

# **Therapie zerebraler Wahrnehmungsstörungen**

## **Evaluation eines standardisierten Förderprogramms für Kinder mit CVI**

### **Inauguraldissertation**

zur Erlangung des Doktorgrades der Philosophie  
an der Ludwig-Maximilians-Universität  
München

vorgelegt von  
Simon Felix Moll  
aus München

München, 2017

Erstgutachter: Professor Dr. Josef Zihl

Zweitgutachter: Professor Dr. Paul Sauseng

Datum der mündlichen Prüfung: 13.02.2017

## **Danksagung**

Ich danke

**Professor Dr. Josef Zihl** für die Ermöglichung und fachkundige Begleitung dieser Arbeit,

**Frau Dr. Lydia Unterberger** für die großartige Unterstützung im organisatorischen Chaos,

**allen 11 Schülern** für ihre Geduld, Motivation und das farbenfrohe Bild einer Schildkröte,

**den Lehrern und Eltern des SBZ** für ihr Vertrauen und die exzellente Zusammenarbeit,

**Professor Dr. Paul Sauseng** für die bereitwillige Erstellung eines Zweitgutachtens,

**Professor Dr. Markus Bühner** für Diskussionsbereitschaft und Engagement,

**meiner Familie** für Liebe, Halt und reichlich Ehrgeiz,

**Maria** für weit mehr, als in diesen Zeilen Platz findet.

## Abstract

Zerebrale visuelle Wahrnehmungsstörungen (CVI) sind der häufigste Auslöser für kindliche Sehstörungen in westlichen Ländern. Trotz ihrer Häufigkeit existieren bis heute aber kaum wissenschaftlich geprüfte Behandlungsprogramme für die Betroffenen. Ein Lösungsansatz für dieses Problem ist die Adaptation bereits evaluierter Verfahren aus dem Erwachsenenbereich. Diesem Konzept folgend, wurden im Rahmen der vorliegenden Untersuchung die beiden von Zihl (2011) entwickelten Behandlungsverfahren *SEARCH* und *Pro\*Text* bei 11 Schulkindern mit CVI (Alter: 9-16 Jahre) angewendet und ihre Wirkung auf die visuelle Suche bzw. Lesefähigkeit der Probanden evaluiert. Zur Beurteilung der Leistungsentwicklung der Schüler wurden an fünf Messzeitpunkten Tests der visuellen Suche bzw. des Überblicks, der Leseleistung und der fokussierten Aufmerksamkeit durchgeführt. Die Ergebnisse der Analyse ergaben signifikante, aber verhältnismäßig geringe Leistungssteigerungen bzgl. visueller Suche und Lesefähigkeit, die eine positive, aber unspezifische Wirkung beider Verfahren nahelegen. Zudem zeigte sich ein deutlich positiver Effekt der Behandlung auf die fokussierte Aufmerksamkeit. Die Anwendungsreihenfolge der Verfahren hatte keinen Einfluss auf den Behandlungserfolg. Obwohl sich nach Behandlungsabschluss auf Gruppenebene keine signifikanten Leistungsveränderungen mehr zeigten, kam es bei einzelnen Probanden zu erheblichen Leistungsschwankungen. Das Vorliegen von Gesichtsfeldausfällen minderte die Wirksamkeit der Behandlungsverfahren. Einflüsse nicht-visueller Entwicklungsdefizite oder Alterseffekte zeigten sich dagegen nicht. Die Befunde der Untersuchung wurden dahingehend interpretiert, dass *SEARCH* und *Pro\*Text* bei den Kindern nur eingeschränkt wirken konnten, da der Hauptauslöser für Defizite in visueller Suche und Lesefähigkeit bei dieser Stichprobe ein anderer ist als bei erwachsenen Patienten, für die die Behandlungsverfahren eigentlich konzipiert sind. Die unspezifischen Leistungsverbesserungen entstanden vermutlich durch Behandlungseffekte auf die Top-Down-Kontrolle der visuell-räumlichen Aufmerksamkeit.

# Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung .....	1
1.1 Phylogenese: Die Evolution des menschlichen Sehens .....	1
1.2 Ontogenese: Die Entwicklung des menschlichen Sehens .....	3
1.3 Pathogenese: Der Einfluss zerebraler visueller Wahrnehmungsstörungen.....	5
2. Theoretischer Hintergrund .....	6
2.1 Das zentrale Sehsystem .....	6
2.1.1 Die subkortikale visuelle Verarbeitung.....	6
2.1.2 Die kortikale visuelle Verarbeitung .....	6
2.2 Definition und Diagnostik von CVI.....	7
2.3 Die Ätiologie von CVI.....	9
2.4 Das Störungsbild von CVI .....	11
2.4.1 Störungen basaler visueller Teilleistungen.....	13
2.4.2 Störungen der höheren visuellen Verarbeitung .....	17
2.4.3 Störungen der Okulomotorik.....	20
2.4.4 Sonstige ophthalmologische Störungen .....	22
2.5 Die Prävalenz von CVI .....	24
2.6 Konsequenzen für die kindliche Entwicklung .....	25
2.7 Möglichkeiten der Förderung von Kindern mit CVI .....	26
2.7.1 Ausgangslage .....	27
2.7.2 Die Grundlagen der Behandlung von CVI.....	30
2.7.3 Der Ansatz des Förderprogramms.....	32

2.7.4	Verwendete Behandlungsverfahren .....	36
2.8	Fragestellungen .....	39
3.	Methode.....	43
3.1	Stichprobe.....	43
3.1.1	Rekrutierung.....	43
3.1.2	Ein- und Ausschlusskriterien .....	44
3.1.3	Darstellung der Einzelfälle.....	44
3.2	Behandlungsverfahren.....	47
3.2.1	SEARCH .....	48
3.2.2	Pro*Text .....	51
3.3	Messverfahren .....	52
3.3.1	Kreise durchstreichen (Überblick/visuelle Suche).....	52
3.3.2	Rauten durchstreichen (Überblick/visuelle Suche).....	54
3.3.3	FokAT-KJ (fokussierte Aufmerksamkeit) .....	55
3.3.4	Lesetext (Lesefähigkeit).....	57
3.3.5	Protang (Überblick/visuelle Suche) .....	58
3.4	Versuchsablauf .....	59
3.4.1	Behandlungssitzungen.....	59
3.4.2	Verlaufstestungen.....	60
3.4.3	Gesamt-Ablauf des Förderprogramms .....	61
3.5	Hypothesen.....	62
3.6	Statistische Auswertung .....	65

3.6.1 Analyse der Einzelfälle .....	65
3.6.2 Gruppenstatistische Analyse .....	66
4. Ergebnisse .....	68
4.1 Analyse der Einzelfälle .....	68
4.1.1 VPN 1 .....	68
4.1.2 VPN 2 .....	69
4.1.3 VPN 3 .....	70
4.1.4 VPN 4 .....	71
4.1.5 VPN 5 .....	72
4.1.6 VPN 6 .....	73
4.1.7 VPN 7 .....	74
4.1.8 VPN 8 .....	75
4.1.9 VPN 9 .....	76
4.1.10 VPN 10 .....	77
4.1.11 VPN 11 .....	78
4.2 Zusammenfassung der Einzelfallanalyse .....	79
4.3 Gruppenstatistische Hypothesentestung .....	80
4.3.1 Verbesserung der visuellen Wahrnehmung .....	80
4.3.2 Stabilität von Leistungsveränderungen .....	82
4.3.3 Spezifische Wirksamkeit der Behandlungsverfahren .....	84
4.3.4 Einfluss der Anwendungsreihenfolge .....	87
4.3.5 Einfluss von Gesichtsfeldstörungen .....	90

4.3.6 Einfluss nicht-visueller Entwicklungsdefizite.....	95
4.3.7 Einfluss des Alters.....	98
4.4 Zusatzanalyse: Einfluss der fokussierten Aufmerksamkeit .....	101
5. Diskussion .....	102
5.1 Wirksamkeit der Behandlungsverfahren .....	103
5.1.1 Verbesserung von Lesefähigkeit und visueller Exploration .....	103
5.1.2 Stabilität der Leistungsverbesserungen .....	108
5.1.3 Spezifische Wirkung der Behandlungsverfahren .....	110
5.2 Einflussfaktoren auf den Behandlungserfolg .....	114
5.2.1 Anwendungsreihenfolge der Behandlungsverfahren .....	114
5.2.2 Einfluss von Gesichtsfeldstörungen .....	115
5.2.3 Einfluss nicht-visueller Entwicklungsdefizite.....	119
5.2.4 Einfluss des Alters.....	121
5.3 Bedeutung und Einfluss der fokussierten Aufmerksamkeit.....	124
5.4 Anwendbarkeit des Förderprogramms bei Kindern mit CVI.....	126
5.5 Limitationen .....	128
5.6 Ausblick .....	129
6. Fazit.....	131
Literaturverzeichnis.....	134
Anhang .....	153
A1. Grafiken.....	153

# 1. Einleitung

## 1.1 Phylogenese: Die Evolution des menschlichen Sehens

Das Sehen, also die Fähigkeit Licht in Nervenimpulse umzuwandeln und diese zu interpretieren, ist ein evolutionäres Erfolgsmodell. Von den 33 heute unterschiedenen Tierstämmen (Phyla) haben über zwei Drittel für die Lichtaufnahme geeignete Rezeptoren entwickelt. Bei sechs dieser Tierstämme finden sich sogar komplexe, bildgebende Augen. Diese sechs Tierstämme machen heute ca. 96% aller bekannten Spezies aus (Land & Fernald, 1992). Doch obwohl also eine geradezu unvorstellbare Vielfalt von Lebewesen Augen entwickelt hat, begrenzen die physikalischen Eigenschaften von Licht die Bandbreite an Möglichkeiten es aufzunehmen und zu verarbeiten. Daher sind im heutigen Tierreich nur acht unterschiedliche Klassen optischer Systeme zu finden (Fernald, 2004; Land & Nilsson, 2006). Diese sind nach aktuellem Kenntnisstand monophyletisch aus einem simplen, einzelligen Ur-Auge entstanden (vgl. Halder, Callaerts, & Gehring, 1995; Gehring W. J., 2005; Nilsson & Arendt, 2008; Gehring W. J., 2011). Jener „Urvater“ der Photorezeptoren bildete sich vermutlich erstmals bei frühen Organismen vor über 600 Millionen Jahren (Lamb, Collin, & Pugh Jr., 2007). Aus diesem Prototyp entwickelten sich dann durch Zelldifferenzierung und Zellduplikation komplexere, mehrzellige Augen (Gehring W. J., 2005; Gehring W. J., 2011).

Die Evolution komplexer visueller Systeme vollzog sich (aus erdgeschichtlicher Perspektive) erstaunlich rasch. Einfache Linsen- und Facettenaugen entstanden vermutlich schon weit vor dem Kambrium, also vor über 540 Millionen Jahren (vgl. Lamb, Collin, & Pugh Jr., 2007; Nilsson, 2013). Fossilienfunde belegen, dass frühe Gliederfüßer dann bereits vor ungefähr 515 Millionen Jahren hochentwickelte Facettenaugen mit über 3000 großen Linsen besaßen (Lee, et al., 2011). Ähnlich hochentwickelte Linsenaugen entstanden vermutlich ebenfalls im Zeitraum vor 530 bis 500 Millionen Jahren bei basalen Wirbeltieren (Lamb, Collin, & Pugh Jr., 2007).

Treibende und lenkende Kraft hinter der zügigen Evolution des Auges war und ist die Evolution visuell-gesteuerter Verhaltensweisen (Nilsson, 2013). Lebewesen sind im Zuge der natürlichen Selektion kontinuierlich gefordert, ihr Verhalten an die Umwelt anzupassen. Seit Entstehung der ersten Photorezeptoren geschieht dies zu einem nicht unerheblichen Anteil durch die Akquisition neuer visuell-gesteuerter Verhaltensweisen mit graduell ansteigender Komplexität. Diese Verhaltensweisen erfordern wiederum immer leistungstärkere visuelle Systeme, was die Evolution des Auges und der sensorischen Netzwerke damals wie heute vorantreibt. (Nilsson, 2013). Die Augen, die ein Tier auf diesem Weg entwickelt, sind hinsichtlich Auflösung und Sensitivität stets an seine Bedürfnisse angepasst, auch wenn sich letztere im Laufe seines Lebens ändern (Fernald, 2004).

Erwirbt ein Lebewesen also im Laufe der Evolution größere und komplexere Augen, steigt dadurch natürlich auch die Menge an Information, die von seinem Gehirn gefiltert und ausgewertet werden muss. Dies spiegelt sich in der Größe des Gehirns wieder, die (im Vergleich verschiedener Spezies) mit steigender Komplexität des Sehsystems wächst (Land & Nilsson, 2006; Nilsson, 2013). Besonders deutlich wird dies am Beispiel des Menschen, dessen visuelles System im Fokus der vorliegenden Arbeit stehen soll.

Die Augen des Menschen weisen wie die Augen aller mit ihm verwandten höheren Primaten (Anthropoidea) eine Reihe von Besonderheiten auf, durch welche sie sich von den Augen anderer Säugetiere unterscheiden. Wie bei allen Primaten sind die Augen der Anthropoidea (inkl. des Menschen) im Vergleich zu ihrer Körperlänge verhältnismäßig groß (Ross, 2000; Ross & Kirk, 2007). Dies liegt vermutlich daran, dass sich die heutigen Primaten aus kleinen, nachtaktiven und auf die visuell-geleitete Jagd spezialisierten Säugetieren entwickelt haben, deren Lebensweise erhöhte Lichtsensitivität und damit größere Augen erforderte (Ross & Kirk, 2007). Im Gegensatz zu den Augen der übrigen Affen weisen die Augen der Anthropoidea aber einen geringeren Hornhautdurchmesser und in der Folge eine größere Brennweite auf. Sie liegen in Augenhöhlen mit kleineren, aber konvergenteren

Öffnungen, was in einem großen binokularen Gesichtsfeld resultiert. Die Retina weist bei Anthrozoidea eine große Rezeptordichte und eine geringe Konvergenz von Rezeptor- auf Ganglienzellen auf. Da alle Anthrozoidea drei Zapfen-Typen besitzen, sind sie zu trichromatischer Wahrnehmung fähig. Zudem gehören Anthrozoidea zu den wenigen Säugetieren, bei denen eine retinale Fovea (Sehgrube, Bereich des schärfsten Sehens) gefunden wurde (vgl. Ross, 2000). All diese Eigenschaften weisen darauf hin, dass die Augen von Anthrozoidea auf eine möglichst große binokulare Sehschärfe spezialisiert sind. Ein Umstand, der sich evolutionär vermutlich in Folge einer Umstellung von nacht- auf tagaktive Lebensweise entwickelt hat (Ross, 2000; Ross & Kirk, 2007).

