiro-Wilk Test: p = 0,002). Graphisch dargestellt ist die Sakkadenanzahl (CC) in Abbildung 21.

Der Median (IQR) in dieser Aufgabe betrug in der LRS-Gruppe 2,50 (1,25-3,00) Sakkaden. In der Kontrollgruppe lag der Wert bei 1,00 (1,00-2,00) Sakkaden. Damit war die Anzahl der Sakkaden in der LRS-Gruppe signifikant höher (Mann-Whitney-U Test: U = 136, p = 0,012).

Anzahl an horizontalen Sakkaden

In beiden Gruppen lag keine Normalverteilung vor (Shapiro-Wilk Test: p<0,05). Die Anzahl der horizontalen Sakkaden betrug in der LRS-Gruppe 1,50 (1,00-3,00) Sakkaden und in der Kontrollgruppe 1,00 (1,00-1,25) Sakkaden.

Zwischen den Gruppen war kein signifikanter Unterschied ersichtlich (Mann-Whitney-U Test: U = 218, p = 0,053).

Anzahl an vertikalen Sakkaden

Die Daten waren in beiden Gruppen nicht normalverteilt (Shapiro-Wilk Test: p < 0,05). Die Anzahl der vertikalen Sakkaden betrug in der LRS-Gruppe 0,50 (0,00-1,00) Sakkaden und in der Kontrollgruppe 0,00 (0,00-0,25) Sakkaden. Die Datenanalyse ergab einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen (Mann-Whitney-U Test: U = 229,5, p = 0,019).

Vergleich der Sakkadenzahl zwischen CC und Piktogrammen

Die Daten waren hierzu durchgehend nicht normalverteilt (Shapiro-Wilk Test: p < 0,05). Eine graphische Gegenüberstellung der beiden Aufgaben ist in Abbildung 21 ersichtlich.

Es ergab sich innerhalb der LRS-Gruppe eine signifikant niedrigere Anzahl an Sakkaden pro Stimulus beim Benennen von Piktogrammen verglichen mit CC (Wilcoxon Test: z = -2,07; p = 0,038), während die Datenanalyse innerhalb der Kontrollgruppe keinen signifikanten Unterschied zeigte (Wilcoxon Test: z = -1,19; p = 0,233).

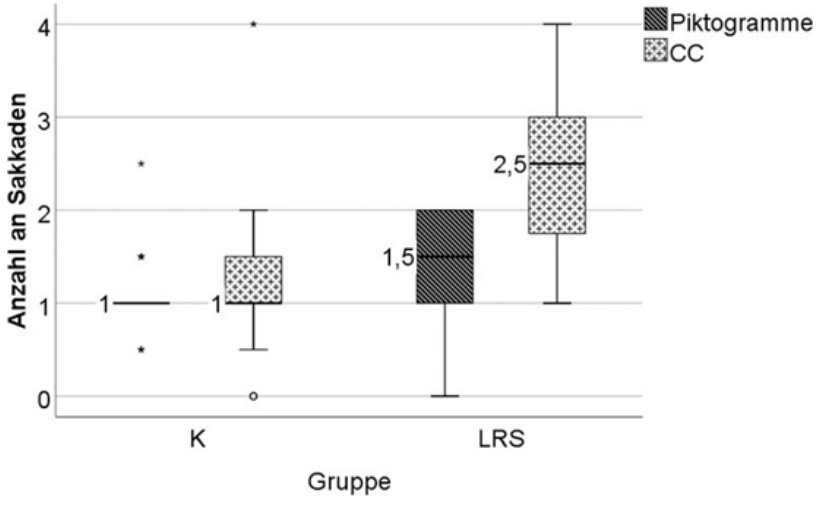


Abbildung 21: Anzahl an Sakkaden Piktogramme/CC.
Vergleich zwischen dem Benennen von Piktogrammen und CC (Median und IQR). K = Kontrollgruppe; LRS = LRS-Gruppe

3.7.4 Anzahl an Fixationen

Die Daten in der LRS-Gruppe waren normalverteilt (Shapiro-Wilk Test: p = 0,169). In der Kontrollgruppe zeigte sich keine Normalverteilung (Shapiro-Wilk Test: p < 0,001). Graphisch dargestellt ist die Anzahl an Fixationen (CC) in Abbildung 22.

Der Median (IQR) lag in der LRS-Gruppe bei 6,00 (2,50-6,00) Fixationen pro chinesischem Zeichen. Dagegen war dieser Wert an Fixationen innerhalb der Kontrollgruppe signifikant niedriger (2,00 (2,00-3,00); Mann- Whitney-U Test: U = 134, p = 0,016).

<u>Vergleich der Anzahl an Fixationen zwischen CC und Piktogrammen</u>

In der LRS-Gruppe (CC) lag eine Normalverteilung vor (Shapiro- Wilk Test: p = 0,169), während in den restlichen Gruppen dies nicht der Fall war (Shapiro-Wilk Test: p < 0,05). Die graphische Gegenüberstellung erfolgt in Abbildung 22.

Innerhalb der Kontrollgruppe zeigte sich kein signifikanter Unterschied in der Anzahl an Fixationen pro Stimulus zwischen den beiden Aufgaben (Wilcoxon Test: z = -1,77; p = 0,074). Dagegen lag bei der LRS-Gruppe eine signifikant höhere Anzahl an Fixationen bei CC verglichen mit dem Benennen von Piktogrammen vor (Wilcoxon Test: z = -2,37; p = 0,018).

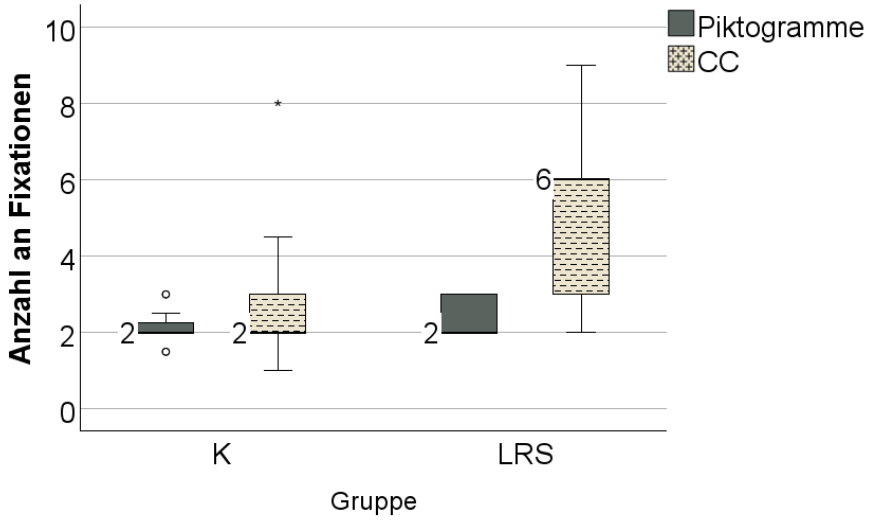


Abbildung 22: Anzahl an Fixationen Piktogramme/CC.
Vergleich zwischen dem Benennen von Piktogrammen und CC (Median und IQR). K = Kontrollgruppe; LRS = LRS-Gruppe

3.7.5 Fixationszeiten

In der LRS-Gruppe waren die Daten nicht normalverteilt (Shapiro-Wilk Test: p = 0,048). Die Daten in der Kontrollgruppe zeigten eine Normalverteilung (Shapiro-Wilk Test: p = 0,062). Graphisch dargestellt ist die Fixationszeit CC pro Zeichen in Abbildung 23.

Der Median (IQR) der Fixationszeit pro chinesischem Zeichen CC in der LRS-Gruppe lag bei 0,67 (0,46-0,79) s. In der Kontrollgruppe lag dieser Wert bei 0,78 (0,58-1,25) s. Die Analyse zeigte keinen signifikanten Unterschied in der Fixationszeit CC zwischen den Gruppen (Mann- Whitney U Test: U = 52, p=0,105).

<u>Vergleich der Fixationszeiten zwischen CC und Piktogrammen</u>

In der Kontrollgruppe CC (Shapiro-Wilk Test: p = 0,411) und in der LRS-Gruppe CC und Piktogrammen (Shapiro-Wilk Test p>0,05) waren die Daten normalverteilt. In der Kontrollgruppe Piktogramme zeigte sich keine Normalverteilung (Shapiro-Wilk Test: p = 0,004). Die graphische Gegenüberstellung der beiden Aufgaben erfolgt in Abbildung 23.

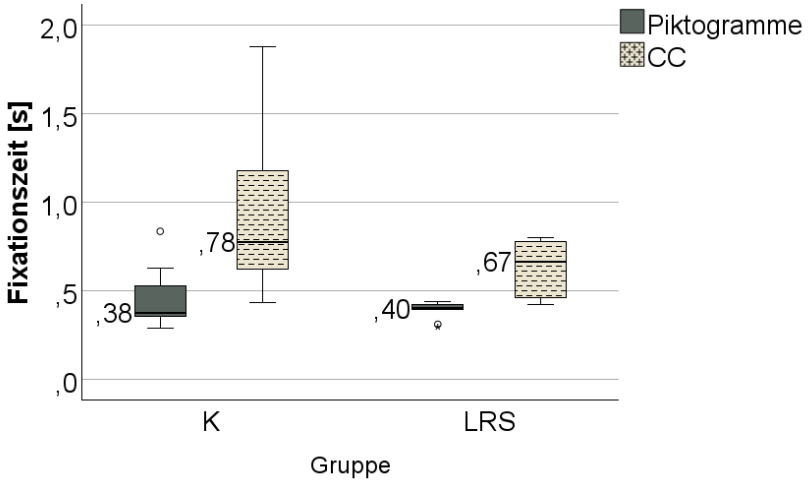


Abbildung 23: Fixationszeiten Piktogramme/CC.
Fixationszeit in Sekunden [s]. Vergleich zwischen dem Benennen von Piktogrammen und CC unter Angabe des Medians. K = Kontrollgruppe; LRS = LRS-Gruppe

Innerhalb der Kontrollgruppe ließ sich zwischen den Aufgaben ein signifikanter Unterschied ausmachen (Wilcoxon Test: z = 3,82; p < 0,001). Genauer

gesagt ist hierbei die mittlere Fixationszeit bei CC länger als beim Benennen von Piktogrammen. Auch in der LRS-Gruppe ergab die Analyse einen signifikanten Unterschied zwischen dem Benennen von Piktogrammen und CC (Wilcoxon Test: z = 2,67; p =0,008).

3.8 Vergleich zwischen der deutschen und der chinesischen Benennung der chinesischen Zeichen (CD/CC)

Im Folgenden Kapitel werden die beiden Aufgaben, die deutsche Bedeutung der chinesischen Zeichen (CD) und das Aussprechen der chinesischen Zeichen auf Chinesisch (CC) gegenübergestellt und analysiert.

3.8.1 Anzahl korrekter Antworten

Innerhalb der LRS-Gruppe sind signifikant mehr korrekte Antworten beim Erkennen der Bedeutung (CD) erfolgt als beim Aussprechen des chinesischen Wortes (CC) (Wilcoxon Test: z = -3,30; p < 0,001). Dasselbe war innerhalb der Kontrollgruppe zu beobachten (Wilcoxon Test: z = -2,75; p = 0,006).

3.8.2 Artikulationslatenzen

Die Analyse der Artikulationslatenzen zwischen CD und CC ergab eine signifikant erhöhte Latenz bei CC innerhalb der LRS-Gruppe (Wilcoxon Test: z = -2,67, p =0,008). Auch die Kontrollgruppe zeigte hierbei einen signifikanten Unterschied (Wilcoxon Test: z = -3,82, p < 0,001).

3.8.3 Anzahl an Sakkaden

Weder innerhalb der LRS-Gruppe (Wilcoxon Test: z = -2,07, p = 0,038), noch innerhalb der Kontrollgruppe (Wilcoxon Test: z = -1,19, p = 0,233) zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen CD und CC bezüglich der Anzahl an Sakkaden.

3.8.4 Anzahl an Fixationen

In der Anzahl der Fixationen ergab die Analyse innerhalb der Kontrollgruppe zwischen CD und CC keinen signifikanten Unterschied (Wilcoxon Test:

z = 1,77, p = 0,074). Dagegen war bei Kindern mit Legasthenie die Anzahl an Fixationen in CC signifikant erhöht, verglichen mit CD (Wilcoxon Test: z = 2,37, p = 0,018).

3.8.5 Fixationszeiten

In der LRS-Gruppe zeigte sich in den Fixationszeiten ein signifikanter Unterschied zwischen CD und CC (Wilcoxon Test: z = 2,67, p = 0,008). Auch wurde in der Kontrollgruppe eine signifikant längere Fixationszeit beim Lesen chinesischer Zeichen auf Chinesisch gemessen, verglichen mit der deutschen Übersetzung chinesischer Zeichen (Wilcoxon Test: z = 3,82, p < 0,001).

3.9 Visuelle Komplexität

Im Folgenden wurde die Anzahl der Striche pro chinesischem Zeichen als Maß für die Komplexität herangezogen und eine Korrelationsanalyse mit den jeweiligen Augenbewegungsparametern durchgeführt.

3.9.1 Anzahl der Striche pro chin. Zeichen versus Artikulationslatenz pro Zeichen

Eine Spearman Korrelationsanalyse wurde durchgeführt, um zu testen, ob es einen Zusammenhang zwischen Artikulationslatenz und der Komplexität der chinesischen Zeichen gibt. Es zeigte sich weder eine signifikante Korrelation in der LRS-Gruppe (Spearman's Rho: ρ (12) = 393, p = 0,206), noch in der Kontrollgruppe (Spearman's Rho: ρ (12) = 0,316 p = 0,317).

3.9.2 Anzahl der Striche pro chin. Zeichen versus Anzahl an Fixationen pro Zeichen

Eine Spearman Korrelationsanalyse wurde durchgeführt, um einen Zusammenhang zwischen der Komplexität und der Anzahl an Fixationen zu testen. Weder in der LRS-Gruppe (Spearman's Rho: ρ (12) = 0,435, p = 0,158), noch in der Kontrollgruppe (Spearman's Rho: ρ (12) = 0,238, p = 0,456) zeigte sich eine signifikante Korrelation.

3.9.3 Anzahl der Striche pro chin. Zeichen versus Fixationszeit pro Zeichen

Eine Spearman Korrelationsanalyse wurde durchgeführt zur Testung eines Zusammenhangs zwischen der Komplexität und der Fixationszeit. Es zeigte sich keine signifikante Korrelation in der LRS-Gruppe (Spearman's Rho: ρ (12) = 0,070, p = 0,828) und in der Kontrollgruppe (Spearman's Rho: ρ (12) = 0,379, p = 0,224).

3.10 Zeitspanne zwischen Unterricht bis T2

Eine Normalverteilung lag in der LRS-Gruppe in Bezug zur Zeitspanne (Shapiro Wilk Test: p = 0,075) und in Bezug zur Fehlerrate CC vor (Shapiro Wilk Test: p = 0,179). Die übrigen Daten waren nicht normalverteilt (Shapiro Wilk Test: p< 0,05).

Zwischen den Gruppen zeigte sich ein signifikanter Unterschied bezüglich der Zeitspanne zwischen dem Unterricht bis T2 (Mann-Whitney-U Test: U=75, p < 0,001). So betrug die Zeitspanne (Median (IQR)) in der LRS-Gruppe 6,00 (4,00-10,00) Tage und in der Kontrollgruppe 13,00 (7,00-27,00) Tage.

Dieser Unterschied war zwar signifikant, zeigte jedoch in der Korrelationsanalyse keine entsprechende Signifikanz: In der LRS-Gruppe zeigte sich keine signifikante Korrelation zwischen der Fehlerrate CD und der Zeitspanne zwischen dem Unterricht und T2 (Spearman's Rho: ρ (15) = -0,046, p = 0,871), noch zwischen der Fehlerrate CC und der Zeitspanne (Pearson-Korrelation r (15) = -0,344, p = 0,209). Die Kontrollgruppe zeigte weder eine signifikante Korrelation zwischen der Zeitspanne von Unterricht bis T2 und der Fehlerrate CD (Spearman's Rho: ρ (21) = 0,045, p = 0,845), noch zwischen der Zeitspanne und der Fehlerrate CC (Spearman's Rho: ρ (21) = 0,108, p = 0,640). Eine graphische Darstellung ist in den Abbildungen 24 und 25 ersichtlich.

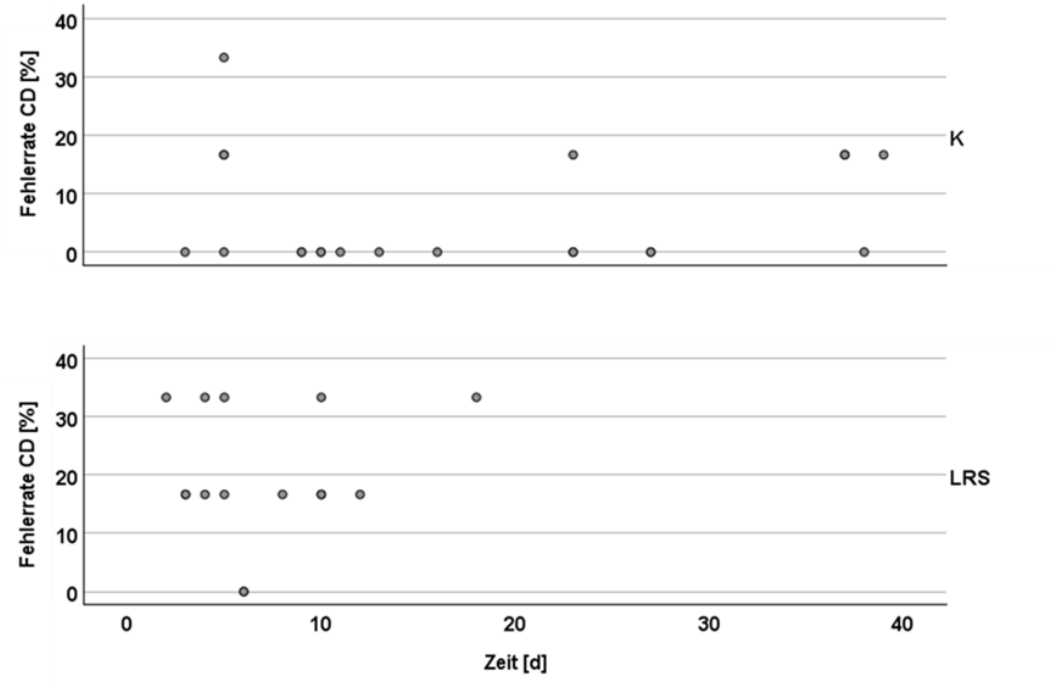


Abbildung 24: Fehlerrate CD.
Fehlerrate beim Benennen der chinesischen Zeichen auf Deutsch. Angabe in Prozent [%] über die Zeitspanne zwischen dem Ende des Unterrichts und T2 in Tagen [d]. LRS= LRS-Gruppe; K = Kontrollgruppe

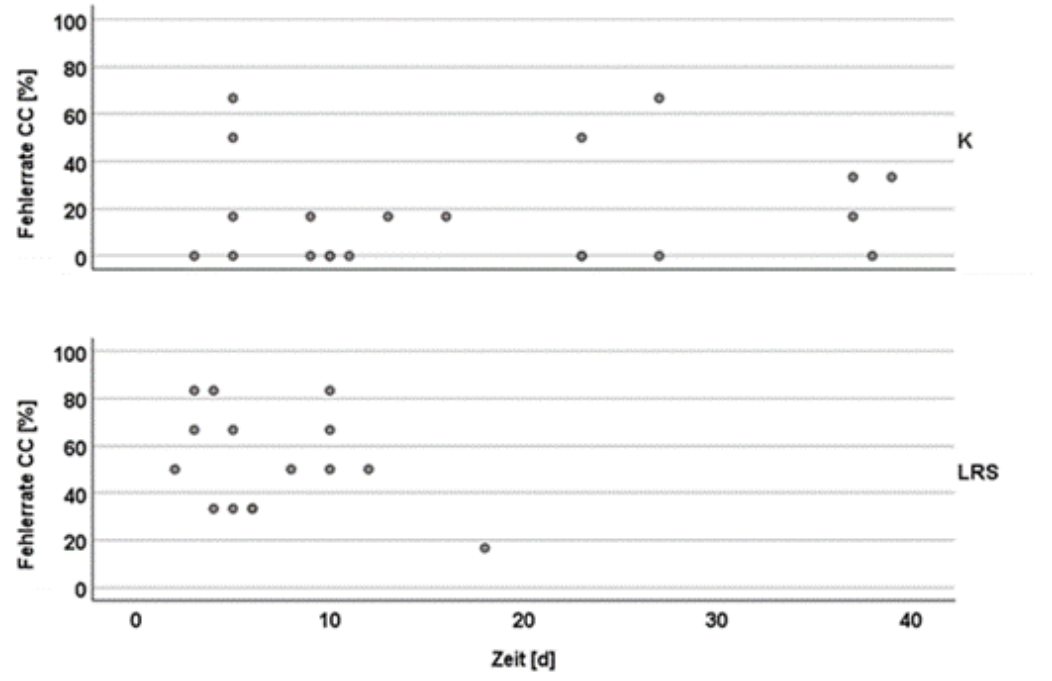


Abbildung 25: Fehlerrate CC.
Fehlerrate beim Benennen der chinesischen Zeichen auf Chinesisch (CC). Angabe in Prozent [%] über die Zeitspanne zwischen dem Ende des Unterrichts und T2 in Tagen [d]. LRS= LRS-Gruppe; K = Kontrollgruppe.

3.11 Inventar zur Erfassung der Lebensqualität (ILK)

Die Analysen bezüglich des LQ_{0-28} wurden bereits in Kuester-Gruber et al. (2023) veröffentlicht. Die Ergebnisübersichten befinden sich in den Tabellen 7 und 8.

In Bezug auf den PR_{0-7} (Problemscore) ergaben die Analysen keine signifikanten Differenzen zwischen den Zeitpunkten und zwischen den Gruppen: Zu T1 zeigten 11,1% (n = 2) der Kinder mit Legasthenie und 4,5% (n = 1) der Kontrollen einen auffälligen PR_{0-7}. Zu T2 blieb die Rate der Kinder mit Legasthenie, die in die Kategorie ‚Auffällig' fielen, bei 4,5% (n = 2). Alle Kontrollen (n = 22) erzielten zu T2 einen unauffälligen PR_{0-7}. Vergleicht man die Kinder mit und ohne Legasthenie zu beiden Testzeitpunkten, war weder zu T1 (Mann-Whitney-U Test: U = 185, p = 0,579), noch zu T2 (Mann-Whitney-U Test: U = 176, p = 0,196) ein signifikanter Unterschied feststellbar. Zudem gab es keinen signifikanten Unterschied innerhalb der Gruppen, weder in der Gruppe der Kinder mit Legasthenie (McNemar's Test p = 1,000), noch in der Kontrollgruppe (McNemar's Test p = 1,000).

