

Facetten und Spezifika von Neglectdyslexie:
Fehlertypenanalysen bei der visuellen Worterkennung

Inauguraldissertation

zur

Erlangung des Doktorgrades

der Humanwissenschaftlichen Fakultät der Universität zu Köln

nach der Promotionsordnung vom 18.12.2018

vorgelegt von

Christiane Weinzierl

geborene Hör am 13.08.1979 in Kaufbeuren

Seelze, 22.04.2026

Erstgutachterin: Prof.in Dr. Prisca Stenneken

Zweitgutachter: Prof. Dr. Georg Kerkhoff

Danksagung

1. Mein ganz besonderer Dank gilt meiner Doktormutter Frau Prof.in Dr. Prisca Stenneken, die mir den Anstoß für diese Arbeit gegeben hat, die mich mit ihrer großen Begeisterung motiviert und gefordert hat, für die intensive professionelle und zugleich persönliche und empathische Betreuung und Beratung, die vielen Fachgespräche und wertvollen inhaltlichen Ideen, und dafür, dass sie mir die Vereinbarkeit von Familie, Gesundheit und Promotion ermöglichte und dabei große Geduld und Verständnis zeigte. Danke für eine absolut lehrreiche Zeit, Prisca!
2. Ebenso gilt mein aufrichtiger Dank Herrn Prof. Dr. Georg Kerkhoff, den ich wie Frau Prof.in Dr. Stenneken bereits im Studium kennenlernen durfte, dessen Arbeit mich inspiriert hat, und der als einer der wichtigsten Forscher zum Thema Neglectdyslexie die Zweitbegutachtung dieser Arbeit übernommen hat.
3. Ich danke den MitautorInnen des Artikels, der aus meiner Dissertation hervorgegangen ist, dem Team des Lehrstuhls „Therapie und Pädagogik bei Sprach- und Sprechstörungen“ und den Mitgliedern der Humanwissenschaftlichen Fakultät an der Universität zu Köln, dem ehemaligen Team der Klinischen Linguistik der Universität Bielefeld, den ReviewerInnen meiner Artikel, und meinem neuropsychologischen Team in der Klinik Niedersachsen für den wertvollen fachlichen Austausch.
4. Dem Cusanuswerk danke ich für die finanzielle Unterstützung, ohne die diese Arbeit nicht zustande gekommen wäre, und für die außerordentlich anregende und wohltuende ideelle Förderung, die mein Leben während der Promotion bereicherte. Den (teilweise ehemaligen) MitarbeiterInnen des Cusanuswerks, besonders Herrn Dr. Manuel Ganser, Wilfried Röttgen und allen cusanischen FreundInnen, die mir während der Promotionszeit in konstanter Weise und verständnisvoll mit professionellem wie freundschaftlichem Rat, und wertvollen und hilfreichen Impulsen zur Seite standen, an mich geglaubt haben, und mich auf eine ganz wunderbare Art angenommen und getragen haben.

5. Danken möchte ich außerdem meinem Christian, der als Korrekturleser, als mein persönlicher Berater und konstruktiver Kritiker in methodischen Fragestellungen und bei inhaltlichen Diskussionen nicht nur sprichwörtlich in guten wie in schlechten Zeiten zu mir stand und mich in meinem Promotionsvorhaben und meinem beruflichen Vorankommen unterstützt hat.

6. In liebevoller Erinnerung gilt mein Dank meinen Eltern, die die Fertigstellung dieser Arbeit leider nicht mehr miterleben konnten, und besonders meinem Papa, der mich gelehrt hat, dass man durch Fleiß, Willenskraft, Ehrgeiz, Leidenschaft und Durchhaltevermögen Vieles im Leben schaffen kann, und der mich immer voller Stolz zu meinen Vorhaben im Leben beraten und begleitet hat.

7. Ich danke meiner lieben Freundin Maria, meiner allerbesten Schwiegermutter Gerti, meiner lieben Gerda und all meinen FreundInnen und WegbegleiterInnen, die immer an mich geglaubt, mich motiviert und im Großen wie im Kleinen unterstützt haben oder uns bei der Kinderbetreuung geholfen haben, um mir das Arbeiten an der Dissertation oder das Besuchen von Konferenzen und cusanischen Veranstaltungen zu ermöglichen.

8. Ich danke meiner lieben Clara, die während meiner Promotionszeit zu einer jungen Dame herangewachsen ist und mein Tun auch in turbulenten Zeiten interessiert verfolgt hat, und meinen zwei süßen Rackern Charlotte und Catharina, die mir mit ihrer Heiterkeit und Fröhlichkeit immer den Blick auf das Wesentliche im Leben aufgezeigt haben und alles selbstverständlich mitgetragen haben.

Hinweis:

Die vorliegende Arbeit bemüht sich um eine geschlechterinklusive und diskriminierungsfreie Sprache. Abweichungen hiervon können aus Gründen der Lesbarkeit, der sprachlichen Ökonomie oder aufgrund fachlicher Konventionen erfolgen und verstehen sich ausdrücklich als inklusiv gegenüber allen Geschlechtern und Geschlechtsidentitäten.

Zusammenfassung (Gesamtarbeit)

Neglectdyslexie ist eine Lesestörung nach erworbener Hirnschädigung, die beim Lesen einzeln präsentierte Wörter durch charakteristische, meist kontraläsionale Fehlermuster gekennzeichnet ist, insbesondere durch Auslassungen und Substitutionen einzelner Buchstaben. Angesichts der heterogenen Befundlage zu Fehlertypen bei Neglectdyslexie ist für eine verlässlichere Diagnostik, theoretische Einordnung und therapeutische Ableitung eine präzisere Definition des Störungsbildes erforderlich; zentral ist dabei die Identifikation und theoretische Einordnung neglectdyslexie-spezifischer Fehlertypen wie Auslassungen und Substitutionen, zu der die vorliegende Arbeit ihren Beitrag leisten will.

Inwieweit bestimmte Fehlertypen qualitativ als neglectdyslexie-spezifisch einzuordnen sind, lässt sich empirisch durch die Bestimmung und Analyse realisierter Fehlertypen und -positionen in einer größeren Neglectdyslexie-Stichprobe im Vergleich zu einer angepassten gesunden Kontrollgruppe prüfen. Entsprechend wurde in einer ersten empirischen Studie eine quantitative und qualitative Analyse von Lesefehlern bei Neglectdyslexie im Vergleich zu einer hinsichtlich der Fehleranzahl angepassten Kontrollgruppe durchgeführt und neben linksseitigen Lesefehlern insbesondere Auslassungen als neglectdyslexie-spezifischer Fehlertyp identifiziert (Studie 1, Kapitel 3, Weinzierl et al., 2012).

Substitutionen werden in der Literatur zwar häufig berichtet, ihre zugrunde liegenden Entstehungsmechanismen im Kontext der Neglectdyslexie bleiben jedoch bislang unzureichend verstanden. Durch positionsgenaue Stimulus-Antwort-Vergleiche von Substitutionen konnten in der zweiten empirischen Studie mehrere sprachliche Aspekte (Erhalt von Lexikalität, Silbenzahl, Vokal-Konsonanten-Status, Buchstabenfrequenz) identifiziert werden, die wie in der gesunden Kontrollgruppe erhalten blieben, während sich die perzeptuelle Verarbeitung (visuelle Buchstabenähnlichkeit) in beiden Gruppen unterschied (Studie 2, Kapitel 4, Weinzierl et al., 2014a, 2014b).

Daraus ergibt sich die Frage, inwieweit diese Befunde über die untersuchten Stichproben hinaus Bestand haben. Da Häufigkeiten von Auslassungen und Substitutionen in der Literatur zu Neglectdyslexie stark variieren und methodisch uneinheitlich erhoben wurden, wurde ein Scoping-Review durchgeführt (Studie 3, Kapitel 5). Es wurden Korrelate aus vier Bereichen (Subjekt- und Stimulusvariablen, Durchführungs- und Auswertungsvarianten) identifiziert, die die jeweilige Auftretenshäufigkeit von einzelnen Fehlertypen beeinflussen. Insgesamt deuten die Befunde auf mindestens zwei Facetten von Neglectdyslexie hin: Auslassungen dominierten in einer großen, relativ homogenen Subgruppe von Studien mit egozentrischem, linksseitigem visuell-räumlichem Neglect, während Substitutionen eher in einer kleineren, heterogenen Gruppe mit besonderen, atypischen Einzelfällen assoziiert waren.

Für Forschung und Praxis ist es erforderlich, methodische Einflussfaktoren sowie mögliche Wechselwirkungen zwischen den Korrelaten und den beiden häufigsten Fehlertypen zu berücksichtigen und intakte, erhaltene Funktionen als Ressource zu nutzen. Nur so lassen sich unterschiedliche Ausprägungen und Entstehungsmechanismen der Neglectdyslexie und ihr Verhältnis zum visuell-räumlichen Neglect differenziert einordnen.

Inhaltsverzeichnis

1	Neglectdyslexie — ein herausforderndes und vernachlässigtes Störungsbild	9
2	Theoretischer Hintergrund.....	17
2.1	Neglectdyslexie — Abgrenzung und Begriffsbestimmung	17
2.1.1	Dyslexien und visuelle Wortverarbeitung	17
2.1.2	Unilateraler visuell-räumlicher Neglect.....	24
2.1.3	Herausfordernde Definition der Neglectdyslexie.....	29
2.2	Prävalenz und anatomische Korrelate von Neglectdyslexie	35
2.3	Erklärungsmodelle für Fehlertypen.....	41
2.4	Fragestellungen und Ziele der vorliegenden Arbeit	45
3	Error types and error positions in neglect dyslexia: Comparative analyses in neglect patients and healthy controls.....	51
3.1	Introduction.....	51
3.2	Method	55
3.3	Results	60
3.4	Discussion	67
3.5	Conclusions.....	74
4	Perceptual and linguistic analyses of substitution errors: Word reading in neglect dyslexia and controls.....	76
4.1	Introduction.....	77
4.2	Method	80
4.3	Results	83
4.4	Discussion	87
5	Korrelate von Fehlertypen bei Neglectdyslexie — Ein Scoping-Review.....	91
5.1	Theoretischer Hintergrund und Fragestellung	93
5.2	Methode.....	103
5.2.1	Datenbanken und Suchoperatoren	103
5.2.2	Einschlusskriterien und Studienauswahl.....	104
5.2.3	Datenextraktionsstrategie.....	106

5.3	Ergebnisse.....	109
5.3.1	Allgemeine Studiencharakteristika.....	109
5.3.2	Fehlertypen in Abhängigkeit von Subjektvariablen	109
5.3.3	Fehlertypen in Abhängigkeit von Stimulusvariablen.....	118
5.3.4	Fehlertypen in Abhängigkeit von Durchführungsvarianten	122
5.3.5	Fehlertypen in Abhängigkeit von Auswertungsvarianten	125
5.4	Diskussion	130
5.4.1	Subjektvariablen	131
5.4.2	Stimulusvariablen	133
5.4.3	Durchführungsvarianten	138
5.4.4	Auswertungsvarianten	142
5.5	Zusammenfassende Diskussion des Scoping-Reviews	144
6	Allgemeine Diskussion.....	150
6.1	Kritische Diskussion der drei Studien	151
6.1.1	Bedeutung des methodischen Vorgehens	152
6.1.2	Auslassungen und Substitutionen	158
6.1.3	Neglectassoziation und -dissoziation fehlerartenabhängig.....	162
6.2	Handlungsempfehlungen und Ausblick für weitere Forschung und Praxis.....	166
6.3	Fazit	170
7	Literaturverzeichnis.....	172

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1	Demographic and clinical data of the 18 patients with left-sided visuospatial neglect due to a single right-hemispheric brain lesion
Tabelle 2	Vowel number and vowel positions of stimuli yielding one or more substitution errors (both groups)
Tabelle 3	Kennwerte der qualitativen Analysen im Rahmen des Scoping-Reviews

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 1 Beispiele für Fehlertypen
- Abbildung 2 Das Dual-Route-Cascaded (DRC) Modell der visuellen Worterkennung
- Abbildung 3 Drei verschiedene räumliche Repräsentationsebenen der visuellen Worterkennung
- Abbildung 4 Mean number of the different error types (substitutions, omissions, additions; ± 1 SEM) on the basis of all segmental errors in both experimental groups (neglect patients, control participants)
- Abbildung 5 Mean number of total error scores (± 1 SEM) on the five letter positions (pos.1 to pos. 5) in the two experimental groups (neglect patients, control participants)
- Abbildung 6 Distribution of error types over letter positions within the word in 18 neglect-dyslexic patients (a) and 11 healthy controls (b)
- Abbildung 7 Preservation of lexical and sublexical parameters in both groups

Facetten und Spezifika von Neglectdyslexie:

Fehlertypenanalysen bei der visuellen Worterkennung

„Im Anfang war das Wort...“ (Johannes 1,1)

1 Neglectdyslexie — ein herausforderndes und vernachlässigtes Störungsbild

„Im Anfang war das Wort...“. Dieses weithin bekannte Zitat aus dem Johannesevangelium steht neben dem metaphysischen Aspekt für die enge Verflechtung zwischen der Entwicklung der menschlichen Schriftsprache und der kulturgeschichtlichen Entwicklung des Menschen. Besonders die Fertigkeit des Lesens ist als Teil der Sprachentwicklung eine der bedeutendsten kulturellen Errungenschaften der menschlichen Kultur: Sie eröffnet den Zugang zu eigenen und fremden Gedanken, ermöglicht Wissensaneignung, dient der Welterschließung und Identitätsbildung, hat einen gesundheitsförderlichen Aspekt und ist für den modernen Alltag unerlässlich.

Zugleich illustriert das Zitat ganz exemplarisch das Thema der vorliegenden Arbeit, die sich mit dem Lesen von Wörtern befasst: Während die meisten geübten LeserInnen das Zitat und andere Texte zumeist ohne Mühe, automatisiert und mit angemessener Geschwindigkeit erfassen, ist dies für Personen mit dem erworbenen neuropsychologischen Störungsbild der Neglectdyslexie häufig nur eingeschränkt oder unter großer Anstrengung möglich. Der Anfang des Zitates — und damit der Anfang von Wörtern — könnte für sie unvollständig, fehlerhaft oder stark verzögert erkennbar sein. So wird das ursprüngliche Wort-Bild des Evangelisten in seiner metaphorischen Bedeutung beinahe umgekehrt: Am Anfang wäre nicht das Wort, sondern eine Leerstelle — genau dort, wo das Wort beginnen sollte. Diese Umkehrung verweist direkt auf das Kernphänomen der Neglectdyslexie, dem Thema der vorliegenden Arbeit: Neglectdyslexie ist eine erworbene Lesestörung, bei der insbesondere Wortanfänge oder linksseitige Wortsegmente nicht oder nicht korrekt verarbeitet und vernachlässigt werden. Der Begriff leitet sich vom lateinischen „neglegere“ (vernachlässigen) sowie von den griechischen Wortbestandteilen „dys-“ (beeinträchtigt) und „lexis“ (Wort bzw. Sprache) ab.

Ganz allgemein gilt, dass eine akute Erkrankung, die Betroffene von heute auf morgen beim Lesen im Alltag stark beeinträchtigt, die Rehabilitation in vielen weiteren Bereichen behindern und die komplette Lebenssituation als sehr herausfordernd erscheinen lassen kann (Kinsella et al., 1989). Selbst im geschützten Rahmen einer gut strukturierten Rehabilitation sehen sich Betroffene in Freizeit, Informationsgewinnung und Nutzung medialer schriftsprachlicher Kommunikationsmittel unmittelbar mit ihren Defiziten konfrontiert. Infolge einer erworbenen Lesestörung steigt der Pflege- und Betreuungsaufwand in der Akut- und Rehabilitationsphase, und eine Rückkehr in den zuvor ausgeübten Beruf ist in den ersten Wochen nach dem Krankheitsereignis meist unmöglich und perspektivisch zumindest deutlich erschwert (Jehkonen et al., 2000). Zudem belastet die Unselbständigkeit im Alltag auch Angehörige, die nun viele Alltagsaufgaben der PatientInnen übernehmen müssen.

Gerade vor diesem Hintergrund wird deutlich, wie tiefgreifend der Verlust einer Fähigkeit wirkt, die normalerweise früh erlernt wurde und hoch automatisiert ist: In der Schriftsprachentwicklung werden in der Regel erst einzelne Buchstaben gelernt, dann einfache Silben und schließlich einzelne Wörter als Grundbestandteil der Schriftsprachverarbeitung verarbeitet, bevor das Lesen zusammenhängender Texte gelingt. Bereits nach den ersten Schuljahren ist Lesen in der Regel eine weitestgehend automatisierte Fertigkeit (Jackson & Coltheart, 2012), deren Teilprozesse selbst bei erworbenen Lesestörungen teilweise erhalten bleiben können (Làdavas, Umiltà et al., 1997; siehe auch Kapitel 2.1).

Tatsächlich wird das Lesen jedoch von 19% bis 54% der PatientInnen mit erworbenen Hirnschädigungen als häufigstes subjektiv wahrgenommenes visuelles Problem eingestuft (Kerkhoff et al., 1990; Kerkhoff & Poschenrieder, 2024; Neumann et al., 2016; Rowe et al., 2011). Das Lesen von Sätzen und zusammenhängenden Texten (z.B. Reinhart et al., 2010, 2011) ist für die Bewältigung komplexer schriftsprachlicher Anforderungen im Alltag unerlässlich — etwa beim Erfassen von Zeitungsartikeln, Packungsbeilagen, Therapieplänen, Formularen oder elektronischen Textnachrichten. Solche Textverstehensprozesse setzen jedoch grundlegende Mechanismen der

Worterkennung voraus. Die präzise Identifikation und Integration einzelner Wortformen bilden dabei die zentrale kognitiv-linguistische Grundlage höherer schriftsprachlicher Verarbeitungsebenen. Störungen im Einzelwortlesen wirken daher systematisch auf alle nachfolgenden Verarbeitungsschritte und können zu umfassenden Einschränkungen im Leseverhalten führen.

Neben dieser theoretischen Bedeutung als Vorstufe zum Textlesen besitzt das Einzelwortlesen eine ebenso unmittelbar praktische Relevanz. Es ermöglicht grundlegende Orientierungs- und Kommunikationshandlungen, wie das Erkennen von Hinweis-, Namens- oder Verkehrsschildern, das Lesen von Medikamentenbezeichnungen oder das rasche Entziffern von Überschriften. Die Fähigkeit, einzelne Wörter sicher und korrekt lesen zu können, stellt hierzu eine Grundvoraussetzung dar. Erst wenn solche basalen schriftsprachlichen Handlungskompetenzen wieder zuverlässig verfügbar sind, kann das Training komplexerer Textverstehensprozesse sinnvoll ansetzen. Vor diesem Hintergrund fokussiert die vorliegende Arbeit ausschließlich auf die Analyse von Lesefehlern beim Lesen einzeln präsentierter Wörter, da gerade diese Ebene eine diagnostisch und theoretisch besonders aussagekräftige Grundlage für das Verständnis komplexerer Leseprozesse bietet.

Besonders eindrücklich wird das dyslektische Lesemuster durch eine erworbene Neglectdyslexie eingeschränkt. Beim Lesen von einzelnen Wörtern werden meist Wortanfänge nicht richtig entziffert und einzelne Buchstaben entweder komplett ausgelassen (sogenannte Auslassungen¹ oder Elisionen), durch andere Buchstaben ersetzt (sogenannte Ersetzungen oder Substitutionen), oder gar hinzugefügt (sogenannte Hinzufügungen oder Additionen; siehe Ellis et al., 1987). Beim Lesen von Text vernachlässigen Betroffene mit Neglectdyslexie meist viele Wörter und

¹ Im Folgenden werden die beiden zentralen Fehlertypen der Neglectdyslexie als *Auslassungen* und *Substitutionen* bezeichnet. Diese Terminologie orientiert sich an der englischsprachigen Fachliteratur (*omissions, substitutions*) und ist auch im deutschsprachigen Kontext gebräuchlich. Eine durchgängig deutsche Fassung (z. B. *Ersetzungen* statt *Substitutionen*) oder eine konsequente Latinisierung (z. B. *Elisionen* statt *Auslassungen*) wurde bewusst vermieden, um die Anschlussfähigkeit an internationale Studien zu sichern. Die direkte Übernahme der englischen Termini (*Omissions, Substitutions*) erscheint hingegen im Deutschen ungewohnt und würde den Lesefluss unnötig beeinträchtigen.

Buchstaben am Zeilenanfang (Beschlin et al., 2014; Reinhart et al., 2010), so dass das Textverständnis deutlich gemindert ist. Dies kann zudem die Motivation, das Lesen zu üben, einschränken und zu Frustrationen führen. Schwierigkeiten beim Zeilenanfang und Zeilensprung können auch bei einer Hemianopsie, einem halbseitigen Gesichtsfeldausfall, auftreten (Kerkhoff & Schindler, 1997). Die genannten Fehlertypen auf Wortebene sind jedoch spezifischer für Neglectdyslexie (Vallar et al., 2010; siehe auch Kapitel 3, 4 und 5).

Neglectdyslexie² tritt meist nach rechtshemisphärischen Läsionen gemeinsam mit einem unilateralem visuell-räumlichem Neglect zusammen auf. Ein unilateraler visuell-räumlicher Neglect³ ist ein komplexes Störungsbild, das durch Beeinträchtigungen der Aufmerksamkeitsauslenkung, der Wahrnehmung und der Exploration von Stimuli auf der kontraläsionalen Halbseite (d.h. auf der gegenüberliegenden Seite der Schädigung im Gehirn) gekennzeichnet ist und verschiedene sensorische Modalitäten betreffen kann (Karnath, 2006; Kerkhoff, 2001; Vallar, 1998). Ein Neglect stellt an sich schon eine Herausforderung in der Rehabilitation dar (Kerkhoff & Schenk, 2012) und kann ebenso schwere Auswirkungen auf den Alltag von Betroffenen haben wie ND (siehe ausführlicher in Kapitel 2.1). Im Gegensatz zum Störungsbild der ND ist der Neglect in der neurologischen Rehabilitation deutlich bekannter und wird interdisziplinär von mehreren Berufsgruppen behandelt (siehe AMWF-Leitlinie zu Neglect von Karnath et al., 2023). Klinische NeuropsychologInnen testen bei einem Verdacht auf visuell-räumliche Störungen leitliniengerecht vorwiegend mit bewährten und standardisierten Testbatterien auf visuell-räumlichen Neglect, der dann auch mit den einschlägigen und bekannten Verfahren für Neglect therapiert wird (Karnath et al., 2023). Um ND verstehen zu können, muss man sich zwar zwangsläufig auch mit Neglect beschäftigen, aber dies alleine reicht nicht aus.

² Der Begriff *Neglectdyslexie* wird im Folgenden mit *ND* abgekürzt. In Überschriften, zu Beginn von Kapiteln sowie an inhaltlich hervorgehobenen Stellen wird der Begriff ausgeschreiben verwendet, um die Lesbarkeit und inhaltliche Klarheit zu wahren.

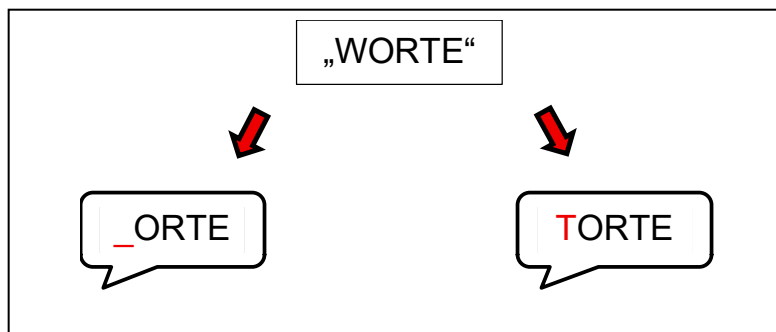
³ Der Begriff *Neglect* wird in dieser Arbeit als Kurzform für *unilateralen visuell-räumlichen Neglect* verwendet, sofern nicht ausdrücklich eine andere Neglectform gemeint ist. Zur Wahrung der inhaltlichen Klarheit wird die vollständige Bezeichnung an konzeptuell oder strukturell wichtigen Stellen ausgeschrieben.

Eine ND ist im Gegensatz zu einem Neglect auch bei NeuropsychologInnen weniger bekannt: In der von der deutschen Gesellschaft für Neuropsychologie (GNP) mitentworfenen AMWF-Leitlinie für „Neglect“ wird ND nicht einmal genannt (Karnath et al., 2023). In der umfangreichen Prüfungsliteratur für das „Zertifikat Klinische Neuropsychologe/in GNP“ in Deutschland wird ND nur mit wenigen Sätzen behandelt und erscheint deutlich unterrepräsentiert. Neben der geringen Bekanntheit von ND führt auch das Fehlen von entsprechenden Diagnostik- und Therapiematerialien zu ND zu einer Vernachlässigung dieses Störungsbildes. Dies spiegelt sich nicht zuletzt auch in einer durch Spärlichkeit geprägten wissenschaftlichen Befundlage zu ND wider: Über die etablierte wissenschaftliche Suchmaschine www.sciencedirect.com werden z.B. im Juni 2025 in [Abstract, Title, Keywords] ohne zeitliche Eingrenzung zum Suchbegriff „spatial neglect“ oder „visual neglect“ 893 Treffer, und zum Suchbegriff „alexia“ (ebenfalls eine erworbene Lesestörung) 354 Treffer angezeigt. Zum Suchbegriff „neglect dyslexia“ erhält man jedoch nur 58 Treffer. Visuell-räumlicher Neglect ist also im Gegensatz zu ND nicht nur sehr bekannt, sondern auch sehr gut erforscht. Allein in den Jahren 2024 und 2025 wurden bisher 27 Studien zu Neglect publiziert, während die letzten beiden Artikel zu ND im Jahr 2023 und im Juni 2025 erschienen waren.

Bei der Entwicklung normierter Testverfahren zu ND ergibt sich eine Herausforderung, die für alle sprachbasierten Tests besteht: Jeder Test, jedes Stimulusmaterial muss eigens für jede Sprache separat entworfen und normiert werden, um sprachlichen Spezifika gerecht zu werden, die in jeder Sprache jeweils anders beschaffen sein können (z.B. die Leserichtung einer Sprache, Buchstaben vs. Silbenzeichen, Akzente, zusammengesetzte Wörter, Graphem-Phonem-Korrespondenz, Orthographie). Nichtsprachliche Tests wie visuell-räumliche Neglecttests funktionieren hingegen häufig kultur- und sprachübergreifend (auch wenn hier aus testtheoretischen Gründen natürlich ebenfalls eine Normierung für eine deutschsprachige Population obligatorisch ist) und können somit großflächiger eingesetzt werden. Im deutschsprachigen Raum sind der Autorin der vorliegenden Arbeit neben der eigenen Forschergruppe um Prof.in Dr. Stenneken am Lehrstuhl für Pädagogik und Therapie bei Sprach- und Sprechstörungen an der Universität zu Köln nur die ehemalige

Forscherguppe von Prof. Dr. Kerkhoff an der Universität des Saarlandes bekannt, die umfangreich zu ND geforscht und publiziert hat. Ansonsten wurden im deutschsprachigen Raum nur einzelne Texte, Buchkapitel oder Übungsmaterialien publiziert, die allerdings keine neueren empirischen Daten bzw. neuere Erkenntnisse aus der ND-Forschung der letzten 20 Jahre einbeziehen (z.B. De Langen, 2024; Heidler, 2012; Merten, 2001).

Empirische Studien aus der internationalen Forschungsliteratur sind häufig Einzelfallstudien und beziehen meist keine Kontrollgruppen ein (siehe Vallar et al., 2010). Sie zeigen neben der Varianz, die durch unterschiedliche Sprachen bedingt ist, zusätzlich sehr uneinheitliche und vielgestaltige methodische Unterschiede und folglich heterogene Ergebnislagen auf, so dass die erzielten Ergebnisse der einzelnen Studien häufig nicht oder nur bedingt miteinander vergleichbar sind. Was den Publikationen zu ND gemeinsam ist, ist der Versuch einer Definition von Fehlertypen, die auf Wortebene gezeigt werden: Weglassungen bzw. Auslassungen von Buchstaben, Ersetzungen bzw. Substitutionen von Buchstaben, aber auch Hinzufügungen bzw. Additionen von Buchstaben, seltener auch Transpositionen bzw. innerhalb des Wortes vertauschte Buchstaben. So kann zum Beispiel in einer möglichen Definition das Wort „WORTE“ durch Auslassen des Anfangsbuchstaben „ORTE“ ergeben oder durch Ersetzung eines Buchstabens die Substitution „TORTE“ (siehe Abbildung 1). Die Auftretenshäufigkeit der einzelnen Fehlertypen wird allerdings sehr unterschiedlich angegeben: Während Additionen und Transpositionen eine eher untergeordnete Rolle zu spielen scheinen, ist die Auftretenshäufigkeit der häufigeren Fehlertypen diskrepant (Vallar et al., 2010). Besonders heterogen werden die in der Definition von ND enthaltenen Fehlertypen Substitutionen und Auslassungen berichtet. In einigen Studien werden Auslassungen als vorrangiger Fehlertyp festgestellt und entsprechende Erklärungsmechanismen für ND herangezogen (Làdavas, Umiltà et al., 1997; Lee et al., 2009; Primativo et al., 2015; Reinhart, Schunck et al., 2016; Savazzi et al., 2004). Andere Studien berichten vorrangig von Substitutionen als häufigsten Fehlertyp (Arduino et al., 2002b; Ellis et al., 1987; Moore et al., 2019), die wiederum mit ganz anderen Erklärungsansätzen begründet werden, was eine einheitliche Beschreibung und Definition von ND erschwert.

Abbildung 1*Beispiele für Fehlertypen*

Anmerkung. linksseitige Auslassung (links) und linksseitige Substitution (rechts)

Die Genese des Störungsbildes ist weiterhin unklar, und die Etablierung von einheitlichen, normierten Diagnose- und Therapiematerialien wird damit limitiert. Die Relevanz des Störungsbildes ND und der Bedarf an weiterer Grundlagenforschung erscheinen evident. Denn bevor ein Störungsbild angemessen diagnostiziert und therapiert werden kann, ist es unumgänglich, grundlegende Informationen zu dieser Störung überhaupt erst einmal zu identifizieren und systematisch zusammenzutragen. Ein übergreifendes Ziel der vorliegenden Arbeit ist es daher, die Definition des Störungsbildes besonders im Hinblick auf die zentralen Fehlertypen zu aktualisieren und zu präzisieren, um eine theoretische Grundlage für die Entwicklung spezifischer Diagnostik- und Therapiematerialien sowie zukünftiger Leitlinien zu schaffen.

Im Zentrum stehen dabei die beiden in der Literatur zu ND am häufigsten berichteten Fehlertypen beim Lesen einzeln präsentierter Wörter: Auslassungen und Substitutionen von Buchstaben. Diese Fokussierung ist naheliegend, da ND wesentlich über das Auftreten solcher Fehler charakterisiert wird. Gleichzeitig ist bislang nicht abschließend geklärt, welcher Fehlertyp dominiert, welche Mechanismen seiner Entstehung zugrunde liegen und welche Korrelate jeweils damit einhergehen (Arduino et al., 2002b; Daini et al., 2025; Ellis et al., 1987). Die vorliegende Arbeit trägt

zur Klärung dieser offenen Fragen bei — durch empirische Untersuchungen und eine strukturierte Aufarbeitung der Literatur.

Neben der Vorstellung des theoretischen Hintergrunds von ND (Kapitel 2) setzt sich der empirische Teil der vorliegenden Arbeit (Kapitel 3 bis 5) aus mehreren experimentellen Arbeiten und Fragestellungen zusammen:

- Welche Fehlertypen und -positionen sind spezifisch für ND im Vergleich zu einer gesunden Kontrollgruppe bei angepasster Aufgabenschwierigkeit in beiden Gruppen (Kapitel 3)?
- Welche linguistischen und perzeptuellen Parameter sind bei Substitutionen erhalten und welche zeigen qualitative Unterschiede zwischen ND und gesunden Kontrollprobanden (Kapitel 4)?
- Was sind mögliche Korrelate von Auslassungen oder Substitutionen in bisher zu ND publizierten experimentellen Studien? Und welche Schlussfolgerungen lassen sich daraus ziehen für die Definition von möglichen, unterschiedlichen Facetten von Neglectdyslexien (Kapitel 5)?

2 Theoretischer Hintergrund

2.1 Neglectdyslexie — Abgrenzung und Begriffsbestimmung

Neglectdyslexie zeigt als begriffliches Kompositum aus „Neglect“ und „Dyslexie“ die Komplexität der ND-Störung an, die sich inhaltlich aus linguistischen und perzeptuellen bzw. visuell-räumlichen Aspekten zusammensetzt. Wird ND aus einer linguistisch orientierten, dyslexiezentrierten Perspektive betrachtet, liegt die Diagnose und Behandlung eher im Aufgabenbereich von sprachtherapeutischem Fachpersonal. Gilt ND hingegen als rein perzeptuelle Störung auf der Ebene der visuellen Analyse — also als Satellitensymptom des Neglects (Moore & Demeyere, 2017) — rücken die Diagnostik und Therapie durch die Neuropsychologie in den Mittelpunkt. Nachfolgend wird zunächst auf die einzeln vorkommenden Störungsbilder „Neglect“ und „Dyslexie“ sowie deren theoretischen Hintergründe eingegangen, um daraus anschließend die spezifischen Merkmale der ND abzuleiten.

2.1.1 *Dyslexien und visuelle Wortverarbeitung*

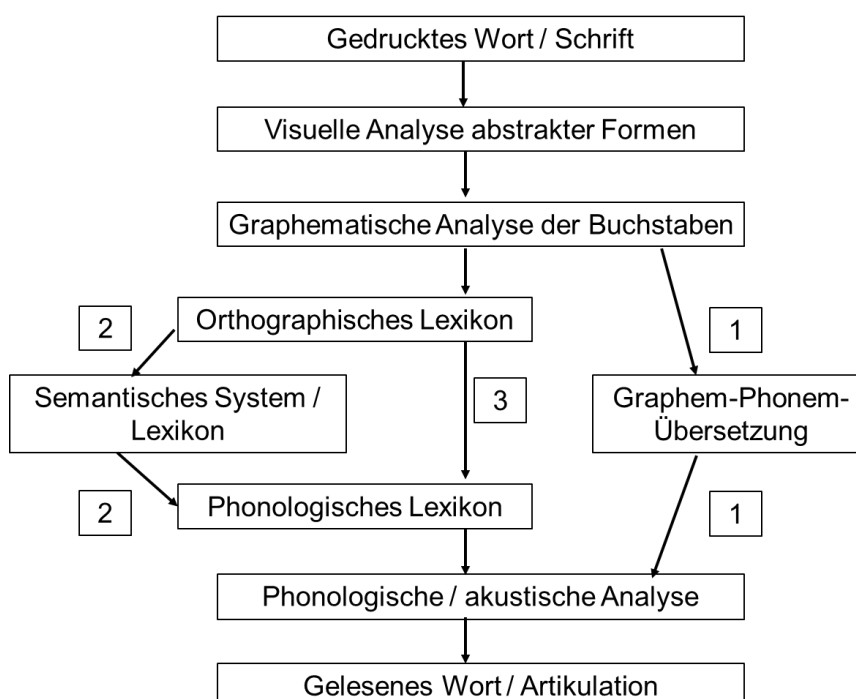
Dyslexien sind überwiegend aus dem Bereich der Schriftsprachentwicklung im Kindesalter bekannt, wenn sich beim Leseerwerb Schwierigkeiten auftun. Nach abgeschlossener regelgerechter Schriftsprachentwicklung laufen die Verarbeitungsmechanismen des Lesens weitgehend automatisiert ab (Coltheart, 2005). In der vorliegenden Arbeit geht es jedoch um erworbene Lesestörungen, die eine vollständig abgeschlossene Schriftsprachentwicklung voraussetzen und infolge von Läsionen bestimmter Hirnstrukturen auftreten. Ein fundiertes Verständnis dieser Lesestörungen erfordert eine vertiefte Auseinandersetzung mit kognitiven, linguistischen und visuellen Prozessen, die dem Lesen zugrunde liegen, da Beeinträchtigungen sich in spezifischen Teilprozessen manifestieren können.

Zur Beschreibung dieser Prozesse liegen verschiedene kognitive Modelle des Lesens vor, die die einzelnen Stufen der schriftsprachlichen Verarbeitung detailliert abbilden — von der visuellen Analyse einzelner Grapheme bis hin zur automatisierten Erkennung und Bedeutungszuordnung

ganzer Wörter (Coltheart, 2005). Eines der bekanntesten und theoretisch einflussreichsten Modelle zur visuellen Wortverarbeitung ist das Dual-Route-Cascaded (DRC) Modell des Lesens (Coltheart et al., 2001; siehe auch Abbildung 2). Dabei geht den beiden namensgebenden Verarbeitungsrouten eine initiale visuelle Analyse voraus, in der Striche, Kanten und Formen zu Schriftzeichen bzw. Buchstaben zusammengesetzt und als solche kodiert werden. Die kleinste bedeutungsunterscheidende Einheit eines Schriftsystems, die in der visuellen Analyse relevant ist, wird als Graphem bezeichnet (z.B. <l> in lesen). Einmal erworbene Grapheme sind gemäß Coltheart et al. (2001) im graphematischen bzw. orthographischen Lexikon gespeichert und können bei erneuter visueller Verarbeitung schneller abgerufen werden. Parallel dazu erfolgt die Umwandlung der wahrgenommenen Grapheme in phonologische Repräsentationen, das heißt in Phoneme, die kleinsten, bedeutungsunterscheidenden Einheiten der Lautsprache, die in einem phonologischen Lexikon gespeichert werden können. Ein Phonem kann dabei aus mehreren Graphemen bestehen (z.B. der Laut bzw. das Phonem /ʃ/ im Graphem <sch>).

Abbildung 2

Das Dual-Route-Cascaded (DRC) Modell der visuellen Worterkennung



Anmerkung. Das Dual-Route-Cascaded (DRC) Modell der visuellen Worterkennung (nach Coltheart et al., 2001; Coltheart, 2005; Jackson & Coltheart, 2012) mit der segmental-phonologischen Route (1), der lexikalisch-semantischen Route (2) und der dritten, lexikalisch-direkten Route (3).

Der Zugriff auf Phoneme ermöglicht die Synthese zu Wortformen sowie deren Artikulation; dieser graphem- und phonemweise bzw. segmentale Verarbeitungsweg beschreibt die segmental-phonologische Route des Modells (Coltheart et al., 2001; De Bleser, 2006, 2009; Jackson & Coltheart, 2012; vgl. Abbildung 2). Damit können auch Buchstabenfolgen, die keine Bedeutung tragen, aber dennoch aussprechbar sind und als Nichtwörter oder Pseudowörter bezeichnet werden, ausgesprochen werden. Nach dem Dual-Route-Modell können sie gelesen werden, indem nach der graphematischen Analyse über die segmental-phonologische Route direkt eine phonologische Repräsentation und anschließend die Artikulation erzeugt wird (Coltheart et al., 2001; Coltheart, 2005; De Bleser, 2006, 2009; Jackson & Coltheart, 2012).

Mit abgeschlossener Schriftsprachentwicklung und zunehmender Automatisierung des Lesens bildet sich gemäß Coltheart et al. (2001) also ein sogenanntes mentales Lexikon, eine Art interner Wortspeicher, in dem bereits gelesene und gelernte Wörter nicht nur in phonologischer, sondern auch in orthographisch-lexikalischer und semantischer Form repräsentiert sind. Bei der Worterkennung können diese Einträge schnell und automatisiert abgerufen werden, ohne dass jedes Wort erneut segmental dekodiert werden muss. Die Aktivierung einer gespeicherten lexikalischen Wortform führt unmittelbar zur Bedeutungszuordnung; umgekehrt kann die semantische Aktivierung die Wortform unterstützen. Dieser Prozess kennzeichnet die zweite Verarbeitungsrouten des Modells, die lexikalische bzw. ganzheitlich-semantische Route (Coltheart et al., 2001; De Bleser, 2006, 2009; Jackson & Coltheart, 2012).

Wird von der graphematischen Analyse im graphematischen bzw. orthographischen Lexikon über die segmental-phonologische Route unter Umgehung der semantischen Verarbeitung direkt in

das phonologische Lexikon gewechselt, kann das Wort zwar direkt und als Ganzes laut vorgelesen, aber nicht semantisch verstanden werden — ein Prozess, der als mögliche dritte, direkt-lexikalische Route beschrieben wird (Coltheart, 2005; Coltheart et al., 2001; De Bleser, 2006, 2009; Jackson & Coltheart, 2012; Rapcsak et al., 2007).

Da in Studien mit Betroffenen Störungen an unterschiedlichen Stufen dieses Systems beobachtet werden, wurde angenommen, dass die einzelnen Module der Leseverarbeitung relativ unabhängig voneinander beeinträchtigt oder auch isoliert erhalten sein können (Coltheart et al., 1993, Coltheart et al., 2001; De Bleser, 2006, 2009; Ládavas, Umiltà et al., 1997). Das Dual-Route-Modell unterscheidet also distinkte frühe und späte Verarbeitungswege (Coltheart et al., 2001; De Bleser, 2006, 2009). Lesestörungen können demnach in periphere und zentrale Dyslexien klassifiziert werden: Zentrale Störungen betreffen späte Schriftsprachverarbeitungs- bzw. grundlegende linguistische Prozesse, wie z.B. die semantische, lexikalische oder phonologisch-prälexikalische Komponente, mit allen Input- und Output-Modalitäten und somit auch das Schreiben (De Bleser, 2006, 2009; siehe auch Kapitel 2.3).

Periphere Dyslexie sind durch Schwierigkeiten auf einer frühen, visuellen Verarbeitungsstufe des Lesens bei der visuellen Wahrnehmung und Graphemerkennung definiert, verfügen aber meist noch über intakte Teilfunktionen der späteren Verarbeitung (Reinhart et al., 2012; Riddoch, 1990). Damit ist die ND ganz klar den peripheren Dyslexien zuzuordnen, da die visuelle Analyse von Strichen und Buchstaben bzw. Graphemen schon auf früher Verarbeitungsebene vor allem auf der betroffenen Seite gestört ist und damit perzeptuell Grapheme nicht erkannt werden, während spätere Verarbeitungsprozesse meist noch erhalten sind (Arduino et al., 2002b; Ellis et al., 1987; Ládavas, Umiltà et al., 1997; Vallar et al., 2010).

Defekte bei der visuellen Analyse, also auf früher Verarbeitungsstufe wie bei ND, können nicht über eine rein phonologisch-segmentale Verarbeitung ausgeglichen werden, sondern benötigen andere, intakte und ganzheitliche Module der Wortverarbeitung wie die semantisch-lexikalische

Route als Unterstützung (Haywood & Coltheart, 2000; Reznick & Friedmann, 2015; Vallar et al., 2010). In der Literatur sind bei ND standardmäßig lexikalische Effekte (wie bei Gesunden) zu finden (Arduino et al., 2002a; Arduino et al., 2002b; Behrmann et al., 1990; Cubelli et al., 2005; Martelli et al., 2011). Auf das mentale Lexikon und die semantisch-lexikalische Route kann beim Lesen von Wörtern immer noch zugegriffen werden, wodurch das korrekte Identifizieren der Wörter und das korrekte Erkennen des Wort- oder Nichtwortstatus möglich wird (Di Pellegrino et al., 2002; Stenneken et al., 2008). Wenn beispielsweise die visuelle Analyse bei ND nicht vollständig gelingt und den Lesenden Anfangsbuchstaben fehlen (z.B. „-FANT“), können Stimuluswörter oder graphematisch bzw. orthographisch ähnliche Wörter im mentalen Lexikon aktiviert und Wörter damit „erraten“ oder geschlussfolgert und korrekt vorgelesen werden („ELEFANT“). Damit ist zum einen eine bessere Verarbeitung von Wörtern als Nichtwörtern ähnlich wie bei Gesunden, und zum anderen eine lexikalische und semantische Entscheidung, also die Entscheidung, ob es sich bei den Buchstabenfolgen um ein Wort oder Nichtwort handelt, möglich (Arduino et al., 2002a; Làdavas, Umiltà et al., 1997; Stenneken et al., 2008). Vorhandene Lexikalitätseffekte werden in der Literatur zu ND eher mit Substitutionen in Verbindung gebracht (Arduino et al., 2002b; Behrmann et al., 1990; Cubelli et al., 2005; Martelli et al., 2011).

Das Lesen von Nichtwörtern hingegen, die nicht im Lexikon gespeichert sind und von dort nicht abgerufen werden können, ist deutlich schwieriger, wenn die frühe visuelle Analyse versagt. Können z.B. Anfangsbuchstaben nicht verarbeitet werden, führt dies in der Folge eher zu neglecttypischen Auslassungen von Graphemen (Di Pellegrino et al., 2002; Vallar et al., 2010). Ausbleibende Lexikalitätseffekte werden auch in der Literatur eher mit Auslassungsfehlern in Verbindung gebracht (Arduino et al., 2002b; Behrmann et al., 1990; Cubelli et al., 2005; Martelli et al., 2011).

Weiterhin gibt es Hinweise, dass die frühen und späten Verarbeitungsprozesse der visuellen Wortverarbeitung nicht linear in einer Reihe geschaltet sind, sondern parallel und unabhängig voneinander ablaufen und sich gegenseitig und wechselseitig aktivierend und hemmend beeinflussen

können. Sie tragen damit wesentlich zur Leseflüssigkeit bei, die sich in der Geschwindigkeit und Genauigkeit der Worterkennung äußert und kognitive Ressourcen für höhere sprachliche Ebenen wie Satz- und Textverstehen freisetzt. Eine entsprechende Vernetzung und Integration der einzelnen Verarbeitungsprozesse der visuellen Worterkennung mit gegenseitiger Beeinflussung werden in sogenannten konnektionistischen Modellen angenommen (Anderson, 1999; Behrmann et al., 1991; Mozer & Behrmann, 1990). ND wird innerhalb des konnektionistischen Ansatzes als komplexe Störung von bestimmten Verarbeitungswegen zwischen den Ebenen des Buchstaben- und Worterkennungssystems und dem Aufmerksamkeitsmechanismus definiert. So kann bereits eine unvollständige Buchstaben- oder Silbenfolge (z. B. „FANT“) von der perzeptiven, visuellen Verarbeitung her (auch „bottom-up“ genannt) die Aktivierung bekannter, im mentalen Lexikon gespeicherter Wort- und Bedeutungsrepräsentationen (z. B. „ELEFANT“) auslösen. Umgekehrt können bereits aktivierte, vorwissen- und kontextbasierte Wort- oder Bedeutungsrepräsentationen (auch „top-down“ genannt; z.B. ein Bild von einem Elefanten) die Wahrnehmung und Interpretation der tatsächlich dargebotenen Buchstabenfolge beeinflussen, indem sie fehlende oder unscharf wahrgenommene Information ergänzen.

Eine weitere wichtige Annäherung an den Prozess visuellen Worterkennung und der Lesestörung ND ist die Betrachtung der Blick- bzw. Augenbewegungen beim Lesen. Aus Blickbewegungsstudien ist bekannt, dass beim Lesen eine Folge von sehr schnellen Blicksprüngen, den sogenannten Sakkaden, von links nach rechts erfolgt (Casteljano & Rayner, 2023; Hyönä & Kaakinen, 2019; Rayner, 1998). Sakkaden dauern nur wenige Millisekunden, und während einer Sakkade kann keine bzw. kaum visuelle Information aufgenommen werden. Zwischen den Sakkaden verweilt der Blick im Durchschnitt 200 bis 250 Millisekunden und kann visuelle Informationen verarbeiten (Castelhano & Rayner, 2023; Rayner, 1998). Dieses Verweilen wird als Fixation bezeichnet. Bei der Fixation wird der Blick so stabilisiert, dass das fixierte Objekt auf der Fovea der Retina liegt — dem Bereich des schärfsten Sehens (foveal). So wechseln sich Sakkaden und Fixationen fortlaufend ab. Während der Fixation werden nicht nur der zentral fixierte Buchstabe,

sondern auch einige laterale Buchstaben auf beiden Seiten (parafoveal) wahrgenommen und verarbeitet (Rayner, 1998). Beim geübten Erwachsenen wird daher nicht jeder Buchstabe einzeln mit einem Blick fixiert: Bei kürzeren Wörtern reicht oft schon eine einzige Fixation, um das ganze Wort wahrzunehmen, bei längeren werden entsprechend mehr Fixationen benötigt; ganz kurze und häufige Wörter wie Präpositionen oder Artikel werden teilweise gar nicht gesondert fixiert, sondern nur parafoveal bzw. peripher wahrgenommen und verarbeitet (Hyönä & Kaakinen, 2019; Rayner, 1998). Die optimale Fixation bzw. Blickposition beim Lesen liegt aufgrund der Leserichtung von links nach rechts etwas links von der Mitte eines Wortes (Di Pellegrino et al., 2002; O'Reagan & Jacobs, 1992; Stenken et al., 2008). Die genaue Fixationsdauer, -häufigkeit und -genauigkeit wird von orthographischen, phonologischen und semantischen Prozessen, die oben bereits im Zweiroutenmodell erklärt wurden, beeinflusst (Castelano & Rayner, 2023; Di Pellegrino et al., 2002; Hyönä & Kaakinen, 2019). Dass ungeübte Kinder beim Lesen im Vergleich zu geübten Erwachsenen mehr und längere Fixationen, kürzere Sakkaden und mehr Rücksprünge nach links machen, wird vor allem der noch nicht gut ausgeprägten lexikalischen Verarbeitung zugeschrieben (Hyönä & Kaakinen, 2019).

Daher erscheint es auch nicht überraschend, dass einige Studien einen Zusammenhang von Augenbewegungen und ND berichtet hatten. Bei Behrmann et al. (2002) wurden kontraläsionale Wort-Auslassungen gar nicht, oder zu wenig und zu kurz fixiert, während ipsiläsionale Wörter (auf der Seite der Hirnläsion) meist richtig gelesen, aber zu oft, zu lange und ungenau fixiert wurden; demnach waren keine feinen Explorationsbewegungen des Auges bei ND möglich. Di Pellegrino et al. (2002) berichteten unterschiedliches Explorationsverhalten mit den Augen bei variierendem lexikalischem Status einer Buchstabenfolge und damit insgesamt eine komplexe Interaktion zwischen Stimulusvariablen, Aufmerksamkeit und Augenbewegungen. Bei Wörtern halfen die lexikalischen Repräsentationen im mentalen Lexikon, den Blick auf die kontraläsionale Seite zu wenden, bei Nichtwörtern war diese Hilfestellung aus dem Lexikon nicht vorhanden (Di Pellegrino et al., 2002). Die Augenbewegungen waren bei ND also nicht per se beeinträchtigt: Defizitäre

Sakkadenperformanz konnte zumindest im Zusammenspiel mit lexikalischen Faktoren kompensiert werden.

2.1.2 Unilateraler visuell-räumlicher Neglect

Neben der sprachlichen Perspektive wurde ND in der neuropsychologischen Forschung und Praxis bislang überwiegend im Kontext des unilateralen visuell-räumlichen Neglects betrachtet, einer Störung, die vergleichsweise häufig auftritt (siehe Kapitel 1). Ein unilateraler räumlicher Neglect ist durch einen komplexen Symptomkomplex gekennzeichnet, der Aufmerksamkeits-, Wahrnehmungs-, Orientierungs-, Reaktions- und Explorationsdefizite umfasst. Infolge dieser Beeinträchtigungen werden Reize im kontraläsionalen Halbraum oder an der kontraläsionalen Körperhälfte nur unvollständig verarbeitet oder vollständig vernachlässigt (Karnath, 2006; Kerkhoff, 2001). Die Störung lässt sich dabei nicht durch primäre sensorische oder motorische Einschränkungen wie Hemianopsien, Hörstörungen oder Paresen erklären (Dankert & Ferber, 2006; Heilman et al., 2000; Kerkhoff & Schmidt, 2018).

Während sich ein Neglect insbesondere zu Beginn der Erkrankung häufig multimodal über verschiedene Sinneskanäle (z.B. visuell, auditorisch-akustisch, somatosensibel-taktil, sensomotorisch, olfaktorisch oder gustatorisch) oder in der mentalen Vorstellung (repräsentational) äußern kann (Kerkhoff & Schmidt, 2018; Vallar, 1998), ist die ND auf die visuelle und theoretisch auch auf die repräsentationale Modalität beschränkt. Beim visuellen bzw. visuell-räumlichen Neglect zeigen sich charakteristische Störungen der räumlichen Orientierung: Die subjektiv wahrgenommene Geradeausrichtung sowie die vertikale und horizontale Hauptraumachse sind nach ipsiläsional verschoben oder verkippt. Distanz-, Positions-, Längen-, Form-, Winkel- und Größeneinschätzung können dabei verzerrt sein. Entsprechend richten Betroffene bei der visuellen Exploration — insbesondere zu Beginn einer Suchbewegung — Kopf- und Augenbewegungen bevorzugt in den ipsiläsionalen Raum und zeigen reduzierte oder verlangsamte Explorationsbewegungen in die kontraläsionale Raumhälfte (Kerkhoff, 2001; Kerkhoff & Schmidt, 2018; Vallar, 1998).

Diese Aufmerksamkeitsasymmetrie wirkt sich deutlich auf den Alltag aus: Betroffene kollidieren im Raum häufig mit Gegenständen auf der kontraläsionalen Seite, richten Blick, Körperhaltung und Aufmerksamkeit bevorzugt ipsiläsional aus und übersehen Objekte im peripersonalen Greifraum. Auch im Ultranaum, den direkt an den Körper angrenzenden Raum, zeigen sich Einschränkungen, etwa bei der Körperpflege oder beim Ankleiden, die typischerweise einseitig erfolgen (Kerkhoff, 2018).

Vor diesem Hintergrund kommt der Diagnostik des visuellen Neglects eine zentrale Rolle zu. Die visuelle Modalität ist bislang die einzige, für die standardisierte und normierte Testverfahren zur Neglectdiagnostik vorliegen, die auch in der Praxis häufig eingesetzt werden (Fels & Geissner, 1997; Kessler et al., 1995; vgl. Heinemann, 2023). Ein klassisches, wenn auch wenig sensibles Verfahren ist die Linienhalbierungsaufgabe, bei der sich Neglect in einer ipsiläsionalen Verschiebung der subjektiv wahrgenommenen Mitte zeigt (Albert, 1973). Vergleichbare Effekte wurden auch bei Wörtern beschrieben, die mittig halbiert werden sollten (Veronelli, Vallar et al., 2014). Ergänzend können visuo-konstruktive Aufgaben sowie bildschirmbasierte Verfahren zur Erfassung visuell-räumlicher Aufmerksamkeitsasymmetrien herangezogen werden (Kerkhoff & Marquart, 2009; Zimmermann & Fimm, 2017).

Häufig eingesetzt werden vor allem Durchstreichaufgaben, bei denen sich Neglect in kontraläsionalen Auslassungen manifestiert. Während einfachere Aufgaben ausschließlich Zielreize enthalten (z. B. Liniendurchstreichen im NET), erhöhen komplexere Varianten mit Distraktoren — etwa der Star Cancellation Test (Wilson et al., 1987) — die Sensitivität. Das Ausmaß des Neglects wird in Durchstreichaufgaben häufig mithilfe des sogenannten „Center of Cancellation“ quantifiziert, das die durchschnittliche horizontale Position der bearbeiteten Reize abbildet und als Maß für den Schweregrad des Neglects dient (Rorden & Karnath, 2010). Ein konzeptuell vergleichbares Vorgehen findet sich auch in der Forschung zur ND, in der insbesondere in älteren Studien der sogenannte Neglectpoint zur Definition von ND-Fehlern und zur Abschätzung des Schweregrads herangezogen wurde. Nach dieser Definition mussten bei linksseitiger ND alle Buchstaben links des Neglectpoints

zwischen Zielwort und Antwort vollständig fehlerhaft sein, während die rechte Worthälfte korrekt wiedergegeben wurde (z. B. Ellis et al., 1987; Moore & Demeyere, 2017; Vallar et al., 2010). In Abbildung 1 beispielsweise lässt sich der Neglectpoint nach dieser Definition zwischen dem ersten Buchstaben („W“) und dem Rest des Wortes („ORTE“) verorten.

Ergänzend erlauben spezialisierte Durchstreichaufgaben eine besonders sensitive Erfassung visueller Aufmerksamkeitsasymmetrien und die Differenzierung zwischen einem sogenannten egozentrierten Neglect mit kontraläsionalen Auslassungen und einem allo- bzw. objektzentriertem Neglect auf Itemebene (Basagni et al., 2017; Bickerton et al., 2011; Ota et al., 2001; Reinhart, Schaadt et al., 2016). Egozentrierter Neglect bezieht sich räumlich auf den eigenen Körper und manifestiert sich in Neglecttests v.a. durch Auslassungen ganzer Objekte auf der linken Blattseite. Allo- oder stimuluszentrierter Neglect bezieht sich jeweils auf die linke Seite einzelner Objekte, die unabhängig von der Position auf dem Blatt Papier nicht ausreichend verarbeitet wird. Diese Unterscheidung ist auch für die ND von zentraler Bedeutung, da sich Lesefehler entweder egozentriert, etwa am linken Zeilenanfang, oder allo- bzw. objektzentriert am linken Wortanfang unabhängig von der Position im Gesichtsfeld bzw. im Text manifestieren können (Hillis & Caramazza, 1995). Damit liefern solche Testparadigmen ein wichtiges konzeptuelles Fundament für die Charakterisierung unterschiedlicher Fehlermuster bei Neglect und ND. Neglecttests ohne verbale Stimuli ersetzen jedoch keine spezifische Analyse des Einzelwortlesens.