Angesichts der hohen Komplexität ihres peripheren Sehsystems und der enormen Bandbreite an visuell-gesteuerten Verhaltensweisen, die durch derart elaborierte Augen ermöglicht wird (vgl. Nilsson, 2013), ist es wenig verwunderlich, dass sich bei Primaten im Allgemeinen und bei Anthrozoidea im Besonderen relativ gesehen größere Gehirne mit größeren visuellen Arealen finden als bei anderen Säugetieren (vgl. Ross, 2000). Beim Menschen, der ein Gehirn entwickelt hat, das ca. drei Mal so groß ist wie das seiner nächsten Verwandten, der Schimpansen (Navarrete, van Schaik, & Isler, 2011), sind über 40% des Gehirns (Dutton & Jacobson, 2001) bzw. 60% des zerebralen Kortex (Land & Nilsson, 2006) an der visuellen Wahrnehmung beteiligt.

## **1.2 Ontogenese: Die Entwicklung des menschlichen Sehens**

Keine andere Sinnesmodalität des Menschen liefert so viel sensorische Information wie das Sehen. Aufgrund dieser Tatsache gilt die visuelle Wahrnehmung als der wichtigste Fernsinn des Menschen (Behrends, et al., 2012). Zum Zeitpunkt der Geburt sind die Wahrnehmungssysteme eines Kindes bereits gut entwickelt. Dennoch muss die Sehfähigkeit nach der Geburt größtenteils erst erlernt werden (Zihl, Mendius, Schuett, & Priglinger, 2012; Zihl & Dutton, 2015). Bei diesem Prozess wird deutlich, dass die enge gegenseitige Abhän-

gigkeit von Gehirn und Augen nicht nur auf phylogenetischer, sondern auch auf ontogenetischer Ebene wirkt.

Das zentrale Sehsystem ist postnatal auf visuelle Erfahrungen angewiesen, um sich weiter entwickeln und ausdifferenzieren zu können. Sind solche Reize jedoch aufgrund von Störungen im Bereich des peripheren Sehsystems nicht oder nur eingeschränkt verfügbar, kann die daraus resultierende sensorische Deprivation Entwicklungsstörungen der entsprechenden zentralen Strukturen verursachen (Zihl, Mendius, Schuett, & Priglinger, 2012). Das Ausmaß der so entstehenden strukturellen Veränderungen des Gehirns hängt hierbei vom Zeitpunkt des Auftretens der visuellen Störung ab (Li, et al., 2013). Parallel dazu scheint das periphere Sehsystem hinsichtlich seiner Entwicklung von der Funktionstüchtigkeit entsprechender zentraler Strukturen beeinflusst zu werden. In mehreren Studien wurde bei Kindern mit bereits vorhandener Schädigung des zentralen Sehsystems eine Atrophie des Sehnervs (also Störung eines Teils des peripheren Nervensystems) festgestellt (Ruberto, et al., 2006; Fazzi, et al., 2007), die vermutlich durch retrograde transsynaptische Degeneration verursacht wurde (vgl. Johnson & Cowey, 2000). Peripheres und zentrales Sehsystem können sich also offensichtlich nur dann optimal entwickeln, wenn beide Systeme eine ausreichende Funktionsfähigkeit aufweisen.

Eine frühe Schädigung des Sehsystems beeinträchtigt aber meist nicht nur die Entwicklung der visuellen Wahrnehmung. Letztere ist nämlich nicht unabhängig, sondern steht in enger Interaktion mit anderen psychischen Funktionen wie Kognition, Emotion, Motivation und Motorik. Frühe visuelle Funktionsstörungen können sich somit auch negativ auf die Entwicklung dieser und weiterer psychischer Funktionssysteme auswirken (Zihl, Mendius, Schuett, & Priglinger, 2012; Zihl & Dutton, 2015).

Die Entwicklung des menschlichen Gehirns hängt also sowohl auf funktioneller als auch auf morphologischer Ebene von der Funktionsfähigkeit des visuellen Systems ab und kann durch kindliche Sehstörungen erheblich beeinträchtigt werden (vgl. auch Kap. 2.6).

### **1.3 Pathogenese: Der Einfluss zerebraler visueller Wahrnehmungsstörungen**

Zerebrale Wahrnehmungsstörungen (engl.: Cerebral Visual Impairment, CVI) sind der häufigste Auslöser kindlicher Sehstörungen in westlichen Ländern (Boonstra, et al., 2012). Die gängigste Definition von CVI umfasst hierbei alle Beeinträchtigungen der visuellen Wahrnehmung, die primär durch eine Funktionsstörung oder Schädigung des post-chiasmatischen Sehsystems verursacht werden (vgl. Fazzi, et al., 2007; Unterberger, 2015). Obwohl zerebrale Sehstörungen auch im Erwachsenenalter eine häufige Konsequenz von Hirnschädigung sind, werden sie in der neurologischen Rehabilitation bislang aber eher vernachlässigt (Schuett & Zihl, 2012). Nichtsdestotrotz existieren für erwachsene Patienten mittlerweile durchaus evidenzbasierte Behandlungsverfahren, deren Anwendung vermutlich schlicht aufgrund mangelnder Bekanntheit und Verbreitung scheitert (vgl. Kerkhoff, 2010). Für Kinder mit CVI gibt es im Gegensatz dazu jedoch bis heute kaum wissenschaftlich geprüfte Interventionsprogramme (Zihl & Dutton, 2015). Ein flächendeckendes Behandlungsangebot für CVI im Kindesalter ist aufgrund der immensen Bedeutung des Sehens für die menschliche Entwicklung und der daraus resultierenden gravierenden Auswirkungen früher Sehstörungen aber von großer Notwendigkeit.

Ein aussichtsreicher Ansatz zur Lösung dieses Problems ist die Adaptation der bereits evaluierten Verfahren aus dem Erwachsenenbereich. Zwei standardisierte, computer-gestützte Behandlungsverfahren von Zihl (2011), deren Wirksamkeit bereits in mehreren Studien mit erwachsenen Hemianopsie-Patienten bestätigt werden konnte (vgl. Schuett & Zihl, 2013), wurden mit diesem Ziel vor kurzem in einer Pilotstudie an Schulkindern mit CVI getestet (Sigerist, 2014). Aufgrund der vielversprechenden Ergebnisse dieser Pilotstudie soll die Wirkung besagter Verfahren nun im Rahmen der vorliegenden Untersuchung an einer größeren Stichprobe evaluiert werden. Sollte sich die Wirksamkeit der beiden Verfahren bei Kindern mit CVI in diesem Rahmen bestätigen, so wäre dies ein wichtiger Schritt zur Entwicklung eines standardisierten Behandlungskonzepts für die Betroffenen.

## **2. Theoretischer Hintergrund**

### **2.1 Das zentrale Sehsystem**

Wie bereits im vorigen Kapitel erwähnt, basiert CVI auf einer Schädigung des zentralen Sehsystems. Die Art des resultierenden visuellen Defizits wird hierbei von Ausmaß und Lokalisation der zerebralen Läsion bestimmt. Aus diesem Grund ist es sinnvoll, sich noch einmal die zentralnervösen Grundlagen der visuellen Wahrnehmung ins Gedächtnis zu rufen:

#### **2.1.1 Die subkortikale visuelle Verarbeitung**

Nachdem Licht im Auge fokussiert und über Rezeptoren der Retina in Nervenimpulse umgewandelt wurde, leiten die Sehnerven diese Information zu den verschiedenen Schichten des Corpus geniculatum laterale (CGL) im Thalamus. Hierbei verlaufen die Axone der medialen Netzhauthälften über die Sehnervenkreuzung (Chiasma opticum) zur jeweils gegenüberliegenden Gehirnhälfte. Visuelle Information aus dem rechten Gesichtsfeld wird so also zur linken Gehirnhälfte geleitet und umgekehrt. Vom CGL aus gelangt der sensorische Input dann über die Sehstrahlung zum Kortex (vgl. Purves, et al., 2013).

#### **2.1.2 Die kortikale visuelle Verarbeitung**

Spätestens seit den bahnbrechenden histologischen Untersuchungen von Korbinian Brodmann (1909) ist bekannt, dass sich die Hirnrinde in Areale untergliedert, die in Form unterschiedlicher Netzwerke psychische Funktionen generieren. Wie bereits in der Einleitung dieser Arbeit dargestellt, machen die an der visuellen Wahrnehmung beteiligten Areale über die Hälfte des gesamten Kortex aus.

Erste Anlaufstelle für visuelle Information aus dem CGL ist der primäre visuelle Kortex (V1) im Okzipitallappen (Purves, et al., 2013). Von dort wird sie an die verschiedenen Areale des visuellen Assoziationskortex weitergegeben, die auf die Analyse bestimmter Reizqualitäten spezialisiert sind (Zihl, Mendius, Schuett, & Priglinger, 2012). Diese Areale

lassen sich grob in einen dorsalen und einen ventralen Verarbeitungspfad unterteilen (Purves, et al., 2013; Goodale, 2010). Ersterer verläuft vom Okzipitallappen zum posterioren Parietallappen und ist primär für die Verarbeitung handlungsrelevanter visueller Information zuständig. Die im dorsalen Pfad erarbeiteten kognitiven Leistungen dienen der Orientierung im Raum und sind Grundlage für visuell gesteuerte Blick-, Greif- und Körperbewegungen (Behrends, et al., 2012). Der ventrale Pfad hingegen umfasst Areale im inferioren Temporalappen, in welchen visuelle Information zum Zweck der Objekterkennung verarbeitet wird (Goodale & Milner, 1992; Stöttinger, Soder, Pfusterschmied, Wagner, & Perner, 2010).

Aufgrund der engen Verknüpfung von visueller Funktion und kortikaler Lokalisation führen Läsionen der dorsalen bzw. ventralen Verarbeitungspfade in der Regel nicht zum Verlust der kompletten visuellen Wahrnehmung, sondern zum Ausfall einzelner visueller Teilleistungen, die auf die Funktionsfähigkeit der jeweilig geschädigten Areale angewiesen sind (vgl. Kanwisher, 2010).

## **2.2 Definition und Diagnostik von CVI**

Der Begriff CVI wurde erstmals in den 1990er Jahren zur Beschreibung zerebral verursachter Sehstörungen verwendet (Ortibus, Lagae, Casteels, Demaerel, & Stiers, 2009). Die Bezeichnung löste den bis dahin verbreiteten Begriff „kortikale Blindheit“ weitgehend ab, da man festgestellt hatte, dass derlei Sehstörungen zu einem bedeutenden Teil von Schäden der subkortikalen weißen Substanz verursacht werden. Zudem ist ein totaler Verlust der Sehfähigkeit bei den betroffenen Kindern selten (vgl. Lanzi, et al., 1998; Hoyt, 2003).

Wie bereits in Kap. 1.3 beschrieben, umfasst die gebräuchlichste Definition von CVI seitdem alle Formen von Beeinträchtigung der visuellen Wahrnehmung, die primär durch eine Funktionsstörung oder Schädigung des postchiasmatischen Sehsystems verursacht werden. Allerdings ist CVI bis heute nicht in das internationale Diagnosemanual ICD-10 (vgl. Graubner, 2014) aufgenommen worden (Jacobson L. , 2014). Daher existieren bislang keine

verbindlichen Kriterien, an denen sich Behandler unterschiedlicher Disziplinen bei der Diagnose von CVI orientieren können (Unterberger, 2015). Um zerebrale visuelle Wahrnehmungsstörungen bei Kindern dennoch untersuchen zu können, wird CVI in vielen Studien als visuelle Beeinträchtigung definiert, die nicht durch mangelnde Funktionsfähigkeit des peripheren Sehsystems erklärt werden kann (vgl. Huo, Burden, Hoyt, & Good, 1999; Khetpal & Donahue, 2007; Bosch, Boonstra, Willemsen, Cremers, & de Vries, 2014b). Die auf der Basis dieser Definition mit CVI diagnostizierten Patienten „sehen“ also schlechter, als es der Gesundheitszustand ihrer Augen und Sehnerven erwarten ließe.

Diese Praxis ist aber unter anderem aufgrund der großen Heterogenität der Patienten, die auf diese Weise mit CVI diagnostiziert werden können, umstritten (Boot, Pel, van der Steen, & Evenhuis, 2010). Tatsächlich ist die Definition von CVI wohl zu allgemein formuliert, um den Anforderungen der verschiedenen, an Diagnostik und Therapie beteiligten Fachbereiche gerecht zu werden (vgl. Zihl, Mendius, Schuett, & Priglinger, 2012). Um diesem Problem zu begegnen, sollte der Sammelbegriff CVI immer auch um das individuelle Leistungsbild des Patienten inkl. erhaltener und gestörter Teilleistungen ergänzt werden. Hierzu existieren Vorschläge mehrerer Autoren, die beschreiben, welche visuellen Funktionen und Teilleistungen bei CVI gestört sein können und daher im Rahmen einer ausführlichen Diagnostik abgeklärt werden sollten (Zihl, Mendius, Schuett, & Priglinger, 2012; Zihl & Dutton, 2015). In Kap. 2.4 dieser Arbeit werden diese Teilleistungen im Einzelnen dargestellt.

In einer aktuellen Studie von Unterberger (2015) wurden nun erste Schritte zur Etablierung eines diagnostischen Standards für Kinder mit CVI unternommen. Hierbei wurde eine breite Palette neuropsychologischer Testverfahren angewendet. Da eine ausführliche Funktionsdiagnostik zentrale Voraussetzung für die Intervention und Therapie bei CVI ist (Zihl & Dutton, 2015), wurden alle in der vorliegenden Arbeit behandelten Probanden vor der Förderung im Rahmen des zu dieser Studie gehörigen CVI-Forschungsprojektes untersucht.

## 2.3 Die Ätiologie von CVI

Wie bereits in den vorigen Kapiteln beschrieben, sind zahlreiche zerebrale Strukturen und Areale an der visuellen Wahrnehmung beteiligt. Entsprechend vielfältig sind auch die Auslöser von Schäden oder Funktionsstörungen, die ihrerseits wiederum in CVI resultieren können. Nichtsdestotrotz soll im Folgenden die Darstellung eines Überblicks über mögliche Ursachen zerebraler Wahrnehmungsstörungen versucht werden. Hierbei ist zu beachten, dass die verschiedenen Störungsmechanismen parallel auftreten können und sich teilweise überschneiden oder gegenseitig bedingen.

Die wohl häufigste Ursache für CVI ist Hypoxie (vgl. Huo, Burden, Hoyt, & Good, 1999; Khetpal & Donahue, 2007). Ca. 20% des gesamten Sauerstoffverbrauchs des menschlichen Körpers dient alleine der Versorgung des Gehirns. Eine Unterbrechung dieser Versorgung für mehr als ein paar Minuten resultiert in irreversiblen neurologischen Schäden (Larson, Drew, Folkow, Milton, & Park, 2014). Es ist also wenig verwunderlich, dass eine (häufig perinatale) Sauerstoffunterversorgung des Gehirns auch zerebrale Wahrnehmungsstörungen verursachen kann. Tatsächlich haben je nach Stichprobe 25% bis knapp 67% der CVI-Patienten einen gravierenden Sauerstoffmangel erlitten (Lanners, Piccioni, Fea, & Goergen, 1999; Fazzi, et al., 2007; Chong & Dai, 2014).