Der LQ_{0-28} (Lebensqualitäts-Score) unterteilt sich in die Kategorien ‚unterdurchschnittlich,' ‚durchschnittlich' und ‚überdurchschnittlich'. 83,3% (n = 15) der Kinder mit Legasthenie und 81,8% (n = 18) der Kinder ohne Legasthenie erreichten einen durchschnittlichen Wert zum Zeitpunkt T1. Als unterdurchschnittlich klassifiziert wurde jeweils ein Kind aus jeder Gruppe. In die Kategorie ‚überdurchschnittlich' fielen 11,1% (n = 2) der Kinder mit Legasthenie und 13,6% (n = 3) der Kinder ohne Legasthenie. Zu T2 wurde keines der Kinder als unterdurchschnittlich klassifiziert. In die Kategorie ‚durchschnittlich' fielen 94,4% (n = 17) der Kinder mit Legasthenie und 54,57% (n = 12) der Kontrollkinder. Die Anzahl der Kinder, die als überdurchschnittlich klassifiziert wurden, sank bei den Kindern mit Legasthenie auf 5,6% (n = 1). Dagegen stieg die Zahl bei den Kontrollen auf 45,5% (n = 10). Zum Zeitpunkt T1 zeigt sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen (Mann-Whitney-U Test: U = 191,5, p = 0,949). Dagegen ist der Unterschied zum Zeitpunkt T2 signifikant (Mann-Whitney-U Test: U = 119, p = 0,011). Analysiert man die beiden Testzeitpunkte innerhalb einer Gruppe, dann ist in der LRS-Gruppe kein signifikanter

Unterschied erkennbar (Exakter Fisher-Test: X^2 (2, n = 18) = 8,471; p = 0,167). Auch in der Kontrollgruppe zeigt sich ein kein signifikanter Unterschied zwischen T1 zu T2 (Chi Quadrat Test: X^2 (2, n = 22) = 2,057; p = 0,368).

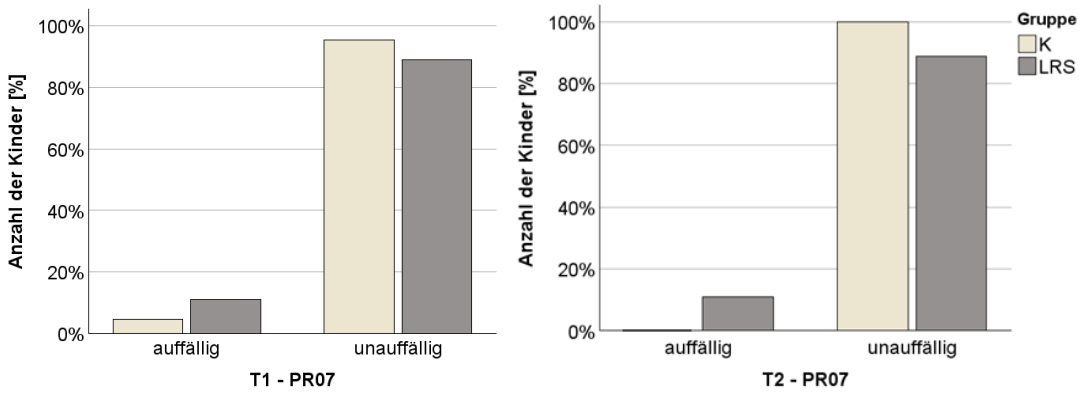


Abbildung 26: PR0-7: Verteilung der Kinder.
Angabe in Prozent [%]. Einteilung in die Kategorien ‚auffällig' und ‚unauffällig' zu den Testzeitpunkten T1 und T2. K = Kontrollgruppe, LRS = LRS-Gruppe

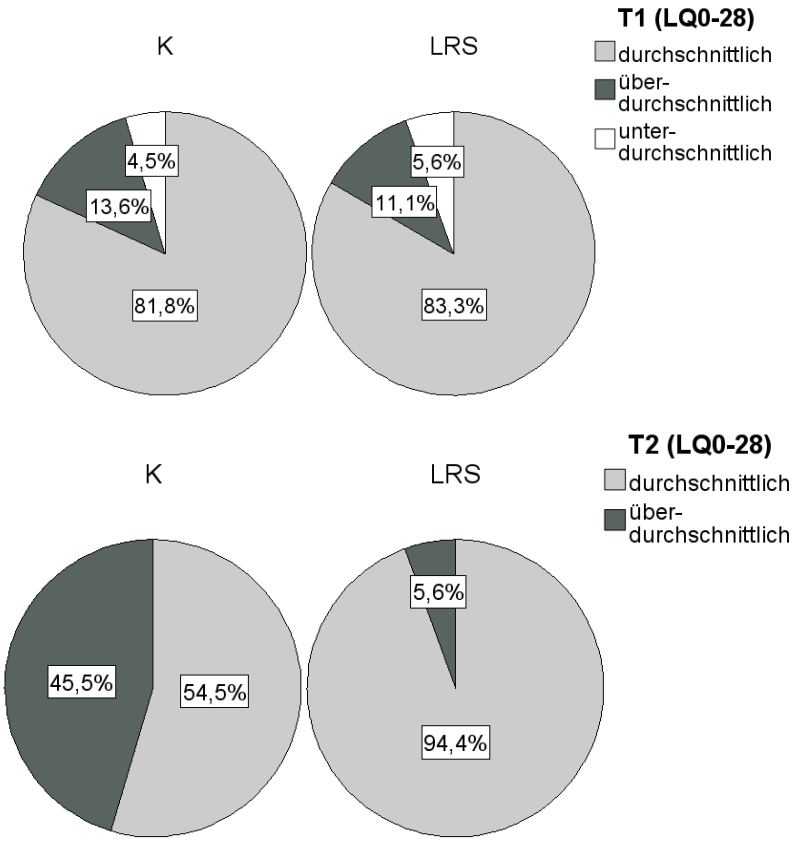


Abbildung 27: LQ0-28: Verteilung der Kinder.
Angabe in Prozent [%]. Einteilung in die Kategorien ‚durchschnittlich,' ‚überdurchschnittlich' und ‚unterdurchschnittlich' zu den Testzeitpunkten T1 (oben) und T2 (unten). K = Kontrollgruppe, LRS = LRS-Gruppe

3.11.1 ILK – Angaben der Eltern

Ein Anteil von 66,7 % (n = 12) der Eltern von Kindern mit Legasthenie und 81,8 % (n = 18) der Eltern von Kontrollkindern schätzten ihre Kinder beim PR0-7 zum Zeitpunkt T1 als unauffällig ein. Als auffällig beurteilten 33,3 % (n = 6) der Eltern von Kindern mit Legasthenie und 18,2 % (n = 4) der Eltern von Kindern ohne Legasthenie ihre Kinder. In der LRS-Gruppe zeigte sich zum Zeitpunkt T2 keine Veränderung, während in der Kontrollgruppe der Anteil unauffälliger Einschätzungen auf 90,1 % (n = 20) anstieg. Weder zu T1 (Mann-Whitney-U Test: U = 168, p = 0,464) noch zu T2 (Mann-Whitney-U Test: U = 150, p = 0,110) ergaben sich signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen. Auch die Veränderungen innerhalb der Gruppen zwischen T1 und T2 waren statistisch nicht signifikant (McNemar-Test: LRS: p = 1,000; K: p = 0,625).

In Bezug auf den LQ_{0-28} stuften zum Testzeitpunkt T1 72,2% (n =13) die Eltern von Kindern mit Legasthenie die Lebensqualität ihrer Kinder in die Kategorie ‚durchschnittlich' und 27,8% (n = 5) ihre Kinder in die Kategorie ‚unterdurchschnittlich' ein. Diese Einschätzungen blieben zu T2 unverändert. In der Gruppe der Kontrolleltern stuften 50% (n = 11) der Eltern die Lebensqualität ihrer Kinder zu T1 als durchschnittlich, 18,2% (n = 4) als unterdurchschnittlich und 31,8% (n = 7) als überdurchschnittlich ein. Zu T2 veränderten sich die Werte zu 68,2% (n = 15) ‚durchschnittlich,' 4,5% (n = 1) ‚unterdurchschnittlich' und 27,3% (n = 6) ‚überdurchschnittlich.' Innerhalb der LRS-Gruppe war kein signifikanter Unterschied feststellbar (Exakter Fisher-Test: X^2 (1, n = 18) = 0,516, p = 0,583). Innerhalb der Kontrollgruppe hingegen war ein signifikanter Unterschied zwischen T1 und T2 feststellbar (Chi Quadrat Test: X^2 (4, n = 22) = 18,267; p = 0,001). Vergleicht man die beiden Gruppen, war sowohl zum Zeitpunkt T1 (Mann-Whitney-U Test: U = 133,5, p = 0,048) als auch zu T2 (Mann-Whitney-U Test: U = 113, p = 0,007) ein signifikanter Unterschied ersichtlich.

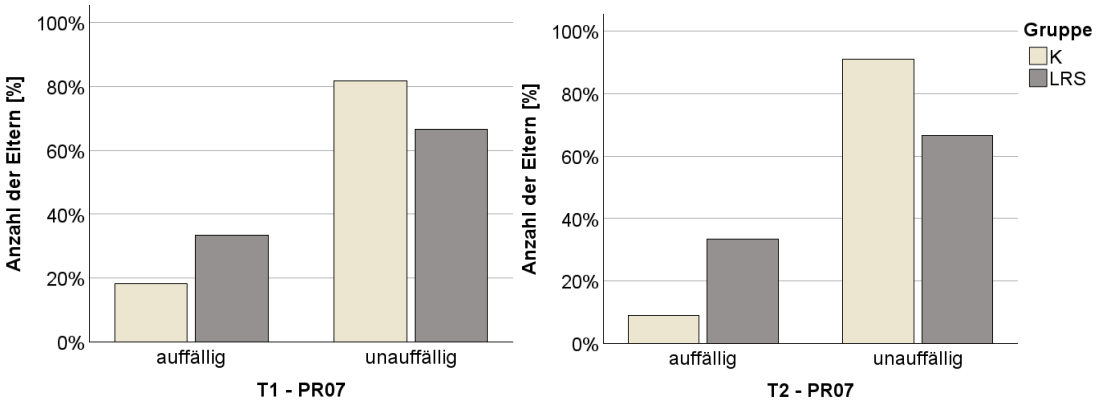


Abbildung 28: PR0-7: Verteilung der Eltern.
Angabe in Prozent [%]. Einteilung in die Kategorien ‚auffällig' und ‚unauffällig' zu den Testzeitpunkten T1 und T2. K = Kontrollgruppe, LRS = LRS-Gruppe

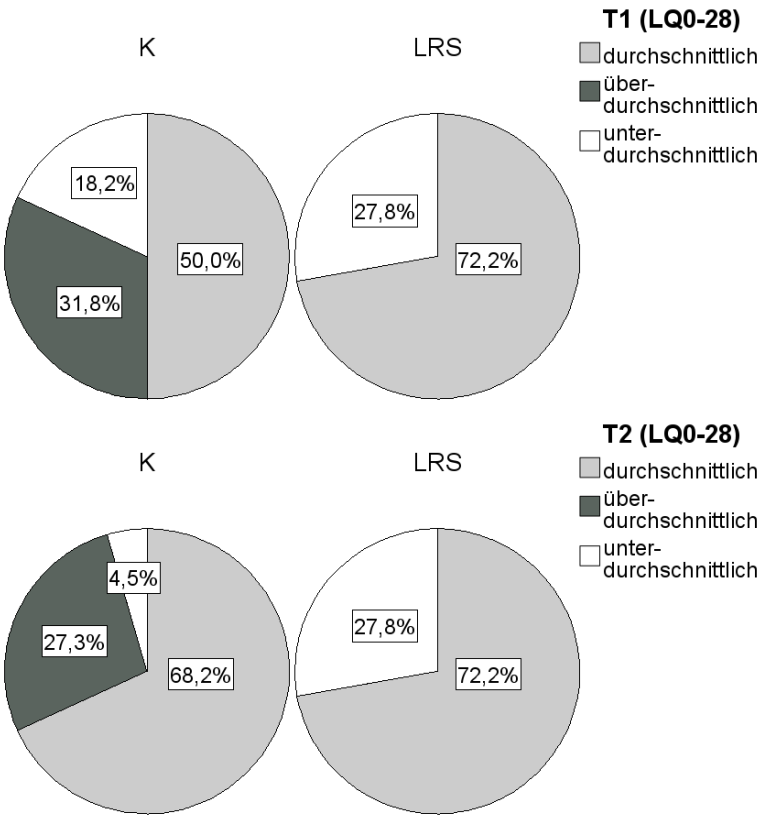


Abbildung 29: LQ0-28: Verteilung der Eltern.
Angabe in Prozent [%]. Einteilung in die Kategorien ‚durchschnittlich,' ‚überdurchschnittlich' und ‚unterdurchschnittlich' zu den Testzeitpunkten T1 (oben) und T2 (unten).
K = Kontrollgruppe, LRS = LRS-Gruppe

3.11.2 ILK – Vergleich zwischen Kinder und Eltern

In Bezug auf den PR_{0-7} ist der Anteil der Eltern, die ihre Kinder als ‚auffällig' einschätzten, sowohl im Prä-, als auch im Posttest prozentual höher als bei der Selbsteinschätzung der Kinder, jedoch ohne statistische Signifikanz. Im Detail gaben 25% (n = 10) der Eltern und 7,5% (n = 3) der Kinder zum Zeitpunkt T1 eine auffällige Punktzahl an. Bei T2 waren es 20% (n = 8) der Eltern und 5% (n = 2) der Kinder. Stellt man die Ergebnisse aller Kinder der der Eltern gegenüber, zeigen sich keine signifikanten Unterschiede (McNemar's Test T1: p = 0,149; T2 p = 0,364). Auch innerhalb der Gruppen zwischen den beiden Zeitpunkten war weder zu T1 (McNemar's Test: LRS: p = 0,219; K: p = 0,250), noch zu T2 (McNemar's Test: LRS: p = 0,219; K: p = 0,500) ein signifikanter Unterschied erkennbar.

Bei der Analyse des LQ_{0-28} gab es einen signifikanten Unterschied zum Zeitpunkt T1 zwischen den Kindern und den Eltern (Chi-Quadrat Test: X^2 (4, n=40) = 14,322, p = 0,006). Hierbei stuften 22,5% (n = 9) der Eltern die Lebensqualität ihrer Kinder in die Kategorie ‚unterdurchschnittlich,' 60% (n = 24) in die Kategorie ‚durchschnittlich' und 17,5% (n = 7) in die Kategorie ‚überdurchschnittlich' ein. Dagegen zeigten lediglich 5% (n = 2) der Kinder einen unterdurchschnittlichen Wert, während 82,5% (n = 33) einen durchschnittlichen Wert und 12,5% (n = 5) einen überdurchschnittlichen Wert angaben.

Analysen des Posttests ergeben, anders als beim Pretest, nunmehr keinen signifikanten Unterschied zwischen den Eltern und den Kindern (Chi-Quadrat Test: X^2 (2, n=40) = 3,815; p = 0,148). Hierbei fielen 72,5% (n = 29) der Kinder in die Kategorie ‚durchschnittlich' und 27,5% (n = 11) in die Kategorie ‚überdurchschnittlich.' 15% (n = 6) der Eltern stuften die Lebensqualität ihrer Kinder in die Kategorie ‚unterdurchschnittlich,' 70% (n = 28) in die Kategorie ‚durchschnittlich' und 15% (n = 6) in die Kategorie ‚überdurchschnittlich' ein.

Analysen innerhalb der Gruppen zeigen, dass der signifikante Unterschied zu T1 auf die Unterschiede innerhalb der Kontrollgruppe, zwischen den Kontrollkindern und den Kontrolleltern, zurückzuführen ist (Chi-Quadrat Test:

X^2 (4, n=22) = 11,917; p = 0,010), während kein signifikanter Unterschied zu T2 mehr vorliegt (Chi-Quadrat Test: X^2 (2, n = 22) = 0,892; p = 1,00). Innerhalb der LRS-Gruppe liegt weder zu T1 (Exakter Fisher-Test: X^2 (2, n = 18) = 3,378; p = 0,331) noch zu T2 (Exakter Fisher-Test X^2 (1, n = 18) = 4,07; p = 1,00) ein signifikanter Unterschied zwischen den Einschätzungen der Eltern und den Kindern vor.

3.12 Feedback T2

Nachfolgend werden die Fragen in Bezug auf den Chinesisch-Unterricht analysiert, die zu T2 erhoben wurden. Die Antworten zu Frage 1 beinhalten zusätzlich die Pilotkinder, Fragen 2 und 3 sind erst mit der Hauptstudie eingeführt worden, weshalb hierbei eine leicht reduzierte Zahl an Antworten vorliegt.

Frage 1: Hat das Chinesisch-Lernen Spaß gemacht?

Auf die Frage, ob das Chinesisch-Lernen den Kindern Spaß gemacht habe, antworteten 21 Kontrollkinder und 18 Kinder mit LRS. Durchweg alle Kinder gaben an, Gefallen am Unterricht gehabt zu haben.

Frage 2: War es schwierig, sich an die Bedeutung des chinesischen Zeichens zu erinnern?

Die Verteilung bei der Frage nach der subjektiv wahrgenommenen Schwierigkeit, sich an die deutsche Bedeutung des Zeichens zu erinnern, ist über beide Gruppen ähnlich (s. Abbildung 30). Während 35,0% (n = 7) der Kontrollkinder angaben, manchmal diese Schwierigkeit gehabt zu haben, waren dies 42,9% (n = 6) in der LRS-Gruppe. Mit „Nein“ antworteten 65,0% (n = 13) der Kontrollen und 57,1% (n = 8) der Kinder mit LRS. Zwischen den Gruppen liegt kein signifikanter Unterschied vor (Exakter Test nach Fisher: p= 0,728).

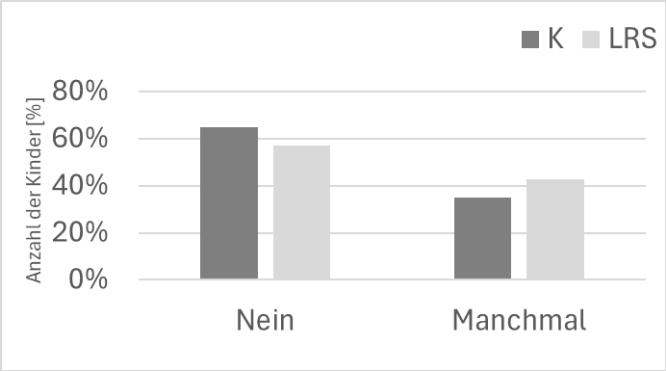


Abbildung 30: Feedback Frage 2. Frage: War es schwierig, sich an die Bedeutung des chinesischen Zeichens zu erinnern? Antwortmöglichkeiten: Ja, Manchmal, Nein; Keines der Kinder hat mit Ja geantwortet. Angabe der Anzahl der Kinder in Prozent [%]. K= Kontrollgruppe, LRS= LRS-Gruppe

Frage 3: War es schwierig, das chinesische Wort zum Zeichen zu finden?

Bezüglich der wahrgenommenen Schwierigkeit der chinesischen Wortfindung wurden folgende Angaben gemacht: Keine Schwierigkeiten gaben 65,0% (n= 13) der Kontrollgruppe und nur 33,3% (n = 5) der Kinder mit LRS an. Mit „Manchmal“ antworteten 46,7% (n = 7) in der LRS-Gruppe und 20,0% (n = 4) der Kontrollen. Schwierigkeiten gehabt zu haben gaben 15,0% (n = 3) der Kontrollen und 20,0% (n = 3) der Kinder mit Legasthenie an (s. Abbildung 31). Analysen zeigen keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen (Chi-Quadrat Test: p = 0,154). Vereint man die Kategorien „Ja“ und „Manchmal“ kann eine leichte Tendenz wahrgenommen werden hinsichtlich vermehrter Schwierigkeiten in der LRS-Gruppe in Bezug auf die Wortfindung im Chinesischen (Exakter Test nach Fisher: p = 0,092).

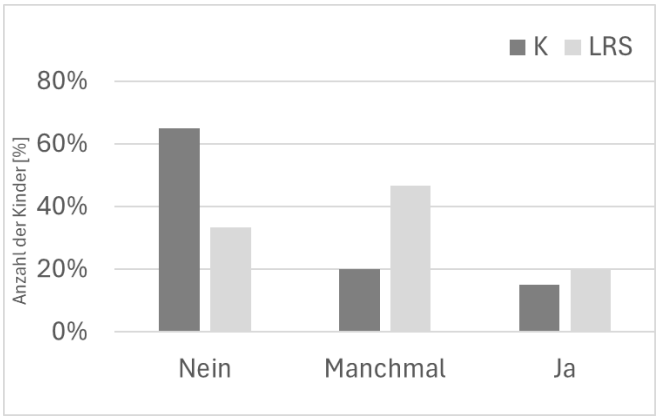


Abbildung 31: Feedback Frage 3. Frage: War es schwierig, das chinesische Wort zum Zeichen zu finden? Angabe der Anzahl der Kinder in Prozent [%]. Antwortmöglichkeiten: Ja, Manchmal, Nein; K= Kontrollgruppe, LRS= LRS-Gruppe

	Artikulationslatenz *Median (IQR)* [s]		Anzahl an Fixationen *Median (IQR)*		Fixationsdauer *Median (IQR)* [s]	
	Legastheniegruppe	Kontrollgruppe	Legastheniegruppe	Kontrollgruppe	Legastheniegruppe	Kontrollgruppe
Alphab. Wörter (T 1 Studie)	1,33 (1,05-2,12)	0,81 (0,72-0,93)	3,00 (3,00-5,25)	2,00 (2,00-2,63)	0,39 (0,36-0,45)	0,35 (0,31-0,40)
Statistische Analyse zwischen den Gruppen	MWU (U=332) p < 0,001*		MWU (U=344) p < 0,001*		MWU (U=265) p = 0,070	
Alphab. Wörter (T 2 Bestätigung)	1,34 (1,09-1,69)	0,75 (0,67-0,84)	3,50 (3,00-4,63)	2,00 (2,00-2,50)	0,36 (0,33-0,42)	0,34 (0,30-0,42)
Statistische Analyse zwischen den Gruppen	MWU (U=370) p< 0,001*		MWU (U=378,5) p < 0,001*		MWU (U=233,5) p = 0,338	
Piktogramme gesamt	0,90 (0,77-1,07)	0,81 (0,77-0,95)	2,50 (2,00-3,00)	2,00 (2,00-2,13)	0,40 (0,35-0,44)	0,38 (0,34-0,53)
Statistische Analyse zwischen den Gruppen	MWU (U=233) p = 0,352		MWU (U=300) p = 0,005*		MWU (U=188) p = 0,798	
Chin. Zeichen, dt. Aussprache	1,45 (1,27-1,72)	1,48 (1,29-1,70)	3,00 (2,00-3,00)	2,00 (2,00-3,00)	0,54 (0,44-0,63)	0,59 (0,49-0,74)
Statistische Analyse zwischen den Gruppen	MWU (U=150) p = 0,825		MWU (U=174) p = 0,612		MWU (U=120) p = 0,238	
Chin. Zeichen, chin. Aussprache	3,06 (2,29-3,86)	1,72 (1,37-2,25)	6,00 (2,50-6,00)	2,0 (2,00-3,00)	0,67 (0,46-0,79)	0,78 (0,58-1,25)
Statistische Analyse zwischen den Gruppen	MWU (U=138) p = 0,009*		MWU (U=136) p = 0,012*		MWU (U=52) p = 0,105	

Tabelle 6: Ergebnisübersicht der Eye-Tracking Daten und der statistischen Testergebnisse

		T1 PR(0-7)		T2 PR(0-7)		Unterschied T1/T2 (McNemar-Test)	Unterschied Kinder/Eltern (T1) McNemar-Test	Unterschied Kinder/Eltern (T2) McNemar-Test	Unterschied LRS/K (T1) Mann-Whitney U	Unterschied LRS/K (T2) Mann-Whitney U
		Auffällig n (%)	Unauffällig n (%)	Auffällig n (%)	Unauffällig n (%)					
LRS	Kinder	2 (11,1%)	16 (88,9%)	2 (11,1%)	16 (88,9%)	p = 1,00	p = 0,219	p = 0,219	U = 185, p = 0,579	U = 176, p = 0,196
	Eltern	6 (33,3%)	12 (66,7%)	6 (33,3%)	12 (66,7%)	p = 1,00			U = 168, p = 0,464	U = 150, p = 0,110
K	Kinder	1 (4,5%)	21 (95,5%)	0 (0,0%)	22 (100%)	p = 1,00	p = 0,250	p = 0,500		
	Eltern	4 (18,2%)	18 (81,8%)	2 (9,1%)	20 (90,9%)	p = 0,625				

Tabelle 7: Ergebnisübersicht PR0-7.
Kategorien ‚Auffällig' und ‚Unauffällig.' Unterteilung in Kinder und deren Eltern zu den beiden Testzeitpunkten. n =Anzahl in Prozent [%], LRS = LRS-Gruppe, K = Kontrollgruppe; T1 = Testzeitpunkt 1, T2= Testzeitpunkt 2. Bereits publiziert in Kuester-Gruber et al. (2023).