Für professionell geschultes Personal ist ein schwer ausgeprägter visuell-räumlicher Neglect aufgrund seines eindrücklichen klinischen Erscheinungsbildes in der Regel bereits auf den ersten Blick gut zu erkennen und von anderen Störungsbildern abzugrenzen (Karnath et al., 2023). Leichte Ausprägungen des Neglects können hingegen leichter unentdeckt bleiben und erfordern daher eine sorgfältige Diagnostik, eine differenzierte Verhaltensbeobachtung sowie entsprechende klinische Erfahrung.

Differentialdiagnostisch ist insbesondere die Abgrenzung zu einer homonymen Hemianopsie von Bedeutung (Karnath et al., 2023; Kerkhoff & Schindler, 1997). Eine homonyme Hemianopsie ist eine Sehstörung, bei der auf beiden Augen halbseitig das Gesichtsfeld ausfällt und dort nichts oder nur abgeschwächt gesehen wird. Diese gestaltet sich vor allem dann schwierig, wenn beide Störungen (Neglect und Hemianopsie) gleichzeitig und auf derselben Seite auftreten, was nicht selten ist, und wenn sich der Neglect ausschließlich egozentrisch manifestiert (Karnath et al., 2023; Kerkhoff & Schindler, 1997). Bei isoliertem Auftreten ist eine Hemianopsie typischerweise gekennzeichnet durch eine vergleichsweise gute Krankheitswahrnehmung und Reflexionsfähigkeit in der Therapie, eine mögliche Kompensation durch bewusste Augen- und Kopfbewegungen, durch posteriore Läsionen, kontraläsional verschobene Teilungen bei Linienhalbierungsaufgaben, Auslassungen am Zeilenanfang sowie Schwierigkeiten beim Zeilensprung, während symmetrische Figuren meist korrekt kopiert werden und nicht zwingend gleichzeitige Aufmerksamkeitsstörungen vorliegen (Karnath et al., 2023; Kerkhoff & Schindler, 1997). Eine ausführliche Perimetrie erlaubt zudem eine zuverlässige Darstellung partieller oder vollständiger Gesichtsfeldausfälle.

Demgegenüber zeigt sich ein Neglect durch die zuvor beschriebenen Symptome, kann insbesondere in der Akutphase multimodal auftreten, weist andere neuroanatomische Korrelate auf (siehe Kapitel 2.2) und geht mit charakteristischen Verzerrungen der horizontalen Raumrepräsentation einher (Kerkhoff & Schindler, 1997). Ein häufig begleitendes Merkmal ist eine reduzierte oder fehlende Krankheitseinsicht (Unawareness bzw. Anosognosie), die insbesondere zu Beginn die therapeutische Arbeit erheblich erschwert (Langer & Bogousslavsky, 2020). Betroffene nehmen ihre Defizite oft nicht oder nur unzureichend wahr, was die Motivation zur Mitarbeit mindert und zu ausweichenden oder external attribuierten Erklärungen für Leistungsprobleme führen kann. Während ein Zusammenhang zwischen visuell-räumlichem Neglect und Anosognosie in der Literatur vielfach beschrieben ist (Langer & Bogousslavsky, 2020), liegen zum Verhältnis von ND und Krankheitseinsicht bislang nur wenige Untersuchungen vor (Berti et al., 1996; Kinsbourne & Warrington, 1962). Klinische Beobachtungen aus dem Rehabilitationskontext legen nahe, dass

Personen mit ND ihre Beeinträchtigungen häufig lediglich unspezifisch als Lese Probleme beschreiben; belastbare empirische Aussagen zur Ausprägung der Krankheitseinsicht stehen hierzu jedoch noch aus.

Neben Hemianopsie und Anosognosie treten mit dem Neglect zusammen häufig weitere assoziierte Störungen auf wie z.B. die Extinktion (Kerkhoff & Schmidt, 2018; Vallar, 1998). Die Extinktion beschreibt eine Beeinträchtigung der Reizverarbeitung auf der kontraläsionalen Seite bei gleichzeitiger Darbietung eines ipsiläsionalen Reizes und kann als abgeschwächte Form des Neglects verstanden werden oder als Störung der selektiven Aufmerksamkeit (Rich & Palmer, 2023). Obwohl Extinktion im Kontext des visuell-räumlichen Neglects gut untersucht ist, wurde sie in Studien zur ND bislang nur vereinzelt berücksichtigt. Rich und Palmer (2023) untersuchten die Leseleistung bei simultan präsentierten, nebeneinanderstehenden Wörtern, wobei jeweils ein Wort als Distraktor und ein anderes als zu lesender Reiz fungierte. Die Ergebnisse sprechen für ein überwiegend egozentrisches Defizit mit linksseitigen Ganzwortfehlern sowie für ein allozentrisches Defizit mit segmentalen Fehlern auf Buchstabenebene; zugleich weisen sie auf Beeinträchtigungen bei der selektiven Aufmerksamkeit mit Intrusionen hin.

Die selektive Aufmerksamkeit, verstanden als Fähigkeit, relevante Reize gegenüber konkurrierenden Informationen zu priorisieren, stellt dabei eine zentrale kognitive Funktion dar, die auch über perzeptuell-räumliche Defizite hinaus bei Neglect beeinträchtigt sein kann (Moore & Demeyere, 2023; Rich, 2020; Ronchi et al., 2016). Neben Störungen der selektiven Aufmerksamkeit werden bei Neglect auch Beeinträchtigungen der Daueraufmerksamkeit, der geteilten Aufmerksamkeit sowie Störungen der Zeitwahrnehmung beschrieben (Kerkhoff & Schmidt, 2018). Diese Aufmerksamkeitsdefizite können die Verarbeitung visueller Reize zusätzlich modulieren und sind damit grundsätzlich für das Verständnis von Lesefehlern bei ND relevant. Empirisch ist jedoch bislang nicht eindeutig geklärt, in welchem Ausmaß insbesondere Störungen der selektiven Aufmerksamkeit und angrenzender exekutiver Funktionen tatsächlich mit ND in Zusammenhang stehen (Moore & Demeyere, 2023; Rich, 2020; Ronchi et al., 2016).

Vor diesem Hintergrund mag es sinnvoll sein, die klassischen theoretischen Modelle heranzuziehen, die das Phänomen des Neglects grundlegend zu erklären versuchen. Zu den in der Literatur und in Lehrbüchern etablierten, „klassischen“ Erklärungsansätzen zählen insbesondere Aufmerksamkeitstheorien sowie Transformationstheorien. Bei den Aufmerksamkeitstheorien wird ein sogenannter Aufmerksamkeitsvektor angenommen, der die Aufmerksamkeit in den ipsiläsionalen (meist rechtsseitigen) Raum zieht und sie damit weg von der bei (meist linksseitigem) Neglect betroffenen, kontraläsionalen Seite ablenkt (Kinsbourne, 1993). Der normalerweise ebenfalls vorhandene Aufmerksamkeitsvektor für die andere Körper- und Raumhälfte wird bei Neglect als beeinträchtigt angenommen. Diese Hemisphärenasymmetrie wird durch die Annahme gestützt, dass der rechtshemisphärische Aufmerksamkeitsvektor beide Raumhälften repräsentiert, während der linkshemisphärische Vektor primär für die rechte Raumhälfte zuständig ist (Mesulam, 1998). Transformationstheorien hingegen gehen von fehlerhaften Koordinatentransformationen bei der Umwandlung sensorischer Informationen in motorische Aktionen aus (Vallar, 1997). Obwohl diese klassischen Modelle zentrale Aspekte des Neglects plausibel erklären, erlauben sie nur eingeschränkte Aussagen zur Spezifität und zu den Mechanismen der ND.

2.1.3 Herausfordernde Definition der Neglectdyslexie

Das Zusammenspiel komplexer, visuell-räumlicher Symptome mit ebenso vielfältigen schriftsprachlichen Verarbeitungsprozessen macht die ND zu einem besonders heterogenen und schwer abzugrenzenden Störungsbild (Vallar et al., 2010). Während Modelle der visuellen Worterkennung, Theorien des Neglects sowie etablierte diagnostische Verfahren zentrale Grundlagen für das Verständnis beider Bereiche liefern, wird deutlich, dass sich ihre Schnittstelle, die ND, nur unzureichend aus diesen Ansätzen allein erklären lässt.

In Lehrbüchern und Überblicksarbeiten wird der Terminus „Neglectdyslexie“ häufig vorausgesetzt und lediglich über die Lateralisierung sowie das Auftreten von Auslassungen und Substitutionen auf Text- oder Wortebene charakterisiert (De Bleser, 2006, 2009; Ellis et al., 1987;

Kinsbourne & Warrington, 1962). Diese frühe Definition war richtungsweisend, bleibt jedoch aus heutiger Perspektive unscharf und wird der klinischen und methodischen Komplexität des Phänomens nicht gerecht. Insbesondere fehlen differenzierte Beschreibungen der Fehlertypen, ihrer systematischen Variabilität sowie ihrer Abhängigkeit von Stimulus-, Aufgaben- und Subjektmerkmalen.

Diese definitorische Unschärfe spiegelt sich auch in der diagnostischen Praxis wider. Für die spezifische Diagnostik der ND existieren bislang weder im deutschsprachigen noch im internationalen Raum einheitlich eingesetzte oder normierte Testverfahren. Zudem zeigt sich, dass sich ND sowohl auf Text- als auch auf Wortebene manifestieren kann und dass zwischen beiden Ebenen partielle doppelte Dissoziationen bestehen können (z. B. Beschin et al., 2014; Haywood & Coltheart, 2001; Behrmann et al., 2002). Diese Befunde legen nahe, dass unterschiedliche kognitive Anforderungen — etwa serielle versus parallele Verarbeitung — zu unterschiedlichen Erscheinungsformen beitragen können. Beim Wortlesen ist eher eine parallele Verarbeitung notwendig, bei der das Wort als Ganzes lexikalisch verarbeitet werden kann, während beim Textlesen zusätzlich eine serielle Verarbeitung von links nach rechts notwendig ist (Beschin et al., 2014).

Für eine orientierende ND-Diagnostik von Textlesefehlern bei linksseitiger ND in deutscher Sprache bieten sich die Saarbrücker Lesetexte (Kerkhoff et al., 2012) oder der eingerückte Lesetext von Merten (2001) bzw. Caplan (1987) mit unterschiedlich eingerückten Zeilenanfängen an. Kerkhoff et al. (2012) bieten die „Saarbrücker Lesetexte“ jeweils linksbündig oder links unterschiedlich eingerückt zur Erfassung von Fehlerzahl und Lesegeschwindigkeit an, die alters- und geschlechtsspezifisch anhand von 60 gesunden Menschen normiert wurden. Textbasierte Verfahren erlauben eine orientierende Einschätzung einer egozentrischen ND, jedoch sind damit erfasste Lesestörungen differentialdiagnostisch gegenüber hemianopen Lesestörungen abzugrenzen. Die Diagnostik von ND auf Wortebene, dem Fokus der vorliegenden Arbeit, gestaltet sich schon schwieriger. Eine Möglichkeit bieten z.B. die Kölner Leselisten, die vor allem für eine sprachstatistisch und linguistisch kontrollierte Diagnostik der visuellen Wortverarbeitung bei Lesestörungen geeignet

sind. Die vier verschiedenen Listen bestehen aus monomorphematischen, fünfbuchstabigen Wörtern mit ein- und zweisilbigen Wörtern, jeweils hoch- und niedrigfrequent (Gerhards et al., 2023; Gerhards et al., 2024; Rubi-Fessen et al., 2024).

Allerdings könnten die durchweg fünfbuchstabigen Wörter der Kölner Leselisten zu kurz sein, um bei leichteren Ausprägungen der ND eine ausreichende Fehlervarianz zu erzeugen. Dadurch könnten Betroffene mit milder ND nur eingeschränkt identifiziert werden, was die Sensitivität dieser Listen für die allgemeine Diagnostik der ND begrenzen würde. Für die diagnostische Bestimmung des Ausgangsniveaus der grundlegenden Lesekompetenz eignen sich die Listen hingegen gut. Demgegenüber stellen Nichtwortlisten eine sinnvolle Ergänzung dar, da sie eine höhere Fehlervarianz bzw. eine erhöhte Fehlerauftretenshäufigkeit provozieren können und damit potenziell sensitiver für die Erfassung von ND sind (Arduino et al., 2002b).

Eine weitere Option bietet der für das Wortlesen etwas sensitivere „Neglect Dyslexie Test“ von Reinhart und Kerkhoff (2016), der nach Angaben der Autoren eine etwa zehnmal höhere Wahrscheinlichkeit von Lesefehlern erreicht als die Testung mit den Saarbrücker Lesetexten. Der Test arbeitet mit 80 langen, niederfrequenten und meist zusammengesetzten Wörtern, deren rechte Wortseite bei linksseitigen Auslassungen eigenständig lesbare Wortformen bildet (z.B. „zugetragen“; Reinhart & Kerkhoff, 2016). Offensichtlich kann dieser Test eine bestimmte Erscheinungsform von linksseitiger ND gut erkennbar machen, indem linksseitige Auslassungen vermehrt provoziert werden. Eine Normierung des Tests mit einer ausreichend großen Stichprobe steht allerdings noch aus (Reinhart & Kerkhoff, 2016). Für die Diagnostik rechtsseitiger ND liegt im deutschsprachigen Raum aktuell kein Test vor.

Ähnliches gilt für Programme mit ausführlichem KI-gestütztem Material (READ bzw. NVT-Read: Kerkhoff & Marquardt, 2009; Kerkhoff, Poschenrieder, 2024; Poschenrieder & Kerkhoff, 2024), die zwar eine gute standardisierte Diagnostik und Therapie erworbener, visuell bedingter Lesestörungen anbieten, neuere Differenzierungen der ND jedoch bislang nicht systematisch

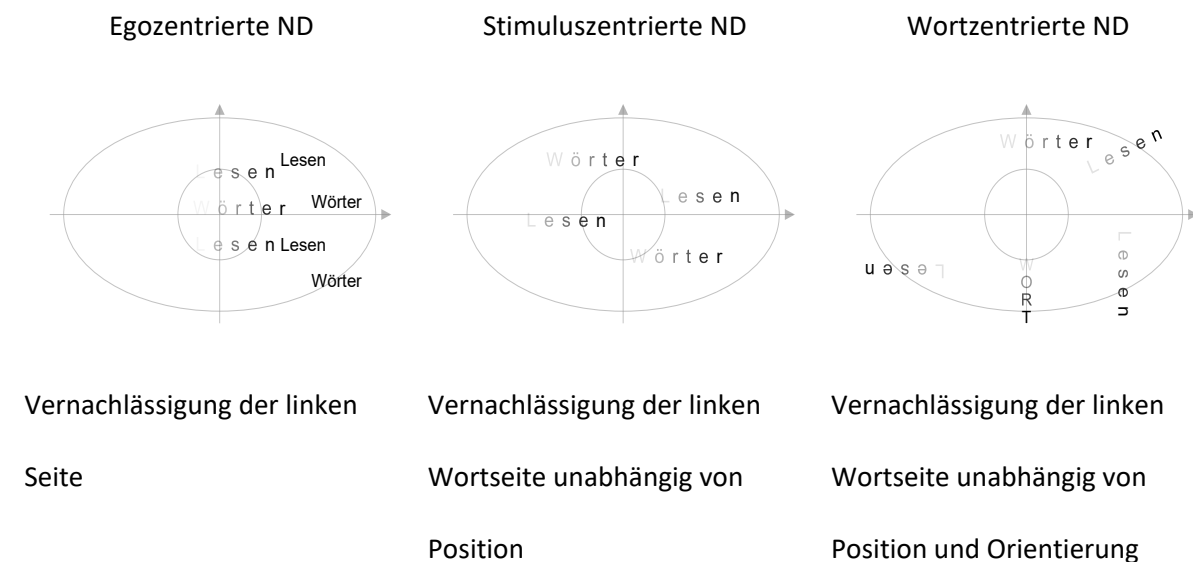
berücksichtigen. Die begrenzte diagnostische Spezifizierung spiegelt zugleich die theoretischen Herausforderungen wider, unterschiedliche Erscheinungsformen der ND konsistent zu beschreiben und voneinander abzugrenzen.

Vor diesem Hintergrund wurden in der Literatur verschiedene konzeptuelle Modelle herangezogen, um die Heterogenität der ND theoretisch zu fassen. Eines der am häufigsten rezipierten und für die Beschreibung unterschiedlicher Ausprägungen zentralen Modelle ist das Dreiebenen- bzw. Mehrebenenmodell der Worterkennung von Caramazza und Hillis (1990a, 1990b; Haywood & Colthart, 2000, 2001; Hillis & Caramazza, 1995). Das Modell unterscheidet drei unterschiedliche Referenzrahmen bzw. Repräsentationsebenen, auf denen ND auftreten kann (siehe Abbildung 3).

Der egozentrische (auch retinozentrische oder beobachterzentrierte) Referenzrahmen verarbeitet die Position eines Stimulus im Raum relativ zur Körper-, Kopf- und Augenposition der lesenden Person. Lesefehler treten hier wie beim Neglect abhängig von der räumlichen Position im Gesichtsfeld auf, typischerweise im kontralateralen Raum, und sind unabhängig vom Stimulusmaterial (z. B. Wörter, Zahlen, Ziffernfolgen, nichtsprachliche Zeichenfolgen, Objekte). Diese Form ist häufig bei schwerem Neglect ausgeprägt und kann im Erscheinungsbild einer linksseitigen Hemianopsie ähneln (Beschin et al., 2014; Hillis & Caramazza, 1995; Moore et al., 2020; siehe Kapitel 2.1.2). Dabei können vertikal präsentierte Wörter durch ihre geringere Ausdehnung in der Breite meist besser gelesen werden als horizontal präsentierte Wörter (Jackson & Coltheart, 2012; Vallar et al., 2010).

Abbildung 3

Drei verschiedene räumliche Repräsentationsebenen der visuellen Worterkennung



Anmerkung. Die drei Repräsentationsebenen der visuellen Worterkennung mit verschiedenen räumlichen Koordinatensystemen nach dem Modell von Caramazza und Hillis (1990b) und Hillis und Caramazza (1995), modifiziert nach Haywood & Coltheart (2001), Darstellung orientiert an Reinhart (2014), am Beispiel einer linksseitigen ND. Von ND betroffene Wortbestandteile sind jeweils transparenter dargestellt.

Der zweite, stimulus- bzw. objektzentrierte (auch allozentrische) Referenzrahmen verarbeitet den Stimulus in seiner internen räumlichen Struktur, also die Anordnung seiner Bestandteile zueinander mit sämtlichen Kontouren und Strichen oder Buchstaben sequentiell. Lesefehler manifestieren sich hier segmental, etwa durch Auslassungen oder Substitutionen am linken (oder rechten) Wortrand, unabhängig von der egozentrischen Position und Anordnung des Wortes im Raum und Gesichtsfeld (Ellis et al., 1987; Patterson & Wilson, 1990). Entsprechend können auch hier vertikal präsentierte Wörter meist besser gelesen werden als horizontal präsentierte. Stimulus- bzw. objektzentrierte Fehler und Auslassungen lassen sich auch bei visuell-räumlichem Neglect beobachten.

Der dritte, wortzentrierte Referenzrahmen des Modells (Caramazza & Hillis, 1990b; Hillis & Caramazza, 1995; siehe auch Reinhart, 2014), modifiziert nach Haywood & Coltheart (2001), basiert auf abstrakten orthographischen Repräsentationen und ist unabhängig von Schriftgröße, Schriftart, Spiegelung, Orientierung oder Position des Wortes. Bei wortzentrierter Neglectdyslexie treten Lesefehler konsistent am Wortanfang (oder Wortende) auf, auch bei vertikaler oder spiegelverkehrter Präsentation (z.B. Caramazza & Hillis, 1990a). Dieser dritte Referenzrahmen kommt bei unilateralem visuell-räumlichem Neglect nicht vor. Diese Ausprägung hebt sich damit am deutlichsten vom klassischen visuell-räumlichen Neglect ab. Es existieren gut belegte Fälle wortzentrierter ND, die weder durch egozentrische noch durch objektzentrierte Modelle erklärbar sind, z.B. Lesefehler am Wortanfang bei vertikaler oder spiegelverkehrter Darbietung (Caramazza & Hillis, 1990a; Katz & Sevush, 1989; Moore & Demeyere, 2019; Moore & Demeyere, 2023; Nichelli et al., 1993), oder gar das intakte Zahlen- bzw. Ziffernfolgenlesen oder "Lesen" von nichtsprachlichen Zeichenfolgen bei gleichzeitiger ND bei Wörtern (Caramazza & Hillis, 1990a; Moore & Demeyere, 2017; Moore & Demeyere, 2019). In diesen Fällen scheint ganz spezifisch die frühe morphologische und orthographische Repräsentation von Wörtern beeinträchtigt zu sein (Caramazza & Hillis, 1990b; Reznick & Friedmann, 2015).

Während sich die drei Repräsentationsebenen durch unterschiedliche Präsentationsformen prinzipiell unabhängig voneinander darstellen lassen, fallen sie bei kanonischer, mittiger und horizontaler Einzelwortpräsentation häufig zusammen (wie in Kapitel 3. und 4., siehe auch Abbildung 3). Experimentell lassen sich die Ebenen nur durch gezielte Manipulationen der Wortdarstellung (z. B. Rotation, Spiegelung, Positionierung) voneinander trennen. Das Modell bietet damit einen hilfreichen Rahmen zur Beschreibung unterschiedlicher Fehlermuster, kann deren Entstehungsmechanismen jedoch nicht vollständig erklären. Empirische Befunde zeigen, dass ego- und allozentrische ND bei einzelnen PatientInnen gemeinsam auftreten können (z.B. Young et al., 1991; Beschin et al., 2014), während Gruppenstudien auch doppelte Dissoziationen mit selektiv

egozentrierten oder selektiv allozentrierten Ausprägungen dokumentieren (Moore et al., 2020; Beschin et al., 2014).

Die in der Literatur beschriebenen, sehr heterogenen Erscheinungsformen von ND können womöglich nicht alle mit einem Test und demselben Stimulusmaterial erfasst werden. Die bislang eingesetzten diagnostischen Instrumente erfassen jeweils nur Teilaspekte der Störung. Insgesamt bleibt die diagnostische Lage fragmentiert und erschwert sowohl den Vergleich zwischen Studien als auch eine systematische Klassifikation der ND. Solange keine spezifischen, umfassend normierten und standardisierten Testverfahren zur Verfügung stehen, stützt sich die Forschung zur ND und die praktische Herangehensweise zwangsläufig auf heterogene diagnostische Ansätze und unterschiedliche methodische Operationalisierungen, was die theoretische Modellbildung sowie die empirische Absicherung unterschiedlicher Erscheinungsformen der ND einschränkt.

2.2 Prävalenz und anatomische Korrelate von Neglectdyslexie

Die bislang dargestellten Befunde verdeutlichen, dass ND weder begrifflich noch diagnostisch einheitlich gefasst ist und sich in unterschiedlichen Erscheinungsformen manifestieren kann. Die erhebliche methodische Heterogenität der Studien, variierende Stimulusmaterialien sowie uneinheitliche Definitions- und Auswertungskriterien erschweren nicht nur den Vergleich zwischen Untersuchungen, sondern auch eine verlässliche Einschätzung der Häufigkeit und der zugrunde liegenden neuronalen Mechanismen der ND.

Vor diesem Hintergrund kommt der systematischen Betrachtung von Prävalenzen sowie der neuroanatomischen Korrelate eine wichtige Bedeutung zu. Sie kann dazu beitragen, die Heterogenität der klinischen Erscheinungsformen einzuordnen, Gemeinsamkeiten und Unterschiede zu identifizieren und Hinweise darauf zu liefern, ob ND als Satellitensymptom von visuell-räumlichem Neglect, als einheitliches Störungsbild oder als Spektrum unterschiedlicher Subtypen zu verstehen ist. Das folgende Kapitel widmet sich daher der Frage, wie häufig ND berichtet wird und welche

Läsionsmuster und neuronalen Netzwerke bislang mit ihren unterschiedlichen Ausprägungen in Verbindung gebracht wurden.

Die häufigste Ätiologie für einen Neglect und eine ND ist eine Minder- oder Mangeldurchblutung bestimmter Gehirnstrukturen infolge eines ischämischen (Verstopfung eines Blutgefäßes) oder hämorrhagischen (Blutung im Gehirn) Schlaganfalls (Karnath & Rorden, 2012; Lee et al., 2009; Vallar et al., 2010). Am häufigsten betroffen ist die rechte Arteria cerebri media (Moore et al., 2023). Die Lebenszeitprävalenz eines ärztlich diagnostizierten Schlaganfalls beträgt in Deutschland in der Altersgruppe zwischen 40 und 79 Jahren 2,9% und steigt altersabhängig deutlich an, bei Männern zwischen 70 und 79 Jahren bis auf 8,1%, bei Frauen bis auf 6,3% (Busch et al., 2013).

Nach einem unilateralen Schlaganfall wird die Prävalenz eines visuell-räumlichen Neglects in einem aktuellen systematischen Review mit insgesamt etwa 30% angegeben, wobei sie nach rechtshemisphärischer Läsion deutlich höher liegt als nach linkshemisphärischer Läsion (38% rechts vs. 18% links bei Esposito et al., 2021; 58% nach rechtshemisphärischen Läsionen bei Lee et al., 2009). Die Prävalenz steigt zudem, wenn ökologisch valide, alltagsnahe Testverfahren eingesetzt werden. Visuell bedingte Lesestörungen nach Schlaganfall werden insgesamt mit etwa 50–61% berichtet (Balani & Bickerton, 2023; Kerkhoff et al., 1990) und erreichen bei rein linkshemisphärischen Läsionen sogar bis zu 80% (Cloutman et al., 2010). Aktuelle Daten weisen darauf hin, dass visuelle Störungen insgesamt bei rund zwei Dritteln aller Schlaganfallbetroffenen auftreten (Lammers et al., 2022).

Die Prävalenz von ND lässt sich bislang nur anhand einzelner Gruppen- und Übersichtsarbeiten abschätzen und ist stark abhängig vom verwendeten Stimulusmaterial und den diagnostischen Kriterien. In einer der umfangreichsten Studien berichteten Lee et al. (2009), dass 22,5% aller rechtshemisphärisch geschädigten SchlaganfallpatientInnen und 37,5% der Neglect-PatientInnen eine ND aufwiesen; der Schweregrad des Neglects stellte dabei einen signifikanten Prädiktor dar. Boukrina et al. (2020) fanden linksseitige ND bei 24,5% ihrer Neglect-PatientInnen

beim Lesen einzelner Wörter. In einem Review berichteten Vallar et al. (2010), dass 62% der beschriebenen Einzelfallstudien rechtshemisphärische, 27% linkshemisphärische und 11% bilaterale Läsionen aufwiesen; zugleich zeigten 89% der Fälle eine linksseitige und 11% eine rechtsseitige ND, wobei in 80% der Fälle eine kontraläsionale und in 20% eine ipsiläsionale Ausprägung vorlag. Insgesamt ist davon auszugehen, dass mindestens ein Fünftel aller Schlaganfallbetroffenen und etwa ein Drittel der Neglect-PatientInnen eine ND entwickeln (Vallar et al., 2010), was quantitativ in deutlicher Diskrepanz zur allgemeinen Studienlage zu ND steht (siehe Kapitel 1).

Die Mehrheit der Gruppenstudien zeigt eine enge Assoziation zwischen ND und visuell-räumlichem Neglect, typischerweise mit linksseitiger ND nach rechtshemisphärischer Läsion (Beschin et al., 2014; Lee et al., 2009; Vallar et al., 2010). Gleichzeitig dokumentieren Einzelfallstudien wiederholt Dissoziationen, in denen ND ohne begleitenden Neglect auftritt (z. B. Arduino et al., 2005; Haywood & Coltheart, 2001; ein Proband in Lee et al., 2009). Vallar et al. (2010) berichteten, dass bei 10 von 46 Einzelfällen kein Neglect nachweisbar war. In einzelnen Fällen wurden sogar gegensinnige Lateralisierungen oder unterschiedliche Erholungsverläufe von Neglect und ND beschrieben (z. B. Cantoni & Piccirilli, 1997; Costello & Warrington, 1987; Cubelli et al., 1991; Katz & Sevush, 1989; Moore & Demeyere, 2020; Moore & Demeyere, 2023). Insgesamt legen die in der Literatur dokumentierten (doppelten) Dissoziationen nahe, dass Annahmen, die für den visuell-räumlichen Neglect gelten, nicht uneingeschränkt auf die ND übertragbar sind, und sprechen dafür, ND als potenziell eigenständiges Störungsbild systematisch zu untersuchen.

Diese Dissoziationen sind auch vor dem Hintergrund der unterschiedlichen Aufgabenanforderungen zu interpretieren: Neglecttests sind visuell ausgedehnt und motorisch anspruchsvoll, erfordern jedoch vergleichsweise geringe kognitive Verarbeitung, während das Lesen einzelner Wörter eine geringere visuelle Ausdehnung aufweist, aber komplexe sprachliche und exekutive Prozesse sowie verbale Artikulation voraussetzt (Lee et al., 2009).

In diesem Zusammenhang rückt die neuroanatomische Perspektive in den Fokus: Eine weitere Möglichkeit, ND zu definieren und gegenüber visuell-räumlichem Neglect einzuordnen, besteht in der Identifizierung ihrer jeweiligen anatomischen Korrelate. Dies wiederum setzt ein grundlegendes Verständnis der visuellen Wortverarbeitung entlang der neuronalen Verarbeitungspfade voraus: Die Verarbeitung geschriebener Wörter beginnt mit der visuellen Exploration durch Blickbewegungen (Heinemann, 2023). Die visuellen Informationen werden über mehrere Zwischenstrukturen in die primäre Sehrinde (Area striata) am Okzipitalpol projiziert, wo eine erste Verarbeitung von Visus, Farbe, Form, Objekterkennung, Entfernungen und Szenenwahrnehmung stattfindet (Heinemann, 2023). In diesen frühen Verarbeitungsstufen bleiben die Informationen retinotop, also bildgetreu in der räumlichen Anordnung der Netzhaut organisiert, bevor sie in höheren visuellen Arealen funktional differenziert weiterverarbeitet werden.

Klassischerweise werden dabei in den höheren visuellen Arealen zwei zentrale visuelle Verarbeitungspfade unterschieden (Ungerleider et al., 1998). Der dorsale „Wo?“-Pfad verarbeitet überwiegend periphere visuelle Informationen, ist rechtshemisphärisch stärker repräsentiert und verläuft von okzipitalen Arealen über temporo-parietale in frontale Strukturen. Er ermöglicht insbesondere die Bewegungs- und Tiefenverarbeitung sowie egozentrische räumlich-perzeptive Leistungen, etwa die räumliche Anordnung schriftsprachlichen Materials (Carreiras et al., 2014; Rapcsak et al., 2007). Viele dieser Prozesse laufen weitgehend automatisiert ab, was im Kontext räumlicher Störungen mit eingeschränkter Krankheitseinsicht und Introspektion einhergehen kann (Berti et al., 1996; Kinsbourne & Warrington, 1962; Langer & Bogousslavsky, 2020). Entsprechend sind visuell-räumlicher Neglect und räumlich-perzeptiv geprägte Formen der ND häufig mit Läsionen in dorsalen Netzwerkanteilen assoziiert.

Der ventrale „Was?“-Pfad speist sich primär aus fovealen Informationen und verläuft von okzipital in den inferioren Temporallappen. Er verarbeitet beobachterunabhängig (allozentrisch) visuelle Merkmale (z.B. Form, Farbe, Muster), unterstützt Objekt- und Buchstabenerkennung sowie die Verarbeitung lexikalisch-semantischer Inhalte (Heinemann, 2023; Kerkhoff, 2006). Beide

Verarbeitungspfade projizieren weiter in frontale Areale, in denen höhere kognitive Prozesse integriert werden. Zusätzlich tragen subkortikale Verbindungen wesentlich zur Aufmerksamkeitsausrichtung und Blickzuwendung bei und können teilweise ohne Beteiligung des primären visuellen Kortex direkt temporale Areale zur Bewegungsverarbeitung erreichen (Heinemann, 2023).

Für ND ist insbesondere die funktionale Interaktion beider Pfade relevant: räumlich-perzeptive Verarbeitung von Buchstabenpositionen (dorsal, häufig rechtsdominant) müssen mit ventralen, sprach- und wortformbezogenen Verarbeitungsmechanismen (u. a. linksseitiges visuelles Wortformareal) koordiniert werden (Boukrina et al., 2020; Corbetta & Shulman, 2011; Lee et al., 2009). Diese doppelte Einbindung bietet eine plausible neurofunktionelle Grundlage für egozentrische Fehlermuster, die v.a. räumlich verarbeitet werden, und wortzentrierte Fehlermuster, die wortformbezogen verarbeitet werden, sowie für die Heterogenität der ND.

Im Rahmen hemisphärischer Spezialisierungen sind Sprachproduktion und semantische Prozesse überwiegend links lateralisiert, während räumliche Aufmerksamkeit primär über rechtshemisphärische fronto-parietale Netzwerke vermittelt wird (Corbetta & Shulman, 2011; Flöel et al., 2001). Das visuelle Wortformareal, das orthographische Wortformen als Teil des mentalen Lexikons repräsentiert (siehe 2.1) und damit die schnelle Worterkennung unterstützt, ist linksventral im Gyrus fusiformis lokalisiert (Boukrina et al., 2020; Lee et al., 2009). Eine rechtsseitige Läsion kann dadurch bestehende Asymmetrien bei der Worterkennung (mit einem Vorteil des rechten Gesichtsfeldes, bedingt durch Leserichtung und den direkten Zugang zur sprachdominanten linken Hemisphäre) verstärken und linksseitige ND begünstigen (Sieroff, 2017; Stenneken et al., 2008).

Auch wenn Neglect empirisch häufig rechts temporo-parietal verortet wird, weisen mehrere Arbeiten darauf hin, dass ND über Läsionen in temporo-parietalen Regionen hinausgehen kann und zusätzliche Beteiligungen ventral-temporaler Areale sowie weiterer kortikaler und subkortikaler Strukturen (frontale Areale, Gyrus angularis, Basalganglien) und Netzwerkverbindungen und weiße

Substanz einschließt (Boukrina et al., 2020; Lee et al., 2009; Moore, 2023; Ptak et al., 2012, 2016; Ronchi et al., 2012, 2016). So berichteten Lee et al. (2009) bei ND neben rechtshemisphärischen Läsionen am temporo-parietalen Übergang und im posterioren Inselkortex zusätzliche Läsionen im lingualen und fusiformen Gyrus.

Zentral ist bei ND zudem die interhemisphärische Kommunikation, da links im Gesichtsfeld präsentierte Wortteile zwar zuerst in der rechten Hirnhemisphäre mit dem räumlichen Aufmerksamkeitssystem verarbeitet werden, aber anschließend eine Übertragung in linkshemisphärische wortformbezogene Verarbeitungsareale erforderlich ist (Boukrina et al., 2020; Cohen et al., 2000, 2003; Ptak et al., 2012, 2016; Ronchi et al., 2012, 2016; Vallar et al., 2010). ND kann also ebenso durch eine beeinträchtigte Kommunikation der beiden Hemisphären bzw. verschiedener Hirnareale bedingt sein, so wie auch Neglect als Netzwerkstörung unter Beteiligung der weißen Substanz beschrieben werden kann (Moore, 2023). ND ist demnach weniger auf eine isolierte Läsion von Strukturen zurückzuführen, als vielmehr auf gestörte funktionale Netzwerke und gestörte Interaktionen zwischen räumlicher Aufmerksamkeit und wortverarbeitenden Netzwerken (Corbetta & Shulman, 2011; Vallar et al., 2010).

Darüber hinaus legen Befunde nahe, dass unterschiedliche Fehlertypen mit unterschiedlichen neuroanatomischen Läsionen einhergehen könnten: Substitutionen wurden beispielsweise mit insulären und frontalen Inhibitionsnetzwerken in Verbindung gebracht (Daini et al., 2025; Ronchi et al., 2012, 2016). Auslassungen wurden von Daini et al. (2025) hingegen mit posterioren, okzipitalen und temporalen Läsionen in Verbindung gebracht, die auch typischer für Neglect zu sein scheinen.

Trotz zunehmender Verfügbarkeit bildgebender Verfahren und verbesserter Hinweise auf neuroanatomische Korrelate der ND, insbesondere in temporo-parietalen Arealen, können diese Befunde nur eingeschränkt zur Beschreibung und Abgrenzung des Störungsbildes beitragen. In der neuropsychologischen Praxis erfolgt weder Diagnostik noch Therapie allein auf Grundlage bildgebender Vorbefunde. Entscheidend sind vielmehr die systematische Beobachtung sowie die

empirische oder literaturanalytische Erfassung konkreter Verhaltensdaten, etwa von Fehlertypen und Fehlerpositionen, die durch bildgebende Verfahren nicht ersetzt werden können. Dies unterstreicht die Notwendigkeit weiterer empirischer Forschung, die das Störungsbild der ND auf Verhaltensebene differenziert untersucht und so zu einem vertieften Verständnis seiner Mechanismen beitragen kann.

2.3 Erklärungsmodelle für Fehlertypen

Neben neueren Erklärungsmodellen anhand von anatomischen Korrelaten (siehe 2.2), die in den letzten Jahrzehnten aufgrund zunehmender Möglichkeiten durch bildgebende Verfahren zugenommen haben, gibt es klassische Theorien und Modelle zur Entstehung von Neglect und das Dual-Route-Modell zur visuellen Worterkennung schon deutlich länger (siehe 2.1), welche in mehreren guten Lehrbüchern gut aufbereitet dargestellt wurden. Mögliche Störungs- bzw. Erklärungsmodelle für ND für die zwei häufigsten Fehlertypen hingegen sind lediglich innerhalb einzelner Studien repräsentiert. Entsprechend zeigt sich auch in der Literatur ein heterogenes Bild, da die vorgeschlagenen Erklärungsmodelle von Studie zu Studie teils deutlich variieren.

In der Literatur finden sich unterschiedliche Erklärungsansätze zur ND: Einige verstehen ND als Satellitensymptom eines visuell-räumlichen Neglects, andere betrachten ND als eigenständiges Störungsbild, und wieder andere definieren ND als heterogenes Störungsbild mit mehreren unterschiedlichen Ausprägungen (Moore et al., 2023). Obwohl bereits mehrfach Dissoziationen zwischen Neglect und ND und entsprechend unterschiedliche anatomische Korrelate in der Literatur beschrieben wurden (siehe Kapitel 2.2; siehe auch Lee et al., 2009; Vallar et al., 2010), wird ND von anderen AutorInnen weiterhin als mögliches Neglectsymptom untersucht (Daini et al., 2025). Bei der Betrachtung von ND als Satellitensymptom von Neglect müsste es folglich beim Lesen von Text oder Wörtern zu kontraläsionalen Auslassungen kommen, die vergleichbar sind mit den Auslassungen bei Durchstreichaufgaben und beim Abzeichnen oder freien Zeichnen. Das Lesen von Textzeilen kann mit dem Fehlermuster beim Linienhalbieren verglichen werden, bei dem ein Teil der Linie der betroffenen Seite vernachlässigt wird.

Driver und Pouget (2000) argumentieren, dass ND mit ego- oder objektzentrierten Einschränkungen nur als Symptom eines generellen unilateralen visuo-räumlichen Neglects mit einem linearen lateralisierten Aufmerksamkeitsgradienten zu erklären ist (Driver & Pouget, 2000; Jackson & Coltheart, 2012). Auch Moore und Demeyere (2019) diskutieren, dass, wenn der Prozess der visuellen Merkmalsanalyse gestört wäre und dies die Ursache der Lesestörung wäre, ND nur eine Begleiterscheinung von Neglect wäre. Bei linksseitigem Neglect mit ND als Satellitensymptom würden während des Lesens einzelner Wörter vorrangig Lesefehler auf der ersten Buchstabenposition oder in der gesamten linken Worthälfte erwartet, typischerweise in Form von Auslassungen am Wortanfang, analog zu den beim visuell-räumlichen Neglect beschriebenen Mustern (Ellis et al., 1987). Wenn man also bei egozentrischer ND von linksseitigen Auslassungen als vorrangigen Fehlertyp ausgehen würde, könnte ein visuell-räumlicher Neglect dieses Störungsbild durchaus erklären (siehe auch Daini et al., 2013).

In dieses Denkmodell lassen sich auch Ergebnisse zur Wortlänge bei ND integrieren: Die räumliche Ausdehnung eines Wortes in der Breite, die sowohl durch Abstände zwischen den Buchstaben als auch durch eine entsprechende Buchstabenanzahl und Wortlänge variiert werden kann, wirkt sich bei einigen PatientInnen mit ND ähnlich auf Lesefehler aus wie die Linienlänge beim Linienhalbieren bei linksseitigem Neglect (Reinhart et al., 2013; Veronelli, Vallar, et al., 2014). Demgegenüber berichten andere Studien über Dissoziationen zwischen dem Halbieren von Wörtern und Linien bzw. zwischen sprachlichem und nichtsprachlichem Stimulusmaterial (Arduino et al., 2010).

Ferner berichten viele Studien mit vorrangig Auslassungen zugleich eine relevante Anzahl an Substitutionen (Arduino et al., 2002b; Lee et al., 2009; Stenneken et al., 2008), andere wiederum finden gar Substitutionen als vorrangigen Fehlertyp, die eher über das Wort verteilt und nicht lateralisiert auftreten (Arduino et al., 2005; Behrmann et al., 1990; Daini et al., 2013). Es zeigt sich also, dass beim Wortlesen nicht nur verlustbasierte und neglecttypische Symptome wie Buchstabenauslassungen, sondern auch veränderungsbasierte Symptome der ND in Form von

Substitutionen oder gar Additionen auftreten können. Wie die Substitutionen können auch stimulus- oder wortentrierte ND-Ausprägungen durch Neglect allein nicht schlüssig erklärt werden.

Als Erklärung für die Entstehung von Substitutionen wird insbesondere in der italienischen Forschungstradition der letzten Jahre der Begriff des Crowding herangezogen (Daini et al., 2025; Martelli et al., 2011). Dieser bezeichnet eine visuell-perzeptive Beeinträchtigung, bei der benachbarte Buchstaben aufgrund geringer Abstände nicht ausreichend voneinander getrennt verarbeitet werden können, was die Identifikation einzelner Buchstaben und die Erkennung von Buchstabengrenzen erschwert. Unter solchen Bedingungen, die auch bei gesunden LeserInnen vorkommen können, treten vermehrt Substitutionen auf, während größere Buchstabenabstände zwar durch weniger Substitutionen, aber gleichzeitig durch vermehrte linksseitige Auslassungen gekennzeichnet sind (Daini et al., 2025; Martelli et al., 2011). Substitutionen könnten demnach insbesondere bei ND durch Crowding begünstigt werden, sofern angenommen wird, dass die Transformation retinaler Koordinaten aus der kontraläsionalen Worthälfte in eine cerebrale Topographie bei ND fehlerbehaftet ist (Vallar, 1997).

Moore and Demeyere (2017) beschrieben mit der Theorie der Stimulusdichte ein dem Crowding verwandtes, jedoch erweitertes Konzept, das sowohl bei Gesunden als auch bei Neglect und ND beobachtbar ist. Mit zunehmender Dichte des Stimulusmaterials, steigender Aufgabenkomplexität und erhöhten Aufmerksamkeitsanforderungen, z.B. durch Distraktoren (Rich & Palmer, 2023), durch eine verkürzte Darbietungszeit (Riddoch et al., 1990), oder bei herabgesetztem fokalem Aufmerksamkeitsfokus (Daini et al., 2021) nimmt die Häufigkeit von Lesefehlern zu. Vor diesem Hintergrund ist plausibel, dass zusätzliche neuropsychologische Beeinträchtigungen die Anforderungen einer Aufgabe weiter erhöhen.

Für die Annahme einer Abhängigkeit von Stimulusdichte bzw. Aufgabenschwierigkeit spricht, dass in einfachen Neglecttests mitunter keine Auffälligkeiten auftreten. Beeinträchtigungen treten dagegen häufig erst in komplexeren Aufgaben zutage, die höhere Anforderungen an

Aufmerksamkeit, visuelle Verarbeitung und Kognition stellen, etwa bei einer Reduzierung der Darbietungszeit (Ellis et al., 1987; Riddoch, 1990; Stenneken et al., 2008; Weinzierl et al., 2012). Im Vergleich zu einfachen Durchstreichaufgaben erfordert das Lesen eine deutlich komplexere Verarbeitung und höhere Aufmerksamkeitsleistungen, da Buchstaben erkannt, identifiziert und analysiert werden müssen. Diese gesteigerten Anforderungen machen insbesondere die Einbindung übergeordneter Aufmerksamkeitsnetzwerke relevant, darunter das aufsteigende retikuläre aktivierende System (ARAS), das im Gehirn weit verzweigt und nach Schlaganfall häufig beeinträchtigt ist, und sowohl für visuell-räumliche als auch für sprachliche Verarbeitungsprozesse beim Lesen eine zentrale Rolle spielt.

Einige Studien greifen eine klassische theoretische Erklärung des Neglects, die der Aufmerksamkeitsstörung (vgl. Kapitel 2.1.2), erneut auf und erweitern sie um exekutive Komponenten (Moore und Demeyere, 2020, 2023; Rich & Palmer, 2023; Ronchi et al., 2012, 2016). In einzelnen Fällen erwies sich eine rein visuell-räumliche Aufmerksamkeitsstörung als unzureichend, um das Auftreten von ND zu erklären, etwa wenn diese auf der dem visuell-räumlichen Neglect entgegengesetzten Seite auftrat und nicht durch Crowding zu erklären war (Moore & Demeyere, 2020). Stattdessen wird ein Defizit exekutiver Funktionen angenommen, insbesondere der Inhibition und des flexiblen Aufgabenwechsels, das eng mit selektiver Aufmerksamkeit verknüpft ist. Entsprechende Beeinträchtigungen der selektiven Aufmerksamkeit (Rich & Palmer, 2023) sowie Inhibitionsdefizite (Moore & Demeyere, 2023) wurden bereits im Zusammenhang mit ND berichtet. Auch Ronchi et al. (2016) führen das Auftreten von Substitutionen, die mit Perseverationen einhergehen, auf Inhibitionsdefizite zurück.

Eine Perseveration definieren die AutorInnen mit dem wiederholten Absuchen von Stimuli auf der betroffenen Seite; durch mangelnde Inhibition irrelevanter Stimuli (bzw. irrelevanter Buchstaben und Wörter beim Lesen) entstehen beim Lesen Substitutionen (Ronchi et al., 2016). Diese Annahme wird durch Befunde aus Durchstreichaufgaben gestützt, bei denen Substitutionen und Perseverationen ebenfalls mit einer gestörten Inhibition irrelevanter Antworten in

Zusammenhang gebracht werden. Ronchi et al. (2012) untermauern dies zudem mit passenden anatomischen Korrelaten im Frontalhirnbereich. Unabhängig davon nehmen einige StudienautorInnen allerdings an, dass es sich bei ND ohne Neglect nicht unbedingt um eine (räumliche) Aufmerksamkeitseinschränkung, sondern um ein sprachspezifisches, die orthographischen Repräsentationen betreffendes Defizit beim ordinalen Aktivieren und Kodieren von Buchstaben handelt, das zu den Positionsfehlern mit einem Links-Rechts-Gradienten führen kann (Berti et al., 1994; Petrigh et al., 2007).

Zusammengefasst reicht ein Neglect als alleinige Erklärung für ND nicht aus. Denn wie bereits diskutiert, sind erstens für Neglect und ND teilweise unterschiedliche anatomische Korrelate anzunehmen. Zweitens zeigen die Prävalenzen und doppelten Dissoziationen, dass ND auch ohne Neglect auftreten kann, und — für die vorliegende Arbeit besonders relevant — können drittens die beiden zentralen und definierenden Fehlertypen Substitutionen und Auslassungen nicht hinreichend durch Neglect erklärt werden. Weder die Konzeption der ND als bloßes Satellitensymptom des visuell-räumlichen Neglects noch Modelle wie Crowding oder Stimulusdichte vermögen für sich allein genommen die Vielfalt der berichteten Erscheinungsformen der ND adäquat zu integrieren.

2.4 Fragestellungen und Ziele der vorliegenden Arbeit

Um das Störungsbild ND künftig verlässlicher erkennen, theoretisch einordnen und therapeutisch adressieren zu können, bedarf es einer präziseren Definition und Spezifizierung des Störungsbildes. Als Lesestörung lässt sich ND insbesondere über charakteristische Fehlermuster beim Lesen operationalisieren; entsprechend ist die Identifikation ND-spezifischer Fehlertypen und Fehlerpositionen zentral.

ND-spezifische qualitative Fehlermuster können empirisch durch die systematische Analyse realisierter Fehlertypen und -positionen in einer klinischen Stichprobe im Vergleich zu altersangepassten Kontrollpersonen untersucht werden. Ergänzend ermöglicht eine strukturierte Literaturanalyse, die heterogene Befundlage der bisherigen ND-Forschung vergleichend einzuordnen

und potenzielle Einflussfaktoren zu identifizieren. Übergeordnetes Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, ND und die dabei auftretenden Fehlertypen umfassender und differenzierter zu definieren. Im Folgenden werden die drei Studien mit ihren jeweiligen Fragestellungen ausführlicher beschrieben.

Erste Studie: Spezifische Fehlertypen bei Neglectdyslexie (Error types and positions in neglect dyslexia: Comparative analyses in neglect patients and healthy controls, Kapitel 3).

Linksseitige Neglectdyslexie ist eine erworbene Lesestörung nach meist rechtshemisphärischer Hirnläsion, die häufig mit unilateralem, visuell-räumlichem Neglect einhergeht und insbesondere die visuelle Analyse der Wortanfänge beeinträchtigt. Neben der quantitativen Betrachtung von Lesefehlern sind vor allem qualitative Analysen entscheidend, da sie eine Spezifizierung des Störungsbildes ermöglichen. Lesefehler beim Lesen einzeln präsentierter Wörter lassen sich dabei qualitativ auf zwei Ebenen beschreiben: Zum einen durch Fehlerpositionen (an welchen Buchstabenpositionen im Wort Lesefehler auftreten), und zum anderen durch Fehlertypen (welche Art von Fehler vorliegt). In der Literatur werden insbesondere Substitutionen, Auslassungen und Hinzufügungen von Buchstaben berichtet.

Während Konsens darüber besteht, dass Lesefehler bei ND gehäuft und überwiegend linksseitig auftreten, ist bislang ungeklärt, ob sich spezifische, für ND charakteristische Fehlermuster identifizieren lassen oder ob die beobachteten Fehler lediglich Ausdruck einer generell reduzierten Wortverarbeitungsleistung sind, die auch bei Gesunden auftreten kann (vgl. Martelli et al., 2011). Ziel der ersten Studie war es daher, diese Frage durch den Vergleich einer ND-Gruppe mit einer altersangepassten Kontrollgruppe zu prüfen. Zur Kontrolle der Aufgabenschwierigkeit wurden Darbietungszeiten individuell angepasst, um vergleichbare Fehlerraten zwischen den Gruppen zu ermöglichen (Stenneken et al., 2008; Weinzierl et al., 2012; Weinzierl et al., 2014a, 2014b). Daten von Gruppenstudien und Kontrollgruppen, die eine größere Generalisierbarkeit der Ergebnisse zulassen, waren bzgl. des Aspekts der Fehlertypen in der bisherigen Literatur (bis zur Publikation der ersten Studie 2012) kaum vertreten. Diese Lücke — die Erhebung einer angepassten Vergleichsgruppe als grundlegende Technik in der klinischen Forschung und zugleich als in der ND-

Literatur bis dahin kaum realisierte methodische Besonderheit — soll im Rahmen der ersten Studie geschlossen werden (Weinzierl et al., 2012). Ziel ist es, auf Basis der Ergebnisse Fehlertypen danach zu differenzieren, ob sie ND-spezifisch sind oder auch bei Gesunden auftreten und damit mit ganz anderen Entstehungsmechanismen erklärt werden müssen.

Die Fragestellungen der ersten Studie:

- Welche Fehlermuster (Fehlertypen und Fehlerpositionen) sind im Gruppenvergleich spezifisch für ND, wenn die Aufgabenschwierigkeit zwischen beiden Gruppen angeglichen ist?
- Welche Fehlermuster (Fehlertypen und Fehlerpositionen) treten auch bei gesunden Kontrollpersonen auf und wären damit nicht spezifisch für ND?

Diese Studie wurde bereits 2012 zusammen mit Prisca Stenneken unter Mitarbeit von Georg Kerkhoff und Ingo Keller publiziert und auf wissenschaftlichen Fachtagungen präsentiert (Weinzierl et al., 2009, 2012, 2013a, 2013b, 2014). Die Studie wurde teilweise unterstützt von der DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft) und dem Center of Excellence 277 Cognitive Interaction Technology (CITEC; für Prisca Stenneken) and IRTG 1457 Adaptive Minds (für Georg Kerkhoff), und vom Cusanuswerk (Graduiertenstipendium für Christiane Weinzierl). Weitere hilfreiche Kommentare und Anregungen wurden von zwei anonymen GutachterInnen im Peer-Review-Verfahren eingebracht.

Zweite Studie: Perzeptuelle und sprachliche Analysen von Substitutionen bei Neglectdyslexie (Perceptual and linguistic analyses of substitution errors: Word reading in neglect dyslexia and controls, Kapitel 4). Während Auslassungen bei ND gut untersucht wurden und sich in der ersten Studie als ND-spezifisch präsentierten, ist die Auftretenshäufigkeit von Substitutionen quantitativ so hoch wie in einer angepassten Kontrollgruppe. Substitutionen werden in der Literatur zwar häufig berichtet, ihre zugrunde liegenden Entstehungsmechanismen im Kontext der ND bleiben jedoch bislang unzureichend verstanden. Substitutionen sind Buchstabenersetzungen und damit der einzige Fehlertyp bei ND, bei dem die Wortlänge erhalten bleibt. Dies ermöglicht einen positionsgenauen Stimulus-Antwort-Vergleich, da jede Buchstabenposition der fehlerhaften Antwort

direkt der entsprechenden Position im Wortstimulus zugeordnet werden kann. Systematische, vergleichende Analysen von Substitutionen fehlen in der ND-Literatur bislang; entsprechend wurden qualitative Unterschiede zwischen ND und Kontrollpersonen bisher nicht untersucht.

Damit verknüpft ist die weiterführende Frage, ob ND ausschließlich durch Informationsverlust (vergleichbar mit Auslassungen) und perzeptuellen Beeinträchtigungen charakterisiert ist oder ob Stimulusinformationen trotz der Störung teilweise verarbeitet werden — und falls ja, welche (insbesondere sprachlichen) Aspekte zwischen Stimulus und Antwort gegebenenfalls erhalten bleiben. Da Substitutionen nicht nur bei ND, sondern auch bei Gesunden auftreten, ist zudem zu klären, ob Substitutionen eher einen allgemeinen Hinweis auf erhöhte Aufgabenanforderungen und reduzierter Wortverarbeitung darstellen oder ND-spezifische Merkmale aufweisen.

Ziel der zweiten Studie war es daher, Substitutionsfehler bei ND mittels detaillierter qualitativer Analysen auf sprachlicher und perzeptueller Ebene zu charakterisieren, intakte Funktionen zu identifizieren und qualitative Unterschiede zu einer altersangepassten Kontrollgruppe herauszuarbeiten. Insbesondere wird geprüft, welche sprachlichen und/oder räumlich-perzeptiven Parameter zwischen Stimulus und Substitutionen erhalten bzw. intakt bleiben. Während der Erhalt des lexikalischen Status bereits untersucht wurde, berücksichtigt die vorliegende Analyse darüber hinaus kleinere lexikalische bzw. sublexikalische Einheiten (z. B. Silbenzahl, Vokal-Konsonanten-Struktur, Buchstabenfrequenz) sowie visuelle Ähnlichkeit zwischen Stimulus und Antwort, die in der ND-Forschung bislang kaum systematisch betrachtet wurden.

Ziele und Fragestellungen:

- Welche linguistischen und perzeptuellen Parameter sind in den durch Substitutionsfehler gekennzeichneten, gleichlangen Antworten von ND-Betroffenen erhalten?
- Gibt es bzgl. Substitutionen einen qualitativen Unterschied zwischen ND und Gesunden?

Das Manuskript zu dieser Studie mit den Autorinnen Christiane Weinzierl und Prisca Stenneken wurde 2014 bei der Zeitschrift *Cognitive Neuropsychology* eingereicht und entsprechende hilfreiche Kommentare und Revisionsvorschläge von zwei anonymen GutachterInnen im Peer-Review-Verfahren eingearbeitet; eine Publikation ist bisher nicht erfolgt, aber eine Tagungspräsentation (Weinzierl et al., 2014a, 2014b). Die Studie wurde teilweise unterstützt vom Cusanuswerk (Graduiertenstipendium für Christiane Weinzierl).

Dritte Studie: Korrelate von Fehlertypen bei ND — Ein Scoping-Review (Kapitel 5). Die Fehlertypen Substitutionen und Auslassungen sind die dominanten und häufigsten Lesefehler bei ND. Die beiden bereits vorgestellten empirischen Studien identifizierten sowohl Auslassungen als ND-spezifisch als auch erhaltene lexikalische und sublexikalische Teilinformationen bei Substitutionen. Inwieweit diese Befunde über die untersuchten Stichproben hinaus Bestand haben und sich in der bestehenden Forschungsliteratur replizieren lassen, ist noch offen.

Denn Fehlertypen werden in der ND-Literatur weiterhin uneinheitlich definiert und mit sehr heterogener Methodik untersucht. Je nach methodischer Operationalisierung variiert entsprechend deren berichtete Auftretenshäufigkeit, was zu inkonsistenten Befunden führt. Je nach Dominanz des einen oder anderen Fehlertyps werden in der Literatur unterschiedliche Erklärungsansätze angeboten, was eine kohärente theoretische Einbindung und Vergleichbarkeit der Studien erschwert.