Ein weiterer Auslöser von CVI sind angeborene Fehlbildungen des Gehirns. Eine Untersuchung von 76 Kindern mit zerebralen Wahrnehmungsstörungen fand entsprechende Anomalien bei gut 56% ihrer Stichprobe (Lanners, Piccioni, Fea, & Goergen, 1999). Unter den untersuchten Kindern fanden sich Fälle von Porenzephalie, zerebraler Atrophie, Agyrie und Pachygyrie, sowie Agenesie und Hypoplasie des Corpus Callosum. In anderen Publikationen werden zudem Schizenzephalie und Hydrozephalus als mögliche Auslöser benannt (Dutton & Jacobson, 2001). Letztere Diagnose fand sich in einer aktuellen Untersuchung von

309 Patienten mit CVI bei ca. 6% der Stichprobe (Bosch, Boonstra, Willemsen, Cremers, & de Vries, 2014b).

Hirnblutungen sind ebenso eine mögliche Ursache für CVI-relevante, zerebrale Läsionen. Der Anteil von Betroffenen unter CVI-Patienten liegt je nach Studie zwischen gut 10% (Bosch, et al., 2014b) und 25% (Lanners, Piccioni, Fea, & Goergen, 1999).

Neben den verschiedenen exogenen Pathologien können auch genetische Defekte an der Entstehung von CVI beteiligt sein. Je nach Untersuchung leiden zwischen 7% (Bosch, et al., 2014a) und 21% (Bosch, et al., 2014b) an entsprechenden Syndromen. Zusammenhänge mit CVI zeigten sich bei Patienten mit Leigh-Syndrom (Lanners, Piccioni, Fea, & Goergen, 1999), sowie Trisomie 21, Miller-Dieker-Syndrom und Phelan-McDermid-Syndrom (Bosch, et al., 2014a). Mögliche weitere Auslöser sind unter anderem das Wolf-Hirschhorn-Syndrom, das Katzenschrei-Syndrom und das Pallister-Kilian-Syndrom (Bosch, et al., 2014a).

Infektionen und daraus resultierende Entzündungen wie Meningitis und Enzephalitis wurden ebenfalls mit CVI in Verbindung gebracht (Dutton & Jacobson, 2001). Diese waren bei 2% (Fazzi, et al., 2007), gut 4% (Bosch, et al., 2014b) bzw. gut 18% (Lanners, Piccioni, Fea, & Goergen, 1999) der jeweils untersuchten CVI-Patienten Teil der Krankheitsgeschichte.

Zuletzt ist als CVI-Auslöser noch das Schädelhirntrauma zu nennen (Dutton & Jacobson, 2001), das in der Untersuchung von Bosch et al. (2014b) allerdings bei weniger als einem Prozent der untersuchten CVI-Patienten Teilauslöser der Wahrnehmungsstörung war.

Ein besonderes Risiko für CVI tragen frühgeborene Kinder, da die normale visuelle Entwicklung durch den verfrühten Verlust der schützenden Umgebung des Uterus beeinträchtigt wird (vgl. Ramenghi, et al., 2010). Der Anteil von Frühgeborenen unter CVI-Patienten beträgt je nach Untersuchung 32% bis knapp über 50% (Lanners, Piccioni, Fea, & Goergen, 1999; Fazzi, et al., 2007; Bosch, et al., 2014b). Da das sympathische Nervensystem bei

Frühgeborenen noch nicht ausreichend entwickelt ist, kann die Durchblutung des Gehirns nicht adäquat reguliert werden. Hierdurch steigt die Wahrscheinlichkeit zerebraler Läsionen durch Hypoxie oder Gefäßrupturen (Berger, Garnier, & Jensen, 2002). Infolgedessen finden sich bei betroffenen Kindern häufig Schäden der weißen Substanz. Diese können sowohl prä- als auch perinatal zwischen der 24. und der 34. Schwangerschaftswoche entstehen (Dutton & Jacobson, 2001; Dutton, 2013). Besonders gut untersucht ist in diesem Kontext die periventriculäre Leukomalazie (vgl. Eken, et al., 1996; Lanzi, et al., 1998), die in der Untersuchung von Bosch et al. (2014b) bei gut 11% der CVI-Patienten zu finden war. Diese spezielle Läsion führt oft zu einer Einschränkung des unteren Gesichtsfelds und Schäden des dorsalen Verarbeitungspfad (vgl. Kap 2.1.2). Schäden des ventralen Verarbeitungspfad sind hierbei selten (Dutton & Jacobson, 2001). Allgemein gilt, je stärker die Sehstrahlung inkl. der Thalami im Zuge einer periventriculären Leukomalazie geschädigt ist, desto gravierender sind die daraus resultierenden Einschränkungen der visuellen Wahrnehmung (Ricci, et al., 2006).

CVI ist auch häufig bei Kindern mit Zerebralparese zu finden (Lanzi, et al., 1998; Ortibus, Lagae, Casteels, Demaerel, & Stiers, 2009). In der Studie von Fazzi et al. (2007) litten gut 72% der untersuchten CVI-Patienten zusätzlich an Lähmungserscheinungen wie Hemiplegie, Diplegie oder Tetraplegie. Epilepsie bzw. West-Syndrom tritt ebenfalls oft gemeinsam mit CVI auf. In der Studie von Lanners et al. (1999) war bei gut 80% der untersuchten Fälle mit zerebralen Wahrnehmungsstörungen auch Epilepsie diagnostiziert worden.

An dieser Stelle muss angemerkt werden, dass nach einer Untersuchung von Chong und Dai (2014) bei ca. 45% der überprüften CVI-Fälle die Ursache der Störung, insbesondere Hypoxie und Verletzung nach Kindesmisshandlung, potenziell vermeidbar gewesen wäre.

## **2.4 Das Störungsbild von CVI**

Das Störungsbild zerebraler Wahrnehmungsstörungen variiert zwischen betroffenen Kindern stark (Lanners, Piccioni, Fea, & Goergen, 1999; Fazzi, et al., 2007) und reicht von

relativ leichten Beeinträchtigungen der visuellen Wahrnehmung bis hin zu vollständiger Blindheit (Ortibus, De Cock, & Lagae, 2011). Das individuelle Störungsprofil hängt hierbei aufgrund der großen Plastizität des sich entwickelnden visuellen Systems (vgl. Kap. 2.7.1.1) nicht alleine von Art und Ausmaß der zugrundeliegenden Läsionen ab. Auch der Zeitpunkt der Schädigung, der aktuelle Entwicklungsstand des Kindes sowie die Anzahl und Qualität eventuell erlernter Kompensationsstrategien beeinflussen das Auftreten visueller Teilleistungsstörungen beim jeweiligen Patienten (vgl. Ortibus, De Cock, & Lagae, 2011). Zudem können sich Faktoren wie Müdigkeit, Hunger, momentane Medikation, Epilepsie, physisches Unbehagen, die Umgebung oder unbekannte Situationen auf die aktuelle visuelle Leistung der betroffenen Kinder auswirken (Lanners, Piccioni, Fea, & Goergen, 1999). Ophthalmologische Defekte, an denen Patienten mit CVI häufig leiden, können die visuelle Wahrnehmung zusätzlich beeinträchtigen (Fazzi, et al., 2007). Diese Umstände führen dazu, dass CVI oft nicht erkannt und diagnostiziert wird (vgl. Lowery, Atkinson, & Lambert, 2006).

Im Folgenden sollen nun die Seh- und Teilleistungsstörungen dargestellt und beschrieben werden, die im Zuge von CVI auftreten können. Jede einzelne von ihnen ist theoretisch für die Vergabe der Diagnose CVI ausreichend, sofern ein primär zerebraler Auslöser festgestellt werden kann. In der Regel setzt sich das individuelle Störungsprofil bei zerebralen Wahrnehmungsstörungen aber aus mehreren Beeinträchtigungen unterschiedlicher Wahrnehmungsfunktionen zusammen (vgl. Fazzi, et al., 2007; Unterberger, 2015). Als Vorlage dienen die in Kapitel 2.2 genannten Vorschläge zu gestörten Funktionen bei Kindern mit CVI (Zihl, Mendius, Schuett, & Priglinger, 2012; Zihl & Dutton, 2015). Der Übersichtlichkeit halber werden diese in grober Anlehnung an die Arbeit von Dutton und Jacobson (2001) in vier Störungskategorien unterteilt. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass eine strikte, kategoriale Einteilung visueller Wahrnehmungsstörungen aufgrund der großen Vielfalt gegenseitiger Abhängigkeiten schwierig ist (vgl. Zihl, Mendius, Schuett, & Priglinger, 2012) und hier primär zum Zwecke der Lesbarkeit erfolgt.

## **2.4.1 Störungen basaler visueller Teilleistungen**

### ***2.4.1.1 Gesichtsfeld***

Die häufigste Form zerebraler Sehstörungen bei Erwachsenen sind Gesichtsfeldstörungen (Zihl, 2011). Als Gesichtsfeld wird der Bereich simultanen Sehens bezeichnet, während der Blick in Geradeausrichtung ruht (Schuett & Zihl, 2012). Eine Störung dieses Gesichtsfelds wird diagnostiziert, wenn die Lichtwahrnehmung (nur) in umschriebenen Bereichen reduziert (Amblyopie) oder vollständig ausgefallen (Anopsie) ist (Zihl, 2011). Auch bei Kindern mit CVI tritt diese Form visueller Beeinträchtigung oft auf (Matsuba & Soul, 2010). Sie wird hier jedoch nicht selten übersehen, da sich die Kinder selbst kaum über Gesichtsfeldeinbußen beklagen (Kedar, Zhang, Lynn, Newman, & Biousse, 2006). Eine Ursache hierfür könnte sein, dass Kinder mit früher Hirnschädigung Gesichtsfeldausfälle bis zu einem gewissen Störungsausmaß gut kompensieren können (vgl. Tinelli, et al., 2011). Der Schweregrad eines Gesichtsfeldverlusts hängt primär vom Ausmaß der zugrundeliegenden zerebralen Läsion ab (Dutton & Jacobson, 2001). Bei unilateraler Hirnschädigung beschränkt sich der Verlust der Sehfähigkeit stets auf das kontralaterale Halbfeld (Unterberger, 2015). Resultierende Sehstörungen sind parazentrale Skotome, Quadrantenanopsien oder Hemianopsien (Zihl & Dutton, 2015). Eine beidseitige Läsion kann schlimmstenfalls zu bilateraler Hemianopsie mit Röhrengesichtsfeld oder sogar vollständiger zerebraler Blindheit führen (Zihl, Mendius, Schuett, & Priglinger, 2012). Bei Kindern mit CVI sind bilaterale Gesichtsfeldausfälle im Allgemeinen häufiger vertreten (Jacobson & Dutton, 2000; Zihl & Dutton, 2015). Liegt der visuellen Wahrnehmungsstörung eine periventrikuläre Leukomalazie zugrunde, ist hierbei in der Regel die untere Gesichtsfeldhälfte stärker beeinträchtigt als die obere (Jacobson & Flodmark, 2010). Insgesamt finden sich Gesichtsfeldstörungen je nach Quelle bei 60% bis 72% der in dieser Hinsicht untersuchbaren Kinder mit CVI (Bosch, et al., 2014b; Porro & Wittebol-Post, 2010).

#### ***2.4.1.2 Sehschärfe***

Die häufigste Teilleistungsstörung bei Kindern mit zerebralen Wahrnehmungsstörungen sind Beeinträchtigungen der Sehschärfe (Zihl, Mendius, Schuett, & Priglinger, 2012). Die Sehschärfe (Visus) ist hierbei das Maß für die Auflösung des visuellen Systems bei maximalem Kontrast (Dutton & Jacobson, 2001) und umfasst Auflösungsvermögen, Trennschärfe und Formerkennung (Schuett & Zihl, 2012). Defizite in diesem Bereich entstehen in der Regel aufgrund bilateraler Läsionen des okzipitalen Kortex oder der Sehstrahlung (Matsuba & Jan, 2006). Bei Schäden der weißen Substanz ist der Nahvisus meist stärker beeinträchtigt als der Fernvisus (Jacobson & Flodmark, 2010). In der Untersuchung von Fazzi et al. (2007) war die binokulare Sehschärfe bei über 86% der untersuchten Patienten reduziert.

#### ***2.4.1.3 Kontrastsensitivität***

Nahezu genauso häufig wie Störungen der Sehschärfe sind Störungen der räumlichen Kontrastsensitivität (Zihl, Mendius, Schuett, & Priglinger, 2012). Betroffene Kinder haben Schwierigkeiten, optische Reize mit verschiedener Helligkeit visuell zu unterscheiden (Unterberger, 2015). Oft ist die Kontrastwahrnehmung bei CVI im höheren und tieferen Frequenzbereich beeinträchtigt, bei mittleren Frequenzen jedoch verhältnismäßig gut (Sakai, et al., 2002). Hinsichtlich des Ausmaßes dieser Sensitivitätsstörungen finden sich im Laufe der kindlichen Entwicklung teilweise sehr unterschiedliche Verläufe (vgl. van Hof-van Duin, et al., 1998). Ein besonderes Risiko für Defizite tragen hierbei ältere Kinder und solche unter antiepileptischer Medikation (Cavascan, et al., 2014). Fazzi et al. (2007) fanden eine reduzierte Kontrastsensitivität bei knapp 60% der diesbezüglich untersuchbaren Kinder.

#### ***2.4.1.4 Farbwahrnehmung***

Störungen der Farbwahrnehmung können analog zu Gesichtsfeldstörungen je nach Ausmaß der zugrundeliegenden Läsion ebenfalls uni- oder bilateral auftreten (Zihl, Mendius,

Schuett, & Priglinger, 2012). Man unterscheidet hierbei Dyschromatopsie, also Herabsetzung der Unterscheidung von Farbtönen, von Achromatopsie, bei der die Farbwahrnehmung an sich gestört ist (Schuett & Zihl, 2012). Bei beiden Störungen sind, anders als beispielsweise bei angeborener Rot-Grün-Schwäche, alle Farbbereiche gleich betroffen (Zihl, 2000). Bislang wurden Störungen der Farbwahrnehmung bei Kindern mit CVI eher selten berichtet, was daran liegen kann, dass die standardisierte Diagnostik der Farbwahrnehmung bei jungen Kindern schwierig ist (Zihl & Dutton, 2015).

#### ***2.4.1.5 Hell- und Dunkeladaptation***

Eine weitere mögliche Teilleistungsstörung nach postchiasmatischer Läsion ist die Beeinträchtigung der Hell- und Dunkeladaptation (Zihl, 2011). Störungen der Helladaptation resultieren in erhöhter Blendempfindlichkeit bei normalem Tageslicht. Störungen der Dunkeladaptation führen dazu, dass normales Tages- oder Raumlicht als nicht ausreichend, bzw. zu dunkel empfunden wird (Zihl, Mendius, Schuett, & Priglinger, 2012; Schuett & Zihl, 2012). Leider kann der Verlauf von Hell- und Dunkeladaptation aus methodologischen Gründen bei jungen Kindern nicht untersucht werden (Zihl & Dutton, 2015). Hinweise auf das Vorkommen dieser Teilleistungsstörung bei Kindern mit CVI liefert aber unter anderem eine Studie von Lanners et al. (1999). Drei der dort untersuchten Probanden reagierten schon bei niedriger Lichtintensität mit deutlichem Unbehagen (Photophobie).