		T1 LQ(0-28)			T2 LQ(0-28)			Unterschied T1/T2	T1 Kinder/ Eltern	T2 Kinder/ Eltern	T1 LRS/K (MWU)	T2 LRS/K (MWU)
		Unter-durch-schnitt-lich n (%)	Durch-schnitt-lich n (%)	Über-durch-schnitt-lich n (%)	Unter-durch-schnitt-lich n (%)	Durch-schnitt-lich n (%)	Über-durch-schnitt-lich n (%)					
LRS	Kinder	1 (5,6%)	15 (83,3%)	2 (11,1%)	0 (0,0%)	17 (94,4%)	1 (5,6%)	$X^2(2, n = 18) = 8,471$, $p = 0,167$ (EFT)	$X^2(2, n = 18) = 3,378$, $p = 0,331$ (EFT)	$X^2(1, n = 18) = 4,07$, $p = 1,00$ (EFT)	U= 191,5, p=0,949	U=119, p=0,011*
	Eltern	5 (27,8%)	13 (72,2%)	0 (0,0%)	5 (27,8%)	13 (72,2%)	0 (0,0%)	$X^2(1, n = 18) = 0,516$, $p = 0,583$ (EFT)			U = 133,5, p=0,048*	U=113, p=0,007*
K	Kinder	1 (4,5%)	18 (81,8%)	3 (13,6%)	0 (0,0%)	12 (54,5%)	10 (45,5%)	$X^2(2, n = 22) = 2,057$, $p = 0,368$) (CQ)	$X^2(4, n = 22) = 11,917$, $p = 0,010$* (CQ)	$X^2(2, n = 22) = 0,892$, $p = 1,00$ (CQ)		
	Eltern	4 (18,2%)	11 (50,0%)	7 (31,8%)	1 (4,5%)	15 (68,2%)	6 (27,3%)	$X^2(4, n = 22) = 18,267$, $p = 0,001$* (CQ)				

Tabelle 8: Ergebnisübersicht LQ0-28.
Kategorien ‚Durchschnittlich,' ‚Unterdurchschnittlich' und ‚Überdurchschnittlich.' Unterteilung in Kinder und deren Eltern zu den beiden Testzeitpunkten. n =Anzahl in Prozent [%], LRS = LRS-Gruppe, K = Kontrollgruppe; T1= Testzeitpunkt 1, T2= Testzeitpunkt 2. EFT= Exakter Fisher Test, CQ= Chi-Quadrat-Test, MWU= Mann-Whitney-U-Test. Bereits publiziert in Kuester-Gruber et al. (2023).

4 Diskussion

Teile der Diskussion wurden bereits in den Publikationen meiner Arbeitsgruppe (Kuester-Gruber et al., 2023, Trauzettel-Klosinksi et al., 2024) veröffentlicht.

4.1 Crowding

Der Unterschied der Nahsehschärfe zwischen den einzelnen Optotypen und den Reihen-Optotypen war zwischen den Gruppen statistisch signifikant. Bei genauerer Betrachtung ist diese Gruppendifferenz von einer halben Zeile sehr wahrscheinlich klinisch nicht relevant. Es zeigten zwar mehr Kinder in der LRS-Gruppe einen Unterschied von ≥ 2 Zeilen (5 Kinder in der LRS-Gruppe, 1 Kind in der Kontrollgruppe), gleichzeitig war bei diesen Kindern jedoch kein abweichendes Verhalten in den Versuchen feststellbar (Kuester-Gruber et al., 2023). Mehrere Studien erbrachten bereits einen Anhalt für einen Crowding-Effekt bei Menschen mit Legasthenie, bei der es sich um die Schwierigkeit handelt, einzelne Formen innerhalb Mehrerer zu erkennen (Bertoni et al., 2019, Callens et al., 2013, Cassim et al., 2014, Gori und Facoetti, 2015, Martelli et al., 2009, Joo et al., 2018). Untersuchungen in der vorliegenden Studienkohorte konnten hierbei jedoch keinen klinisch relevanten Unterschied zwischen den Gruppen feststellen und stimmen eher mit den Ergebnissen von Shovman und Ahissar (2006), wonach die Schwierigkeiten beim Wortlesen nicht auf Defizite in der visuellen Verarbeitung zurückzuführen sind. Gleichzeitig kann eine Beeinträchtigung auf der magnozellulären Ebene, und damit Defizite im visuellen System, bei einer Untergruppe der Kinder mit Legasthenie nicht ausgeschlossen werden (Stein, 2001, Iles et al., 2000).

Weitere Studien fanden zudem einen Vorteil für Menschen mit Legasthenie durch vergrößerte Buchstaben-, Wörter- und Zeilenabstände (Joo et al., 2018, Marinus et al., 2016, Zorzi et al., 2012, Moores et al., 2011), wobei der Benefit hierbei nicht ausschließlich auf Menschen mit Legasthenie zuzutreffen scheint (Hakvoort et al., 2017). Ein Einfluss der Schriftart beim Lesen auf einem Bildschirm wurde an einer kleinen Studienkohorte beobachtet, bei der sich ein Vorteil für Schriften ohne Serifen verglichen mit solchen mit Serifen ergab (Dogusoy et al., 2016). Gleichzeitig konnten Wery und Diliberto (2017) keine

signifikanten Unterschiede bei verschiedenen Leseaufgaben in Schriften mit und ohne Serifen bei Kindern mit Legasthenie feststellen. Die vorliegende Studie verwendete Times New Roman, eine Schriftart mit Serifen, um eine bessere Vergleichbarkeit mit zuvor durchgeführten Studien zu erreichen.

4.2 Lesegeschwindigkeit ZLT

Erwartungsgemäß war die Lesegeschwindigkeit in Wörtern pro Minute im Zürcher Lesetest (ZLT) bei den Kindern mit Legasthenie zu beiden Testzeitpunkten signifikant langsamer. Dies konnte bereits in vorigen Studien bei Menschen mit Legasthenie in verschiedenen Sprachen gezeigt wurde (Layes et al., 2015, Martelli et al., 2014, Tressoldi et al., 2001). Insbesondere eine verlängerte Zeit bis zur Decodierung der Buchstaben und Wörter, sowie eine deutlich erhöhte Anzahl an Fehlern erklärt die verlangsamte Lesegeschwindigkeit innerhalb der vorliegenden LRS-Gruppe. Potenzielle Ursachen hierfür werden im nachfolgenden Kapitel erörtert.

4.3 Alphabetische Wörter

4.3.1 Ergebnisübersicht

Die Kinder der LRS-Gruppe zeigten zu beiden Testzeitpunkten eine signifikant längere Artikulationslatenz beim Lesen alphabetischer Wörter im Vergleich zur Kontrollgruppe. Während innerhalb der Kontrollgruppe die Artikulationslatenz zu T1 verglichen mit T2 signifikant kürzer war, bestand hierbei kein signifikanter Unterschied innerhalb der LRS-Gruppe. Vergleicht man die beiden Gruppen miteinander, war die Gesamtzahl der Sakkaden über alle sechs alphabetischen Wörter in der LRS-Gruppe signifikant höher zu beiden Testzeitpunkten. Analysen zwischen den Testzeitpunkten ergaben signifikant weniger Sakkaden in der Kontrollgruppe zu T2, während innerhalb der LRS-Gruppe kein signifikanter Unterschied erkennbar war. Bei genauerer Betrachtung der Sakkaden wird zudem ersichtlich, dass sowohl die F-Sakkaden pro Wort, als auch die Anzahl der Regressionen pro Wort zu beiden Testzeitpunkten bei den Kindern mit Legasthenie signifikant erhöht war, verglichen mit der Kontrollgruppe. Die

Analyse der Sakkaden > 5° ergab zu beiden Testzeitpunkten zwischen den Gruppen, als auch innerhalb der Gruppen keinen signifikanten Unterschied.

Die Analyse der Anzahl an Fixationen pro Wort zeigte signifikante Unterschiede: Zu beiden Testzeitpunkten wies die LRS-Gruppe mehr Fixationen auf als die Kontrollgruppe. Innerhalb der LRS-Gruppe blieb die Anzahl der Fixationen unverändert zwischen den Testzeitpunkten, während in der Kontrollgruppe signifikant weniger Fixationen zu T1 gemacht wurden. Für die Fixationszeiten zeigten sich weder zwischen den Gruppen noch innerhalb einer Gruppe signifikante Unterschiede.

4.3.2 Diskussion

Im Allgemeinen konnten bei der Aufgabe, einzelne alphabetische Wörter vorzulesen, die Ergebnisse voriger Studien reproduziert werden. Die Kinder mit Legasthenie zeigten zu beiden Testzeitpunkten eine signifikant längere Artikulationslatenz beim Lesen alphabetischer Wörter im Vergleich zur Kontrollgruppe, vergleichbar mit vorigen Studien (Martelli et al., 2014, Zoccolotti et al., 2005). Vergleicht man die beiden Gruppen miteinander, war die Anzahl an Sakkaden und Fixationen zudem in der LRS-Gruppe signifikant höher zu beiden Testzeitpunkten. Bei genauerer Betrachtung wird zudem ersichtlich, dass sowohl die Anzahl an F-Sakkaden als auch die Anzahl an Regressionen zu T1 und T2 bei Kindern mit Legasthenie signifikant erhöht waren. Die Zunahme an Sakkaden beim Lesen bei Kindern mit Legasthenie wurde bereits in einer Vielzahl an Studien beschrieben (Razuk et al., 2018, Prado et al., 2007, Vagge et al., 2015). Vor allem die Wortlänge hat Einfluss auf die Anzahl an Fixationen bei Menschen mit Legasthenie (Hyönä und Olson, 1995, Hutzler und Wimmer, 2004). Die vorangegangene Studie von Dürrwächter et al. (2010) konnte nicht darüber hinaus zeigen, dass die Anzahl an Sakkaden nicht nur mit der Länge, sondern ebenfalls mit der Häufigkeit eines Wortes korrelierte.

Auch die Korrelation zwischen einer erhöhten Anzahl an Regressionen und einer verminderten Leseleistung konnte bereits gezeigt werden (Strandberg et al., 2022, Reichle et al., 2003). Bezüglich der Fixationszeiten bestand weder zwischen den Gruppen, noch zwischen den Testzeitpunkten innerhalb der Gruppen ein signifikanter Unterschied. Dieses Ergebnis stimmt mit einer

vorigen Studie von Trauzettel-Klosinski et al. (2010) bei Kindern mit Legasthenie überein, die zeigen konnte, dass mit einer Zunahme der phonologischen Schwierigkeit bei alphabetischen Wörtern zwar die Anzahl der Fixationen zunahm, die Fixationszeit jedoch konstant blieb.

Im Gegensatz zu den vorliegenden Ergebnissen berichten andere Studien über verlängerte Fixationszeiten bei Personen mit Legasthenie (Razuk et al., 2018, Bucci et al., 2012, Hawelka et al., 2010, Hutzler und Wimmer, 2004), insbesondere bei längeren oder seltenen Wörtern (Dürrwächter et al., 2010, Hyönä und Olson, 1995) sowie bei hoher visueller Ähnlichkeit der Buchstaben (Al Dahhan et al., 2016). Eine mögliche Erklärung für diese Abweichung könnte die vergleichsweise geringe Anzahl an Stimuli in der vorliegenden Studie sein. Zudem wurden Wortlänge und -häufigkeit nicht separat analysiert.

Insgesamt reihen sich die vorliegenden Ergebnisse in einen Großteil der Studien ein, wonach Menschen mit Legasthenie in alphabetischen Schriften ein phonologisches Defizit aufweisen und Schwierigkeiten in der Umwandlung eines Graphems hin zu einem Laut auftreten (Blomert, 2011, Melby-Lervåg et al., 2012, Torgesen et al., 1997, Wimmer und Schurz, 2010, Furnes und Samuelsson, 2011, Navas et al., 2014, Vender und Melloni, 2021, White et al., 2006, Martinelli und Brincat, 2020). Bereits Coltheart et al. (2001) beschreibt ein Zwei-Wege-Modell, das zwischen dem direkten Weg, i.e. dem lexikalischen Lesen (Erkennen eines Wortes), und dem indirekten Weg, i.e. dem sublexikalischen Lesen (Umwandlung von Graphem zu Phonem) unterscheidet. Bei Schriftsprachen mit einer hohen Transparenz, wie im Deutschen oder Italienischen, wird vermehrt ein sublexikales Lesen angewandt (Trauzettel-Klosinski et al., 2010, Dürrwächter et al., 2010). Bergmann und Wimmer (2008) beschreiben drei Ursachen als Grund einer Beeinträchtigung der Lesegeschwindigkeit; ein eingeschränktes orthographisches Lexikon (Rechtschreibung), verlangsamter Zugriff vom orthographischen Lexikon zur Phonologie (lexikaler Weg) und ebenso von einem Graphem zum Phonem (sublexikaler Weg). Die in dieser Studie untersuchten Kinder mit Legasthenie verwendeten signifikant mehr Sakkaden und Fixationen als deren Kontrollgruppe, um ein Wort zu lesen. Eine erhöhte Anzahl an Sakkaden und Fixationen deutet vermehrt auf den Versuch

sublexikalen Lesens und Schwierigkeiten bei der Nutzung des lexikalen Lesens hin und wurde unter anderem in vorigen Studien bereits als ein Subtyp der Legasthenie beschrieben (Hawelka et al., 2010, Gangl et al., 2018, Castles, 2006). Gleichzeitig wurde bereits bei manchen Menschen mit Legasthenie die lexikale Strategie beschrieben (Castles und Coltheart, 1993, Gangl et al., 2018). Es ist davon auszugehen, dass der Leseprozess vor allem aufgrund einer eingeschränkten Verbindung zwischen dem Schriftbild und der sprachlichen Verarbeitung beeinträchtigt ist (Gangl et al., 2018). Diese Annahme stimmt auch mit vielen aktuellen bildgebenden Studien überein, nach denen die Aktivität bei Menschen mit Legasthenie in der linken Gehirnhälfte vermindert ist (Maisog et al., 2008, Ligges und Blanz, 2007, Trauzettel-Klosinski et al., 2006). Speziell die Visual Word Form Area (VWFA) im Sulcus occipitotemporalis, der Bereich, der die Buchstaben und Wortmuster als solche erkennt und in Verbindung mit der phonologischen Repräsentation und den Arealen für Sprachproduktion steht, weist eine verminderte Aktivität bei Menschen mit Legasthenie auf (Monzalvo et al., 2012, Dehaene und Cohen, 2011, Brem et al., 2020).

Die Analyse der Sakkaden > 5° ergaben zu beiden Testzeitpunkten zwischen den Gruppen, als auch innerhalb der Gruppen keinen signifikanten Unterschied. Es handelte sich hierbei um Sakkaden, die mit einer sehr hohen Wahrscheinlichkeit außerhalb des Stimulus landeten. Entgegen den vorliegenden Ergebnissen konnten Franzen et al. (2021) vermehrt willkürliche Sakkadensprünge bei Menschen mit Legasthenie erkennen, wodurch sie schlussfolgerten, dass okulomotorische Defizite nicht komplett ausgeschlossen werden können. Die vorliegenden Ergebnisse fügen sich in eine Vielzahl an Ergebnissen ein, wonach eine Legasthenie nicht auf okulomotorischen Defiziten basiert, sondern vielmehr Verarbeitungsprozesse innerhalb des Gehirns betrifft (Vagge et al., 2015, Hyönä und Olson, 1995, Olson et al., 1983, Hawelka und Wimmer, 2005, Hutzler et al., 2006, Trauzettel-Klosinski et al., 2002).

Auffallend war zudem innerhalb der Kontrollgruppe eine signifikant kürzere Artikulationslatenz zu T2, verglichen mit T1. Solch eine Entwicklung war innerhalb der LRS-Gruppe nicht erkennbar. In den Untersuchungen wurden für T1 und T2 ein unterschiedliches Set an Wörtern verwendet. Die Ergebnisse

könnten damit zusammenhängen, dass zu T2 die alphabetischen Wörter bekannter waren als zu T1. Vor allem das Wort „Bastrock“ zum Zeitpunkt T1 führte vermehrt zu Schwierigkeiten in beiden Gruppen. Andererseits lag zwischen T1 und T2 meist ein Zeitraum von mehreren Wochen bis Monate. Dies könnte ein Hinweis dafür sein, dass die Kinder ohne Legasthenie in dieser relativ kurzen Zeit das lexikale Lesen weiter ausbauen konnten, während die Schwierigkeiten beim Lesen innerhalb der LRS-Gruppe relativ konstant zu sein scheinen. Vor allem die ersten Jahre in der Grundschule sind für die Entwicklung der Lesekompetenz äußerst wichtig (Pianta et al., 2008). Es konnte gezeigt werden, dass schon vor dem Start der Grundschule anhand von Fähigkeiten, die mit dem Lesen in Verbindung stehen, die Leseentwicklung vorhergesagt werden kann (Sonnenschein et al., 2010). Gleichzeitig konnte festgestellt werden, dass eine geringe Lesekompetenz in den frühen Jahren ein Prädiktor für eine geringe Lesekompetenz in späteren Jahren darstellt (Torgesen et al., 1997, Shaywitz et al., 1999).

4.4 Piktogramme

4.4.1 Ergebnisübersicht

Die Analyse der Artikulationslatenzen und Fixationszeiten ergaben keinen signifikanten Unterscheid zwischen der Legasthenie- und der Kontrollgruppe. Dagegen zeigte sich eine signifikant höhere Anzahl an Sakkaden und Fixationen pro Piktogramm in der LRS-Gruppe. Die Unterscheidung in horizontale und vertikale Sakkaden ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen.

4.4.2 Diskussion

In der vorliegenden Studie wurden keine automatisierten Benennungsabläufe (RAN) untersucht, bei denen seriell visuelle Stimuli präsentiert werden. Es herrscht Konsens darüber, dass RAN ein starker Prädiktor bzw. Teil einer Legasthenie darstellt (Badian et al., 1991, Al Dahhan et al., 2014, Araújo et al., 2011, da Silva et al., 2020, Easson et al., 2020, Peterson et al., 2018) und wird auch bei Kindern mit Legasthenie in der chinesischen Schrift beobachtet (Song et al., 2019). Das Benennen von einzelnen Piktogrammen ohne Zeitdruck

wurde in der hier vorliegenden Studie untersucht, um Augenbewegungsparameter bezüglich der visuellen und semantischen Komponenten zu erfassen und mit den chinesischen Zeichen zu vergleichen. Hierbei zeigte sich kein signifikanter Unterschied in der Artikulationslatenz zwischen der Legasthenie- und der Kontrollgruppe, was bereits in einer vorangegangenen Studie von Trauzettel-Klosinski et al. (2002) gezeigt werden konnte. Auch De Luca et al. (2017) konnte zwischen Kindern der achten Klasse zwar einen Unterschied in der verbalen Reaktionszeit beim Lesen von Wörtern ausmachen, jedoch keinen Unterschied beim Benennen von Bildern feststellen. Ein Unterschied zeigte sich in der Anzahl an Fixationen und Sakkaden. So waren diese Augenbewegungsparameter bei den Kindern mit Legasthenie signifikant höher. In der vorangegangenen Studie zeigte sich hierbei die Anzahl an Regressionen bei Kindern mit Legasthenie erhöht (Trauzettel-Klosinski et al., 2002). Es gibt Studien, die auf ein Beeinträchtigung der visuellen Erkennung hindeuten (Kristjánsson und Sigurdardottir, 2023). Jedoch zeigte sich kein Unterschied mehr zwischen den Gruppen, nachdem in der kürzlich veröffentlichen Studie unserer Arbeitsgruppe zusätzliche Augenbewegungs-Daten des Scanning Laser Ophthalmoskops und damit eine höhere Anzahl an Stimuli ausgewertet wurden (Kuester-Gruber et al., 2023). Außerdem ergaben die Fixationszeiten und Artikulationslatenzen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen, auch nicht mit den zusätzlichen Stimuli (Kuester-Gruber et al., 2023). Weitere Studien, die sich mit visuellen Erkennungsaufgaben ohne RAN befassten, zeigten ebenfalls keine Unterschiede zwischen den Gruppen bei der Anzahl an Fixationen und horizontalen Sakkaden (Prado et al., 2007) sowie der gemessenen Fixationszeit und der Amplitude der Sakkaden (Razuk et al., 2018). Die vorliegenden Ergebnisse deuten darauf hin, dass der räumlich-visuelle Verarbeitungsweg bei Kindern mit Legasthenie uneingeschränkt ist. Diese Annahme steht im Einklang mit mehreren bisherigen Studien (Trauzettel-Klosinski et al., 2006, Smith-Spark et al., 2003, Moura et al., 2015), bleibt aber umstritten (Smith-Spark und Fisk, 2007, Kristjánsson und Sigurdardottir, 2023).