Als nächster Schritt ist zu klären, inwieweit Variationen in der Definition und Auswertung von Fehlertypen sowie in den untersuchten Probandengruppen, Stimulusmerkmalen und methodischen Zugängen zu divergierenden Ergebnissen beitragen. Ziel ist eine differenzierte und systematische Fehlertypenanalyse, die aufzeigt, welche Fehlertypen mit welchen methodischen und inhaltlichen Korrelaten einhergehen. Damit lassen sich Ergebnisse modelltheoretisch besser einordnen, die Entstehungsmechanismen beider Fehlertypen präziser beschreiben und gegebenenfalls unterschiedliche Subgruppen bzw. Facetten von Neglectdyslexie identifizieren.

Durch eine Literaturanalyse in Form eines Scoping-Reviews kann die Klärung folgender Fragestellungen erreicht werden:

- Welche Korrelate lassen sich in der Literatur identifizieren, die mit den beiden häufigsten Fehlertypen (Auslassungen, Substitutionen) in Zusammenhang stehen — differenziert nach Subjektvariablen, Stimulusvariablen, Durchführungsvarianten und Auswertungsvarianten?
- Stellt die beobachtete Heterogenität ein intrinsisches Merkmal der ND dar oder lassen sich anhand der berichteten Korrelate relativ homogene Subgruppen der Neglectdyslexie identifizieren?

Diese Studie wurde bereits auf wissenschaftlichen Fachtagungen präsentiert (Weinzierl & Stenneken, 2025a, 2025b).

3 Error types and error positions in neglect dyslexia: Comparative analyses in neglect patients and healthy controls

Abstract

Unilateral spatial neglect frequently involves a lateralized reading disorder, neglect dyslexia (ND). Reading of single words in ND is characterized by left-sided omissions and substitutions of letters. However, it is unclear whether the distribution of error types and positions within a word shows a unique pattern of ND when directly compared to healthy controls. This question has been difficult to answer so far, given the usually low number of reading errors in healthy controls. Therefore, the present study compared single word reading of 18 patients with left-sided neglect, due to right-hemisphere stroke, and 11 age-matched healthy controls, and adjusted individual task difficulty (by varying stimulus presentation times in participants) in order to reach approximately equal error rates between neglect patients and controls. Results showed that, while both omission and substitution errors were frequently produced in neglect patients and controls, only omissions appeared neglect-specific when task difficulty was adapted between groups. Analyses of individual letter positions within words revealed that the spatial distribution of reading errors in the neglect dyslexic patients followed an almost linear increase from the end to the beginning of the word (right-to-left-gradient). Both, the gradient in error positions and the predominance of omission errors presented a neglect-specific pattern. Consistent with current models of visual word processing, these findings suggest that ND reflects sublexical, visuospatial attentional mechanisms in letter string encoding.

Keywords: neglect dyslexia, reading, error type, error position, spatial attention, neglect gradient

3.1 Introduction

Unilateral spatial neglect is a complex disorder with a pattern of symptoms including deficits in attention, perception and exploration in different sensory modalities, whereby stimuli in the contralesional hemispace or hemibody are not detected and properly processed or completely neglected (Karnath, 2006; Kerkhoff, 2001). Typical lesion sites are right superior and middle temporal

gyri (Karnath et al., 2004; Lee et al., 2009; Ptak et al., 2012), inferior parietal cortex (Lee et al., 2009; Mort et al., 2003), temporo-parietal junction or sub-cortical regions such as the pulvinar or the basal ganglia (for an overview see Dankert & Ferber, 2006; Karnath & Rorden, 2012; Kerkhoff, 2001; Ptak et al., 2012). Neglect frequently involves neglect dyslexia (ND), a lateralized reading disorder that might severely impair the processing of written material (overview in Vallar et al., 2010). Although left-hemispheric lesion locations in ND and ipsilesional ND have occasionally been reported (Caramazza & Hillis, 1990b; Hillis & Caramazza, 1995; Miceli & Capasso, 2001; Patterson & Wilson, 1990), left-sided ND due to right-hemispheric lesions is most frequent (Vallar et al., 2010). Reading behavior in left ND is characterized by left-sided omissions of text elements or words (Ellis et al., 1987; Friedmann et al., 2011; Takeda & Sugishita, 1995), or of letters within words, such as omission or substitution errors (Arduino et al., 2002b; Kinsbourne & Warrington, 1962). Besides the challenging rehabilitation in spatial neglect (Kerkhoff & Schenk, 2012), the additional presence of ND strongly impairs communicative abilities of neglect patients in both work and social situations and may significantly contribute to the negative rehabilitation outcome in neglect patients (Jehkonen et al., 2000). Studying the types and the spatial characteristics of reading errors in ND will advance our understanding of the underlying deficit, of modulatory factors and of possible treatment strategies (cf. Reinhart et al., 2010, 2011).

It is widely accepted that left ND is characterized by an increased number of reading errors in text as well as word reading. However, there is an ongoing discussion whether and how typical error patterns of ND can be identified (Tegnér & Levander, 1993; Martelli et al., 2011). Most importantly, ND-specific error patterns would contribute significantly to the discussion about the underlying mechanisms of impaired visual word processing which in turn could serve as markers for the neglect dyslexic impairment. Qualitative differences in neglect dyslexics' reading errors can affect two important aspects of visual word recognition, suggesting an independent coding of these two aspects in normal word processing (cf. Mariol et al., 2008): processing of letter identity, and positional

processing of segmental information. Therefore, the present comparative study of left ND addresses potentially ND-specific patterns of both, error types and error positions in word reading.

Error types

Up to now, studies investigating error types in ND show heterogeneous results regarding the question whether substitutions or omissions present the most frequent error type. Many studies report a predominance of substitution errors, in which a single segment is replaced and word length is preserved (e.g., DRYER instead of FLYER) in patients with ND. Mainly, evidence comes from single cases of English-speaking patients (e.g., Arguin & Bub, 1997; Behrmann et al., 1990; Ellis et al., 1987; Kinsbourne & Warrington, 1962; Patterson & Wilson, 1990; Riddoch, 1990; Riddoch et al., 1990), but also includes studies with other more transparent orthographies (Italian: Arduino et al., 2005; Cubelli et al., 1991; Swedish: Tegnér & Levander, 1993). Overall, the reported proportion of substitutions as the most frequent error type in ND ranges in the different studies from 53% (patient AH, Behrmann et al., 1990) to 85% of all neglect errors (patient RCG, Arduino et al., 2005).

Contrasting findings suggest omission errors, in which single letters of the word are omitted (e.g., ABLE instead of CABLE), as the most frequent error type in ND. Here, main evidence comes from single case studies (with Italian language: Cubelli & Simoncini, 1997; Di Pellegrino et al., 2002; Savazzi, 2003; Vallar et al., 1996) and a number of group studies (Làdavas, Umiltà et al., 1997; Ptak et al., 2012; Rusconi et al., 2004; Lee et al., 2009). The proportion of omission errors in these studies ranges from 61% (Rusconi et al., 2004) to 91% of all neglect errors (Làdavas, Umiltà et al., 1997). In some cases, a frequent occurrence of omission errors is associated with more severe visuospatial deficits (Arduino et al., 2002b; Lee et al., 2009; Martelli et al., 2011).

Despite these differences in the relative frequency of substitutions and omissions in ND, most authors agree that addition errors (e.g., DISABLE instead of SABLE) are rare in left ND (cf. Arduino et al., 2002b; Arguin & Bub, 1997; Cantoni & Piccirilli, 1997; Ellis et al., 1987; Rusconi et al., 2004). A further error type, the transposition error (e.g., BEARD instead of BREAD) is sometimes reported but also rare (Caramazza et al., 1996; Friedmann & Gvion, 2005; Whitney & Berndt, 1999).

This latter error type is regarded as a sub-type of substitution errors, in which the identity of target letters is processed correctly but letters are arranged in the wrong order, resulting in letter migrations or permutations. Recent research suggests the appearance of mixed errors, where multiple errors can occur in one response (Lee et al., 2009; Patterson & Wilson, 1990; Ptak et al., 2012; Rusconi et al., 2004). Even here, however, single substitutions or omissions seem to be the most frequent error categories and mixed errors are rather rare (Lee et al., 2009; Patterson & Wilson, 1990; Ptak et al., 2012; Rusconi et al., 2004).

Error positions

Apart from error types, the spatial position of errors within the word is the focus of investigations of ND. Studies consistently report that the first (leftmost) letter position is affected most frequently in patients with left-sided ND (Arduino et al., 2002b; Arduino et al., 2006; Arguin & Bub, 1997; Cubelli & Simoncini, 1997; Di Pellegrino et al., 2002; Ellis et al., 1987; Haywood & Coltheart, 2001; Patterson & Wilson, 1990; Lee et al., 2009; Vallar et al., 2010).

As a limitation, only few studies so far investigated other positions than the first, leftmost letter-position. Consequently, a common finding is an increased error-proneness at left-sided positions, whereas results are less specific for individual rightsided letter positions. Investigations of spatial error patterns in ND include substitutions of initial letters (Patterson & Wilson, 1990), some errors in the second and third letter position in addition to frequent errors at word-initial positions (Cubelli & Simoncini, 1997), or a predominance of errors in the left halves of words as compared to the right halves (Arguin & Bub, 1997; Làdavas, Umiltà et al., 1997). In general, regarding all letter positions within a word, errors tend to increase from right-to-left in a continuous, gradient-like fashion (Haywood & Coltheart, 2001).

The aim of the present study was to investigate whether the distributions of error types and error positions within a word show a unique pattern for visuospatial neglect. More specifically, we focused on discovering differences as well as similarities between a group of patients with left-sided ND and a matched control group according to the distributional frequencies of (a) error types, and

(b) error positions within the word. First, in line with previous studies on error types, we expected that both substitutions and omissions occur frequently in ND. Detailed analyses explored whether one of the two error types, or both, can be regarded as ND-specific. Secondly, based on the above findings on error positions in ND, we expect our analyses of all individual letter positions within the word to reveal a gradient-like pattern, with the highest error rates on word-initial error positions and a nearly linear increase from the end to the beginning of the word (right-to-left-gradient).

As a major drawback of previous investigations of ND, only few studies so far directly compared reading errors in ND to those in matched healthy controls (Arduino et al., 2003; Di Pellegrino et al., 2002; Rusconi et al., 2004). Concerning the spatial error patterns in ND, to our knowledge, no comparative analyses of frequency distributions at individual letter positions are available for neglect patients and matched healthy controls. Only a direct comparison of ND errors to reading errors of controls would allow us to differentiate if a certain spatial pattern of error types is specific to visuospatial neglect.

However, comparative analyses present a methodological challenge due to the extremely lower number of overall reading errors of control participants in unconstrained reading tasks. Largely different overall error rates could bring about specific error patterns and thus mask possible qualitative differences between the two groups. Therefore, we experimentally adjusted task difficulty in patients and controls by individually manipulating presentation times of words for each participant, in order to achieve comparable overall error rates in all participants. With this procedure, a high frequency of a specific error type could not result merely from an increased number of errors.

Overall, we expect the comparative, qualitative and quantitative analyses to identify ND-specific patterns of error types and positions, and thus to contribute to underlying mechanisms in models of visual word processing.

3.2 Method

Participants

The inclusion criterion for participation in the present study was impaired performance on two of the four following neglect tests for patients: line bisection (20 x 1 cm black line on a white sheet of paper), drawing a clock face from memory, number cancellation (30 targets among 150 distractors presented on a 29.7 x 21 cm sized white sheet of paper), and reading aloud a standardized text of 180 words (for details see Kuhn et al., 2010). Test performance was considered as impaired when the bisection line in the line bisection test deviated more than 5 mm from the midline to the ipsilesional side, when numbers or clock hands were omitted or misplaced on the left side in the clock drawing task, when more than one target was omitted on the left side or the time for solving the number cancellation task was increased (which was the case in all patients), or when there were more than two uncorrected reading errors in text reading.

A group of 18 patients with visuospatial, left-sided neglect (six females, twelve males) with an average age of 58.28 years ($SD = 9.08$) took part in the study. All had clinically manifest left-sided visual neglect due to a single right-hemisphere brain lesion, as assessed by four conventional neglect tests (see below and Table 1). Lesion locations in most patients affected temporal and parietal areas (temporo-parietal: 10 patients; temporo-parietal in combination with other (sub-)cortical structure: three patients; parietal, parieto-frontal or parieto-occipital: four patients). One patient had lesions of capsula interna and cerebellum. A control group of 11 neurologically unimpaired participants (five females, six males) was matched to the neglect group concerning age, $t(27) = .33$, $p = .75$, with an average age of 59.36 years ($SD = 7.93$). It was ensured that both groups were comparable regarding general word processing performance in the experimental task (cf. Section 3.1). Eight participants were previously excluded because they did not meet the inclusion criteria.

All participants were monolingual German native speakers, right-handed and had normal or corrected to normal visual acuity, except three participants with a slightly reduced visual acuity. They gave informed consent according to ethical standards of the Declaration of Helsinki (Rickham, 1964). Neglect patients were not pre-selected on grounds of disorder severity, and impairments ranged from more severe to residual neglect (Table 1). Binocular visual fields were mapped with dynamic

perimetry either using a Tübingen or Goldmann perimeter (for further details see: Aulhorn & Harms, 1972; Kuhn et al., 2010). An experimenter monitored the eye position through a telescope. The borders of the visual field were measured with dynamic perimetry along 16 meridians in a pseudo-random sequence. Table 1 gives the residual visual field sparing for visual form perception in the blind visual hemifield or quadrant of all patients on the horizontal meridian, as this measure is relevant for reading. Details of the test stimuli used for kinetic perimetry using the Tübingen perimeter see Kuhn et al. (2010). The dynamic Goldmann perimetry was performed with a circular white stimulus only (V4).

Table 1

Demographic and clinical data of the 18 patients with left-sided visuospatial neglect due to a single right-hemispheric brain lesion (see text for further details).

Pat.	Age, Sex	Etio- logy	Months past lesion	Visual field defect, sparing of visual field	Visual acuity near	Line bisection (cm)	Number cancellation (omissions left/right)	Clock drawing	Text reading (errors)
1	61, m	i	21	L-QA, 8°	125	+0.1	0/0	1	2
2	47, f	i	8	intact	100	-0.1	0/0	2	7
3	48, m	i	7	L-HH, 20° r	125	-0.5	0/0	1	2
4	56, f	h	10	intact	80	+1.2	0/0	1	3
5	48, m	h	4.5	L-HH, 15° r	126	+0.2	1/0	2	2
6	61, m	i	23	L-QA, 18° r	100	+0.2	0/1	NT	5
7	65, f	i	1	L-HH, 5° l	63	-1.5	0/0	2	11
8	73, m	i	2	L-HH, 5° l	50	+4.6	4/0	0	5
9	63, m	i	1	L-HH, 5° l	100	0	3/0	3	3
10	56, m	i	3	intact	63	+3.1	0/1	3	5
11	48, m	i	4	intact	50	+3.5	10/4	1	>20
12	58, m	i	2	NT	63	-0.9	1/0	1	20
13	67, m	i	5	L-HH, 5° l	100	+1.2	0/0	2	9
14	72, m	h	2	L-HH	80	+2.0	2/1	NT	6
15	70, m	h	2	intact	80	+1.5	10/4	2	>20

16	52, f	i	6	intact	80	+0.5	2/0	2	5
17	44, f	i	2.5	intact	80	-1.2	0/0	2	2
18	60, f	i	5.5	intact	50	+0.8	0/0	1	3

Legend: i: ischemic, h: hemorrhagic; L-HH: left homonymous hemianopia, L-QA: left quadrantanopia,

r: right, l: left. Visual acuity is stated for near viewing distance (0.4 m) as decimal visual acuity (max:

125%=1.25 or Snellen equivalent 25/20). In line bisection, “+” represents a deviation to the right

side, “-” to the left side. In clock drawing from memory, classification was from “normal” (= 0) to

“severely impaired” (= 3): left-side omitted or misplaced numbers or clock hands, or a distorted clock

face, scored with one point each. In text reading, a standardized text of 180 words was read (normal

cut-off: max. two errors or max. 120-s reading time). NT: not testable.

Experimental word reading task

Participants were tested individually in a quiet room. Experiments were controlled by a notebook (with the operating system Mac OS 9), using the experimental software Psyscope (Cohen et al., 1993). The stimuli were presented on a 1700-monitor (resolution 1024 × 768.85 Hz) that was located at a distance of 30 cm at eye level of the seated patient. Each trial started with a fixation cross (“#”) for 1500 ms in the geometrical center of the screen which was followed by 50 ms of blank screen after which the respective stimulus word was presented with the individual stimulus presentation duration. The inter-trial-interval randomly varied between 200, 400 or 600 ms. We made sure that the word stimuli fell into the patients’ intact visual field, in order to rule out possible effects of visual field defects. The maximal eccentricity of the stimuli was 4.4° of the visual angle horizontally (and 2° vertically), while residual, intact visual fields were at least 5° or greater in all participants. Participants were instructed to fixate the cross and to read the stimulus aloud when it was presented. Answers were recorded digitally using an external microphone, transcribed by a trained coder and cross-checked by two additional coders.

Stimuli were 200 German content words (192 nouns and 8 adjectives) of five letters each, either monosyllabic or disyllabic and selected from the CELEX Database (Baayen et al., 1993), comprising 100 high-frequent words with an average written word frequency of 889.33 (per 6 Mio), and 100 low-frequent words with an average written word frequency of 7.14 (per 6 Mio) each. We used stimuli with five letters to prevent effects of word length, since many authors report an increasing error rate with increasing word length in ND (Ptak et al., 2012; Riddoch et al., 1990; Takeda & Sugishita, 1995; Tegnér & Levander, 1993). The word stimuli were presented in uppercase letters with the size of 20 in monospaced courier font and black color on a white background.

Before the start of the experimental reading task, all participants performed pretests in order to determine the duration of stimulus presentation for each participant individually. Aim of the pretests was to achieve a comparable level of error rates among all participants, i.e., among controls and patients with difference performance levels in word processing. The pretest contained 20 word stimuli that were different from those used in the experiment. All other stimulus and display characteristics were identical with those of the experiment. The durations of stimulus presentations for each individual participant were assessed according to staircase logic (cf. Aghababian & Nazir, 2000), starting from intermediate display duration of 200 ms and gradually adapted until error rates in the pretests first reached a predefined criterion of error rates of about 30% (resulting in comparable error rates of 24% on average in both groups of participants). These individually obtained display durations were used during the whole experiment for each particular participant. This experimental approach of adjusting presentation time or task difficulty to control for error rates across all participants in order to compare performance along another dimension, has already been used successfully in the developmental literature (Schlaggar et al., 2002; Turkeltaub et al., 2003).

The present word naming task was part of a larger testing procedure with further tasks, either one week before or after the naming task (balanced across participants) and included an additional manipulation in the naming task of the initially fixated letter position, that was completely balanced across all positions within the word (results are discussed elsewhere; Stenneken et al.,

2008). We verified that the order of the experiments and the experimental manipulation had no influence on the results of this study.

3.3 Results

Overall word processing performance

In the experimental naming task, invalid trials (e.g., due to disturbances in clinical testing or response latencies below 300 ms) were excluded from analyses (less than 0.7% of all responses). Due to the individual adaptation of stimulus presentation durations, the total error rates were on average 49.28 ($SD = 17.09$) in neglect patients and 42.45 ($SD = 11.31$) in controls. Error rates did not differ significantly between the two groups, $t(27) = -1.17$, $p = .25$, indicating that the manipulation of stimulus presentation durations as determined by pretests was successful. Mean presentation durations for neglect patients were 267.81 ms ($SD = 275.25$) and for controls 87.27 ms ($SD = 31.88$).

Reading errors were classified either as segmental errors (response differed in one or more segments from the target) or as null responses (no naming response was given). Segmental errors were on average 44.72 ($SD = 17.21$) in patients and 36.36 ($SD = 6.41$) in controls, and in both groups 89% of the overall error rates. Null responses were on average 4.56 ($SD = 3.62$) in patients and 6.09 ($SD = 11.12$) in controls. A Welch test showed no significant differences between the two groups in the number of segmental errors, $t(23.53) = -1.86$, $p = .08$, or of null responses, $t(11.31) = .44$, $p = .67$. Thus, when the overall error rates of both experimental groups were matched, neglect patients produced a comparable number of segmental errors and null responses as normal readers.

Within the segmental reading errors, the lexical status of the target word stimuli tended to be preserved in the majority of responses (neglect patients: 62% words, 38% nonwords; controls: 78% words, 22% nonwords). An analysis of variance (ANOVA) confirmed the overall higher number of word responses than nonword responses, $F(1, 27) = 23.96$, $p < .01$. No significant group effect was observed ($p > .05$) as expected from the comparable error rates in both groups. A tendency in the

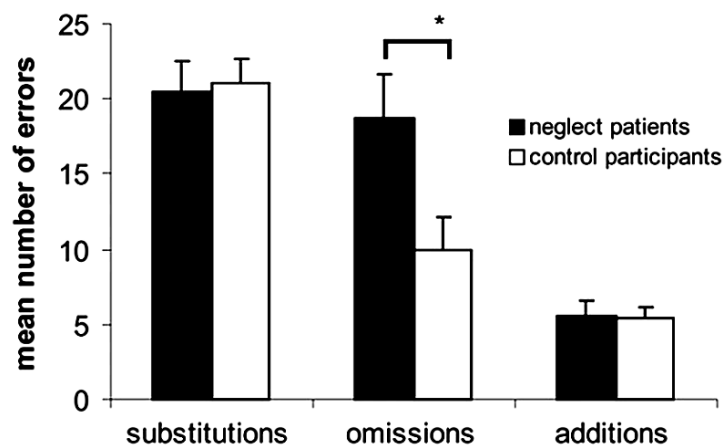
interaction of the two factors “group” and “lexicality”, $F(1, 27) = 3.90$, $p = 0.06$, reflected numerically slightly more nonword errors in patients than in controls.

Error types

Segmental errors were subdivided into substitution, omission and addition errors, when one or more segments of the target form were substituted (e.g., “MOSER” instead of “MODER”), deleted (e.g., “MODE” instead of “MODER”) or added (e.g., “MODERN” instead of “MODER”), respectively. Substitutions were the most frequent error type (neglect patients: 48%, controls: 59%), followed by omissions (neglect patients: 40%, controls: 25%) and a relatively low number of additions (neglect patients: 12%, controls: 16%). In neglect patients, the number of errors in neglect patients was for substitutions $M = 20.50$ ($SD = 8.33$), for omissions $M = 18.67$ ($SD = 12.74$) and for additions $M = 5.56$ ($SD = 4.34$), and in controls for substitutions $M = 21.0$ ($SD = 5.38$), for omissions $M = 9.91$ ($SD = 7.48$) and for additions $M = 5.45$ ($SD = 2.25$). Results are summarized in Figure 4.

Figure 4

Mean number of the different error types (substitutions, omissions, additions; ± 1 SEM) on the basis of all segmental errors in both experimental groups (neglect patients, control participants)



To address group differences in error types among segmental errors, a mixed design two-way ANOVA with the within-subjects factor “error type” (substitutions, omissions, additions) and the

between-subjects factor “group” (neglect patients, controls) was performed. After adjusting the degrees-of-freedom and correcting data according to Greenhouse-Geisser, results showed a significant main effect of “error type”, $F(1.50, 40.46) = 25.83, p < 0.01$. The factor “group” had no significant effect, $F(1, 27) = 2.36, p = 0.14$, thus confirming equally balanced error rates between groups. The interaction of both factors approached statistical significance, $F(1.50, 40.46) = 2.96, p = 0.08$. Therefore, group differences in error types were further investigated in additional independent t -tests. Importantly, only omission errors showed a significant difference, $t(27) = -2.06, p = .049$, between patients and controls (in the neglect group almost twice as much as in the control group, see Fig. 1), whereas the proportion of substitution and addition errors was comparable between groups (both p -values $> .80$). The number of the omissions in word reading correlated with the number of errors in the cancellation task, $r = .55, p = .02$, while there were no other significant correlations between pretest performance and number of substitutions, omissions or additions. Thus, results indicated a neglect-specific predominance of omissions, which could be demonstrated even when the number of total errors and of segmental errors was at a comparable level in both neglect and control group.

The above pattern of error type distributions presented a robust finding, which was also confirmed in two alternative variants of analyses that were adopted in previous studies of ND. The first variant restricted analyses to the sub-type of *neglect errors* as done in a number of previous studies (e.g., Arduino et al., 2002b; Arduino et al., 2005; Arduino et al., 2006; Costello & Warrington, 1987; Di Pellegrino et al., 2002; Ellis et al., 1987; Ptak et al., 2012). Neglect errors denote real-word responses that share identical letters with the target only on the right side of the word and deviate completely from the target on the left side of the word. The overall proportion of neglect errors was rather low; though more neglect errors were observed in ND (19%) than in controls (9%), $t(20.45) = -2.95, p < .01$. The distribution of error types revealed high numbers of substitutions and omissions, both differing between groups (substitutions: 60% in ND, 80% in controls), $t(23.77) = -2.23, p = .04$,

(omissions: 30% in ND, 9% in controls), $t(17.76) = -3.23$, $p < .01$, and a low number of additions (neglect patients: 10%, controls: 11%; no group difference, $p > .05$).

The second variant of analysis involved a more fine-grained and complex coding that took into account *mixed errors*, i.e., multiple error types in the same response, e.g., “MOOR” instead of “MODER” (omission of one letter and substitution of another letter) and considered the additional error category of transposition errors (in which the identity of segments but not their order within the word is preserved, e.g.: “MORDE” instead of “MODER”). Both aspects were addressed by previous studies (mixed errors: Lee et al., 2009; Patterson & Wilson, 1990; Rusconi et al., 2004; transpositions: e.g., Caramazza et al., 1996; Friedmann & Gvion, 2005; Whitney & Berndt, 1999). Even with this coding of mixed errors, most frequent error types in our group of left ND were single substitutions (38%) and omissions (22%)—each without other error types mixed or included. Controls made single substitutions (35%) and errors of the mixed ‘substitution plus transposition’ category (20%) most frequently. By summarizing the error types of the fine-grained coding in four categories (substitutions, omissions, additions, transpositions), results confirmed substitutions or errors comprising substitutions as the most frequent error type (neglect patients: 52%, controls: 52%), followed by omissions or errors comprising omissions (neglect patients: 28%, controls: 17%) and then additions or errors comprising additions (neglect patients: 9%, controls: 10%), while transposition errors or errors comprising transpositions were observed in neglect patients with a proportion of 11% and in controls with 20%. Group comparisons revealed a tendency towards a higher number of omissions in patients ($M = 18.17$, $SD = 12.83$) than in controls ($M = 10.64$, $SD = 7.71$), $t(27) = -1.75$, $p = .09$, and comparable proportions of substitution errors (patients: $M = 30.94$, $SD = 12.17$; controls: $M = 30.18$, $SD = 4.02$) and addition errors (patients: $M = 5.44$, $SD = 4.27$; controls: $M = 5.82$, $SD = 2.48$; both p -values $> .79$). Transposition errors were relatively rare and significantly less frequent in patients ($M = 7.06$, $SD = 3.98$) than in controls ($M = 11.73$, $SD = 4.08$), $t(27) = 3.04$, $p < .01$.

Severity-related analyses

Additional analyses addressed possible effects of the severity of the reading impairment on error types. We therefore sub-divided neglect patients into two severity groups according to a median split procedure of the individual stimulus presentation durations required to reach the predefined performance level (as determined in the pretest). This procedure resulted in nine patients with relatively mild ND (presentation durations < 190 ms; $M = 79.64$, $SD = 39.89$) and nine with a more severe ND (presentation durations > 190 ms; $M = 455.97$, $SD = 282.37$).

Analyses of error types revealed largely comparable proportions of the different error types for the two severity groups: substitution errors (severe: 46%, mild: 50%), omission errors (severe: 40%, mild: 38%) and addition errors (severe: 13%, mild: 10%). An ANOVA showed a higher number of overall errors in the severe as compared to the mild ND group, $F(1, 16) = 7.11$, $p = .02$, and a significant effect of the factor “error type”, $F(1.43, 22.83) = 15.39$, $p < .01$ (Greenhouse-Geisser correction), however the interaction of both factors was not significant (p -value > .50), indicating that the severity of the reading impairment did not affect the relative distribution of error types.

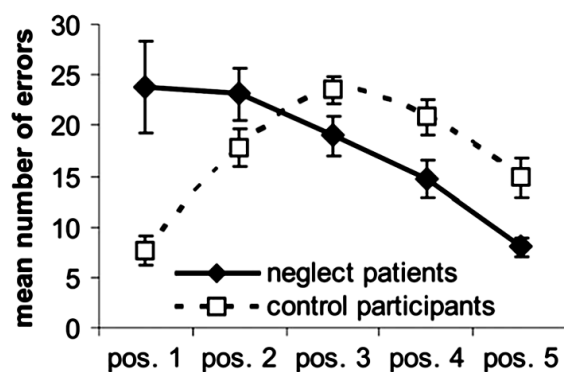
Additional analyses controlled for potential confounds of the severity of the reading impairment. On the one hand, severity of reading impairment, indicated by individual presentation duration, was positively correlated with the performance in neglect tests (number cancellation task: $r = .77$, $p < .01$; errors in text reading task: $r = .70$, $p < .01$; line bisection task: $r = .47$, $p = .05$), as shown previously (Van Eimeren et al., 2004). Additionally, performance in the text reading test correlated with the performance in the number cancellation task ($r = .70$, $p < .01$). On the other hand, there was no evidence for confounds of the severity of the reading impairment with the presence or degree of visual field defects ($r_s = .21$, $p = .41$). Comparisons of the two severity groups revealed no differences in the degree of visual field defects when analyzing the rank order of patients according to the individual size of visual field defects ($U = 25$, $p = .26$). Moreover, the presence of visual field defects in the severe group did not exceed those in the mild group (in fact, only two patients in the severe group had visual field defects, compared to six patients in the mild group).

Error positions

In a second step, analyses addressed spatial error patterns within the word. Responses were analyzed by marking for each of the five letter positions in the target word, whether a letter at a certain position was realized correctly or erroneously in the response. For each participant, the number of errors was calculated per letter position and averaged over all target words. From letter position '1' to '5', average error rates in the control participants were 9%, 21%, 28%, 25% and 17%, and in neglect patients 26%, 26%, 22%, 17% and 9% (Figure 5). An ANOVA with the variables "group" (neglect patients, controls) as a between-subjects factor and "error positions" ('1' to '5') as a within-subjects factor showed no significant main effect of "group", $F(1, 27) = 0.11, p = 0.75$, but a significant main effect of "error positions", $F(1.54, 41.59) = 6.33, p < .01$ (Greenhouse-Geisser correction) and a highly significant disordinal interaction between "error positions" and "group", $F(1.54, 41.59) = 9.81, p < .01$. Additional t -tests revealed that the word-initial position (position '1') were more often affected in neglect patients ($M = 23.78, SD = 19.24$) than in controls ($M = 7.64, SD = 4.95$), $t(20.47) = -3.38, p < .01$, whereas word-final positions such as position '4', $t(27) = 2.18, p = .04$, and position '5', $t(27) = 3.43, p < .01$, were more often affected in the control group. On the other middle letter positions, no group differences were observed (position '2': $p > .16$; position '3': $p > .06$).

Figure 5

Mean number of total error scores (+/- 1 SEM) on the five letter positions (pos.1 to pos. 5) in the two experimental groups (neglect patients, control participants)



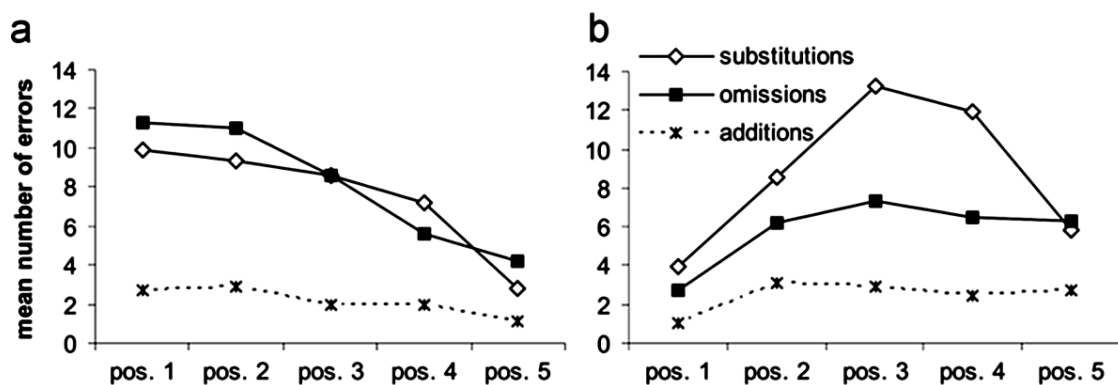
Thus, the neglect patients and the control participants clearly differed regarding error positions, even though the two groups were matched concerning the total number of errors: The distribution of error rates in neglect patients resembles a linear gradient (explained variance for a linear trend 94%) with an increase in the number of errors from the end to the beginning of the word (right-to-left-gradient). In the control group, the distribution of error rates over the five letter positions in the target resembles an inversely u-shaped, slightly asymmetrical curve with a maximum of errors close to the word center and with fewer errors at the beginning than at the end of words (explained variance of 99% with a polynomial fit curve). This spatial pattern clearly differs from the right-to-left gradient observed in the neglect group, which can be regarded as characteristic of ND. The neglect-specific pattern of results is additionally reflected in the finding that neglect patients produced more reading errors in the left half of the word ($M = 46.89$, $SD = 27.39$) than in the right half ($M = 22.67$, $SD = 11.89$), $t(17) = 3.38$, $p < .01$, whereas control participants produced more errors in the right half ($M = 35.64$, $SD = 11.96$) than in the left half ($M = 25.45$, $SD = 10.30$), $t(10) = -2.52$, $p = .03$.

In order to account for possible effects of the severity of the reading disorder on error positions, comparing the performance of relatively mild and severe neglect patients was compared. No significant main effect was found for “severity group”, $F(1, 16) = 2.85$, $p = .11$, while there was a significant main effect for “error position”, $F(1.59, 25.50) = 11.00$, $p < .01$ (Greenhouse-Geisser correction) and a significant interaction of the two factors, $F(1.59, 25.50) = 7.75$, $p < .01$. The latter finding points toward different error rates for the five letter positions in the two severity groups, which is especially evident on the first error position, where patients with a more severe disorder showed more errors ($M = 36.11$, $SD = 20.27$) than patients with a mild disorder ($M = 11.44$, $SD = 5.79$), $t(9.30) = -3.51$, $p < .01$, whereas the error position curves for the other letter positions (‘2’ to ‘5’) were comparable between severity groups (p -values $> .46$). The distributions of error positions in the mildly impaired group more closely resembled the inversely u-shaped curve of controls, whereas the severe impairment group displayed a gradient-like distribution.

Finally, we introduced the aspect of error types into the positional analyses by addressing the individual distributions of the different error types over the five letter positions (Figure 6). In neglect patients, the generally observed right-to-left gradient is reflected in the distributions of the two most frequent error types, substitution and omission errors. In contrast, the control group showed the typical inversely u-shaped curve more clearly for substitutions than for omissions. The overall occurrence of addition errors was comparably low in both groups (< 16% of all segmental errors) and did not reflect any position-specific effects.

Figure 6

Distribution of error types over letter positions within the word in 18 neglect-dyslexic patients (a) and 11 healthy controls (b)



3.4 Discussion

The aim of the present study was to identify neglect-specific error patterns in single-word reading, addressing both error types (substitutions, omissions, additions) and error positions by directly comparing a group of neglect patients and a group of unimpaired, matched control participants. When task difficulty was adapted and overall error rates were comparable between groups, analyses of error types identified only omission errors, but not substitutions or additions, as ND-specific. Moreover, positional analyses revealed a ND-specific higher proportion of left-sided error positions, as indicated by a gradient-like increase in error rates towards the word beginning. In

the following paragraphs, the findings of error types and positions as well as their theoretical implications will be discussed in more detail.

Error types

Analyses of error types revealed two major findings. First, a generally high number of both, omissions and substitutions occurred in neglect patients, while additions were rare. This finding is consistent with previous studies (e.g., Arduino et al., 2002b; Arduino et al., 2005; Di Pellegrino et al., 2002; Ellis et al., 1987; Kinsbourne & Warrington, 1962; Làdavas, Umiltà et al., 1997; Ptak et al., 2012; Rusconi et al., 2004) and seems to imply the relevance of both error types in ND. Second, only omission errors, but not substitutions (or additions), differed in their frequency of occurrence between the ND and control group, with omissions being significantly increased in ND compared to controls. While high numbers of substitutions in ND were reported repeatedly (e.g., Arduino et al., 2002b, Arguin & Bub, 1997, Behrmann et al., 1990, Ellis et al., 1987, Kinsbourne & Warrington, 1962, Patterson & Wilson, 1990, Tegnér & Levander, 1993), the present comparative analyses of all investigated error types indicated that only omissions reflected a unique characteristic of reading impairment in ND.

This finding of segmental omissions is compatible with research of paragraph reading, where ND patients showed a preponderance of whole word omissions (> 90% of errors) with only a few substitution errors (Reinhart et al., 2010, 2011), and with research of reading words at different positions relative to a viewer-centered coordinate frame, where ND patients showed both letter and whole word omissions most frequently (Ptak et al., 2012). This overall pattern of results presents a robust finding that was observed independently of the severity of the ND reading impairment. In addition, a comparable pattern of results was observed in different variants of analyses, which were performed for reasons of comparability with previous studies.

When restricting analyses to the sub-group of neglect errors (cf. Ellis et al., 1987), substitution and omission errors remained the most frequent error types, with a relatively increased number of omissions in ND. These analyses additionally revealed disproportionately more neglect

errors in ND than in the control group, a finding which has been reported previously (e.g., Di Pellegrino et al., 2002; Ellis et al., 1987) and which is in line with a spatially lateralized basis of the observed reading errors in the ND group. Given the rather small overall number of typical “neglect errors” in the present study, and given the concept of “neglect errors” which is a rather tight criterion and underestimates the actual number of reading errors (Behrmann et al., 1990; Cubelli & Simoncini, 1997; Martelli et al., 2011), the main analyses of the present study were not restricted to neglect errors, but included all types of segmental errors.

Further additional analyses addressed the possibility of mixed errors combining different error types and especially considered the category of transposition errors. While this analysis variant confirmed the previously observed distribution of error types and supported the neglect-specificity of omission errors, transposition errors occurred more frequently in controls than in ND. This latter finding indicates that, on the basis of comparably high overall error rates in both groups, controls tended to preserve the identity of target’s letters to a larger extent, whereas in the ND group, the deficit appeared to interfere with processing of the target’s letter identity. Analyses of mixed errors showed that single categories (substitutions and omissions) occurred most frequently in both groups, and single omissions in ND, which is in line with literature (Lee et al., 2009; Rusconi et al., 2004).

The finding of a generally high number of substitution errors which, however, were apparently not neglect-specific, might suggest more detailed analyses of this error category in future studies. A well-suited methodology was provided by so-called letter confusion matrices (cf. Dunn-Rankin, 1968; Townsend, 1971; Geyer, 1977), or by recent analyses of substitution errors in dysgraphia (Di Pietro et al., 2011). These analyses may reveal possible relationships between target letters and substituting letters in the produced words.

The present study introduced a quantitative comparison of error pattern in neglect dyslexics and in matched normal readers. This was achieved by matching both groups not only in demographic characteristics, but in their total number of reading errors. Task difficulty was adapted for each

individual participant by manipulating stimulus presentation durations as determined in the pretest so that all patients and controls reached a fixed and comparable performance criterion. We argue that only with comparable word reading performance among participants, the observation of a high frequency of occurrence of a certain error type in neglect patients but not in the control group allows identifying true specifics of ND. This was the case in the present study only for omission errors but not for substitution errors, even though both error types had a high frequency of occurrence. Thus, the finding of a generally high number of substitutions did not appear to be specific for ND, but rather seems to reflect task difficulty; i.e., the rate of substitution errors might generally increase when reading performance is impaired (either by neurological conditions or by experimental manipulations, as in the neglect and control group, respectively).

Error positions

In a next step, analyses of error positions were performed in order to address the spatial characteristics of reading errors in ND. Results revealed that neglect patients displayed a higher number of errors on the left half of the word and showed a nearly linear gradient with an increase from right to left with fewest errors on the final letter position and most errors on the first letter position. This finding regarded a well-established phenomenon in ND and confirmed results of numerous previous studies (Arduino et al., 2002b; Arduino et al., 2005; Arguin & Bub, 1997; Cubelli & Simoncini, 1997; Di Pellegrino et al., 2002; Ellis et al., 1987; Haywood & Coltheart, 2001; Patterson & Wilson, 1990; Ptak et al., 2012; Lee et al., 2009; Vallar et al., 2010). In contrast to the right-to-left gradient in ND, unimpaired matched readers made most errors in the middle of the letter string and showed an asymmetrical and reversed u-shape in their error position pattern, also consistent with single word processing of unimpaired controls as previously reported (e.g., Di Pellegrino et al., 2002).

The present results of positional analyses are in line with the visuospatial character of ND. According to activation accounts of visual word processing (e.g., Whitney, 2001; Whitney & Berndt, 1999; Whitney & Cornelissen, 2005), the disorder can be assumed to disrupt the serial processing from the word's initial to final letters. This impairment is reflected in the present finding of an

increased number of errors in the left word halves of neglect patients compared to controls. This finding becomes even more prominent in severity-specific analyses of the ND group: The error position curve of the more severely impaired patients reflected a linear right-to-left gradient with most errors being on the first letter position, while the curve of the mildly impaired patients had a closer resemblance to the reversed u-shaped curve of controls.

The present finding of right-to-left gradient-like increase in error rates in (more severe) ND might be related to the fact that the more severely impaired participants also had comparably high display durations, which allowed for ocular re-fixations. Due to the present procedure of adjusting task difficulty by display durations, it cannot be excluded that some of the patients with a more severe impairment had the possibility of ocular re-fixations. However, re-fixations are unlikely to fully explain the present findings of left-sided errors. The tendency for left-sided errors is a well-established phenomenon in neglect (Vallar et al., 2010), and specifically, previous ND studies have reported comparable findings for even longer presentation times of 500 ms (Arduino et al., 2002b, 2005; Arguin & Bub, 1997; Behrmann et al., 1990) or of 4800 ms (Di Pellegrino et al., 2002), or for unconstrained presentation times (Arduino et al., 2002b, 2005; Ellis et al., 1987; Haywood & Coltheart, 2001; Làdavas, Umiltà et al., 1997; Lee et al., 2009; Martelli et al., 2011), which in either case would allow for ocular re-fixations. Moreover, the present study used only five-letter word displays that could be processed in one fixation (q.v. Rayner, 1998), in order to minimize effects of re-fixations.

These present findings suggest that in the more severely impaired sub-group the lateralized deficit more strongly interfered with word string identification so that the processing of left-sided information of the word is drastically reduced. The present results are in line with those of other attention-based impairments of reading skills. For example, a larger spatial deviation of attentional weighting was shown to be associated with a more severe reading disorder in developmental dyslexia (Stenneken et al., 2011).

The experimental manipulation involved in the present study in order to achieve comparable error rates in all participants of both groups, again ensures that the observed characteristics in the neglect group present actual specifics of the ND reading disorder. When comparing error position curves of neglect and normal readers with equal error rates, the spatial features of neglect dyslexics' word processing cannot be attributed to a generally impaired performance but rather point to the spatial nature of the ND deficit.

Further, explorative analyses addressed the distribution of error positions separately for the three different error types of substitution, omission and addition errors. Neglect patients showed an almost linear increase in error position curves from the end to the beginning of the word (right-to-left-gradient) for substitution and omission errors, but not for additions. In the control group, the characteristically reversed u-shaped curve and highest error rates close to the word center was observed only for substitution errors but not for omissions or additions. In general, addition errors as the least frequent error type in both groups did not show any positional effects. Substitution errors as the generally frequent error type reflected the typical shape of the error position curve in each group (neglect patients: gradient-like; control: asymmetric u-shape), whereas omission errors as the ND-specific error type reflected the typical error position curve only in our patients (Fig. 3). An overall higher omission rate in ND also involved more omissions on initial letter positions, and on position '2' and '3', when compared to controls.

Implications for models of single word reading

The present findings can be related to models of unimpaired single word reading, e.g., the dual-route cascaded model of reading as a well-established variant (Coltheart, 2005; Coltheart et al., 1993; Coltheart et al., 2001; Levy et al., 2009; Rapcsak et al., 2007). Dual-route models assume two ways of processing words from perception to reading aloud: a lexical and a sublexical route. The lexical route allows for whole-word, parallel processing and grants fast and direct access to lexical representations in the so-called mental lexicon, while the sublexical route involves serial coding of single elements (individual letters or multi-letter graphemes) and their specific spatial coordinates in

the letter string. Computations of both routes (lexical, sublexical) are supposed to work in parallel in normal reading (Coltheart, 2005). In the present study, the high task difficulty (as indicated by a generally high number of errors) in both groups must be assumed to interfere with both processing routes. However, specific error types may be associated to the different processing strategies within the dual-route framework (cf. Coltheart et al., 1993; Coltheart et al., 2001; Levy et al., 2009; Rapcsak et al., 2007).

Substitution errors have been related to lexical processing strategies (Arduino et al., 2002b; Arguin & Bub, 1997; Làdavas, Umiltà et al., 1997; q.v. Behrmann et al., 1990). In this error type, a substantial amount of word-specific information is still preserved, including for example the identity and the location of certain letters. And visuospatial characteristics of the target word form, such as word length in terms of the number of letters, are typically reflected in the substitution error. It has been suggested, that substitution errors result from an activation of lexical entries based on an erroneous or incomplete encoding of the visual word form (Arduino et al., 2002b; Arguin & Bub, 1997; Behrmann et al., 1990; Caramazza & Hillis, 1990a). The present finding of a generally high number of substitutions in ND and in control participants reflects an incomplete processing of the visual word forms—as a consequence of the neglect disorder or of the shortening of stimulus presentation times in normal readers.

In contrast, omission errors have been associated with sublexical processing (Arduino et al., 2002b; Làdavas, Umiltà et al., 1997). This error type reflects a failure to process single elements in the letter string and/or to correctly process the visual features of letters, resulting in degraded visual word information. Highly degraded visual information would thus prevent the explicit identification of letters or words, and consequently impair the proper activation of phonological information during a naming task. ND patients are assumed to at least partly rely on the sublexical route. Here, in contrast to controls, the present neglect-specific findings of an increased number of omission errors and a tendency for left-sided errors suggest that the neglect deficit specifically interferes with this sublexical, visuospatial route. This is additionally illustrated by the absence of the typical

characteristics of lexical processing in the ND group, i.e., the asymmetric, u-shaped error position curves. The findings thus point to early visuospatial processing levels as relevant for the origin of reading errors and strengthen the assumption of lateralized visuospatial deficit in ND.

This visuospatial assumption receives additional empirical evidence from a recent study of ND (Martelli et al., 2011). A manipulation that specifically affected visuospatial processing (i.e., manipulating letter spacing) led to a larger increase in omission errors as compared to substitution errors in a group of six ND patients. Additionally, the authors showed that a high number of omissions in reading was associated with a high number of omissions in cancellation tasks (a finding that has also been observed in the present study). The authors conclude that omission errors, but not substitutions, are based on a visuospatial attentional mechanism.

Additional supporting evidence for two distinct underlying mechanisms of reading errors in ND comes from recent studies of text reading in ND (Reinhart et al., 2010, 2011). The authors studied the modulation of ND in paragraph reading by manipulations of head position (left, central, right) or optokinetic stimulation on the visual field in the background of the computer screen. Both studies revealed that omission errors—the most frequent error category in the ND group—were significantly modulated by leftward head rotation or leftward optokinetic stimulation, while substitution errors were unaffected by these two maneuvers, pointing to distinct error types and a distinct origin of omission as compared to substitution errors.

3.5 Conclusions

In summary, the present study has provided a first quantitative and qualitative comparative assessment of error types and positions in ND. The experimental manipulation of task difficulty allowed distinguishing between neglect-specific error patterns and those generally associated with high amounts of reading errors. Results have identified a ND-specific predominance of omission errors and an almost linear increase of errors from the end to the beginning of the word (right-to-left-gradient). In addition, markers of unimpaired lexical processing, i.e., a slightly asymmetric, u-

shaped slope in the error distribution, were absent in ND. The present findings cannot be attributed to specifics in data analyses, since comparable results were observed in various analysis variants, and cannot be accounted for by generally increased error rates in ND, since task difficulty was adapted in all participants. Results rather support the lateralized nature of the ND reading impairment and suggest that this deficit interferes with sublexical, visuospatial processing in visual word encoding.

4 Perceptual and linguistic analyses of substitution errors: Word reading in neglect dyslexia and controls

Überleitung. In Kapitel 3 wurden Auslassungen und linksseitige Lesefehler im Vergleich mit einer gesunden Kontrollgruppe als neglect- bzw. ND-spezifisch identifiziert. Die Auftretenshäufigkeit von Substitutionen hingegen erwies sich in beiden Gruppen quantitativ als gleich hoch. Daraus ergibt sich die weitere Forschungsfrage, ob die Substitutionen sich qualitativ in beiden Gruppen unterscheiden und unterschiedliche Erklärungsansätze vorliegen könnten, oder Substitutionen generell durch eine erhöhte Aufgabenschwierigkeit (Neglect einerseits, verkürzte Darbietungszeiten andererseits für gesunde Leser) erklärbar ist. Dabei sind v.a. sprachliche und perzeptuelle Aspekte in den Substitutionen interessant, die in Kapitel 4 analysiert werden.

Abstract

In neglect dyslexia (ND), a spatially lateralized acquired reading disorder, letter substitutions occur frequently in patients' word reading. Although substitutions allow a direct target-response comparison, detailed comparative analyses of parameters in ND and controls are still missing. The present single word reading study investigated whether linguistic parameters (lexicity, syllable number, vowel-consonant-status, letter frequency) and a perceptual parameter (visual similarity) are preserved in substitution errors in a group with left-sided ND and a matched control group with experimentally adjusted error rates. The targets' linguistic parameters were preserved in responses in ND and controls. In contrast, ND and controls differed concerning the perceptual parameter: Visual similarity of target and response letters affected the rate of substitution errors in controls, but did not in ND. Thus, the typically observed high number of substitution errors in ND seems to reflect deficient perceptual processing, while successfully processed linguistic information of the targets might serve as resources for reading in ND.

Keywords: neglect dyslexia, single word reading, substitution errors, letter similarity

4.1 Introduction

Left-sided *neglect dyslexia* (ND) is a reading disorder primarily caused by lesions in the right hemisphere resulting in impaired processing of written material in the contralesional hemispace. It is characterized by an increased number of reading errors (see Vallar et al., 2010, for an overview). A predominant error type in ND single-word reading performance is substitution errors (e.g., Arduino et al., 2005; Arguin & Bub, 1997; Ellis et al., 1987; Kinsbourne & Warrington, 1962; Patterson & Wilson, 1990; Tegnér & Levander, 1993), whereby one or more letters in the target word are replaced by another letter in the response, while preserving word length (e.g., DRYER instead of FLYER). Another frequently occurring error type in ND is omissions, which have been thoroughly investigated in previous studies (e.g., Di Pellegrino et al., 2002; Làdavas, Umiltà et al., 1997; Ptak et al., 2012; Lee et al., 2009; Reinhart et al., 2011), and have been shown to be ND-specific (Weinzierl et al., 2012).

However, the interrelations between substitutions and ND are less well understood. Recent comparative group studies of ND have demonstrated that the proportion of substitutions is equally high in ND and control groups, when individual task difficulty is adjusted to achieve equal overall error rates among all participants (Weinzierl et al., 2012), suggesting that substitutions occur more frequently in general with increased reading difficulty. Nevertheless, further analyses of error characteristics and influencing factors could clarify the nature of substitutions in ND.

Previous analyses have focused on two concepts when explaining substitutions in ND: lexical and perceptual processing. Firstly, substitutions in ND's word reading have been associated with the preservation of lexical processing strategies, as demonstrated by the tendency for substitutions to maintain the target's word status (Arduino et al., 2002b; Arguin & Bub, 1997; Làdavas, Umiltà et al., 1997; Riddoch et al., 1990). Secondly, previous studies have proposed a perceptual integration mechanism for substitutions in ND. Increasing the spacing between letters as a perceptual

manipulation has been shown to reduce substitution rates in some ND cases (Martelli et al., 2011; Daini et al., 2013). A common methodology involved manipulating the linguistic and perceptual parameters of written targets (see, for example Arguin & Bub, 1997; Behrmann et al., 1990; see also Vallar et al., 2010 for an overview). Other studies investigating linguistic and perceptual characteristics have focused on comparing substitutions with their targets in different acquired written language disorders (Goldrick et al., 2010).

Such analyses have demonstrated the preservation of the target's lexicality in substitutions of patients with ND (Arduino et al., 2002b; Arguin & Bub, 1997). The authors conclude that these findings suggest a bias towards producing substitution word responses, based on the assumption that accurately encoding the identities of the target letters on the non-neglected, right side of a word, and partially encoding the target letters on the left side, would activate similar internal lexical representations (Arguin & Bub, 1997; Caramazza & Hillis, 1990a). This may facilitate preservation of lexicality and word length.

Another linguistic, yet sublexical, parameter, is the syllable number of the target (e.g. monosyllabic or disyllabic targets) which has mainly been investigated in terms of its effect on naming latencies in visual word recognition in both healthy readers (e.g., Chetail, 2014; Ferrand & New, 2003; Stenneken et al., 2007) and in ND (Stenneken et al., 2008). However, the preservation of the targets' syllable numbers in the erroneous substitution responses has not yet been studied in ND. Additionally, the sublexical parameters vowel-consonant (V-C) status and letter frequency have been investigated in other forms of acquired written language disorders, but not in ND to the best of our knowledge. Analysis of writing errors in several cases of acquired dysgraphia has demonstrated that the V-C status of target letters is preserved (Buchwald & Rapp, 2006; Caramazza & Miceli, 1990; Di Pietro et al., 2011; Rapp & Caramazza, 1997). This suggests that the V-C status may be preserved independently of the damaged internal representation of letter identities. Furthermore, letter frequency affects substitutions (Miozzo & De Bastiani, 2002). Infrequent letters are more error-prone, whereas frequent letters are preferred as substitution responses.

With regard to the perceptual characteristics of substitutions in relation to their targets, the concept of visual similarity between two letters (e.g. the high physical similarity between “F” and “E”) has been discussed at length (Zahabi & Arguin, 2014 for an overview). In ND, however, visual similarity has only been investigated as a factor influencing error rates (Arguin & Bub, 1997). This single-case study found that the substitution rates increased when the target had many higher-frequency orthographic neighbors that were visually highly similar to it. These findings were interpreted as indicating a deficit in the encoding of stimulus shape during reading.

However, comparative analyses of visual similarity between targets and responses are only available for acquired written language disorders other than ND. Substitution errors showed high visual similarity to target letters in a study of ten patients with pure alexia (Woollams et al., 2014). Additionally, in three single cases in acquired dysgraphia, visual similarity between targets and responses correlated with the error rate (Di Pietro et al., 2011; Rapp & Caramazza, 1997). However, a study of two patients with acquired visual dyslexia found no visual similarity between the substituted target and substituting response letters (Friedmann et al., 2012).

Based on the above findings the present study examined linguistic and perceptual factors contributing to substitution errors in groups with and without ND. With regard to linguistic parameters, the aim was to replicate the previously demonstrated preservation of lexicality of targets in substitutions of the present ND group. Furthermore, we investigated whether additional sublexical parameters, that have not yet been analyzed in ND are also preserved. Thus, the analyses included linguistic parameters of different levels of details: 'lexicality' (are word targets realized as word responses?), 'syllable number' (are mono-/disyllabic targets realized as mono-/disyllabic responses?), 'V-C status' (are vowels/consonants in the target substituted by vowels/consonants in the response respectively?) and 'letter frequency' (are letters in the target substituted by letters with a similar letter frequency in the response?). Analyses of perceptual parameters focused on 'visual similarity' (are letters in the target substituted by visually similar letters in the response?).

Unlike previous comparable studies, the present investigation is a ND group study which included a control group with normal reading performance. Direct comparison of the two groups was made possible by manipulating individual task difficulty for each participant (by adjusting target presentation durations) leading to equal high error rates for all participants. Here, agreement in linguistic and/or perceptual parameters can indicate preserved processing at the respective levels. In summary, our comparative analyses aim to identify whether linguistic, perceptual or both parameters affect substitution patterns in ND, in order to attribute these to unimpaired or deficient levels of word processing.

4.2 Method

The participants were German native speakers with normal or corrected-to-normal vision. One group comprised 18 patients (age $M = 58.28$ years; $SD = 9.08$) with right-hemispheric, predominantly temporo-parietal brain lesions and clinically manifest left-sided, visuo-spatial neglect. The inclusion criterion was impaired performance in two out of four established neglect tests (line bisection, clock face drawing, number cancellation and reading aloud a text). One could argue that the most up-to-date inclusion criterion for patients with neglect dyslexia would be the presence of left-sided reading errors in single-word reading. Though, we tried to avoid circular reasoning by using the experimental independent variable for diagnosis of ND. Therefore, we used text reading.

A group of eleven neurologically unimpaired control participants was matched to the neglect group in terms of age ($M = 59.36$ years; $SD = 7.93$) and total error rate. We achieved similar error rates (24%) for both groups, thereby ensuring matched task difficulty, by adjusting the presentation duration of the targets for each participant individually in a pre-test. These derived presentation times were used for the respective participant throughout the whole experiment. These participants were part of a larger written word naming study in which the total error rate and the rate of substitution errors produced did not differ between groups (see Table 1 in Chapter 3.3 above or Weinzierl et al., 2012 for detailed characteristics of ND patients and controls).

The experiments were conducted using the experimental design software PsyScope (Cohen et al., 1993) on a notebook in a quiet room. Each trial included a sequence comprising a fixation cross ("#") presented in the center of the screen for 1500 ms, followed by a 50 ms blank screen. Then, the target was presented for an individual presentation duration, followed by an inter-trial interval. Participants were tested individually and instructed to fixate on the cross and read the target aloud when it appeared.