#### ***2.4.1.6 Strabismus***

Oft ist bei Kindern mit CVI eine fehlerhafte Ausrichtung der Blickachsen zu finden (Kozeis, 2010). Diese wird als Strabismus bezeichnet und kann gleichermaßen periphere wie zentrale Ursachen haben. Zentral verursachte Formen von Strabismus sind im Allgemeinen häufiger, aber erheblich schlechter erforscht als solche mit peripherem Ursprung (Bui Quoc & Milleret, 2014). Im Zuge von CVI entsteht Strabismus vermutlich aufgrund multifaktorieller Auslöser (O'Connor & Fielder, 2007). Betroffene Kinder leiden häufig neben Strabismus auch

an Fixationsstörungen und Amblyopie (VanderVeen, et al., 2006; VanderVeen, et al., 2011). In den meisten Fällen bleibt eine Fehlausrichtung der Blickachsen in den ersten Lebensjahren auch nach korrektiven Eingriffen stabil (VanderVeen, et al., 2011). Strabismus zeigte sich in verschiedenen Studien bei 54% bis 76% der untersuchten CVI-Patienten (van Hof-van Duin, et al., 1998; Fazzi, et al., 2007; Cavascan, et al., 2014).

#### ***2.4.1.7 Stereopsis***

Eine weitere mögliche Störung ist die Beeinträchtigung des stereoskopischen Sehens (Stereopsis). Sie entsteht häufig durch den Verlust der Sehschärfe oder Kontrastsensitivität eines Auges, was nicht selten im Zuge des oben beschriebenen Strabismus auftritt (Zihl & Dutton, 2015). Eine Störung der Stereopsis kann aber auch direkt durch eine posteriore Hirnschädigung verursacht werden (vgl. Bridge, 2016). Patienten mit schwer gestörter Stereopsis verlieren die Fähigkeit, ihre Umwelt dreidimensional wahrzunehmen, was sich neben der Wahrnehmung auch auf die visuell gesteuerte Motorik auswirkt (Zihl, Mendius, Schuett, & Priglinger, 2012). Eine Untersuchung von 33 jungen Patienten mit Williams-Syndrom fand einen Verlust der Stereopsis bei 49% der Stichprobe, obwohl die monokulare Tiefenwahrnehmung bei fast allen Probanden unbeeinträchtigt war (Van der Geest, et al., 2005).

#### ***2.4.1.8 Bewegungswahrnehmung***

Zuletzt sollen hier noch Störungen der Bewegungswahrnehmung genannt werden, die durch Schädigung des medialen Temporallappens hervorgerufen werden können (Dutton & Jacobson, 2001). Diese Art von Teilleistungsstörung tritt auch häufig bei Patienten auf, die an Störungen der periventriculären weißen Substanz leiden (Dutton G. N., 2013). Je nach Ausmaß und Lokalisation der Läsion können einzelne Aspekte der Bewegungswahrnehmung (z.B. linear) gestört sein, während andere (z.B. radial, zirkulär) unbeeinträchtigt sind (Morrone, et al., 2008). In schweren Fällen kann jedoch nur noch die statische Umwelt wahrgenommen und verstanden werden (Zihl & Dutton, 2015). Eine Untersuchung von 26

Schulkindern, die vor der 34. Schwangerschaftswoche geboren worden waren, fand Störungen der Bewegungswahrnehmung bei allen 26 Probanden (Guzzetta, et al., 2009).

### **2.4.2 Störungen der höheren visuellen Verarbeitung**

Störungen der höheren visuellen Verarbeitung sind ein zentraler Bestandteil von CVI. Fazzi et al. (2007) fanden bei knapp 89% der in dieser Hinsicht untersuchbaren Patienten entsprechende Defizite der visuellen Wahrnehmung und Integration.

#### **2.4.2.1 Raumwahrnehmung**

Nach uni- oder bilateraler Läsion der okzipito-parietalen Hirnareale, also des dorsalen Verarbeitungspfad, treten häufig Störungen der visuellen Raumwahrnehmung auf (Zihl, Mendius, Schuett, & Priglinger, 2012; Zihl & Dutton, 2015). Betroffene Kinder haben oft Schwierigkeiten, Objekte im dreidimensionalen Raum zu lokalisieren und nach ihnen zu greifen. Auch das Bewältigen von Treppen oder die Überquerung unbekanntem Terrains kann Probleme bereiten, da Linien auf dem Boden meist nicht von Stufen unterschieden werden können (Dutton, et al., 1996; Dutton, et al., 2004). Im Extremfall kann die Fähigkeit zur visuellen Lokalisation komplett ausfallen, was in sogenannter Ortsblindheit resultiert (Zihl, Mendius, Schuett, & Priglinger, 2012). Desweiteren kann eine Verschiebung der Hauptraumrichtungen auftreten, die in der Regel in Gegenrichtung zur Läsion stattfindet. Dies kann auch die subjektive Geradeausrichtung betreffen (Zihl & Dutton, 2015). Auch die im vorigen Abschnitt dargestellten Störungen der Stereopsis sind prinzipiell dem Störungskomplex der Raumwahrnehmungsstörungen zuzuschreiben (Schuett & Zihl, 2012). Bei diesen ist jedoch im Gegensatz zu den hier beschriebenen Defiziten die grobe Einschätzung räumlicher Tiefe nicht beeinträchtigt (Dutton, et al., 1996). Wie in Studien an Kindern mit Williams-Syndrom gezeigt werden konnte, sind Störungen der visuellen Raumwahrnehmung unabhängig von Defiziten basaler visueller Teilleistungen und visuell-kognitiver Funktionen, die dem ventralen Verarbeitungspfad zugeordnet sind (Atkinson, et al., 1997; Atkinson, et al., 2001).

### **2.4.2.2 Visuelles (Wieder-)Erkennen**

Störungen des visuellen (Wieder-)Erkennens (sog. visuelle Agnosie) treten in der Regel nach einer bilateralen, temporo-okzipitalen Störung, also Schädigung des ventralen Verarbeitungspfades, auf (Schuett & Zihl, 2012). Reize können hierbei trotz ausreichender visueller, okulomotorischer und kognitiver Fähigkeiten nicht richtig identifiziert bzw. wiedererkannt werden. Das Erkennen in anderen Sinnesmodalitäten (Gehör, Tastsinn) ist dabei aber unbeeinträchtigt (Zihl, Mendius, Schuett, & Priglinger, 2012). Die Klassifikation visueller Agnosien erfolgt bei Erwachsenen je nach betroffener Stimulus-Familie in die Kategorien Objektagnosie (Objekte), Prosopagnosie (Gesichter), Topographagnosie (Umwelt und Gegenden) und reine Alexie (Buchstaben) (Schuett & Zihl, 2012). Außerdem können diese Störungen je nach Mechanismus in apperzeptive Agnosien und assoziative Agnosien unterteilt werden (De Renzi, 2000). Bei Kindern mit CVI kann die Identifikation primärer visueller Agnosien dadurch erschwert werden, dass sich deren Fähigkeit zur Objekterkennung und -benennung noch in der Entwicklung befindet (vgl. Dutton, et al., 1996; Zihl & Dutton, 2015). Dennoch existieren mittlerweile zahlreiche Befunde zur Existenz primärer Agnosien bei Kindern mit CVI. So fand eine Untersuchung von 22 Kindern mit CVI Störungen der visuellen Objekterkennung bei gut 72% ihrer Stichprobe, welche unabhängig von der jeweiligen Kontrastsensitivität der Kinder waren (Stiers, De Cock, & Vandenbussche, 1998). Die Präsenz visueller Agnosien könnte zudem erklären, warum Kinder mit CVI oft bei Tests der Kontrastwahrnehmung besser abschneiden als bei solchen, die die Sehschärfe anhand der Erkennung von Optotypen messen (Stiers, Vanderkelen, & Vandenbussche, 2004).

### **2.4.2.3 Lesen**

Das Lesen ist eine komplexe Fähigkeit, die sowohl auf visueller, lexikalisch-semanticischer als auch phonologischer Verarbeitungsebene gestört werden kann (Zihl, 2011). Im Zuge einer zerebralen Wahrnehmungsstörung können zahlreiche Faktoren den Erwerb von Lesefähigkeit und Textverarbeitung einschränken (für eine Übersicht siehe Zihl & Dutton,

2015). Beispiele hierfür sind unter anderem okulomotorische Defizite, aufgrund derer Text nicht mit gezielten Sakkaden (Blicksprüngen) abgetastet werden kann (Ek, Jacobson, Ygge, Fellenius, & Flodmark, 2000), oder Beeinträchtigungen der Lesegeschwindigkeit durch sogenanntes foveales Crowding (vgl. Jacobson & Dutton, 2000; Pelli, et al., 2007; Huurneman, Boonstra, Cox, Cillessen, & van Rens, 2012). Besonders hervorzuheben ist im Kontext von CVI jedoch die sog. visuelle Entwicklungsdyslexie. Diese wird (analog zur Agnosie) diagnostiziert, wenn die Lesefähigkeit gestört ist, obwohl die dafür erforderlichen visuellen Teilleistungen, okulomotorischen Funktionen und kognitiven Fähigkeiten intakt bzw. vorhanden sind (Zihl, Mendius, Schuett, & Priglinger, 2012). Die Betroffenen können Buchstaben und Worte (sofern diese groß genug gedruckt sind) zwar sehen, jedoch in Form und Bedeutung nicht erkennen oder unterscheiden (vgl. Zihl & Dutton, 2015). Zudem ist ihre Fähigkeit zur parallelen visuellen Verarbeitung häufig reduziert (Lassus-Sangosse, N'guyen-Morel, & Valdois, 2008), was eine ganzheitliche Wahrnehmung von Text erschwert. Ursache dieser speziellen Störung sind vermutlich phonologische Verarbeitungsdefizite und Beeinträchtigungen der visuellen Aufmerksamkeit (Valdois, Bosse, & Tainturier, 2004). In einer aktuellen Studie an 172 Kindern mit schwerer Dyslexie zeigte sich, dass ca. 80% der Probanden ungeachtet ihrer Leseschwäche normale ophthalmische Funktionen aufwiesen (Creavin, Lingam, Steer, & Williams, 2015). Dies ist ein Hinweis darauf, dass Dyslexie bei vielen betroffenen Kindern unabhängig von visuellen Teilleistungsstörungen entsteht.

#### ***2.4.2.4 Visuelle Aufmerksamkeit und Aufmerksamkeitsfeld***

Abschließend sind hier Störungen der visuellen Aufmerksamkeit zu nennen. Die visuelle Aufmerksamkeit ist Grundvoraussetzung für die visuelle Wahrnehmung. Sie basiert auf einem komplexen Zusammenspiel zwischen Gesichtsfeld, räumlicher Wahrnehmung und okulomotorischen Suchbewegungen, das insbesondere von der Funktionstüchtigkeit der dorsalen und ventralen Verarbeitungspfade sowie ihrer reziproken präfrontalen Partner abhängig ist (Zihl & Dutton, 2015). Das Aufmerksamkeitsfeld kann im Allgemeinen mit dem

Überblick gleichgesetzt werden. Der sog. globale Verarbeitungsmodus, bei dem das Aufmerksamkeitsfeld mehr oder weniger identisch mit dem Gesichtsfeld ist, erlaubt hierbei im ersten Schritt die ganzheitliche Erfassung von Szenen und Reizvorlagen. Die Detailanalyse erfolgt dann im lokalen Verarbeitungsmodus, bei dem das Aufmerksamkeitsfeld auf einen sehr kleinen Bereich (Fokus) eingeengt wird (Zihl, Mendius, Schuett, & Priglinger, 2012). Neben Störungen von Sehschärfe, Kontrastsensitivität und Gesichtsfeld wirken sich besonders Läsionen des dorsalen Verarbeitungspfades negativ auf die visuelle Aufmerksamkeit aus (Dutton G. N., 2013). Eine einseitige Schädigung des Gehirns führt hierbei zu Einschränkungen des Aufmerksamkeitsfeldes auf der kontralateralen Seite, dem sogenannten unilateralen visuellen Neglect. Ist das Aufmerksamkeitsfeld in Folge einer bilateralen Hirnschädigung in beiden Halbfeldern betroffen, spricht man von einem Balint-Syndrom (Zihl, 2011; Zihl, Mendius, Schuett, & Priglinger, 2012). Bei Kindern mit CVI sind bilaterale Einengungen des Aufmerksamkeitsfeldes häufiger (Zihl & Dutton, 2015). Hierbei kann es zur sogenannten Simultanagnosie kommen, bei der Stimuli außerhalb des Aufmerksamkeitsfokus kaum mehr wahrgenommen werden. Die Interpretation einer Szene in ihrer Ganzheitlichkeit ist dann nicht mehr möglich (Dutton, Macdonald, Drummond, Saidkasimova, & Mitchell, 2010). Eine Studie an 59 Kleinkindern und Kindern mit unilateraler Hirnschädigung fand Hinweise auf Störungen des Aufmerksamkeitsfeldes in knapp 63% der Stichprobe (Trauner, 2003).

### **2.4.3 Störungen der Okulomotorik**

Zahlreiche zerebrale Strukturen, u.a. in Hirnstamm und Kortex, sind an der Steuerung und Kontrolle der Blickmotorik beteiligt (Carpenter, 2000). Entsprechend viele unterschiedliche Läsionen und Erkrankungen des Gehirns können sich daher auf deren Funktionstüchtigkeit auswirken (Zihl, Mendius, Schuett, & Priglinger, 2012). Auch bei CVI gehört die Beeinträchtigung der Augenbewegungen zum Störungsbild. Bosch et al. (2014b) fanden Störungen der Blickmotorik bei 35% und den im Folgenden näher beschriebenen Nystagmus bei 42% der untersuchten Patienten.

### **2.4.3.1 Fixation**

Häufig ist bei Betroffenen die Fähigkeit zur Fixation beeinträchtigt. In der Studie von Fazzi et al. (2007) zeigten knapp 48% der untersuchten Kinder entsprechende Störungen. Die Fixationen der Patienten waren instabil, traten nur sporadisch auf oder fehlten bei manchen Betroffenen völlig. Eine primäre Form von Fixationsstörungen ist der sog. kongenitale oder Fixationsnystagmus (Zihl & Dutton, 2015). Der Begriff Nystagmus bezeichnet hierbei unwillentliche, ruckartige Bewegungen der Augen (Neely & Sprunger, 1999). Je nach Stichprobe fand sich dieser bei 19% bis 46% der untersuchten CVI-Patienten (Salati, Borgatti, Giammari, & Jacobson, 2002; Fazzi, et al., 2007; Cavascan, et al., 2014; Bosch, et al., 2014b). Fixationsstörungen können aber auch indirekt durch Störung anderer visueller Teilleistungen entstehen. Hier sind insb. Beeinträchtigungen von Sehschärfe und Kontrastsensitivität sowie Störungen der Aufmerksamkeit von Bedeutung (Zihl, Mendius, Schuett, & Priglinger, 2012).