4.5 Chinesische Zeichen

4.5.1 Ergebnisübersicht

Die LRS-Gruppe erzielte beim Benennen der Bedeutung chinesischer Zeichen auf Deutsch (CD) signifikant weniger korrekte Antworten als die Kontrollgruppe. In den Augenbewegungsparametern zeigten sich hingegen keine signifikanten Gruppenunterschiede - weder in Artikulationslatenz, Fixationsanzahl, Fixationsdauer noch in der Anzahl und Ausrichtung der Sakkaden. Das Benennen von Piktogrammen war hier insofern von Bedeutung, da sie keine buchstaben-gebundene Information vermitteln und ähnlich wie die chinesischen Zeichen direkt zur Bedeutung führen. Vergleiche zwischen CD und Piktogrammen ergaben innerhalb beider Gruppen eine signifikant längere Artikulationslatenz bei CD. Dies lässt sich darauf zurückführen, dass die Piktogramme vertraute Alltagsgegenstände darstellten, die eher automatisiert abgerufen wurden, während die chinesischen Zeichen in dieser Studie erst durch bildhafte Assoziationen neu erlernt werden mussten und es hierbei einer zusätzlich visuell-semantischen Verknüpfung bedarf (Trauzettel-Klosinski et al., 2024). Hinsichtlich der Anzahl an Sakkaden ergaben sich in beiden Gruppen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Aufgaben. Innerhalb der LRS-Gruppe blieb auch die Anzahl der Fixationen unverändert, während in der Kontrollgruppe bei CD signifikant mehr Fixationen auftraten. Die Fixationszeit zeigte sich in beiden Gruppen signifikant länger für CD verglichen mit Piktogrammen.

Beim Aussprechen chinesischer Zeichen auf Chinesisch (CC) erzielte die LRS-Gruppe signifikant weniger korrekte Antworten und zeigte deutlich längere Artikulationslatenzen, mehr Sakkaden und Fixationen pro Zeichen im Vergleich zur Kontrollgruppe. Zudem war die Zahl vertikaler Sakkaden in der LRS-Gruppe signifikant höher, während sich bei den horizontalen Sakkaden keine Unterschiede ergaben. Bezüglich der Fixationszeit bestanden zwischen den Gruppen keine signifikanten Unterschiede. Der Vergleich zwischen CC und Piktogrammen ergab in beiden Gruppen signifikant längere Artikulationslatenzen und Fixationszeiten bei der chinesischen Aussprache. Gleichzeitig ergab sich eine signifikant erhöhte Anzahl an Sakkaden und Fixationen bei CC in der LRS-Gruppe, während hierbei kein signifikanter Unterschied in der Kontrollgruppe bestand.

Die verlängerten Artikulationslatenzen und Fixationszeiten in beiden Gruppen lassen sich ebenfalls auf eine aktive visuell-semantischen Verknüpfung beim Wiedergeben den chinesischen Zeichen auf Chinesisch zurückführen, verglichen mit Piktogrammen (Trauzettel-Klosinski et al., 2024). Die zusätzlichen Sakkaden und Fixationen in der Legasthenie-Gruppe beim Benennen der Zeichen auf Chinesisch, verglichen mit dem Benennen auf Deutsch, könnte auf zusätzliche Schwierigkeiten in der phonologischen Verarbeitung der Zeichen hindeuten (Trauzettel-Klosinski et al., 2024), was im folgenden Kapitel ausführlich diskutiert wird.

Unabhängig von den Gruppen wurden bei CD signifikant mehr korrekte Antworten erzielt als bei CC. In beiden Gruppen waren die Artikulationslatenz und die Fixationszeit bei CC signifikant länger, verglichen mit CD. Die Anzahl der Sakkaden und Fixationen unterschied sich innerhalb der Kontrollgruppe nicht zwischen CD und CC. Dagegen war die Anzahl der Sakkaden und Fixationen innerhalb der LRS-Gruppe bei CC signifikant höher.

4.5.2 Diskussion

In der vorliegenden Studie konnte beobachtet werden, dass beim Benennen der chinesischen Zeichen auf Deutsch, die Kinder mit und ohne Legasthenie keine Unterschiede in den Augenbewegungsparametern zeigten. Die Lesestrategie änderte sich beim Benennen der chinesischen Zeichen auf Chinesisch insofern, dass die Kinder mit Legasthenie längere Artikulatiotionslatenzen und mehr Sakkaden und Fixationen bei gleicher Fixationszeit aufwiesen, verglichen mit Kontrollkindern.

Mehrere Publikationen weisen darauf hin, dass beim Lesen dieser beiden Schriftsysteme unterschiedliche kognitive Fähigkeiten im Zentrum stehen (Hulme et al., 2019, Zhou et al., 2015, Siok und Fletcher, 2001). Während eine Legasthenie in alphabetischen Sprachen vorwiegend einem phonologischen Defizit zugeschrieben wird, berichten verschiedene Veröffentlichungen dagegen von einer geringen bis nicht vorhandenen Korrelation zwischen der phonologischen Bewusstheit und dem Lesen chinesischer Zeichen (Tong et al., 2017, Chung und Ho, 2010, Shu et al., 2006). In der Studie von Gottardo et al. (2017) wurde ersichtlich, dass chinesische Immigranten, die neu in einem

englischsprachigen Raum lebten, keine Verbindung zwischen der phonologischen Bewusstheit und dem Lesen englischer Texte aufwiesen. In der Gruppe der langjährigen Einwanderer konnte dagegen ein Bezug zwischen phonologischer Bewusstheit und der englischen Schriftsprache festgestellt werden (Gottardo et al., 2017).

Darüber hinaus wird vor allem die Bedeutung bzw. die Semantik des Zeichens hervorgehoben, seltener dessen Aussprache, die wiederum in der alphabetischen Schrift von zentraler Bedeutung ist (Zhou et al., 2015, McBride, 2016). Das Triangel-Modell von Seidenberg (2005) beschreibt zwei Wege, um von der alphabetischen Schrift zur Semantik zu gelangen. Zum einen den direkten semantischen Weg, und zum anderen den phonologischen Weg, d.h. von der Schrift, über die Dekodierung der Laute zur Bedeutung der Schrift. Sowohl im Chinesischen (Zhang et al., 2020, Zhou und Marslen-Wilson, 2019), als auch im Japanischen Kanji (Dylman und Kikutani, 2018) konnte gezeigt werden, dass bei diesen logographischen Schriften der direkte, semantische Weg hauptsächlich genutzt wird.

Zudem weist eine Vielzahl an Studien, die sich mit dem Lesen chinesischer Zeichen auseinandergesetzt haben, auf die Bedeutung der morphologischen Bewusstheit, d.h. der Fähigkeit, die morphologische Struktur eines Wortes zu analysieren und zu verändern (Pan et al., 2016, Shu et al., 2006, Song et al., 2019, Liu et al., 2017, Kalindi und Chung, 2018, Leong und Ho, 2008). Ein Defizit in der morphologischen Bewusstheit konnte bereits bei Kindern mit Legasthenie in der chinesischen Schrift detektiert werden (Tong et al., 2017). Ein Grund für die vorliegenden Ergebnisse, wonach die Kinder mit Legasthenie besser beim Benennen der chinesischen Zeichen auf Deutsch abschnitten als bei der chinesischen Aussprache, kann sein, dass bei diesen Kindern v.a. der phonologische Aspekt Schwierigkeiten bereitete, während die Wortbedeutung bzw. die Semantik weniger schwer zugänglich war (Kuester-Gruber et al., 2023, Trauzettel-Klosinski et al., 2024).

Weiterhin ist zu beobachten, dass die Artikulationslatenz und die Fixationszeit sich weder bei der deutschen Aussprache chinesischer Zeichen, noch beim Benennen der Piktogramme, signifikant zwischen den Gruppen

unterschieden. In der Gesamtstudie, bei der zusätzliche Stimuli des Scanning Laser Ophthalmoskops ausgewertet wurden, ergaben sich auch in der Anzahl der Sakkaden und Fixationen keine Unterschiede zwischen den Gruppen bei CD und dem Benennen von Piktogrammen (Kuester-Gruber et al., 2023, Trauzettel-Klosinski et al., 2024). Dies kann auf eine visuelle/ logographische Phase, vor allem beim Erlernen der Bedeutung der Zeichen, zurückzuführen sein (Kuester-Gruber et al., 2023, Trauzettel-Klosinski et al., 2024). Während diese beim Erlernen alphabetischer Schriften kontrovers diskutiert wird (Klicpera et al., 2020), ist eine visuelle/ logographische Phase beim anfänglichen Erlernen der chinesischen Zeichen sehr wahrscheinlich (Siok und Fletcher, 2001, Yang et al., 2013, Kuester-Gruber et al., 2023). So sind neben dem rein visuellen Gedächtnis auch die visuelle Verarbeitungsgeschwindigkeit, die visuelle Wahrnehmung (Yang et al., 2013) sowie die visuell-räumlichen Fähigkeiten (Lin et al., 2016) mit dem anfänglichen Erlernen chinesischer Zeichen assoziiert. McBride (2016) weist darüber hinaus darauf hin, dass beim Erlernen der chinesischen Schrift das Abschreiben und Kopieren der Zeichen im Mittelpunkt stehen und dadurch der Schwerpunkt auf visuellen Unterschieden und Ähnlichkeiten liegt.

Anhand von Studien artifizieller Schriften konnte gezeigt werden, dass die Herangehensweise an das Erlernen einer Schrift, ob das Wortbild als Ganzes erlernt wird, oder die Lautumwandlung einzelner Grapheme, einen Einfluss auf die Aktivierung neuronaler Prozesse hat (Mei et al., 2015, Hirshorn et al., 2016, Hirshorn und Fiez, 2014). Neuro-bildgebende Verfahren geben zusätzlich Hinweise, dass die Muttersprache das Lernen der Zweitsprache beeinflusst (Kim et al., 2017, Koyama et al., 2013, Mei et al., 2015). Der Fokus der vorliegenden Studie lag auf der visuellen Komponente der Zeichen. Einzelne phonologische Aspekte wurden hierbei nicht berücksichtigt, es wurde bewusst auf jegliche phonetische Schriftweise verzichtet und ausschließlich mit bildhaften Assoziationen gearbeitet.

Vorige Studien weisen zudem auf eine Assimilation bzw. Akkommodation beim Lesen einer Zweitsprache. Chinesische Leser verwendeten ähnliche Hirnareale zum Lesen von englischen sowie chinesischen Texten (Assimilation),

während englische Leser beim Lesen chinesischer Schriften zusätzliche Hirnareale aktivierten, ähnlich derer von chinesischen Lesern (Akkommodation) (Zhao et al., 2012, Mei et al., 2015). Eine Art Akkommodation könnte bei den Kindern dieser Studie beim Benennen der deutschen Bedeutung der chinesischen Zeichen aufgetreten sein. Auffallend ist, dass die Augenbewegungsparameter, insbesondere auch der Artikulationslatenz, keinen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen ergaben. Dies kann darauf hinweisen, dass zusätzliche Hirnareale aktiviert werden, wodurch Kinder mit Legasthenie die Bedeutung des chinesischen Zeichens genauso schnell erfassen können, wie die Kontrollgruppe. Auch kann dies ein Indiz dafür sein, dass die rekrutierten Hirnareale einen dominanten, direkt- semantischen Weg darstellen, während der phonologische Weg hierbei weniger von Bedeutung zu sein scheint.

Die Anzahl korrekter Antworten war in der LRS-Gruppe signifikant niedriger als in der Kontrollgruppe beim Benennen chinesischer Zeichen auf Deutsch, sowie auf Chinesisch. Dies zeigte sich ebenso in der Gesamtstudie (Kuester-Gruber et al., 2023, Trauzettel-Klosinski et al., 2024). Vorige Studien konnten bereits zeigen, dass das Erlernen einer zweiten Sprache für Menschen mit Legasthenie in der alphabetischen Schrift mit einer erhöhten Schwierigkeit einhergeht (Wagner, 1976, Borodkin und Faust, 2014, Helland und Kaasa, 2005, Farukh und Vulchanova, 2016, Vender und Melloni, 2021). Auch bei Studien, in denen chinesischen Kindern mit Legasthenie Englisch beigebracht wurde, zeigten sich vermehrte Schwierigkeiten in der Zweitsprache (Chung und Ho, 2010, Ho und Fong, 2005, Tong et al., 2018). Naheliegend ist ein allgemeines phonologisches Defizit, das vor allem dann sichtbar wird, sobald die chinesische Aussprache erfragt wird. In der Literatur deuten einige Studien darauf hin, dass ein phonologisches Defizit auch bei einer Legasthenie in der chinesischen Schrift vorliegt (Song et al., 2016, Cheung et al., 2009, Cao et al., 2017b, Goswami et al., 2011). So zeigten sich beispielsweise Unterschiede zwischen den Menschen mit und ohne Legasthenie in der Sprachwahrnehmung, dem wahrgenommenen Ton und der Aspiration, i.e. dem Hauchgeräusch meist nach einem Plosiv (Cheung et al., 2009). Goswami et al. (2011) untersuchten Menschen mit Legasthenie in der englischen, spanischen und chinesischen Sprache und

konnten aufzeigen, dass eine Beeinträchtigung des rhythmischen Timings und der Silbenwahrnehmung in allen drei Sprachen auftrat. In der Studie von Navas et al. (2014) wurden sowohl alphabetische, silbische und logographische Schriften verglichen. Hierbei zeigte sich, dass eine defizitäre phonologische Verarbeitung ein universaler Teil einer Legasthenie in allen Schriften und Schriftsystemen zu sein scheint, unabhängig der Granularität und der Transparenz (Navas et al., 2014). Die erhöhte Fehlerrate, die verlängerte Artikulationszeit und eine signifikant erhöhte Anzahl an Fixationen innerhalb der LRS-Gruppe könnten Hinweise für ein phonologisches Defizit sein, das vor allem dann zum Vorschein kommt, sobald das Zeichen auf Chinesisch ausgesprochen werden soll.

Es liegt eine äußerst begrenzte Anzahl an veröffentlichten Eyetracking Studien in der englischsprachigen Literatur vor, die sich mit dem Thema der Legasthenie in der chinesischen Schrift auseinandersetzen. Ein paar der bisherigen Eyetracking Studien setzen sich mit Wörtern aus zwei chinesischen Zeichen (e.g. Li et al., 2011, Lin et al., 2018), oder mit dem Lesen von Sätzen im Chinesischen (e.g. Chen und Ko, 2011, Yan et al., 2019) auseinander. Pan et al. (2014) konnten feststellen, dass Kinder mit Legasthenie im Chinesischen mehr Fixationen und längere Zeiten in der Wortverarbeitung für chinesische Zeichen aufwiesen. Zudem landete die Einsprung-Sakkade näher am Anfang des chinesischen Wortes verglichen mit Kontrollen (Pan et al., 2014). Ähnlich wie in den alphabetischen Studien wurden auch hierbei eine deutliche Zunahme an Fixationen und Fixationszeiten in Abhängigkeit der Worthäufigkeit und Wortlänge gemessen, was auf eine unzureichende lexikale Verarbeitung hindeutet (Pan et al., 2014). Abzugrenzen sind diese Ergebnisse insofern, dass in der vorliegenden Studie Kinder mit Legasthenie in der alphabetischen Schrift untersucht wurden und es sich vorwiegend um chinesische Einzelzeichen handelt, die bildhaft erlernt wurden. In der Studie von Huang et al. (2008) wurden die Augenbewegungen bei chinesische Kindern mit Legasthenie in einem Bildsuchtest untersucht. Sie konnten feststellen, dass diese Kinder, verglichen mit Kontrollen, eine längere Fixationszeit, mehr Fixationen und Sakkaden, sowie kleinere Sakkadenamplituden aufwiesen (Huang et al., 2008). Die vorliegenden Daten zeigen, dass die Kinder mit Legasthenie mehr Fixationen bei gleicher Fixationszeit

aufwiesen, wenn die Zeichen auf Chinesisch gelesen wurden. In der Gesamtstudie zeigte sich jedoch kein signifikanter Unterschied mehr zwischen den Gruppen bezüglich Artikulationslatenz, Anzahl an Fixationen und Fixationszeit (Kuester-Gruber et al., 2023). Zudem konnte gezeigt werden, dass sich die Lokalisation der ersten Fixation unterscheidet: Die Kinder mit Legasthenie fixierten häufiger zuerst das Zentrum eines Zeichens, Kontrollkinder eher den linken Bereich, ähnlich wie beim Lesen alphabetischer Schriften (Trauzettel-Klosinski et al., 2024).

Weitere neuro-bildgebende Studien zeigen, dass zumindest teilweise ähnliche Hirnaktivitäten bei Menschen mit Legasthenie in der englischen und chinesischen Schrift auftreten (Hu et al., 2010, Su et al., 2018, Richlan, 2020). Johansson (2006) betont die wichtige Funktion des Arbeitsgedächtnisse beim Erlernen neuer Sprachen, welches sowohl bei Menschen mit Legasthenie in alphabetischen Schriften (Smith-Spark und Fisk, 2007, Moura et al., 2015, Männel et al., 2015), als auch in der chinesischen Schrift (Zhu et al., 2012, Hu et al., 2010) beeinträchtigt ist. Eine Beeinträchtigung u.a. des Arbeitsgedächtnisses könnte ein weiterer Faktor dafür sein, dass die Kinder mit Legasthenie in dieser Studie eine signifikant höhere Fehlerrate sowohl bei der Benennung chinesischer Zeichen auf Deutsch als auch auf Chinesisch, aufwiesen, obwohl der Zeitraum zwischen dem Unterricht und der Testung T2 in dieser Gruppe signifikant geringer war, verglichen mit der Kontrollgruppe. Die Schwierigkeit beim Erlernen dieser Zweitsprache zeigte sich bei den Kindern mit Legasthenie vor allem in vermehrten Problemen beim Benennen der Zeichen auf Chinesisch und hierbei insbesondere einer erhöhten Fehlerrate und verlängerten Artikulationslatenz.

Auch psychologische Faktoren können eine Rolle bei den vorliegenden Ergebnissen spielen. Ein Grund für die deutlich erhöhte Fehlerzahl bei den Kindern mit Legasthenie beim Benennen der chinesischen Zeichen könnte auf eine erlernte Hilflosigkeit zurückzuführen sein. Dieses Phänomen wurde bereits bei Kindern mit einer Lernschwäche beobachtet und zeigt sich in einer verminderten Überzeugung in die eigene Selbstwirksamkeit bezüglich des Lernerfolges (Chan, 1994). So kann es sein, dass Kinder mit Legasthenie früher aufgeben,

gerade auch mit Blick auf Sprache und Schrift. Eine Reihe an kognitiven Motivationsfaktoren wie Locus of Control, Selbstwertgefühl (Hosseini et al., 2016) und Attribution des Misserfolges auf fehlendes Bemühen (Chapman und Tunmer, 2003) können negative Auswirkungen auf den Lernerfolg haben (Licht, 1983). Anstatt sich nochmals Zeit zum Nachdenken zu geben, ist es möglich, dass Kinder mit Legasthenie vor allem bei Unsicherheiten dadurch eher kapitulierten.

Die teilweise unterschiedlichen Ergebnisse zwischen dieser Arbeit und den Publikationen unserer Arbeitsgruppe zu der Gesamtstudie (Kuester-Gruber et al., 2023, Trauzettel-Klosinski et al., 2024) sind darauf zurückzuführen, dass in der vorliegenden Arbeit die reinen Eye-tracking Daten ausgewertet wurden, während in der Gesamtstudie zusätzlich die Augenbewegungen der Untersuchungen mittels Scanning Laser Ophthalmoskop in die Analysen aufgenommen wurden und dadurch ein doppeltes Set von chinesischen Zeichen und Piktogrammen zur Verfügung stand. Hierbei ergaben sich hinsichtlich der Augenbewegungsparameter keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen beim Benennen der Piktogramme sowie der chinesischen Zeichen auf Deutsch und Chinesisch.

Das etwas schlechtere Abschneiden der Kinder mit Legasthenie in der separaten Analyse der ET-Daten kann auch dadurch beeinflusst worden sein, dass die ET-Untersuchung stets an erster Stelle vor der SLO-Untersuchung stattfand und die Kinder am Anfang etwas aufgeregter, leichter ablenkbar und weniger geübt waren als im zweiten Teil der Untersuchung. Auch der Versuchsaufbau unterscheidet sich zwischen ET und SLO insofern, dass die Kinder bei der SLO-Untersuchung abgeschirmter und damit eher konzentrierter waren, während bei der ET Untersuchung die Reize in der Umgebung eher wahrgenommen werden können und dadurch eine größere Möglichkeit für Ablenkung bestand.

4.6 Visuelle Komplexität

In einer Studie von Kuo et al. (2015) konnte bereits anhand von artifiziellen Zeichen gezeigt werden, dass Zeichen mit niederer visueller Komplexität (Anzahl der Striche in einem Zeichen) und mit einem Radikal (Hinweis zur

Bedeutung eines Zeichens) leichter zu erlernen sind. In der vorliegenden Studie ergaben Analysen innerhalb der Legasthenie- und der Kontrollgruppe durchweg keine signifikanten Korrelationen zwischen der Anzahl der Striche pro chinesischem Zeichen und den Augenbewegungsparametern, i.e. Artikulationslatenz, Anzahl an Fixationen pro Wort und der Fixationszeit. In der Gesamtstudie konnte hingegen ein moderater Einfluss der visuellen Komplexität analysiert werden: eine höhere Komplexität führte bei Kindern mit Legasthenie zu mehr Fixationen, in der Kontrollgruppe zu längeren Artikulationslatenzen (Trauzettel-Klosinski et al., 2024).