The targets were 200 German 5-letter content words in uppercase (selected from the CELEX database, Baayen et al., 1993). These comprised 100 high-frequency and 100 low-frequency words, with an equal number of mono- and disyllabic words each. Further details on the procedure and target construction can be found in Stenneken et al. (2008), who used similar word material:

The resulting four sub-groups were matched for length of the (first) syllable (number of letters and phonemes), the uniqueness point (letter position when proceeding from left to right within the word, at which there is only one possible candidate in word identification), word class (all nouns, except for eight adjectives required for a balanced matching), the neighborhood density and the frequency of the highest frequency neighbor. (Stenneken et al., p. 174)

The total error rate and the rate of substitution errors produced did not differ between groups (see Chapter 3.3 above for detailed characteristics of error and substitution rate, or Weinzierl et al., 2012). A prior study with similar participants and word material (Stenneken et al., 2008) observed a syllable effect in the overall error rate. Disyllabic words produced slightly more reading errors than monosyllabic words, particularly among the control group, though not significantly among ND participants.

Similar results can be observed in the present study when the substitution errors are considered as the sole basis for analysis, as is the case in this study: Of all the stimuli that ultimately resulted in one or more substitution errors in either the control group or patients with neglect, 84

were monosyllabic (62 contained one vowel and 22 contained two vowels) and 91 were disyllabic (75 contained two vowels and 16 contained three vowels; see Table 2). Table 2 describes the stimuli that led to substitution errors in more detail.

Table 2

Vowel number and vowel positions of stimuli yielding one or more substitution errors (both groups)

84 monosyllabic stimuli				91 disyllabic stimuli			
1 vowel		2 vowels		2 vowels		3 vowels	
Vowel position	n	Vowel positions	n	Vowel positions	N	Vowel positions	n
1	1	1 & 3	1	1 & 4	7	2, 3 & 4	2
2	25	2 & 3	4	2 & 4	27	2, 3 & 5	14
3	35	3 & 4	15	2 & 5	36		
4	1	4 & 5	2	3 & 5	5		
Subtotal	62	Subtotal	22	Subtotal	75	Subtotal	16
(1 vowel)		(2 vowels)		(2 vowels)		(3 vowels)	

Note. The table summarizes stimuli that resulted in ≥ 1 substitution error in the control group and/or neglect patients (see Chapter 3.3 and Weinzierl et al., 2012). Vowel positions refer to letter positions within each stimulus (for example „1 & 3“= vowels on first and third letter positions).

Values for visual letter similarity are mostly derived empirically via visual discrimination tasks with neurologically unimpaired participants. These values are displayed in 26 x 26 letter confusion matrices for all possible letter combinations. We averaged letter similarity values from the following published confusion matrices: Gilmore et al. (1979), Loomis (1982), Townsend (1971), and Van der Heijden et al. (1984). This measure has been established in several studies (e.g. Arguin & Bub, 1997; Arguin et al., 2002; Fiset et al., 2006; Harris et al., 2013; Zahabi & Arguin, 2014). The higher the value for letter similarity, the more similar the two letters are. We investigated all letter combinations that occurred in our data (e.g., “N-R”, where the letter “N” in the target “WANZE” [bug] is substituted by “R” in the response “WARZE” [verruca] has a visual similarity value of 0.048).

4.3 Results

The present analysis focuses exclusively on substitution errors and considers linguistic parameters (lexicality, syllable number, V-C status, and letter frequency) as well as a perceptual parameter (visual similarity). It investigates the agreement between the target and substitution responses on these parameters in ND and control readers.

More precisely, to analyze, whether the target's linguistic properties were preserved in the reading responses, a mixed-design two-way ANOVA included "preservation of target parameters" (preserved or not preserved) as a within-subjects factor and "group" (ND or controls) as a between-subjects factor. Analyses of linguistic properties at the suprasegmental level (e.g., lexicality and syllable number) were based on the number of substitution responses at the whole-word level. This includes all responses with an identical word length to the stimulus, in which at least one of the target's letters was substituted with a different letter. In the aforementioned example, the target "WANZE" was substituted by the response "WARZE": At the whole-word level, lexicality and syllable number would be preserved.

In contrast, analyses of linguistic properties at the segmental level (V-C status and letter frequency) and the perceptual parameter (letter similarity) were based on single-letter substitution processes. That is, they were based on the number of target letters that were incorrect in the response. Consequently, this second, more fine-grained variant of the analysis could include multiple letter substitution processes in one response. In our example ("WANZE" leading to "WARZE"), only one letter is substituted for another letter in the response. The V-C status and letter frequency were also preserved since both "N" and "R" are consonants with a relatively high letter frequency in German. The letter similarity value for the bigram "NR" is 0.048, which is quite high (rank 601 of possible 650 different letter combinations).

There was no significant difference in overall error rates between groups for the number of responses with substitutions at the word level (ND: $M = 20.44$, $SD = 8.38$; controls: $M = 20.09$, $SD =$

5.28), $t(27) = .12$, $p = .90$, nor for the number of letter substitution processes within the responses (ND: $M = 37.78$, $SD = 16.01$, controls: $M = 41.45$, $SD = 14.11$), $t(27) = -.77$, $p = .54$. For details on overall error rates and other error types, such as omission errors, see chapter 3.4 above (or Weinzierl et al., 2012).

The lexicality parameter was equally preserved in the responses of the ND and control groups. Because all stimuli were words, lexicality preservation was defined as producing a word response (vs. a nonword response). In the ND group, participants preserved the target word status in more responses than they did not preserve it (preserved: $M = 15.28$, $SD = 7.44$; not preserved: $M = 5.17$, $SD = 3.37$; see Figure 7). The same pattern was observed in the control group (preserved: $M = 17.91$, $SD = 4.70$; not preserved: $M = 2.18$, $SD = 3.28$). A 2×2 (group $\times$ preservation of lexicality) ANOVA revealed a significant main effect of “preservation of lexicality”, $F(1, 27) = 84.76$, $p < .001$, $\eta^2 = .76$. There was no significant between-subjects effect, though there was a tendency for an interaction, $F(1, 27) = 4.00$, $p = .06$, $\eta^2 = .13$, where ND patients tend to produce more nonword responses than controls, $t(27) = -2.34$, $p = .03$.

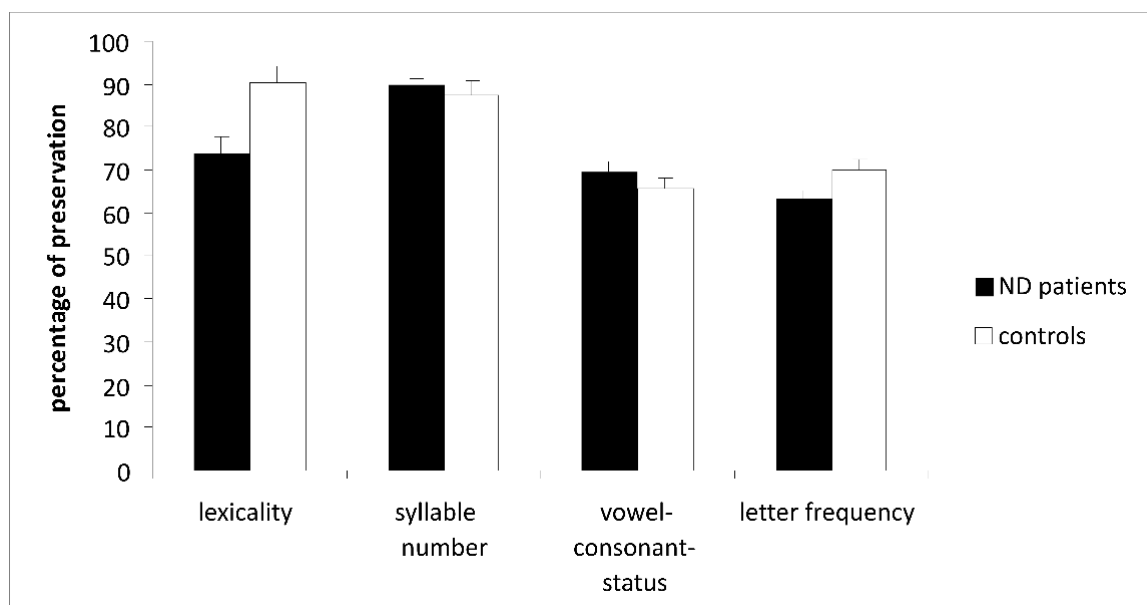
The parameter syllable number was also preserved in the responses of both ND and control readers in approximately 90% of their responses, i.e., monosyllabic targets led to monosyllabic responses and disyllabic targets led to disyllabic responses. ND patients showed a preservation of syllable number in more responses than they did not preserve it (preserved: $M = 18.50$, $SD = 8.10$; not preserved: $M = 1.94$, $SD = 1.43$). The same pattern was observed in controls (preserved: $M = 17.55$, $SD = 4.52$; not preserved: $M = 2.55$, $SD = 2.46$; see Figure 7). A 2×2 (group $\times$ preservation of syllable number) ANOVA again revealed a significant main effect of “preservation of syllable number”, $F(1, 27) = 134.93$, $p < .001$, $\eta^2 = .83$, but no interaction.

Analyses of the V-C status parameter also revealed comparable preservation in both groups of participants (Figure 7). For example, consonants in the target were realized as consonants in the same letter position in the response, and vowels were realized as vowels in the response

respectively. Most errors occur in consonants, since consonants occur more frequent than vowels in stimuli. ND patients mostly preserved the V-C status of letters (preserved: $M = 25.94$, $SD = 11.34$; not preserved: $M = 11.83$, $SD = 6.54$), as did controls in response letters (preserved $M = 26.55$, $SD = 7.35$; not preserved: $M = 14.91$, $SD = 8.08$). A 2×2 (group $\times$ preservation of V-C status) ANOVA of error rates revealed a significant main effect of “preservation of V-C status”, $F(1, 27) = 65.41$, $p < .001$, $\eta^2 = .71$). There was no between-subject effect or interaction.

Figure 7

Preservation of lexical and sublexical parameters in both groups



Note. The average rate (in %; ± 1 SEM) of preservation of the target's parameters in the respective substitution error responses of ND patients and controls for the parameters lexicality and syllable number (whole-word substitution), and V-C status and letter frequency (single-letter substitution processes).

The analyses of letter frequency classified the target into two frequency categories (high and low frequency) and considered a letter frequency to be preserved when substituting letters in responses

fell into the same frequency category as the substituted letters in the targets. The letter frequency measures were taken from previous analyses (Hofmann et al., 2007) and were based on the orthographic type frequency of occurrence in German, which is the number of words containing a specific letter. This frequency was derived from the CELEX lexical database (Baayen et al., 1993). Once again, letter frequencies are preserved in responses in both groups, and preservation of letter frequency was comparable in ND and controls (Figure 7). Patients with ND most often preserved letter frequency in letter substitution processes (preserved: $M = 24.33$, $SD = 11.45$; not preserved: $M = 13.44$, $SD = 5.75$). The control group also preserved letter frequency accordingly (preserved: $M = 29.18$, $SD = 11.20$; not preserved: $M = 12.27$, $SD = 4.61$). A 2×2 (group $\times$ preservation of letter frequency) ANOVA of error rates showed a significant main effect of “preservation of letter frequency”, $F(1, 27) = 63.52$, $p < .001$, $\eta^2 = .70$, and no interaction.

The perceptual parameter determined in this study was the visual similarity. Analyses of visual similarity were based on letter similarity values, comparing substituted target letters (for example “N”) in substitution errors to the substituting response letters (for example “R”; see method section in Chapter 4.2). Thus, we examined all target-response letter combinations in letter-pairs (e.g., “NR”) that occurred in our letter substitution errors. The number of possible letter-pairs in German (including umlauts) is $29 \times 29 = 841$. Since letter similarity values were taken from previous English studies (see the method section), we excluded German umlauts, which did not exceed 5% of the total sample. The confusion matrix in Appendix A displays the average frequency of occurrence for each target-response letter combination/letter-pair/error in our data. For example, the mean frequency of occurrence for the letter-pair “NR” was $M = 0.33$ in ND and $M = 1.00$ in the control group; therefore, “NR” occurred more frequently in controls than in ND. Although the ND group produced a larger total number of letter pairs (ND: $n = 270$ across 18 participants; controls: $n = 184$ across 11 participants), the groups did not differ in the mean number of occurred letter-pairs per participant (ND: $M = 33.72$, $SD = 13.68$; controls: $M = 36.36$, $SD = 10.20$), $t(27) = -0.55$, $p = .59$. This means that both groups generated the same relative number of letter-based substitutions.

We then analyzed the impact of the visual letter similarity on error rates in both groups. Since values for “visual similarity” between stimulus and response letter represent continuous measures, we performed correlation analyses. In accordance with previous comparable analyses (see Di Pietro et al., 2011), we correlated the similarity values between each target letter and its respective substituted letter with the mean frequency of occurrence of this specific combination of the substituted target letter and the substituting response letter for ND and control participants, respectively (see Appendix A). ND patients showed no significant correlation between error rate and visual similarity of a certain letter combination consisting of substituted and substituting letter, $r^2 = .08$, $p = .20$. In contrast, in controls, error rates showed a weak positive correlation with visual similarity, $r^2 = .16$, $p < .04$. Thus, the occurrence of single-letter substitutions in word reading is barely significantly affected by the visual similarity between the stimulus and response letters in the control group, but not in ND. In other words, the greater the number of substitutions made, the greater the visual similarity between the substituted letters in the control group. However, this is not the case in ND.

4.4 Discussion

The goal of the present study was to investigate substitution errors in word reading, by assessing target-response agreement in patients with neglect and unimpaired, matched controls. The total number of errors, the number of whole-word substitutions and the number of segmental letter substitution errors were comparable across groups. To move beyond error counts and further specify the level at which processing of visual word forms may be preserved or compromised, we examined a set of linguistic and perceptual parameters. Analyses of substitutions showed target-response agreement on linguistic parameters in both groups, indicating that linguistic properties of the targets were largely preserved in the responses. In contrast, target-response agreement on the perceptual dimension differed: in controls, error rates were related to visual similarity between targets and responses, whereas this association was not observed in ND.

In detail, substitutions reflected preserved lexical processing in both groups, with no between-group difference in lexicality preservation. This finding aligns with prior reports that ND patients who predominantly produce substitutions remain sensitive to target lexicality (Arduino et al., 2002b; Arguin & Bub, 1997; Làdavas, Umiltà et al., 1997). Although left-sided letter identification is typically impaired in ND, processing of right-sided letters may remain sufficient to activate lexical representations (Arguin & Bub, 1997; Caramazza & Hillis, 1990a;). In controls, lexicality-preserving substitutions likely reflect incomplete visual word-form processing, presumably induced by the brief target presentation durations used to equate overall error rates across groups. In ND, the pattern is consistent with impaired processing of letter identity alongside activation of internal lexical representations in the mental lexicon. This supports whole-word processing and preserves lexical processing in substitutions.

Furthermore, our results revealed that other parameters of sublexical processing, such as syllable number, V-C status and letter frequency, remained intact in substitutions for both participant groups. The decomposition of words into syllables and their serial processing (e.g. Ans et al., 1998; Ferrand & New, 2003) appears to be intact in both ND and control groups. Successful processing of the right side of the word in ND can suffice to determine the syllable number, as lexical processing activates internal lexical representations in the mental lexicon that have the same syllable number as the target. Besides, the recognition of syllable numbers in five-letter German words can help to determine the probable orthographic sequence of vowels and consonants. Finally, vowels and consonants are associated with letter frequency. Summarized, we found preserved linguistic parameters in both groups. For ND, we can conclude that linguistic information such as lexicality, syllable number, V-C status and letter frequency is processed and preserved independently of damaged internal orthographic representations of letter identities in substitutions. This is consistent with the assumption of discrete categories within the language system (q.v. Buchwald & Rapp, 2006).

Regarding the perceptual parameter, the control participants in the present study showed a correlation between the substitution error rate and the perceptual variable “letter similarity”,

whereas the ND patients did not. The more errors arise in the control group, the higher the similarity between the substituted and substituting letters. These findings resemble those of previous studies in which healthy controls exhibited higher error rates when target and flanker letters showed high visual similarity (Bernhard & Chung, 2011; Zahabi & Arguin, 2014), even though these findings rather relate to the phenomenon crowding. Our results are in line with Levi (2008), who proposed a two-stage model of visual feature processing in healthy readers: simple visual features are detected in the first stage, and then integrated and interpreted in the second. Accordingly, unimpaired perceptual processing of letter features in the first stage would activate mental representations of similar letters in the second. The greater the similarity between the target letter and the activated mental representations (see Arguin & Bub, 1997), the more likely it is that these similar features will be erroneously integrated in the second stage. The outcome would be an erroneous response similar to the target. However, if the target letter and the mental representation are not similar, erroneous integration of letter features is unlikely, and correct identification of the target letter in the response is more likely.

The absence of a correlation between substitution error rates and “letter similarity” in our patients with ND indicates a deficiency in perceptual processing in ND, which is consistent with previous studies. Martelli et al. (2011) proposed a perceptual mechanism for substitutions in ND that is independent of neglect, visuo-spatial deficits, and attentional deficits. Based on studies of normal readers (Bernhard & Chung, 2011; Zahabi & Arguin, 2014) we can hypothesize that substitutions in the present ND participants arise because the detection of single-letter features in the initial stage of visual feature processing (cf. Levi, 2008) may not function as it does in controls.

In ND, processing of single letters and their visual letter features may be insufficient, particularly on the left side, yet patients appear to process and use linguistic information for visual word recognition in substitutions. When perceptual cues from letter-feature processing are degraded or unavailable, responses seem to be constrained primarily by lexical and sublexical information. We propose that ND patients fill the “gaps” and compensate for poorly encoded or neglected left-sided

letter positions by selecting letters that are linguistically plausible within the emerging word representation.

To facilitate future between-group comparisons of visual similarity, responses could be categorized into two categories (visually similar letter vs. visually dissimilar letters substitutions), rather than relying on correlation analyses. Moreover, although heterogeneity within the ND group may limit the interpretability of group-level results, the present findings are coherent and consistent with the existing literature.

In sum, the present analyses indicate target-response agreement on linguistic parameters in both groups, whereas agreement on perceptual parameters was not observed in ND. Given that substitutions—alongside neglect-specific omissions—present a high frequent error type in ND (Weinzierl et al., 2012), fine-grained analyses of substitutions can provide further insight into underlying mechanisms of the disorder with implications for rehabilitation. Importantly, ND patients appear to retain linguistic resources and word recognition abilities that are broadly comparable to those of unimpaired readers, highlighting a potential target for future rehabilitation and intervention.

5 Korrelate von Fehlertypen bei Neglectdyslexie — Ein Scoping-Review

Überleitung. In Kapitel 3 wurden Auslassungen und linksseitige Fehler als neglect- bzw. neglectdyslexie-spezifisch identifiziert, während Substitutionen in ihrer Auftretenshäufigkeit mit der Kontrollgruppe vergleichbar waren. Kapitel 4 zeigte darüber hinaus, dass bei Substitutionen lexikalische und sublexikalische Parameter weitgehend erhalten blieben, während perzeptuelle Verarbeitungsprozesse im Vergleich zur Kontrollgruppe eingeschränkt waren. Damit erwiesen sich Auslassungen und Substitutionen aufgrund ihrer Häufigkeit und ihrer unterschiedlichen Charakteristika als zentrale Ansatzpunkte für die Definition und Spezifizierung der Neglectdyslexie. Daraus ergibt sich die weiterführende Frage, inwieweit diese Befunde über die untersuchten Stichproben hinaus Bestand haben und sich in der bestehenden Literatur replizieren lassen. Die internationale Literatur zu Fehlertypen bei Neglectdyslexie ist jedoch durch eine ausgeprägte Heterogenität geprägt, die nicht nur die berichteten Befunde, sondern auch die methodischen Rahmenbedingungen betrifft: Studien unterscheiden sich unter anderem hinsichtlich Einschluss- und Diagnostikkriterien, Stimulusmaterial, Präsentationsparametern, experimenteller Durchführung sowie der Operationalisierung und Kodierung von Fehlertypen. Dadurch können scheinbar übereinstimmende Schlussfolgerungen (z. B. eine Spezifität von Auslassungen) auf sehr unterschiedlichen methodischen Konstellationen beruhen, während umgekehrt methodische Variationen zu divergierenden Befundmustern beitragen können. Ein strukturiertes Review erscheint daher erforderlich, um die Befundlage systematisch zu ordnen, potenzielle methodische Einflussfaktoren sichtbar zu machen und die Robustheit sowie Generalisierbarkeit der Ergebnisse zu prüfen.

Abstract

Neglectdyslexie ist eine erworbene Lesestörung, die häufig in Zusammenhang mit visuell-räumlichem Neglect beschrieben wird und vor allem durch Substitutionen und Auslassungen von einzelnen Buchstaben auf der kontraläsionalen Seite gekennzeichnet ist. Neglectdyslexie wurde in empirischen Studien bisher allerdings mit sehr uneinheitlicher Methodik untersucht, was zu sehr heterogenen Ergebnissen bzgl. Auftretenshäufigkeit einzelner Fehlertypen und zu unterschiedlichen Definitionen führt und damit eine Vergleichbarkeit zwischen den Studien erschwert. Ziel dieses Reviews war es, Auslassungen und Substitutionen in der publizierten ND-Literatur systematisch zu analysieren, mit den Fehlertypen in Zusammenhang stehende Korrelate zu identifizieren, und zu prüfen, ob die Heterogenität der Studienbefunde ein intrinsisches Merkmal der Neglectdyslexie darstellt oder ob sich anhand der Korrelate relativ homogene Subgruppen identifizieren lassen. Für eine Vergleichbarkeit der stark variierenden Studienbefunde wurde für die Literaturanalyse eine einheitliche, wortlängenbasierte Definition der Fehlertypen zugrunde gelegt. Identifizierte Korrelate wurden in Subjekt- und Stimulusvariablen, Durchführungs- und Auswertungsvarianten unterschieden.

Die Ergebnisse sprechen für mindestens zwei Ausprägungsgruppen: Auslassungen wurden in einer großen, relativ homogenen Gruppe von Studien als dominanter Fehlertyp berichtet und traten insbesondere bei egozentrischer, linksseitiger Neglectdyslexie im Zusammenhang mit linksseitigem visuell-räumlichem Neglect und defizitärer Sakkadenperformanz nach rechtshemisphärischen Läsionen auf. Substitutionen dominierten hingegen vor allem in einer kleineren, heterogeneren Gruppe atypischer Einzelfälle (u.a. rechtsseitige oder wortzentrierte Neglectdyslexie, bilaterale Läsionen, nichtlateralisierte Fehlerpositionen) und zeigten weniger klare Bezüge zu Neglect. Für Forschung und Praxis ist es daher erforderlich, methodische Einflussfaktoren und mögliche Wechselwirkungen zwischen Korrelaten und Fehlertypen zu berücksichtigen, um Facetten bzw. Subtypen von Neglectdyslexie differenziert einzuordnen.

5.1 Theoretischer Hintergrund und Fragestellung

Eine Neglectdyslexie⁴, im Folgenden mit ND abgekürzt, ist eine erworbene lateralisierte Störung der Verarbeitung von schriftsprachlichem Material. Sie tritt sehr häufig im Zusammenhang mit unilateralem, visuo-räumlichem Neglect auf und assoziiert⁵ mit neglecttypischen Symptomen, kann aber auch ohne Neglect doppelt dissoziieren (Costello & Warrington, 1987; Cubelli et al., 1991; Nichelli et al., 1993) oder zu Neglect seitenverkehrt auftreten (Moore & Demeyere, 2023). Ein visuell-räumlicher Neglect ist eine Aufmerksamkeitsstörung, die mit einer Vernachlässigung von kontraläsionalen visuellen Reizen und Auslassungen einhergeht, während ND die visuelle Analyse von Buchstaben betrifft und differenziertere Fehlermuster zeigt. Das Leseverhalten bei linksseitiger ND nach rechtshemisphärischer Hirnschädigung, der am häufigsten auftretenden ND, ist durch eine erhöhte Auftretenshäufigkeit von Lesefehlern gekennzeichnet, wie z.B. einzelne Buchstabenauslassungen oder -substitutionen innerhalb von Wörtern vor allem am Wortanfang (Arduino et al., 2002b; Kinsbourne & Warrington, 1962), sowie durch linksseitige Auslassungen von Textelementen oder Wörtern (Ellis et al., 1987; Friedmann et al., 2011; Takeda & Sugishita, 1995). Gleichwohl werden auch rechtsseitige Lesefehler am Wortende bei rechtsseitiger ND berichtet (Moore & Demeyere, 2023). Neben unterschiedlichen ND-Ausprägungen werden in der ND-Literatur zudem mehrere experimentelle Bedingungen berichtet, die die Auftretenshäufigkeit einzelner Fehlertypen beeinflussen könnten. Entsprechend wird weiterhin diskutiert, ob ND lediglich ein Satellitensymptom des visuell-räumlichen Neglects ist oder als eigenständiges Störungsbild mit abweichenden Entstehungsmechanismen zu verstehen ist (Moore & Demeyere, 2017). Eine belastbare Beantwortung dieser Frage setzt eine weitergehende empirische Untersuchung sowie

⁴ Der Begriff *Neglectdyslexie* wird im Folgenden mit *ND* abgekürzt. In Überschriften, zu Beginn von Kapiteln sowie an inhaltlich hervorgehobenen Stellen wird der Begriff ausgeschrieben verwendet, um die Lesbarkeit und inhaltliche Klarheit zu wahren.

⁵ Der Begriff „assoziert“ wird im Folgenden bewusst verwendet, um deskriptive Zusammenhänge ohne kausale Implikationen prägnant zu benennen.

eine präzisere begriffliche und phänomenologische Einordnung von ND voraus, zu der die vorliegende Arbeit einen Beitrag leistet.

Die Relevanz der Untersuchung von Fehlertypen im Zusammenhang mit ND ergibt sich allein durch die Definition des Störungsbildes selbst. In jeder (der Autorin der vorliegenden Arbeit bekannten) Studie zu ND werden Fehlertypen im Rahmen der Definition von ND beschrieben: Einerseits Auslassungen beim Textlesen, aber andererseits vor allem Substitutionen und Auslassungen beim Wortlesen. Während beim Textlesen diverse Faktoren Einfluss haben können, wie z.B. sprachlicher Kontext, vorliegende Hemianopsie, Schweregrad des visuell-räumlichen Neglects, ermöglicht das isolierte Wortlesen eine gezieltere Analyse des Störungsbildes. Die zwei häufigsten segmentalen Fehlertypen auf Buchstabenebene — Substitutionen und Auslassungen von einzelnen Buchstaben beim Einzelwortlesen — scheinen daher weiterhin vielversprechende Ansätze zur weiteren und gezielteren Erforschung von ND zu bieten.

Fehlertypen beim Einzelwortlesen sind also zentral für das Verständnis der ND: Sie definieren das Störungsbild und bilden die Grundlage für eine zuverlässige Identifikation (Daini et al., 2021; Lee et al., 2009; Moore & Demeyere, 2017, 2018, 2020; Ptak, 2017; Reinhart, Schunck et al., 2016; Vallar et al., 2010). Umso erstaunlicher ist es, dass sie in Teilen der Literatur bisher gar nicht oder nur beiläufig untersucht werden. Häufig werden diese Fehlertypen als gegeben vorausgesetzt, anstatt systematisch in den Blick genommen zu werden. Selbst wenn sie berücksichtigt werden, geschieht dies oftmals entweder rein deskriptiv oder nur im Zusammenhang mit anderen Einzelaspekten der ND — zudem uneinheitlich in der Definition. Entsprechend präsentiert sich die Befundlage widersprüchlich und heterogen: Während einige Studien überwiegend Substitutionen berichten (Arduino et al., 2002b; Ellis et al., 1987; Moore et al., 2019), beschreiben andere vor allem Auslassungen (Làdavas, Umiltà et al., 1997; Lee et al., 2009; Primativo et al., 2015; Reinhart, Schunck et al., 2016; Savazzi et al., 2004), wobei die inkonsistente und variierende Definition der Fehlertypen zwischen den Studien die Vergleichbarkeit der Studien erheblich erschwert. Damit zeigt sich nicht nur ein Bedarf an begrifflicher Präzisierung, sondern auch an einer übergreifenden Klärung der zugrunde

liegenden Mechanismen — denn von diesen hängt letztlich ab, ob beim Lesen Substitutionen oder Auslassungen entstehen.

Für eine solche Klärung bieten sich neben Einzelfall- und Gruppenstudien insbesondere strukturierte Literaturanalysen an. Dabei sind wie in jeder empirischen Studie verschiedene experimentelle Bedingungen — hier Korrelate genannt — zu berücksichtigen, die die Ergebnisse beeinflussen können. Unter Korrelaten von Lesefehlern können Merkmale verstanden werden, die in systematischem Zusammenhang mit dem Auftreten bestimmter Fehlertypen wie Auslassungen und Substitutionen stehen. Dabei wird zunächst kein kausaler Einfluss unterstellt, sondern allgemein das gleichzeitige oder gehäufte Auftreten beschrieben, das Hinweise auf zugrunde liegende Mechanismen geben kann. Manche Korrelate können sich in der weiteren Analyse hingegen als Determinanten bzw. kausale Einflussfaktoren darstellen, die ganz konkret ursächlich für das Auftreten eines Fehlertyps sein können.

Bislang fehlt jedoch eine systematische Identifikation jener Korrelate, die über eine Vielzahl an Studien hinweg die Auftretenshäufigkeit spezifischer Fehlertypen der ND beeinflussen. Ohne eine integrative Synthese der bisherigen Ergebnisse besteht die Gefahr, dass diagnostische Kriterien unscharf bleiben und therapeutische Ansätze nicht hinreichend zielgerichtet sind. Für ein eingehenderes Verständnis von ND erscheint es notwendig, ein aktuelles und umfassendes Review zu ND zu verfassen, das die Fehlertypen nicht nur integriert, sondern erstmalig als Schwerpunkt betrachtet. Aus dem vorliegenden Forschungsdesiderat ergibt sich die Notwendigkeit eines Scoping-Reviews, also einer systematischen Literaturübersicht, die den Umfang, die Bandbreite und zentrale Konzepte des Forschungsfeldes erfasst und bestehende Forschungslücken aufzeigt, ohne dabei die Studienqualität im Detail zu bewerten. Damit wäre es möglich, entsprechende Korrelate zu identifizieren und zu analysieren, von denen die Auftretenshäufigkeit einzelner Fehlertypen abhängt. Zudem können die relativen Häufigkeiten und Mechanismen von Auslassungen und Substitutionen bestimmt, die Fehler-Klassifikation präzisiert, konsistente Muster über Studien hinweg herausgearbeitet und methodische Inkonsistenzen aufgezeigt werden. Dabei wird das übergreifende

Ziel verfolgt, sowohl theoretische Modelle als auch klinische Interventionen entscheidend voranzubringen.

Zwar liegen bereits mehrere Reviews zur Neglectdyslexie vor; diese fokussieren jedoch andere Fragestellungen und adressieren nicht systematisch die hier verfolgte Perspektive. Der spezifische Beitrag der vorliegenden Arbeit wird im Folgenden im Kontext der einzelnen Studien näher ausgeführt. Insgesamt wurden bisher nach dem Kenntnisstand der Autorin drei Reviews zu ND publiziert, die jeweils unterschiedliche Schwerpunkte untersuchten: Vallar et al. (2010), Sieroff (2017) und Moore & Demeyere (2017). Der kurze „update article“ Artikel von Sieroff (2017) ist weniger ein Review als eine Kurzzusammenfassung verschiedener Arten räumlicher Dyslexie. In den Grundannahmen zu ND wird hier nur unzureichend auf aktuelle Literatur zurückgegriffen, und die diskutierten Effekte werden nicht systematisch im Zusammenhang mit Fehlertypen betrachtet.

Moore und Demeyere haben in ihrem Reviewartikel 2017 (mit dem Schwerpunkt Assoziation und Dissoziation von ND und Neglect) nach einem theoretischen Modell bzw. einer Klassifikation von ND gesucht und diskutierten mehrere Modelle und Ansätze: Gemäß den Autorinnen kann ein unbestimmter, unilateraler, visuo-räumlicher Neglect nur eine teilweise Erklärung für manche ND-Ausprägungen liefern (nach Driver & Pouget, 2000). Währenddessen bleibt ungeklärt, warum in Einzelfallstudien vertikal präsentierte Wörter oder längere Nummernfolgen einwandfrei gelesen werden oder wie und warum sich ND auf der gegenüberliegenden Seite zu einem Neglect doppelt dissoziiert manifestieren kann. Moore und Demeyere (2017) implizieren, dass ND weniger eine domänenübergreifende Neglect-Beeinträchtigung, sondern ein inhalts- bzw. bereichsspezifisches kognitives Defizit sein könnte. Dieses inhaltspezifische Defizit sei v.a. eine eingeschränkte Zugänglichkeit auf das orthographische Lexikon bei nicht stammbildenden, peripheren Morphemen wie z.B. Vorsilben, während sich Wortstammbestandteile auf der vernachlässigten Seite als Vorteil erweisen würden. Von zehn als sehr heterogen beschriebenen Einzelfallstudien wurden die entsprechenden Fehlertypen tabellarisch dargestellt, aber nicht weiter analysiert oder im Zusammenhang mit Korrelaten diskutiert.

Vallar et al. (2010) haben in ihrem Review zu ND 45 Einzelfälle und zehn Gruppenstudien betrachtet, und dabei vor allem anatomische Korrelate (dabei insbesondere die Hemisphärenlateralisierung), die assoziative bzw. dissoziative Beziehung zwischen ND und Neglect und lexikalische Effekte einbezogen. Den AutorInnen zufolge beschäftigten sich viele Studien vor 2010 mit lexikalischen Effekten bei Neglectdyslexie. Dabei bestätigte sich als studienübergreifendes Ergebnis, dass Wörter besser als Nichtwörter verarbeitet werden können, und dass lexikalische und morphologische Effekte in den (falsch) gelesenen Antworten häufig erhalten sind (Vallar et al., 2010). Vallar et al. (2010) berichten in ihrem Review neben verschiedenen Definitionen von Fehlertypen auch, in welchen Studien vorrangig Substitutionen, Auslassungen oder beide Fehlertypen vergleichbar häufig generiert wurden, und nennen wenige, evtl. damit verknüpfte Korrelate. Schwere Aufmerksamkeitsstörungen scheinen demnach eher mit mehr Auslassungen und weniger Lexikalität einherzugehen, während leichtere Störungen eher mit erhaltenen lexikalischen Effekten und Substitutionen verknüpft zu sein scheinen. Lexikalische Effekte beschreiben den Einfluss gespeicherter Wortrepräsentationen im mentalen Lexikon auf die Wortverarbeitung (siehe auch Kapitel 2.1.1). Neben typischen Läsionslokalisationen von unilateralem visuo-räumlichem Neglect, die v.a. temporal und/oder parietal oder gar subkortikal lokalisiert sind (Karnath et al., 2004; Lee et al., 2009; Mort et al., 2003; Ptak et al., 2012, 2016; für einen Überblick siehe Dankert & Ferber, 2006; Karnath & Rorden, 2012; Kerkhoff, 2001), berichten Vallar et al. (2010) zusätzlich verschiedene Läsionslokationen speziell bei ND (Arduino et al., 2003; Làdavas, Umiltà et al., 1997), unter anderem den Gyrus fusiformis (Lee et al., 2009, Ptak et al., 2012). Auch wenn die Einbettung anatomischer Korrelate kein Schwerpunkt des vorliegenden Reviews sein soll, kann sie zum Verständnis von ND-Ausprägungen beitragen.

Insgesamt ist die Studienlage zu Lesefehlern bei Neglectdyslexie bislang begrenzt. Bis heute haben lediglich Vallar et al. (2010) in ihrem Review zu Neglectdyslexie-Fehlertypen erste, mit spezifischen Fehlertypen assoziierte Korrelate (wie z.B. lexikalische Effekte und Schweregrad) berichtet. Mögliche zugrunde liegende Mechanismen für die einzelnen Fehlertypen wurden bereits

vorgeschlagen, z.B. einen perzeptuellen Mechanismus auf früher Aufmerksamkeitsselektionsebene bei schwerer ND oder einen konzeptuell-lexikalischen auf später Verarbeitungsebene bei geringer ausgeprägter ND.

Seit Vallar et al. (2010) wurden mindestens 23 weitere Studien mit teils ganz neuen Sichtweisen, Herangehensweisen und Erkenntnissen publiziert, die in eine aktuelle systematische Literaturanalyse einbezogen werden müssten. Zur Einordnung der Befunde ist die Berücksichtigung von Publikationszeitpunkten sinnvoll, um zeitliche Entwicklungen, methodische Veränderungen und mögliche Forschungslücken sichtbar zu machen. Das übergeordnete Ziel des vorliegenden Reviews ist die Identifikation und Analyse von Korrelaten, von denen die Auftretenshäufigkeit von Lesefehlern und einzelnen Fehlertypen abhängt.

Diese Korrelate können bestimmte experimentelle Bedingungen sein und lassen sich vier Kategorien zuordnen: Subjektvariablen, wie z.B. Aspekte, die Studienteilnehmende personen- und krankheitsbedingt selbst mitbringen, Stimulusvariablen durch die Verwendung unterschiedlicher Stimuli bzw. Wörter, unterschiedliche Durchführungsvarianten und unterschiedliche Auswertungsvarianten. Diese Differenzierung dient im Folgenden als konzeptueller Rahmen.

Als unabhängige, unveränderliche Subjektvariablen bringen StudienteilnehmerInnen bzw. ND-PatientInnen neben Alter, Geschlecht und Muttersprache verschiedene Läsionslokalisationen (besonders die jeweiligen Hemisphären betreffend), weitere Störungsbilder wie visuell-räumlichen Neglect, Hemianopsie und/oder okulomotorische Defizite (Behrmann et al., 2002) oder Perseverationstendenzen (Ronchi et al., 2016) mit. Die Festlegung von Diagnose- und Einschlusskriterien durch die Untersuchenden kann in Abhängigkeit von den einbezogenen Subjektvariablen zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. Unterschiedlich betroffene Hemisphären und damit unterschiedlich lateralisierte ND zeigten in der Vergangenheit unterschiedliche ND-Ausprägungen (Vallar et al., 2010). Während linksseitige ND nach rechtshemisphärischer Schädigung sehr häufig vorkommt, sind Fälle von rechtsseitiger ND nach links- oder bilateraler Schädigung

seltener. Die rechtsseitige ND zeigt je nach Einzelfall eine unterschiedliche Ausprägung und unterscheidet sich allein schon durch die Leserichtung von der linksseitigen Form (Moore & Demeyere, 2019; Worrington, 1991). Bei einer lateralisierten Lesestörung wie ND ist die Leserichtung und die untersuchte Sprache determinierend für das Ausmaß der Störung. Eine Muttersprache (und damit Experimentalsprache) wie hebräisch oder japanisch, die vertikal von oben-nach-unten oder horizontal von rechts-nach-links gelesen werden kann, kann andere Ergebnisse liefern als eine Sprache, die horizontal von links-nach-rechts gelesen wird (Lee et al., 2002; Reznick & Friedmann, 2015; Takeda & Sugishita, 1995). Relevant erscheint bei den Subjektvariablen zudem der Schweregrad von ND und Neglect. Ebenso bedeutsam ist die Tatsache, ob ND bei einzelnen Betroffenen für sich alleine steht und dementsprechend gedeutet werden muss, oder als Teilsymptom von Neglect interpretiert werden kann (Moore et al., 2017, 2019).

Ebenso könnte die Anzahl von untersuchten Betroffenen unterschiedliche Ergebnisse liefern. In der Vergangenheit wurden viele Einzelfallstudien berichtet (wie z.B. Ellis et al., 1987; Friedmann & Nachmann-Katz, 2004; Riddoch et al., 1990), die einen guten Einblick in die Variabilität des Störungsbildes geben können und viel mehr Gestaltungsspielraum beim Testen unterschiedlicher Aspekte bieten. Einzelfallstudien erlauben eine detaillierte Analyse von Lesefehlern und Fehlertypen, bieten jedoch im Vergleich zu Gruppenstudien geringere externe Validität und eingeschränkere Generalisierungsmöglichkeiten als eine Gruppenstudie (wie z.B. Beschin et al., 2014; Haywood & Coltheart, 2000; Moore et al., 2020) und die Ergänzung mit einer Kontrollgruppe (Weinzierl et al., 2012). Folglich zeigen bisherige Studien eine große Heterogenität bzgl. Methodik und Ergebnisse und sind daher nur bedingt miteinander vergleichbar, und Erklärungen und Entstehungsmechanismen für bestimmte Ergebnisse scheinen insgesamt sehr vielfältig zu sein. In den letzten Jahren wurden vermehrt auch Gruppenstudien durchgeführt, deren Ergebnisse generalisierbarer, vergleichbarer, statistisch abgesicherter und kontrollierter bzgl. Variabilität sind und damit besser geeignet sind, überindividuelle kognitive Mechanismen zu identifizieren. Trotzdem bleibt die Befundlage insgesamt fragmentiert und uneinheitlich.

Nach den Subjektvariablen der ProbandInnen sind die Stimulusvariablen ein zweiter, sehr relevanter Faktor. Denn die Ausprägung von ND bzgl. Fehlerzahl und Fehlertypen hängt sehr stark von der Beschaffenheit und Charakteristik der jeweiligen Stimuli ab, z.B. ob Texte, Sätze oder einzelne Wörter präsentiert werden, aussprechbare Nichtwörter, Konsonantenfolgen, Zahlen oder Ziffernfolgen, und ob diese jeweiligen Stimulusarten womöglich zu untereinander dissoziierenden Ergebnissen führen. Das Wortlesen eignet sich für die Untersuchung der ND zudem besser als das Textlesen, da es eine präzisere und kontrollierbare Analyse spezifischer Fehlertypen erlaubt. Beim Textlesen überlagern sich zusätzliche Faktoren wie Satzkontext, semantische Vorhersagbarkeit, etwaige Gesichtsfeldstörungen, reiner visuell-räumlicher Neglect und Augenbewegungen, die die Identifikation ND-bedingter Fehler erschweren könnten. Das isolierte Wortlesen reduziert diese Störvariablen und bietet mehr Informationen über die Verteilung der Aufmerksamkeitsressourcen über den Stimulus und damit bessere Analysevoraussetzungen.

Einzelwortstimuli können variiert werden durch Lexikalität, Wortfrequenz, Wortlänge, Silbenzahl, Bekanntheit, Nachbarschaftseffekte, Aussprechbarkeit etc., die bei Gesunden unterschiedliche Ergebnisse liefern und jeweils in unterschiedlichem Ausmaß auch ND beeinflussen können (Lee et al., 2009; Vallar et al., 2010); morpho-lexikalische Effekte bei ND sind nur ein Beispiel dafür (Arduino et al., 2002b; Behrmann et al., 1990). Allerdings steht keine Stimulusvariable für sich allein und wirkt meist im Zusammenhang mit anderen Variablen. So mag z.B. ein kurzes Wort, das normalerweise auch bei ND schneller und besser gelesen werden kann als ein langes Wort, bzgl. Tempo und Fehleranfälligkeit dennoch Schwierigkeiten bereiten, wenn es gleichzeitig eine eher geringe Wortfrequenz und schwierigere Aussprache hat (wie z.B. „WULST“) oder einen frequenteren orthographischen Nachbarn. Orthographische Nachbarn sind Wörter gleicher Länge, die sich durch den Austausch eines einzelnen Buchstabens an derselben Position unterscheiden (z.B. „WURST“; Arduino et al., 2002b; Arguin & Bub, 1997; Haywood & Coltheart, 2001).

Neben Subjekt- und Stimulusvariablen können die Durchführungsvarianten eines Experimentes (z.B. Aufgabe, Darbietungszeit, räumliche Präsentation und Ausdehnung der Stimuli)

ebenso Auswirkung auf Fehlertypen haben: Das vorliegende Review bezieht sich auf die Benennungsaufgabe mit dem lauten Vorlesen der Stimuli. Mit anderen Paradigmen (z.B. eine lexikalische oder semantische Entscheidungsaufgabe) sind andere Forschungsfragen zu klären möglich, nicht aber die Analyse der Fehlertypen. Denn eine reine duale Entscheidungsaufgabe, die trotz ND meist gut bewältigt werden kann, erfordert deutlich weniger kognitive Ressourcen als das Vorlesen eines Wortes (Arduino et al., 2003; Làdavas, Umiltà et al., 1997). Des Weiteren gibt es unterschiedliche Berichte zu zeitlich begrenzter oder unbegrenzter Darbietungszeit (Arduino et al., 2006). Zusätzlich macht auch der Ort und die Art der Darbietung einen Unterschied: Es existieren viele Berichte über ND-PatientInnen, die vertikal, gedreht oder gespiegelt präsentierte Wörter anders verarbeiten und lesen können als horizontal präsentierte, oder anisometrisch oder auseinandergezogene anders als kanonisch präsentierte (Arduino et al., 2005; Behrmann et al., 1990; Haywood & Coltheart, 2000; Moore & Demeyere, 2023). Zudem kann die Präsentationslokation bzw. Blickposition im Gesichtsfeld eine Rolle spielen (Stenneken et al., 2008).

Die vierte Gruppe potenzieller Korrelate betrifft die unterschiedlichen Auswertungsvarianten von Lesefehlern auf quantitativer und qualitativer Ebene. Abhängig von der gewählten Vorgehensweise können sich sowohl die berichteten Häufigkeiten einzelner Fehlertypen als auch die Vergleichbarkeit der Studienergebnisse erheblich unterscheiden. Manche Studien zählten pro falsch gelesenes Wort jeweils nur einen Fehler (z.B. Weinzierl et al., 2012), andere mehrere Fehler pro Wort (Arcara et al., 2012; Moore et al., 2023; Ptak et al., 2012). Manche bestimmten nur Wortantworten (Ellis et al., 1987, Takeda & Sugishita, 1995), andere auch Nichtwortantworten (Arduino et al., 2005), und wieder andere werteten dies gar nicht aus (Lee et al., 2009). Einige Studien werteten sämtliche Lesefehler aus, andere beschränkten sich auf segmentale Fehler auf Buchstabenebene, während wiederum andere ausschließlich Neglectfehler nach der Definition von Ellis et al. (1987) erfassten (z.B. Reinhart, Schunck et al., 2016). Nach der Definition von Ellis et al. (1987) werden Neglectfehler anhand eines gedachten „Neglectpoints“ bestimmt, einer imaginären vertikalen Linie im Wort, links von der alle Buchstaben vollständig fehlerhaft sein müssen, während die rechte Wortseite korrekt

wiedergegeben wird. Fehler, die in der Wortmitte oder am rechten Rand auftreten, Lesefehler mit noch teilweise intakten Buchstaben auf der linken Seite sowie Nichtwortantworten werden nach diesem Kriterium nicht als Neglectfehler gezählt.

Eine weitere Variation der Fehlertypenbestimmung besteht in einer buchstabenbasierten Analyse, die die Identifikation von Fehlerkombinationen ermöglicht, wie etwa Mischfehlertypen vom Typ „Substitution/Auslassung“, bei denen innerhalb desselben Wortes ein Buchstabe ausgelassen und ein anderer substituiert wird. Moore & Demeyere (2023) berichteten z.B. 33,3% reine Substitutionen (auf Buchstabenebene), 14,3% reine Auslassungen und 28,6% den kombinierten Fehlertyp „Substitutionen/Auslassungen“. Mit einer anderen, häufigeren Fehlertypendefinition, die nur einen Fehlertyp pro Wort zulässt und den Fehlertyp anhand der Antwortlänge bestimmt, wären diese 28,6% aber eindeutig den Auslassungen zuzuordnen. Insgesamt wären es also 42,9% Auslassungen als vorrangiger Fehlertyp, während die AutorInnen ihre Interpretation vorrangig mit Substitutionen als vorrangigen Fehlertyp anführen. Es kommt für das berichtete Ergebnis also ausschlaggebend darauf an, wie die einzelnen Fehlertypen definiert und ausgewertet werden. Eine weitere, aufschlussreiche Auswertungsmethode könnte mit dem direkten Vergleich des Stimulus mit der Antwort (z.B. bzgl. Lexikalität, Wortlänge, Silbenzahl etc.) erreicht werden, wie es in Kapitel 4 oben bereits für ausschließlich Substitutionsfehler berichtet wurde.

Ziel dieser Studie ist es, im Rahmen eines Scoping-Reviews die in der Literatur berichteten segmentalen Fehlertypen der ND — insbesondere Substitutionen und Auslassungen als zentrale und zugleich häufigste Fehlerformen — systematisch zu erfassen und zu prüfen, ob sich die in Studie 1 beobachtete Dominanz von Auslassungen (Kapitel 3, Weinzierl et al., 2012) auch in der übrigen ND-Literatur zeigt. Auf Basis einer einheitlichen Fehlertypendefinition wird untersucht, unter welchen experimentellen Bedingungen bzw. in Verbindung mit welchen Korrelaten Auslassungen und Substitutionen berichtet werden und welche Mechanismen zur Erklärung herangezogen werden. Ein besonderer Fokus liegt dabei auf der Frage, inwieweit visuell-räumlicher Neglect mit Auslassungen zusammenhängt. Darüber hinaus wird geprüft, ob die Heterogenität der Befunde eher ein

intrinsisches Merkmal der ND darstellt, oder ob sich — wie einzelne Gruppenstudien nahelegen — relativ homogene Subgruppen der ND identifizieren lassen. Die systematische Erfassung von Fehlertypen, Korrelaten und Erklärungsansätzen soll perspektivisch die Grundlage für ein integriertes Modell der ND bilden.

5.2 Methode

Unter den genannten Zielvorgaben wurden für dieses Literatur-Review Studien in die Analyse eingeschlossen, die mit folgenden Suchstrategien, -methoden und Einschlusskriterien (bzgl. Studientypen, Studiendesign, Studienteilnehmende, Stimulusmaterial und Auswertung) gefunden wurden. Obwohl das Kapitel 5 der vorliegenden Arbeit kein systematisches Review im engeren Sinne ist, orientiert es sich methodisch an den PRISMA-Richtlinien (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses; Page et al., 2021).

5.2.1 Datenbanken und Suchoperatoren

Als Suchmethode zur Identifizierung von Studien wurde am 30.06.2024 eine digitale Recherche nach den folgenden Schlüsselwörtern und Suchbegriffen durchgeführt, wobei diese durch keine Jahresbeschränkung eingegrenzt war und sich idealerweise auf Einzelfall- oder Gruppenstudien in empirischen, wissenschaftlichen Zeitschriften bezog, was zur Eingrenzung aber nicht in jeder Datenbank zur Auswahl stand. In jedem Fall musste „Neglect Dyslexia“ in Titel, Abstract oder Keywords vorkommen.

Die Recherche fand in folgenden Datenbanken mit folgenden Suchoperatoren statt:

- sciencedirect.com (57 Ergebnisse, 30.06.2024): „neglect dyslexia“ in Titel, Abstract oder Keywords
- Cochrane library (3 Ergebnisse, 30.06.2024): „neglect dyslexia“ in Abstract, Titel, Keywords
- PubMed (91 Ergebnisse, 30.6.2024): "neglect dyslexia"[Titel/Abstract]

- Google scholar (154 Ergebnisse, 30.6.2024): „neglect dyslexia“ [allintitle] (davon einige Zitationen, Abstract paper, Buchkapitel und einige Vorläuferartikel von später reviewed publizierten Artikeln)

5.2.2 Einschlusskriterien und Studienauswahl

Eingeschlossen wurden Studien, die gleichzeitig alle folgenden Kriterien erfüllten:

- Alle Studien, die empirische Daten berichteten und in einer wissenschaftlichen Zeitschrift mit Peer-Review-Verfahren englischsprachig publiziert wurden.
- Alle Studien, die mindestens einen ND-Patienten/eine ND-Patientin nach einer Hirnschädigung infolge eines ischämischen oder hämorrhagischen cerebralen Ereignisses einschlossen. Obwohl Einzelfallstudien die genannten Forschungsfragen nur eingeschränkt beantworten können, wurden diese eingeschlossen, da sie einen Großteil der ND-Literatur bilden.
- Alle Studien, die die Lesestörung bei ND (und evtl. auch einen visuell-räumlichen Neglect) in einer klinischen Untersuchung oder mit mindestens einem gängigen neuropsychologischen Test diagnostizierten. (Obwohl es keine standardisierten Tests für die Diagnose von ND gibt, haben wir alle Studien einbezogen, die von lateralisierten Lesefehlern und ND berichten.)
- Alle Studien, die das Einzelwortlesen bei ND untersuchten.
- Alle Studien, die zumindest deskriptiv Fehlertypen wie Auslassungen und Substitutionen berichteten und zumindest im Text eine Aussage formulierten, welcher Fehlertyp am häufigsten vorlag (auch ohne statistische Analysen, wie z.B. „es wurden mehr Substitutionen als Auslassungen generiert“).

Es gab keine Einschränkung zum Publikationsdatum bis Juni 2024. Studien, die nicht den Einschlusskriterien entsprachen, wurden ausgeschlossen, zum Beispiel alle Artikel, die keine genauen Angaben zu Fehlertypen machten, oder nur Textlesen und kein Einzelwortlesen untersuchten. Literatur-Reviews wurden aus der Analyse ausgeschlossen, während die dort analysierten Studien ebenfalls berücksichtigt wurden, wenn sie die oben genannten Einschlusskriterien erfüllten. Daini et

al. (2025) publizierten eine sehr relevante Studie zu ND: Sie wurde zwar nicht mehr in die eigentliche Analyse aufgenommen, aber inhaltlich trotzdem in der Diskussion der Ergebnisse berücksichtigt.

Insgesamt wurden mit der in Abschnitt 5.2.1 beschriebenen Suchoperatoren 123 unterschiedliche Literaturangaben identifiziert. Diese wurden einzeln anhand vordefinierter Kriterien geprüft, um festzustellen, ob sie verschiedene Fehlertypen beim Lesen einzeln präsentierter Wörter bei ND berichteten. Von den insgesamt 123 Literaturangaben mussten 32 aussortiert werden, weil sie entweder nicht in Zeitschriften mit Peer-Review-Verfahren publiziert wurden, keine empirischen Daten enthielten oder Duplikate, Vorläuferpublikationen bzw. Preprints von später publizierten Artikeln waren, wie z.B. alleinige Abstracts, Dissertationen, Konferenzartikel, Buchkapitel ohne empirischen Teil, Reviews, oder rechengestützte Modelle. Weitere sechs Artikel mussten aussortiert werden, da sie keine Daten von ND-PatientInnen enthielten, sondern z.B. nur Personen mit Aphasie, Entwicklungs-ND oder nur Gesunde untersuchten (siehe z.B. Gurd et al., 2023).

Von den übrigen 85 noch in Frage kommenden ND-Studien insgesamt wertete eine Studie Lesefehlertypen nur auf Satz- bzw. Phrasenebene und nicht auf Buchstabenebene aus (Rossetto et al., 2022). 31 Artikel enthielten zwar Studien zum Lesen bei ND, es erfolgte aber keine Fehlertypenauswertung nach segmentalen Fehlern (Substitutionen, Auslassungen, etc.); zehn Studien davon untersuchten zudem kein Einzelwortlesen (sondern nur Text-, Satz- oder Zahlenlesen).

Von den insgesamt 123 Literaturangaben bzw. 85 Artikeln über ND (mit Peer-Review-Verfahren) wurden schließlich 53 relevante Artikel identifiziert. Die Studien mussten den Kriterien entsprechend empirisch die nach einer Hirnschädigung erworbene ND beim Einzelwortlesen untersuchen und explizit eine Auswertung nach den verschiedenen Fehlertypen (wie Substitutionen und Auslassungen) anbieten, also zumindest im Text angeben, dass z.B. die Stimuluslänge vorrangig erhalten war (was in der vorliegenden Arbeit einer Substitution entspricht) oder z.B. vorrangig verkürzte Antworten durch Auslassungen vorlagen. Allerdings gab es auch hier eine große Varianz zwischen nur deskriptiv im Text beschriebenen Mengen (z.B. "mehr Substitutionen als

Auslassungen“) und komplexen Auswertungen auf mehreren Ebenen (mit mehreren, teils unterschiedlichen Ergebnissen pro Studie oder pro ProbandIn).

5.2.3 Datenextraktionsstrategie

Alle 53 identifizierten Studien wurden einer systematischen Volltextanalyse unterzogen. Dabei wurde erfasst, welcher Anteil der berichteten Lesefehler auf Auslassungen bzw. Substitutionen entfiel und welche in den jeweiligen Studien beschriebenen experimentellen Bedingungen bzw. Korrelaten mit der Auftretenshäufigkeit dieser beiden Fehlertypen in Zusammenhang standen oder diese Häufigkeit direkt beeinflussten. Zur Strukturierung der Analyse wurden die identifizierten Variablen vier Kategorien zugeordnet: (1) Subjektvariablen, d. h. personen- und krankheitsbezogene Merkmale der Studienteilnehmenden, (2) Stimulusvariablen, die sich aus Eigenschaften der verwendeten Wörter bzw. Stimuli ergeben, (3) Durchführungsvarianten der Experimente sowie (4) Auswertungsvarianten der fehlerhaften Leseantworten. Diese vierstufige Systematik diente im vorliegenden Review als Kodierschema für die Analyse. Jede aus den Studien extrahierte Variable — mit Ausnahme der gesondert dargestellten Publikationszeitpunkte — wurde einer der vier Kategorien zugeordnet. Da einzelne Variablen theoretisch mehreren Kategorien hätten zugeordnet werden können, erfolgte die Einteilung konzeptionell geleitet. Zur Sicherstellung analytischer Konsistenz und Vergleichbarkeit wurde dabei jeweils eine eindeutige Zuordnung vorgenommen.