### **2.4.3.2 Sakkaden und Folgebewegungen**

Auch die Fähigkeit, präzise Sakkaden und Folgebewegungen auszuführen, kann im Kontext von CVI gestört sein. Ähnlich wie bei Fixationsstörungen können die Ursachen für Beeinträchtigungen dieser Blickbewegungen primärer und sekundärer Natur sein (vgl. Zihl, Mendius, Schuett, & Priglinger, 2012). Die Häufigkeit von Störungen sakkadischer Blickbewegungen unter CVI-Patienten beträgt je nach Untersuchung knapp 34% (Fazzi, et al., 2007), bzw. 93% (Salati, Borgatti, Giammari, & Jacobson, 2002). Häufig kompensieren die Betroffenen hier durch ruckartige Kopfbewegungen und/oder Blinzeln (Fazzi, et al., 2007). Die Auftretenshäufigkeit beeinträchtigter Folgebewegungen wird in den genannten Studien mit gut 88% (Fazzi, et al., 2007), bzw. 96% (Salati, Borgatti, Giammari, & Jacobson, 2002) angegeben. Der optokinetische Nystagmus, welcher sich aus Folgebewegungen und Sakkaden zusammensetzt, ist in diesem Zusammenhang ebenfalls häufig beeinträchtigt (Zihl & Dutton, 2015). Fazzi et al. (2007) fanden Störungen des optokinetischen Nystagmus bei fast 73% der untersuchten Patienten.

### ***2.4.3.3 Blickbewegungsmuster***

Zuletzt sind an dieser Stelle noch Störungen von Blickbewegungsmustern zur Erfassung komplexer visueller Stimuli (z.B. Objekte, Gesichter, Szenen) zu nennen. Diese Blickbewegungsmuster sind besonders für die visuelle Suche und Exploration von Bedeutung (Zihl, 1995b; Zihl, 2011). Störungen von Blickbewegungsmustern treten oft nach posterior-parietaler und präfrontaler Hirnschädigung auf (Zihl & Dutton, 2015). Man nimmt an, dass hiervon betroffene Kinder Schwierigkeiten haben, ihre Blickmuster an eine Reizvorlage oder Szene anzupassen, was zu einem erhöhten Zeitbedarf bei der Erfassung, sowie zu Auslassung oder fehlerhafter Integration von Informationen führen kann (vgl. Zihl, Mendius, Schuett, & Priglinger, 2012). Zwar gibt es bislang nur wenige Befunde zu den direkten Auswirkungen früher Hirnschädigung auf die Effizienz und Funktionalität derartiger Blickbewegungsmuster (Zihl & Dutton, 2015), doch fanden Salati et al. (2002) bei 78% einer Stichprobe von Kindern und Jugendlichen mit CVI Defizite bzgl. der Fähigkeit zur visuellen Exploration der Umwelt.

### **2.4.4 Sonstige ophthalmologische Störungen**

Wie bereits am Anfang von Kapitel 2.4 erwähnt, tritt CVI oft zusammen mit ophthalmologischen Störungen und Anomalien auf:

#### ***2.4.4.1 Brechungsanomalien***

Brechungsanomalien wie Myopie, Hypermetropie und Astigmatismus treten bei Kindern mit Hirnschädigung allgemein häufiger auf als bei gesunden Gleichaltrigen und sind auch bei Patienten mit CVI weit verbreitet. Ursache ist in den meisten Fällen vermutlich ein Fehlschlagen des Emmetropisierungsprozesses (Woodhouse, 2010). Da diese Brechungsanomalien selbst zu Beeinträchtigungen der visuellen Entwicklung führen können, ist deren Überprüfung bei Kindern mit Verdacht auf Sehschwäche unbedingt notwendig (Dutton & Jacobson, 2001). Fazzi et al. (2007) fanden Brechungsanomalien bei gut 79% ihrer CVI-Patienten, wobei von den Betroffenen 11.4% an Myopie, 29.2% an Hypermetropie, 21.9% an

Astigmatismus und die übrigen 37.5% an kombinierten Brechungsanomalien litten. Starke Brechungsanomalien (Myopie  $< -4$ , Hypermetropie  $> +4$ ) zeigten sich in einer Studie von Bosch et al. (2014b) bei 25% der dort untersuchten Stichprobe.

#### ***2.4.4.2 Sehnerv und Papille***

Ebenfalls häufig finden sich bei Kindern mit CVI Veränderungen des Sehnervs und der Papille. Dies ist insofern überraschend, da eine Schädigung des zentralen Sehsystems bei Erwachsenen keine Veränderung der peripheren Anteile nach sich zieht (Ruberto, et al., 2006). Als Erklärungsmodell wurde daher der bereits in Kapitel 1.2 genannte Mechanismus der retrograden, transsynaptischen Degeneration vorgeschlagen (vgl. Jacobson & Flodmark, 2010). In einer Studie an insgesamt 270 Patienten (ohne Altersangabe) mit Optikusatrophie fanden sich Zusammenhänge zwischen dem Ausmaß der Schädigung des Sehnervs und dem Grad der Einschränkung von Sehschärfe, Farbsehen und Gesichtsfeld (DeWitt, Johnson, Schoenleber, Hainsworth, & Madsen, 2003). In Hinblick auf die Prävalenz bei CVI zeigte sich eine Hypoplasie des Sehnervs in verschiedenen Studien bei ca. 6% der betroffenen Kinder (Lanners, Piccioni, Fea, & Goergen, 1999; Fazzi, et al., 2007). Eine Atrophie des Sehnervs fand sich je nach Stichprobe bei knapp 13% (Salati, Borgatti, Giammari, & Jacobson, 2002), gut 14% (Fazzi, et al., 2007) bzw. knapp 61% (Lanners, Piccioni, Fea, & Goergen, 1999). Etwas häufiger diagnostiziert wurden Veränderungen der Papille, an welchen je nach Studie gut 27% (Fazzi, et al., 2007), 44% (Bosch, et al., 2014b) bzw. knapp 63% (Salati, Borgatti, Giammari, & Jacobson, 2002) der untersuchten CVI-Patienten litten.

#### ***2.4.4.3 Akkomodation***

Zuletzt sind in dieser Kategorie noch Störungen der Akkomodation zu nennen, die bei Kindern mit Hirnschädigung ebenfalls häufiger auftreten als bei gesunden Gleichaltrigen (Woodhouse, 2010). Ist die Fähigkeit zur Akkomodation beeinträchtigt, kann einfallendes Licht nicht mehr optimal auf der Retina fokussiert werden und die visuelle Wahrnehmung im

Nahbereich wird gestört (Goldstein, 2010). Akkomodationsstörungen können anhand einer Reduktion oder des vollständigen Fehlens des sog. Nahreflexes der Pupille gut diagnostiziert werden (Saunders, McClelland, Richardson, & Stevenson, 2008). In einer Untersuchung von 90 Kindern und Jugendlichen mit Zerebralparese fanden sich Beeinträchtigungen der Akkomodation bei knapp 58% der untersuchten Probanden als Teil von CVI (McClelland, Parkes, Hill, Jackson, & Saunders, 2006).

## **2.5 Die Prävalenz von CVI**

CVI ist, wie bereits in Kapitel 1.3 dargestellt, die häufigste Ursache für kindliche Sehstörungen in westlichen Ländern. Dies liegt zum einen an den immer besseren Möglichkeiten, Sehstörungen nach Schäden des zentralen Nervensystems zu identifizieren. Zum anderen hängt diese Tatsache mit Fortschritten bei der medizinischen Versorgung von Neugeborenen und der daraus resultierenden höheren Überlebensrate von Kindern mit neurologischen Erkrankungen zusammen (Good, Jan, Burden, Skoczinski, & Candy, 2001). Eine Untersuchung von 2155 visuell beeinträchtigten Kleinkindern (Alter: 0-3 Jahre) in den Vereinigten Staaten ergab eine CVI-Prävalenz von 23.6% (Hatton, Schwietz, Boyer, & Rychwalski, 2007). Eine niederländische Studie fand CVI bei 27.2% einer Stichprobe von 2843 Probanden mit Sehstörungen (Alter: 0-21 Jahre) (Boonstra, et al., 2012). In beiden Populationen visuell beeinträchtigter Probanden war CVI die mit Abstand häufigste Diagnose.

Chong und Dai (2014) errechneten aus den Daten ihrer Untersuchung eine CVI-Prävalenz von 0.02% in der Gesamtbevölkerung (von Neuseeland). Das Auftreten zerebraler Wahrnehmungsstörungen in bestimmten Risikogruppen ist entsprechend häufiger. So fand eine dänische Untersuchung von 923 Kindern mit Entwicklungsverzögerung ( $IQ \leq 80$ ) CVI bei 5.2% der Probanden (Sandfeld Nielsen, Skov, & Jensen, 2007). In einer Studie an 46 frühgeborenen Grundschulern in Schottland fanden sich Hinweise auf zerebral-visuelle Dysfunktion (CVD) bei 33% der Stichprobe (Macintyre-Béon, et al., 2013). Eine Unter-

suchung von 38 frühgeborenen Probanden mit Zerebralparese und periventrikulärer Leukomalazie stellte CVI bei 66% der untersuchten Probanden fest (Lanzi, et al., 1998).

## **2.6 Konsequenzen für die kindliche Entwicklung**

Viele Kinder mit Sehstörungen können ihr volles visuelles Potenzial nicht ausschöpfen. Dies liegt möglicherweise daran, dass die Qualität des visuellen Inputs bei den Betroffenen nicht ausreicht, um aktives Interesse an der visuellen Umwelt zu erzeugen (Sonksen & Dale, 2002). Die Sehfähigkeit spielt jedoch eine essenzielle Rolle für die motorische, geistige und emotionale Entwicklung (van Hof-van Duin, et al., 1998).

Daraus resultierend finden sich bei Menschen mit (zentral und peripher verursachten) Sehstörungen im Allgemeinen zwischen 26% und 57% mehr emotionale Schwierigkeiten und Verhaltensprobleme als in der normalsichtigen Bevölkerung (Alimovic, 2013). Ein diesbezüglicher Entwicklungsrückstand lässt sich bei visuell beeinträchtigten Kindern bereits im Alter von zehn bis zwölf Monaten feststellen (Reynell, 1978). Betroffen sind hierbei unter anderem die soziale Anpassungsfähigkeit, das Sprachverständnis, die sprachliche Ausdrucksfähigkeit, die Fähigkeiten zur Erkundung der Umwelt (inkl. Orientierung), das sensorische Verständnis (Reynell, 1978) sowie selbstinitiierte Mobilität und Lokomotion (Adelson & Fraiberg, 1974). Interessanterweise zeigen männliche Kinder mit Sehstörungen hierbei meist schlechtere Entwicklungsverläufe als Betroffene weiblichen Geschlechts (Sonksen & Dale, 2002). Bei Fällen schwerer frühkindlicher Sehstörung kann das Verhalten (insb. hinsichtlich sozialer Kommunikation und Aufmerksamkeit) dem von Patienten mit Autismus ähneln (Sonksen & Dale, 2002).

Die Vermutung liegt nun nahe, dass die Auswirkungen auf die kindliche Entwicklung noch gravierender sind, wenn neben der frühen Sehstörung noch weitere Beeinträchtigungen (z.B. aufgrund zerebraler Läsion) vorliegen. Tatsächlich stellte Alimovic (2013) in ihrer Untersuchung fest, dass Kinder mit kombinierter Beeinträchtigung, in diesem

Fall Sehstörung und leichte Intelligenzminderung, noch mehr emotionale und verhaltensbezogene Probleme hatten als Kinder mit Defiziten in nur einem der beiden Bereiche.

Im Falle von CVI treten bei jeweils ca. 97% der Betroffenen neben der Seh- bzw. Wahrnehmungsstörung auch kognitive und/oder motorische Beeinträchtigungen auf (Boonstra, et al., 2012; Bosch, Boonstra, Willemsen, Cremers, & de Vries, 2014b). Angesichts dieser Tatsache ist in Hinblick auf die obengenannten Befunde davon auszugehen, dass die meisten Kinder mit CVI auch in sozialen, emotionalen und motivationalen Bereichen Entwicklungsdefizite aufweisen, die vermutlich über das Maß der bei rein peripheren Formen von Sehstörungen zu erwartenden Beeinträchtigungen hinausgehen. Allerdings muss im Falle derart kombinierter Störungen bei CVI beachtet werden, dass psychische Funktionen hier nicht nur im Rahmen einer visuell bedingten Entwicklungsverzögerung beeinträchtigt (sekundäre Störung), sondern auch direkt durch die zerebrale Läsion geschädigt sein können (primäre Störung) (vgl. Zihl & Dutton, 2015).

Bei Patienten, die an schwerer geistiger und körperlicher Behinderung leiden, kann die Präsenz von CVI zur Steigerung der individuellen Einschränkungen führen (Sakai, et al., 2002). So konnte beispielsweise gezeigt werden, dass Patienten mit Zerebralparese in Tests zu Kommunikationsfähigkeit, emotionalem Kontakt, Selbstfürsorge und Intelligenz schlechter abschneiden, wenn zusätzlich eine Störung der Sehschärfe im Sinne von CVI vorliegt (Schenk-Rootlieb, van Nieuwenhuizen, Schiemanck, van der Graaf, & Willemse, 1993).

## **2.7 Möglichkeiten der Förderung von Kindern mit CVI**

Wie in den vorangegangenen Kapiteln beschrieben, handelt es sich bei CVI um eine schwerwiegende Störung mit immensen Konsequenzen für die kindliche Entwicklung, deren Behandlung von großer Bedeutung ist. Im folgenden Abschnitt sollen nun das in dieser Studie evaluierte Förderprogramm sowie dessen theoretische Fundierung dargestellt werden.

## 2.7.1 Ausgangslage

### 2.7.1.1 Die spontane Rückbildung und Anpassung bei CVI

Wie in allen bislang untersuchten (Säugetier-)Spezies gezeigt werden konnte, erholen sich Jungtiere besser von Verletzungen des visuellen Kortex als ihre ausgewachsenen Artgenossen (Hoyt, 2003). Auch beim Menschen finden Erholung und Adaptation an visuelle Defizite bei Kindern häufiger statt als im Erwachsenenalter, vorausgesetzt dass ausreichend an der visuellen Wahrnehmung beteiligte Systeme funktionstüchtig sind und sich normal entwickeln können (Zihl & Dutton, 2015). Dies liegt vermutlich an der größeren neuronalen Plastizität des sich entwickelnden Gehirns, auf deren Grundlage Prozesse wie funktionale Restitution und automatische Kompensation stattfinden können (Unterberger, 2015).

Bei CVI zeigt die große Mehrheit der betroffenen Kinder ein gewisses Maß an Verbesserung visueller Teilleistungen (Good, et al., 1994; Huo, Burden, Hoyt, & Good, 1999). So fanden beispielsweise Matsuba und Jan (2006) bei 46% der von ihnen untersuchten Kinder signifikante Steigerungen bzgl. der Sehschärfe. Auch bei (Klein-)Kindern mit vollständiger kortikaler Blindheit kann es zu deutlichen Verbesserungen der visuellen Wahrnehmung kommen, wobei der Prozentsatz an Kindern mit visueller Erholung hier etwas geringer zu sein scheint (vgl. Wong, 1991). Die progressive Erholung visueller Funktionen kann bei Kindern mit CVI über mehrere Jahre hinweg stattfinden (Dutton & Jacobson, 2001; Zihl & Dutton, 2015).