Bisher gibt es nur wenig vergleichbare Eye-Tracking Studien. Liversedge et al. (2014) untersuchte den Einfluss der visuellen Komplexität anhand von chinesischen Sätzen mit sogenannten Ziel-Wörtern, d.h. Wörter, die aus einem einzelnen Zeichen bestanden, und bei denen die Anzahl an Strichen variierte. In dieser Studie konnte festgestellt werden, dass längere Fixationszeiten bei Zeichen mit höherer visueller Komplexität auftraten (Liversedge et al., 2014). Gleichzeitig wurde in der Studie von Yu et al. (2018) aufgezeigt, dass der Einfluss der visuellen Komplexität auf die Fixationszeit nicht nur bei chinesischen Lesern, sondern auch bei englischen Lesern ohne Kenntnis der chinesischen Schrift auftrat. Laut Yu et al. (2018) deuten diese Ergebnisse darauf hin, dass der Einfluss der Komplexität auf die Augenbewegungen nicht nur auf lexikale Verarbeitungsprozesse zurückzuführen ist, sondern visuelle Prozesse zur Erkennung der Zeichen eine Rolle spielen. Andere Eye-Tracking Studien fokussierten sich auf die Anzahl der Kreuzungen (Punkte, an denen sich zwei oder mehr Striche kreuzen) innerhalb eines chinesischen Zeichens als Maß der Komplexität. Bei Zeichen, die vermehrt Kreuzungen aufwiesen, konnte gezeigt werden, dass sich die Anzahl an Fixationen, die gesamte Fixationsdauer sowie die durchschnittliche Fixationsdauer erhöht (Ma und Chuang, 2015). Insgesamt gibt es in vorigen Studien einige Hinweise auf einen Einfluss der visuellen Komplexität auf das Lernen und Lesen von chinesischen Zeichen, entgegen der vorliegenden Ergebnisse. Ein möglicher Grund für die Diskrepanz der Ergebnisse ist vor allem die kleine Anzahl an Stimuli in der vorliegenden Studie, weshalb hierzu nur begrenzt Aussagen getroffen werden können.

4.7 ILK

4.7.1 Kinder

Der PR_{0-7} zeigte weder einen signifikanten Unterschied zu T1 und T2 zwischen den Kindern mit und ohne Legasthenie, noch innerhalb der Gruppen zwischen den Testzeitpunkten. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass es keine Zunahme der Probleme in beiden Gruppen über den Zeitraum der Studie gab. Analysen bezüglich des LQ_{0-28} ergaben keine Unterschiede zwischen den Gruppen zu T1.

Ähnliche Ergebnisse zeigten sich bei Arbeiten bezüglich Angststörung, Depression und somatischen Symptomen bei Legasthenie. Giovagnoli et al. (2020) konnten feststellen, dass sich diese Symptome zwischen Kindern mit und ohne Legasthenie zwischen acht und elf Jahren nicht unterschied und stimmen dadurch mit Ergebnissen dieser Studie überein. Ähnliche Ergebnisse zeigten sich in der Studie von Balazs et al. (2016). In der Jugend kommt es vor allem bei Menschen mit Legasthenie zu einer Zunahme der internalisierenden Symptome durch Angststörungen, geringes Selbstwertgefühl und ein geringes Gefühl der Selbstwirksamkeit (Giovagnoli et al., 2020). Diese Gefühle korrelieren mit der Lebensqualität (Patrick et al., 2002, Mattejat und Remschmidt, 2006), weshalb man in anderen Studien von einer geringeren Lebensqualität ausgehen kann (Kuester-Gruber et al., 2023).

Zum Zeitpunkt T2, nach dem Chinesisch-Unterricht, ergab sich jedoch ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen. Hierbei war die Anzahl an Kindern in der Kontrollgruppe höher, die überdurchschnittlich klassifiziert wurden. Der Grund für die fehlende Zunahme der Lebensqualität bei Kindern mit Legasthenie könnte an höheren Erwartungen liegen bezüglich deren Fähigkeit, Chinesisch zu lernen, die nicht ganz erfüllt wurden (Kuester-Gruber et al., 2023). Weiterhin kann es auf ein generelles Unbehagen im Zusammenhang mit dem Lernen einer Sprache zurückzuführen sein (Kuester-Gruber et al., 2023). Humphrey und Mullins (2002) konnten zeigen, dass Kinder mit Legasthenie in der Schule oft Probleme haben, sich isoliert fühlen und einen geringen Selbstwert aufweisen. Solche Erfahrungen und Gefühle könnten ein spielerisches Herangehen an eine Sprache erschweren (Kuester-Gruber et al., 2023).

Gleichzeitig zeigte sich jedoch auch keine Abnahme der Lebensqualität bei diesen Kindern und es gaben alle Kinder am Ende der Studie an, Spaß am Kurs gehabt zu haben. Vorige Studien konnten zeigen, dass zu den protektiven Faktoren für ein positives Selbstwertgefühl gute Beziehungen zu Gleichaltrigen zählt, sowie soziale und familiäre Unterstützung (Giovagnoli et al., 2020, Kalka und Lockiewicz, 2018, Carawan et al., 2016). Solche unterstützenden Umgebungen zu schaffen, wie der Unterricht in dieser Studie, könnte einen langanhaltenden, positiven Effekt auf den Selbstwert und damit die Lebensqualität bei Kindern mit Legasthenie bewirken.

4.7.2 Eltern

Es zeigte sich weder ein signifikanter Unterschied zwischen den Eltern von Kindern mit Legasthenie und den Eltern von Kindern ohne Legasthenie beim $PR_{0\text{-}7}$ zu den Testzeitpunkten, noch innerhalb der Gruppen zwischen den T1 und T2. Diese Ergebnisse sind in Übereinstimmung mit der der Kinder und deuten in beiden Gruppen darauf hin, dass es zu keiner Zunahme der Probleme in dem bestimmten Zeitraum kam. Analysen des $LQ_{0\text{-}}$28 ergaben einen signifikanten Unterschied zwischen den Einschätzungen der Eltern zu beiden Testzeitpunkten. Insgesamt schätzten die Eltern der Kontrollgruppe ihre Kinder in höhere Kategorien ein als die Eltern der LRS-Gruppe. Ein möglicher Grund für die geringer eingeschätzte Lebensqualität der Eltern von Kindern mit Legasthenie sind wiederkehrende Anstrengungen und Enttäuschungen in Bezug zu Lesen und Schreiben und der damit einhergehende Stress (Kuester-Gruber et al., 2023). Studien haben festgestellt, dass eine Legasthenie zumindest teilweise auf genetische Ursachen zurückzuführen ist (Carrion-Castillo et al., 2013, Scerri und Schulte-Körne, 2010). So ist die Wahrscheinlichkeit bei Eltern von Kindern mit Legasthenie höher, selbst davon betroffen zu sein. Dadurch steigt auch die Wahrscheinlichkeit, dass diese Eltern selbst internalisierende Symptome aufweisen und durch eigene Erfahrungen Sorgen bezüglich der Auswirkungen dieser Diagnose auf das Leben des Kindes haben (Kuester-Gruber et al., 2023). Ein Kurs über zwei Wochen kann die alltäglichen Probleme der Legasthenie, und die damit einhergehenden psychischen Auswirkungen, nicht verändern (Kuester-Gruber et al., 2023).

Innerhalb der Gruppe der Eltern von Kindern mit Legasthenie gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen T1 und T2. Dagegen zeigten Eltern der Kontrollgruppe einen signifikanten Unterschied zwischen den Testzeitpunkten. Es zeigte sich zu T2 in dieser Gruppe vermehrt eine Einordnung in höhere Kategorien. Ein Grund hierfür können die positiven Erfahrungen der Kontrollkinder sein, die sich wiederum auf das familiäre Miteinander positiv auswirken.

4.7.3 Vergleich zwischen Kinder und Eltern

Insgesamt gab es keinen signifikanten Unterschied zwischen den gesamten Kindern und den Eltern beim $PR_{0\text{-}7}$. Auch innerhalb der Gruppen ergaben sich keine signifikanten Unterschiede, obwohl die Kinder generell weniger Probleme angaben, bzw. in der Tendenz eher in die Kategorie ‚unauffällig' eingeordnet wurden, verglichen mit den Einschätzungen der Eltern. Ähnliche Ergebnisse zeigten sich bei Matthiä (2011) in ihrer Befragung zur Lebensqualität bei Kindern mit Legasthenie und deren Eltern.

Analysen des $LQ_{0\text{-}28}$ innerhalb der Kontrollgruppe zeigen, dass ein signifikanter Unterschied zwischen den Eltern und Kindern vorliegt, wobei der Großteil der Kontrollkinder der Kategorie „durchschnittlich" zugeordnet wurden, während die Eltern der Kontrollkinder ihre Kinder im Vergleich öfter in die Kategorien „unterdurchschnittlich," sowie „überdurchschnittlich" einordneten. Diese Diskrepanz zwischen den Befragungen von Kindern und Eltern zur Lebensqualität wurde bereits von Balazs et al. (2016) beschrieben. Zum Zeitpunkt T2 zeigte sich kein signifikanter Unterschied mehr zwischen den Angaben der Kinder und Eltern der Kontrollgruppe. Auf der anderen Seite zeigten sich keine signifikanten Unterschiede in der angegebenen Lebensqualität zwischen den Einschätzungen der Eltern und Kindern der LRS-Gruppe, was möglicherweise auf tiefere, im Alltag verankerte Sorgen hinweist (Kuester-Gruber et al., 2023).

4.8 Diskussion der Methodik

Das Studienkollektiv ist mit 40 Kindern, 18 Kinder mit Legasthenie und 22 Kontrollkinder, relativ klein. Eine höhere Zahl an Kindern wäre repräsentativer und wünschenswert gewesen. Gleichzeitig muss man aber auch die begrenzten finanziellen, zeitlichen und personellen Rahmenbedingungen in Betracht

ziehen, die dieser Studie zur Verfügung standen und damit auch die Anzahl der Kinder einschränkte. Weiterhin liegt ein Unterschied in der Geschlechterverteilung vor. Dies betrifft vor allem die LRS-Gruppe, in der signifikant mehr männliche als weibliche Kinder teilnahmen. Zugleich spiegelt die vorliegende Geschlechterverteilung die generell höhere Häufigkeit von Legasthenie bei Jungen im Vergleich zu Mädchen wider (Liederman et al., 2005).

Ein weiterer möglicher Störfaktor betrifft das Setting der Eye-Tracking-Aufnahmen. Durch die Kinnablage kann es während dem Vorlesen zu vermehrten Kopfbewegungen gekommen sein, was eventuell zu Artefakten in den Datenkurven geführt haben. Genauso bei Kindern, die eher unruhig auf dem Stuhl saßen. Auch die limitierte Anzahl an Stimuli für die jeweiligen Aufgaben kann einen Einfluss auf die Ergebnisse genommen haben. Weiterhin war das Untersuchungssetting ungewohnt und für manches Kind möglicherweise einschüchternd, auch wenn eine Bezugsperson mit in den Raum durfte. Zudem könnten Faktoren wie Stress und Müdigkeit, bzw. fehlende Aufmerksamkeit, beispielsweise durch Mittagschule oder Hungergefühl, eine Rolle in der Leistung der Kinder gespielt haben.

Aufgrund praktischer Gründe variiert zudem der Zeitraum zwischen dem Chinesisch-Unterricht und dem Untersuchungszeitpunkt T2 bei den Kindern. Somit muss die Möglichkeit berücksichtigt werden, dass das Erlernte mit der Zeit in Vergessenheit gerät. Dem wurde entgegengewirkt mittels einer online gestellten Lernplattform, in der die Kinder jeweils das chinesische Zeichen, sowie ein Bild mit der Bedeutung des Zeichens und der Aussprache wiederholen konnten. Auch hier wurde insbesondere auf die Vermeidung von alphabetischen Buchstaben geachtet. Es wurde ausdrücklich empfohlen die Lernplattform zur Wiederholung des Erlernten zu nutzen. Gleichzeitig war es nicht möglich, Einfluss auf die Frequenz und Motivation der Nutzung auszuüben. Analysen zeigten, dass ein signifikanter Unterschied zwischen den Kindern mit Legasthenie (im Median 6 (4-10) Tage) und ohne Legasthenie (im Median 13 (7-27) Tage) vorlag, jedoch keine Korrelation zwischen der Zeitspanne vom Unterricht bis T2 und der Fehlerrate beim Benennen der chinesischen Zeichen bestand. Jedoch muss in Betracht gezogen werden, dass Zeitspanne, sowie die unterschiedliche

Motivation hinsichtlich der Wiederholung der Zeichen, die Ergebnisse ein Stück weit beeinflussen.

Der Chinesisch-Unterricht wurde nach einem festen Konzept durchgeführt. Der Zeitraum von 2 Wochen, bzw. 8 Unterrichtseinheiten ist trotz allem sehr begrenzt. Es bedarf einer Studie über mehrere Monate bis Jahre, um einen aussagekräftigen Schluss ziehen zu können. Da insgesamt 6 Unterrichtsblöcke mit jeweils 4-8 Kindern durchgeführt wurden, sind kleine Abweichungen vom geplanten Unterricht zwischen den Blöcken unvermeidbar, zumal auf jedes Kind individuell eingegangen werden muss und auf ein exploratives Lernen geachtet wurde. Weiterhin spielt die Frequenz des erlernten Zeichens innerhalb des Unterrichts sehr wahrscheinlich eine Rolle bei der Leistung des Kindes zum Zeitpunkt T2. Studien zeigten auch, dass der sozioökonomische Hintergrund einen Einfluss auf die Leseleistung haben kann (Duncan und Seymour, 2000), der in dieser Studie nicht erfasst wurde. Weiterhin spielt die individuelle und frühe Förderung, vor allem bei Vorliegen einer Legasthenie, eine wichtige Rolle (van der Leij, 2013).

Das Vorliegen bzw. die Abwesenheit einer Legasthenie in dem Kollektiv wurde der Lehrerin des Chinesisch-Unterrichts nicht übermittelt, dieser fand somit verblindet statt. Jedoch berichtete die Lehrerin im Nachhinein von Vermutungen hinsichtlich der Diagnose, die sie während des Unterrichts anhand des Verhaltens der Kinder hatte. Zudem erfolgte die Untersuchung am Eye-Tracker unverblindet, das heißt, dass der Untersucher von der vorliegenden Diagnose des Kindes im Voraus wusste. Dies ging mit einer gewissen Erwartung einher, was zu verfälschten Ergebnissen führen könnte (sog. Rosenthal-Effekt). Darüber hinaus wurden die Eye-Tracking Untersuchungen von mir, bei Terminkonflikten aber zusätzlich von einem weiteren Untersucher durchgeführt. Auch wenn eine genaue Absprache hinsichtlich der Einführung und des Ablaufs erfolgte, ergaben sich Unterschiede im Stil der Durchführung.

Vergleiche zwischen alphabetischen und logographischen Schriften sind aufgrund ihrer unterschiedlichen Komplexität nur schwer möglich (Changizi und Shimojo, 2005). Daher konzentrierte sich die vorliegende Studie vor allem auf den Vergleich zwischen chinesischen Schriftzeichen und Piktogrammen.

Darüber hinaus wurde nicht auf den Klang geachtet, der in der chinesischen Sprache verschiedene Bedeutungen innehaben kann. Interessant wäre es, die LRS-Gruppe dahingehend zu untersuchen, ob vermehrt eine falsche bzw. veränderte tonale Aussprache vorliegt.

Trotz der Herausforderungen zeichnet sich die vorliegende Studie dadurch aus, dass sie die erste Studie an deutschen Kindern mit Legsthenie ist, denen Chinesisch als eine nicht buchstaben-gebundene Schrift beigebracht wurde. Weiterhin wurden hierbei detaillierte Messungen über Eye-tracking mit hoher zeitlicher Auflösung angewendet. Zusätzlich wurde in dieser Studie die Lebensqualität aus der Sicht der Kinder sowie deren Eltern berücksichtigt.

4.9 Zusammenfassung der Hypothesen

1) Beim Lesen alphabetischer Wörter zeigten Kinder mit Legasthenie verlängerte Artikulationslatenzen und Fixationszeiten, sowie mehr Fixationen. Hypothese 1 konnte somit verifiziert werden und steht damit in Übereinstimmung mit vorigen Studien.

2) Beim Benennen von Piktogrammen unterscheiden sich Kinder mit und ohne Legasthenie nicht gemessen an der Artikulationslatenz und der Fixationszeit. Jedoch gab es einen Unterschied in der Anzahl der Sakkaden und Fixationen. Hypothese 2 konnte somit nur zu Teilen verifiziert werden. Dies steht im Widerspruch zu vorigen Studien und ist am ehesten auf die geringe Anzahl an untersuchten Piktogrammen zurückzuführen. Sobald zusätzliche Piktogramme in der Gesamtstudie mittels Scanning Laser Ophthalmoskop hinzugezogen wurden, ergab sich hierbei kein Unterschied mehr (Kuester-Gruber et al., 2023).

3) Beim Benennen der chinesischen Zeichen auf Deutsch unterschieden sich die Augenbewegungsparameter der Kinder mit und ohne Legasthenie nicht. Hypothese 3 konnte für die Aufgabe, chinesische Zeichen auf Deutsch zu benennen, verifiziert werden.

Beim Benennen der Zeichen auf Chinesisch ergaben sich jedoch signifikante Unterschiede: Kinder mit Legasthenie zeigten hierbei eine längere Artikulationslatenz und eine höhere Anzahl an Sakkaden und Fixationen. Die Hypothese kann somit für die Aufgabe, die Zeichen auf Chinesisch auszusprechen,

nicht bestätigt werden. Zusätzlich anzumerken ist hierbei, dass sich eine signifikant höhere Fehlerrate bei Kindern mit Legasthenie sowohl bei CD, als auch bei CC zeigte.

4) Analysen ergaben keine Korrelation zwischen der visuellen Komplexität der chinesischen Zeichen und den Augenbewegungsparametern. Hypothese 4 konnte somit nicht verifiziert werden.

5) Zum Zeitpunkt T1 unterschieden sich Kinder mit und ohne Legasthenie nicht in ihrer wahrgenommenen Lebensqualität. Zu T2 berichteten die Kontrollkinder eine signifikant höhere Lebensqualität. In der LRS-Gruppe blieb die Lebensqualität über beide Zeitpunkte hinweg stabil. Hypothese 4 wurde somit nur teilweise bestätigt, da ein Unterschied zu T2 auftrat.

Die Eltern von Kindern mit Legasthenie gaben für ihre Kinder zu beiden Zeitpunkten eine geringere Lebensqualität als die Eltern von Kontrollkindern an. Hypothese 4 konnte somit in der Elterngruppe verifiziert werden.

5 Zusammenfassung

Die Legasthenie ist einer der am häufigsten diagnostizierten umschriebenen Entwicklungsstörungen schulischer Fertigkeiten und hat nicht nur Auswirkungen auf das Lesen und Schreiben der Betroffenen, sondern kann ebenfalls negative psychische Folgen bedingen. Studien konnten bereits feststellen, dass verschiedene Schriften Unterschiede in den kognitiven Anforderungen und ebenso in den Aktivierungsmustern der Hirnareale aufwiesen. So bedarf es bei der alphabetischen, deutschen Schrift, vor allem der phonologischen Bewusstheit, während bei der logographischen, chinesischen Schrift die morphologische Bewusstheit eine zentrale Rolle spielt. Menschen mit Legasthenie in alphabetischen Schriften weisen vor allem ein phonologisches Defizit auf. In der vorliegenden Arbeit wird der Frage nachgegangen: Können Kinder mit Legasthenie in der alphabetischen Schrift eine logographische Schrift besser erlernen?

Es wurden 18 Kinder mit Legasthenie und 22 Kontrollkinder mit deutscher Muttersprache bezüglich folgender Aufgaben untersucht: Lesen alphabetischer Wörter, Benennen von Piktogrammen, Benennen der deutschen Bedeutung (CD) und das Aussprechen auf Chinesisch chinesischer Zeichen (CC) unterschiedlicher visueller Komplexität (Anzahl an Strichen). Das Benennen von Piktogrammen erfolgte ohne Zeitdruck und ist damit zu unterscheiden von RAN. Mittels Eye-Tracking wurde die Artikulationszeit, die Anzahl an Sakkaden und Fixationen, sowie die Fixationszeit gemessen und ausgewertet.

Beim Lesen alphabetischer Wörter zeigten Kinder mit Legasthenie verlängerte Artikulationslatenzen und Fixationszeiten sowie mehr Fixationen. Beim Benennen der Piktogramme ergaben sich signifikante Unterschiede in der Anzahl der Sakkaden und Fixationen, am ehesten zurückzuführen auf die geringe Anzahl an Piktogrammen. Beim Benennen chinesischer Zeichen auf Deutsch ergaben sich keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Augenbewegungsparameter zwischen den beiden Gruppen. Hingegen war beim Aussprechen chinesischer Zeichen auf Chinesisch ein signifikanter Unterschied ersichtlich. Kinder mit Legasthenie wiesen eine verlängerte Artikulationslatenz und eine erhöhte Anzahl an Fixationen und Sakkaden auf. Bezüglich der Fixationsdauer ergab sich kein Unterschied. Die Fehlerrate war sowohl bei CD als auch bei CC

signifikant höher in der LRS-Gruppe. Weiterhin ergaben Analysen bezüglich der visuellen Komplexität keine Korrelation zwischen der Anzahl an Strichen und den Augenbewegungsparametern (Artikulationslatenz, Anzahl der Fixationen, Fixationszeit). Die Lebensqualität der Kinder unterschied sich lediglich zum Zeitpunkt T2, nicht aber zu T1. Die Eltern von Kindern mit Legasthenie gaben zu beiden Zeitpunkten eine geringere Lebensqualität ihrer Kinder an als die Eltern der Kontrollgruppe.

Die vorliegenden Daten unterstützen die Grain Size Theorie, nach der je nach Schriftsystem unterschiedliche kognitive Fähigkeiten im Vordergrund stehen. Die Ergebnisse legen eine logographische Phase beim Erlernen der chinesischen Zeichen nahe, bei der die Zeichen visuell ganzheitlich betrachtet und hauptsächlich über den direkten semantischen Weg, weniger über den phonologischen Weg, verarbeitet werden. Zum anderen deuten die Ergebnisse auf die phonologische Bewusstheit als universaler Teil des Lesens, wodurch Kinder mit Legasthenie vor allem einen Nachteil beim Lernen der chinesischen Aussprache hatten. Die geringere Lebensqualität von Kindern mit Legasthenie aus der Sicht ihrer Eltern weist auf tiefer verankerte Probleme im Alltag hin, die mit der Diagnose der Legasthenie einhergehen. Gleichzeitig lässt der fehlende Unterschied zwischen den Kindergruppen bezüglich der Lebensqualität zum Zeitpunkt T1 auf das Vorhandensein protektiver Faktoren schließen, die es, vor allem im Umgang mit der Diagnose einer Legasthenie, zu bewahren gilt.

Zusätzlich zur notwendigen spezifischen LRS-Förderung könnte das gute Erlernen der chinesischen Zeichen für Kinder mit Legasthenie eine Chance bieten, eine nicht buchstabengebundene Sprache erfolgreich und mit Spaß zu lernen. Künftige Studien sollten prüfen, inwiefern eine gezielte Förderung visueller und semantischer Strategien das Erlernen einer logographischen Schrift bei dieser Zielgruppe unterstützt. Zudem wäre es sinnvoll, hierbei die langfristigen Effekte auf Motivation, Selbstwertgefühl und wahrgenommene Lebensqualität näher zu untersuchen.

Literaturverzeichnis

AL-LAMKI, L. 2012. Dyslexia: Its impact on the Individual, Parents and Society. *Sultan Qaboos University medical journal,* 12**,** 269-272.