Die erste Gruppe beschreibt die Subjektvariablen: (durchschnittliches) Alter der ProbandInnen, Lateralisation und Lokalisation der Hirnläsion, jeweilige Lateralisation von ND und Neglect, Dissoziationen zwischen ND und Neglect, explizite Korrelation von ND und Neglect, Schwere von ND und Neglect, vorhandene Hemianopsie/Gesichtsfelddefekte, okulomotorische Defizite und Sakkadenperformanz, Perseverationstendenzen, Muttersprache (die gleichzeitig die Orthographie der Stimuli, Graphem-Phonem-Korrespondenzen und die Leserichtung festlegt), die Anzahl von untersuchten Betroffenen in Einzelfall- oder Gruppenstudien, der Vergleich mit einer Kontrollgruppe, Personenanzahl mit ND, Personenanzahl mit ND ohne Neglect, Anzahl der Kontrollpersonen. Obwohl

sprachspezifische Orthographieigenschaften auch als Stimulusvariablen konzeptualisiert werden könnten, wurde die Muttersprache in der vorliegenden Systematik als subjektbezogene Variable operationalisiert. Auch die Art und Anzahl der berichteten ProbandInnen wurden als subjektbezogene Variablen operationalisiert, wenngleich das Studiendesign (Einzelfall- vs. Gruppenstudie, Einbezug einer Kontrollgruppe) alternativ als Durchführungsvariante konzeptualisiert werden kann. Die Zuordnung einzelner Variablen zu den vier Kategorien erfolgte somit nicht ausschließlich entlang formaler Kriterien, sondern unter inhaltlich-analytischen Gesichtspunkten und diente der konsistenten Strukturierung der Befunde.

Nach den Subjektvariablen der ProbandInnen sind die Stimulusvariablen, also die Beschaffenheit und Charakteristik der jeweiligen Stimuli, ein zweiter, sehr relevanter Faktor. Untersucht wurden im Rahmen des Reviews Wortlänge, Lexikalität, Wortfrequenz, grammatische Klasse, Silbenzahl, Bekanntheit, Wortkonkretheit, orthographische Nachbarschaftseffekte, Aussprechbarkeit, morpho-lexikalische Effekte wie Komposita oder Verwendung von Affixen, Einschlusskriterien für die Diagnose Neglectdyslexie (Art der Neglectdyslexie-Testung und verwendete Neglecttests), Verwendung von Zahlen, Nichtwörtern oder nichtsprachlichem Material.

Die dritte Kategorie von Korrelaten, die Durchführungsvarianten eines Experimentes sind z.B. zeitlich begrenzte oder unbegrenzte Darbietungszeit, Position der Stimulusdarbietung im Gesichtsfeld, variierende Blickposition, Art der Stimuluspräsentation (kanonisch, auseinandergezogen bzw. größerem Abstand zwischen den Buchstaben, anisometrisch verzerrt, komprimiert, horizontal, vertikal, gespiegelt, gedreht) und damit Unterscheidung von mehreren Repräsentationsebenen von ND (egozentriert, stimuluszentriert, wortzentriert) und Crowding, Wirkung von optokinetischer Stimulation und Prismenadaptation auf Neglectdyslexie.

Die vierte Gruppe potenzieller Korrelate betrifft die unterschiedlichen Auswertungsvarianten von Lesefehlern: Anzahl und Prozentanteil aller Lesefehler, Anzahl und Prozentanteil segmentale Fehler auf Buchstabenebene, Anzahl und Prozentanteil Neglectfehler mit Neglectpoint von allen Fehlern (nach der Definition von Ellis et al.; 1987), buchstabenbasierte Analyse, Art der

Fehlerauswertung (ein Fehler pro Wort versus mehrere pro Wort), Anzahl und Prozentanteil des Fehlertyps Substitutionen, Anzahl und Prozentanteil des Fehlertyps Auslassungen, Anzahl und Prozentanteil des Fehlertyps Additionen, vergleichbarer Anteil von Substitutionen und Auslassungen, Vorhandensein von Additionen, in der Antwort erhaltene Stimuluscharakteristika (Wortlänge, Lexikalität, Wortfrequenz, visuelle Ähnlichkeit), Fehlerpositionen/Verteilungsmuster von Fehlern über das Wort.

Zusätzlich zu den einzelnen Korrelaten wurden zudem einige wichtige, bereits in der Literatur beschriebene Interaktionen bzw. Assoziationen zwischen einzelnen Korrelaten und bestimmten Fehlertypen bereits zusammen erfasst (z.B. „mehr Auslassungen in längeren Wörtern als in kürzeren“, „Zusammenhang zwischen Lexikalität und Substitutionen bei ND“, „weniger Fehler/Auslassungen bei vertikaler Präsentation“ etc.). Die Auswertung erfolgte rein deskriptiv über eine ausführliche tabellarische Darstellung und Berechnung von Summen oder Mittelwerten (soweit die Daten dies zuließen). Tabelle 3 stellt nur einen Ausschnitt mit den wichtigsten untersuchten Korrelaten dar.

Neben der vierstufigen Systematik als Kodierschema wurde als Schlüssel zur besseren Vergleichbarkeit der sehr heterogenen Studien eine einheitliche Fehlertypendefinition über alle analysierten Studien hinweg implementiert, da die Vergleichbarkeit und systematische Auswertung der Studien wesentlich von einer konsistenten Definitionsgrundlage abhängen. In diesem Review wird daher eine Antwort dann als Wort-Substitution bezeichnet, wenn die Stimuluslänge in der Antwort erhalten bleibt, d.h. die Buchstabenanzahl zwischen Stimulus und Antwort gleichbleibt (Substitution = erhaltene Wortlänge). Eine Auslassung wäre demnach eine entsprechend kürzere Antwort im Vergleich zum Stimulus (Auslassung = verkürzte Wortlänge), eine Addition eine entsprechend längere Antwort (im Vergleich zum Stimulus).

Da einige Studien abweichende Fehlertypendefinitionen verwendeten, wurden diese soweit möglich an das einheitliche Schema angepasst. So kann es vorkommen, dass AutorInnen einen bestimmten Fehler selbst den Substitutionen oder einem Mischfehlertyp „Substitution/Auslassung“

(z.B. Moore & Demeyere, 2023) zuordneten, während er nach der hier verwendeten Auswertung als eine Auslassung kodiert wird, wenn der vorgelesene Fehler kürzer als der Stimulus ist (wie in 5.1 bereits exemplarisch beschrieben). Transpositionen oder Migrationen, das „Wandern“ von Buchstaben/Phonemen in einem Wort an eine andere Stelle (Heidler, 2012), wurden in der Literatur kaum separat erwähnt, zählen meist zu den Substitutionen, und werden daher auch hier nicht separat ausgewertet.

5.3 Ergebnisse

5.3.1 Allgemeine Studiencharakteristika

Zur Einordnung der Befunde wurden zunächst die Publikationszeitpunkte berücksichtigt. Insgesamt waren die Publikationszeitpunkte der Studien über die Jahrzehnte recht gleichmäßig verteilt: Zwei Studien waren aus dem Jahre 1987, 13 Studien wurden zwischen 1990 und 1999 publiziert, 16 zwischen 2000 und 2009, 19 zwischen 2010 und 2019, und 3 von 2020 bis Juni 2024. Von den insgesamt 16 Gruppenstudien wurden 14 in den letzten 20 Jahren (seit 2004) publiziert. Für einzelne Fehlertypen wie Substitutionen oder Auslassungen ergab sich kein Zusammenhang mit dem Publikationszeitpunkt. Die relativ gleichmäßige Verteilung der Publikationszeitpunkte über die Jahrzehnte hinweg deutet zwar auf ein anhaltendes und leicht zunehmendes Forschungsinteresse hin, zugleich aber auch darauf, dass keine klare Verdichtung der Forschung oder systematische Klärung zentraler Fragen erfolgt ist.

In den folgenden Abschnitten werden die allgemeine Fehlerhäufigkeit sowie die beiden dominierenden segmentalen Fehlertypen Substitutionen und Auslassungen systematisch daraufhin analysiert, mit welchen Befunden, experimentellen Bedingungen und Korrelaten sie in der Literatur in Zusammenhang stehen. Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt entlang der zuvor eingeführten vier Kategorien: (1) Subjektvariablen, (2) Stimulusvariablen, (3) Durchführungsvarianten und (4) Auswertungsvarianten.

5.3.2 Fehlertypen in Abhängigkeit von Subjektvariablen

Bei den Subjektvariablen wurden zunächst Sprache und Leserichtung analysiert, inwieweit sie die Gesamtfehlerzahl und die beiden dominanten Fehlertypen beeinflussen. Die Mehrheit der Studien ($n = 27$) wurde mit italienischsprachigen ND-PatientInnen unter Verwendung italienischer Stimuli durchgeführt (z.B. Daini et al., 2021; Martelli et al., 2011), die aufgrund der Sprache selbst eine hohe Graphem-Phonem-Korrespondenz aufweisen (Schüppert et al., 2017). Diese italienischen Studien berichteten überwiegend Auslassungen ($n = 19$), seltener Substitutionen ($n = 5$) oder vergleichbare Anzahlen beider Fehlertypen ($n = 3$). Neun der italienischen Studien waren Gruppenstudien, der Rest italienische Einzelstudien mit einem oder mehreren berichteten Einzelfällen pro Studie. Im Gegensatz zum Italienischen weist die englische Sprache eine eher niedrige Graphem-Phonem-Korrespondenz auf (Schüppert et al., 2017). Studien mit englischsprachigen PatientInnen waren seltener ($n = 13$) und zeigten überwiegend Substitutionen ($n = 6$) oder ähnlich viele Substitutionen wie Auslassungen ($n = 3$), während reine Auslassungen nur halb so häufig vorkamen ($n = 3$). Eine Ausnahme stellte die Studie von Costello & Warrington (1987) dar, die Substitutionen und Additionen in ähnlicher Häufigkeit berichtete. Mit Ausnahme von Behrmann et al. (2002), die fünf Einzelfälle untersuchten, handelte es sich bei allen englischen Studien um Einzelfallberichte. Neben italienischen und englischen Studien wurden vier deutschsprachige, drei französischsprachige, zwei koreanischsprachige (Lee et al., 2002, 2009) und jeweils eine japanisch- (Takeda & Sugishita, 1995), hebräisch- (Reznick & Friedmann, 2015), schwedisch- (Tegnér & Levander, 1993) und chinesisch-sprachige Studie (Yi et al., 2014) nach oben genannten Kriterien inkludiert. Die japanische Studie zeigte eine Besonderheit bei linksseitiger ND mit vorrangig Auslassungen: Beim Lesen von Kana, einer japanischen Silbenschrift, traten weniger Fehler auf, wenn von rechts nach links gelesen wurde, als beim Lesen in Leserichtung von links nach rechts (Takeda & Sugishita, 1995). Insgesamt stammte also ein Großteil der untersuchten Studien aus dem italienischen Sprachraum, wobei dort überwiegend Auslassungen von Buchstaben berichtet werden, während englische Studien ausschließlich Einzelfallstudien waren und eher zu Substitutionen tendierten (siehe auch Tabelle 3).

Tabelle 3*Kennwerte der qualitativen Analysen im Rahmen des Scoping-Reviews*

Studie	Jahr	Stich- probe	N ND- Pat.	Sprache	Latera- lität Läsion	Subjekt- variablen	% Fehler gesamt	häufig- ster Fehler- typ	%S	%O	Stimu- lus- effekte	Modu- lationen von ND
Arcara et al.	2012	G	30	ital	RhL/LN D		29	O		71,8	Kx	
Arduino et al.	2005	EF	1	ital	andere RhL/LN D	ØN, Diss, HA	69	S	85	15		Dim
Arduino et al.	2002b	mEF	6	ital	RhL/LN D		19,5	OS			Lx Lx, NWA	
Arguin & Bub Behrmann et al.	1997	EF	1	engl	RhL/LN D	HA	15,6	O	44	57,7		Dim
Behrmann et al.	1990	mEF	2	engl	RhL/LN D	HA	29,8	S	60		Lx, Lä,	Dim, Cr
	2002	G, KG	5	engl	RhL/LN D	Diss, HA, Sakk		O			Lä,	
Berti et al.	1994	EF	1	ital	RhL/LN D			O	6,2	70,4		
Beschin et al. Cantoni & Piccirilli	2000	EF	1	ital	andere RhL/LN D	Diss, HA	88,4	O	23	77	Lä,	Dim
Costello & Warrington	1997	EF	1	ital	RhL/LN D	Diss	10	S	70	30	Lx	
Cubelli & Beschin	1987	EF	1	engl	andere RhL/LN D	Diss, HA	33,3	AS	46	8	Kx	
	2005	mEF	6	ital	RhL/LN D		31	O		85	Lx, Kx	
Daini et al.	2013	mEF mEF, KG	2	ital	RhL/LN D	Sakk	47,7	O	0	94,1		OKS
Daini et al. Di Pellegrino et al.	2021	KG	3	ital	RhL/LN D		10,5	S	88		NWA	Cr
	2002	EF	1	ital	RhL/LN D	HA, Sakk	68	O	15	84	Lx, Lä, NWA	
Ellis et al.	1987	EF	1	engl	RhL/LN D	HA	15	S				
Farnè et al. Haywood & Coltheart	2002	mEF	6	ital	RhL/LN D	HA ØN, Diss, HA	55	O				Pr
	2001	EF	1	engl	andere RhL/LN D			S			Lx Lx, Lä, NWA	
Làdavas Làdavas, Umiltà et al.	1999	EF	1	ital	RhL/LN D		53	O				
Làdavas, Shallice et al.	1997	G, KG mEF, KG	9	ital	RhL/LN D		67,9	O	9	91	Lx Lä, NWA	
	1997	KG	4	ital	RhL/LN D		83,5	O				
Lee et al.	2002	EF	1	korea	RhL/LN D		59	O		79	Lä,	Dim
Lee et al. Manfredini et al.	2009	G, KG	31	korea	RhL/LN D	ØN, Diss, HA	62,4	O				
	2013	G, KG	14	ital	RhL/LN D		37	O	12	88		Cr
Marelli et al.	2013	G	7	ital	RhL/LN D	HA	31,5	OS			Kx Lx, NWA	
Martelli et al. Miceli & Capasso	2011	mEF	6	ital	RhL/LN D			O				Cr
Moore & Demeyere	2001	EF	1	ital	RhL/LN D	HA		S			Lx	Dim
Moore & Demeyere	2019	EF	1	engl	andere	ØN, Diss	17	S			Lx, Lä,	Dim
Moore & Demeyere	2020	EF	1	engl	andere	Diss	30	OS	52	47		Dim
Demeyere	2023	EF	1	engl	andere	Diss	30	O	33,3	42,9	Lä	Dim
Priftis et al. Primativo et al.	2013	EF	1	ital	andere RhL/LN D		47	O		81		
Primativo et al.	2013	G, KG mEF, KG	6	ital	RhL/LN D	Sakk	14,5	O		84	NWA	
	2015	KG	4	ital	RhL/LN D	Sakk	79	O				

Ptak	2017	EF	1	franz	RhL/LN D	ØN, Diss, HA	90	O	8,3	32,5	Lä	
Ptak et al.	2012	G, KG	19	franz	RhL/LN D	HA	25,6	O	8,9	80		
Ptak et al.	2016	EF	1	franz	andere RhL/LN	ØN, Diss, HA	28,9	S	45	23	Lx, Lä	Dim
Reinhart et al.	2013	G	17	deuts	D	Diss	8,8	OS				
Reinhart, Schunck, et al.	2016	G	12	deuts	RhL/LN D		19,8	O	31	67,4	Lx/Kx, Lä	
Reznick & Friedmann	2015	mEF	7	hebr	RhL/LN D, andere RhL/LN	ØN, Diss, HA	26	OS				
Ronchi et al.	2016	G, KG	27	ital	D		26,19	OS			Kx Lx, NWA, Kx	
Rusconi et al.	2004	G, KG	13	ital	RhL/LN D	ØN, Diss	36	O	22	61		
Savazzi	2003	EF	1	ital	RhL/LN D		46	O	42	55	Lä,	
Savazzi et al.	2004	G, KG	17	ital	RhL/LN D	HA	42	O		100		Dim, Cr
Semenza et al.	2011	G	18	ital	RhL/LN D		15,1	S			Kx	
Siakaluk & Buchanan	2001	EF	1	engl	andere RhL/LN		33	S	46		Lx	
Stenneken et al.	2008	G, KG	16	deuts	D		24	OS	46	42		
Takeda & Sugishita	1995	mEF	7	japan	RhL/LN D	HA		O	5	95	Lä,	
Tegnér & Levander	1993	mEF	2	schwe	RhL/LN D	HA		S	50,5	35	Kx Lx, Lä, NWA	
Vallar et al.	1996	EF	1	ital	RhL/LN D	HA		O	7	93		
Warrington	1991	EF	1	engl	andere RhL/LN	ØN, Diss	52	OS			Lä	Dim
Weinzierl et al.	2012	G, KG	18	deuts	D		24	OS	48	40		
Worthington	1996	EF	1	engl	RhL/LN D		16	S			Lx	
Yi et al.	2014	EF	1	chin	andere RhL/LN	ØN, Diss, HA	38,9	S	66,1	23		
Young et al.	1991	EF	1	engl	D	HA		OS				Dim

Anmerkungen: Stichprobe: G Gruppenstudie, EF Einzelfallstudie, mEF mehrere Einzelfallstudien

N ND-Pat.: Anzahl der untersuchten ND-PatientInnen, Sprache: ital italienisch, engl englisch, korea

koreanisch/ Hangul, franz französisch, deuts deutsch, hebr hebräisch, japan japanisch, schwe

schwedisch, chin chinesisch

Lateralität Läsion: RhL/LN rechtshemisphärische Läsion bei gleichzeitigem linksseitigem Neglect/ND,

andere: linkshemisphärische Läsion bei gleichzeitigem rechtsseitigem Neglect, oder

linkshemisphärische Läsion bei linksseitigem/ipsiläsionalem Neglect/ND, oder bilaterale Hirnläsion

bei linksseitigem Neglect/ND, oder rechtsseitige Läsion bei linksseitigem Neglect und gleichzeitig

rechtsseitiger ND, oder bilaterale Läsionen bei rechtsseitigem Neglect/ND und gleichzeitigem

repräsentationalem Neglect links

Subjektvariablen: ØN kein Neglect vorhanden, Diss Dissoziation zwischen Neglect und ND, HA

Hemianopsie/teilweiser Gesichtsfelddefekt, Sakk eingeschränkte Sakkadenperformanz

% Fehler gesamt: Anteil der Gesamtfehlerzahl in % (wenn möglich nur von gelesenen Wörtern),

häufigster Fehlertyp: O Auslassung, S Substitution, A Addition, %S prozentualer Anteil des Fehlertyps

Substitution, %O prozentualer Anteil des Fehlertyps Auslassung

Stimuluseffekte: Kx sprachliche Kontexteffekte, Lx Lexikalitätseffekt (Wörter werden besser gelesen

als Nichtwörter), NWA Nichtwortantworten mit Auslassungen assoziiert, Längeneffekt (kürzere

Wörter besser gelesen als längere)

Modulationen von ND: Dim Effekt durch dimensionale Präsentation (horizontales, vertikales,

gespiegeltes Lesen), Cr Crowding-Effekt, OKS Effekt durch optokinetische Stimulation, Pr Effekt durch

Prismenadaptation

Des Weiteren wurde die Stichprobenanzahl erhoben: Von 53 Studien waren insgesamt 16 Gruppenstudien (zwischen fünf bis 31 Teilnehmende), davon zehn mit vorrangig Auslassungen, eine mit etwas mehr Substitutionen (Semenza et al., 2011) und fünf mit etwa gleich vielen Substitutionen und Auslassungen. Insgesamt 25 waren reine Einzelfallstudien, davon zehn mit vorrangig Substitutionen und elf mit vorrangig Auslassungen. Weitere zwölf Studien schlossen mehrere Einzelfälle (zwischen zwei und sieben ProbandInnen) in ihre Untersuchung ein, davon sieben mit vorrangig Auslassungen und drei mit vorrangig Substitutionen. Allerdings wurden in insgesamt 29 Studien je nach untersuchter Person bzw. experimenteller Bedingung unterschiedliche Häufigkeiten von Fehlertypen berichtet, was eine eindeutige Bestimmung des häufigsten Fehlertyps erschwert. So ergaben sich z.B. bei Arduino et al. (2002b), einer Studie mit mehreren Einzelfällen, teils vorrangig Auslassungen, teils vorrangig Substitutionen, sodass die Studie insgesamt als „Substitutionen und Auslassungen gleich häufig“ klassifiziert werden musste.

Zählt man die Teilnehmenden über die einzelnen Studien hinweg zusammen und unterstellt, dass keine Personen mehrfach untersucht wurden, ergäbe sich eine Gesamtzahl von 339

PatientInnen. Allerdings haben manche AutorInnen die Daten von einzelnen Teilnehmenden oder Gruppen von Teilnehmenden mehrfach in mehreren Studien ausgewertet, so dass die Gesamtzahl der untersuchten ND-PatientInnen etwas niedriger anzusiedeln ist. Es zeigte sich insgesamt eine Tendenz, dass in größeren Stichproben bzw. Gruppenstudien vorrangig Auslassungen berichtet wurden, während in Einzelfallstudien auch häufig Substitutionen häufigster Fehlertyp waren.

Der Einbezug von Kontrollgruppen bzw. einzelnen Kontrollprobanden in insgesamt 14 Studien (je zwischen zwei und 57 ProbandInnen) wurde in der Literatur sehr heterogen gehandhabt: Elf Studien präsentierten Kontrollgruppen mit neurologisch gesunden Personen, neun Studien nur oder auch neurologisch beeinträchtigte Personen ohne Neglect und ohne ND, und fünf Studien nur oder auch Kontrollpersonen mit Neglect und ohne ND. Auch wenn nur wenige Studien Fehlertypen bei einer gesunden Kontrollgruppe einbezogen, wurden bei ND insgesamt mehr Fehler und mehr Auslassungen erfasst als in Kontrollgruppen (Daini et al., 2021; Di Pellegrino et al., 2002; Savazzi et al., 2004; Stenneken et al., 2008; Weinzierl et al., 2012), während Kontrollpersonen erwartungsgemäß besser lasen. Kontrollgruppen beeinflussten Fehlertypen zwar nicht direkt. Doch ein direkter Vergleich der Daten einer Kontrollgruppe mit den Daten von ND-Betroffenen bei einer methodischen Anpassung der Aufgabenschwierigkeit durch eine vergleichbare Fehlerrate in beiden Gruppen verdeutlichten die Spezifität von Auslassungen bei ND (Weinzierl et al., 2012; siehe auch Kapitel 3 oben).

Die Altersspanne der ND-ProbandInnen reichte von 16 (Rusconi et al., 2004) bis 89 Jahre (Arguin & Bub, 1997; Semenza et al., 2011), mit einem Mittelwert von etwa 65 Jahren. Damit war die Altersvarianz deutlich größer als bei den Kontrollgruppen. Das Alter schien keinen Einfluss auf die Auftretenshäufigkeit bestimmter Fehlertypen zu haben.

Die Lateralität von Hirnläsionen ist eine weitere analysierte Variable. In 41 der extrahierten 53 Studien wurde von linksseitiger ND bei gleichzeitigem visuell-räumlichem Neglect nach rechthemisphärischen Hirnläsionen berichtet. Der Großteil davon, 25 Studien, erfasste vorrangig

Auslassungsfehler, weitere acht Studien vorrangig Substitutionsfehler und weitere acht konnten keinem eindeutigen vorrangigen Fehlertyp zugeordnet werden. Drei Studien dokumentierten ND links nach bilateralen Läsionen. Bei linksseitiger ND nach bilateralen Läsionen traten vorrangig Substitutionen auf (Arduino et al., 2005; Ptak et al., 2016); wurden jedoch auch Zahlen und Nichtwörter als Stimuli eingesetzt, überwogen Auslassungen (Priftis et al., 2013). Rechtsseitige ND wurde in vier Studien nach ausschließlich linkshemisphärischen Läsionen beschrieben; drei davon in englischer Sprache. In allen vier Arbeiten traten entweder überwiegend Substitutionen auf oder Substitutionen und Auslassungen in vergleichbarer Häufigkeit (Moore & Demeyere, 2019; Reznick & Friedmann, 2015; Siakuluk & Buchannon, 2001; Warrington, 1991). Je eine Studie berichtete über das gleichzeitige Auftreten von ipsiläsionaler ND mit Neglect (Haywood & Coltheart, 2001) bzw. mit Hemianopsie (Yi et al., 2014) nach linkshemisphärischen Läsionen, wobei in beiden Fällen vorwiegend Substitutionen auftraten. Insgesamt trat linksseitige ND nach rechtshemisphärischer Hirnläsion sehr häufig auf und zeigte vor allem Auslassungen, während atypische ND-Ausprägungen wie rechtsseitige oder ipsiläsionale ND tendenziell mit mehr Substitutionen einhergingen.

Die Beziehung zwischen ND und visuo-räumlichem Neglect — assoziiert oder dissoziiert — ist eine weitere untersuchte Variable, um die Spezifität von ND besser zu verstehen. Obwohl viele Studien auffällige Neglecttests als Einschluss- und Diagnosekriterium für ihre ProbandInnen festsetzten (siehe ausführlicher 5.3.3) und in 43 Studien Neglect und ND zeitgleich berichtet wurden, wurden konkrete Korrelationen zwischen Neglect und ND nur selten explizit berichtet (Reinhart et al., 2013; Takeda & Sugishita, 1995). Demgegenüber dokumentierten zehn Studien Fälle von ND ohne gleichzeitiges Auftreten von visuo-räumlichem Neglect. Von diesen fanden fünf eine Dominanz von Substitutionen, die somit unabhängig vom Vorliegen eines Neglects auftraten (Arduino et al., 2005; Haywood & Coltheart, 2001; Moore et al., 2019; Ptak et al., 2016; Yi et al., 2014). Zwei weitere Arbeiten beschrieben vergleichbare Fehlerzahlen von Substitutionen und Auslassungen (Reznick & Friedmann, 2015; Warrington, 1991). Demgegenüber meldeten drei Studien vor allem Auslassungen (Lee et al., 2009; Ptak, 2017; Rusconi et al., 2004), wobei jedoch zwei dieser Arbeiten lediglich

Gruppenmittelwerte berichteten und keine separate Fehlertypen-Analyse für PatientInnen mit ND ohne Neglect vornahmen (Lee et al., 2009; Rusconi et al., 2004). Auch im Hinblick auf die Lateralität zeigten sich differenzierte Befunde zwischen Neglect und ND: In vier Studien wurden doppelte Dissoziationen zwischen ND und Neglect festgestellt — etwa rechtsseitige ND bei linksseitigem Neglect (Beschlin et al., 2000; Moore & Demeyere, 2020; Moore & Demeyere, 2023) oder umgekehrt (Costello & Warrington, 1987). Hierbei ließ sich jedoch keine spezifische Dominanz eines Fehlertyps nachweisen. Ergänzend illustriert eine Fallstudie von Cantoni & Piccirilli (1997) eine funktionale Dissoziation: Der Patient erholte sich von einer substitutionsdominierten ND, nicht jedoch vom Neglect.

Hinsichtlich der Schweregrade zeigten sich dagegen inkonsistente Befunde in der Methodik, da der Schweregrad teilweise anhand der Neglectsymptomatik und teilweise anhand der Lesestörung bestimmt wurde. Einige Studien fanden keinen direkten Zusammenhang zwischen Neglect-Schweregrad in klassischen Tests und ND (Behrmann et al., 2002; Reinhardt et al., 2013), während andere von schwereren Neglectsymptomen bei PatientInnen mit ND berichteten und diese mit Auslassungen assoziierten (Ronchi et al., 2016). Der Schweregrad einer ND hatte in einigen Studien ebenfalls Auswirkungen auf die Auftretenshäufigkeit von bestimmten Fehlertypen: Eine leichte ND zeigte sich bezüglich Fehlerzahl und den vorherrschenden Substitutionen vergleichbar mit einer im Schwierigkeitsgrad angepassten Kontrollgruppe (Stenneken et al., 2008; Weinzierl et al., 2012), während eine ausgeprägte ND mit mehr Auslassungen einherging (Daini et al., 2013; Lee et al., 2009; Martelli et al., 2011). Insgesamt zeigten Studien mit Dissoziationen von ND und Neglect heterogene Ergebnisse, jedoch mit einer Tendenz zu mehr Substitutionen bei ND ohne gleichzeitigen Neglect, während gleichzeitig vorhandener Neglect eher zu Auslassungen beim Lesen führte (siehe auch Tabelle 3). Eine schwer ausgeprägte ND führte eher zu mehr Auslassungen.

Neben Neglect ist auch die Hemianopsie eine häufige Begleiterscheinung von ND. In insgesamt 23 Studien manifestierte sich zu ND eine Hemianopsie bzw. Gesichtsfelddefekte, die jedoch keine relevante Auswirkung auf Fehlertypen zu haben schienen. Nur in einem Einzelfall schien

der Fehlertyp von dem Präsentationsort im Gesichtsfeld abzuhängen: Auslassungen wurden demnach im hemianopischen Gesichtsfeld bzw. auf der ND-betroffenen Seite beobachtet, während Substitutionen im intakten Gesichtsfeld vorkamen (Young et al., 1991). Diese Ergebnisse verdeutlichen eine hohe zeitgleiche Auftretenshäufigkeit von Gesichtsfelddefekten bei ND.

Neben visuell-räumlichem Neglect und Hemianopsie waren auch auffällige Augenbewegungen mit ND-Lesefehlern verknüpft. Mindestens fünf Studien stellten einen Zusammenhang zwischen einer eingeschränkten Sakkadenperformanz und Auslassungsfehlern her: Bei Di Pellegrino (2002) waren Fixationsort und -zeit untypisch, Primativo et al. (2013, 2015) beobachteten mehr und ungenauere Fixationen, keine feinen Sakkaden und von rechts beginnende Sakkaden, die die Aufmerksamkeitsausrichtung einschränkten und zu mehr Auslassungen führten, und bei Behrmann et al. (2002) waren die Sakkaden nach links in Häufigkeit und Länge reduziert. Bei Daini et al. (2013) hatte ein Patient okulomotorische Einschränkungen und zeigte vor allem Auslassungsfehler, während der andere mit vorrangig Substitutionen keine Explorationsdefizite zeigte. Optokinetische Stimulation (OKS) verbesserte bei Daini et al. (2013) die Auftretenshäufigkeit der Auslassungsfehler, aber nicht die Auftretenshäufigkeit der Substitutionen. Eine auffällige, lateral eingeschränkte Sakkadenperformanz ging in diesen Studien somit vorwiegend mit Auslassungen einher.

Ein weiterer subjektbezogener Faktor, der die Art der bei ND auftretenden Fehlertypen unterschiedlich beeinflussen kann, wurde von Ronchi et al. (2016) untersucht. In der Gesamtanalyse traten Substitutionen und Auslassungen bei Ronchi et al. (2016) zwar etwa gleich häufig auf. Berücksichtigt man jedoch die Perseverationstendenz der ProbandInnen — also die Neigung zu wiederholtem visuellem Absuchen und wiederholten Markierungen in typischen Ausstreichaufgaben — zeigte sich ein differenziertes Muster: Personen mit erhöhter Perseverationsneigung machten insgesamt weniger Lesefehler und generierten beim Lesen häufiger Substitutionen, während Personen ohne bzw. wenig Perseverationen größere Leseschwierigkeiten, stärkeren Neglect und überwiegend Auslassungen aufwiesen.

Zusammenfassend schien bei den Subjektvariablen die italienische Sprache mit hoher Graphem-Phonem-Korrespondenz und transparenter Orthographie, die Leserichtung von links nach rechts, eine größere Stichprobenanzahl, ein direkter Vergleich mit einer angepassten Kontrollgruppe, linksseitige ND bei rechtsseitiger Hirnläsion, eine eingeschränkte Sakkadenperformanz und ein höherer Schweregrad von ND und gleichzeitiger visuell-räumlicher Neglect häufiger mit Auslassungen assoziiert zu sein. Demgegenüber waren bei englischer Sprache, die mehr Unregelmäßigkeiten aufweist, tendenziell bei Einzelfallstudien, bei rechtsseitiger ND nach linksseitiger Hirnläsion, bei ipsiläsionaler ND, bei leichter ND, bei Perseverationsneigung und bei ND ohne Neglect häufiger Substitutionen dominant.

5.3.3 Fehlertypen in Abhängigkeit von Stimulusvariablen

Im Folgenden werden die Ergebnisse zu stimulusbezogenen Variablen dargestellt. Die Analyse zeigte, dass die Einschlusskriterien zwischen den Studien deutlich variierten — beginnend bei Art und Umfang des für die Diagnostik verwendeten Stimulusmaterials. Es wurden sehr unterschiedliche Stimuli im Rahmen der Diagnostik von ND verwendet, die sehr stark zwischen den Studien variierten: Während die meisten der 53 Studien die ND vorab gezielt über das Lesen von Wörtern, Nichtwörtern, Sätzen, Phrasen, Textspalten oder ganzen Texten prüften, verwendeten einige auch Zahlen, Symbole oder zusammengesetzte Wörter zur Diagnostik. Wenige Studien setzten dagegen ausschließlich das Vorliegen von Neglect oder eine subjektiv berichtete Lesestörung (z. B. „Der Patient gab Schwierigkeiten mit dem Lesen an“) als Einschlusskriterium voraus (z.B. Reinhart, Schunck et al., 2016). Nur vereinzelt wurde zudem eine Korrelation zwischen der Auftretenshäufigkeit von Auslassungen in Lese- und Ausstreichaufgaben berichtet (Martelli et al., 2011; Ronchi et al., 2016; Weinzierl et al., 2012), während die meisten Studien diesen Zusammenhang nicht untersuchten. Aufgrund der starken Variabilität konnte kein bestimmter Fehlertyp mit einem bestimmten Diagnostik- und Einschlusskriterium assoziiert werden.

Mindestens 18 Studien konstatierten einen Lexikalitätseffekt, der wie bei Gesunden das qualitativ und quantitativ bessere Lesen von Wörtern als von Nichtwörtern beschreibt (Behrmann et al., 1990). Bei Nichtwortstimuli werden bei ND nicht nur deutlich mehr Fehler gemacht als beim Lesen von Wörtern (Arduino et al., 2002b; Cubelli & Beschin, 2005; Rusconi et al., 2004; Stenneken et al., 2008), sondern in mindestens neun, ausschließlich italienischen Studien auch mehr Auslassungen als bei Wortstimuli (z.B. Daini et al., 2021; Di Pellegrino et al., 2002; Làdavas, 1999; Martelli et al., 2011; Primativo et al., 2013; Rusconi et al., 2004; Savazzi et al., 2004; Vallar et al., 1996). Zur Lexikalität wurden aber auch gegenteilige Ergebnisse berichtet: Mehr Substitutionen beim Lesen von Nichtwörtern als beim Wortlesen (Martelli et al., 2011), einen Lexikalitätseffekt bei vorrangig Auslassungsfehlern (Arguin & Bub, 1997; Riddoch et al., 1990), oder ausbleibende Lexikalität beim Generieren von Substitutionen (Ellis et al., 1987).

Weitere bekannte moderierende Variablen sind die Wortfrequenz und orthographische Nachbarn: Bei ND ließ sich der Effekt, dass hochfrequente Wörter besser als niedrigfrequente Wörter gelesen werden können, in einigen Studien nachweisen (Arduino et al., 2002b; Semenza et al., 2011; Stenneken et al., 2008), während dies in anderen Studien nicht bestätigt werden konnte (Ellis et al., 1987; Ptak et al., 2016; Reznick & Friedmann, 2015; Tegner & Levander, 1993). Orthographische Nachbarn sind Wörter gleicher Länge, die sich in genau einem Buchstaben unterscheiden. Stimuli mit vielen oder höherfrequenten oder visuell ähnlichen orthographischen Nachbarn erhöhten in mehreren Studien die Anzahl der Substitutionen (Arduino et al., 2002b; Arguin & Bub, 1997; Haywood & Coltheart, 2001).

Sprachliche Kontexteffekte zeigten sich nicht nur in Form orthographischer Nachbarschafts-Substitutionen, sondern konnten in weiteren Studien auf unterschiedliche Weise auch andere Fehlertypen provozieren. So wurden vermehrte Additionen beobachtet, wenn durch die Addition der Sinn eines Wortes oder einer unüblichen Phrase verbessert wurde (Ronchi et al., 2016; Tegnér & Levander, 1993), oder wenn den Stimuli bei vermindertem Kontrast ein „#“ vorangestellt wurde (Riddoch et al., 1990).

Im Gegenzug konnten Stimuli mehr Auslassungen hervorrufen, wenn durch eine linksseitige Auslassung weiterhin ein sinnvolles Wort übrigblieb (z.B. durch Weglassen einer Vorsilbe; Reinhart, Schunck et al., 2016; Ronchi et al., 2016; Tegnér & Levander, 1995). In mehreren Fällen konnten lexikalische Effekte mit z.B. zusammengesetzten oder eingebetteten bzw. morphologisch-komplexen Wörtern einerseits mehr ND-Fehler herbeiführen (mehr Auslassungsfehler, wenn der rechte Wortteil schon Sinn machte), andererseits das Lesen von zusammengesetzten Wörtern unterstützen (Costello & Warrington, 1987). Korrekte Komposita wurden besser gelesen als nicht-existierende (Marelli et al., 2013). Dass sprachliche Merkmale bei ND gut verarbeitet werden können, zeigte auch die Studie von Semenza et al. (2011) mit zusammengesetzten Wörtern, die ihren Wortstamm wahlweise rechts oder links hatten und bei ND einen Vorteil für links ausgerichtete Wortstämme bedeuteten und mit mehr Substitutionen (als Auslassungen) einhergingen. Bei Arcara et al. (2012) konnten nicht umkehrbare und zusammengehörende Doppelbenennungen wie „Hit-and-run“ besser bzw. mit weniger Auslassungen gelesen werden als andere Doppelbenennungen, was die AutorInnen auch hier auf einen starken lexikalischen Effekt bei ND zurückführten. In einzelnen Studien zeigte sich, dass bei Neglectdyslexie die Fähigkeit zur korrekten Silbenbetonung als Teil der lexikalischen Verarbeitung erhalten war (Rusconi et al., 2004). Cubelli & Beschin (2005) ergänzten die Untersuchung der Betonung um einen Akzent am Wortende; dies verbesserte die Leseleistung und ging mit weniger Auslassungen einher.

Neben der Lexikalität ist der Wortlängeneffekt ein bekannter Effekt bei der visuellen Worterkennung (Nazir et al., 1992) und wurde daher auch bei ND untersucht. Während mindestens 16 Studien von einem Wortlängeneffekt (lange Wörter führen zu mehr Fehlern) auch bei ND und dabei meist auch von Auslassungen als vorrangigem Fehlertyp berichteten, konnten acht Studien keinen Wortlängeneffekt feststellen (Arduino et al., 2005; Behrmann et al., 1990; Cantoni & Piccirilli, 1997; Costello & Warrington, 1987; Ellis et al., 1987; Haywood & Coltheart, 2001; Miceli & Capasso, 2001; Worthington, 1996). Die Studien ohne Wortlängeneffekt berichteten alle vorrangig Substitutionsfehler beim Lesen (bzw. Substitutionen und Additionen bei Costello und Warrington,

1987). Die Analysen ergaben, dass einige Studien ganz konkret berichteten, dass es mit zunehmender Wortlänge vor allem zu mehr Auslassungen kam (z.B. Di Pellegrino et al., 2002; Làdavas, Umiltà et al., 1997; Làdavas, 1999; Lee et al., 2002; Takeda & Sugishita, 1995) und bei kürzeren Wörtern mehr zu Substitutionen (Takeda & Sugishita, 1995).

Beim Lesen von Zahlenfolgen schienen (wie bei Nichtwörtern) in zwei Studien mehr Auslassungen gemacht worden zu sein als beim Lesen von Wörtern (Ellis et al., 1987; Priftis et al., 2013), während eine andere Studie von vergleichbarer Leseleistung bei Wörtern und Zahlen beschrieb (Arduino et al., 2005). Ein weiteres Ergebnis ohne Bezug zu bestimmten Fehlertypen war das bessere Lesen von Großbuchstaben bei ND (wie bei Gesunden) im Vergleich zu Kleinbuchstaben (Cubelli & Beschin 2005; Haywood & Colthart, 2001).

Die grammatische Klasse, Silbenanzahl oder Wortkonkretheit wurde kaum in Zusammenhang mit ND untersucht oder als auffällig angegeben und nicht mit Fehlertypen in Verbindung gebracht. In je einer Studie wurde die Überlegenheit von Nomen gegenüber Verben und Adjektiven (Miceli & Capasso, 2001), einsilbigen Wörtern gegenüber zweisilbigen (Stenneken et al., 2008) und konkreten Wörtern gegenüber von abstrakten Wörtern (Moore & Demeyere, 2023) bei ND dargestellt.

Auch wenn die Voraussetzung für diese Review-Studie das Lesen einzeln präsentierter Wörter war, untersuchten viele Studien trotzdem zusätzlich das Textlesen: Beim Textlesen wurden v.a. Auslassungen von Wörtern und Wortbestandteilen bzw. mehr Auslassungen als Substitutionen gemacht (Reinhart, Schunck et al., 2016; Takeda & Sugishita, 1995; Tegnér & Levander, 1993).

Zusammenfassend waren Nichtwörter, Zahlenfolgen, lange Stimuli, Komposita (besonders Wörter mit Vorsilben) und Sequenzen von Wörtern in Form von Text anfälliger für Auslassungen und für generell erhöhte Fehlerzahlen, während bei Wörtern, kurzen Stimuli, Stimuli mit orthographischen Nachbarn gleicher Länge tendenziell häufiger Substitutionen provoziert werden konnten. Insgesamt konnten viele linguistische Effekte, die in der visuellen Worterkennung (bei

Gesunden) bereits bekannt waren (Carreiras et al., 2014; Coltheart et al., 2001), auch bei ND festgestellt werden (siehe auch 5.3.5 und die Studie in Kapitel 4 der vorliegenden Arbeit).

5.3.4 Fehlertypen in Abhängigkeit von Durchführungsvarianten

Nach Subjekt- und Stimulusvariablen werden nun die experimentellen Bedingungen der Durchführung in den analysierten Studien im Rahmen des Reviews systematisch erfasst. Eine variierte experimentelle Bedingung ist die Darbietungszeit der Stimuli. Wenn die Darbietungszeit von Stimuli kurz genug gewählt wird (unter 200 ms), können Augenbewegungen verhindert und damit Fehlerpositionen und womöglich auch Fehlertypen beeinflusst werden. Mindestens 30 Studien führten ihre Experimente ohne Einschränkung der Darbietungszeit der Stimuli durch (z.B. Arduino et al., 2002b; Tegnér & Levander, 1993), mindestens 19 Studien überprüften auch die Auswirkungen zeitlich begrenzter Darbietungszeit auf ND (z.B. Di Pellegrino et al., 2002; Moore & Demeyere, 2020; Young et al., 1991). Eine verkürzte oder tachistoskopische Darbietungszeit konnte in einigen Fällen nicht nur zu mehr (unspezifischen) Lesefehlern führen als bei unbegrenzter Darbietungszeit (Behrmann et al., 1990; Ellis et al., 1987; Primativo et al., 2013), sondern gleichzeitig auch die Auftretenshäufigkeit der spezifischen ND-Fehler verringern (Arduino et al., 2002b; Ptak et al., 2016). Bei Haywood und Coltheart (2001) hingegen führten verkürzte Darbietungszeiten zu mehr linksseitigen Lesefehlern. In den meisten Studien zeigten sich Unterschiede zwischen begrenzter und unbegrenzter Darbietungszeit; Ausnahmen werden vor allem bei allozentrierter ND berichtet (Moore & Demeyere, 2020, 2023). Insgesamt schien eine variierte Darbietungszeit zwar Fehlerpositionen und Neglectfehler zu beeinflussen, aber nicht mit bestimmten Fehlertypen assoziiert zu sein. Aber die Ergebnisse deuten auf einen Zusammenhang zwischen Neglectdyslexie und sakkadischer Aktivität hin.

Weiterhin kann die Art der Leseaufgabe zu unterschiedlichen Ergebnissen führen: Das Paradigma der variierenden Blickposition ist ein Paradigma der visuellen Worterkennung, bei der die initiale Blickfixation des Auges beim kurzen Blick auf ein einzeln präsentiertes Wort auf einer bestimmten Buchstabenposition des Wortes liegt, die dann jeweils variiert werden kann (Nazir et al.,

1992). Von einer Präsentation in der optimalen Blickposition (Fixation mittig oder leicht links von der Mitte des Wortes) profitierten ND-PatientInnen nicht ganz so gut wie Gesunde beim Lesen von Wörtern (Stenneken et al., 2008). Ein studienübergreifender Effekt von Blickpositionen auf bestimmte Fehlertypen konnte nicht festgestellt werden. Darüber hinaus bestätigten mehrere Studien, dass lexikalische Entscheidungsaufgaben (mit Tastendruck entscheiden, ob ein präsentierter Buchstabenstrang ein Wort oder ein Nichtwort ist) oder semantische Entscheidungsaufgaben bei ND besser bewältigt werden konnten als eine Benennungsaufgabe mit Vorlesen des Wortes (z.B. Stenneken et al., 2008; Làdavas, Umiltà et al., 1997).

Um ego-, stimulus- oder wortzentrierte ND (bezugnehmend auf das 3-Ebenen-Modell von Caramazza und Hillis, 1990a; siehe auch Kapitel 2.1.2) identifizieren und unterscheiden zu können, wurden z.B. in einigen Studien die Stimuli nicht nur horizontal, sondern auch vertikal, gedreht oder gespiegelt dargeboten. Mindestens 13 Studien zeigten einen Effekt der dimensional Präsentation. Das Lesen in vertikaler oder gespiegelter Präsentation ist für Gesunde ungewohnt und damit normalerweise schwieriger als horizontales Lesen. Zwei Einzelfallstudien mit stimuluszentrierter ND ohne begleitenden Neglect berichteten ein fehleranfälligeres Lesen bei vertikaler Darbietung (Ptak et al., 2016; Warrington, 1991). Andere Studien zeigten hingegen ein erhöhtes Fehleraufkommen bei gespiegelter Darbietung im Vergleich zur regulären, nicht gespiegelten horizontalen Darbietung (Haywood & Coltheart, 2001; Làdavas, Umiltà et al., 1997). Demgegenüber wurden in mindestens acht Studien vertikal präsentierte oder gespiegelte Wörter bei ND besser gelesen als horizontal präsentierte (z.B. Arduino et al., 2005; Arguin & Bub, 1997; Behrmann et al., 1990; Beschin et al., 2000; Lee et al., 2002; Moore & Demeyere, 2023; Savazzi et al., 2004; Young et al., 1991), was auf eine ego- oder stimuluszentrierte ND schließen lässt; fünf dieser Studien berichteten vorrangig Auslassungen, drei überwiegend Substitutionen. Während die einen Studien ego- oder stimuluszentrierte ND diskutierten (Ellis et al., 1987; Moore & Demeyere, 2023; Savazzi, 2003), berichteten andere zudem Fälle von wortzentrierter ND (Lesefehler unabhängig von der Orientierung des Wortes immer am Wortende oder immer am Wortanfang produziert) bei erhaltener Wortlänge,

die mit Substitutionen als häufigsten Fehlertyp assoziiert waren (Miceli & Capasso, 2001; Moore & Demeyere, 2019, 2020; Moore et al., 2023). Vereinzelt beschrieben konkret vorrangig Auslassungen beim horizontalen Lesen und vorrangig Substitutionen beim vertikalen Lesen (Lee et al., 2002; Moore & Demeyere, 2023).

„Crowding“ ist ein Phänomen, bei dem Buchstaben oder andere kleine Objekte oberhalb der Wahrnehmungsschwelle visuell-perzeptiv schlecht voneinander zu unterscheiden und zu identifizieren sind, wenn sie nah beieinanderstehen bzw. von anderen Stimuli umgeben sind. Die perzeptuelle Integration ist dabei gestört und die Identität eines Buchstaben kann verwechselt werden (Daini et al., 2021, 2025; Martelli et al., 2011, Pelli et al., 2004). Crowding wurde in der Literatur als mögliche Variable bei der Entstehung von Substitutionen diskutiert (Daini et al., 2025) — auch bei Gesunden. Größere Abstände zwischen den Buchstaben für ein verringertes Crowding haben im Rahmen der Review-Analyse in einzelnen Studien bei ND zu einer Verringerung der Substitutionenanzahl (Martelli et al., 2011) oder zu einer Verringerung der Gesamtfehleranzahl geführt (Manfredini et al., 2013). Andererseits kam es durch vergrößerte Abstände zwischen den Buchstaben durch die ausgedehntere Wortlänge in einigen Studien zu mehr Fehlern insgesamt (Behrmann et al., 1990; Daini et al., 2021; Martelli et al., 2011) und besonders zu mehr Auslassungen (Daini et al., 2021; Martelli et al., 2011). Eine perzeptuelle Manipulation der Aufmerksamkeit durch variierte Buchstabenabstände bzw. Crowding ergab in zwei Studien zu ND allerdings keinen Unterschied (Moore & Demeyere, 2020; Moore & Demeyere, 2023).

Eine Besonderheit in wenigen Studien war die anisometrische Darstellung der Stimuli, die ebenfalls einen lateralisierten Crowding-Effekt verursachte: Dabei ging eine rechtskomprimierte Präsentation (und folglich links mit größeren Abständen zwischen den Buchstaben) bei ND mit weniger Lesefehlern einher als eine kanonische Darstellung, und eine linkskomprimierte Präsentation mit deutlich mehr Fehlern als eine kanonische Präsentation (Manfredini et al., 2013; Savazzi et al., 2004).

Neben den bereits genannten Durchführungsvarianten wurde auch die Wirkung einiger neglectspezifischer Therapiemethoden auf ND getestet: Eine Prismenadaptation, eine gängige Therapiemethode bei Neglect, hatte in einer Studie keinen Effekt auf ND (die hier ohne Neglect auftrat: Ptak, 2017), in einer anderen Studie verbesserte sie ND insgesamt und insbesondere verringerte sie die vorrangig auftretenden Auslassungen links im Wort (Farnè et al., 2002). Die optokinetische Stimulation verbesserte eine ND vom „Auslassungs-Typ“, nicht aber eine ND vom „Substitutions-Typ“ — eine Unterscheidung von Daini et al. (2013). Eine weitere, sehr einfache und langfristig wirksame Therapiemethode, sich beim Suchen, Finden und Nachfahren des Wort- oder Zeilenanfangs visuell-motorische Unterstützung durch den z.B. linken Zeigefinger zu holen, reduzierte in einer Einzelfallstudie deutlich die Lesefehler (meist Substitutionen), während das Öffnen und Schließen der linken Hand zu einer Faust während des Lesevorgangs nur kurzfristigen Effekt auf ND hatte (Worthington, 1996). Auch ein Hinweisreiz (z.B. „*“) links vom Wort hatte sich beim Lesen als hilfreich erwiesen (Worthington, 1996).

Insgesamt konnte kein studienübergreifender Effekt von Stimulusdarbietungszeiten und Blickpositionen auf bestimmte Fehlertypen festgestellt werden. Die lexikalische und semantische Verarbeitung schien bei ND erhalten zu sein. Egozentrische ND und Abstand zwischen den Buchstaben schien eher mit Auslassungen, wortzentrierte ND und Crowding eher mit Substitutionen assoziiert zu sein. Neglectspezifische Therapiemethoden wie Prismenadaptation und optokinetische Stimulation wirkten sich vorrangig auf Auslassungsfehler aus.

5.3.5 Fehlertypen in Abhängigkeit von Auswertungsvarianten

Die berichtete Gesamtfehlerzahl reichte in den analysierten Studien von 10% bis 90% (gerundeter Mittelwert: 39%). Unterschiede in den Auswertungsvarianten führten dabei teils zu abweichenden Ergebnissen hinsichtlich des jeweils häufigsten Fehlertyps. Der Großteil der Studien (n = 43) untersuchte vorrangig typische Neglectfehler, wobei die zugrunde liegende Definition erheblich variierte. Einige Arbeiten (z. B. Moore & Demeyere, 2023) orientierten sich strikt an den Kriterien von

Ellis et al. (1987) mit einem sogenannten *Neglectpoint* (alle Buchstaben links davon müssen fehlerhaft, alle rechts davon korrekt sein), während andere Definitionen weniger streng waren und auch Fehler außerhalb des lateral definierten Bereichs zuließen (z. B. Daini et al., 2021). Unabhängig von der Definition lag der Anteil typischer Neglectfehler bezogen auf die Gesamtfehlerzahl im Mittel bei über 80%, während visuelle oder phonematische Fehler — wiederum jeweils unterschiedlich definiert — deutlich seltener auftraten. In mindestens 27 Studien bezog sich die Analyse der Fehlertypen ausschließlich oder auch auf Neglectfehler, in mindestens zehn Studien auf alle segmentalen Lesefehler, während in anderen Studien die zugrunde liegende Fehlerbasis unklar blieb. Von den 16 Studien, die mehr als 70% Neglectfehler machten, berichteten elf Studien Auslassungen als vorrangigen Fehlertyp (Beschin et al., 2000; Cubelli & Beschin, 2005; Daini et al., 2013; Di Pellegrino et al., 2002; Primativo et al., 2013; Ptak et al., 2012; Reinhart, Schunck et al., 2016; Savazzi, 2003; Savazzi et al., 2004; Takeda & Sugishita, 1995; Yi et al., 2014) und fünf Studien Substitutionen als vorrangigen Fehlertyp (Arduino et al., 2005; Behrmann et al., 1990; Cantoni & Piccirilli, 1997; Miceli & Capasso, 2001; Ptak et al., 2016).

Die Auswertungen ergaben, dass in den meisten Studien für jedes gelesene Wort ein Fehlertyp kodiert wurde. Mindestens zehn Studien — vor allem Einzelfallstudien — erfassten mit einer buchstabenweisen Auswertungsmethode mehrere Fehlertypen pro Wort, etwa eine Kombination aus einer Auslassung und zwei Substitutionen (z. B. Berti et al., 1994; Di Pellegrino et al., 2002; Moore & Demeyere, 2023; Ptak et al., 2012), bei der jeder einzelne Buchstabe eines Wortes und sein jeweiliges phonemisches Antwortpendant dazu berücksichtigt wird. Dies erlaubt auch eine Analyse der einzelnen Fehlerpositionen und ihrer möglichen Assoziation mit bestimmten Fehlertypen.

Alle eingeschlossenen Studien lieferten — dem Einschlusskriterium entsprechend — qualitative Angaben zu Fehlertypen. Die Mehrheit (n = 31) berichtete zudem konkrete Zahlen- oder Prozentwerte zu den einzelnen Fehlertypen, während in 22 Studien nur deskriptive Relativangaben wie „Auslassungen kommen häufiger vor als Substitutionen“ oder „beide Fehlertypen treten etwa

gleich häufig auf“ gemacht wurden. Nur wenige Arbeiten lieferten darüber hinaus statistische Analysen der Fehlertypen (z. B. Arduino et al., 2005; Arguin & Bub, 1997).

Die in den Studien variierende Definition der Fehlertypen stellt eine zentrale methodische Herausforderung dar. Um die Vergleichbarkeit zu gewährleisten, legte die vorliegende Arbeit daher eine einheitliche Abgrenzung fest: Substitutionen wurden angenommen, wenn die Wortlänge von Stimulus und Antwort erhalten bleibt, Auslassungen hingegen, wenn die Antwort verkürzt ist. Mischfehler wie „Substitution und Auslassung“ (z. B. Moore & Demeyere, 2023) wurden aufgrund der verkürzten Wortlänge den Auslassungen zugerechnet. Diese Vereinheitlichung führt teils zu deutlichen Abweichungen von den ursprünglichen Klassifikationen, etwa wenn AutorInnen Substitutionen berichteten, die nach dem hier verwendeten Kriterium als Auslassungen zu bewerten sind. Damit wird deutlich, wie stark die Ergebnisse von der jeweiligen Fehlertypdefinition abhängen. Da einige Studien mehrere Einzelfälle, Untergruppen oder experimentelle Bedingungen einschlossen, können einzelne Arbeiten in der quantitativen Auswertung mehrfach vertreten sein.

Nach der hier festgelegten Definition berichteten 14 Studien Substitutionen als vorherrschenden Fehlertyp (Mittelwert = 31%, Median = 31%; davon nur zwei Studien über 75%). Vier Arbeiten gaben zwar keine exakten Fehlertypangaben, berichteten jedoch über eine unveränderte Wortlänge zwischen Stimulus und Antwort und wurden daher ebenfalls den Substitutionen zugeordnet. Auslassungen dominierten hingegen in 28 Studien (Mittelwert = 64%, Median = 73,7%; davon zwölf Studien über 75%). Zehn Studien zeigten eine vergleichbare Auftretenshäufigkeit von Substitutionen und Auslassungen (z. B. Ronchi et al., 2016), während eine Studie (Costello & Warrington, 1987) vergleichbare Raten von Substitutionen und Additionen berichtete. Additionen und Auslassungen unterscheiden sich hinsichtlich der Richtung der Abweichung, da bei Additionen zusätzliche Elemente eingefügt werden, während Auslassungen durch das Fehlen von Elementen gekennzeichnet sind. Ronchi et al. (2016) verwendeten eigens konstruierte Wortstimuli, die im Italienischen strukturell geeignet sind, Additionen zu begünstigen. Diese Stimuli führten zu mehr Lesefehlern, einschließlich vermehrter Additionen. Dennoch blieb

dieser Fehlertyp in den meisten anderen Studien deutlich unterrepräsentiert und stand kaum mit visuo-räumlichem Neglect im Zusammenhang. Additionen traten nie als dominanter Fehlertyp auf (gesamt Mittelwert = 10%), wurden jedoch in mindestens 15 Studien als begleitendes Fehlerphänomen beschrieben.