Ob und in welchem Ausmaß Verbesserungen der visuellen Wahrnehmung auftreten, hängt allerdings von zahlreichen Faktoren ab und ist von Kind zu Kind unterschiedlich. Dies erschwert die individuelle Prognose bei CVI erheblich (Unterberger, 2015). Zu nennende Einflüsse sind hier unter anderem die Ursache, Schwere und Art der Hirnschädigung sowie das Alter des Patienten bei Beginn der Störung (Good, et al., 1994). Kinder, deren visuelle Wahrnehmungsstörung im Zuge bakterieller Meningitis, eines Herzstillstands oder eines

Status Epilepticus entstanden ist, zeigen meist schlechtere Entwicklungsverläufe (Good, Jan, Burden, Skoczenski, & Candy, 2001). Beschränkt sich die zugrundeliegende Läsion auf den visuellen Kortex, so ist das Besserungspotenzial der Betroffenen meist größer als das von CVI-Patienten mit diffuser Schädigung der visuellen Verarbeitungspfade (z.B. bei periventriculärer Leukomalazie) (Hoyt, 2003). Generell scheint die Prognose bei Kindern günstiger zu sein, deren CVI sehr früh, also vor Vollendung des dritten Lebensjahres, auftrat (Huo, Burden, Hoyt, & Good, 1999). Wie anhand des in Kapitel 1.2 beschriebenen, engen Zusammenhangs der visuellen Wahrnehmung mit anderen psychischen Funktionen zu erwarten, geht eine Verbesserung der visuellen Wahrnehmung meist auch mit besserem kognitiven Outcome einher (Matsuba & Jan, 2006).

Leider bleibt die visuelle Wahrnehmungsstörung bei vielen CVI-Patienten dennoch bis ins Erwachsenenalter bestehen (Zihl & Dutton, 2015). Selbst wenn eine spontane Erholung basaler visueller Teilleistungen stattfindet, so bleiben Funktionen der höheren visuellen Verarbeitung häufig beeinträchtigt (vgl. Good, et al., 1994; Bova, et al., 2008). Allerdings kann die Entwicklung der visuellen Wahrnehmung von Kindern mit CVI durch gezielte Stimulation deutlich verbessert werden (Malkowicz, Myers, & Leisman, 2006). Die Entwicklung, Erprobung und flächendeckende Anwendung adäquater Behandlungsverfahren ist dementsprechend von großer Wichtigkeit.

### ***2.7.1.2 Bisherige Förder- und Behandlungsprogramme***

Zerebrale Sehstörungen sind heute bereits von großer klinischer Relevanz. In den nächsten Jahren wird ihr Behandlungsbedarf aufgrund der demographischen Entwicklung in Deutschland voraussichtlich sogar noch ansteigen (vgl. Knauer & Pfeiffer, 2006; Trauzettel-Klosinski, 2011). Dennoch werden ihre systematische Diagnostik und Therapie im Klinikalltag bislang vernachlässigt (Kerkhoff, 2010). Während aber für zerebrale Wahrnehmungsstörungen bei Erwachsenen durchaus schon in ihrer Wirksamkeit bestätigte Behandlungswerk-

zeuge existieren (Kerkhoff, 2010; Zihl, 2011), gibt es für Kinder mit CVI noch kaum wissenschaftlich evaluierte Interventionsprogramme (Good, et al., 1994; Zihl & Dutton, 2015).

Eine Ausnahme ist das entwicklungsorientierte Förderprogramm von Sonksen, Petrie und Drew (1991), welches auf die individualisierte Förderung der neuromotorischen Kontrolle, des visuellen Erkennens sowie der Sehschärfe bei schwer sehbehinderten Säuglingen abzielt und idealerweise innerhalb der ersten 13 Lebensmonate begonnen werden sollte (Sonksen & Dale, 2002). Ein umfangreicher Ansatz ist das multidisziplinäre Förderprogramm für visuell beeinträchtigte Kinder und Jugendliche von Jan und Robinson (1989), bei welchem Diagnostik und Behandlung einzelner Kinder von einem multidisziplinären Expertenteam individuell geplant, koordiniert und durchgeführt werden. Ein neueres Konzept ist das visuelle Stimmulationsprogramm von Malkowicz, Myers und Leisman (2006), welches auf Kinder mit CVI im Alter von einem bis zwölf Jahren zugeschnitten ist. Es wird unter professioneller Anleitung von den Eltern der Kinder durchgeführt und basiert auf der täglichen, gezielten Präsentation visueller Reize mit ansteigender Komplexität. Die Entwicklung bzw. Erholung der visuellen Fähigkeiten soll so durch regelmäßige Stimulation beschleunigt werden. Alle genannten Programme wurden von den jeweiligen Autoren in ihrer Wirksamkeit untersucht.

Leider sind diese drei Förderprogramme mit Durchführungsdauern von mehreren Monaten bis hin zu mehreren Jahren sehr zeitaufwändig. Zudem konzentrieren sich die genannten Ansätze auf die Förderung basaler visueller Teilleistungen bei jüngeren Kindern mit schweren bis sehr schweren visuellen Beeinträchtigungen. Außerdem ist die Standardisierung der genannten Fördermaßnahmen aufgrund der starken Anpassung an den individuellen Patienten gering, was eine manualisierte Anwendung erschwert.

Wie weiter oben beschrieben, persistieren aber gerade Defizite der höheren visuell-kognitiven Verarbeitung bei vielen CVI-Patienten bis ins Erwachsenenalter. Sobald die Betroffenen alt genug sind, um in Regelschule oder Fördereinrichtungen beschult zu werden,

können zeitintensive, aufwändige Förderprogramme jedoch nur noch schwer in den Alltag integriert werden. Ein Lösungsansatz wäre die Förderung durch Eltern, Sonderpädagogen oder Erzieher, welche jedoch ein manualisiertes Förderkonzept voraussetzt. Diese Nische soll mit dem in der vorliegenden Arbeit vorgestellten Förderprogramm abgedeckt werden.

## **2.7.2 Die Grundlagen der Behandlung von CVI**

### ***2.7.2.1 Anforderungen und Konzept der Behandlung***

Nach Zihl und Dutton (2015) sind die grundsätzlichen Ziele früher Rehabilitation die Minimierung des Grades an Behinderung, die Entwicklung von Selbstständigkeit, der Erwerb von Unabhängigkeit im Alltag sowie die Verbesserung der Teilnahme an sozialen und schulischen Aktivitäten. Im Falle von CVI sollte hierfür eine Maximierung der Nutzung von verbliebener Restsehfähigkeit angestrebt werden (Good, Jan, Burden, Skoczinski, & Candy, 2001). Die Förderung selbst sollte sich dabei nicht nur auf basale visuelle Teilleistungen beschränken, sondern auch die höhere visuell-kognitive Verarbeitung miteinbeziehen (Good, et al., 1994). In den Behandlungssitzungen selbst sollten spezifische Behandlungsverfahren im Rahmen einer systematischen Vorgehensweise angewendet werden (Zihl & Dutton, 2015). Hierdurch werden die Verbesserung der Wahrnehmungsfähigkeit in den Fokus der Behandlung gerückt sowie Akzeptanz und Motivation seitens der betroffenen Kinder gefördert (Zihl, Mendius, Schuett, & Priglinger, 2012).

Bezüglich des basalen Behandlungsprinzips bei zerebralen Sehstörungen werden im Allgemeinen drei Ansätze unterschieden (vgl. Schuett & Zihl, 2012): Restitutionsbasierte Behandlungen streben eine Wiederherstellung der gestörten Funktion durch deren gezieltes Training an. Kompensationsbasierte Behandlungen versuchen dagegen den Verlust aufgrund der Störung einer Funktion über das Training einer anderen, erhaltenen Funktion auszugleichen. Bei substitutionsbasierten Ansätzen schließlich soll die gestörte Funktion durch optische und prothetische Hilfsmittel (z.B. Prismenbrillen oder Vergrößerungsgläser) ersetzt werden.

Betrachtet man nun die Studienlage bzgl. der Wirksamkeit dieser drei Ansätze bei Kindern, so lässt sich feststellen, dass im Bereich substitutionsbasierter Verfahren noch kaum Forschungsergebnisse für die Behandlung junger Patienten vorliegen (Zihl, Mendius, Schuett, & Priglinger, 2012). Restitutionsbasierte Ansätze wurden besonders im Erwachsenenbereich schon evaluiert, ihre Wirksamkeit ist aber – nicht zuletzt auch aufgrund ihres großen zeitlichen Aufwands – bislang umstritten (Kerkhoff, 2010; Roth, et al., 2009; Schuett & Zihl, 2012). Kompensatorische Behandlungen hingegen haben sich in den meisten Untersuchungen (z.B. zu Hemianopsie) bewährt (Roth, et al., 2009; Kerkhoff, 2010) und stellen daher den vielversprechendsten Ansatz für die klinische Praxis dar.

### ***2.7.2.2 Behandlungsumgebung und Material***

Besonders Kinder mit schwererem CVI zeigen in ungewohnten und wenig strukturierten Umgebungen geringere Wahrnehmungsleistungen (Good, et al., 1994). Dies liegt unter anderem daran, dass die Verarbeitung visueller Information bei diesen Patienten erheblich mehr Anstrengung erfordert und in kleineren „Portionen“ erfolgen muss (Groenveld, Jan, & Leader, 1990). Bei steigender Menge und Komplexität des visuellen Inputs sind Kinder mit CVI gezwungen, den Blickkontakt vermehrt zu unterbrechen, um die eintreffende Information zu sortieren und zu verarbeiten (Baker-Nobles & Rutherford, 1995). Eine an die Wahrnehmungsfähigkeiten des jeweiligen Kindes angepasste, visuell vereinfachte, konstante und ablenkungsfreie Therapieumgebung ist hier also von größter Wichtigkeit, um den Patienten die Konzentration auf relevante visuelle Stimuli zu erleichtern bzw. überhaupt erst zu ermöglichen (vgl. Groenveld, Jan, & Leader, 1990; Good, Jan, Burden, Skoczinski, & Candy, 2001). Entsprechend sollte auch das Test- und Übungsmaterial selbst an die funktionale Sehfähigkeit des jeweiligen Kindes angepasst werden (Dutton G. N., 2013). Durch gezielte verbale und taktile Rückmeldung kann der Lernprozess der Patienten dann schrittweise gesteuert und optimiert werden (vgl. Zihl, Mendius, Schuett, & Priglinger, 2012).

### **2.7.3 Der Ansatz des Förderprogramms**

Der Fokus des in der vorliegenden Arbeit verwendeten Förderprogramms liegt auf der gezielten Verbesserung der visuellen Suche bzw. des Überblicks und des Lesens. Warum sich gerade diese beiden visuell-kognitiven Funktionen für eine gemeinsame Förderung eignen, soll nun im folgenden Abschnitt erklärt werden.

#### ***2.7.3.1 Die Bedeutung von Blickmustern für die visuelle Suche und Exploration***

Die Fähigkeit zur visuellen Exploration bzw. visuellen Suche ist mit zahlreichen visuell-kognitiven Funktionen verknüpft. Unter anderem sind hier die Exploration von Gesichtern, die selektive Aufmerksamkeit, der Leseerwerb sowie die Lern- und Merkfähigkeit zu nennen (Unterberger, 2015). Grundlage der visuellen Suche sind Blickbewegungsmuster aus Sakkaden und Fixationen, die so an die jeweilige Szene angepasst werden, dass eine ganzheitliche Wahrnehmung auf Basis der Aufnahme und raum-zeitlichen Integration visueller Detailinformationen möglich ist (Zihl, Mendius, Schuett, & Priglinger, 2012). Wie in Untersuchungen von erwachsenen Patienten mit homonymer Hemianopsie gezeigt werden konnte, können zerebrale Wahrnehmungsstörungen zu einer Störung dieser Blickbewegungsmuster führen (Zihl, 1995b). So sind die visuellen Suchpfade der Betroffenen (auch im unversehrten Gesichtsfeld) erheblich länger, da deutlich mehr Fixationen benötigt werden, um die jeweilige Szene zu erfassen. Zudem werden Suchpfade und Fixationen oft wiederholt, also bereits visuell abgesuchte Bereiche der Szene erneut fixiert. Das daraus resultierende, ineffiziente Such- bzw. Blickbewegungsmuster führt zu einer signifikanten Verlängerung der benötigten Suchzeit (Zihl, 1995b). Analog dazu fanden Salati et al. (2002) bei 93% der von ihnen untersuchten Kinder mit CVI Beeinträchtigungen hinsichtlich der Koordination von Sakkaden für die visuelle Exploration. Zusätzlich war die Stabilität von Fixationen bei 84% der dortigen Stichprobe gestört.

Es ist also davon auszugehen, dass ein nicht unerheblicher Anteil der Kinder mit CVI unter Störungen des Überblicks leidet, die auf ineffizienten Blickbewegungsmustern bei der visuellen Suche und Exploration fußen. Leider gibt es aber auch hinsichtlich dieses speziellen Defizits kaum eigens für Kinder konzipierte Behandlungsansätze. Daher müssen passende Behandlungsverfahren bislang in der Regel aus dem besser untersuchten Erwachsenenbereich adaptiert werden (Unterberger, 2015).

### ***2.7.3.2 Die Bedeutung von Blickbewegungsmustern für das Lesen***

Auch beim Lesen spielen koordinierte Blickbewegungsmuster eine entscheidende Rolle. So wird die Lesegeschwindigkeit nicht primär vom Ausmaß der sog. visuellen Spanne begrenzt, also der Anzahl an Buchstaben, die mit einer Fixation wahrgenommen werden kann. Vielmehr ist es die Art und Weise, wie die visuelle Spanne mittels Blickbewegungen beim Lesen eingesetzt wird, welche die Qualität und Geschwindigkeit des Lesens bestimmt (Schuett, Heywood, Kentridge, & Zihl, 2008b). Die Augen folgen hierbei einem Suchpfad entlang des Textes, der aus einer regelmäßigen Folge von Sakkaden und Fixationen besteht. Am Ende einer jeden Zeile wird dann eine große Sakkade zum Beginn der nächsten Zeile vollzogen, deren Distanz von der jeweiligen Zeilenbreite abhängt. (Schuett, Heywood, Kentridge, & Zihl, 2008a). Die Anzahl und Dauer der Fixationen sowie das Aufkommen regressiver (entgegen der Textrichtung gerichteter) Sakkaden bestimmen hierbei, wie viel Zeit für das Lesen einer Zeile bzw. eines Textabschnittes benötigt wird (Zihl, 1995a).