AL DAHHAN, N., GEORGIOU, G. K., HUNG, R., MUNOZ, D., PARRILA, R. & KIRBY, J. R. 2014. Eye movements of university students with and without reading difficulties during naming speed tasks. *Ann Dyslexia,* 64**,** 137-50.

AL DAHHAN, N. Z., KIRBY, J. R., BRIEN, D. C. & MUNOZ, D. P. 2016. Eye Movements and Articulations During a Letter Naming Speed Task: Children With and Without Dyslexia. *Journal of Learning Disabilities,* 50**,** 275-285.

ALVAREZ, T. A. & FIEZ, J. A. 2018. Current perspectives on the cerebellum and reading development. *Neurosci Biobehav Rev,* 92**,** 55-66.

ARAÚJO, S., INÁCIO, F., FRANCISCO, A., FAÍSCA, L., PETERSSON, K. M. & REIS, A. 2011. Component Processes Subserving Rapid Automatized Naming in Dyslexic and Non-dyslexic Readers. *Dyslexia,* 17**,** 242-255.

ARO, M. & WIMMER, H. 2003. Learning to read: English in comparison to six more regular orthographies. *Applied Psycholinguistics,* 24**,** 621-635.

ASFAHA, Y. M., KURVERS, J. & KROON, S. 2009. Grain size in script and teaching: Literacy acquisition in Ge'ez and Latin. *Applied Psycholinguistics,* 30**,** 709-724.

AULHORN, E. Die Gesichtsfeldprüfung bei macularen Erkrankungen. Erkrankungen der Macula: Bericht über die 73. Zusammenkunft in Heidelberg 1973, 1975. Springer, 77-86.

BADIAN, N. A., DUFFY, F. H., ALS, H. & MCANULTY, G. B. 1991. Linguistic profiles of dyslexic and good readers. *Ann Dyslexia,* 41**,** 221-45.

BALAZS, J., MIKLOSI, M., TORO, K. T. & NAGY-VARGA, D. 2016. Reading Disability and Quality of Life Based on Both Self- and Parent-Reports: Importance of Gender Differences. *Front Psychol,* 7**,** 1942.

BARBIERO, C., MONTICO, M., LONCIARI, I., MONASTA, L., PENGE, R., VIO, C., TRESSOLDI, P. E., CARROZZI, M., DE PETRIS, A. & DE CAGNO, A. G. 2019. The lost children: The underdiagnosis of dyslexia in Italy. A cross-sectional national study. *PLoS One,* 14**,** e0210448.

BERGMANN, J. & WIMMER, H. 2008. A dual-route perspective on poor reading in a regular orthography: evidence from phonological and orthographic lexical decisions. *Cogn Neuropsychol,* 25**,** 653-76.

BERTONI, S., FRANCESCHINI, S., RONCONI, L., GORI, S. & FACOETTI, A. 2019. Is excessive visual crowding causally linked to developmental dyslexia? *Neuropsychologia,* 130**,** 107-117.

BLOMERT, L. 2011. The neural signature of orthographic-phonological binding in successful and failing reading development. *Neuroimage,* 57**,** 695-703.

BOETS, B., DE BEECK, H. O., VANDERMOSTEN, M., SCOTT, S. K., GILLEBERT, C. R., MANTINI, D., BULTHÉ, J., SUNAERT, S., WOUTERS, J. & GHESQUIÈRE, P. 2013. Intact but less Accessible Phonetic Representations in Adults with Dyslexia. *Science (New York, N.Y.),* 342**,** 1251-1254.

BOLGER, D. J., PERFETTI, C. A. & SCHNEIDER, W. 2005. Cross-cultural effect on the brain revisited: Universal structures plus writing system variation. *Human Brain Mapping,* 25**,** 92-104.

BONIFACCI, P., MONTUSCHI, M., LAMI, L. & SNOWLING, M. J. 2014. Parents of children with dyslexia: cognitive, emotional and behavioural profile. *Dyslexia,* 20**,** 175-90.

BORLEFFS, E., MAASSEN, B. A. M., LYYTINEN, H. & ZWARTS, F. 2019. Cracking the Code: The Impact of Orthographic Transparency and Morphological-Syllabic Complexity on Reading and Developmental Dyslexia. *Frontiers in Psychology,* 9.

BORODKIN, K. & FAUST, M. 2014. Native Language Phonological Skills in Low-Proficiency Second Language Learners. *Language Learning,* 64**,** 132-159.

BOSSE, M. L., TAINTURIER, M. J. & VALDOIS, S. 2007. Developmental dyslexia: the visual attention span deficit hypothesis. *Cognition,* 104**,** 198-230.

BREM, S., MAURER, U., KRONBICHLER, M., SCHURZ, M., RICHLAN, F., BLAU, V., REITHLER, J., VAN DER MARK, S., SCHULZ, E., BUCHER, K., MOLL, K., LANDERL, K., MARTIN, E., GOEBEL, R., SCHULTE-KÖRNE, G., BLOMERT, L., WIMMER, H. & BRANDEIS, D. 2020. Visual word form processing deficits driven by severity of reading impairments in children with developmental dyslexia. *Sci Rep,* 10**,** 18728.

BUCCI, M. P., NASSIBI, N., GERARD, C. L., BUI-QUOC, E. & SEASSAU, M. 2012. Immaturity of the oculomotor saccade and vergence interaction in dyslexic children: evidence from a reading and visual search study. *PLoS One,* 7**,** e33458.

CALLENS, M., WHITNEY, C., TOPS, W. & BRYSBAERT, M. 2013. No deficiency in left-to-right processing of words in dyslexia but evidence for enhanced visual crowding. *Q J Exp Psychol (Hove),* 66**,** 1803-17.

CAO, F., SUSSMAN, B. L., RIOS, V., YAN, X., WANG, Z., SPRAY, G. J. & MACK, R. M. 2017a. Different mechanisms in learning different second languages: Evidence from English speakers learning Chinese and Spanish. *Neuroimage,* 148**,** 284-295.

CAO, F., YAN, X., WANG, Z., LIU, Y., WANG, J., SPRAY, G. J. & DENG, Y. 2017b. Neural signatures of phonological deficits in Chinese developmental dyslexia. *NeuroImage,* 146**,** 301-311.

CARAWAN, L. W., NALAVANY, B. A. & JENKINS, C. 2016. Emotional experience with dyslexia and self-esteem: the protective role of perceived family support in late adulthood. *Aging Ment Health,* 20**,** 284-94.

CAROTENUTO, M., MESSINA, A., MONDA, V., PRECENZANO, F., IACONO, D., VERROTTI, A., PICCOROSSI, A., GALLAI, B., ROCCELLA, M., PARISI, L., MALTESE, A., LAVANO, F., MAROTTA, R., LAVANO, S. M., LANZARA, V., FERRENTINO, R. I., PISANO, S., SALERNO, M., VALENZANO, A., TRIGGIANI, A. I., POLITO, A. N., CIBELLI, G., MONDA, M., MESSINA, G., RUBERTO, M. & ESPOSITO, M. 2017. Maternal Stress and Coping Strategies in Developmental Dyslexia: An Italian Multicenter Study. *Front Psychiatry,* 8**,** 295.

CARRION-CASTILLO, A., FRANKE, B. & FISHER, S. E. 2013. Molecular genetics of dyslexia: an overview. *Dyslexia,* 19**,** 214-40.

CARRION-CASTILLO, A., MAASSEN, B., FRANKE, B., HEISTER, A., NABER, M., VAN DER LEIJ, A., FRANCKS, C. & FISHER, S. E. 2017. Association analysis of dyslexia candidate genes in a Dutch longitudinal sample. *Eur J Hum Genet,* 25**,** 452-460.

CASSIM, R., TALCOTT, J. B. & MOORES, E. 2014. Adults with dyslexia demonstrate large effects of crowding and detrimental effects of distractors in a visual tilt discrimination task. *PLoS One,* 9**,** e106191.

CASTLES, A. 2006. The dual route model and the developmental dyslexias. *London Review of Education,* 4**,** 49-61.

CASTLES, A. & COLTHEART, M. 1993. Varieties of developmental dyslexia. *Cognition,* 47**,** 149-180.

CHAN, L. K. S. 1994. Relationship of Motivation, Strategic Learning, and Reading Achievement in Grades 5, 7, and 9. *The Journal of Experimental Education,* 62**,** 319.

CHANGIZI, M. A. & SHIMOJO, S. 2005. Character complexity and redundancy in writing systems over human history. *Proc Biol Sci,* 272**,** 267-75.
CHAPMAN, J. W. & TUNMER, W. E. 2003. Reading Difficulties, Reading-Related Self-Perceptions, and Strategies for Overcoming Negative Self-Beliefs. *Reading & Writing Quarterly,* 19**,** 5-24.
CHEN, H., XU, J., ZHOU, Y., GAO, Y., WANG, G., XIA, J., HUEN, M. S., SIOK, W. T., JIANG, Y., TAN, L. H. & SUN, Y. 2015. Association study of stuttering candidate genes GNPTAB, GNPTG and NAGPA with dyslexia in Chinese population. *BMC Genet,* 16**,** 7.
CHEN, M. & KO, H. 2011. Exploring the eye-movement patterns as Chinese children read texts: a developmental perspective. *Journal of Research in Reading,* 34**,** 232-246.
CHERODATH, S., RAO, C., MIDHA, R., SUMATHI, T. A. & SINGH, N. C. 2017. A role for putamen in phonological processing in children. *Bilingualism-Language and Cognition,* 20**,** 318-326.
CHEUNG, H., CHUNG, K. K., WONG, S. W., MCBRIDE-CHANG, C., PENNEY, T. B. & HO, C. S. 2009. Perception of tone and aspiration contrasts in Chinese children with dyslexia. *J Child Psychol Psychiatry,* 50**,** 726-33.
CHUNG, K. K. & HO, C. S. 2010. Second language learning difficulties in Chinese children with dyslexia: what are the reading-related cognitive skills that contribute to English and Chinese word reading? *J Learn Disabil,* 43**,** 195-211.
CHYL, K., KOSSOWSKI, B., DĘBSKA, A., ŁUNIEWSKA, M., MARCHEWKA, A., PUGH, K. R. & JEDNORÓG, K. 2019. Reading Acquisition in Children: Developmental Processes and Dyslexia-Specific Effects. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry,* 58**,** 948-960.
COLTHEART, M., RASTLE, K., PERRY, C., LANGDON, R. & ZIEGLER, J. 2001. *DRC: A Dual Route Cascaded model of visual word recognition and reading aloud*.
DA SILVA, P. B., ENGEL DE ABREU, P. M. J., LAURENCE, P. G., NICO MÂ, N., SIMI, L. G. V., TOMÁS, R. C. & MACEDO, E. C. 2020. Rapid Automatized Naming and Explicit Phonological Processing in Children With Developmental Dyslexia: A Study With Portuguese-Speaking Children in Brazil. *Front Psychol,* 11**,** 928.
DARGAW, K. & OLEYNIKOV, I. 2009. *Das kaiserliche Wettrennen*, DIX Verlag & PR.
DE LUCA, M., MARINELLI, C. V., SPINELLI, D. & ZOCCOLOTTI, P. 2017. Slowing in reading and picture naming: the effects of aging and developmental dyslexia. *Experimental Brain Research,* 235**,** 3093-3109.
DEFRANCIS, J. 1986. *The Chinese language: Fact and fantasy*, University of Hawaii Press.
DEHAENE-LAMBERTZ, G., DEHAENE, S. & HERTZ-PANNIER, L. 2002. Functional Neuroimaging of Speech Perception in Infants. *Science,* 298**,** 2013-2015.
DEHAENE, S. & COHEN, L. 2011. The unique role of the visual word form area in reading. *Trends in Cognitive Sciences,* 15**,** 254-262.
DEHAENE, S., COHEN, L., MORAIS, J. & KOLINSKY, R. 2015. Illiterate to literate: behavioural and cerebral changes induced by reading acquisition. *Nat Rev Neurosci,* 16**,** 234-44.
DENIZ, F., NUNEZ-ELIZALDE, A. O., HUTH, A. G. & GALLANT, J. L. 2019. The Representation of Semantic Information Across Human Cerebral Cortex During Listening Versus Reading Is Invariant to Stimulus Modality. *The Journal of Neuroscience,* 39**,** 7722-7736.
DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR KINDER UND JUGENDPSYCHIATRIE, P. U. P. E. V. 2015. Diagnostik und Behandlung von Kindern und Jugendlichen mit Lese- und / oder Rechtschreibstörung.

DOGUSOY, B., CICEK, F. & CAGILTAY, K. How serif and sans serif typefaces influence reading on screen: An eye tracking study. International conference of design, user experience, and usability, 2016. Springer, 578-586.
DUNCAN, L. G. & SEYMOUR, P. H. K. 2000. Socio-economic differences in foundation-level literacy. *British Journal of Psychology,* 91**,** 145-166.
DÜRRWÄCHTER, U., SOKOLOV, A. N., REINHARD, J., KLOSINSKI, G. & TRAUZETTEL-KLOSINSKI, S. 2010. Word length and word frequency affect eye movements in dyslexic children reading in a regular (German) orthography. *Ann Dyslexia,* 60**,** 86-101.
DYLMAN, A. S. & KIKUTANI, M. 2018. The role of semantic processing in reading Japanese orthographies: an investigation using a script-switch paradigm. *Reading and writing,* 31**,** 503-531.
EASSON, K., AL DAHHAN, N. Z., BRIEN, D. C., KIRBY, J. R. & MUNOZ, D. P. 2020. Developmental Trends of Visual Processing of Letters and Objects Using Naming Speed Tasks. *Front Hum Neurosci,* 14**,** 562712.
EVERATT, J. & ELBEHERI, G. 2008. Dyslexia in different orthographies: Variability in transparency.
FARUKH, A. & VULCHANOVA, M. 2016. L1, quantity of exposure to L2 and reading disability as factors in L2 oral comprehension and production skills. *Learning and Individual Differences,* 50**,** 221-233.
FENG, G., MILLER, K., SHU, H. & ZHANG, H. 2009. Orthography and the Development of Reading Processes: An Eye-Movement Study of Chinese and English. *Child Development,* 80**,** 720-735.
FENG, X., LI, L., ZHANG, M., YANG, X., TIAN, M., XIE, W., LU, Y., LIU, L., BELANGER, N. N., MENG, X. & DING, G. 2017. Dyslexic Children Show Atypical Cerebellar Activation and Cerebro-Cerebellar Functional Connectivity in Orthographic and Phonological Processing. *Cerebellum,* 16**,** 496-507.
FENG, X., MONZALVO, K., DEHAENE, S. & DEHAENE-LAMBERTZ, G. 2022. Evolution of reading and face circuits during the first three years of reading acquisition. *NeuroImage,* 259**,** 119394.
FISCHBACH, A., SCHUCHARDT, K., BRANDENBURG, J., KLESCZEWSKI, J., BALKE-MELCHER, C., SCHMIDT, C., BÜTTNER, G., GRUBE, D., MÄHLER, C. & HASSELHORN, M. 2013. Prävalenz von Lernschwächen und Lernstörungen: Zur Bedeutung der Diagnosekriterien. *Lernen und Lernstörungen,* 2**,** 65-76.
FRANZEN, L., STARK, Z. & JOHNSON, A. P. 2021. Individuals with dyslexia use a different visual sampling strategy to read text. *Scientific Reports,* 11**,** 6449.
FREY, A. & BOSSE, M.-L. 2018. Perceptual span, visual span, and visual attention span: Three potential ways to quantify limits on visual processing during reading. *Visual Cognition,* 26**,** 412-429.
FRITH, U. 1986. A developmental framework for developmental dyslexia. *Annals of dyslexia,* 36**,** 67-81.
FURNES, B. & SAMUELSSON, S. 2011. Phonological Awareness and Rapid Automatized Naming Predicting Early Development in Reading and Spelling: Results from a Cross-Linguistic Longitudinal Study. *Learn Individ Differ,* 21**,** 85-95.
GALUSCHKA, K. & SCHULTE-KÖRNE, G. 2016. The diagnosis and treatment of reading and/or spelling disorders in children and adolescents. *Deutsches Ärzteblatt International,* 113**,** 279.
GALUSCHKA, K. S.-K., GERD 2015. Evidenzbasierte Interventionsansätze und forschungsbasierte Programme zur Förderung der Leseleistung bei Kindern und

Jugendlichen mit Lesestörung – Ein systematischer Review. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft,* 18**,** 473-487.
GANGL, M., MOLL, K., JONES, M. W., BANFI, C., SCHULTE-KÖRNE, G. & LANDERL, K. 2018. Lexical reading in dysfluent readers of German. *Scientific Studies of Reading,* 22**,** 24-40.
GIALLUISI, A., ANDLAUER, T. F. M., MIRZA-SCHREIBER, N., MOLL, K., BECKER, J., HOFFMANN, P., LUDWIG, K. U., CZAMARA, D., POURCAIN, B. S., HONBOLYGÓ, F., TÓTH, D., CSÉPE, V., HUGUET, G., CHAIX, Y., IANNUZZI, S., DEMONET, J. F., MORRIS, A. P., HULSLANDER, J., WILLCUTT, E. G., DEFRIES, J. C., OLSON, R. K., SMITH, S. D., PENNINGTON, B. F., VAESSEN, A., MAURER, U., LYYTINEN, H., PEYRARD-JANVID, M., LEPPÄNEN, P. H. T., BRANDEIS, D., BONTE, M., STEIN, J. F., TALCOTT, J. B., FAUCHEREAU, F., WILCKE, A., KIRSTEN, H., MÜLLER, B., FRANCKS, C., BOURGERON, T., MONACO, A. P., RAMUS, F., LANDERL, K., KERE, J., SCERRI, T. S., PARACCHINI, S., FISHER, S. E., SCHUMACHER, J., NÖTHEN, M. M., MÜLLER-MYHSOK, B. & SCHULTE-KÖRNE, G. 2020. Genome-wide association study reveals new insights into the heritability and genetic correlates of developmental dyslexia. *Mol Psychiatry*.
GIOVAGNOLI, S., MANDOLESI, L., MAGRI, S., GUALTIERI, L., FABBRI, D., TOSSANI, E. & BENASSI, M. 2020. Internalizing Symptoms in Developmental Dyslexia: A Comparison Between Primary and Secondary School. *Front Psychol,* 11**,** 461.
GORI, S. & FACOETTI, A. 2015. How the visual aspects can be crucial in reading acquisition? The intriguing case of crowding and developmental dyslexia. *J Vis,* 15**,** 15.1.8.
GOSWAMI, U. 2008. The development of reading across languages. *Ann N Y Acad Sci,* 1145**,** 1-12.
GOSWAMI, U. 2015. Visual attention span deficits and assessing causality in developmental dyslexia. *Nat Rev Neurosci,* 16**,** 225.
GOSWAMI, U., WANG, H. L., CRUZ, A., FOSKER, T., MEAD, N. & HUSS, M. 2011. Language-universal sensory deficits in developmental dyslexia: English, Spanish, and Chinese. *J Cogn Neurosci,* 23**,** 325-37.
GOTTARDO, A., KOH, P. W., CHEN, X. & JIA, F. L. 2017. Models of English and Chinese word reading for adolescent Chinese-English bilinguals. *Reading and Writing,* 30**,** 1377-1406.
GUPTA, A. & JAMAL, G. 2007. Reading strategies of bilingual normally progressing and dyslexic readers in Hindi and English. *Applied Psycholinguistics,* 28**,** 47-68.
HAARMANN, H. 2017. *Geschichte der Schrift,* München, Verlag C.H. Beck.
HAKVOORT, B., VAN DEN BOER, M., LEENAARS, T., BOS, P. & TIJMS, J. 2017. Improvements in reading accuracy as a result of increased interletter spacing are not specific to children with dyslexia. *J Exp Child Psychol,* 164**,** 101-116.
HASSELHORN, M. & SCHUCHARDT, K. 2006. Lernstörungen. *Kindheit und Entwicklung,* 15**,** 208-215.
HAWELKA, S., GAGL, B. & WIMMER, H. 2010. A dual-route perspective on eye movements of dyslexic readers. *Cognition,* 115**,** 367-379.
HAWELKA, S. & WIMMER, H. 2005. Impaired visual processing of multi-element arrays is associated with increased number of eye movements in dyslexic reading. *Vision Res,* 45**,** 855-63.
HAWELKA, S. & WIMMER, H. 2008. Visual target detection is not impaired in dyslexic readers. *Vision Research,* 48**,** 850-852.
HEIMAN, T. & PRECEL, K. 2003. Students with Learning Disabilities in Higher Education Academic Strategies Profile. *Journal of learning disabilities,* 36**,** 248-58.

HELLAND, T. & KAASA, R. 2005. Dyslexia in English as a second language. *Dyslexia,* 11**,** 41-60.
HIRSHORN, E. A. & FIEZ, J. A. 2014. Using Artificial Orthographies for Studying Cross-Linguistic Differences in the Cognitive and Neural Profiles of Reading. *J Neurolinguistics,* 31**,** 69-85.
HIRSHORN, E. A., WRENCHER, A., DURISKO, C., MOORE, M. W. & FIEZ, J. A. 2016. Fusiform Gyrus Laterality in Writing Systems with Different Mapping Principles: An Artificial Orthography Training Study. *J Cogn Neurosci,* 28**,** 882-94.
HO, C. S. & FONG, K. M. 2005. Do Chinese dyslexic children have difficulties learning English as a second language? *J Psycholinguist Res,* 34**,** 603-18.
HOSSEINI, S. N., ALAVIJEH, M. M., MATIN, B. K., HAMZEH, B., ASHTARIAN, H. & JALILIAN, F. 2016. Locus of Control or Self-Esteem; Which One is the Best Predictor of Academic Achievement in Iranian College Students. *Iranian Journal of Psychiatry and Behavioral Sciences,* 10.
HU, W., LEE, H. L., ZHANG, Q., LIU, T., GENG, L. B., SEGHIER, M. L., SHAKESHAFT, C., TWOMEY, T., GREEN, D. W., YANG, Y. M. & PRICE, C. J. 2010. Developmental dyslexia in Chinese and English populations: dissociating the effect of dyslexia from language differences. *Brain,* 133**,** 1694-706.
HUANG, S.-C., BIAS, R. G. & SCHNYER, D. 2015. How are icons processed by the brain? Neuroimaging measures of four types of visual stimuli used in information systems. *J. Assoc. Inf. Sci. Technol.,* 66**,** 702–720.
HUANG, X., JING, J., ZOU, X. B., WANG, M. L., LI, X. H. & LIN, A. H. 2008. Eye movements characteristics of Chinese dyslexic children in picture searching. *Chin Med J (Engl),* 121**,** 1617-21.
HUC-CHABROLLE, M., BARTHEZ, M. A., TRIPI, G., BARTHÉLÉMY, C. & BONNET-BRILHAULT, F. 2010. Psychocognitive and psychiatric disorders associated with developmental dyslexia: A clinical and scientific issue. *L'Encéphale,* 36**,** 172-9.
HULME, C., ZHOU, L., TONG, X., LERVÅG, A. & BURGOYNE, K. 2019. Learning to read in Chinese: Evidence for reciprocal relationships between word reading and oral language skills. *Dev Sci,* 22**,** e12745.
HUMPHREY, N. & MULLINS, P. M. 2002. Self-concept and self-esteem in developmental dyslexia. *Journal of Research in Special Educational Needs,* 2**,** no-no.
HUTZLER, F., KRONBICHLER, M., JACOBS, A. M. & WIMMER, H. 2006. Perhaps correlational but not causal: no effect of dyslexic readers' magnocellular system on their eye movements during reading. *Neuropsychologia,* 44**,** 637-48.
HUTZLER, F. & WIMMER, H. 2004. Eye movements of dyslexic children when reading in a regular orthography. *Brain and Language,* 89**,** 235-242.
HYÖNÄ, J. & OLSON, R. K. 1995. Eye fixation patterns among dyslexic and normal readers: Effects of word length and word frequency. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition,* 21**,** 1430-1440.
IJUIN, M. & WYDELL, T. N. 2018. A Reading Model from the Perspective of Japanese Orthography: Connectionist Approach to the Hypothesis of Granularity and Transparency. *Journal of learning disabilities, 2018 Sep/Oct***,** 490-498.
ILES, J., WALSH, V. & RICHARDSON, A. 2000. Visual search performance in dyslexia. *Dyslexia,* 6**,** 163-77.
INHOFF, A. W. & LIU, W. 1998. The perceptual span and oculomotor activity during the reading of Chinese sentences. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance,* 24**,** 20.