Die Aussage über den vorherrschenden Fehlertyp wird differenzierter, wenn das jeweilige Studiendesign berücksichtigt wird: In nahezu allen Gruppenstudien traten überwiegend Auslassungen auf; lediglich eine Studie wich mit einer Dominanz von Substitutionen davon ab (Semenza et al., 2011). Substitutionen wurden ansonsten überwiegend in Einzelfallstudien berichtet. In mehreren Arbeiten zeigten PatientInnen mit ND — erwartungsgemäß — mehr Auslassungen als die Kontrollgruppen, auch wenn diese hinsichtlich der Gesamtfehlerzahl angeglichen waren (z. B. Weinzierl et al., 2012).

Die Analysen zeigten, dass bezüglich der Fehlerpositionen über Studien hinweg weitgehende Übereinstimmung herrscht: In den meisten (mindestens 38) Untersuchungen mit linksseitiger ND traten die meisten Lesefehler an der ersten Buchstabenposition oder allgemein in der linken Worthälfte auf und zeigten sich meist in Form eines von links-nach-rechts abfallenden Fehlergradienten; bei rechtsseitiger ND entsprechend seitenverkehrt. Dieses Muster ergibt sich auch daraus, dass mehr als die Hälfte der Studien explizit typische Neglectfehler analysierte, die definitionsgemäß auf der vernachlässigten Wortseite auftreten. Mehrere, mindestens sechs Arbeiten berichteten einen linearen oder annähernd linearen Fehlerpositionsgradienten (Haywood & Coltheart, 2001; Ptak, 2017; Weinzierl et al., 2012).

Diese Verteilung der Lesefehler nach Buchstabenpositionen hatten einige Studien auch nach Fehlertyp differenziert betrachtet: Auslassungen zeigten sich vor allem am linken Wortrand bzw. in einem nach rechts linear abfallenden Gradienten im Wort (Daini et al., 2013, 2021; Weinzierl et al., 2012, siehe auch oben Kapitel 3). Für Substitutionen wurden dagegen unterschiedliche Verteilungsmuster beschrieben. Einzelne PatientInnen zeigten ebenso linksseitig lateralisierte

Substitutionen (Daini et al., 2021). Auch Weinzierl et al. (2012; siehe auch Kapitel 3. oben) fanden in der gesamten ND-Gruppe bei Substitutionen einen von links nach rechts linear abfallenden Gradienten. Bei ausschließlicher Betrachtung der ProbandInnen mit nur leichter ND zeigte sich (in einer nicht in Kapitel 3 berichteten Berechnung) wie in der gesunden Kontrollgruppe eine umgekehrt U-förmige Fehlerverteilung mit einer Häufung in der Wortmitte — ein Muster, das durch den sogenannten Crowding-Effekt erklärbar ist: Die mittleren Buchstaben eines Wortes sind stärker visuell überlagert, während die Randbuchstaben (zumindest einseitig) freier stehen und daher besser wahrgenommen und erkannt werden können. Andere Arbeiten berichteten dagegen von einer bimodalen Verteilung der Substitutionen mit Häufungen an beiden Worträndern oder von einer gleichmäßigen Fehlerverteilung über das Wort (Daini et al., 2013, 2021; Martelli, 2011).

Zusammengefasst wurden Fehlertypen in der untersuchten Literatur meist im Rahmen von typischen Neglectfehlern mit Neglectpoint (Ellis et al., 1987) bestimmt, die ausschließlich linksseitige Fehlerpositionen einbezogen, während weniger Studien eine buchstabenweise Auswertung inkludierten, die eine Analyse der Fehlerpositionen erlaubte.

Neben Fehlerpositionen und Fehlertypen kann man bei der Auswertung der fehlerhaften Antworten auch dieselben Variablen betrachten, die bereits bei den Stimuli (5.3.3) genauer untersucht wurden und von Bedeutung waren. Einen ausführlichen Vergleich zwischen Stimulus-Wörtern und Antworten wie in der Studie in Kapitel 4. (oben) haben nur Moore & Demeyere (2023) beschrieben, einige andere Studien gingen auf den Erhalt von Lexikalität oder Wortfrequenz ein. In mindestens sieben Studien konnte die Lexikalität des Stimulus auch in der Antwort erhalten werden (Arduino et al., 2005; Cantoni & Piccirilli, 1997; Cubelli & Beschin, 2005; Làdavas, Umiltà et al., 1997, Moore & Demeyere, 2019; Reinhart, Schunck et al., 2016) bzw. waren die Antworten ebenfalls Wörter (Arguin & Bub, 1997; Behrmann et al., 1990; Ellis et al., 1987). In mindestens sieben Studien waren die Lesefehler vorrangig Nichtwortantworten (z.B. Arduino et al., 2002b; Di Pellegrino et al., 2002; Reznick & Friedmann, 2015). In mindestens vier ND-Studien gab es Hinweise, dass Auslassungen eher mit Nichtwortantworten gekoppelt waren (Arguin & Bub, 1997; Di Pellegrino et

al., 2002; Rusconi et al., 2004), während Wortantworten eher mit Substitutionen assoziiert werden konnten (Arguin & Bub, 1997).

Moore und Demeyere (2023) und Arguin und Bub (1997) berichteten von einer höheren Wortfrequenz in der Antwort (im Vergleich zum jeweiligen Stimulus), fanden aber keinen signifikanten Unterschied bei den Variablen Wortlänge, Konkretheit und orthographische Nachbarn. In wenigen Einzelfällen bestanden die Antworten von gelesenen Nichtwörtern bei ND meist aus hochfrequenten Nachbarwörtern (Arduino et al., 2002b; Reznick & Friedmann, 2015). Ein Zusammenhang mit Fehlertypen wurde nicht berichtet. Eine visuelle Ähnlichkeit zwischen Stimulus und Antwort, vor allem bei Substitutionen, berichteten Haywood und Coltheart (2001) und Manfredini et al. (2013).

Zusammenfassend wurden bzgl. der Auswertungsvarianten insgesamt mehr Studien mit vorrangig Auslassungen und etwas weniger mit vorrangig Substitutionen erfasst. Vorwiegend Auslassungen waren mit Fehlerpositionen am linken Wortrand und mit Neglectfehlern mit Neglectpoint assoziiert. Substitutionen zeigten unterschiedliche Verteilungsmuster mit einer Tendenz zu einer gleichmäßigeren Verteilung über das Wort und waren im Stimulus-Antwort-Vergleich wiederholt mit erhaltenen lexikalischen und sublexikalischen Prozessen assoziiert.

5.4 Diskussion

Ziel dieser Review-Studie war es, in einer Literaturanalyse zum Einzelwortlesen bei erworbener ND die Auftretenshäufigkeit der häufigsten Fehlertypen (d.h. Auslassungen und Substitutionen) zu bestimmen bzw. die Dominanz von Auslassungen zu bestätigen und etwaige mit den entsprechenden Fehlertypen in Zusammenhang stehende Korrelate zu finden (insbesondere Auslassungen und visuell-räumlicher Neglect), die auf bestimmte Erklärungsmechanismen von ND hinweisen können. Des Weiteren leistet das Review einen Beitrag zur Klärung, ob die beobachtete Heterogenität der ND ein intrinsisches Merkmal des Störungsbildes ist oder ob sich homogene Subgruppen von ND identifizieren lassen.

Zusammenfassend zeigten sich zahlreiche Korrelate, die die Gesamtfehlerzahl sowie die beiden häufigsten Fehlertypen (Substitutionen und Auslassungen) beeinflussen und daher bei der Interpretation der Befunde berücksichtigt werden müssen. Es zeigte sich eine große homogene Gruppe von Studien mit vorrangig Auslassungen und unilateralem, visuo-räumlichem Neglect, während sich eine kleinere Gruppe an Studien mit vorrangig Substitutionen sehr heterogen zeigte. Im Folgenden werden die Korrelate in vier Variablengruppen (Subjektvariablen, Stimulusvariablen, Durchführungsvarianten und Auswertungsvarianten) zunächst getrennt diskutiert, wobei jeweils ihr Zusammenhang mit der Gesamtfehlerzahl sowie mit dem Auftreten von Substitutionen und Auslassungen dargestellt wird.

5.4.1 Subjektvariablen

Die Auswertungen der Subjektvariablen haben gezeigt, dass ND am häufigsten links lateralisiert mit vorrangig Auslassungen nach rechtshemisphärischer Hirnläsion auftritt. Auffällig war der große Anteil von italienischsprachigen (einer Sprache mit hoher Graphem-Phonem-Korrespondenz), aber auch englischsprachigen Studien. Erwähnenswert ist hierbei, dass die englischsprachigen Studien (im Gegensatz zu den italienischsprachigen) v.a. Einzelfallstudien waren und vorrangig zu Substitutionen neigten. Die weniger transparente, englische Orthographie mit niedriger Graphem-Phonem-Korrespondenz bietet weniger Variationsmöglichkeiten an, wodurch das Wort womöglich mehr ganzheitlich verarbeitet werden kann bzw. muss, die Substitutionen begünstigen könnten. Die sehr transparente, italienische Orthographie bietet hingegen mehr Variationsmöglichkeiten an, die Auslassungen begünstigen können. Ob diese Beobachtung — englischsprachige Einzelfallstudien mit vorrangig Substitutionen, und italienischsprachige Gruppenstudien mit vorrangig Auslassungen — aber tatsächlich sprachspezifische Verarbeitungswege bei ND widerspiegeln oder auf Schwerpunkte größerer Forschungsgruppen in den jeweiligen Ländern zurückzuführen sein könnte, bleibt offen. Unter der Prämisse, Gruppenstudien eine höhere Wertigkeit zuzugestehen als Einzelfallstudien, wird bei der Betrachtung der gesamten ND-Literatur erkennbar, dass Auslassungen spezifisch für ND sind: Denn die meisten

untersuchten Gruppenstudien berichteten von vorrangig Auslassungen, und Studien mit vorrangig Substitutionen waren v.a. Einzelfallstudien. Zudem sind Auslassungen mit linksseitiger ND nach rechtsseitiger Läsion assoziiert.

Blickbewegungen bei ND wurden in den letzten Jahren bzw. Jahrzehnten aufgrund der besseren technischen Möglichkeiten tendenziell häufiger analysiert und sind tatsächlich ebenfalls ein determinierender Faktor für die Häufigkeit bestimmter Lesefehler. Denn eine gestörte Okulomotorik war in den Ergebnissen der vorliegenden Studie eher mit Auslassungen bei ND assoziiert (Primativo et al., 2015), eine intakte Okulomotorik oder sogar wiederholtes Perseverieren der suchenden Blickbewegungen auf die betroffene Seite eher mit Substitutionen (Ronchi et al., 2016). Dazu passt das Ergebnis, dass die optokinetische Stimulation, bei der auf einem Bildschirm sich nach links bewegendem Punkte mit langsamen Augenbewegungen verfolgt werden sollen und die bereits ein etabliertes Verfahren zur Therapie von visuo-räumlichem Neglect darstellt (Kerkhoff et al., 2006), eine ND vom „Auslassungs-Typ“ verbessern konnte, nicht aber eine ND vom „Substitutions-Typ“ — eine Unterscheidung von Daini et al. (2013).

Auch Reinhart et al. (2011) berichteten im Rahmen von optokinetischer Stimulation eine Verbesserung linksseitiger Auslassungen beim Textlesen, während jedoch wortbasierte ND-Lesefehler beim Textlesen (die womöglich auf eine stimulus- oder wortzentrierte ND hindeuten) nicht verbessert werden konnten. Linksseitige, egozentrische Auslassungsfehler scheinen also (sowohl beim Wort- also auch Textlesen) wie Neglect manipulierbar und therapierbar zu sein. Diese Überlegung wird durch vereinzelt berichtete Modulation der Fehlertypen über das Gesichtsfeld bekräftigt: Bei einer Stimulus-Präsentation auf der von ND betroffenen Gesichtsfeldhälfte sind wegen defizitärer Augenbewegungen mehr Fehler zu erwarten als in der anderen Gesichtsfeldhälfte, wo aber trotzdem noch wortzentrierte Fehler auftreten können (Kinsbourne & Warrington, 1962; Moore & Demeyere, 2023). Auch wenn Gesichtsfeldeinschränkungen die Fehlermuster bei ND nicht relevant beeinflussen und somit nicht grundsätzlich interpretativ heranzuziehen sind (siehe Kapitel 3.3.2 und

5.3.2), kann es im Einzelfall sinnvoll sein, ihren möglichen Einfluss auf die Art der Lesefehler zu berücksichtigen (Young et al., 1991).

Zusammenfassend stellt sich hier schließlich die Frage, ob Auslassungsfehler daher eher neglectbedingt sein könnten, während die Substitutionsfehler als von Neglect unabhängige ND-Fehler betrachtet werden könnten. Da sich die Diagnostik von ND in den analysierten Studien teilweise nur auf etabliertes Neglectdiagnostikmaterial beschränkte und die Diagnostik von ND erheblich variierte, wäre es möglich, dass (egozentrische) Auslassungen v.a. neglectbedingt sind. Diese Frage könnte am ehesten die Betrachtung von Einzelfällen, die ND ohne visuell-räumlichen Neglect präsentierten, beantworten. Leider konnte bei den zehn gefundenen Einzelfällen ohne Neglect für das vorliegende Review zwar kein eindeutiger Hinweis auf einen vorrangigen Fehlertyp gefunden werden, aber zumindest eine Tendenz, dass die Stimuluslänge häufiger erhalten war und häufiger zu Substitutionen führte (Arduino et al., 2005; Haywood & Coltheart, 2001; Moore et al., 2019; Ptak et al., 2016; Yi et al., 2014). Insgesamt haben Subjektvariablen wie Läsionslokalisationen, Lateralität von ND, das gleichzeitige Auftreten von Neglect und eingeschränkter Sakkadenperformanz und die Sprache Auswirkung auf Fehlertypen.

5.4.2 Stimulusvariablen

Die Analyse der Subjektvariablen hat gezeigt, dass berichtete Fehlerhäufigkeiten stark in Abhängigkeit von Einschluss- und Diagnosekriterien variieren. Daher ist es wichtig, die jeweiligen Einschluss- bzw. Diagnosekriterien zu berücksichtigen, bevor die konkreten experimentellen Stimuli betrachtet werden, da sie die Ergebnisse einer Studie bereits vorab entscheidend beeinflussen können. Ein Einschlusskriterium wie „linksseitige Wortauslassungen beim Lesen von Text“ impliziert bereits vor der Testdurchführung das Vorliegen eines egozentrischen Neglects oder einer Hemianopsie, wodurch linksseitige Textlesefehler nicht eindeutig auf eine ND zurückgeführt werden können (Takeda & Sugishita, 1995). Und wenn in der Diagnostik „Auffälligkeiten in mindestens zwei Neglecttests“ gefordert werden, werden ausschließlich ProbandInnen eingeschlossen, die neben

einer möglichen ND auch einen Neglect aufweisen (Arduino et al., 2002b; Weinzierl et al., 2012).

Dabei bleibt offen, ob etwaige Lesefehler dem Neglect oder einer eventuell separat zu definierenden ND zuzuordnen sind. Angesichts dieser erheblichen methodischen Variabilität kann die Interpretation der Ergebnisse potentiell verzerrt werden.

Trotz dieser methodischen Heterogenität zeigten sich in der Auswertung der Stimulusvariablen studienübergreifend konsistente Befunde, die bereits von Vallar et al. (2010) beschrieben wurden: In zahlreichen Studien zeigte sich ein klarer Lexikalitätseffekt, wonach Wörter besser gelesen wurden als Nichtwörter. Erklärt wird der Effekt — Bezug nehmend auf das Dual-Route-Modell des Lesens (Coltheart et al., 2001; Coltheart, 2005; Levy et al., 2009) — mit einer top-down gesteuerten Erleichterung des Lesens durch erworbenes und gespeichertes lexikalisches Wissen, während beim Lesen von Nichtwörtern auf diesen Prozess nicht oder nur sehr eingeschränkt zugegriffen werden kann, da Nichtwörter nicht im Lexikon gespeichert sind und beim Lesen damit mehr Aufmerksamkeit vonnöten ist. Aussprechbare Nichtwörter oder Pseudowörter als Stimulusmaterial haben daher den Vorteil, die Lexikalität und den Zugriff auf das mentale Wortlexikon zum großen Teil „auszuschalten“, ohne gänzlich auf den Vorteil der Aussprechbarkeit und Vertrautheit durch bekannte Silben und Bi- oder Trigramme oder phonologische Plausibilität zu verzichten (Aghababian & Nazir, 2000; Carreiras et al., 2014; Chetail et al., 2014; Cohen et al., 2003; Coltheart et al., 2001; Ferrand & New, 2003; Mariol et al., 2008). Silben, Bi- und Trigramme, also bestimmte, im Deutschen häufige Buchstabenanordnungen (z.B. „-EN“) können ebenfalls im Lexikon gespeichert sein und das Lesen eines entsprechenden Nichtwortes erleichtern. Ansonsten muss beim Lesen von aussprechbaren Nichtwörtern v.a. auf die phonologische Route mit einem buchstabenweisen Leseprozess zurückgegriffen werden.

Obwohl die lexikalische Verarbeitung bei ND grundsätzlich erhalten ist, reichen die genannten Prozesse nach diesem Modell allerdings nicht immer aus, um verbale Stimuli richtig zu erkennen. Wenn bei Neglectdyslexie auf einzelnen Buchstabenpositionen die exakte Buchstabenidentität nicht mehr zuverlässig bestimmt werden kann, das Vorhandensein von

Buchstaben und deren Positionen jedoch weiterhin verarbeitet wird, kann dies zu Substitutionsfehlern führen, z.B. mit hochfrequenten orthographischen Nachbarwörtern, die aus dem Lexikon abgegriffen werden (Arduino et al., 2002b; Daini et al., 2021; Di Pellegrino et al., 2002; Làdavas, 1999; Martelli et al., 2011; Primativo et al., 2013; Savazzi et al., 2004; Vallar et al., 1996). Ist die ND schwer und stark ausgeprägt und damit die Aufmerksamkeit zu sehr beeinträchtigt, oder werden Nichtwörter oder Zahlenfolgen präsentiert, könnte das Vorhandensein von Buchstaben oder Zahlen auf den (meist linken) Fehlerpositionen nicht mehr ausreichend verarbeitet werden und es käme eher zu Auslassungen. Dies würde ebenso die bereits berichteten Ergebnisse erklären, dass Nichtwortantworten bei einzelnen ProbandInnen einiger Studien eher Auslassungen (Arduino et al., 2002b), und Wortantworten eher Substitutionen waren (Arduino et al., 2002b; Arguin & Bub, 1997; Behrmann et al., 1990; Ellis et al., 1987; Làdavas, Umiltà et al., 1997; Riddoch et al., 1990; Tegnér & Levander, 1993; siehe auch Kapitel 4). Die bei ND erhaltene lexikalische Verarbeitung zeigte sich auch bei Untersuchungen zur optimalen Blickposition, die beim Wortlesen hilfreich war und beim Nichtwortlesen keinen relevanten Effekt hatte, oder auch bei der erfolgreichen Bewältigung von lexikalischen oder semantischen Entscheidungsaufgaben (Stenneken et al., 2008).

Der häufig untersuchte Faktor Wortlänge ist durch die Buchstabenanzahl und evtl. auch Silbenanzahl definiert. Die Wortlänge der Antwort war im vorliegenden Review direkt mit dem Fehlertyp verknüpft, da der Fehlertyp Substitution durch eine erhaltene Wortlänge, und der Fehlertyp Auslassung durch eine reduzierte Wortlänge definiert ist. Der Wortlängeneffekt, dass längere Wörter mehr Fehler und kürzere Wörter weniger Fehler generieren, war über viele Studien hinweg zu finden (Behrmann et al., 1990; Boukrina et al., 2020; Ellis et al., 1987; Nichelli et al., 1993; Reinhart et al., 2013; Reinhart, Schunck et al., 2016; Riddoch et al., 1990; Schwartz et al., 1997; Subbiah & Caramazza, 2000; Takeda & Sugishita, 1995; Tegnér & Levander, 1993). Ptak et al. (2017) berichtete zusätzlich von einem Zusammenhang mit Fehlertypen: Längere Wörter verursachten deutlich mehr Auslassungen als kürzere Wörter, während dieser Effekt bzgl. der Substitutionen nicht zu finden war und unabhängig von der Wortlänge immer etwa gleich häufig zu sein schienen.

Umgekehrt zeigten auch Studien ohne den Wortlängeneffekt vorrangig Substitutionen (z.B. Arduino et al., 2005; Worthington, 1996). Diese Ergebnisse verstärken die Annahme einer neglectassoziierten ND vom „Auslassungstyp“ (Daini et al., 2013), bei der die Wortlänge eine Rolle spielt und einer vom „Substitutionstyp“, bei der die Wortlänge keine Rolle spielt. In längeren Wörtern sei die Landeposition des Blickes laut Reinhart et al. (2013) neglectbedingt nach rechts verschoben (siehe auch Pellegrino et al., 2001); aber auch eine (nicht räumlich bedingte) eingeschränkte Aufmerksamkeit und eingeschränkte Refixationen des Blickes könnten eine Erklärung bieten (siehe auch Behrmann et al., 2002). Die einfachste Erklärung für Auslassungen ist die Assoziation bei linksseitiger ND mit Neglect: Je länger ein Stimulus, desto weiter ragte er in den vernachlässigten linken Raum hinein und verursacht wie bei klassischen Durchstreichaufgaben oder beim Linienhalbieren Auslassungen auf der linken Seite in Form von nichtgelesenen Buchstaben, nicht durchgestrichenen Zielreizen oder nicht wahrgenommenen linksseitigen Linienabschnitten.

Neben der Lexikalität und Stimuluslänge ist der Wortfrequenzeffekt bei ND gut untersucht, der mit dem Effekt bei Gesunden vergleichbar ist und daher in den Studien der vorliegenden Analyse nur einen untergeordneten Stellenwert hatte: hochfrequent in der deutschen Sprache vorkommende Wörter haben weniger Lesefehler zur Folge, eine niedrige Wortfrequenz eine höhere Fehlerrate (Arduino et al., 2002a; Ellis et al., 1987; Hillis & Caramazza, 1995a, 1995b; Lee et al., 2009; Riddoch et al., 1990; Stenneken et al., 2008). Die Wortfrequenz scheint in diesen Studien nicht direkt mit Fehlertypen assoziiert zu sein. Neben den bereits genannten Effekten kann auch größere Vertrautheit von Wörtern (wie bei Gesunden) einen positiven Einfluss auf die Lesequalität bei ND haben (Moore & Demeyere, 2019; Caramazza & Hillis, 1990a); aber auch hier ohne direkte Auswirkung auf einen bestimmten Fehlertyp. Die Konkretheit, grammatische Klasse oder Regularität eines Wortes wurde kaum mit ND in Zusammenhang gebracht (Arguin & Bub, 1997; Haywood & Coltheart, 2001), hat aber auch bei Gesunden weniger Einfluss als die oben diskutierten Effekte (Aghababian & Nazir, 2000; Carreiras et al., 2014; Coltheart et al., 2001).

Neben lexikalischen und sublexikalischen Merkmalen, die beim Lesen von einzelnen Wörtern relevant sind, spielen Morphologie, Semantik und Syntax beim Lesen bei ND eine Rolle: Lesefehler bei ND werden bei Vorsilben vor allem an morphologischen Grenzen gemacht; somit können orthographisch-morphologische Strukturen bei ND verarbeitet werden (Arduino et al., 2002b; FRANZIOIA et al., 2021; Friedmann & Gvion, 2005; Manoulidou et al., 2012). Zusammengesetzte Wörter — insbesondere solche mit Präfixen — die nach Weglassen eines Wortteils oder Präfixes weiterhin ein existierendes, sinnvolles Wort ergeben, führen bei ND häufiger zu Fehlern, v.a. zu Auslassungen entsprechender Buchstaben oder Wortteile (Behrmann et al., 1990; Costello & Warrington, 1987; FRANZIOIA et al., 2021; Ptak et al., 2012; Manoulidou et al., 2012; Reinhart, Schunck et al., 2016). Wörter hingegen, die nach Weglassen einzelner Buchstaben keinen sinnvollen Rest ergeben, führen tendenziell eher zu Substitutionen (Reinhart, Schunck et al., 2016). Auch andere AutorInnen berücksichtigten bei morphologischen Effekten die Fehlertypen (Marelli et al., 2011; Semenza et al., 2011; Reznick & Friedmann, 2015; FRANZIOIA et al., 2021): Sie stellten fest, dass bei ND beim Lesen von Komposita links ausgerichtete Wortstamm-Bestandteile keine oder weniger Auslassungen auf der vernachlässigten Seite aufwiesen, während links ausgerichtete Affixe häufig ausgelassen wurden; Komposita mit rechts ausgerichtetem Wortstamm und links ausgerichteten Affixen waren fehleranfälliger. Die AutorInnen argumentierten zum einen, dass Buchstaben des Wortstamms die Aufmerksamkeit Richtung vernachlässigte Seite triggern kann, und zum anderen, dass eine frühe morphologische, orthographisch-visuelle Analyse von Wörtern oder Wortteilen stattfindet, bevor überhaupt der Zugriff auf das Lexikon und die Semantik erfolgt. Allein das Vorhandensein von linguistischen Strukturen scheint hier die räumliche Explorationsfähigkeit bei ND zu verbessern (Veronelli, Guasti, et al., 2014).

Obwohl in Kapitel 4 der vorliegenden Arbeit erhaltene lexikalische Strukturen (Lexikalität, Wortlänge, Vokal-Konsonanten-Status, Silbenzahl u.a.) nur bei Substitutionen untersucht wurden, schließt dies nicht aus, dass diese Effekte nicht auch bei Auslassungsfehlern zu finden wären (bis auf die Wortlänge, der bei Auslassungen definitionsgemäß verkürzt ist). Trotz des Fokus auf Lesefehler ist

zu berücksichtigen, dass bei ND in der Regel auch ein — teils beträchtlicher — Anteil korrekter Antworten beobachtet wird, bei denen nicht nur lexikalische und sublexikalische, sondern auch perzeptuelle Verarbeitungsprozesse fehlerfrei ablaufen.

Sprachliche Merkmale blieben demnach bei ND (ähnlich wie bei gesunden Personen) über zahlreiche Studien und Sprachen hinweg zugänglich und weitgehend erhalten. Dazu zählen unter anderem die Identifikation von Wortstämmen, Komposita, unumkehrbaren Doppelbenennungen, Betonungen, Akzenten sowie weniger salienten Wortbestandteilen wie Suffixen. Abhängig von der Zusammensetzung der Stimuli gingen diese Merkmale mit unterschiedlichen Fehlertypen einher, darunter Auslassungen, Additionen oder Substitutionen (Costello & Warrington, 1987; Reinhart, Schunck et al., 2016; Ronchi et al., 2016; Tegnér & Levander, 1993). Insgesamt gab es trotz unterschiedlichster Stimuli über sehr viele Studien hinweg Hinweise, dass die Verarbeitung lexikalisch-orthographischer, semantisch-morphologischer bzw. generell linguistischer Informationen bei ND möglich und erhalten ist, auch wenn das konkrete Vorlesen dann eventuell nur defizitär gelingt.

5.4.3 Durchführungsvarianten

Ebenso wie Subjekt- und Stimulusvariablen müssen auch die Durchführungsvarianten und die experimentellen Bedingungen systematisch berücksichtigt werden, da sie maßgeblich beeinflussen, welche kognitiven Prozesse und Fehlermuster erfasst werden. Die Auswertung der Ergebnisse ergab dabei Folgendes: Eine bei ND variierte Durchführungsvariante ist eine verkürzte Darbietungszeit, die insgesamt die Auftretenshäufigkeit der Lesefehler, die über das Wort verteilt waren, erhöht. Bei sehr kurz, z.B. tachistoskopisch dargebotenen Stimuli, können keine korrigierenden Blickbewegungen ausgeführt werden, wodurch die gegebenen Antworten und ihre Fehler vorrangig aus retinozentrischer Perspektive beurteilt werden können und zu insgesamt vielen Fehlern führt. Eine unbegrenzte Darbietungszeit hingegen verursacht insgesamt zwar weniger Fehler, aber v.a. typische und spezifische linksseitige Neglectfehler (Arduino et al., 2006; Ptak et al., 2016). Hier kommt der

Neglect mit den bereits oben diskutierten defizitären Blickbewegungen zum Tragen, der eine visuelle Exploration auf die betroffene Seite erschwert und somit mehr zu den lateralisierten Neglectfehlern mit Neglectpoint führt. Die eher gleichmäßige Verteilung der Lesefehler bei sehr kurzer Darbietungszeit ohne den Einfluss von Neglect und Augenbewegungen lässt nach diesem Modell Substitutionen wahrscheinlicher werden. Umgekehrt könnten längere Darbietungszeiten, die einen bestehenden Neglect und eine eingeschränkte Sakkadenperformanz stärker wirksam werden lassen, mit einer Zunahme von Auslassungen einhergehen. Diese Effekte konnten in der Literatur aber nicht gefunden werden. Variationen der Darbietungszeit schienen keinen eindeutigen Effekt auf die Auftretenshäufigkeit bestimmter Fehlertypen zu haben. Dieser fehlende Effekt lässt sich durch die Interaktion verschiedenster Faktoren in den nur wenigen vorhandenen Studien zur variierten Darbietungszeit erklären.

Crowding schien Einfluss auf das Auftreten der Fehlertypen bei ND zu haben: Während größere Abstände zwischen den Buchstaben das Wort räumlich verlängern und mit einer Zunahme (neglecttypischer) Auslassungen einhergehen, zeigten Daini et al. (2021), dass bei ND mit vorrangigen Substitutionsfehlern zugleich auch der räumliche Aufmerksamkeitsfokus reduziert ist. Umgekehrt generieren NeglectpatientInnen mit einem fokalen Aufmerksamkeitsdefizit eher Substitutionen beim Lesen von Wörtern und aussprechbaren Nichtwörtern. Daini et al. (2021) erklärten dies folgendermaßen: Eine gute fokale Aufmerksamkeit auf einen kleinen fovealen Bereich erlaubt eine hohe räumliche Auflösung, verbessert die visuelle Genauigkeit und die Merkmalserkennung, und beschleunigt den Merkmalsintegrationsprozess. Bei herabgesetzter Aufmerksamkeit hingegen führen verlangsamte und verschlechterte Verarbeitungsprozesse zu einem Verschwimmen oder Überlappen der einzelnen Buchstaben bzw. Buchstabenteile (Crowding) und damit zu Substitutionsfehlern. Dies gälte nicht nur für ND vom "Substitutionstyp", sondern generell auch für andere periphere Dyslexien. Ronchi et al. (2016) hingegen erklärten das Entstehen von Substitutionen (und gleichzeitig Perseverationen bei Durchstreichtests) mit einem Inhibitionsdefizit, einer fehlenden Unterdrückung von unpassenden Antworten, die aus dem mentalen Lexikon fälschlicherweise aktiviert werden.

Andere Befunde schlussfolgern jedoch keine spezifische Verknüpfung von beeinträchtigten Aufmerksamkeitsprozessen mit Substitutionen: Sakkaden sowie langsame Augenfolgebewegungen sind eng mit den neuronalen Aufmerksamkeitsnetzwerken verbunden; eine Störung der Augenbewegung führt daher nicht nur zu Auslassungsfehlern, sondern in der Regel auch zu einer Beeinträchtigung der visuellen Aufmerksamkeit und Blickkontrolle (Chen et al., 2017; Corbetta, 1998; Poschenrieder & Kerkhoff, 2024).

Bei der Durchführung von Experimenten erprobten einige Studien die Wirkung von einzelnen gängigen Neglecttherapien auf ND. Diese erwiesen sich zum Teil als Korrelate, die die betrachteten Fehlertypen unterschiedlich beeinflussen: Modulationen des egozentrischen Referenzrahmens wie Kopffrotation (Reinhart et al., 2010) oder optokinetische Stimulation (Reinhart et al., 2011) verbessern vor allem einen lateralisierten, visuell-räumlichen Neglect und vermindern bei ND die lateralisierten Auslassungen von ganzen Wörtern auf Textebene bzw. egozentrischer Ebene. Auch bei Daini et al. (2013) verbessert die optokinetische Stimulation (OKS) — wie bereits bei den Subjektvariablen in 5.4.1 diskutiert — die häufig mit Neglect einhergehenden defizitären Augenbewegungen und vermindert damit die Auftretenshäufigkeit der Auslassungsfehler, allerdings nicht die Auftretenshäufigkeit von Substitutionen. Auch die mangelnde Awareness der Lesestörung ist eng mit (schwererem) visuell-räumlichem Neglect verknüpft (Moore et al., 2020; Beschin et al., 2014; Ptak et al., 2012). Diese Ergebnisse unterstreichen klar eine Assoziation von egozentrischem Neglect, defizitärer Sakkadenperformanz, mangelnder Awareness und Auslassungen bei egozentrischer ND, die sich hier vor allem visuell-räumlich präsentiert und als Defizit auf früherer Verarbeitungsstufe erklärt werden kann (Jackson & Coltheart, 2012; Moore & Demeyere, 2020).

ND-Ausprägungen treten aber nicht nur egozentrisch, sondern auch auf stimuluszentrierter oder wortzentrierter Repräsentationsebene auf (Moore & Demeyere, 2023) und können dann nicht von neglect-therapeutisch eingesetzten Modulationen wie der optokinetischen Stimulation oder Kopffrotation profitieren. Diese weiteren, stimulus- oder wortzentrierten ND-Klassifikationen können nur mit variierten Darbietungen auf unterschiedlichen räumlichen Wortdarbietungs-Dimensionen

festgestellt werden, was jedoch nur wenige Studien untersuchten. Moore & Demeyere (2023) präsentierten z.B. einen Einzelfall mit Lesefehlern immer am Wortende, also auf wortzentrierter Ebene und unabhängig von kanonischer, vertikaler oder gespiegelter Präsentation. Vertikale, um 180°-rotierte, oder gespiegelte Darbietungen können so zwischen einer egozentrierten ND, die v.a. durch Auslassungen auf der ND-Seite betroffen ist, und wortzentrierter ND mit gemischten Fehlertypen am Wortanfang (oder nur am Wortende) unterscheiden (Moore & Demeyere, 2023). Auf den stimulus- bzw. wortzentrierten Repräsentationsebenen von ND wurden tendenziell höhere Auftretenshäufigkeiten von Substitutionen beobachtet (Miceli & Capasso, 2001; Moore & Demeyere, 2019, 2020; Moore et al., 2023). Zudem scheint eine stimulus- oder wortzentrierte ND häufiger rechts und im Zusammenhang mit einer gewissen „bewussten Wahrnehmung“ der fehlerhaft gelesenen Buchstaben aufzutreten (Moore et al., 2020). Lesefehler bei wortzentrierter ND, die gleichzeitig häufig aus Substitutionen bestehen, können demnach nicht durch Neglect erklärt werden, sondern müssen anderen Mechanismen zugeschrieben werden. Es bestehen also deutliche Hinweise auf eine doppelte Dissoziation zwischen egozentrischem, visuell-räumlichem Neglect mit vorrangig Auslassungen einerseits und lateralisierter stimulus- bzw. wortzentrierter ND andererseits (Caramazza & Hillis, 1990a; Friedmann & Nachmann-Katz, 2004; Moore & Demeyere, 2018) — tendenziell mit vorrangig Substitutionen.

Moore und Demeyere (2023) erklären die wortzentrierte ND mit einhergehenden exekutiven bzw. Inhibitionsdefiziten: Trotz erhaltener phonologischer Route wird versucht, die Wörter als „Ganzes“ über die lexikalische Route zu identifizieren, was misslingt und orthographisch-ähnliche oder hochfrequentere Nachbarn aktiviert und zu Substitutionen führt, da die Inhibition von möglichen anderen Wörtern gestört ist und damit für Interferenz sorgt (Jackson & Coltheart, 2012). Die Lateralität dieser wortzentrierten ND, die durch lateralisierte Fehler im Wort unabhängig von dessen Position im visuellen Feld gekennzeichnet ist, könnte am ehesten als sprachlich-repräsentational bezeichnet werden, nämlich einerseits analog zur Neglectausprägung in der mentalen Repräsentation, andererseits gleichzeitig unabhängig von visuell-räumlichem Neglect und

mit sprachlichen Netzwerken konfundiert. Denn das Lesen ist hier ganz spezifisch betroffen und zeigt mit der Verarbeitung sprachlicher Komponenten eine gewisse "Awareness" der Störung, wie es für Substitutionsfehler typisch ist.

Insgesamt können die Fehlertypen bei ND durch Crowding, dimensionale Präsentation und optokinetische Stimulation beeinflusst werden und stehen in Zusammenhang mit Beeinträchtigungen bzw. Veränderungen der Aufmerksamkeit und der Exekutivfunktionen.

5.4.4 Auswertungsvarianten

Die Ergebnisse der Auswertungsvarianten werden im Folgenden dargestellt; sie spielen insgesamt eine große Rolle für die Interpretation der Auftretenshäufigkeit bestimmter Fehlertypen. Abhängig von der Fehlerdefinition und von der Genauigkeit der Analyse der Fehlertypen und Fehlerpositionen kann die Auftretenshäufigkeit von Substitutionen und Auslassungen variieren. Werden z.B. nur Neglectfehler nach klassischer Definition mit Neglectpoint (Ellis et al., 1987) ausgewertet, werden zwangsläufig nur bestimmte lateralisierte Lesefehler betrachtet. Neglectfehler mit Neglectpoint sind ein sehr konservatives Maß. Hier sind quasi Fehlertyp und Fehlerposition in einer Definition festgelegt, lassen keine anderen Fehlertypen und -positionen zu und stellen damit sicher, dass die Fehler allein aufgrund ihrer Definition sehr wahrscheinlich durch visuell-räumlichen Neglect bedingt sind. Damit kann kein umfassendes Bild der Fehlertypen erzeugt werden. Demgegenüber können die Analyse von anderen bzw. allen Lesefehlern auch andere pathologische Mechanismen aufdecken (Daini et al., 2021). Diese typischen, linksseitigen Neglectfehler mit Neglectpoint hatten aber tatsächlich die meisten Studien ausgewertet, zum Teil ausschließlich, zum Teil ergänzend, und zum Teil mit etwas veränderter, gelockerter Definition. Neben Neglectfehlern wurden auch buchstabenweise Auswertungen inkludiert, die mehrere Fehlertypen pro gelesenes Wort zuließen.

Da die Definitionen von ausgewerteten Neglectfehlern und Fehlertypen sehr heterogen waren, mussten die Studien nach einer einheitlichen Definition von Fehlertypen ausgewertet

werden, um sie miteinander vergleichen zu können. Das führte dazu, dass manche Studien, die Substitutionen als vorrangigen Fehlertyp angegeben hatten, nach der Definition der vorliegenden Studien anhand des Stimulus-Antwort-Längenvergleichs hier als Auslassung gewertet wurden, wenn z.B. trotz Substitutionsdominanz vor allem verkürzte Antworten gegeben wurden. In manchen Studien wurde eine „ungefähr“ erhaltene Wortlänge (+/-1 oder +/-2) angegeben, obwohl dies auch mehr Auslassungen oder (unwahrscheinlicher) Additionen entsprechen könnte (z.B. Miceli & Capasso, 2001). Diese Unterschiede in der Definition könnte auch in der vorliegenden Analyse die Ergebnisse beeinflusst haben. Um auch in Zukunft eine Vergleichbarkeit von Studien herstellen zu können, ist bei der Auswertung von gelesenen Wörtern eine exakte und einheitliche Fehlertypendefinition — idealerweise an der Antwortlänge orientiert — notwendig und keine ausschließliche Einengung auf Neglectfehler mit Neglectpoint.

Festzuhalten ist, dass die meisten Einzelfall- oder Gruppenstudien sowohl Auslassungen als auch Substitutionen in hoher Auftretenshäufigkeit angaben, während Additionen nur unter besonderen Bedingungen in höherer Zahl auftreten, z.B. bei vertikaler Präsentation bei wortzentrierter ND, bei doppelter Dissoziation zwischen Neglect und ND bzgl. Lateralität, oder bei Stimuli, die durch Ergänzung von Buchstaben/Affixen ein höherfrequentes Wort ergeben. Es gibt nur wenige PatientInnen, die fast ausschließlich Substitutionen machen, aber einen sehr hohen Anteil an Studien, die sehr hohe Auslassungszahlen über 75% der Gesamtfehlerzahl angeben.

Insgesamt ergaben die Auswertungen deskriptiv deutlich mehr Studien mit vorrangig Auslassungen als mit vorrangig Substitutionen, wobei die Studien mit vorrangig Auslassungen häufig Gruppenstudien waren und Studien mit vorrangig Substitutionen eher Einzelfallstudien waren. Damit können Auslassungen als relativ stabiles Ergebnis über mehrere Korrelate hinweg als häufigster Fehlertyp bei ND charakterisiert werden. Dass Auslassungen vor allem am linken Wortrand gemacht wurden, unterstreicht den engen Zusammenhang dieses Fehlertyps und dieser Fehlerposition mit visuell-räumlichen Neglect. Substitutionen hingegen waren in der untersuchten Literatur eher über das Wort verteilt.

5.5 Zusammenfassende Diskussion des Scoping-Reviews

Fehlertypen sind beim Einzelwortlesen ein zentrales Merkmal von ND und für ihre Definition maßgeblich. Ziel dieses Scoping-Reviews war es, die Auftretenshäufigkeit der beiden zentralen, determinierenden Fehlertypen bei ND, Auslassungen und Substitutionen, systematisch zu erfassen, die Dominanz von Auslassungsfehlern zu bestätigen, und die damit verbundenen Korrelate (insbesondere Auslassungen und visuell-räumlicher Neglect) sowie deren zugrunde liegenden Mechanismen zu bestimmen. Darüber hinaus sollte geklärt werden, ob sich die erhebliche Heterogenität und methodische Variabilität der analysierten Studien ND als ein intrinsisches Merkmal des Störungsbildes darstellt oder ob es relativ homogene Subgruppen der ND gibt. Insgesamt wurden viele Korrelate auf Subjekt-, Stimulus-, Durchführungs- und Auswertungsebene identifiziert, die die Fehlerzahl und die Häufigkeit von Substitutionen und Auslassungen unterschiedlich beeinflussen. In diesem Review wurden Korrelate von Lesefehlern als Merkmale verstanden, die systematisch zusammen mit bestimmten Fehlertypen auftreten. Aufgrund des beschreibenden Ansatzes lassen sich zwar keine Kausalitäten ableiten; dennoch können wahrscheinliche Zusammenhänge identifiziert und potenzielle Determinanten sichtbar gemacht werden. Besonders hervorzuheben ist der methodische Charakter einiger identifizierter Korrelate: In vielen vorliegenden Studien ist nicht auszuschließen, dass methodische Artefakte die zugrundeliegenden Mechanismen von ND überlagern und damit deren eigentliche Struktur nur unzureichend abbilden. Es ist also möglich, dass eine gewisse Heterogenität zwischen den analysierten Studien primär aus methodischer Variabilität der Studien resultiert.

Gerade die Art und Weise, wie Fehlertypen definiert werden, beeinflusst entscheidend, welcher Fehlertyp als dominant erscheint. Aus diesem Grunde wurde in dieser Studie als methodische Besonderheit eine einheitliche Fehlerdefinition festgelegt, nach der verkürzte Antworten als Auslassungen, und Antworten mit erhaltener Länge als Substitutionen klassifiziert werden.

Unter Anwendung dieser Definition der Antwortlänge kristallisierten sich mindestens zwei Ausprägungsgruppen von ND heraus: eine große, recht homogene Gruppe von Studien bzw. ProbandInnen mit vorrangig linksseitigen Auslassungen im Zusammenhang mit visuell-räumlichem Neglect, und eine kleinere, eher heterogene Gruppe von besonderen Einzelfällen und Studien mit einer vorrangigen Auftretenshäufigkeit von Substitutionen.

Die Ergebnisse des Scoping-Reviews sprechen dafür, dass Auslassungen am häufigsten sind. Sie zeigen sich vor allem bei linksseitiger, egozentrierter ND nach rechtshemisphärischer Läsion und treten meist im Zusammenhang mit ebenfalls egozentriertem, gleichlateralisiertem visuell-räumlichem Neglect (Beschin et al., 2014; Lee et al., 2009; Vallar et al., 2010) sowie mit einer defizitären Sakkadenperformanz der Augen auf (Young et al., 1991; Martelli et al., 2011). Eine defizitäre Sakkadenperformanz und eingeschränkte Aufmerksamkeitsausrichtung auf die betroffene linke Seite, typische Symptome des visuell-räumlichen Neglects, führen also nicht nur in Neglecttests, sondern auch beim Lesen zu linksseitigen Auslassungen. Daher sind Neglecttherapien wie optokinetische Stimulation und Prismenadaptation nicht nur bei Neglect, sondern auch bei ND-spezifischen Auslassungen wirksam. Größere Abstände zwischen den Buchstaben erhöhen durch ihre ausgedehntere Wortlänge zusätzlich die Auftretenshäufigkeit der Auslassungsfehler, die durch defizitäre Sakkadenperformanz nicht kompensiert werden kann (Martelli et al., 2011). Auch Stimuli mit reduzierten lexikalischen und sublexikalischen Markern wie beispielsweise Symbole, Zahlen oder Nichtwörter führen zu mehr Auslassungen, weil die eigentlich bei ND erhaltenen und hilfreichen lexikalischen Komponenten hier weitestgehend reduziert werden. Auch der Schweregrad von unilateralem visuo-räumlichem Neglect war in einer großen Gruppenstudie ein signifikanter Prädiktor für die Häufigkeit von ND-Fehlern, insbesondere Auslassungen (Lee et al., 2009). Es gibt zusätzlich einige Berichte über einen Zusammenhang zwischen einer Prävalenz von Auslassungen und einem schwereren Aufmerksamkeitsdefizit, während PatientInnen mit vorrangig Substitutionen ein kleineres Aufmerksamkeitsdefizit zu haben scheinen, da bei Substitutionen das reine Vorhandensein

von Buchstaben enkodiert werden könnte (Arduino et al., 2002b; Behrmann et al., 1990; Ellis et al., 1987).

Auch Studien, die von einer höheren Auftretenshäufigkeit an Substitutionen (im Vergleich zu Auslassungen) berichteten, konnten im direkten Vergleich mit einer gesunden, angepassten Kontrollgruppe wie bei Weinzierl et al. (2012) Auslassungen als neglectspezifisch präzisieren. Zudem kann die Analyse der Fehlerpositionen die Spezifität von ND-Fehlern klären: Auslassungen werden v.a. linksseitig bzw. kontraläsional bei ND gemacht, Substitutionen verteilen sich eher über das Wort (Daini et al., 2013, 2021; Martelli et al., 2011; Weinzierl et al., 2012). Bei Berücksichtigung verschiedener Repräsentationsebenen schien eine egozentrische ND im Vergleich zu stimulus- oder wortzentrierter ND häufiger mit Neglect, Auslassungen beim Textlesen, mangelnder Awareness, perzeptuell-räumlichen Schwierigkeiten und schließlich Auslassungen auf Wortebene einherzugehen, was auf ein Defizit auf früherer Verarbeitungsstufe hinweist. In diesem Review wird als Entstehungsmechanismus von Auslassungen der unilaterale, visuell-räumliche Neglect angenommen. Auslassungen sind als vorrangiger Fehlertyp damit klar als neglectspezifisch einzuordnen, und bei entsprechender, differenzierender ND-Definition auch als ND-spezifisch zu interpretieren.

Andererseits werden bei ND trotz Vorrangigkeit von Auslassungen viele Substitutionen hervorgebracht; diese kommen gerade bei besonderen Einzelfällen sehr häufig und prominent vor, z.B. bei PatientInnen mit untypischen, linkshemisphärischen oder bilateralen Läsionslokalisationen (z.B. Moore et al., 2020), mit doppelten Dissoziationen zwischen ND und Neglect mit lateralitätsbezogen jeweils entgegengesetzten Ausprägungen (Costello & Warrington, 1987; Cubelli et al., 1991; Katz & Sevush, 1989; Moore & Demeyere, 2020; Moore & Demeyere, 2023; siehe auch Vallar et al., 2010), bei ND ohne Neglect (Arduino et al., 2005; Cantoni & Piccirilli, 1997; Costello & Warrington, 1987; Friedmann & Nachmann-Katz, 2004; Haywood & Coltheart, 2001; Moore & Demeyere, 2019; Patterson & Wilson, 2007; siehe auch Vallar et al., 2010) bzw. fehlender Korrelation zwischen ND und Neglect (Reinhart et al., 2013). Auch eine seltener auftretende stimulus- oder wortzentrierte ND wurde eher bei rechtsseitiger ND und eher ohne Neglect beschrieben, dafür aber

mit einer gewissen „bewussten“ Wahrnehmung der fehlerhaft gelesenen Buchstaben (durch das aktivierte Lexikon) und mit vorrangig Substitutionen. Das Lesen ist hier eher spezifisch betroffen. PatientInnen mit einer größeren Awareness bzw. Bewusstheit machen offensichtlich auch mehr Perseverationen, die das Lesen bei ND erleichtern und zu weniger Auslassungen und gleichzeitig mehr Substitutionen führen (Ronchi et al., 2016).

Aufgrund der Heterogenität der PatientInnen mit vorrangig Substitutionen gab es zahlreiche theoretische Erklärungen für die Entstehung von Substitutionen: Generell erschwerte Lesebedingungen bzw. beeinträchtigte Wortverarbeitung, die Stimulusdichtetheorie, Crowding, fokales Aufmerksamkeitsdefizit oder eingeschränkte Inhibitionsfähigkeit (Moore & Demeyere, 2023). Hier liegt es nahe, dass es (im Gegensatz zu den neglectassozierten Auslassungen) keinen einzelnen, spezifischen Erklärungsmechanismus für die Entstehung von Substitutionen gibt. Ein einziges Modell kann nicht auf alle anderen, substitutionsgeprägten Erscheinungsbilder von ND projiziert werden. Es ist wahrscheinlicher, dass mehrere Erklärungsmöglichkeiten (z.B. Crowding, Aufmerksamkeitsdefizit, exekutive Einschränkungen) zutreffen können oder sogar gleichzeitig auftreten und interagieren können.

Mit diesem Scoping-Review lassen sich neben der Untersuchung der Korrelate und Entstehungsmechanismen der ND auch die zentralen Fragen adressieren, ob es homogene Subgruppen gibt und ob die Lesestörung lediglich als Satellitensymptom des visuell-räumlichen Neglects oder als eigenständiges Störungsbild zu verstehen ist (Moore & Demeyere, 2017). Zeigen sich überwiegend linksseitige Auslassungen und entsprechen die Befunde typischen Neglectmechanismen, spricht dies auf Basis der analysierten Studien eher für ein abhängiges Satellitensymptom von Neglect, wobei sprachspezifische Einflüsse weiterhin berücksichtigt werden müssen. Treten dagegen vor allem Substitutionen auf und finden sich in den entsprechenden Studien Korrelate, die für Neglect untypisch sind, deutet dies eher auf eine von Neglect unabhängige Lesestörung innerhalb eines heterogenen Spektrums verschiedener Ausprägungen der ND hin. Die funktionelle Unterscheidung zur visuell-räumlichen Neglectsymptomatik wird auch durch

neuroanatomische Befunde gestützt. Neben den für Neglect typischen temporo-parietalen Läsionen, die auch Auslassungen bei ND begünstigen könnten, finden sich weitere, davon abweichende anatomische Korrelate, die im Zusammenhang mit ND berichtet werden und womöglich Substitutionsfehler erklären könnten (Lee et al., 2009, Ptak et al., 2011, Vallar et al., 2010).

Obwohl im Rahmen dieses Reviews die Erfassung von Fehlern im Mittelpunkt standen, sei abschließend betont, dass viele PatientInnen in zahlreichen Studien auch einen erheblichen Anteil korrekt gelesener Wörter zeigten. Dies unterstreicht, dass bei ND nicht nur Defizite bestehen, sondern auch wesentliche sprachliche und kognitive Ressourcen erhalten bleiben.

Zusammenfassend lässt sich die ND als zweigeteiltes Phänomen beschreiben, das diagnostisch nicht nur unterschieden, sondern womöglich auch mindestens zweier getrennter Diagnosen bedarf: Einerseits als eine egozentrische, neglectassoziierte und in sich recht homogene Form mit vorrangig Auslassungen, und andererseits als ein heterogenes Spektrum an Ausprägungen mit vorrangig Substitutionen und unterschiedlichen Erklärungsansätzen. Angesichts dieser Variabilität kann nur eine spezifische, individuelle Diagnostik, die verschiedene Subjekt- und Stimulusvariablen ebenso berücksichtigt wie mögliche Durchführungs- und Auswertungsvarianten, fundierte therapeutische Entscheidungen und passgenaue Interventionen ermöglichen. Die Erstellung und Normierung einer einfach und zügig durchzuführenden Testbatterie, die all diese Aspekte berücksichtigt, steht allerdings noch aus und wäre der nächste zu gehende Schritt.

Die bisherige Forschung hat das komplexe Phänomen der ND häufig in sehr vereinfachter Weise und als Satellitensymptom von unilateralem visuell-räumlichem Neglect betrachtet. Zukünftige Arbeiten sollten demgegenüber die Vielfalt der Störung — auch unabhängig von Neglect — stärker berücksichtigen, unterschiedliche Fehlertypen systematisch einbeziehen und die Interaktion potentieller Korrelate sowie zugrunde liegender Mechanismen umfassender untersuchen. Dabei ist es insbesondere erforderlich, methodische Einflussfaktoren explizit zu

berücksichtigen und mögliche Verzerrungen durch methodische Artefakte zu reflektieren, um dieses heterogene, mehrschichtige Phänomen adäquater und realistischer abzubilden und zu erklären.

6 Allgemeine Diskussion

Die folgende Diskussion verknüpft die Ergebnisse zweier empirischer Studien mit den Befunden eines Scoping-Reviews, um zentrale Muster, Unterschiede und offene Fragen zu Fehlertypen bei ND systematisch einzuordnen. Ziel und übergeordnete Fragestellung der vorliegenden Dissertation ist es, das Störungsbild der ND und seine unterschiedlichen Erscheinungsformen besser zu definieren, zu spezifizieren, zugrunde liegende Erklärungsmechanismen und mögliche Facetten von ND zu identifizieren.

Dafür wurden gezielt ND-spezifische Fehlermuster, im Besonderen die beiden häufigsten Fehlertypen, Auslassungen und Substitutionen, und ihre entsprechenden Korrelate untersucht und in die heterogene Studien- und Ergebnislage eingeordnet und damit vergleichbarer gemacht. Die vorliegenden Befunde greifen damit eine seit Langem geführte Diskussion in der Literatur auf, in der wiederholt hinterfragt wurde, welcher Fehlertyp dominiert, wie Auslassungen und Substitutionen entstehen, mit welchen Korrelaten sie assoziiert sind und wie diese Muster theoretisch zu erklären sind (Arduino et al., 2002b; Daini et al., 2025; Ellis et al., 1987). Während in der Literatur zuvor die beiden Fehlertypen Auslassung und Substitution zwar stets als Definitionsbestandteil von ND verwendet, aber nur eingeschränkt untersucht wurden, analysiert die vorliegende Arbeit die Auftretenshäufigkeiten der beiden Fehlertypen erstmalig sehr nuanciert. Durch die systematische Zusammenführung und vergleichende Analyse von Befunden ermöglicht die vorliegende Arbeit eine differenziertere Einordnung der ND und schafft eine empirische Grundlage für zukünftige diagnostische, therapeutische und theoretische Weiterentwicklungen.

Die drei Studien (Kapitel 3, 4 und 5), das Herzstück der vorliegenden Arbeit, adressierten die Fragestellungen mit unterschiedlicher Methodik aus komplementären Perspektiven, waren aber konzeptionell ähnlich durch die zentrale Betrachtung der typischen Fehlertypen. Die ersten beiden Studien erfassten dabei empirisch gewonnene Daten einer ND-Gruppe und von unbeeinträchtigten

Kontrollpersonen, während die dritte Studie im Rahmen eines Scoping-Reviews die komplette Forschungslage zu Fehlertypen bei ND darstellte.

Es wurden die folgenden zentralen Erkenntnisse erzielt: Beim Einzelwortlesen zeigten sich Auslassungen im Vergleich zu einer gesunden Kontrollgruppe im Gegensatz zu Substitutionen ND-spezifisch mit einem nahezu linearen Neglectgradienten. Bei Substitutionen waren alle erhobenen linguistischen Parameter wie bei Gesunden erhalten, demgegenüber waren aber im Vergleich zu Gesunden Unterschiede in der perzeptuell-räumlichen Verarbeitung zu erkennen. Die Literaturanalyse zeigte auf, dass sich ND über viele Studien hinweg betrachtet deutlich differenzierter, womöglich sogar in mindestens zwei Unterformen präsentieren kann. So zeigten sich eine homogene Gruppe von Studien mit „klassischer“, neglectassoziierter ND mit vorrangig Auslassungen und Blickbewegungsstörungen, und eine heterogene Gruppe von eher untypischen ND-Fällen, die vorrangig Substitutionen realisierten. Damit konnte auch eine differenzierte Einordnung der ND in Bezug auf den unilateralen, visuell-räumlichen Neglect vorgenommen werden.

6.1 Kritische Diskussion der drei Studien

Im Folgenden werden die Fragestellungen der drei Studien (Kapitel 3, 4 und 5) in der Zusammenschau kritisch diskutiert. Über alle drei Studien hinweg zeigte sich konsistent, dass Auslassungs- und Substitutionsfehler die häufigsten und wichtigsten Fehlertypen sind und Auslassungen dabei dominieren. Dabei lassen sich unterschiedliche sensitivitätsabhängige Befundmuster beobachten. Die Frage, welcher Fehlertyp nun spezifisch für ND ist, muss differenzierter und in Abhängigkeit von vielen, die Fehlertypen beeinflussenden Korrelaten beantwortet werden. Denn bestimmte Fehlermuster mit einzelnen, vorrangigen Fehlertypen treten nur unter bestimmten Bedingungen auf, je nachdem, welche Stichprobe erhoben wird, welches Stimulusmaterial verwendet wird und wie sensitiv das eingesetzte Paradigma, die Fehlertaxonomie, oder die positionsspezifische Analyse ist. Damit erscheinen einige der Effekte, dass in der Literatur

mal Auslassungen, mal Substitutionen dominieren, weniger widersprüchlich, sondern vielmehr als Ausdruck unterschiedlicher methodischer Sensitivität.