Störungen des Blickbewegungsmusters beim Lesen wurden – ähnlich wie Störungen der visuellen Suche – bereits ausführlich bei erwachsenen Patienten mit homonymer Hemi-anopsie untersucht. So konnte gezeigt werden, dass diese Patienten häufig eine sog. hemianope Dyslexie mit immensen Veränderungen des oben beschriebenen Blickbewegungsmusters aufweisen. Auffällig sind hierbei die unterbrochenen, teilweise regressiven Sakkaden und deutlich verlängerten Fixationszeiten. Zudem ist die Anzahl an Fixationen und Sakkaden

bei den Betroffenen stark erhöht. Das Ausmaß dieser Abweichungen hängt hierbei von der Größe und Seite des Gesichtsfeldausfalls ab (Zihl, 1995a; Schuett, Heywood, Kentridge, & Zihl, 2008a). Passend dazu konnten bei Kindern mit Entwicklungsdyslexie, wie sie auch bei CVI auftritt, verlangsamte Fixationswechsel und atypische Suchmuster in Leserichtung festgestellt werden (Ferretti, Mazzotti, & Brizzolara, 2008). Zwar können ineffiziente Blickbewegungsmuster bei ungeübten Lesern auch durch mangelndes Training, also in Konsequenz der Leseschwäche entstehen (Medland, Walter, & Woodhouse, 2010), doch ist davon auszugehen, dass der Erwerb einer effizienten Blickstrategie für Kinder mit CVI zusätzlich durch die Auswirkungen der zerebralen Funktionsstörung erschwert wird.

Letztlich lässt sich ungeachtet der Frage, ob es sich nun um Ursache oder Folge der Leseschwäche handelt, feststellen, dass Beeinträchtigungen des Blickbewegungsmusters auch eine zentrale Problematik der Dyslexie bei Kindern mit CVI sind (vgl. Zihl & Dutton, 2015) und, wie im Folgenden gezeigt werden soll, einen vielversprechenden Ansatz für effiziente Behandlungsverfahren darstellen.

### ***2.7.3.3 Die gemeinsame Förderung der visuellen Suche und des Lesens***

Die Fähigkeiten der visuellen Suche bzw. Exploration und des Lesens stehen in engem Zusammenhang. So ist die Suchleistung von Kindern im Kindergartenalter ein guter Prädiktor für die Geschwindigkeit des frühen Leseerwerbs nach Schuleintritt (Ferretti, Mazzotti, & Brizzolara, 2008). Auch zeigen Kinder mit Entwicklungsdyslexie häufig schlechtere Leistungen in Aufgaben zur visuellen Suche (Sireteanu, et al., 2008). Ergebnisse von Studien zur Förderung erwachsener Patienten mit zerebralen Wahrnehmungsstörungen (z.B. homonymer Hemianopsie) deuten passend dazu darauf hin, dass sowohl Defizite beim Lesen als auch bei der visuellen Suche bzw. Exploration von Beeinträchtigungen der „bottom-up“ und „top-down“-Kontrolle der visuellen Verarbeitung verursacht werden (Schuett, Heywood, Kentridge, & Zihl, 2008a).

Da Störungen in beiden Bereichen, wie in den vorigen Abschnitten beschrieben, mit ineffizienten Blickbewegungsmustern zusammenhängen, ist die Vermutung naheliegend, dass eine Verbesserung der visuellen Exploration und des Lesens mit einer Normalisierung der zugehörigen Suchmuster einhergeht. Tatsächlich haben Untersuchungen mit erwachsenen Hemianopsie-Patienten gezeigt, dass bei Betroffenen, denen eine spontane Kompensation ihrer Lese- bzw. Explorationsdefizite gelingt, eine Anpassung des Blickbewegungsmusters an die individuelle Wahrnehmungsstörung stattfindet. Allerdings kommt es nur bei wenigen Patienten zur spontanen Entwicklung dieser okulomotorischen Anpassungsstrategien und selbst wenn Kompensationsversuche stattfinden, so sind diese oft ineffizient (Zihl, 1995a; Schuett, Heywood, Kentridge, & Zihl, 2008a). Dies hat im Erwachsenenbereich schließlich zur Entwicklung der beiden eingangs erwähnten, blickmotorischen Behandlungsverfahren geführt, die in den folgenden Abschnitten näher vorgestellt werden sollen.

Warum sind zwei Verfahren notwendig? Angesichts der engen Verbindung von visueller Suche und Lesefähigkeit wäre eigentlich davon auszugehen, dass es durch gezielte Förderung einer der beiden Fähigkeiten zu deutlichen Transfereffekten kommt. Bei früheren Untersuchungen zur Wirkung der beiden hier evaluierten Behandlungsinstrumente wurde jedoch unter anderem festgestellt, dass die erfolgreiche, trainingsinduzierte Kompensation von Defiziten in einem der beiden Funktionsbereiche (visuelle Suche oder Lesen) zu keiner Verbesserung des jeweils anderen führt. Der beobachtete Behandlungseffekt ist hochspezifisch und aufgabenabhängig (Schuett, Heywood, Kentridge, & Zihl, 2008b; Schuett, Heywood, Kentridge, Dauner, & Zihl, 2012). Dieser zentrale Befund lässt darauf schließen, dass der Kontrolle des okulomotorischen Suchpfades beim Lesen und bei der visuellen Suche bzw. Exploration sich überlappende, aber unterschiedliche neuronale Netzwerke zugrunde liegen (Schuett, Heywood, Kentridge, & Zihl, 2008a). Aus diesem Grund müssen effiziente Blickbewegungsstrategien bei visueller Suche bzw. Exploration und Lesen trotz der vielen Zusammenhänge zwischen diesen beiden Funktionen gesondert trainiert werden (Zihl, 2011).

## 2.7.4 Verwendete Behandlungsverfahren

Im folgenden Kapitel sollen nun die beiden in der vorliegenden Studie verwendeten Behandlungsverfahren vorgestellt werden. Der Fokus liegt hierbei auf ihrer Entwicklung und den zugrundeliegenden Wirkungsmechanismen. Eine Beschreibung der Anwendung dieser Behandlungsverfahren findet sich im Methodenteil der vorliegenden Arbeit (vgl. Kap. 3.2).

### 2.7.4.1 Das *Explorationstraining* „SEARCH“

Das in der vorliegenden Studie verwendete Behandlungsverfahren für Störungen der visuellen Suche bzw. Exploration wurde ursprünglich für die Behandlung von Erwachsenen mit homonymen Gesichtsfeldausfällen konzipiert (vgl. Zihl, 2011). Vorherige Behandlungsansätze in diesem Feld hatten noch darauf abgezielt, die Verbesserung des Überblicks durch gezielte Gesichtsfeldvergrößerung zu erreichen (z.B. Zihl & Von Cramon, 1979; Zihl, 1981). Diese restitutionsbasierten Ansätze führten jedoch nur bei vereinzelt Patienten (mit vermutlich unvollständiger Läsion des striären Kortex) zu relevanten Verbesserungen, weswegen sie zugunsten breiter wirksamer Behandlungsprogramme aufgegeben wurden (Zihl, 2011).

Einen vielversprechenderen Ansatz lieferte hier die Erkenntnis um die Bedeutung okulomotorischer Suchstrategien für die Kompensation von Störungen des Überblicks bei Hemianopsie (Zihl, 1995b). Im Fokus der Behandlung stand nun die Vergrößerung des Bereichs, den die Patienten mit ihrem sakkadischen Suchmuster abtasten, in Richtung des blinden Halbfelds (Zihl, 1988). Hierbei zeigte sich schnell der große Nutzen von Aufgaben zur visuellen Suche, da das zugrundeliegende Paradigma (engl. „visual search paradigm“) einerseits die globale und lokale visuelle Verarbeitung (vgl. Kap. 2.4.2) von Szenen involviert und andererseits eine präzise Leistungsmessung über die Suchzeiten der einzelnen Probanden ermöglicht (Zihl, 2011). Im Allgemeinen werden Aufgaben zur visuellen Suche je nach Ähnlichkeit zwischen dem zu findenden Zielreiz (Target) und gleichzeitig dargebotenen Ablenkerreizen (Distraktoren) in zwei Gruppen unterteilt. Unterscheiden sich Zielreiz und

Ablenkerreize in einem zentralen Merkmal, so kann die Suchaufgabe in der Regel gelöst werden, ohne vom globalen in den lokalen Verarbeitungsmodus zu wechseln. Man spricht hier von paralleler Suche. Ähneln sich Zielreiz und Ablenkerreize jedoch zusätzlich in weiteren Merkmalen, so müssen die Reize der Reihe nach im lokalen Verarbeitungsmodus überprüft werden. Dieser Suchprozess wird serielle Suche genannt (Deco & Zihl, 2006). Während anfangs auch Suchaufgaben ohne Ablenkerreize eingesetzt wurden (Zihl, 1988; Zihl, 1995b), so werden heute für die Behandlung Erwachsener in der Regel Displays verwendet, die sowohl Ziel- als auch Ablenkerreize enthalten (vgl. Schuett & Zihl, 2013; Roth, et al., 2009). Diese Praxis setzt bei den Patienten jedoch ausreichende Fähigkeiten zur visuellen Exploration voraus (Zihl, Mendius, Schuett, & Priglinger, 2012).

Das von Zihl (2011) entwickelte und in der vorliegenden Untersuchung angewendete Behandlungsverfahren *SEARCH* ist computergestützt und umfasst sowohl parallele als auch serielle Suchaufgaben. Seine Wirkung konnte bereits in mehreren Untersuchungen mit Hemianopsie-Patienten im Erwachsenen- und Seniorenalter gezeigt werden (Schuett, Heywood, Kentridge, Dauner, & Zihl, 2012; Schuett & Zihl, 2013; Zihl, 2011). Die behandelten Patienten zeigten deutliche Leistungsverbesserungen in beiden Suchaufgaben-Typen sowie klar messbare Vergrößerungen des visuellen Suchfelds. Zudem führte das Training mit *SEARCH* zu einer Normalisierung des Blickbewegungsmusters bei der visuellen Suche. Dies zeigte sich an der Steigerung der Suchgeschwindigkeit, der Verkürzung der Suchpfade, sowie an der Verringerung der Anzahl von (wiederholten) Fixationen. Zudem verlängerten sich die Amplituden der bei der visuellen Suche vollzogenen Sakkaden (Zihl, 2011). Eine mögliche Anwendung bei Kindern mit CVI wurde bereits in einer unveröffentlichten Pilotstudie untersucht (Sigerist, 2014). Alle fünf der in dieser Untersuchung mit *SEARCH* behandelten Patienten zeigten nach Trainingsabschluss Steigerungen hinsichtlich ihrer Leistungen bei der visuellen Suche.

#### 2.7.4.2 Das Lesetraining „Pro\*Text“

Auch das in der vorliegenden Untersuchung verwendete Behandlungsverfahren für Störungen des Lesens wurde ursprünglich für Patienten mit homonymer Hemianopsie entwickelt (Zihl, 2011). Schon im frühen 20. Jahrhundert hatte man erkannt, dass der parafoveale Gesichtsfeldverlust bei den Betroffenen zum Übersehen und Auslassen von Wort- bzw. Satzteilen führt (vgl. Zihl, 1988). Walther Poppelreuter (1917) stellte daraufhin bei der Behandlung von Kriegsversehrten des ersten Weltkrieges fest, dass zerebral verursachte Lesestörungen mit desorganisierten Blickbewegungsmustern einhergehen. Basierend auf dieser Entdeckung entwickelte er ein auf der Verwendung eines „Lesestäbchens“ basierendes Behandlungsverfahren, das den Patienten den Wiedererwerb ihrer Lesefähigkeit über das Erlernen koordinierter Blickbewegungen ermöglichen sollte. Tatsächlich konnte mit dem Aufkommen der Elektro-Okulographie ein halbes Jahrhundert später gezeigt werden, dass die nun als hemianope Dyslexie bezeichnete Lesestörung mit veränderten, unterbrochenen Blickbewegungsmustern beim Lesen einhergeht (Gassel & Williams, 1963).

Basierend auf Poppelreuters Ansatz entwickelten Zihl et al. (1984) schließlich ein computergestütztes, kompensatorisches Behandlungsverfahren für hemianope Dyslexie, welches seitdem kontinuierlich evaluiert und weiterentwickelt wurde (vgl. Zihl, 1988; Zihl, 1995a; Schuett, Heywood, Kentridge, & Zihl, 2008b). Ziel dieses Behandlungsverfahrens ist das Erlernen eines Blickbewegungsmusters, welches beim Lesen dafür sorgt, dass der gesamte Text ohne Auslassungen mit dem verbliebenen Gesichtsfeld abgetastet wird (Schuett, Heywood, Kentridge, & Zihl, 2008b). Erste Versionen des Behandlungsverfahrens benutzten als Reizmaterial hierfür einen langsam am Bildschirm vorbeifließenden Text (Zihl, 1988; Zihl, 1995a). Die aktuelle Version des Verfahrens mit dem Namen *Pro\*Text*, welche auch in der vorliegenden Untersuchung angewendet wurde, arbeitet dagegen auf Basis einer zeitlich begrenzten (sog. tachystoskopischen) Präsentation einzelner Wörter oder kurzer Sätze (Zihl,

2011). In beiden Varianten sind die Patienten dazu angehalten, den präsentierten Text vor der Wiedergabe komplett mit den Augen abzutasten.

Auch die Wirksamkeit von *Pro\*Text* konnte mittlerweile in mehreren Studien mit Hemianopsie-Patienten im Erwachsenen- und Seniorenalter bestätigt werden (Schuett, Heywood, Kentridge, & Zihl, 2008b; Schuett, Heywood, Kentridge, Dauner, & Zihl, 2012; Schuett & Zihl, 2013). Hierbei haben sich sowohl Text- als auch Zahlenmaterial als wirksame Reizvorlagen erwiesen (Schuett, Heywood, Kentridge, & Zihl, 2008b). Analog zu *SEARCH* gingen behandlungsinduzierte Leistungsverbesserungen der Lesefähigkeit mit einer Anpassung und Normalisierung des zugrundeliegenden Blickbewegungsmusters einher. So zeigten die Patienten nach dem Training kürzere Suchmuster, längere Sakkaden sowie eine geringere Anzahl und Dauer von Fixationen (Zihl, 2011). In der Pilotstudie von Sigerist (2014) wurde die Wirkung von *Pro\*Text* ebenfalls bei Kindern mit CVI überprüft. Auch hier waren die Ergebnisse vielversprechend, da einige der untersuchten Kinder deutliche Verbesserungen hinsichtlich ihrer Leseleistung erreichten.