JOO, S. J., WHITE, A. L., STRODTMAN, D. J. & YEATMAN, J. D. 2018. Optimizing text for an individual's visual system: The contribution of visual crowding to reading difficulties. *Cortex,* 103**,** 291-301.
JOSEPH, H. S. S. L., LIVERSEDGE, S. P., BLYTHE, H. I., WHITE, S. J. & RAYNER, K. 2009. Word length and landing position effects during reading in children and adults. *Vision Research,* 49**,** 2078-2086.
JOSHI, R. M. & MCCARDLE, P. 2017. Models of Reading in Different Orthographies: An Introduction. *Journal of Learning Disabilities***,** 0022219417718196.
KALINDI, S. C. & CHUNG, K. K. H. 2018. The Impact of Morphological Awareness on Word Reading and Dictation in Chinese Early Adolescent Readers With and Without Dyslexia. *Front Psychol,* 9**,** 511.
KALKA, D. & LOCKIEWICZ, M. 2018. Happiness, Life Satisfaction, Resiliency and Social Support in Students with Dyslexia. *International Journal of Disability, Development and Education,* 65**,** 493-508.
KATZ, L. & FROST, R. 1992. Chapter 4 The Reading Process is Different for Different Orthographies: The Orthographic Depth Hypothesis. *In:* FROST, R. & KATZ, L. (eds.) *Advances in Psychology.* North-Holland.
KLICPERA, C., SCHABMANN, A., GASTEIGER-KLICPERA, B. & SCHMIDT, B. 2020. *Legasthenie- LRS; Modelle, Diagnosen, Therapie und Förderung,* München, Ernst Reinhardt Verlag.
KONG, R., SHAO, S., WANG, J., ZHANG, X., GUO, S., ZOU, L., ZHONG, R., LOU, J., ZHOU, J., ZHANG, J. & SONG, R. 2016. Genetic variant in DIP2A gene is associated with developmental dyslexia in Chinese population. *Am J Med Genet B Neuropsychiatr Genet,* 171b**,** 203-8.
KRISTJÁNSSON, Á. & SIGURDARDOTTIR, H. M. 2023. The Role of Visual Factors in Dyslexia. *J Cogn,* 6**,** 31.
KUCKENBURG, M. 2015. *Eine Welt aus Zeichen: die Geschichte der Schrift,* Stuttgart, Theiss.
KUESTER-GRUBER, S., FAISST, T., SCHICK, V., RIGHETTI, G., BRAUN, C., CORDEY-HENKE, A., KLOSINSKI, M., SUN, C. C. & TRAUZETTEL-KLOSINSKI, S. 2023. Is learning a logographic script easier than reading an alphabetic script for German children with dyslexia? *PLoS One,* 18**,** e0282200.
KUO, L. J., KIM, T. J., YANG, X., LI, H., LIU, Y., WANG, H., HYUN PARK, J. & LI, Y. 2015. Acquisition of Chinese characters: the effects of character properties and individual differences among second language learners. *Front Psychol,* 6**,** 986.
LALLIER, M. & CARREIRAS, M. 2018. Cross-linguistic transfer in bilinguals reading in two alphabetic orthographies: The grain size accommodation hypothesis. *Psychonomic Bulletin & Review,* 25**,** 386-401.
LAYES, S., LALONDE, R. & REBAÏ, M. 2015. Reading Speed and Phonological Awareness Deficits Among Arabic-Speaking Children with Dyslexia. *Dyslexia,* 21**,** 80-95.
LEONG, C. K. & HO, M. K. 2008. The role of lexical knowledge and related linguistic components in typical and poor language comprehenders of Chinese. *Reading and Writing,* 21**,** 559-586.
LI, J., ZHAO, J., HAN, J. & LIU, H. 2021. Electrophysiological correlates of visual attention span in Chinese adults with poor reading fluency. *Exp Brain Res*.
LI, X., LIU, P. & RAYNER, K. 2011. Eye movement guidance in Chinese reading: Is there a preferred viewing location? *Vision research,* 51**,** 1146-1156.
LICHT, B. G. 1983. Cognitive—Motivational Factors That Contribute to the Achievement of Learning-Disabled Children. *Journal of Learning Disabilities,* 16**,** 483-490.

LIEDERMAN, J., KANTROWITZ, L. & FLANNERY, K. 2005. Male vulnerability to reading disability is not likely to be a myth: a call for new data. *J Learn Disabil,* 38**,** 109-29.
LIGGES, C. & BLANZ, B. 2007. Survey of fMRI results regarding a phonological deficit in children and adults with dyslexia: fundamental deficit or indication of compensation? *Z Kinder Jugendpsychiatr Psychother,* 35**,** 107-15; quiz 116-7.
LIM, C. K., WONG, A. M., HO, C. S. & WAYE, M. M. 2014. A common haplotype of KIAA0319 contributes to the phonological awareness skill in Chinese children. *Behav Brain Funct,* 10**,** 23.
LIN, D., CHEN, G., LIU, Y., LIU, J., PAN, J. & MO, L. 2018. Tracking the Eye Movement of Four Years Old Children Learning Chinese Words. *Journal of Psycholinguistic Research,* 47**,** 79-93.
LIN, D., SUN, H. & ZHANG, X. 2016. Bidirectional relationship between visual spatial skill and Chinese character reading in Chinese kindergartners: A cross-lagged analysis. *Contemporary Educational Psychology,* 46**,** 94-100.
LINDGREN, S. D., DE RENZI, E. & RICHMAN, L. C. 1985. Cross-national comparisons of developmental dyslexia in Italy and the United States. *Child Dev,* 56**,** 1404-17.
LIU, L., GU, H., HOU, F., XIE, X., LI, X., ZHU, B., ZHANG, J., WEI, W. H. & SONG, R. 2019. Dyslexia associated functional variants in Europeans are not associated with dyslexia in Chinese. *Am J Med Genet B Neuropsychiatr Genet,* 180**,** 488-495.
LIU, L., WANG, J., SHAO, S., LUO, X., KONG, R., ZHANG, X. & SONG, R. 2016. Descriptive epidemiology of prenatal and perinatal risk factors in a Chinese population with reading disorder. *Scientific Reports,* 6**,** 36697.
LIU, Y., GEORGIOU, G. K., ZHANG, Y., LI, H., LIU, H., SONG, S., KANG, C., SHI, B., LIANG, W., PAN, J. & SHU, H. 2017. Contribution of cognitive and linguistic skills to word-reading accuracy and fluency in Chinese. *International Journal of Educational Research,* 82**,** 75-90.
LIVERSEDGE, S. P., ZANG, C., ZHANG, M., BAI, X., YAN, G. & DRIEGHE, D. 2014. The effect of visual complexity and word frequency on eye movements during Chinese reading. *Visual Cognition,* 22**,** 441-457.
LIVINGSTON, E. M., SIEGEL, L. S. & RIBARY, U. 2018. Developmental dyslexia: emotional impact and consequences. *Australian Journal of Learning Difficulties,* 23**,** 107-135.
LOBIER, M. & VALDOIS, S. 2015. Visual attention deficits in developmental dyslexia cannot be ascribed solely to poor reading experience. *Nature Reviews Neuroscience,* 16**,** 225-225.
LUKE, S. G., TOLLEY, C., GUTIERREZ, A., SMITH, C., BROWN, T., WOODRUFF, K. & FORD, O. 2024. The perceptual span in dyslexic reading and visual search. *Dyslexia,* 30**,** e1783.
MA, M.-Y. & CHUANG, H.-C. 2015. How form and structure of Chinese characters affect eye movement control. *Journal of Eye Movement Research,* 8.
MACKEBEN, M., TRAUZETTEL-KLOSINSKI, S., REINHARD, J., DÜRRWÄCHTER, U., ADLER, M. & KLOSINSKI, G. 2004. Eye movement control during single-word reading in dyslexics. *Journal of Vision,* 4**,** 4-4.
MAISOG, J. M., EINBINDER, E. R., FLOWERS, D. L., TURKELTAUB, P. E. & EDEN, G. F. 2008. A meta-analysis of functional neuroimaging studies of dyslexia. *Ann N Y Acad Sci,* 1145**,** 237-59.
MALIK-MORALEDA, S., AYYASH, D., GALLÉE, J., AFFOURTIT, J., HOFFMANN, M., MINEROFF, Z., JOURAVLEV, O. & FEDORENKO, E. 2022. An investigation across 45 languages and 12 language families reveals a universal language network. *Nat Neurosci,* 25**,** 1014-1019.

MÄNNEL, C., MEYER, L., WILCKE, A., BOLTZE, J., KIRSTEN, H. & FRIEDERICI, A. D. 2015. Working-memory endophenotype and dyslexia-associated genetic variant predict dyslexia phenotype. *Cortex,* 71**,** 291-305.

MARINUS, E., MOSTARD, M., SEGERS, E., SCHUBERT, T. M., MADELAINE, A. & WHELDALL, K. 2016. A Special Font for People with Dyslexia: Does it Work and, if so, why? *Dyslexia,* 22**,** 233-244.

MARTELLI, M., DE LUCA, M., LAMI, L., PIZZOLI, C., PONTILLO, M., SPINELLI, D. & ZOCCOLOTTI, P. 2014. Bridging the gap between different measures of the reading speed deficit in developmental dyslexia. *Experimental brain research,* 232**,** 237-252.

MARTELLI, M., DI FILIPPO, G., SPINELLI, D. & ZOCCOLOTTI, P. 2009. Crowding, reading, and developmental dyslexia. *J Vis,* 9**,** 14.1-18.

MARTINELLI, V. & BRINCAT, B. 2020. The similarity of phonological skills underpinning reading ability in shallow and deep orthographies: a bilingual perspective. *International Journal of Bilingual Education and Bilingualism***,** 1-14.

MASCHERETTI, S., DE LUCA, A., TREZZI, V., PERUZZO, D., NORDIO, A., MARINO, C. & ARRIGONI, F. 2017. Neurogenetics of developmental dyslexia: from genes to behavior through brain neuroimaging and cognitive and sensorial mechanisms. *Translational Psychiatry,* 7**,** e987.

MATTEJAT, F. & REMSCHMIDT, H. 2006. *Inventar zur Erfassung der Lebensqualität bei Kindern und Jugendlichen : ILK ; Ratingbogen für Kinder, Jugendliche und Eltern*, Huber, Hogrefe.

MATTHIÄ, B. J. 2011. *Psychosoziales Funktionsniveau und Lebensqualität von Kindern mit Lese-und Rechtschreibstörungen.* Dissertation, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, 2011.

MCARTHUR, G., CASTLES, A., KOHNEN, S. & BANALES, E. 2016. Low self-concept in poor readers: prevalence, heterogeneity, and risk. *PeerJ,* 4**,** e2669.

MCBRIDE-CHANG, C., CHUNG, K. K. & TONG, X. 2011. Copying skills in relation to word reading and writing in Chinese children with and without dyslexia. *J Exp Child Psychol,* 110**,** 422-33.

MCBRIDE, C. A. 2016. Is Chinese Special? Four Aspects of Chinese Literacy Acquisition that Might Distinguish Learning Chinese from Learning Alphabetic Orthographies. *Educational Psychology Review,* 28**,** 523-549.

MEI, L., XUE, G., LU, Z. L., HE, Q., WEI, M., ZHANG, M., DONG, Q. & CHEN, C. 2015. Native language experience shapes neural basis of addressed and assembled phonologies. *Neuroimage,* 114**,** 38-48.

MEI, L., XUE, G., LU, Z. L., HE, Q., ZHANG, M., XUE, F., CHEN, C. & DONG, Q. 2013. Orthographic transparency modulates the functional asymmetry in the fusiform cortex: an artificial language training study. *Brain Lang,* 125**,** 165-72.

MELBY-LERVÅG, M., LYSTER, S.-A. H. & HULME, C. 2012. Phonological skills and their role in learning to read: A meta-analytic review. *Psychological Bulletin,* 138**,** 322-352.

MONZALVO, K., FLUSS, J., BILLARD, C., DEHAENE, S. & DEHAENE-LAMBERTZ, G. 2012. Cortical networks for vision and language in dyslexic and normal children of variable socio-economic status. *NeuroImage,* 61**,** 258-274.

MOORES, E., CASSIM, R. & TALCOTT, J. B. 2011. Adults with dyslexia exhibit large effects of crowding, increased dependence on cues, and detrimental effects of distractors in visual search tasks. *Neuropsychologia,* 49**,** 3881-90.

MOURA, O., SIMÕES, M. R. & PEREIRA, M. 2015. Working Memory in Portuguese Children With Developmental Dyslexia. *Applied Neuropsychology: Child,* 4**,** 237-248.

MUGNAINI, D., LASSI, S., LA MALFA, G. & ALBERTINI, G. 2009. Internalizing correlates of dyslexia. *World J Pediatr,* 5**,** 255-64.
NACHSHON, O. & HOROWITZ-KRAUS, T. 2019. Cognitive and emotional challenges in children with reading difficulties. *Acta Paediatr,* 108**,** 1110-1114.
NALAVANY, B. A., CARAWAN, L. W. & RENNICK, R. A. 2011. Psychosocial Experiences Associated With Confirmed and Self-Identified Dyslexia: A Participant-Driven Concept Map of Adult Perspectives. *Journal of Learning Disabilities,* 44**,** 63-79.
NAVAS, A. L., FERRAZ EDE, C. & BORGES, J. P. 2014. Phonological processing deficits as a universal model for dyslexia: evidence from different orthographies. *Codas,* 26**,** 509-19.
NORTON, E. S., BLACK, J. M., STANLEY, L. M., TANAKA, H., GABRIELI, J. D. E., SAWYER, C. & HOEFT, F. 2014. Functional neuroanatomical evidence for the double-deficit hypothesis of developmental dyslexia. *Neuropsychologia,* 61**,** 235-246.
OLSON, R. K., KLIEGL, R. & DAVIDSON, B. J. 1983. Dyslexic and normal readers' eye movements. *J Exp Psychol Hum Percept Perform,* 9**,** 816-25.
OSAKA, N. 1989. Eye fixation and saccade during kana and kanji text reading: Comparison of English and Japanese text processing. *Bulletin of the Psychonomic Society,* 27**,** 548-550.
OSAKA, N. 1992. Size of saccade and fixation duration of eye movements during reading: psychophysics of Japanese text processing. *Journal of the Optical Society of America A,* 9**,** 5-13.
PAN, J., SONG, S., SU, M., MCBRIDE, C., LIU, H., ZHANG, Y., LI, H. & SHU, H. 2016. On the relationship between phonological awareness, morphological awareness and Chinese literacy skills: evidence from an 8-year longitudinal study. *Dev Sci,* 19**,** 982-991.
PAN, J. & YAN, M. 2024. The perceptual span in traditional Chinese. *Language and Cognition,* 16**,** 134-147.
PAN, J., YAN, M. & LAUBROCK, J. 2017. Perceptual Span in Oral Reading: The Case of Chinese. *Scientific Studies of Reading,* 21**,** 254-263.
PAN, J., YAN, M., LAUBROCK, J., SHU, H. & KLIEGL, R. 2014. Saccade-target selection of dyslexic children when reading Chinese. *Vision Research,* 97**,** 24-30.
PATRICK, D. L., EDWARDS, T. C. & TOPOLSKI, T. D. 2002. Adolescent quality of life, part II: initial validation of a new instrument. *Journal of adolescence,* 25**,** 287-300.
PENNINGTON, B. F. 2006. From single to multiple deficit models of developmental disorders. *Cognition,* 101**,** 385-413.
PERDUE, M. V., MASCHERETTI, S., KORNILOV, S. A., JASIŃSKA, K. K., RYHERD, K., EINAR MENCL, W., FROST, S. J., GRIGORENKO, E. L., PUGH, K. R. & LANDI, N. 2019. Common variation within the SETBP1 gene is associated with reading-related skills and patterns of functional neural activation. *Neuropsychologia,* 130**,** 44-51.
PERFETTI, C. A. & HARRIS, L. N. 2013. Universal Reading Processes Are Modulated by Language and Writing System. *Language Learning and Development,* 9**,** 296-316.
PETERSON, R. L., ARNETT, A. B., PENNINGTON, B. F., BYRNE, B., SAMUELSSON, S. & OLSON, R. K. 2018. Literacy acquisition influences children's rapid automatized naming. *Dev Sci,* 21**,** e12589.
PETERSON, R. L. & PENNINGTON, B. F. 2012. Developmental dyslexia. *The Lancet,* 379**,** 1997-2007.
PIANTA, R. C., BELSKY, J., VANDERGRIFT, N., HOUTS, R. & MORRISON, F. J. 2008. Classroom Effects on Children's Achievement Trajectories in Elementary School. *American Educational Research Journal,* 45**,** 365-397.

PLUME, E. & WARNKE, A. 2007. Definition, Symptomatik, Prävalenz und Diagnostik der Lese-Rechtschreib-Störung. *Monatsschrift Kinderheilkunde,* 155**,** 322-327.
POLLATSEK, A., BOLOZKY, S., WELL, A. D. & RAYNER, K. 1981. Asymmetries in the perceptual span for Israeli readers. *Brain and language,* 14**,** 174-180.
PRADO, C., DUBOIS, M. & VALDOIS, S. 2007. The eye movements of dyslexic children during reading and visual search: Impact of the visual attention span. *Vision Research,* 47**,** 2521-2530.
PREGEL, D. & RICKHEIT, G. 1987. *Der Wortschatz im Grundschulalter: Häufigkeitswörterbuch zum verbalen, substantivischen und adjektivischen Wortgebrauch*, Georg Olms Verlag.
PUGH, K. & VERHOEVEN, L. 2018. Introduction to This Special Issue: Dyslexia Across Languages and Writing Systems. *Scientific Studies of Reading,* 22**,** 1-6.
RASKIND, W., PETER, B., RICHARDS, T., ECKERT, M. & BERNINGER, V. 2012. The Genetics of Reading Disabilities: From Phenotypes to Candidate Genes. *Frontiers in psychology,* 3**,** 601.
RAYNER, K. 1986. Eye movements and the perceptual span in beginning and skilled readers. *J Exp Child Psychol,* 41**,** 211-36.
RAZUK, M., BARELA, J. A., PEYRE, H., GERARD, C. L. & BUCCI, M. P. 2018. Eye movements and postural control in dyslexic children performing different visual tasks. *PLoS One,* 13**,** e0198001.
REICHLE, E. D., RAYNER, K. & POLLATSEK, A. 2003. The E-Z reader model of eye-movement control in reading: comparisons to other models. *Behav Brain Sci,* 26**,** 445-76; discussion 477-526.
REIS, A., ARAÚJO, S., MORAIS, I. S. & FAÍSCA, L. 2020. Reading and reading-related skills in adults with dyslexia from different orthographic systems: a review and meta-analysis. *Annals of Dyslexia,* 70**,** 339-368.
RICHLAN, F. 2020. The Functional Neuroanatomy of Developmental Dyslexia Across Languages and Writing Systems. *Front Psychol,* 11**,** 155.
ROBINSON, A. & BILLEN, J. 2013. *Bilder, Zeichen, Alphabete: die Geschichte der Schrift,* Darmstadt, Lambert Schneider.
SAKO, E. 2016. The Emotional and Social Effects of Dyslexia. *European Journal of Interdisciplinary Studies,* 2**,** 233-241.
SANFILIPPO, J., NESS, M., PETSCHER, Y., RAPPAPORT, L., ZUCKERMAN, B. & GAAB, N. 2020. Reintroducing Dyslexia: Early Identification and Implications for Pediatric Practice. *Pediatrics,* 146.
SCERRI, T. S. & SCHULTE-KÖRNE, G. 2010. Genetics of developmental dyslexia. *Eur Child Adolesc Psychiatry,* 19**,** 179-97.
SCHMALZ, X., ROBIDOUX, S., CASTLES, A., COLTHEART, M. & MARINUS, E. 2017. German and English Bodies: No Evidence for Cross-Linguistic Differences in Preferred Orthographic Grain Size. *Collabra: Psychology,* 3.
SCHULTE-KÖRNE, G. & REMSCHMIDT, H. 2003. Legasthenie - Symptomatik, Diagnostik, Ursachen, Verlauf und Behandlung. *Dtsch Arztebl International,* 100**,** 396-406.
SCHULTE-KÖRNE, G., WARNKE, A. & REMSCHMIDT, H. 2006. [Genetics of dyslexia]. *Z Kinder Jugendpsychiatr Psychother,* 34**,** 435-44.
SEIDENBERG, M. S. 2005. Connectionist Models of Word Reading. *Current Directions in Psychological Science,* 14**,** 238-242.
SEYMOUR, P. H., ARO, M. & ERSKINE, J. M. 2003. Foundation literacy acquisition in European orthographies. *Br J Psychol,* 94**,** 143-74.
SHAYWITZ, S. E., FLETCHER, J. M., HOLAHAN, J. M., SHNEIDER, A. E., MARCHIONE, K. E., STUEBING, K. K., FRANCIS, D. J., PUGH, K. R. & SHAYWITZ, B. A. 1999. Persistence