6.1.1 Bedeutung des methodischen Vorgehens

Das methodische Vorgehen spielte damit auch in den ersten beiden Studien der vorliegenden Arbeit mit einem quantitativen und qualitativen Vergleich von Fehlertypen und Fehlerpositionen bei ND eine große Rolle. Der Vergleich von ND mit einer Kontrollgruppe bzgl. Fehlertypen war in den ersten beiden Studien zum Publikationszeitpunkt (Weinzierl et al., 2012) neuartig. Die Stichprobengröße erscheint aus streng statistischer Sicht zwar begrenzt, übertrifft jedoch die in der ND-Forschung bislang üblichen Fallzahlen deutlich und erlaubt damit belastbarere Aussagen als Einzelfallanalysen.

Die Zusammensetzung der Stichprobe selbst war in den ersten beiden Studien allerdings aufgrund der heterogenen Einschlusskriterien (mindestens zwei auffällige Neglecttests) und der häufig auftretenden Assoziation von ND und unilateralem visuell-räumlichen Neglect bisher methodisch schwer zu kontrollieren. Das Dilemma der Einschlusskriterien konnten auch andere Studien zu ND bisher nicht ganz auflösen: Da noch keine normierten und standardisierten „reinen“ ND-Tests existieren, werden in den Vortests entweder Neglecttests oder je nach Fragestellung unterschiedliche Wörter, Nichtwörter, Zahlen, Textspalten, Zeitungstexte, eingerückte Texte usw. in den Vortests verwendet. Reinhart und Kerkhoff (2016) machten mit ihrem „Neglect Dyslexie Test“ zwar schon einen guten Vorschlag, allerdings kann dieser nur linksseitige ND identifizieren und ist nur mit einer sehr kleinen und natürlich nur deutschen Stichprobe erprobt. Während Neglecttests weltweit in verschiedenen Ländern und Kulturen angewandt werden können, müssen Tests für ND in jeder Sprache separat entworfen, normiert und standardisiert werden.

Die betrachteten Studien unterliegen damit in gewissem Maße einem zirkulären Vorgehen: Die jeweils studienspezifisch festgelegten Einschlusskriterien beeinflussen die Zusammensetzung der Stichprobe und prägen folglich die Hauptergebnisse, die wiederum genau jene Merkmale abbilden,

die bereits als Einschlusskriterien definiert wurden. Dieses Vorgehen stellt eine methodische Limitation dar und kann sowohl die interne Validität als auch die Generalisierbarkeit der Befunde einschränken; dies ist bei der Interpretation der Ergebnisse entsprechend zu berücksichtigen. Für ein bislang vergleichsweise wenig erforschtes und methodisch noch nicht konsolidiertes Störungsbild wie die ND war ein solches Vorgehen in den frühen Studien jedoch teilweise schwer zu vermeiden.

Vor diesem Hintergrund kommt der Einbezug einer altersangepassten gesunden Vergleichsgruppe und die Durchführung eines Gruppenvergleichs — wie in den ersten beiden Studien der vorliegenden Arbeit umgesetzt — eine zentrale Bedeutung zu, da dadurch zentrale Störfaktoren kontrolliert und die interpretative Aussagekraft der Befunde erhöht werden. Erst nach 2012, dem Publikationsjahr der ersten Studie, wurden Kontrollgruppen in ND-Studien zunehmend häufiger erhoben (z.B. Manfredini et al., 2013; Primativo et al., 2013; Ptak et al., 2016; Reinhart, Schunck et al., 2016; Ronchi et al., 2016). Damit verbesserten sich die Voraussetzungen, ND-spezifische Fehlermuster systematisch von allgemeinen Lese- und Aufmerksamkeitsdefiziten abzugrenzen.

Ein weiterer wichtiger methodischer Gesichtspunkt ist die Art der Durchführung der Experimente. Die empirische Untersuchung von ND erfordert hier eine Abwägung zwischen ökologisch validen Lesesituationen einerseits und experimentell kontrollierten Paradigmen andererseits, um alltagsrelevante Befunde zu erfassen und zugleich potentielle Störvariablen zu minimieren. Entsprechend waren die ersten beiden Studien hinsichtlich der Stimulusauswahl und der Darbietungsbedingungen stark experimentell kontrolliert: Es wurden nach festen Kriterien ausgewählte Einzelwörter verwendet, die zeitlich begrenzt und jeweils einzeln präsentiert wurden. Dies reduziert zwar die ökologische Validität, die Ergebnisse erlauben aber dafür eine bessere theoretische Einordnung der Befunde.

Mit der experimentellen Manipulation (Studien 1 und 2 in Kapiteln 3 und 4), die Aufgabenschwierigkeit bei allen ProbandInnen durch individuelle Darbietungszeiten bei vergleichbarer Fehlerzahl anzupassen, gelang es, zwischen neglect-spezifischen Fehlermustern und

anderen Fehlermustern, die generell mit einer hohen Auftretenshäufigkeit von Lesefehlern einhergehen, zu unterscheiden. Durch die angepassten Fehlerraten in beiden Gruppen wurde verhindert, dass die bei ND gezeigten Fehlermuster allein durch eine erhöhte Fehlerrate (im Verhältnis zur Kontrollgruppe) zustande kamen. Somit konnten Fehler unabhängig von der Quantität qualitativ betrachtet werden. Allerdings bedeutete dies auch, dass jeder Proband eine eigene individuelle Darbietungszeit bekam und damit wieder neue Unterschiede zwischen den teilnehmenden Personen und Gruppen generiert wurden.

Kritisch anzumerken wäre dabei, dass es in der Literatur unterschiedliche Ergebnisse zu den Folgen einer begrenzten Darbietungszeit gibt und damit die Fehlermuster einzelner ProbandInnen durch die Darbietungszeit beeinflusst worden sein könnten (Arduino et al., 2006; Ptak et al., 2016). Unbegrenzte bzw. längere Darbietungszeiten, die weitere Augenbewegungen bzw. Refixationen möglich machen, führten bei ND in einigen Studien tatsächlich — wie in den beiden Studien in Kapitel 3 und 4 angenommen — zu besseren Leseergebnissen, und kürzere Darbietungszeiten entsprechend zu mehr Fehlern, um bei Gesunden oder weniger stark Betroffenen die gleiche Auftretenshäufigkeit bzw. eine vergleichbare Fehleranzahl zu erreichen. Andererseits gibt es auch Berichte, dass bei stark verkürzten Darbietungszeiten unter 200ms, die nur eine einzige Fixation erlauben, unspezifische Lesefehler zunehmen. Gleichzeitig nimmt dabei die Auftretenshäufigkeit lateralisierter ND-Fehler wie Auslassungen und Substitutionen ab, da unter diesen Bedingungen keine neglecttypischen Augenbewegungen möglich sind (siehe Kapitel 2.1.1, Teilergebnis aus Studie 3). Diese neglecttypischen Augenbewegungen werden bei entsprechend langer Darbietungszeit meist verstärkt auf die ipsiläsionale Seite hin gemacht, während die kontraläsionale Seite vernachlässigt wird (siehe Kapitel 2.1.1). Somit könnten bei stark von ND Betroffenen durch verlängerte Darbietungszeiten in Relation mehr linksseitige ND-spezifische Fehlertypen auftreten.

Im Gegensatz dazu würden demnach bei weniger stark Betroffenen und Gesunden bei kürzeren Darbietungszeiten in Relation weniger spezifische Fehler gemacht werden. Da bei gesunden KontrollprobandInnen aber weder linksseitige noch ND-spezifische Fehlermuster zu erwarten sind

und zudem bestimmte Darbietungszeiten nicht mit einem bestimmten Fehlertyp assoziieren (Kapitel 5), mindert die variierte Darbietungszeit die Aussagekraft der Studienergebnisse nicht. Insbesondere bleibt damit die zentrale Beobachtung erhalten, dass sich zwischen ND und Kontrollgruppen deutliche Unterschiede in den Auslassungen zeigen, während bei den Substitutionen vergleichbare Fehlermuster in beiden Gruppen auftreten.

Als weiteres methodisches Novum wurden Substitutionen in der zweiten Studie erstmalig gesondert daraufhin untersucht, inwieweit diese sich bei ND qualitativ linguistisch und perzeptuell von der Kontrollgruppe unterscheiden (Kapitel 4). Im Gegensatz zu Auslassungen sind Substitutionen fehlerhaft gelesene Antworten mit der gleichen Länge wie der jeweilige Stimulus. Jede einzelne Substitution wurde also in einem direkten Vergleich des Stimulus mit der (falsch) gelesenen Substitutionsantwort danach analysiert, ob sie bzgl. der untersuchten Parameter zwischen Stimulus und Substitutionsantwort übereinstimmt. Allerdings war die Datenaufbereitung mit hohem Aufwand verbunden und nur eingeschränkt praktikabel. Insbesondere erwies sich die Operationalisierung visueller Ähnlichkeit sowie die statistische Analyse von Korrelationen zwischen visueller Ähnlichkeit und Fehlerauftretenshäufigkeit in der zweiten Studie als methodisch anspruchsvoll und in der Interpretation teilweise etwas sperrig (siehe Kapitel 4). Für zukünftige Studien wäre zu prüfen, ob vereinfachte und besser vergleichbare Kennwerte, etwa aggregierte Summenmaße visueller Ähnlichkeit pro Wort, eine robustere Analyse ermöglichen könnten.

Als zusätzliche methodische Herausforderung erweist sich in der Auswertung für die beiden empirischen Studien (Kapitel 3 und 4) die nachträgliche Überführung eines vom Lesenden fehlerhaft ausgesprochenen Wortes, das zunächst ausschließlich in phonologischer Form vorliegt, in eine graphematische Repräsentation (zum Dual-Route-Modell siehe auch Kapitel 2.1). Dieses Vorgehen ist einerseits kritisch zu reflektieren, da identische oder ähnliche Lautfolgen besonders bei Nichtwort-Antworten mehreren möglichen graphematischen Realisierungen entsprechen könnten (z. B. „REIV“ oder „REYF“). Andererseits ist trotz dieser Fehleranfälligkeit eine solche Transkription in der Literatur auch in anderen Forschungsbereichen in der visuellen Worterkennung etabliert (Carreiras et al.,

2014; Ferrand & New, 2003; Fromkin, 1973). Transkriptionsfehler können dabei durch die möglichst nahe Orientierung am präsentierten Stimulus und im Kontext der untersuchten Sprache minimiert werden, was auch in dieser Arbeit erfolgte. Wenn der Stimulus z.B. „BRIEF“ war, würde man die Antwort am wahrscheinlichsten mit „REIF“ transkribieren.

Der Umgang mit den empirisch erhobenen Daten bei der Transkription ist auch für die Fehlerauswertung relevant. Um dem Umstand gerecht zu werden, dass viele bisherige Studien unterschiedliche Fehlerdefinitionen und Fehlerauswertungen verwendeten, die auch zu unterschiedlichen Ergebnissen führen könnten (Kapitel 5), wurden in der ersten Studie mehrere verschiedene Auswertungsvarianten vorgelegt (z.B. alle segmentalen Fehler vs. nur Neglectfehler mit „Neglectpoint“, mehrere Fehler pro Wort möglich vs. ein Fehler pro Wort), die jeweils zu vergleichbaren Ergebnissen kamen, dass Auslassungen ND-spezifisch sind. Während kleinere Variationen zu keiner Ergebnisverzerrung führen, ist es demgegenüber relevant, ob alle Lesefehler berücksichtigt oder nur „typische“ Neglectfehler nach dem Neglectpoint-Kriterium ausgewertet wurden (siehe Kapitel 3). Letzteres umfasst definitionsgemäß ausschließlich linksseitige Fehler und damit vorrangig Auslassungen (siehe Kapitel 3 und 5). Auch wenn eine fehlerhafte Antwort in einer Studie als Auslassung, in der anderen aber als Substitution deklariert bzw. definiert wird, oder durch unterschiedliche Einschlusskriterien für die Studien ganz unterschiedliche Probandengruppen untersucht werden, wird ein Vergleich und eine einheitliche Aussage zu Fehlertypen bei ND erschwert.

Die Methodik war daher auch im Review, der dritten Studie (Kapitel 5), zentral für die Auswertung. Das Review aktualisiert nicht nur die Ergebnisse des Reviews von vor 15 Jahren (Vallar et al., 2010), sondern analysiert erstmalig und umfassend Variablen und Varianten, die die Entstehung von Auslassungen und Substitutionen beeinflussen. Die Spannweite streckte sich dabei unter anderem von Einzelfallstudien bis zu Gruppenstudien mit mehreren Kontrollgruppen (siehe Vallar et al., 2010), von „Mehr-Auslassungen-als-Substitutionen“-Aussagen (Arduino et al., 2002b; Primativo et al., 2015; Semenza et al., 2011) bis zu differenzierten Analysen (Arduino et al., 2005;

Arguin & Bub, 1997). Die berücksichtigten Publikationen stammen zudem aus einem Zeitraum von mehreren Jahrzehnten und spiegeln damit jeweils den zum Veröffentlichungszeitpunkt verfügbaren Wissensstand wider (siehe Kapitel 5.3.1). Ebenso mannigfaltig waren die in den Studien genutzten Stimuli bzgl. Sprache, Länge, Präsentationsdauer, Darbietung im Gesichtsfeld, usw. Die Heterogenität der Studien zu ND bzgl. Subjekt- und Stimulusvariablen, Auflösungsgrad der berichteten Fehlertypen und andere methodische Einschlusskriterien konnte für diese Review nicht beeinflusst werden. Für einen studienübergreifenden Vergleich ist ein gemeinsames Bezugssystem erforderlich, das die Ergebnisse trotz methodischer Heterogenität zumindest teilweise vergleichbar macht. Vallar et al. (2010) wählten hierfür eine getrennte Auswertung von Einzelfall- und Gruppenstudien; diese Unterscheidung erwies sich für das vorliegende Review jedoch als inhaltlich wenig zielführend.

Stattdessen wurde als vergleichsstiftendes Kriterium — analog zu den empirischen Analysen in Kapitel 3 und 4 — eine einheitliche Fehlertypendefinition zugrunde gelegt und daraus eine systematische Fehlertaxonomie abgeleitet. Während die Literatur teils sehr unterschiedliche, komplexe oder uneindeutige Fehlertypkategorien verwendet, wurde im vorliegenden Review hier eine einfache und transparente Operationalisierung über die Antwortlänge gewählt: Eine fehlerhaft gelesene Antwort, die kürzer als der entsprechende Stimulus war, wurde als Auslassung deklariert und eine fehlerhaft gelesene Antwort, die die gleiche Wortlänge wie der Stimulus hatte, als Substitution definiert. Ein Schwachpunkt dieser Vorgehensweise war allerdings, dass, auch wenn die meisten Studien ihre Fehlertypen genau definiert hatten, es vereinzelte Studien gab, aus denen die Fehlertypendefinitionen und Fehlertypenzahlen nicht klar herauszulesen war. Zum einen war dadurch eine systematische Aufarbeitung des Reviews oder gar eine Meta-Analyse nicht möglich. Zum anderen sind somit auch im Scoping-Review (Kapitel 5) wenige Studien eingeschlossen, bei denen unklar bleibt, ob die Fehlertypen anhand der Antwortlänge oder nach anderen Gesichtspunkten analysiert wurden. Die Alternative hätte in der Exklusion dieser Studien bestanden, was jedoch dem Anspruch eines möglichst vollständigen Literatur-Überblicks widersprochen hätte.

Ein weiterer methodischer Aspekt, der bei der Einordnung der Ergebnisse berücksichtigt werden muss, betrifft die Zusammensetzung und Unabhängigkeit der in das Review einbezogenen Stichproben. Im Rahmen eines Reviews zu einem vernachlässigten Störungsbild, das sehr heterogene Studien zusammenzuführen versucht, muss daher zusätzlich eingeräumt werden, dass einzelne Forschungsgruppen offenbar mehrfach aus derselben Erhebungsstichprobe publizierten oder dies zumindest aufgrund der berichteten Daten zu vermuten war, ohne dass dies in allen Fällen eindeutig nachvollziehbar war. Diese Replikationen könnten die Ergebnisse der Literaturanalyse womöglich etwas verzerren. Mehrfachpublikationen auf Grundlage derselben PatientInnen schränken vor allem die externe Validität und die Unabhängigkeit der Befundlage ein, da einzelne Stichproben in der Literatur überproportional gewichtet werden.

6.1.2 Auslassungen und Substitutionen

Vor diesem methodischen Hintergrund ist es umso wichtiger, die über Studien hinweg konsistent beobachteten Fehlermuster inhaltlich differenziert zu betrachten. Auslassungen zeigten sich in der ersten und dritten Studie im Vergleich zur Kontrollgruppe und über die Literatur hinweg als quantitativ häufigster Fehlertyp. Die Ergebnisse der ersten Studie zeigten ein klares ND-spezifisches Vorherrschen von Auslassungen und einen fast linearen Anstieg der Fehlerrate von rechts nach links im Wort mit der höchsten Auftretenshäufigkeit von Fehlern auf der ersten Buchstabenposition wie bereits in der Literatur beschrieben (Daini et al., 2013, 2021; Driver & Pouget, 2000; Haywood & Coltheart, 2001; Jackson & Coltheart, 2012; Ptak, 2017; siehe auch Kapitel 2.3 und 5.3.5).

Demgegenüber unterschieden sich Substitutionen in den ersten beiden Studien quantitativ nicht von der Kontrollgruppe, zeigten jedoch qualitative Unterschiede bzgl. der Fehlerpositionen. Während bei ND bzgl. der Substitutionen (ähnlich wie bei Auslassungen) ein linearer Fehlergradient mit einer Häufung der Fehler am Wortanfang beobachtet wurde, wiesen gesunde Kontrollpersonen eine leicht asymmetrische, umgekehrt U-förmige Fehlerverteilung auf, wie sie für eine intakte

visuelle Wortverarbeitung und ungestörte lexikalische Prozesse typisch ist (siehe Kapitel 3). Wenn nun aber nur eine Untergruppe von PatientInnen mit nur milder Ausprägung von Neglect bzw. ND in den ersten beiden Studien betrachtet wurde, zeigte sich die umgekehrt U-förmige Verteilung auch dort (unveröffentlichte Daten aus dem Datensatz der Studie 1; Weinzierl et al., 2012).

Dies steht eher im Einklang mit der Literatur und damit der dritten Studie, wo Substitutionen bei ND nicht linear, sondern eher gleichmäßig über das Wort verteilt sind (Daini et al., 2013, 2021; siehe auch Kapitel 5.3.5). Dass bei Martelli et al. (2011) v.a. die Randpositionen mit quantitativ mehr Substitutionsfehlern betroffen sind, kann mit der zentralen Darbietungsform in diesen Studien erklärt werden, wo die peripheren Randpositionen der Wörter schlechter zu identifizieren waren als die zentral und foveal mit dem Blick fixierten Buchstaben in der Wortmitte. Die Wörter in den beiden Studien in Kapitel 3 und 4 wurden hingegen gleichmäßig auf allen Blickpositionen präsentiert (siehe Stenneken et al., 2008), um jede Blickposition zu berücksichtigen, was die umgekehrt U-förmige Verteilung erklärt.

Neben der Diskussion um die Verteilung der Fehlerpositionen war bereits aus der Literatur bekannt, dass die Lexikalität bzw. späte Verarbeitungsstufen der visuellen Worterkennung auch bei ND grundsätzlich erhalten sind (Arduino et al., 2002a, 2002b; Stenneken et al., 2008). Neu ist die Feststellung bei ND, dass bei Substitutionen nicht nur lexikalische Faktoren wie Wortlänge und Silbenzahl, sondern auch sublexikalische Aspekte wie der Vokal-Konsonanten-Status und die Buchstabenfrequenz erhalten geblieben ist. Die erhaltene Verarbeitung von linguistischen Parametern steht im Einklang mit dem Dual-Route-Modell der visuellen Worterkennung sowie mit konnektionistischen Ansätzen (Coltheart et al., 2001; Coltheart, 2005; Jackson & Coltheart, 2012; siehe Kapitel 2.1). Zusammen mit den Ergebnissen des Scoping-Reviews stützen diese Befunde die Annahme, dass bei ND spätere lexikalische und sublexikalische Prozesse — ähnlich wie bei gesunden Personen — weitgehend erhalten sind. Zudem haben linguistische Strukturen sogar Einfluss auf die visuo-räumliche Verarbeitung, da die Silben- und Wortstruktur von Wörtern (z.B. bei Komposita mit

Affixen) die visuell-räumliche Verarbeitung auf der betroffenen Seite hemmen oder fördern können (siehe 5.3.3 und 5.4.2).

Während sich für die linguistischen Parameter kein Unterschied zwischen der Kontroll- und ND-Gruppe zeigte, war die perzeptiv-räumliche Verarbeitung und damit eine frühe perzeptuelle Verarbeitungsstufe beeinträchtigt. Dies zeigte sich in einer reduzierten Übereinstimmung zwischen visuell ähnlichen Stimulus- und Antwortbuchstaben — ein Effekt, der in der Kontrollgruppe nicht auftrat. Vor diesem Hintergrund erscheint eine rein perzeptuelle Erklärung der Lesefehler bei ND, etwa durch das Lesen visuell ähnlicher Grapheme oder Buchstaben, nur eingeschränkt plausibel. Zwar existieren in der deutschen Sprache für einige Wörter orthographische Nachbarn, die auch visuell ähnlich sind (z. B. „HASE“ und „NASE“), für einen Großteil der Wörter trifft dies jedoch nicht zu. Zudem würde bei aller visueller Ähnlichkeit zwischen dem Graphem „E“ und „F“ das defizitäre Entziffern des Anfangsbuchstaben z.B. beim Wort „ELEFANT“ nicht das Lesen der Substitution „FLEFANT“ zur Folge haben, da zum Einen das Ersetzen des Vokals mit einem Konsonanten in diesem Wortkontext keinen Sinn ergäbe und zum anderen diese Substitution an sich kein Wort ergäbe; stattdessen könnte selbst bei komplettem Auslassen der ersten Buchstaben schon die letzte, sehr markante Silbe das ganze Wort inklusive Semantik im mentalen Lexikon aktivieren (Coltheart et al., 2001; siehe Kapitel 2.1.1). Wenn also nur der Anfangsbuchstabe fehlt und die entzifferten Buchstaben rechts entsprechend markant und distinkt sind, kann das Wort durch lexikalische Aktivierung häufig trotzdem richtig gelesen werden.

Lexikalische und sublexikalische Prozesse können bei leichter ND aber auch dazu führen, dass orthographische Nachbarn mit gleicher Wortlänge aktiviert werden, bei denen ein visuell schwer identifizierbarer Buchstaben durch einen anderen ersetzt wird, wodurch insgesamt eine Substitution resultiert. Diese lexikalisch-semantische Aktivierung ist damit deutlich stärker und wahrscheinlicher als eine rein perzeptuelle Verarbeitung von visuell ähnlichen Buchstaben, die womöglich auch gar nicht in die Silbenstruktur und zu dem Vokal-Konsonanten-Status der übrigen verarbeiteten Grapheme passt (Studie 2 in Kapitel 4). Bei sehr stark ausgeprägter ND wird hingegen, meist im

Zusammenhang mit Neglect, nur noch eine rudimentäre Buchstabengruppe entziffert, die keine sinnvolle Aktivierung im mentalen Lexikon mehr zulässt, was nur noch zu linksseitigen Auslassungen führen kann.

Im Gegensatz zu neglect-typischen Auslassungen ist eine Substitution keine reine Vernachlässigung oder ein unspezifisches Nebenprodukt visueller Unsicherheit. Substitutionen variieren systematisch mit wortstrukturellen und aufgabenabhängigen Faktoren und wirken eher wie eine *veränderungsbasierte* „Plussymptomatik“, die bei einem *verlustbasierten* visuell-räumlichem Neglect alleine in der Form nicht zu beobachten ist. Damit erweitern die Befunde das in früheren Studien dargestellte Verständnis von ND als primär raumbezogener Störung. Dazu passen einige Studienergebnisse, die das Auftreten von Substitutionen (oder auch Additionen, d.h. Hinzufügungen von Buchstaben und Silben) mit einer gewissen Impulsivität bzw. mangelnden Inhibition beim Unterdrücken von fälschlicherweise abgerufenen Wörtern im Lexikon in Verbindung bringen (Moore & Demeyere, 2023): Wie bereits beschrieben, können die auf der rechten Seite eines Wortes korrekt identifizierten Buchstaben und Silben mehrere Worteinträge im Lexikon, die die gleichen rechten Worthälften haben, triggern. Während ein Gesunder sich womöglich der Unvollständigkeit des linksseitigen Wortteils bewusst wäre und seine visuelle Suche intensivieren würde, um das Wort richtig zu identifizieren, würde eine von ND betroffene Person mit Inhibitionseinschränkung nach diesem Modell den nächstbesten möglichen Lexikoneintrag (z.B. einen orthographischen Nachbarn) „impulsiv“ vorlesen. Einen Zusammenhang von Neglect bzw. ND und (auch nicht-räumlichen) Aufmerksamkeits- und Exekutivstörungen haben mehrere Studien gefunden (Moore und Demeyere, 2020, 2023; Rich & Palmer, 2023; Ronchi et al., 2012; Ronchi et al., 2016). Das hochautomatisierte Lesen, bei dem falsche Wortformen im Lexikon aktiviert und artikuliert werden, könnte als kompensatorischer Mechanismus für die gestörte visuelle Verarbeitung auf perzeptueller Ebene verstanden werden. Die Forschungslage zum Zusammenhang zwischen ND und spezifischen exekutiven Funktionen sowie nichträumlichen Aufmerksamkeitsfunktionen ist bislang allerdings begrenzt und bedarf weiterer systematischer Untersuchung.

6.1.3 Neglectassoziation und -dissoziation fehlerartenabhängig

Ein interessanter Diskussionspunkt in der Zusammenschau der Ergebnisse ist die Beantwortung der Frage, ob sich die Spezifität von Fehlertypen — insbesondere Auslassungen — auf Neglect oder auf ND bezieht: Denn die Studienteilnehmenden der ersten beiden Studien wurden, wie es in Ermangelung von etablierten ND-Tests und aufgrund der Seltenheit von PatientInnen mit ND ohne Neglect auch in anderen Studien üblich war, anhand der Auffälligkeiten in typischen Neglecttests in die Studien eingeschlossen. Tatsächlich zeigten alle Studienteilnehmenden dem Einschlusskriterium gemäß Auffälligkeiten in mindestens zwei Neglecttests, d.h. es wurden ausschließlich NeglectpatientInnen untersucht, die evtl. auch eine Lesestörung in Form einer ND hatten oder gar „nur“ eine neglectbedingte Lesestörung.

In der ersten Studie (Kapitel 3) korrelierte der Schweregrad der Lesestörung mit der Auftretenshäufigkeit von Auslassungen in Durchstreichtests (siehe Kapitel 3.3.2). Lateralisierte Auslassungen beim Lesen von Text oder Wörtern zeigten sich auch in der Literatur mit Auslassungen in neglecttest-typischen Durchstreichaufgaben assoziiert (Martelli et al., 2011). Wörter und Buchstaben werden genauso wie Objekte, Zahlen und Symbole lateralisiert vernachlässigt, weggelassen bzw. ausgelassen. Auslassungen lassen sich hier als Ausdruck einer „Minussymptomatik“ auf der betroffenen Seite interpretieren. Der beobachtete lineare Fehlergradient bei den Auslassungen stützt diese Einordnung zusätzlich. Auch in einer aktuellen Studie von Daini et al. (2025) wird der Zusammenhang von Neglect und ND deutlich: PatientInnen mit visuell-räumlichem Neglect zeigten beim Lesen von Wörtern und Nichtwörtern mehr Auslassungen und waren dabei fehleranfälliger bei längeren, bzw. weiter auseinandergezogenen Stimuli als PatientInnen ohne Neglect. Somit könnten die in den ersten beiden Studien gefundenen Ergebnisse schlichtweg Folge des visuell-räumlichen Neglects sein, was ND in dieser Ausprägung nur zu einem „Satellitensymptom“ von Neglect machen würde — wenn man die Auslassungen in den beiden Studien für sich allein betrachten würde. Nichtsdestotrotz handelt es sich bei der hier untersuchten Stichprobe um ProbandInnen mit einer Lesestörung und Neglect, die durchaus

weiterhin „Neglectdyslexie“ genannt werden darf. Damit sind die Auslassungen beim Einzelwortlesen nicht nur neglectspezifisch, sondern auch ND-spezifisch.

Vor diesem Hintergrund ermöglichen die Ergebnisse der drei Studien der vorliegenden Arbeit erstmals eine differenzierte Betrachtung der ND, in der trotz methodischer Heterogenität der im Review untersuchten Studien substitutionsdominante und auslassungsdominante Ausprägungen voneinander unterschieden werden können. Diese Differenzierung legt nahe, dass ND nicht als einheitliches Störungsbild zu verstehen ist, sondern dass es in mehreren Facetten auftreten kann, und dass ihre Manifestation wesentlich durch das Zusammenspiel perzeptuell-räumlicher, aufmerksamkeitsbezogener und wortstruktureller Faktoren geprägt wird. Dies zeigt sich sowohl in den in der Literatur beschriebenen Verhaltensdissoziationen — etwa zwischen Neglect und ND sowie zwischen auslassungs- und substitutionsdominanten Fehlerprofilen — als auch in Hinweisen auf teilweise distinkte neuroanatomische Korrelate und beteiligte Netzwerke (Daini et al., 2025; siehe auch Kapitel 2.2).

Moore et al. (2023) konnten in ihrem systematischen Review zum Beispiel anatomische Dissoziationen zwischen egozentrischem und allozentrischem Neglect finden. Da Auslassungen mit egozentrischer ND und egozentrischem Neglect assoziiert zu sein scheinen, lässt dies darauf schließen, dass die empirisch bereits beschriebenen Dissoziationen nicht nur zwischen Neglect und ND (Lee et al., 2009), sondern auch zwischen Auslassungen und Substitutionen ebenfalls neuroanatomisch dissoziiert abgebildet werden könnten. Des Weiteren identifizierten Lee et al. (2009) den rechten Gyrus fusiformis als mögliches anatomisches Korrelat für ND, der die „Ganzheit“ des Wortes verarbeitet und über interhemisphärische Verbindungen mit dem linken Gyrus fusiformis und damit dem visuellen Wortformareal interagiert, womit Substitutionen und erhaltene lexikalische und sublexikalische Prozesse besser erklärt werden können.

Eine weitere Möglichkeit, sich den verschiedenen Neglectdyslexie-Formen (Auslassungen vs. Substitutionen) neuroanatomisch zu nähern, sind die beiden Pfade der visuellen Verarbeitung: Der

dorsale Verarbeitungspfad scheint eher mit Neglect zu korrelieren: Die Befunde, dass dorsal vor allem periphere, egozentrische, räumlich-perzeptive Informationen verarbeitet werden, dass der dorsale Pfad stärker rechtshemisphärisch repräsentiert zu sein scheint, und dass dorsale Prozesse eher automatisiert und unbewusst ablaufen, decken sich mit einer „klassischen“, neglect-assoziierten und auslassungsdominanten ND (Heinemann, 2023; Kerkhoff, 2006, 2006; Ronchi et al., 2012). Zudem korrespondieren sie mit den ersten beiden Studien der vorliegenden Arbeit, die v.a. PatientInnen mit temporo-parietalen Läsionen einschlossen (siehe Kapitel 3), und mit den Studienergebnissen, dass Auslassungen neglectspezifisch sind.

Der ventrale Verarbeitungspfad (z.B. inferior temporal) andererseits ist unabhängig von der egozentrischen Perspektive, verarbeitet einerseits visuelle Details wie Form, Muster, Objekterkennung, ist andererseits u.a. für die Buchstabenerkennung, Orthographie von Wörtern, bestimmte Aufmerksamkeitsprozesse, und im Verlauf auch für lexikalisch-semantische Verarbeitung zuständig (Heinemann, 2023; Kerkhoff, 2006, 2006; siehe auch Kapitel 2.2). Die beschriebenen Funktionen des ventralen Pfades passen eher zu dem Erscheinungsbild einer objekt- bzw. wortzentrierten oder substitutions-dominanten ND; neuronale Korrelate dazu werden aber ebenso heterogen beschrieben wie die empirisch messbaren Ausprägungen dieser „nicht-klassischen“ Formen der ND (Ronchi et al., 2012, 2016).

Daini et al. (2025) berichteten ganz konkret von neuroanatomischen Unterschieden bzgl. Fehlertyp: Vorwiegend Auslassungen stehen eher im Zusammenhang mit posterioren, okzipitalen und temporalen Läsionen, und überwiegend Substitutionen eher mit anterioren, frontalen und subkortikalen Läsionen, die diese Überlegungen noch einmal unterstützen.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit weisen also auch im Kontext anderer Forschungsergebnisse darauf hin, dass bei Substitutionen die Verarbeitung von räumlichen Positionsdaten im dorsalen Pfad zusammen mit der Lexikalität erhalten ist. Diese erhaltenen Funktionen in Kombination mit einer teilweise gestörten Buchstaben- und Orthographieverarbeitung

im ventralen Pfad und einer Dysbalance des komplexen Aufmerksamkeitsnetzwerks samt mangelnder Inhibition könnte die Entstehung von Substitutionen erklären.

Eine weitere Perspektive auf mögliche Unterschiede zwischen ND-Formen ergibt sich aus klinischen Beobachtungen zur Krankheitseinsicht. Während davon ausgegangen werden kann, dass eine neglectbedingte Lesestörung mit Läsionen im dorsalen Pfad mit einer reduzierten Krankheitseinsicht bis hin zu Anosognosie einhergehen kann (Berti et al., 1996; Langer & Bogousslavsky, 2020), legen eigene klinische Erfahrungen aus der neuropsychologischen Praxis nahe, dass Betroffene mit isolierter ND ohne begleitenden Neglect häufig zumindest unspezifische Schwierigkeiten beim Lesen wahrnehmen (siehe auch Berti et al., 1994). In der vorliegenden Arbeit wird diese Beobachtung als Hinweis auf eine vergleichsweise erhaltene Awareness der Lesestörung interpretiert, die womöglich eher auf ventrale neuroanatomische Korrelate zurückzuführen wäre.

Auch wenn noch weitere Forschung zu anatomischen Korrelaten bei ND erforderlich ist und die Bestimmung neuroanatomischer Korrelate auch nicht primäres Ziel der vorliegenden Arbeit war, gibt es zusätzlich zu den empirischen Daten der vorliegenden Studien demnach auch aus neuroanatomischer Sicht einige Hinweise, dass eine egozentrierte, neglect-assoziierte und auslassungsdominante ND von anderen Neglectdyslexien mit vorrangig Substitutionen und objektzentrierten Neglectdyslexien unterschieden werden kann und sich jeweils anderer neuronaler Netzwerke bedienen.

Die Differenzierung verschiedener Fehlermuster anhand der Fehlertypen wurde auch in einer aktuellen Studie thematisiert (Daini et al., 2025): Im Gegensatz zu den Auslassungen waren Substitutionen eher unabhängig von der visuellen Ausdehnung der Wörter. Bei Substitutionen nahmen die AutorInnen andere Entstehungsmechanismen an, das sogenannte Crowding, das auch mit Aufmerksamkeitsdefiziten einhergeht (Daini et al., 2021, siehe auch Kapitel 2.3 und 5.3.4). Da Daini et al. (2025) ND als Lesestörung definieren, die ausschließlich mit Neglect assoziiert ist, haben die AutorInnen die substitutionsdominante Ausprägung als eine eigenständige Form erworbener

peripherer Lesestörungen angenommen und „Acquired crowding dyslexia“ titulierte. Die vorliegende Arbeit hingegen definiert ND als eigenständiges Störungsbild und Lesestörung, die in unterschiedlichen Facetten auftreten kann: Sie kann einerseits mit Neglect assoziiert sein, aber andererseits auch unabhängig von visuell-räumlichem Neglect bestehen. Eine substitutionsbasierte ND ohne Neglect wäre nach der vorliegenden Arbeit also weiterhin eine Neglectdyslexie. Da die italienische Sprache im Gegensatz zur deutschen eine sehr eindeutige Graphem-Phonem-Korrespondenz hat und in italienischen Studien daher vorrangig Auslassungen auftreten (siehe Kapitel 5), während in deutschen Studien Auslassungen und Substitutionen gleich häufig auftreten (siehe Kapitel 3), könnten etwaige Unterschiede bei der Kategorisierung von ND in italienischen Forschergruppen auch darauf zurückzuführen sein.

6.2 Handlungsempfehlungen und Ausblick für weitere Forschung und Praxis

Die Ergebnisse legen nahe, dass eine differenzierte Erfassung von Fehlertypen nicht nur theoretisch, sondern auch diagnostisch von zentraler Bedeutung ist. Solange bei der Definition bzgl. Spezifität und Differenzierung noch Unsicherheiten bestehen, wird man kein einzelnes diagnostisches Instrument finden können, das alle ND-Variationen bzw. -facetten abdeckt. Da jede Sprache typische Besonderheiten (z.B. Graphem-Phonem-Korrespondenz, Leserichtung, Silbenstruktur usw.) aufweist, die sich entsprechend auch bei ND zeigen, müssen mögliche Diagnostik- und Therapiematerialien in jeder Sprache separat konzipiert werden.

Die vorliegende Arbeit bezieht sich ausschließlich auf die deutsche Sprache. Sie erhebt zudem nicht den Anspruch, sämtliche offene Fragen zu ND abschließend zu beantworten, sondern zielt darauf ab, zu einer präziseren und klarer abgegrenzten Begriffsbestimmung der ND beizutragen. Auf dieser Grundlage soll die diagnostische Einordnung erleichtert und eine differenzialdiagnostische Abgrenzung der ND, etwa gegenüber anderen peripheren Dyslexien wie der hemianopen Lesestörung, unterstützt werden.

Wie Reinhart, Schunck et al. (2016) bereits vorgeschlagen und gefordert haben, müssten potentielle ND-Tests nicht nur schwere ND, sondern auch leichte und unterschiedliche Formen von ND erkennen und differenzieren können. Dafür bieten sich genau die Variablen an, die zu besonders vielen Fehlern führen. Für eine generell größere Fehlervarianz bei der Diagnostik von ND sollte man sich auch die typischen Effekte der visuellen Worterkennung zu Nutze machen. Während probandenimmanente Variablen in Studien nur bedingt kontrolliert werden können (indem man entsprechende Probanden in eine Studie einbezieht oder sie ausschließt) und in der Praxis (z.B. Rehabilitationskliniken) gar nicht verändert werden können, ist die Variation von Stimulus- und Durchführungsvariablen prädestiniert dafür, eine höhere Fehlerzahl mit entsprechender Varianz zu generieren, die dann auch qualitativ analysiert werden kann.

Für ein Assessment von ND bieten sich — zusätzlich zu einer gängigen Neglectdiagnostik und Aufmerksamkeitsdiagnostik — besonders lange und mehrsilbige Wörter, hoch- und niedrigfrequente Wörter, Wörter mit orthographischen Nachbarn, Komposita mit Suffixen und Präfixen, aussprechbare Nichtwörter und Konsonanten- und Zahlenfolgen jeweils unterschiedlicher Länge an, die mit kurzer (z.B. 200ms) und unbegrenzter Darbietungszeit, horizontal, vertikal und gespiegelt oder rotierend dargeboten werden. Ergänzend wird das Lesen von Text und die Untersuchung der Augenbewegungen beim Lesen empfohlen. Zahlen- und Buchstabenfolgen, die von links-nach-rechts, aber auch von rechts-nach-links gelesen werden können, bieten sich zur Diagnostik von linksseitiger und rechtsseitiger ND und womöglich auch in anderen Sprachen an. Es sollten also Wörter bzw. Buchstaben- oder Zahlenfolgen integriert werden, die eine bestimmte Mindestlänge haben (Reinhart & Kerkhoff, 2016). Weiterhin sollten Wörter eingeschlossen werden, die so zusammengesetzt sind, dass durch das Weglassen oder Ersetzen von Anfangsbuchstaben oder -silben für die Testung von linksseitiger ND oder durch das Weglassen oder Ersetzen von Endbuchstaben oder -silben zur Diagnostik rechtsseitiger ND ebenso sinnvolle Wörter entstehen. Dies gewähren z.B. zusammengesetzte Wörtern und Wörter mit Präfixen oder Suffixen. Zudem sollten die Abstände zwischen den Buchstaben variabel zu präsentieren sein, also in anisometrischer oder kanonischer

Ansicht, um bei einer größeren Ausdehnung des Wortes in der Breite gegebenenfalls mehr Auslassungen, und bei gedrängterer Darstellung mehr Substitutionen zu provozieren und einen etwaigen Crowding-Effekt feststellen zu können. Für linksseitige ND gibt es im Deutschen bereits den ND-Test von Reinhart und Kerkhoff (2016), der in kanonischer Präsentation vor allem linksseitige Auslassungen provozieren soll. Für die Diagnostik rechtsseitiger ND und substitutionsbasierter ND müssten gänzlich neue Tests entworfen werden.

Um ego- und objektzentrierte ND unterscheiden zu können, gibt es die in der Literatur schon beschriebene Methode, einen Text ablesen zu lassen, der entweder links bündig präsentiert wird oder unterschiedlich eingerückte Zeilenanfänge bietet, um die Fehlervarianz für egozentrische ND zu erhöhen. Eine weitere Möglichkeit, ego- und objektzentrierte Auslassungen und Substitutionen bei einzelnen Wörtern zu provozieren und gleichzeitig Extinktionsphänomene (siehe auch 2.1.2) beim Lesen erkennen zu können, wäre die gleichzeitige Darbietung von mehreren Wörtern bzw. Nichtwörtern an variierenden Orten im Gesichtsfeld, die nach bestimmten Gesichtspunkten abgesucht (z.B. alle Wörter mit großem Anfangsbuchstaben, alle Wörter lesen, die ein „A“ enthalten, alle Tiere, nur alle Wörter/Nichtwörter) und vorgelesen werden sollen. Besonders die Variation, Wörter mit großem und kleinem Anfangsbuchstaben gemischt gleichzeitig im Gesichtsfeld bzw. Suchfeld zu präsentieren, würde den Fokus und die Aufmerksamkeit der LeserInnen mehr auf den Anfangsbuchstaben lenken und sich damit bei linksseitiger ND auch als Therapieaufgabe anbieten.

Jede der vorgeschlagenen Optionen müsste nach den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit separat nach Auslassungen und Substitutionen ausgewertet werden, um bei einer auslassungsdominanten ND vermehrt auf traditionelle Neglecttherapien setzen zu können und auch andere Neglectmodalitäten einzubeziehen, die hilfreich erscheinen (z.B. optokinetische Stimulation, Ansprechen von der betroffenen Seite bei gleichzeitigem auditorischem Neglect, Berührungen der betroffenen Hand durch die therapierende Person bei gleichzeitigem somatosensiblen/taktilen Neglect; Karnath, Schenk et al., 2023; Kerkhoff, 2001). Empfehlenswert ist zudem, beim Lesen die Buchstaben mit dem Finger zu tracken (Nachmann-Katz & Friedmann, 2010), ein Finger-Tapping links

vom zu lesenden Wort während des Lesens und/oder eine farbliche Markierung des ersten Buchstaben auf der betroffenen Seite. Zu möglichen diagnostischen Optionen bei substitutionsdominanter ND besteht weiterhin erheblicher Forschungsbedarf, da sich Substitutionen bislang sehr heterogen darstellen und kein einheitlicher Wirkmechanismus angenommen werden kann.

Zusammenfassend müssten weitere Forschungsvorhaben große Gruppenstudien und Kontrollgruppen inkludieren und Assessments nutzen, die Neglect, Aufmerksamkeit und ND differenzieren können. Diese Vorgehensweise würde es ermöglichen, Fälle von ND ohne Neglect oder Fälle von ND mit gleichzeitig vorhandenem, aber entgegengesetzten Neglect identifizieren und genauer analysieren zu können. Angesichts der für eine bislang vernachlässigte und weniger bekannte Störung bemerkenswerten Prävalenz von etwa 20% ND-Betroffenen unter SchlaganfallpatientInnen (Lee et al., 2009; Vallar et al., 2010) sollten Verfahren zur Erfassung von ND, insbesondere bei noch Berufstätigen — idealerweise Bestandteil der neuropsychologischen Standarddiagnostik nach Schlaganfall sein. Andernfalls bestünde die Gefahr, dass die Störung unerkannt bliebe.

Eine reine Eigenanamnese oder kurze Leseprobe reichen bei leichter Betroffenheit bzw. leichten Leseschwierigkeiten womöglich nicht aus, können aber bei Nichterkennen und ausbleibender Therapie schwerwiegende Folgen für den Wiedereinstieg in den Beruf haben. Auch die Herleitung über ein etwaiges bildgebend festgestelltes anatomisches Korrelat (z.B. nur PatientInnen nach rechthemisphärischem Mediainfarkt testen) reicht für die Diagnostik- und Therapieplanung nach Ansicht der Verfasserin dieser Arbeit nicht aus: Denn zum einen könnten betroffene Hirnareale durch die Bildgebung nicht adäquat abgebildet worden sein. Zum anderen können bei ND recht unterschiedliche zerebrale Areale, subkortikale Strukturen und weiße Verbindungen okzipital, temporal, parietal oder frontal betroffen sein (Lee et al., 2009; Moore et al., 2023; Vallar et al., 2010), wobei Auslassungen eher posterior (okzipital, parietal) zu verorten zu sein scheinen, und

Substitutionen ihre Genese eher anterior (temporal, frontal) verorten (Daini et al., 2025; Ronchi et al., 2012, 2016)

Da das Störungsbild vor allem der Neuropsychologie, aber als Lesestörung auch der Sprachtherapie zugeordnet werden kann, ist eine interdisziplinäre Zusammenarbeit sowohl in der Forschung als auch in der Praxis bei der Arbeit mit Betroffenen empfehlenswert. Dafür sollten wesentliche Ergebnisse des Reviews der vorliegenden Studie einerseits in Leitlinien als auch in Ausbildungsinhalte integriert werden.

6.3 Fazit

ND ist eine in Forschung und Praxis immer noch vernachlässigte und teils unbekannte Lesestörung, die inhaltlich sowohl in der Neuropsychologie als auch in der Sprachtherapie und damit interdisziplinär verortet werden kann und muss. Die vorliegende Arbeit differenziert die zentrale Rolle der beiden häufigsten Fehlertypen, Auslassungen und Substitutionen, und identifiziert damit zusammenhängende Korrelate sowie unterschiedliche Facetten von ND. Die in dieser Arbeit gewonnenen Erkenntnisse über die Spezifität von Auslassungen, über die Besonderheit von Substitutionen und über die unterschiedlichen Erscheinungsformen der ND können dazu beitragen, ND in neuropsychologischen und klinisch-linguistischen Kontexten gezielter zu erkennen und präziser differenzieren zu können.

Darüber hinaus sind die Befunde auch aus grundlagenwissenschaftlicher Perspektive aufschlussreich: Neuropsychologische Untersuchungen selektiver Beeinträchtigungen wie bei ND machen sichtbar, welche Teilprozesse der visuellen Wortverarbeitung unter bestimmten Bedingungen ausfallen und welche erhalten bleiben. Gerade ungewöhnliche Fehlerprofile können Hinweise auf die funktionelle Architektur des Lesens geben und neue Forschungsfragen generieren, die über ND hinaus für Modelle der visuellen Worterkennung relevant sind (Jackson & Coltheart, 2012). Denn Lesen beruht auf dem Zusammenspiel visuell-räumlicher, aufmerksamkeitsbezogener und sprachlicher Prozesse (Jackson & Coltheart, 2012).

Für die Zukunft wäre es nicht nur wünschenswert, sondern unerlässlich, ND mehr Beachtung zu schenken, die Aufmerksamkeit für bestimmte, unterschiedliche Fehlermuster zu schärfen, sich in Diagnostik und Therapie am konkreten Störungsbild zu orientieren und gegebenenfalls zwischen „klassischer“ ND und heterogenen ND-Formen mit je unterschiedlichen Wirkmechanismen differenzieren zu können. Dies verbessert nicht nur diagnostische und therapeutische Ansätze, sondern kann auch dazu beitragen, die funktionelle Selbstständigkeit im Alltag zu erhöhen und eine berufliche Reintegration zu unterstützen. In der Summe versteht sich diese Dissertation als Einladung, den begonnenen Diskurs weiterzuführen und neue Perspektiven zu erkunden.

7 Literaturverzeichnis

- Aghababian, V., & Nazirs, T. (2000). Developing normal reading skills: Aspects of the visual processes underlying word recognition. *Journal of Experimental Child Psychology*, 76(2), 123–150.
<http://dx.doi.org/10.1006/jecp.1999.2540>
- Albert, M. L. (1973). A simple test of visual neglect. *Neurology*, 23(6), 658–664.
<https://doi.org/10.1212/WNL.23.6.658>
- Anderson B. (1999). A computational model of neglect dyslexia. *Cortex*, 35(2), 201–218.
[https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(08\)70794-9](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(08)70794-9)
- Ans, B., Carbonnel, S., & Valdois, S. (1998). A connectionist multiple-trace memory model for polysyllabic word reading. *Psychological Review*, 105(4), 678–723.
<https://doi.org/10.1037/0033-295X.105.4.678-723>
- Arcara, G., Lacaita, G., Mattaloni, E., Passarini, L., Mondini, S., Benincà, P., & Semenza, C. (2012). Is “hit and run” a single word? The processing of irreversible binomials in neglect dyslexia. *Frontiers in psychology*, 3, 11. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00011>
- Arduino, L. S., Burani, C., & Vallar, G. (2002a). Lexical decision in left neglect dyslexia: Word frequency and nonword orthographic neighborhood effects. *Cortex*, 38(5), 829–832.
[https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(08\)70050-9](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(08)70050-9)
- Arduino, L. S., Burani, C., & Vallar, G. (2002b). Lexical effects in left neglect dyslexia: A study in Italian patients. *Cognitive Neuropsychology*, 19(5), 421–444. <https://doi.org/10.1080/02643290244000013>
- Arduino, L. S., Burani, C., & Vallar, G. (2003). Reading aloud and lexical decision in neglect patients: A dissociation. *Neuropsychologia*, 41(8), 877–885. [http://dx.doi.org/10.1016/S0028-3932\(03\)00015-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0028-3932(03)00015-0)

- Arduino, L. S., Daini, R., & Silveri, C. (2005). A stimulus-centered reading disorder for words and numbers: Is it neglect dyslexia? *Neurocase*, 11(6), 405–415.
<https://doi.org/10.1080/13554790500263503>
- Arduino, L. S., Previtali, P., & Girelli, L. (2010). The centre is not in the middle: Evidence from line and word bisection. *Neuropsychologia*, 48(7), 2140–2146.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.04.005>
- Arduino, L. S., Vallar, G., & Burani, C. (2006). Left neglect dyslexia and the effect of stimulus duration. *Neuropsychologia*, 44(4), 662–665. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2005.06.009>
- Arguin, M., & Bub, D. N. (1997). Lexical constraints on reading accuracy in neglect dyslexia. *Cognitive Neuropsychology*, 14(5), 765–800. <https://doi.org/10.1080/026432997381448>
- Arguin, M., Fiset, S., & Bub, D. (2002). Sequential and parallel letter processing in letter-by-letter dyslexia. *Cognitive Neuropsychology*, 19(6), 535–555.
<https://doi.org/10.1080/02643290244000040>
- Aulhorn, E., & Harms, J. (1972). Visual perimetry. In D. Jameson & L. Hurvich (Eds.), *Visual Psychophysics* (pp. 102–145). Berlin, Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-88658-4_5
- Baayen, R. H., Piepenbrock, R., & van Rijn, H. (1993). The CELEX Lexical Database (CD-ROM). *Linguistic Data Consortium, University of Pennsylvania*, 71. <https://doi.org/10.35111/g6s6s-gm48>
- Balani, A. B., & Bickerton, W. (2023). Acquired reading impairment following brain injury. *Applied Neuropsychology Adult*, 32(1), 1–19. <https://doi.org/10.1080/23279095.2023.2165923DOI:10.1080/23279095.2023.2165923>
- Basagni, B., De Tanti, A., Damora, A., Abbruzzese, L., Varalta, V., Antonucci, G., Bickerton, W. L., Smania, N., & Mancuso, M. (2017). The assessment of hemineglect syndrome with cancellation

- tasks: a comparison between the Bells test and the Apples test. *Neurological Sciences*, 38(12), 2171–2176. <https://doi.org/10.1007/s10072-017-3139-7>
- Behrmann, M., Black, S. E., McKeeff, T. J., & Barton, J. J. S. (2002). Oculographic analysis of word reading in hemispatial neglect. *Physiology and Behavior*, 77(4–5), 613–619. [https://doi.org/10.1016/S0031-9384\(02\)00896-X](https://doi.org/10.1016/S0031-9384(02)00896-X)
- Behrmann, M., Moscovitch, M., Black, S. E., & Mozer, M. (1990). Perceptual and conceptual mechanisms in neglect dyslexia. *Brain*, 113(4), 1163–1183. <https://doi.org/10.1093/brain/113.4.1163>
- Behrmann, M., Moscovitch, M., & Mozer, M. C. (1991). Directing Attention to Words and Nonwords in Normal Subjects and in a Computational Model: Implications for Neglect Dyslexia. *Cognitive Neuropsychology*, 8(3–4), 213–248. <https://doi.org/10.1080/02643299108253373>
- Bernard, J.-B., & Chung, S. T. L. (2011). The dependence of crowding on flanker complexity and target-flanker similarity. *Journal of Vision*, 11(8), 1, 1. <http://doi.org/10.1167/11.8.1>
- Berti, A., Frassinetti, F., & Umiltà, C. (1994). Nonconscious reading? Evidence from neglect dyslexia. *Cortex*, 30(2), 181–197. [https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(13\)80192-X](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(13)80192-X)
- Berti, A., Làdavas, E., & Corte, M. D. (1996). Anosognosia for hemiplegia, neglect dyslexia, and drawing neglect: Clinical findings and theoretical considerations. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 2(5), 426–440. <https://doi.org/10.1017/s135561770000151x>
- Beschin, N., Basso, A., & Della Sala, S. (2000). Perceiving left and imagining right: Dissociation in neglect. *Cortex*, 36(3), 401–414. [https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(08\)70849-9](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(08)70849-9)
- Beschin, N., Cisari, C., Cubelli, R., & Della Sala, S. (2014). Prose reading in neglect. *Brain and Cognition*, 84(1), 69–75. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2013.11.002>

- Bickerton, W. L., Samson, D., Williamson, J., & Humphreys, G. W. (2011). Separating forms of neglect using the Apples Test: Validation and functional prediction in chronic and acute stroke. *Neuropsychology*, 25(5), 567–580. <https://doi.org/10.1037/a0023501>
- Boukrina, O., Chen, P., Budinoska, T., & Barrett, A. M. (2020). Exploratory examination of lexical and neuroanatomic correlates of neglect dyslexia. *Neuropsychology*, 34(4), 404–419. <https://doi.org/10.1037/neu0000619>
- Buchwald, A., & Rapp, B. (2006). Consonants and vowels in orthographic representations. *Cognitive Neuropsychology* 23(2), 308–337. <https://doi.org/10.1080/02643290442000527>
- Busch, M., Schienkiewitz, A., Nowossadeck, E., & Gößwald, A. (2013). Prävalenz des Schlaganfalls bei Erwachsenen im Alter von 40 bis 79 Jahren in Deutschland. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz*, 56(5–6), 656–660. <https://doi.org/10.1007/s00103-012-1659-0>
- Caplan, B. (1987). Assessment of unilateral neglect: A new reading test. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 9(4), 359–364. <https://doi.org/10.1080/01688638708405056>
- Cantoni, C., & Piccirilli, M. (1997). Dissociation in the recovery from neglect dyslexia and visuospatial unilateral neglect: a case report. *The Italian Journal of Neurological Sciences*, 18(1), 41–43. <http://dx.doi.org/10.1007/bf02106230>
- Caramazza, A., & Hillis, A. E. (1990a). Levels of representation co-ordinate frames, and unilateral neglect. *Cognitive Neuropsychology*, 7(5–6), 381–445. doi:10.1080/02643299008253450
- Caramazza, A., & Hillis, A. E. (1990b). Spatial representation of words in the brain implied by studies of a unilateral neglect patient. *Nature*, 346(6281), 267–269. <http://dx.doi.org/10.1038/346267a0>
- Caramazza, A., & Miceli, G. (1990). The structure of graphemic representations. *Cognition*, 37(3), 243–297. doi: 10.1016/0010-0277(90)90047-N

- Caramazza, A. (1996). The role of the graphemic buffer in reading. *Cognitive Neuropsychology*, 13(5), 673–698. <https://doi.org/10.1080/026432996381881>
- Carreiras, M., Armstrong, B. C., Perea, M., & Frost, R. (2014). The what, when, where, and how of visual word recognition. *Trends in Cognitive sciences*, 18(2), 90–98.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.tics.2013.11.005>
- Castelhano, M. S., & Rayner, K. (2009). Eye movements during reading, visual search, and scene perception: An overview. In K. Rayner, D. Shen, X. Bai, & G. Yan (Eds.), *Cognitive and cultural influences on eye movements* (pp. 3–33). Tianjin People's Publishing House.
<https://doi.org/10.4324/9781003421566>
- Cattinelli, I., Borghese, N. A., Gallucci, M., & Paulesu, E. (2012). Reading the reading brain: A new meta-analysis of functional imaging data on reading. *Journal Of Neurolinguistics*, 26(1), 214–238. <https://doi.org/10.1016/j.jneuroling.2012.08.001>
- Chen, J., Valsecchi, M., & Gegenfurtner, K. R. (2017). Attention is allocated closely ahead of the target during smooth pursuit eye movements: Evidence from EEG frequency tagging. *Neuropsychologia*, 102, 206–216. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2017.06.024>
- Chetail, F. (2014). Effect of number of syllables in visual word recognition: new insights from the lexical decision task. *Language Cognition and Neuroscience*, 29(10), 1249–1256.
<https://doi.org/10.1080/23273798.2013.876504>
- Cloutman, L. L., Newhart, M., Davis, C. L., Kannan, V. C., & Hillis, A. E. (2010). Patterns of reading performance in acute stroke: A descriptive analysis. *Behavioural Neurology*, 22(1–2), 35–44.
<https://doi.org/10.3233/BEN-2009-0258>
- Cohen, J. D., MacWhinney, B., Flatt, M., & Provost, J., (1993). PsyScope: A new graphic interactive environment for designing psychology experiments. *Behavioral Research Methods, Instruments, Computers*, 25(2), 257–271.

- Cohen, L., & Dehaene, S. (1991). Neglect dyslexia for numbers? A case report. *Cognitive neuropsychology*, 8(1), 39–58. <https://doi.org/10.1080/02643299108253366>
- Cohen, L., Dehaene, S., Naccache, L., Lehéricy, S., Dehaene-Lambertz, G., Hénaff, M.A., & Michel, F. (2000). The visual word form area: spatial and temporal characterization of an initial stage of reading in normal subjects and posterior split-brain patients. *Brain* 123(2), 291–307. <https://doi.org/10.1093/brain/123.2.291>
- Cohen, L., Martinaud, O., Lemer, C., Lehéricy, S., Samson, Y., Obadia, M., Slachevsky, A., & Dehaene, S. (2003). Visual word recognition in the left and right hemispheres: Anatomical and functional correlates of peripheral alexias. *Cerebral Cortex* 13(2), 1313–1333. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhg079>
- Coltheart, M. (2005). Modelling reading: The dual-route approach. In M. J. Snowling, & C. Hulme (Eds.), *The science of reading: a handbook* (pp. 6–23). Blackwell Publishing. <http://dx.doi.org/10.1111/b.9781405114882.2005.x>.
- Coltheart, M., Curtis, B., Atkins, P., & Haller, M. (1993). Models of reading aloud: Dual-route and parallel-distributed-processing approaches. *Psychological Review*, 100(4), 589–608. <http://dx.doi.org/10.1037/0033-295X.100.4.589>.
- Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon, R., & Ziegler, J. (2001). DRC: A dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological Review*, 108(1), 204–256. <http://dx.doi.org/10.1037/0033-295X.108.1.204>.
- Corbetta, M., Akbudak, E., Conturo, T. E., Snyder, A. Z., Ollinger, J. M., Drury, H. A., ... & Shulman, G. L. (1998). A common network of functional areas for attention and eye movements. *Neuron*, 21(4), 761–773. [https://doi.org/10.1016/S0896-6273\(00\)80593-0](https://doi.org/10.1016/S0896-6273(00)80593-0)
- Corbetta, M., & Shulman, G. L. (2011). Spatial neglect and attention networks. *Annual Review of Neuroscience*, 34(1), 569–599. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-061010-113731>

- Costello, A. D., & Warrington, E. K. (1987). The dissociation of visuospatial neglect and neglect dyslexia. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 50(9), 1110–1116.
<http://dx.doi.org/10.1136/jnnp.50.9.1110>.
- Cubelli, R., & Beschin, N. (2005). The processing of the right-sided accent mark in left neglect dyslexia. *Brain and Language*, 95(2), 319–326. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2005.02.002>
- Cubelli, R., & Simoncini, L. (1997). Dissociation between word reading and word copying in a patient with left visual neglect. *Cortex*, 33(1), 177–185. [https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(97\)80013-5](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(97)80013-5)
- Cubelli, R., Nichelli, P., Bonito, V., De Tanti, A., & Inzaghi, M. G. (1991). Different patterns of dissociation in unilateral spatial neglect. *Brain and Cognition*, 15(2), 139–159,
[http://dx.doi.org/10.1016/0278-2626\(91\)90023-2](http://dx.doi.org/10.1016/0278-2626(91)90023-2).
- Daini, R., Albonico, A., Malaspina, M., Martelli, M., Primativo, S., & Arduino, L. S. (2013). Dissociation in optokinetic stimulation sensitivity between omission and substitution reading errors in neglect dyslexia. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 581.
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00581>
- Daini, R., Primativo, S., Albonico, A., Veronelli, L., Malaspina, M., Corbo, M., Martelli, M., & Arduino, L. S. (2021). The focal attention window size explains letter substitution errors in reading. *Brain Sciences*, 11(2), 247. <https://doi.org/10.3390/brainsci11020247>
- Daini, R., Veronelli, L., Facchin, A., Pasquale, F., Sozzi, M., Corbo, M., & Arduino, L. S. (2025). Acquired crowding dyslexia: A peripheral reading deficit other than neglect dyslexia. *Neuropsychology*, 39(6), 490–502. <https://doi.org/10.1037/neu0001014>
- Danckert, J., & Ferber, S. (2006). Revisiting unilateral neglect. *Neuropsychologia*, 44(6), 987–1006.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2005.09.004>

- De Bleser, R. (2006). Dyslexien und Dysgraphien. In H.-O. Karnath, & P. Thier (Eds.), *Neuropsychologie* (Vol. 2, pp. 373–379). Springer. https://doi.org/10.1007/3-540-28449-4_35
- De Bleser, R. (2009). Störungen der Schriftsprachverarbeitung. In W. Sturm, M. Herrmann, & T. F. Münte (Eds.), *Lehrbuch der Klinischen Neuropsychologie* (pp.609–618). Spektrum Akademischer Verlag.
- De Langen, E.G. (2024). Dieser Text macht keinen Sinn! – Neglectdyslexie. In E. G. De Langen (Ed.), *Sprachverlust und Gehirn – Fallbeispiele* (pp. 145–154). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-68946-2_15
- Di Pellegrino, G., Làdavas, E., & Galletti, C. (2002). Lexical processes and eye movements in neglect dyslexia. *Behavioural Neurology*, 13(1–2), 61–74. <https://doi.org/10.1155/2002/789013>
- Di Pietro, M., Schnider, A., & Ptak, R. (2011). Peripheral dysgraphia characterized by the co-occurrence of case substitutions in uppercase and letter substitutions in lowercase writing. *Cortex*, 47(9), 1038–1051. <http://doi.org/10.1016/j.cortex.2010.10.005>
- Driver, J., & Pouget, A. (2000). Object-centered visual neglect, or relative egocentric neglect? *Journal of Cognitive Neuroscience*, 12(3), 542–545. <https://doi.org/10.1162/089892900562192>
- Dunn-Rankin, P. (1968). The similarity of lower-case letters of the English alphabet. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 7(6), 990–995. [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-5371\(68\)80057-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-5371(68)80057-X).
- Ellis, A. W., Flude, B. M., & Young, A. W. (1987). Neglect dyslexia and the early visual processing of letters in words and nonwords. *Cognitive Neuropsychology*, 4(4), 439–464. <https://doi.org/10.1080/02643298708252047>
- Esposito, E., Shekhtman, G., & Chen, P. (2021). Prevalence of spatial neglect post-stroke: A systematic review. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*, 64(5), 101459. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2020.10.010>

- Farnè, A., Rossetti, Y., Toniolo, S., & Làdavas, E. (2002). Ameliorating neglect with prism adaptation: visuo-manual and visuo-verbal measures. *Neuropsychologia*, 40(7), 718–729.
[https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(01\)00186-5](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(01)00186-5)
- Fels, M., & Geissner, E. (1997). *Neglect-Test (NET): ein Verfahren zur Erfassung visueller Neglectphänomene; Handanweisung; deutsche überarbeitete Adaption des Behavioural Inattention Test (Wilson, Cockburn & Halligan, 1987)*. Hogrefe, Verlag für Psychologie.
- Ferrand, L., & New, B. (2003). Syllabic length effects in visual word recognition and naming. *Acta Psychologica*, 113, 167–183. [https://doi.org/10.1016/s0001-6918\(03\)00031-3](https://doi.org/10.1016/s0001-6918(03)00031-3)
- Fiset, D., Arguin, M., & McCabe, É. (2006). The breakdown of parallel letter processing in letter-by-letter dyslexia. *Cognitive Neuropsychology*, 23(2), 240–260.
<http://doi.org/10.1080/02643290442000437>
- Flöel, A., Knecht, S., Lohmann, H., Deppe, M., Sommer, J., Dräger, B., Ringelstein, E.-B., & Henningsen, H. (2001). Language and spatial attention can lateralize to the same hemisphere in healthy humans. *Neurology*, 57(6), 1018–1024. <https://doi.org/10.1212/WNL.57.6.1018>
- Franzoia, B., Bencini, G., Laratta, S., Franzon, F., Tonin, P., Toraldo, A., & Semenza, C. (2021). *Orthographic and lexical effects in Neglect Dyslexia: evidence from prefixation*. PsyArXiv.
<https://doi.org/10.31234/osf.io/w2huj>
- Friedmann, N., & Gvion, A. (2005). Letter form as a constraint for errors in neglect dyslexia and letter position dyslexia. *Behavioral Neurology*, 16(2–3), 145–158.
- Friedmann, N. & Gvion, A. (2014). Compound reading in Hebrew text-based neglect dyslexia: The effects of the first word on the second word and of the second on the first. *Cognitive Neuropsychology*, 31(1–2), 106–122. <https://doi.org/10.1080/02643294.2014.884059>
- Friedmann, N., Biran, M., & Gvion, A. (2012). Patterns of visual dyslexia. *Journal of Neuropsychology*, 6(1), 1–30. <https://doi.org/10.1111/j.1748-6653.2011.02000.x>

- Friedmann, N., Tzailer-Gross, L., & Gvion, A. (2011). The effect for syntax on reading in neglect dyslexia. *Neuropsychologia*, 49(10), 2803–2816.
<http://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.05.023>
- Fromkin, V. (Ed.). (1973). *Speech errors as linguistic evidence* (Vol. 77). Walter de Gruyter.
- Gerhards, L., Rubi-Fessen, I., Weinzierl, C., & Stenneken, P. (2023). *Kölner LeseListen für die Diagnostik der visuellen Wortverarbeitung* [Data Set]. OSF.
<https://doi.org/10.17605/OSF.IO/WSNFJ>
- Gerhards, L., Rubi-Fessen, I., Weinzierl, C., & Stenneken, P. (2024, 14.–16. November). *Die Kölner LeseListen: Eine sprach-statistisch und linguistisch kontrollierte Diagnostik erworbener Dyslexien*. [Poster-Präsentation]. 23. Jahrestagung der Gesellschaft für Aphasieforschung und -behandlung (GAB), Leipzig.
- Geyer, L. H. (1977). Recognition and confusion of the lowercase alphabet. *Perception and Psychophysics*, 22(5), 487–490. <http://doi.org/10.3758/BF03199515>
- Gilmore, G. C., Hersh, H., Caramazza, A., & Griffin, J. (1979). Multidimensional letter similarity derived from recognition errors. *Perception & Psychophysics*, 25(5), 425–431.
<https://doi.org/10.3758/bf03199852>
- Goldrick, M., Folk, J. R., Rapp, B. (2010). Mrs. Malaprop's neighbourhood: Using word errors to reveal neighbourhood structure. *Journal of Memory and Language*, 62(2), 113–134.
<https://doi.org/10.1016/j.jml.2009.11.008>
- Gurd, J., Demeyere, N. & Moore, M. J. (2023). Attentional and lexical factors underlying word-centred neglect dyslexia errors in healthy readers. *Attention Perception & Psychophysics*, 86(1), 312–325. <https://doi.org/10.3758/s13414-023-02753-x>

- Harris, L., Olson, A. & Humphreys, G. (2013). Overcoming the effect of letter confusability in letter-by-letter reading: A rehabilitation study. *Neuropsychological Rehabilitation*, 23(3), 429–462.
<https://doi.org/10.1080/09602011.2013.776500>
- Haywood, M., & Coltheart, M. (2000). Neglect dyslexia and the early stages of visual word recognition. *Neurocase*, 6(1), 33–44. <https://doi.org/10.1080/13554790008402755>
- Haywood, M., & Coltheart, M. (2001). Neglect dyslexia with a stimulus-centred deficit and without visuospatial neglect. *Cognitive Neuropsychology*, 18(7), 577–615,
<http://dx.doi.org/10.1080/02643290042000251>.
- Heidler, M.-D. (2012). *Neglekt dyslexien. Modelle – Diagnostik – Therapie*. Hippocampus Verlag.
- Heilman, K. M., Watson, R. T., & Valenstein, E. (2000). Neglect and Related Disorders. *Seminars in Neurology*, 20(4), 463–70. DOI:10.1055/s-2000-13179
- Heinemann, D. (2023). Visuelle und räumliche Funktionen. In D. Schellig, D. Heinemann, B. Schächtele, & W. Sturm (Eds.), *Handbuch neuropsychologischer Testverfahren* (Vol. 4, pp. 25–476). Hogrefe.
- Hillis, A. E., & Caramazza, A. (1995). A framework for interpreting distinct patterns of hemispatial neglect. *Neurocase*, 1(3), 189–207. <http://doi.org/10.1080/13554799508402364>
- Hoffmann, M. J., Stenneken, P., Conrad, M., & Jacobs, A.M. (2007). Sublexical frequency measures for orthographic and phonological units in German. *Behavior Research methods*, 39(3), 620–629.
<https://doi.org/10.3758/BF03193034>
- Hyönä, J., & Kaakinen, J. K. (2019). Eye movements during reading. In C. Klein, & U. Ettinger (Eds.), *Eye movement research: An introduction to its scientific foundations and applications* (pp. 239–274). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20085-5_7

Jackson, N.E., & Coltheart, M. (2012). *Routes To Reading Success and Failure: Toward an Integrated Cognitive Psychology of Atypical Reading* (1st ed.). Psychology Press.

<https://doi.org/10.4324/9780203759905>

Jehkonen, M., Ahonen, J.-P., Dastidar, P., Koivisto, A.-M., Laippala, P., Vilkkii, J., & Molnár, G. (2000). Visual neglect as a predictor of functional outcome one year after stroke. *Acta Neurologica Scandinavica*, 101(3), 195–201. <http://doi.org/10.1034/j.1600-0404.2000.101003195.x>

Karnath, H.-O. (2006). Neglect. In H.-O. Karnath, & P. Thier (Eds.), *Neuropsychologie* (Vol. 2, pp. 212–224). Springer. https://doi.org/10.1007/3-540-28449-4_21

Karnath, H.-O., & Rorden, C. (2012). The anatomy of spatial neglect. *Neuropsychologia*, 50(6), 1010–1017. <http://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.06.027>

Karnath, H.-O., Fruhmann-Berger, M., Küker, W., & Rorden, C. (2004). The anatomy of spatial neglect based on voxelwise statistical analysis: A study of 140 patients. *Cerebral Cortex*, 14(10), 1164–1172. <http://doi.org/10.1093/cercor/bhh076>

Karnath H.-O., Schenk T., et al. (2023). Diagnostik und Therapie von Neglect und anderen Störungen der Raumkognition. In Deutsche Gesellschaft für Neurologie (Eds.), *Leitlinien für Diagnostik und Therapie in der Neurologie*. Online: www.dgn.org/leitlinien (abgerufen am 22.06.2025)

Katz, R. B., & Sevush, S. (1989). Positional dyslexia. *Brain and language*, 37(2), 266–289. [https://doi.org/10.1016/0093-934X\(89\)90019-9](https://doi.org/10.1016/0093-934X(89)90019-9)

Kerkhoff, G. (2001). Spatial hemineglect in humans. *Progress in Neurobiology*, 63(1), 1–27, [http://doi.org/10.1016/S0301-0082\(00\)00028-9](http://doi.org/10.1016/S0301-0082(00)00028-9)

Kerkhoff, G. (2006). Störungen der visuellen Raumorientierung. In H.-O. Karnath, & P. Thier (Eds.), *Neuropsychologie*. Springer. https://doi.org/10.1007/3-540-28449-4_17

- Kerkhoff, G. (2012). Störungen der visuellen Raumorientierung. In H.-O. Karnath, & P. Thier (Eds.), *Kognitive Neurowissenschaften* (pp. 241–249). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-25527-4_22
- Kerkhoff, G. & Marquardt, C. (2009). READ – Standardisierte Diagnostik und Therapie visueller Explorationsstörungen. *Nervenarzt*, 80(10), 1424–1439. <http://doi.org/10.1007/s00115-009-2723-3>
- Kerkhoff, G. & Poschenrieder, J. (2024). NVT-Read: eine neues Trainingsprogramm zur Behandlung von zerebral bedingten Lesestörungen. *Neurologische Rehabilitation*, 30(3), 143–147. <http://dx.doi.org/10.22028/D291-43511>
- Kerkhoff, G., Schaub, J., & Zihl, J. (1990) Die Anamnese zerebral bedingter Sehstörungen. *Nervenarzt* 61(1990), 711–718.
- Kerkhoff, G., & Schenk, T. (2012). Rehabilitation of neglect: An update. *Neuropsychologia*, 50(6), 1072–1079. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.01.024>
- Kerkhoff, G. & Schindler, I. (1997). Hemineglect versus Hemianopsie. Hinweise zur Differentialdiagnose. *Fortschritte der Neurologie und Psychiatrie*, 65(6), 278–289. <http://doi.org/10.1055/s-2007-996332>
- Kerkhoff, G. & Schmidt, L. (2018). *Neglect und assoziierte Störungen*. Hogrefe. <http://doi.org/10.1026/02854-000>
- Kerkhoff, G., Wimbauer, K., Reinhart, S. (2012). *Saarbrücker Lesetexte*. Universität des Saarlandes, AE Klinische Neuropsychologie. https://www.uni-saarland.de/fileadmin/upload/lehrstuhl/kerkhoff/Materialien_f%C3%BCr_Diagnostik_Therapie/Saarbruecker_Lesetexte_A-F.pdf
- Kessler, J., Weber, E., & Halber, M. (1995). *Kölner Neglect Test. Testbatterie zur Bestimmung des extrapersonalen visuellen Neglects*. Swets & Zeitlinger.

- Kinsbourne, M. (1993). Oriental bias model of unilateral neglect: Evidence from attentional gradients within hemispace. In I.H. Robertson, & J. Marshall (Eds.), *Unilateral neglect: clinical and experimental studies*. (pp. 63–86). Psychology Press.
- Kinsbourne, M., & Warrington, E. K. (1962). A variety of reading disability associated with right hemisphere lesions. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 25(4), 339–344.
<http://doi.org/doi:10.1136/jnnp.25.4.339>
- Kinsella, G., Ford, B., & Moran, C. (1989). Survival of social relationships following head injury. *International Disability Studies*, 11(1), 9–14. <https://doi.org/10.3109/02599148909166369>
- Kuhn, C., Heywood, C. A., & Kerkhoff, G. (2010). Oblique spatial shifts of subjective visual straight ahead orientation in quadrantic visual field defects. *Neuropsychologia*, 48(11), 3205–3210, <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.06.035>
- Làdavas, E., Shallice, T., & Zanella, M. T. (1997a). Preserved semantic access in neglect dyslexia. *Neuropsychologia*, 35(3), 257–270. [https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(96\)00066-8](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(96)00066-8)
- Làdavas, E., Umiltà, C., & Mapelli, D. (1997b). Lexical and semantic processing in the absence of word reading: Evidence from neglect dyslexia. *Neuropsychologia*, 35(8), 1075–1085.
[https://doi.org/10.1016/S0028-3932\(97\)00032-8](https://doi.org/10.1016/S0028-3932(97)00032-8)
- Lammers, N. A., Van den Berg, N. S., Lugtmeijer, S., Smits, A. R., Pinto, Y., de Haan, E. H. F., & The Visual Brain Group (2022). Mid-range visual deficits after stroke: Prevalence and co-occurrence. *PLoS ONE*, 17(4). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0262886>
- Langer, K.G., & Bogousslavsky (2020). The Merging Tracks of Anosognosia and Neglect. *European Neurology*, 83(4), 438–446. <https://doi.org/10.1159/000510397>
- Lee, B. H., Lee, K. S., Yoon, S. J., Lee, Y. M., Kim, H. H., Kwon, J. C., Kang, S.-J., & Na, D. L. (2002). Horizontal versus vertical reading in neglect dyslexia: a case study. *Journal of the Korean Neurological Association*, 20(1), 15–26.

- Lee, B. H., Suh, M. K., Kim, E.-J., Seo, S. W., Choi, K. M., Kim, G.-M., & Na, D. L. (2009). Neglect dyslexia: frequency, association with other hemispatial neglects, and lesion localization. *Neuropsychologia*, 47(3), 704–710. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2008.11.027>
- Levi, D. M. (2008). Crowding—An essential bottleneck for object recognition: A mini-review. *Vision Research*, 48(5), 635–654. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2007.12.009>
- Levy, J., Pernet, C., Treserras, S., Boulanouar, K., Aubry, F., Démonet, J.-F., & Celsis, P. (2009). Testing for the dual-route cascade reading model in the brain: an fMRI effective connectivity account of an efficient reading style. *PloS One*, 4(8). <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0006675>
- Loomis, J. M. (1982). Analysis of tactile and visual confusion matrices. *Perception & Psychophysics*, 31(1), 41–52. <https://doi.org/10.3758/BF03206199>
- Manfredini, A., Mancini, F., Posteraro, L., & Savazzi, S. (2013). The two sides of spatial representation in neglect patients: The same spatial distortion for different patterns of performance. *Neuropsychologia*, 51(10), 1867–1877. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2013.06.013>
- Manouilidou, C., Sotiropoulou, C., Kourtidou, E., Ralli, A., & Potagas, C. (2012). Reading Greek Compounds in Neglect Dyslexia: A Case Study. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 61, 296–297. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.10.195>
- Mariol, M., Jacques, C., Schelstraete, M. A., & Rossion, B. (2008). The speed of orthographic processing during lexical decision: electrophysiological evidence for independent coding of letter identity and letter position in visual word recognition. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 20(7), 1283–1299. <http://dx.doi.org/10.1162/jocn.2008.20088>.
- Marshall, J. C., & Newcombe, F. (1973). Patterns of paralexia: A psycholinguistic approach. *Journal of psycholinguistic research*, 2(3), 175–199. <https://doi.org/10.1007/BF01067101>

- Marelli, M., Aggujaro, S., Molteni, F., & Luzzatti, C. (2013). Understanding the mental lexicon through neglect dyslexia: A study on compound noun reading. *Neurocase*, 19(2), 128–144.
<https://doi.org/10.1080/13554794.2011.654222>
- Martelli, M., Arduino, L. S., & Daini, R. (2011). Two different mechanisms for omission and substitution errors in neglect dyslexia. *Neurocase*, 17(2), 122–132.
<https://doi.org/10.1080/13554794.2010.498382>
- Merten, T. (2001). Ein eingerückter Lesetext zur verhaltensnahen Erfassung von Neglect-Symptomatik, *Neurologie & Rehabilitation*, 7, 233–236.
- Mesulam, M.M. (1998). From sensation to cognition. *Brain: a journal of neurology*, 121(6), 1013–1052. <https://doi.org/10.1093/brain/121.6.1013>
- Miceli, G., & Capasso, R. (2001). Word-centred neglect dyslexia: evidence from a new case. *Neurocase*, 7(3), 221–237, <http://dx.doi.org/10.1093/neucas/7.3.221>.
- Miozzo, M., & De Bastiani, P. (2002). The organization of letter-form representations in written spelling: Evidence from acquired dysgraphia. *Brain and Language*, 80(3), 366–392.
<http://doi.org/doi:10.1006/brln.2001.2598>
- Mort, D. J., Malhotra, P., Mannan, S. K., Rorden, C., Pambakian, A., Kennard, C., & Husain, M. (2003). The anatomy of visual neglect. *Brain*, 126(9), 1986–1997.
<http://dx.doi.org/10.1093/brain/awg200>
- Moore, M. J., & Demeyere, N. (2017). Neglect dyslexia in relation to unilateral visuospatial neglect: A review. *AIMS Neuroscience*, 4(4), 148–168. <https://doi.org/10.3934/Neuroscience.2017.4.148>
- Moore, M. J., & Demeyere, N. (2019). Neglect dyslexia as a word-centred impairment: A single case study. *Cortex*, 119, 543–554. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2018.10.024>

- Moore, M. J. & Demeyere, N. (2020). Dissociating spatial attention from neglect dyslexia: A single case study, *Cortex*, 130, 246–256. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2020.06.004>.
- Moore, M. J., & Demeyere, N. (2023). Word-centred neglect dyslexia as an inhibitional deficit: A single case study. *Neuropsychologia*, 184, 108502.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2023.108502>
- Moore, M. J., Milosevich, E., Mattingley J. B., & Demeyere, N. (2023). The neuroanatomy of visuospatial neglect: A systematic review and analysis of lesion-mapping methodology. *Neuropsychologia*, 180, 108470. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2023.108470>
- Moore, M. J., Shalev, N., Gillebert, C. R., & Demeyere, N. (2020). Dissociations within neglect-related reading impairments: Egocentric and allocentric neglect dyslexia. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 42(4), 352–362.
<https://doi.org/10.1080/13803395.2020.1715926>
- Mozer, M. C., & Behrmann, M. (1990). On the interaction of selective attention and lexical knowledge: A connectionist account of neglect dyslexia. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 2(2), 96–123. <https://doi.org/10.1162/jocn.1990.2.2.96>
- Nazir, T. A., Heller, D., & Sussmann, C. (1992). Letter visibility and word recognition: The optimal viewing position in printed words. *Perception & Psychophysics*, 52(3), 315–328.
<https://doi.org/10.3758/BF03209148>
- Neumann, G., Schaadt, A. K., Reinhart, S. & Kerkhoff, G. (2016). Clinical and psychometric evaluations of the Cerebral Vision Screening Questionnaire in 461 nonaphasic individuals post-stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 30(3), 187–198.
<https://doi.org/10.1177/1545968315585355>
- Nichelli, P., Venneri, A., Pentore, R., & Cubelli, R. (1993). Horizontal and vertical neglect dyslexia. *Brain and Language*, 44(3), 264–283. <https://doi.org/10.1006/brln.1993.1018>

- Ota, H., Fujii, T., Suzuki, K., Fukatsu, R., & Yamadori, A. (2001). Dissociation of body-centered and stimulus-centered representations in unilateral neglect. *Neurology*, 57(11), 2064–2069.
<https://doi.org/10.1212/WNL.57.11.2064>
- O'Regan, J. K., & Jacobs, A. M. (1992). Optimal viewing position effect in word recognition: A challenge to current theory. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 18(1), 185–197. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.18.1.185>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Aki, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., Stewart, L. A., Thomas, J., Tricco, A. C., Welch, V. A., Whiting, P., & Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *Systematic Reviews*, 10, 89.
<https://doi.org/10.1186/s13643-021-01626-4>
- Patterson, K., & Wilson, B. (1990). A rose is a rose or a nose: A deficit in initial letter identification. *Cognitive Neuropsychology*, 7(5–6), 447–477. <https://doi.org/10.1080/02643299008253451>
- Pelli, D.G.; Palomares, M. & Majaj, N.J. (2004). Crowding is unlike ordinary masking: Distinguishing feature integration from detection. *Journal of Vision*, 4(12), 1136–1169.
<https://doi.org/10.1167/4.12.12>
- Petrich, J. A., Greenwald, M. L., & Berndt, R. S. (2007). An investigation of attentional contributions to visual errors in right “neglect dyslexia”. *Cortex*, 43(8), 1036–1046.
[https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(08\)70701-9](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(08)70701-9)
- Poschenrieder, J. & Kerkhoff, G. (2024). Neuro-Vision-Training (NVT): Ein hybrides KI-basiertes Trainingsprogramm für Klinik, Ambulanz, Praxis und zu Hause. *Zeitschrift für Neuropsychologie*, 35(3), 147–162. <https://doi.org/10.1024/1016-264X/a000399>

Priftis, K., Albanese, S., Meneghello, F., & Pitteri, M. (2013). Pure left neglect for Arabic numerals.

Brain and cognition, 81(1), 118–123. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2012.09.008>

Primativo, S., Arduino, L. S., De Luca, M., Daini, R., & Martelli, M. (2013). Neglect dyslexia: A matter of “good looking”. *Neuropsychologia*, 51(11), 2109–2119.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2013.07.002>

Primativo, S., Arduino, L. S., Daini, R., De Luca, M., Toneatto, C. & Martelli, M. (2015). Impaired oculomotor behaviour affects both reading and scene perception in neglect patients.

Neuropsychologia, 70, 90–106. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2015.02.020>

Ptak, R. (2017). What role for prism adaptation in the rehabilitation of pure neglect dyslexia?

Neurocase, 23(3–4), 193–200. <https://doi.org/10.1080/13554794.2017.1361452>

Ptak, R., Di Pietro, M., & Pignat, J. M. (2016). The role of parieto-temporal connectivity in pure neglect dyslexia. *Brain research*, 1648, 144–151.

<https://doi.org/10.1016/j.brainres.2016.07.033>

Ptak, R., Di Pietro, M., & Schnider, A. (2012). The neural correlates of object-centered processing in reading: A lesion study of neglect dyslexia. *Neuropsychologia*, 50(6), 1142–1150.

<http://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.09.036>

Rapcsak, S. Z., Henry, M. L., Teague, S. L., Carnahan, S. D., & Beeson, P. M. (2007). Do dual-route models accurately predict reading and spelling performance in individuals with acquired alexia and agraphia? *Neuropsychologia*, 45(11), 2519–2524,

<http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2007.03.019>.

Rapp, B., & Caramazza, A. (1997). From graphemes to abstract letter shapes: Levels of representation in written spelling. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*,

23(4), 1130–1152. <https://doi.org/10.1037/0096-1523.23.4.1130>

Rayner, K. (1998). Eye movements in reading and information processing: 20 years of research.

Psychological Bulletin, 124(3), 372–422. <http://dx.doi.org/10.1037/0033-2909.124.3.372>

Reinhart, S. (2014). Neglect-Dyslexie: Ursachen, Assessment und Therapie [Doctoral dissertation,

Universität des Saarlandes]. <http://dx.doi.org/10.22028/D291-23377>

Reinhart, S., Keller, I., & Kerkhoff, G. (2010). Effects of head rotation on space- and word-based

reading errors in spatial neglect. *Neuropsychologia*, 48(13), 3706–3714,

<http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.09.006>.

Reinhart, S., Schindler, I., & Kerkhoff, G. (2011). Optokinetic stimulation affects word omissions but

not stimulus-centered reading errors in paragraph reading in neglect dyslexia.

Neuropsychologia, 49(9), 2728–2735. <http://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.05.022>

Reinhart, S., Höfner, B., Kerkhoff, G. (2012). Visuell bedingte Lesestörungen nach erworbener

Hirnschädigung: Klinik und Anamnese. *Sprache, Stimme, Gehör*, 37(01), 46–53.

<http://dx.doi.org/10.1055/s-0032-1321915>

Reinhart, S. & Kerkhoff, G. (2016). *Neglect Dyslexie Test*. Saarland University, Clinical

Neuropsychology Group. [https://www.uni-](https://www.uni-saarland.de/fileadmin/upload/lehrstuhl/kerkhoff/Materialien_f%C3%BCr_Diagnostik_Therapie/Instructions_SNT_single_and_dual_task.pdf)

[saarland.de/fileadmin/upload/lehrstuhl/kerkhoff/Materialien_f%C3%BCr_Diagnostik_Therapie](https://www.uni-saarland.de/fileadmin/upload/lehrstuhl/kerkhoff/Materialien_f%C3%BCr_Diagnostik_Therapie/Instructions_SNT_single_and_dual_task.pdf)

[/Instructions_SNT_single_and_dual_task.pdf](https://www.uni-saarland.de/fileadmin/upload/lehrstuhl/kerkhoff/Materialien_f%C3%BCr_Diagnostik_Therapie/Instructions_SNT_single_and_dual_task.pdf)

Reinhart, S., Schaadt, A.-K., Adams, M., & Kerkhoff, G. (2016). SNT-Single und SNT-Dual: Zwei neue

sensitive Neglecttests für den leichten und chronischen Neglect. *Neurologie & Rehabilitation*,

22(1), 98–04.

Reinhart, S., Schunck, A., Schaadt, A. K., Adams, M., Simon, A., & Kerkhoff, G. (2016). Assessing

neglect dyslexia with compound words. *Neuropsychology*, 30(7), 869.

<http://dx.doi.org/10.1037/neu0000307>

- Reinhart, S., Wagner, P., Schulz, A., Keller, I., & Kerkhoff, G. (2013). Line bisection error predicts the presence and severity of neglect dyslexia in paragraph reading. *Neuropsychologia*, 51(1), 1–7.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.10.026>
- Rey, A. & Osterrieth, P. A. (1993). Translations of excerpts from Andre Rey's 'Psychological Examination of Traumatic Encephalopathy and PA Osterrieth's 'The Complex Figure Test'. *The Clinical Neuropsychologist*, 7(1), 4–21.
- Reznick, J., & Friedmann, N. (2015). Evidence from neglect dyslexia for morphological decomposition at the early stages of orthographic-visual analysis. *Frontiers in Human neuroscience*, 9, 497.
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00497>
- Rich, T. J. (2020). *The Contributions of Spatial Processing and Selective Attention to the Deficits in Patients with Spatial Neglect and Neglect Dyslexia* (Publication No. 28091171) [Doctoral dissertation, University of Washington]. ProQuest Dissertations & Theses.
- Rich, T. J. & Palmer, J. (2023). Neglect Dyslexia: Whole-word and within-word errors with parafoveal and foveal viewing. *Experimental Brain Research*, 241(11), 2655–2668.
<https://doi.org/10.1007/s00221-023-06708-4>
- Rickham, P. P. (1964). Human experimentation. Code of ethics of the world medical association. Declaration of Helsinki. *British Medical Journal*, 2(5402), 177.
<https://doi.org/10.1136/bmj.2.5402.177>
- Riddoch, J. (1990). Neglect and the peripheral dyslexias. *Cognitive Neuropsychology*, 7(5–6), 369–389. <https://doi.org/10.1080/02643299008253449>
- Riddoch, J., Humphreys, G., Cleton, P., & Fery, P. (1990). Interaction of attentional and lexical processes in neglect dyslexia. *Cognitive Neuropsychology*, 7(5–6), 479–517.
<https://doi.org/10.1080/02643299008253452>

Ronchi, R., Algeri, L., Chiapella, L., Spada, M. S., & Vallar, G. (2012). Spatial neglect and perseveration in visuomotor exploration. *Neuropsychology*, 26(5), 588–603.

<https://doi.org/10.1037/a0029216>

Ronchi, R., Algeri, L., Chiapella, L., Gallucci, M., Spada, L.S., & Vallar, G. (2016). Left neglect dyslexia: Perseveration and reading error types. *Neuropsychologia*, 89, 453–464.

<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2016.07.023>

Rorden, C. & Karnath, H.-O. (2010). A simple measure of neglect severity. *Neuropsychologia*, 48(9), 2758–2763. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.04.018>

Rossetto, A., Toraldo, A., Laratta, S., Tonin, P., Poletto, C., Bencini, G., & Semenza, C. (2022). Linguistic structure modulates attention in reading: Evidence from negative concord in Italian. *Cognitive neuropsychology*, 39(5–8), 356–374.

<https://doi.org/10.1080/02643294.2023.2199918>

Rowe, F., Wright, D., Brand, D., Jackson, C., Price, A., Walker, L., Harrison, S., Eccleston, C., Maan, T., Scott, C., Vogwell, L., Peel, S., Robson, L., Akerman, N., Dodridge, C., Howard, C., Shipman, T., Sperring, U., Yarde, S., Rowe, F., Macdiarmid, S., & Freeman, C. (2011). Reading difficulty after stroke: ocular and non ocular causes. *International Journal of Stroke*, 6(5), 404–411.

<https://doi.org/10.1111/j.1747-4949.2011.00583.x>

Rubi-Fessen, I., Gerhards, L., Weinzierl, C., & Stenneken, P. (2024, 1.–2. März). *Die Kölner LeseListen als praktikable und relevante Ergänzung zur klinischen Diagnostik erworbener Dyslexien* [Abstract Poster Präsentation]. 35. dbs-Workshop Klinische Linguistik, Erfurt. https://www.dbs-ev.de/fileadmin/dokumente/Veranstaltungen/WorkshopKL_2024/2024_Abtractband_WKL_formatiert.pdf

Rusconi, M. L., Cappa, S. F., Scala, M., & Meneghello, F. (2004). A lexical stress effect in neglect dyslexia. *Neuropsychology*, 18(1), 135–140, <http://dx.doi.org/10.1037/0894-4105.18.1.135>

- Savazzi, S. (2003). Object-based versus object-centered neglect in reading words. *Neurocase*, 9(3), 203–212. <http://dx.doi.org/10.1076/neur.9.3.203.15560>
- Savazzi, S., Frigo, C., & Minuto, D. (2004). Anisometry of space representation in neglect dyslexia. *Cognitive brain research*, 19(3), 209–218. <http://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2003.12.003>
- Schüppert, A., Heeringa, W., Golubovic, J., & Gooskens, C. (2017). Write as you speak? A cross-linguistic investigation of orthographic transparency in Germanic, Romance and Slavic languages. *Mining for parsing failures*, 312–427. <http://wjheeringa.nl/papers/jn16a.pdf>
- Schwartz, T. H., Ojemann, G. A., & Dodrill, C. B. (1997). Reading errors following right hemisphere injection of sodium amobarbital. *Brain and language*, 58(1), 70–91. <https://doi.org/10.1006/brln.1997.1787>
- Semenza, C., Arcara, G., Facchini, S., Meneghello, F., Ferraro, M., Passarini, L., Pilosio, C., Vigato, G., & Mondini, S. (2011). Reading compounds in neglect dyslexia: The headedness effect. *Neuropsychologia*, 49(11), 3116–3120. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.07.020>
- Siéoff, E. (2017). Acquired spatial dyslexia. *Annals of physical and rehabilitation medicine*, 60(3), 155–159. <https://doi.org/10.1016/j.rehab.2015.07.004>
- Siakaluk, P. D., & Buchanan, L. (2001). Stimulus-specific neglect in a deep dyslexic patient. *Brain and cognition*, 46(1–2), 268–271. [https://doi.org/10.1016/S0278-2626\(01\)80081-6](https://doi.org/10.1016/S0278-2626(01)80081-6)
- Stenneken, P., Conrad, M., & Jacobs, A. M. (2007). Processing of syllables in production and recognition tasks. *Journal of Psycholinguistic Research*, 36, 65–78. <https://doi.org/10.1007/s10936-006-9033-8>
- Stenneken, P., Egetemeir, J., Schulte-Körne, G., Müller, H. J., Schneider, W. X., & Finke, K. (2011). Slow perceptual processing at the core of developmental dyslexia: a parameter-based

- assessment of visual attention. *Neuropsychologia*, 49(12), 3454–3465.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2011.08.021>.
- Stenneken, P., van Eimeren, L., Keller, I., Jacobs, A. M., & Kerkhoff, G. (2008). Task-dependent modulation of neglect dyslexia? Novel evidence from the viewing position effect. *Brain Research*, 1189, 166–178. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2007.10.069>
- Subbiah, I., & Caramazza, A. (2000). Stimulus-centered neglect in reading and object recognition. *Neurocase*, 6(1), 13–31. <https://doi.org/10.1080/13554790008402754>
- Takeda, K., & Sugishita, M. (1995). Word length and error types in Japanese left-sided neglect dyslexia. *Clinical Neurology and Neurosurgery*, 97(2), 125–130.
[http://dx.doi.org/10.1016/0303-8467\(94\)00066-F](http://dx.doi.org/10.1016/0303-8467(94)00066-F)
- Tegnér, R., & Levander, M. (1993). Word length coding in neglect dyslexia. *Neuropsychologia*, 31(11), 1217–1223. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(93\)90069-C](https://doi.org/10.1016/0028-3932(93)90069-C)
- Townsend, J. T. (1971). Theoretical analysis of an alphabetic confusion matrix. *Perception & Psychophysics*, 9(1), 40–50. <https://doi.org/10.3758/BF03213026>
- Turkeltaub, P. E., Gareau, L., Flowers, D. L., Zeffiro, T. A., & Eden, G. F. (2003). Development of neural mechanisms for reading. *Nature Neuroscience*, 6(6), 767–773.
<http://dx.doi.org/10.1038/nn1065.v>
- Ungerleider, L. G., Courtney, S. M., & Haxby, J. V. (1998). A neural system for human visual working memory. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 95(3), 883–890.
<https://doi.org/10.1073/pnas.95.3.883>
- Vallar, G (1997). Spatial frames of reference and somatosensory processing: A neuropsychological perspective. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 352(1360), 1401–1409. <https://doi.org/10.1098/rstb.1997.0126>

- Vallar, G. (1998). Spatial Hemineglect in Humans. *Trends in Cognitive Science*, 2(3), 87–97.
[https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(98\)01145-0](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(98)01145-0)
- Vallar, G., Burani, C., & Arduino, L. S. (2010). Neglect dyslexia: A review of the neuropsychological literature. *Experimental Brain Research*, 206(2), 219–235. <https://doi.org/10.1007/s00221-010-2386-0>
- Vallar, G., Guariglia, C., Nico, D., & Tabossi, P. (1996). Left neglect dyslexia and the processing of neglected information. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 18(5), 733–746.
<http://dx.doi.org/10.1080/01688639608408296>.
- Van Der Heijden, A. H. C., Malhas, M. S. M., & Van Den Roovaart, B. P. (1984). An empirical interletter confusion matrix for continuous-line capitals. *Perception & Psychophysics*, 35(1), 85–88.
<https://doi.org/10.3758/BF03205927>
- Van Eimeren, L., Stenneken, P., Keller, I., Jacobs, A. M., & Kerkhoff, G. (2004). Neglect dyslexia in reading compared to lexical decision tasks. In *Annual Meeting of the German Society for Neuropsychology. GNP*.
- Veronelli, L., Guasti, M. T., Arduino, L. S., & Vallar, G. (2014). Combining language and space: Sentence bisection in unilateral spatial neglect. *Brain and language*, 137, 1–13.
<https://doi.org/10.1016/j.bandl.2014.07.007>
- Veronelli, L., Vallar, G., Marinelli, C. V., Primativo, S., & Arduino, L. S. (2014). Line and word bisection in right-brain-damaged patients with left spatial neglect. *Experimental brain research*, 232(1), 133–146. <https://doi.org/10.1007/s00221-013-3726-7>
- Warrington, E. K. (1991). Right Neglect Dyslexia: A Single Case Study. *Cognitive Neuropsychology*, 8(3–4), 193–212. <https://doi.org/10.1080/02643299108253372>
- Weinzierl, C., Kerkhoff, G., & Stenneken, P. (2009). Analyse von Lesefehlern bei Neglectdyslexie: Fehlertypen und Fehlerpositionen bei der Wortbenennung. In A. B. Eder, K. Rothermund, S. R.

Schweinberger, M. C. Steffens, & H. Wiese (Eds.), *Abstracts der 51. Tagung experimentell arbeitender Psychologen (TeaP)* (p. 123). Friedrich-Schiller-Universität Jena.
<https://doi.org/10.23668/psycharchives.896>

Weinzierl, C., Kerkhoff, G., & Stenneken, P. (2014a, 21.-22. Februar). Spezifische Lesefehler bei Neglectdyslexie. Ein quantitativer und qualitativer Vergleich mit gesunden Kontrollprobanden [Abstract und Posterpräsentation]. 15. Wissenschaftliches Symposium des dbs.
https://www.dbs-ev.de/fileadmin/dokumente/Veranstaltungen/Symposium_2014/NEU_Abstractband_Posterpraesentationen_Symposium_Berlin.pdf und https://www.dbs-ev.de/fileadmin/dokumente/Veranstaltungen/Symposium_2014/PosterND_Weinzierl.pdf

Weinzierl, C., Kerkhoff, G. & Stenneken, P. (2014b). Spezifische Lesefehler bei Neglectdyslexie. Ein Vergleich mit einer Kontrollgruppe. *Sprachtherapie aktuell: Schwerpunktthema Unterstützte Kommunikation = Sprachtherapie?!*, 1. <http://doi.org/10.14620/stadbs140910>

Weinzierl, C., Kerkhoff, G., Van Eimeren, L., Keller, I., & Stenneken, P. (2012). Error types and error positions in neglect dyslexia: Comparative analyses in neglect patients and healthy controls. *Neuropsychologia*, 50(12), 2764–2772.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.08.007>

Weinzierl, C., Kerkhoff, G., Van Eimeren, L., Keller, I. & Stenneken, P. (2013a). Specifics of left neglect dyslexia? Word reading errors in neglect patients and healthy controls [Abstract Posterpräsentation]. *Behavioural Neurology*, 27 (3), 426–427. <https://doi.org/10.3233/BEN-139900>

Weinzierl, C., Kerkhoff, G., Van Eimeren, L., Keller, I., Stenneken, P. (2013b). Welche Lesefehler sind spezifisch für Neglectdyslexie? Wortbenennung bei Neglectpatienten und gesunden Kontrollprobanden. In U. Ansorge, E. Kirchler, C. Lamm, & H. Leder (Eds.), *TeaP 2013–Abstracts*

of the 55th Conference of Experimental Psychologists (p. 303). Pabst Science Publishers.

<https://doi.org/10.23668/psycharchives.880>

Weinzierl, C., & Stenneken, P. (2025a). Auslassungen oder Substitutionen bei Neglectdyslexie: Ein ausführliches Review zu einem vernachlässigten Störungsbild. *Sprachtherapie aktuell: Forschung – Wissen – Transfer*, 24. Wissenschaftliches Symposium des dbs, 12(1).

Forschung – Wissen – Transfer, 24. Wissenschaftliches Symposium des dbs, 12(1).

<http://doi.org/10.14620/stadbs250331>

Weinzierl, C., & Stenneken, P. (2025b). Correlates of error types in Neglect Dyslexie – A Review.

Zeitschrift für Neuropsychologie, Abstract volume of the 9th Scientific Meeting of the Federation of the European Neuropsychological Societies (FESN) and 40th Annual Meeting of the German Neuropsychological Society (GNP), 36(1), 350. <http://doi.org/10.1024/1016-264X/a000423>

Whitney, C. S. (2001). How the brain encodes the order of letters in a printed word: The SERIOL model and selective literature review. *Psychonomic Bulletin and Review*, 8(2), 221–243.

<http://dx.doi.org/10.3758/BF03196158>

Whitney, C. S., & Berndt, R. S. (1999). A new model of letter string encoding: Simulating right neglect dyslexia. *Progress in Brain Research*, 121, 143–163. [http://dx.doi.org/10.1016/S0079-6123\(08\)63072-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0079-6123(08)63072-1)

Whitney, C. S., & Cornelissen, P. (2005). Letter-position encoding and dyslexia. *Journal of Research in Reading*, 28(3), 274–301. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-9817.2005.00270.x>

Wilson, B., Cockburn, J., & Halligan, P. (1987). Development of a behavioral test of visuospatial neglect. *Archives of physical medicine and rehabilitation*, 68(2), 98. PMID: 3813864

Woollams, A. M., Hoffman, P., Roberts, D. J., Ralph, M. A. L., & Patterson, K. E. (2014). What lies beneath: A comparison of reading aloud in pure alexia and semantic dementia. *Cognitive Neuropsychology*, 31(5–6), 461–481. <https://doi.org/10.1080/02643294.2014.882300>

Worthington, A. D. (1996). Cueing strategies in neglect dyslexia. *Neuropsychological Rehabilitation*, 6(1), 1–17. <https://doi.org/10.1080/713755496117>

Yi, W., Wu, T., Chen, W., Yuan, T. F., Luo, B., Shan, C., Li, J., He, S., & Weng, X. (2014). Left hemiparalexia of Chinese characters: neglect dyslexia or disruption of pathway of visual word form processing?. *Brain Structure and Function*, 219(1), 283–292. <https://doi.org/10.1007/s00429-012-0499-x>

Young, A. W., Newcombe, F., & Ellis, A. W. (1991). Different impairments contribute to neglect dyslexia. *Cognitive Neuropsychology*, 8(3–4), 177–191. <https://doi.org/10.1080/02643299108253371>

Zahabi, S., & Arguin, M. (2014). A crowdful of letters: disentangling the role of similarity, eccentricity and spatial frequencies in letter crowding. *Vision Research*, 97, 45–51. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2014.02.001>

Zimmermann, P. & Fimm, B. (2017). *Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP). Handbuch Teil 1. Psytest.*

Appendix A. Mean number of substituted target letters and substituting response letters in ND patients (upper part) and controls (lower part).

		response letters																										
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	R	S	T	U	V	W	X	Z	Ä	Ö	Ü
ND patients	stimulus letters	A	0,11	0,22	0,11	0,39			0,11	0,17		0,17	0,06	0,11	0,11	0,06	0,22	0,11	0,06	0,17		0,06			0,11			
		B	0,06			0,06	0,44	0,11	0,06	0,06	0,06	0,06	0,28	0,17	0,06	0,11		0,11	0,17	0,33		0,06	0,06					
		C							0,06				0,06	0,06		0,06	0,06			0,06								
		D	0,06						0,17		0,06			0,06	0,06				0,06	0,22	0,11		0,06		0,06			
		E	0,39	0,17	0,11	0,06		0,06		0,06	0,67		0,06	0,17		0,28	0,33	0,17	0,61	0,11	0,44	0,11		0,06		0,06		0,06
		F	0,17	0,06			0,11					0,11		0,06		0,11		0,72	0,39	0,22	0,44				0,06			
		G				0,06		0,06		0,06			0,11	0,11		0,06				0,06		0,11						
		H	0,06		0,06		0,11	0,06			0,11			0,11		0,11		0,06	0,22		0,06			0,06				
		I	0,33				0,78			0,11				0,22		0,11	0,06		0,44	0,06	0,06	0,06						
		J						0,06																				
		K				0,06		0,06	0,22		0,06				0,11	0,06			0,11	0,17	0,11	0,06	0,06			0,06		
		L	0,17			0,06	0,22	0,17	0,06	0,11	0,17					0,11	0,06	0,06	0,56	0,06	0,06	0,17		0,22				
		M	0,06										0,17		0,33			0,06	0,06	0,11			0,06					
		N	0,17			0,06	0,39		0,11	0,06			0,11	0,33	0,17				0,33	0,06	0,06	0,06		0,06	0,06	0,06		
		O	0,11		0,06		0,22	0,06	0,06	0,06	0,06							0,06	0,17			0,17					0,06	
		P	0,11	0,11	0,06		0,06	0,39	0,06	0,06	0,06		0,28	0,28		0,11				0,33	0,83							

Q											0,06																														
R	0,44	0,06	0,06				0,39	0,06	0,17	0,28	0,44	0,11	0,44	0,06	0,33	0,11	0,11				0,28	0,06	0,06	0,06					0,06												
S	0,17	0,11			0,06	0,06	0,06	0,06	0,06					0,11			0,22			0,06	0,11			0,06	0,06			0,06	0,06												
T	0,22	0,06	0,11	0,28	0,50	0,17	0,17	0,11	0,06	0,17	0,33			0,22			0,28	0,28	0,44				0,06	0,06			0,06	0,06													
U	0,22				0,17						0,06	0,11				0,06				0,22	0,11	0,11	0,11					0,11	0,11												
V											0,06																														
W					0,06	0,06				0,06	0,11	0,11	0,11	0,22				0,11	0,11																						
Z				0,06				0,06					0,06	0,06								0,11	0,11																		
Ä	0,11																					0,06										0,06									
Ö	0,06				0,06																																				
Ü	0,06																																								

Appendix A. continued

		response letters																											
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	R	S	T	U	V	W	X	Z	Ä	Ö	Ü	
controls	stimulus letters	A		0,27		0,73			0,36	0,09			0,27	0,09	0,27	0,09		0,27	0,18		0,18		0,18						
	B	0,09				0,18	0,09								0,18		0,09	0,09											
	C								0,36				0,18					0,09	0,09								0,09		
	D	0,09	0,09			0,09		0,09											0,09										
	E	0,18	0,09				0,36	0,27	0,18	0,55	0,18	0,27	0,09	0,64	0,09		0,55		0,55	0,09									
	F	0,09			0,09	0,18		0,09	0,27				0,09		0,09		0,82	0,45		0,09		0,09		0,09	0,09				
	G	0,09		0,09		0,09	0,09								0,09				0,09										
	H			0,09							0,09	0,09								0,09	0,09	0,09							
	I	0,73			0,09	1,18			0,18				0,18					0,64	0,18	0,18	0,09	0,09							
	K			0,09	0,09	0,18		0,18	0,09				0,27	0,27					0,18	0,45									
	L	0,09		0,18	0,09	0,18	0,36	0,09	0,09	0,55			0,09	0,09			0,64	0,18		0,18		0,18			0,09				
	M	0,09				0,18				0,09			0,09		0,18							0,09							
	N	0,36		0,27	0,09	0,27			0,36	0,36	0,09	0,09					1,00	0,27	0,18	0,09					0,09				
	O					0,18									0,18			0,27									0,09		
	P		0,09	0,09			0,27				0,09				0,09	0,36		0,09	0,36	0,36								0,09	
	Q																					0,09							
	R	0,73	0,18	0,18		0,64	0,45	0,36	0,18	0,27			0,09		0,73	0,09	0,91		0,18	0,18	0,36					0,09			
	S	0,09						0,18	0,18									0,09		0,45	0,09				0,09				

T	0,09	0,09	0,27	0,36	0,18	0,36	0,18	0,36	0,55	0,45	0,45	0,09	
U	0,36		0,36					0,55	0,09	0,18	0,09	0,09	0,36
W	0,18				0,18		0,36		0,09				
Z			0,09								0,09		
Ä													0,09
Ü							0,09						

Erklärung zu den Publikationen

Die vorliegende kumulative Dissertation umfasst insgesamt drei Manuskripte, die von mir als Erstautorin verfasst wurden. Eines dieser Manuskripte ist bereits publiziert (Kapitel 3), ein Manuskript ist zur Publikation eingereicht worden und nach major revisions überarbeitet (Kapitel 4). Alle Publikationsmanuskripte wurden von mir selbständig verfasst. Die Überarbeitung erfolgte in Zusammenarbeit mit den Co-Autorinnen, entsprechende Anmerkungen wurden von mir eigenverantwortlich eingearbeitet. Einzelheiten werden im Folgenden erläutert:

- Studie 1: Weinzierl, C., Kerkhoff, G., Van Eimeren, L., Keller, I., & Stenneken, P. (2012). Error types and error positions in neglect dyslexia: Comparative analyses in neglect patients and healthy controls. *Neuropsychologia*, 50, 2764–2772. 10.1016/j.neuropsychologia.2012.08.007 (siehe auch Weinzierl et al., 2009, 2012, 2013a, 2013b, 2014)
- Studie 2: Weinzierl, C., & Stenneken, P. (2014). Perceptual and linguistic analyses of substitution errors: Word reading in Neglect dyslexie and controls. [Manuskript zur Publikation 2014 bei der Zeitschrift Cognitive Neuropsychology eingereicht, major revisions eingearbeitet, aber bisher nicht publiziert] (siehe auch Weinzierl et al., 2014a, 2014b).
- Studie 3: Weinzierl, C., & Stenneken (unveröffentlicht). Korrelate von Fehlertypen bei Neglectdyslexie – ein Scoping-Review. (siehe auch Weinzierl & Stenneken, 2025a, 2025b)

Studie 1 basiert auf einem Rohdatensatz, den ich von Prisca Stenneken für meine Diplomarbeit zur Verfügung gestellt bekommen habe. Die Konzeption und Fragestellungen für Studie 1 der Dissertation aus diesem Rohdatensatz wurden zusammen mit Prisca Stenneken entwickelt; die Datenaufbereitung, Datenanalyse und Interpretation habe ich — nach regelmäßiger Beratung und Rücksprache mit Dr. Prisca Stenneken — selbst geleistet. Konzeption und Design, Datenaufbereitung,

Datenanalyse und Interpretation der genannten Studien 2 und 3 habe ich selbständig und eigenverantwortlich erarbeitet. Für Studie 3 habe ich zudem die Daten selbst erhoben.

Eidesstattliche Erklärung nach § 11 (1) 8 der Promotionsordnung der Humanwissenschaftlichen Fakultät vom 18.12.2018

Ich, Christiane Weinzierl, geboren am 13.08.1979, versichere eidesstattlich, dass ich die von mir vorgelegte Dissertation selbstständig und ohne unzulässige Hilfe angefertigt, die benutzten Quellen und Hilfsmittel vollständig angegeben und die Stellen der Arbeit einschließlich Tabellen, Karten und Abbildungen, die anderen Werken im Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, in jedem Einzelfall als Entlehnung kenntlich gemacht habe sowie dass diese Dissertation noch keinem anderen Fachbereich zur Prüfung vorgelegen hat. Die Promotionsordnung ist mir bekannt. Darüber hinaus erkläre ich hiermit, dass ich die Ordnung zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis und zum Umgang mit wissenschaftlichem Fehlverhalten der Universität zu Köln gelesen und sie bei der Durchführung der Dissertation und der zugrundeliegenden Arbeiten und der schriftlich verfassten Dissertation beachtet habe, und verpflichte mich hiermit, die dort genannten Vorgaben bei allen wissenschaftlichen Tätigkeiten zu beachten und umzusetzen. Die von mir vorgelegte Dissertation ist von Prof.in Dr. Prisca Stenneken betreut worden. Ich versichere, dass die eingereichte elektronische Fassung der Dissertation der eingereichten Druckfassung vollständig entspricht.

22.04.2026

(Datum, Unterschrift)