of Dyslexia: The Connecticut Longitudinal Study at Adolescence. *Pediatrics,* 104**,** 1351-1359.
SHOVMAN, M. M. & AHISSAR, M. 2006. Isolating the impact of visual perception on dyslexics' reading ability. *Vision Res,* 46**,** 3514-25.
SHU, H., MCBRIDE-CHANG, C., WU, S. & LIU, H. 2006. Understanding chinese developmental dyslexia: Morphological awareness as a core cognitive construct. *Journal of Educational Psychology,* 98**,** 122-133.
SIOK, W. T. & FLETCHER, P. 2001. The role of phonological awareness and visual-orthographic skills in Chinese reading acquisition. *Dev Psychol,* 37**,** 886-99.
SIOK, W. T., NIU, Z., JIN, Z., PERFETTI, C. A. & TAN, L. H. 2008. A structural-functional basis for dyslexia in the cortex of Chinese readers. *Proc Natl Acad Sci U S A,* 105**,** 5561-6.
SIOK, W. T., PERFETTI, C. A., JIN, Z. & TAN, L. H. 2004. Biological abnormality of impaired reading is constrained by culture. *Nature,* 431**,** 71-6.
SMITH-SPARK, J., FISK, J., FAWCETT, A. & NICOLSON, R. 2003. Investigating the central executive in adult dyslexics: Evidence from phonological and visuospatial working memory performance. *European Journal of Cognitive Psychology,* 15**,** 567-587.
SMITH-SPARK, J. H. & FISK, J. E. 2007. Working memory functioning in developmental dyslexia. *Memory,* 15**,** 34-56.
SONG, S., GEORGIOU, G. K., SU, M. & HUA, S. 2016. How Well Do Phonological Awareness and Rapid Automatized Naming Correlate With Chinese Reading Accuracy and Fluency? A Meta-Analysis. *Scientific Studies of Reading,* 20**,** 99-123.
SONG, S., ZHANG, Y., SHU, H., SU, M. & MCBRIDE, C. 2019. Universal and Specific Predictors of Chinese Children With Dyslexia - Exploring the Cognitive Deficits and Subtypes. *Front Psychol,* 10**,** 2904.
SONNENSCHEIN, S., STAPLETON, L. M. & BENSON, A. 2010. The relation between the type and amount of instruction and growth in children's reading competencies. *American Educational Research Journal,* 47**,** 358-389.
SPERLICH, A., MEIXNER, J. & LAUBROCK, J. 2016. Development of the perceptual span in reading: A longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology,* 146**,** 181-201.
SPRENGER-CHAROLLES, L., SIEGEL, L. S., JIMÉNEZ, J. E. & ZIEGLER, J. C. 2011. Prevalence and Reliability of Phonological, Surface, and Mixed Profiles in Dyslexia: A Review of Studies Conducted in Languages Varying in Orthographic Depth. *Scientific Studies of Reading,* 15**,** 498-521.
STEIN, J. 2001. The magnocellular theory of developmental dyslexia. *Dyslexia,* 7**,** 12-36.
STRANDBERG, A., NILSSON, M., ÖSTBERG, P. & ÖQVIST SEIMYR, G. 2022. Eye Movements during Reading and their Relationship to Reading Assessment Outcomes in Swedish Elementary School Children. *J Eye Mov Res,* 15.
STREHLOW, U. & HAFFNER, J. 2002. Definitionsmöglichkeiten und sich daraus ergebende Häufigkeit der umschriebenen Lese- bzw. Rechtschreibstörung - theoretische Überlegungen und empirische Befunde an einer repräsentativen Stichprobe junger Erwachsener. *Zeitschrift für Kinder- und Jugendpsychiatrie und Psychotherapie,* 30**,** 113-126.
SU, M., ZHAO, J., THIEBAUT DE SCHOTTEN, M., ZHOU, W., GONG, G., RAMUS, F. & SHU, H. 2018. Alterations in white matter pathways underlying phonological and morphological processing in Chinese developmental dyslexia. *Dev Cogn Neurosci,* 31**,** 11-19.
SUN, C. C., HENDRIX, P., MA, J. & BAAYEN, R. H. 2018. Chinese lexical database (CLD) A large-scale lexical database for simplified Mandarin Chinese. *Behavior Research Methods,* 50**,** 2606-2629.

SUN, F., MORITA, M. & STARK, L. W. 1985. Comparative patterns of reading eye movement in Chinese and English. *Perception & Psychophysics,* 37**,** 502-506.
SUN, Z., ZOU, L., ZHANG, J., MO, S., SHAO, S., ZHONG, R., KE, J., LU, X., MIAO, X. & SONG, R. 2013. Prevalence and associated risk factors of dyslexic children in a middle-sized city of China: a cross-sectional study. *PLoS One,* 8**,** e56688.
TERRAS, M. M., THOMPSON, L. C. & MINNIS, H. 2009. Dyslexia and psycho-social functioning: an exploratory study of the role of self-esteem and understanding. *Dyslexia,* 15**,** 304-27.
TONG, X., MCBRIDE, C., LO, J. C. M. & SHU, H. 2017. A Three-Year Longitudinal Study of Reading and Spelling Difficulty in Chinese Developmental Dyslexia: the Matter of Morphological Awareness. *Dyslexia*.
TONG, X., MCBRIDE, C., SHU, H. & HO, C. S. 2018. Reading Comprehension Difficulties in Chinese-English Bilingual Children. *Dyslexia,* 24**,** 59-83.
TORGESEN, J. K., WAGNER, R. K., RASHOTTE, C. A., BURGESS, S. & HECHT, S. 1997. Contributions of phonological awareness and rapid automatic naming ability to the growth of word-reading skills in second-to fifth-grade children. *Scientific studies of reading,* 1**,** 161-185.
TRAUZETTEL-KLOSINSKI, S. 1997. Eccentric fixation with hemianopic field defects: A valuable strategy to improve reading ability and an indication of cortical plasticity. *Neuro-Ophthalmology,* 18**,** 117-131.
TRAUZETTEL-KLOSINSKI, S., DÜRRWÄCHTER, KLOSINSKI & BRAUN, C. 2006. Cortical activation during word reading and pictogram naming in dyslexic and non-reading-impaired children. *Clinical Neurophysiology,* 117**,** 1086-1097.
TRAUZETTEL-KLOSINSKI, S., FAISST, T., SCHICK, V., RIGHETTI, G., BRAUN, C., CORDEY-HENKE, A., SUN, C.-C. & KUESTER-GRUBER, S. 2024. Eye movements of children with and without developmental dyslexia in an alphabetic script during alphabetic and logographic tasks. *Scientific Reports,* 14**,** 28796.
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**,** 789-99.
TRAUZETTEL-KLOSINSKI, S., KOITZSCH, A. M., DÜRRWÄCHTER, U., SOKOLOV, A. N., REINHARD, J. & KLOSINSKI, G. 2010. Eye movements in German-speaking children with and without dyslexia when reading aloud. *Acta Ophthalmologica,* 88**,** 681-691.
TRESSOLDI, P. E., STELLA, G. & FAGGELLA, M. 2001. The Development of Reading Speed in Italians with Dyslexia: A Longitudinal Study. *Journal of Learning Disabilities,* 34**,** 414-417.
ULFARSSON, M. O., WALTERS, G. B., GUSTAFSSON, O., STEINBERG, S., SILVA, A., DOYLE, O. M., BRAMMER, M., GUDBJARTSSON, D. F., ARNARSDOTTIR, S., JONSDOTTIR, G. A., GISLADOTTIR, R. S., BJORNSDOTTIR, G., HELGASON, H., ELLINGSEN, L. M., HALLDORSSON, J. G., SAEMUNDSEN, E., STEFANSDOTTIR, B., JONSSON, L., EIRIKSDOTTIR, V. K., EIRIKSDOTTIR, G. R., JOHANNESDOTTIR, G. H., UNNSTEINSDOTTIR, U., JONSDOTTIR, B., MAGNUSDOTTIR, B. B., SULEM, P., THORSTEINSDOTTIR, U., SIGURDSSON, E., BRANDEIS, D., MEYER-LINDENBERG, A., STEFANSSON, H. & STEFANSSON, K. 2017. 15q11.2 CNV affects cognitive, structural and functional correlates of dyslexia and dyscalculia. *Transl Psychiatry,* 7**,** e1109.
VAGGE, A., CAVANNA, M., TRAVERSO, C. E. & IESTER, M. 2015. Evaluation of ocular movements in patients with dyslexia. *Ann Dyslexia,* 65**,** 24-32.

VAN DER LEIJ, A. 2013. Dyslexia and Early Intervention: What Did We Learn from the Dutch Dyslexia Programme? *Dyslexia,* 19**,** 241-255.
VENDER, M. & MELLONI, C. 2021. Phonological Awareness across Child Populations: How Bilingualism and Dyslexia Interact. *Languages,* 6**,** 39.
VERHOEVEN, L., PERFETTI, C. & PUGH, K. 2019. *Developmental dyslexia across languages and writing systems*, Cambridge University Press.
WAGNER, R. F. 1976. Bilingualism, multiple dyslexia, and polyglot aphasia. *Academic Therapy,* 12**,** 91-97.
WANG, B., ZHOU, Y., LENG, S., ZHENG, L., LV, H., WANG, F., TAN, L. H. & SUN, Y. 2017. Genetic polymorphism of nonsyndromic cleft lip with or without cleft palate is associated with developmental dyslexia in Chinese school-aged populations. *J Hum Genet,* 62**,** 265-268.
WERY, J. J. & DILIBERTO, J. A. 2017. The effect of a specialized dyslexia font, OpenDyslexic, on reading rate and accuracy. *Annals of dyslexia,* 67**,** 114-127.
WHITE, S., MILNE, E., ROSEN, S., HANSEN, P., SWETTENHAM, J., FRITH, U. & RAMUS, F. 2006. The role of sensorimotor impairments in dyslexia: a multiple case study of dyslexic children. *Developmental Science,* 9**,** 237-255.
WILSON, A. M., DERI ARMSTRONG, C., FURRIE, A. & WALCOT, E. 2008. The Mental Health of Canadians With Self-Reported Learning Disabilities. *Journal of Learning Disabilities,* 42**,** 24-40.
WIMMER, H. & SCHURZ, M. 2010. Dyslexia in regular orthographies: manifestation and causation. *Dyslexia,* 16**,** 283-99.
WORLD MEDICAL ASSOCIATION 2013. World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects. *JAMA*.
WU, C. Y., HO, M. H. & CHEN, S. H. 2012. A meta-analysis of fMRI studies on Chinese orthographic, phonological, and semantic processing. *Neuroimage,* 63**,** 381-91.
WYDELL, T. N. & BUTTERWORTH, B. 1999. A case study of an English-Japanese bilingual with monolingual dyslexia. *Cognition,* 70**,** 273-305.
YAN, M., LI, H., SU, Y., CAO, Y. & PAN, J. 2020. The Perceptual Span and Individual Differences among Chinese Children. *Scientific Studies of Reading,* 24**,** 520-530.
YAN, M., PAN, J. & KLIEGL, R. 2019. Eye movement control in Chinese reading: A cross-sectional study. *Developmental psychology,* 55**,** 2275.
YAN, M., ZHOU, W., SHU, H. & KLIEGL, R. 2015. Perceptual span depends on font size during the reading of Chinese sentences. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition,* 41**,** 209.
YANG, L.-Y., GUO, J.-P., RICHMAN, L. C., SCHMIDT, F. L., GERKEN, K. C. & DING, Y. 2013. Visual Skills and Chinese Reading Acquisition: A Meta-analysis of Correlation Evidence. *Educational Psychology Review,* 25**,** 115-143.
YANG, Y. H., YANG, Y., CHEN, B. G., ZHANG, Y. W. & BI, H. Y. 2016. Anomalous Cerebellar Anatomy in Chinese Children with Dyslexia. *Front Psychol,* 7**,** 324.
YU, L., ZHANG, Q., PRIEST, C., REICHLE, E. D. & SHERIDAN, H. 2018. Character-complexity effects in Chinese reading and visual search: A comparison and theoretical implications. *Quarterly Journal of Experimental Psychology,* 71**,** 140-151.
ZHANG, H., SU, I.-F., CHEN, F., NG, M. L., WANG, L. & YAN, N. 2020. The time course of orthographic and semantic activation in Chinese character recognition: evidence from anERP study. *Language, Cognition and Neuroscience,* 35**,** 292-309.
ZHANG, K., SUN, X., YU, C.-L., EGGLESTON, R. L., MARKS, R. A., NICKERSON, N., CARUSO, V. C., HU, X.-S., TARDIF, T., CHOU, T.-L., BOOTH, J. R. & KOVELMAN, I. 2023. Phonological and morphological literacy skills in English and Chinese: A

cross-linguistic neuroimaging comparison of Chinese–English bilingual and monolingual English children. *Human Brain Mapping,* 44**,** 4812-4829.
ZHAO, J., LI, Q.-L., WANG, J.-J., YANG, Y., DENG, Y. & BI, H.-Y. 2012. Neural basis of phonological processing in second language reading: An fMRI study of Chinese regularity effect. *NeuroImage,* 60**,** 419-425.
ZHAO, J., LIU, H., LI, J., SUN, H., LIU, Z., GAO, J., LIU, Y. & HUANG, C. 2019. Improving sentence reading performance in Chinese children with developmental dyslexia by training based on visual attention span. *Sci Rep,* 9**,** 18964.
ZHOU, L., DUFF, F. J. & HULME, C. 2015. Phonological and Semantic Knowledge Are Causal Influences on Learning to Read Words in Chinese. *Scientific Studies of Reading,* 19**,** 409-418.
ZHOU, X. & MARSLEN-WILSON, W. Direct visual access is the only way to access the Chinese mental lexicon. Proceedings of the eighteenth annual conference of the cognitive science society, 2019. Routledge, 714-720.
ZHOU, Y., MCBRIDE-CHANG, C., LAW, A. B., LI, T., CHEUNG, A. C., WONG, A. M. & SHU, H. 2014. Development of reading-related skills in Chinese and English among Hong Kong Chinese children with and without dyslexia. *J Exp Child Psychol,* 122**,** 75-91.
ZHU, D., WANG, J. & WU, H. 2012. Working memory function in Chinese dyslexic children: a near-infrared spectroscopy study. *J Huazhong Univ Sci Technolog Med Sci,* 32**,** 141-145.
ZIEGLER, J. C. & GOSWAMI, U. 2005. Reading acquisition, developmental dyslexia, and skilled reading across languages: a psycholinguistic grain size theory. *Psychol Bull,* 131**,** 3-29.
ZIEGLER, J. C. & GOSWAMI, U. 2006. Becoming literate in different languages: similar problems, different solutions. *Dev Sci,* 9**,** 429-36.
ZIEGLER, J. C., PECH-GEORGEL, C., DUFAU, S. & GRAINGER, J. 2010. Rapid processing of letters, digits and symbols: what purely visual-attentional deficit in developmental dyslexia? *Developmental Science,* 13**,** F8-F14.
ZOCCOLOTTI, P., DE LUCA, M., DI PACE, E., GASPERINI, F., JUDICA, A. & SPINELLI, D. 2005. Word length effect in early reading and in developmental dyslexia. *Brain and Language,* 93**,** 369-373.
ZORZI, M., BARBIERO, C., FACOETTI, A., LONCIARI, I., CARROZZI, M., MONTICO, M., BRAVAR, L., GEORGE, F., PECH-GEORGEL, C. & ZIEGLER, J. C. 2012. Extra-large letter spacing improves reading in dyslexia. *Proc Natl Acad Sci U S A,* 109**,** 11455-9.

Erklärung zum Eigenanteil

Die Studie wurde durch Frau Prof. Dr. Trauzettel-Klosinski konzipiert. Im weiteren Verlauf an der Konzeption beteiligt waren Herr Dr. Küster-Gruber, Frau Cordey-Henke (Universitäts-Augenklinik), Herr Prof. Braun (MEG Zentrum Tübingen), Herr Prof. Baayen, Frau Sun (Abt. Quantitative Linguistik) und ich.

Die Rekrutierung der Studienteilnehmer erfolgte durch Frau Prof. Dr. Trauzettel-Klosinski, Herrn Dr. Küster und mich mit Unterstützung der Kinder- und Jugendpsychiatrie Tübingen, sowie Schulen und Praxen im Raum Tübingen.

Die Konzeption des Chinesisch-Unterrichts wurde durch Frau Schick mit Unterstützung durch Frau Sun erstellt. Die Durchführung des Unterrichts erfolgte durch Frau Schick (China Centrum Tübingen).

Die orthoptische Untersuchung der Kinder, sowie die Durchführung des Zürcher Lesetests (ZLT) und der Fragebögen zur Lebensqualität (ILK) übernahm Frau Cordey-Henke.

Die Durchführung der Eye-Tracking Untersuchungen erfolgten durch Herrn Dr. Küster-Gruber und mich.

Die primäre Auswertung der Fragebögen für die weiteren Analysen zur Erfassung der Lebensqualität erstellte Herr Dr. Matthias Klosinski (LMU München, Klinik und Poliklinik für Kinder- und Jugendpsychiatrie, Psychosomatik und Psychotherapie).

Die statistische Auswertung der Daten erfolgte durch mich mit Unterstützung durch Herrn Dr. Küster-Gruber.

Die Studie wurde durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft über die Exzellenzinitiative der Universität Tübingen unterstützt, sowie durch die Tistou & Charlotte Kerstan Stiftung, Heidehof Stiftung, Werner Kossmann Stiftung für Lebenshilfe und Carl und Marisa Hahn-Stiftung gefördert.

Veröffentlichungen

Teile der vorliegenden Dissertationsschrift wurden bereits in folgenden Publikationen veröffentlicht:

KUESTER-GRUBER, S., FAISST, T., SCHICK, V., RIGHETTI, G., BRAUN, C., CORDEY-HENKE, A., KLOSINSKI, M., SUN, C. C. & TRAUZETTEL-KLOSINSKI, S. 2023. Is learning a logographic script easier than reading an alphabetic script for German children with dyslexia? PLoS One, 18, e0282200. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0282200

TRAUZETTEL-KLOSINSKI, S., FAISST, T., SCHICK, V., RIGHETTI, G., BRAUN, C., CORDEY-HENKE, A., SUN, C.-C. & KUESTER-GRUBER, S. 2024. Eye movements of children with and without developmental dyslexia in an alphabetic script during alphabetic and logographic tasks. Scientific Reports, 14, 28796. https://doi.org/10.1038/s41598-024-78894-2

Danksagung

Abschließend möchte ich mich von Herzen bei allen bedanken, die zum Gelingen der Arbeit beigetragen haben. Außerordentlicher Dank gilt Frau Prof. Dr. Trauzettel-Klosinski, für die Möglichkeit diese Promotion unter ihrer sehr guten und stets motivierenden Betreuung durchzuführen.

Besonders bedanken möchte ich mich bei Herrn Dr. Küster-Gruber für die engagierte und sehr gute wissenschaftlichen Betreuung und Unterstützung während der Promotion.

Ein großer Dank gilt ebenso dem China Centrum Tübingen, insbesondere Frau Schick, die sich der pädagogischen Aufarbeitung, sowie der Durchführung des Chinesisch-Unterrichts, mit sehr großem Engagement angenommen hat.

Außerdem möchte ich mich herzlich bei allen Mitarbeitenden dieser Studie bedanken, die sich auf unterschiedliche Arten und Weisen, sowie aus verschiedenen Perspektiven bei dem vorliegenden Thema eingebracht haben. Insbesondere erwähnen möchte ich Frau Cordey als Orthoptistin, Herr Prof. Dr. Baayen und Frau Sun aus der Abteilung für Quantitative Linguistik in Tübingen, Herrn Prof. Dr. Braun und Frau Righetti aus dem MEG Zentrum Tübingen, sowie Herrn Dr. Klosinksi aus der Abteilung für Kinder- und Jugendpsychiatrie am Universitätsklinikum München.

Ein besonderer Dank gilt meinen Eltern, Geschwistern und Freunden, sowie allen anderen, die mich während meiner Promotion begleitet und unterstützt haben.

Anhang

Stimuli

Aufgabe: Lesen alphabetischer Wörter (Wortlänge, Häufigkeit)

T1		T2	
Hund	(kurz, häufig)	Tisch	(kurz, häufig)
Geige	(kurz, selten)	Junge	(kurz, häufig)
Bohne	(kurz, selten)	Pfau	(kurz, selten)
König	(kurz, häufig)	Blech	(kurz, selten)
Gesicht	(lang, häufig)	Regenschirm	(häufig, lang)
Bastrock	(lang, selten)	Kindergarten	(häufig, lang)
Laterne	(lang, selten)	Haltestelle	(selten, lang)
Schularbeiten	(lang, häufig)	Backofen	(selten, lang)

Aufgabe: Benennen von Piktogrammen (P)

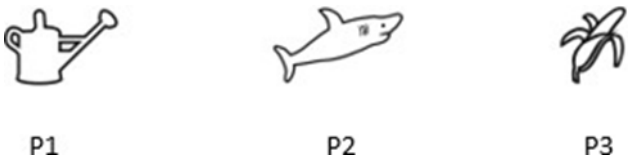


Abbildung 32: Piktogramme T1.
P1 Gießkanne, P2 Hai/Fisch, P3 Banane



Abbildung 33: Piktogramme T2.
P1 Ente, P2 Uhr, P3 Flugzeug

Chinesisch-Unterricht

Schriftzeichen	Pinyin (Aussprache)	deutsche Bedeutung
1. 山	shān	Berg
2. 人	rén	Mensch, Person
3. 水	shuǐ	Wasser
4. 木	mù	Holz, Baum
5. 天	tiān	Himmel
6. 大	dà	groß
7. 他	tā	er
8. 她	tā	sie
9. 我	wǒ	ich
10. 你	nǐ	du
11. 是	shì	sein (Kopula; „to be“)
12. 不	bù	nicht / nein
13. 这	zhè	dieser/diese/dieses
14. 那	nà	jener/jene/jenes
15. 羊	yáng	Schaf / Ziege
16. 鸡	jī	Hahn / Huhn
17. 猪	zhū	Schwein
18. 狗	gǒu	Hund
19. 猴	hóu	Affe
20. 马	mǎ	Pferd
21. 蛇	shé	Schlange
22. 龙	lóng	Drache
23. 兔	tù	Hase
24. 虎	hǔ	Tiger
25. 喜	xǐ	mögen
26. 欢	hūan	mögen [nicht in der LernApp]
27. 牛	niú	Ochse / Büffel / Rind
28. 鼠	shǔ	Ratte
29. 猫	māo	Katze
30. 小	xiǎo	klein
31. 属	shǔ	gehören zu (einem Tierkreiszeichen)
32. 王	wáng	König
33. 雨	yǔ	Regen
34. 石	shí	Stein
35. 臣	chén	Minister
36. 竹	zhú	Bambus
37. 川	chūan	Fluss

Tabelle 9: Liste aller erlernten chinesischen Zeichen.
Angabe des chinesischen Zeichens mit Aussprache (Pinyin) und der deutschen Bedeutung