## 2.8 Fragestellungen

Wie bereits in Kapitel 2.7.1.2 dargestellt, gibt es bislang kaum wissenschaftlich überprüfte, standardisierte Verfahren zur Behandlung von Kindern mit CVI. Dies gilt besonders für höhere Funktionen der visuell-kognitiven Verarbeitung. Wie die Ergebnisse der Pilotstudie von Sigerist (2014) andeuten, könnte die Adaptation der im Erwachsenenbereich bereits ausführlich evaluierten Verfahren *SEARCH* und *Pro\*Text* hier Abhilfe schaffen. Da in der genannten Untersuchung aber nur sechs Schüler behandelt wurden, sind weitere Befunde notwendig, um Aussagen über den Nutzen der beiden Behandlungsverfahren für Kinder mit zerebralen Wahrnehmungsstörungen treffen zu können. Dies ist Ziel der vorliegenden Studie. Hierzu soll die Wirksamkeit von *SEARCH* und *Pro\*Text* an einer größeren Stichprobe von Schülern mit CVI evaluiert werden. Grundlage hierfür ist der vor, während und nach der

Behandlung erhobene Leistungsstand bzgl. visueller Suche und Lesen. Als zentrale Aufgabe der vorliegenden Studie ergibt sich dabei die Beantwortung der folgenden Fragestellung:

***Führen die Behandlungsverfahren SEARCH und Pro\*Text zu Verbesserungen der visuellen Wahrnehmung von Kindern mit CVI?***

Neben Richtung und Ausmaß eventueller Leistungsveränderungen während der Behandlung ist auch der weitere Leistungsverlauf nach Behandlungsende ein wichtiges Kriterium für die Beurteilung der Wirkung des Förderprogramms. Aus diesem Grund soll im Rahmen mehrerer Katamnese-Untersuchungen erhoben werden, wie sich die visuellen Leistungen der Kinder im Zeitraum von sechs Monaten nach Abschluss der Förderung entwickeln. Erkenntnisse in diesem Bereich können Aufschluss darüber liefern, ob die im Rahmen des Förderprogramms erlernten Kompensationsstrategien behalten oder wieder durch ineffizientere Suchmuster abgelöst werden. Die zweite Fragestellung der vorliegenden Untersuchung lautet also:

***Wie entwickelt sich die Wahrnehmungsleistung der Probanden nach Abschluss des Förderprogramms?***

Wie in Kapitel 2.7.3.3 beschrieben, hat sich bei der Förderung von Erwachsenen gezeigt, dass die trainingsinduzierte Leistungsverbesserung im Bereich Lesen und visueller Suche spezifisch ist und hier keinerlei Transfer stattfindet. Die in der dort zitierten Studie von Schuett et al. (2012) untersuchten Patienten hatten ihre zerebrale Wahrnehmungsstörung aber überwiegend in Folge eines Schlaganfalls im Erwachsenenalter erworben. Zudem waren Patienten mit prämorbidem Lesestörungen von der Untersuchung ausgeschlossen worden. Aus diesem Grund ist davon auszugehen, dass die Probanden vor dem Insult effiziente visuelle Strategien beim Lesen und der visuellen Exploration einsetzten. Fokus der Behandlung war dort also das Wieder-Erlernen von erst im Zuge der Läsion verlorengegangenen Fähigkeiten.

Bei Schulkindern mit CVI befinden sich die Fähigkeiten des Lesens und der visuellen Exploration oft aber noch in der Entwicklung (vgl. Unterberger, 2015). Eventuell sind die beiden Funktionen in diesem Prozess noch enger verbunden. So könnte sich bereits die Förderung mit einem der beiden Computerprogramme positiv auf die Leistungsentwicklung in beiden Funktionsbereichen auswirken. Auch handelt es sich bei Kindern mit CVI um eine erheblich heterogenere Stichprobe als bei Erwachsenen mit Hemianopsie. Es ist also schwer vorherzusagen, wie das individuelle Störungsmuster der Schüler mit dem Wirkmechanismus der Behandlungsverfahren interagiert. Die Ergebnisse der Studie von Sigerist (2014) deuten zumindest bei *Pro\*Text* auf unspezifische Effekte hin. Dieser Umstand sollte also auch in der vorliegenden Studie untersucht werden. Es ergibt sich folgende Fragestellung:

***Sind die Effekte von SEARCH und Pro\*Text spezifisch oder zeigt sich ein Transfer?***

Ein weiteres Ziel der vorliegenden Untersuchung ist die Optimierung der Anwendung von *SEARCH* und *Pro\*Text* im Rahmen des Förderprogramms. Hierzu soll geklärt werden, ob die Reihenfolge der verwendeten Behandlungsverfahren einen Einfluss auf den Leistungszuwachs bei Abschluss der Förderung hat. Zwar konnten Schuett et al. (2012) zeigen, dass der Trainingserfolg erwachsener Patienten mit homonymen Gesichtsfeldausfällen durch die Anwendungsreihenfolge von *SEARCH* und *Pro\*Text* nicht beeinflusst wird, doch gilt es, dies analog zur vorhergehenden Fragestellung für Kinder mit CVI zu bestätigen. Die Fragestellung lautet also:

***Hat die Reihenfolge der Anwendung von SEARCH und Pro\*Text einen Einfluss auf den Behandlungserfolg?***

Abschließend soll durch die vorliegende Untersuchung geklärt werden, ob der Behandlungserfolg durch das Alter oder bestimmte Teilleistungsstörungen der Probanden vorhergesagt werden kann:

Bei Erwachsenen mit Gesichtsfeldstörungen konnte nachgewiesen werden, dass Patienten mit größeren Gesichtsfeldausfällen mehr Förderung mit *SEARCH* und *Pro\*Text* benötigen, um ihre Wahrnehmungsleistungen ausreichend zu verbessern (Zihl, 2011). Aus diesem Grund soll der Einfluss des Vorliegens von Gesichtsfeldstörungen auf die Leistungsentwicklung der Schüler im Rahmen der vorliegenden Untersuchung überprüft werden.

Da sich frühkindliche visuelle Wahrnehmungsstörungen negativ auf die Entwicklung diverser psychischer Funktionen auswirken (vgl. Kap. 2.6), ist es denkbar, dass der Behandlungserfolg bei Kindern mit CVI oft auch von kognitiven und motorischen Defiziten beeinträchtigt wird. Aus diesem Grund soll in der vorliegenden Studie zusätzlich untersucht werden, welche Rolle nicht-visuelle Entwicklungsrückstände bzgl. der Leistungsverläufe der hier behandelten Kinder spielen.

Das Alter schließlich hat bei erwachsenen Patienten offenbar keinen Einfluss auf den Behandlungserfolg (Schuett & Zihl, 2013). Da sich bei Kindern die Funktionen der visuellen Wahrnehmung aber in kontinuierlicher Entwicklung befinden (vgl. Zihl, Mendius, Schuett, & Priglinger, 2012), sind Einflüsse des Alters in dieser Patientengruppe wahrscheinlicher.

Zusammengefasst lautet die letzte Fragestellung der vorliegenden Studie also:

***Wird der Trainingserfolg im Rahmen des Förderprogramms von Alter oder Störungsbild der Schüler beeinflusst?***

## **3. Methode**

### **3.1 Stichprobe**

Aus Gründen der Vereinfachung werden die Bezeichnungen Proband und Schüler im Folgenden für Versuchspersonen beider Geschlechter verwendet.

#### **3.1.1 Rekrutierung**

Im Verlauf der vorliegenden Studie wurden 11 Probanden behandelt, von denen 10 die Regel- und Förderklassen der Edith-Stein-Schule des Sehbehinderten- und Blindenzentrums Südbayern e.V. (SBZ) besuchten. Diese Einrichtung kooperiert seit Oktober 2012 im Rahmen eines Forschungsprojektes zum Thema „Visuelle und kognitive Leistungen bei Kindern mit CVI unter besonderer Berücksichtigung der visuell-kognitiven Anforderungen im Unterricht“ mit der Ludwig-Maximilians-Universität München. Ziel dieses Forschungsprojektes ist die Entwicklung eines diagnostischen Standards und adäquater Behandlungsverfahren für CVI (Unterberger, 2015).

Alle behandelten Probanden waren ursprünglich für die in Kap. 2.2 beschriebene Untersuchung von Unterberger (2015) rekrutiert und dort auf das Vorliegen einer zerebralen Wahrnehmungsstörung untersucht worden. Wurden CVI und Defizite im Bereich der visuellen Suche bzw. Exploration und des Lesens festgestellt, so wurden die Probanden zur Förderung im Rahmen der vorliegenden Studie weiterempfohlen. Hierzu wurden im November 2014, im März 2015 und im Januar 2016 Elternbriefe an die in Frage kommenden Schüler ausgegeben. In diesen Schreiben wurden Ablauf und Ziel des Förderprogramms beschrieben und um Teilnahme der Schüler geworben. Dem Elternbrief lag eine Einverständniserklärung bei, über welche die Eltern ihr Kind zur Förderung anmelden konnten. Alle 11 kontaktierten Eltern erteilten ihr Einverständnis zur Teilnahme an der vorliegenden Untersuchung.

### **3.1.2 Ein- und Ausschlusskriterien**

Die Selektion der Probanden erfolgte bereits im Rahmen der Untersuchung von Unterberger (2015). Voraussetzung für die Teilnahme an dieser Studie waren ein Alter zwischen 6 und 14 Jahren sowie eine Nahsehschärfe von mindestens 10% auf 40cm Entfernung. Darüber hinaus durften weder Epilepsie noch eine akute depressive Episode bestehen (Unterberger, 2015).

Da alle Probanden in Fördereinrichtungen beschult wurden und in der Lage waren, am dortigen Unterricht teilzunehmen, wurden die für die Bearbeitung der Testverfahren notwendigen kognitiven und motorischen Fähigkeiten als gegeben vorausgesetzt.

### **3.1.3 Darstellung der Einzelfälle**

Kinder mit CVI sind keine homogene Gruppe und lassen sich nur schwierig als solche untersuchen (vgl. Hoyt, 2003). Vor allem kleine Stichproben erfordern die Berücksichtigung des individuellen Störungs- und Leistungsbilds der einzelnen Probanden. Entsprechend liegt der Fokus der vorliegenden Untersuchung auf dem Einzelfall (vgl. Kap. 3.6). In diesem Abschnitt sollen nun die untersuchten Probanden inkl. ihrer individuellen Krankheitsgeschichte und jeweiligen Diagnosen kurz vorgestellt werden. Die im Folgenden aufgelisteten medizinischen Befunde der jeweiligen Probanden wurden aber nicht im Rahmen der vorliegenden Untersuchung erhoben und unterscheiden sich daher hinsichtlich diagnostischer Schwerpunkte und Vollständigkeit stark.

#### **3.1.3.1 VPN 1**

Bei VPN 1 handelt es sich um eine weibliche Versuchsperson, die zum Zeitpunkt der Untersuchung 10 Jahre alt war. Sie war in früher Kindheit aufgrund eines Kraniopharyngoms operiert worden. VPN 1 litt an einer Anopsie des rechten Auges, an Strabismus, sowie an einer beidseitigen Optikusatrophie.

### **3.1.3.2 VPN 2**

VPN 2 war ebenfalls weiblichen Geschlechts und zum Zeitpunkt der Untersuchung 9 Jahre alt. Bei ihr waren Mikrozephalie und Kleinwuchs diagnostiziert worden. Darüber hinaus litt VPN 2 an einer multifokalen, subkortikalen Heterotopie mit teilweiser Dysplasie der zugehörigen Kortexareale. Der ophthalmologische Befund der Schülerin beschrieb eine hochgradige Exophorie und eine damit einhergehende Anisometropie. Außerdem war bei VPN 2 eine Hypermetropie festgestellt worden, welche jedoch durch eine Brille korrigiert werden konnte. Neben den daraus resultierenden visuellen Einschränkungen zeigte die Probandin eine allgemeine Entwicklungsverzögerung, eine Verzögerung der Sprachentwicklung sowie Auffälligkeiten im fein- und graphomotorischen Bereich.

### **3.1.3.3 VPN 3**

VPN 3 war ein männlicher Schüler und zum Untersuchungszeitpunkt 10 Jahre alt. Er litt an den Folgen einer Frühgeborenen-Retinopathie. Darüber hinaus waren bei dem Schüler Nystagmus und Strabismus diagnostiziert worden. VPN 3 verfügte in Folge seiner visuellen Einschränkungen über keine Stereopsis. Aufgrund starker Kurzsichtigkeit und Astigmatismus war auch dieser Schüler Brillenträger. Neben den visuellen Befunden waren bei VPN 3 zudem eine mentale Entwicklungsretardierung, eine Sprachentwicklungsverzögerung sowie leichte Ablenkbarkeit und ein kurzes Konzentrationsintervall festgestellt worden.

### **3.1.3.4 VPN 4**

Die Kodierung VPN 4 steht für eine weibliche Schülerin im Alter von 10 Jahren. Sie litt an kongenitalem Hyperinsulinismus (angeborene Erkrankung der Bauchspeicheldrüse). Zum Zeitpunkt der Untersuchung waren bei VPN 4 Nystagmus, Strabismus, Hypermetropie sowie eine Optikusatrophie festgestellt worden. Darüber hinaus zeigte die Probandin großflächige Gesichtsfeldausfälle, insbesondere im linken Gesichtsfeldbereich.

### **3.1.3.5 VPN 5**

Bei VPN 5 handelt es sich um einen männlichen Schüler, der zum Zeitpunkt der Untersuchung 11 Jahre alt war. Bei ihm waren Strabismus und in der Folge eine Amblyopie des linken Auges sowie eine Störung der Stereopsis festgestellt worden. Daneben litt der Proband an Hypermetropie und Astigmatismus, die über eine Brille korrigiert wurden. Defizite höherer visuell-kognitiver Funktionen zeigten sich bei VPN 5 besonders anhand von Prosopagnosie und einer starken Dyslexie. Neben diesen Defiziten wies der Schüler Entwicklungsverzögerungen im Bereich der Motorik und des Sprachausdrucks auf.

### **3.1.3.6 VPN 6**

VPN 6 war ein männlicher Proband im Alter von 11 Jahren. Im Gegensatz zu den anderen Versuchspersonen wurde er nicht am SBZ, sondern an einem anderen Förderzentrum beschult. Für diesen Schüler liegen leider keine Informationen zu seiner Krankengeschichte und bisherigen Diagnosen vor.

### **3.1.3.7 VPN 7**

VPN 7 war eine weibliche Schülerin und zum Zeitpunkt der Untersuchung 9 Jahre alt. Bei ihr war eine Zapfen-Stäbchen-Dystrophie diagnostiziert worden. Zudem litt die Probandin an Strabismus, starker Hypermetropie, Astigmatismus und einer vorbeschriebenen konzentrischen Gesichtsfeldeinengung. VPN 7 war bereits in einer früheren Pilotstudie mit *SEARCH* und *Pro\*Text* gefördert worden.

### **3.1.3.8 VPN 8**

Bei VPN 8 handelt es sich um einen männlichen Schüler im Alter von 16 Jahren. In Folge eines Autounfalls hatte er im Alter von zwei Jahren ein schweres Schädelhirntrauma erlitten. Dies resultierte in einer posttraumatischen Arachnoidalzyste in der rechten Hirnhälfte. Bei dem Probanden waren periphere Gesichtsfeldausfälle sowie eine Minderung der Sehschärfe diagnostiziert worden. Darüber hinaus bestand Verdacht auf ein Parinaud-

Syndrom. VPN 8 litt zudem an Deuteranopie (Grünblindheit). Neben den visuellen Defiziten wurden bei dem Schüler eine Sprachentwicklungsstörung, ein motorischer Entwicklungsrückstand sowie Ataxie festgestellt. Wie VPN 7 kannte auch VPN 8 die beiden Behandlungsverfahren bereits aus einer früheren Pilotstudie.

### **3.1.3.9 VPN 9**

VPN 9 war eine weibliche Schülerin und zum Zeitpunkt der Untersuchung 14 Jahre alt. Bei ihr waren Mikrozephalie und eine Netzhaut-Dystrophie diagnostiziert worden. Die Schülerin litt zudem an Amblyopie, Myopie und Astigmatismus. Auch bei ihr resultierten die visuellen Defizite in einem Verlust der Stereopsis. Zudem wurden bei VPN 9 eine deutliche, konzentrische Einengung des Gesichtsfelds sowie eine Störung der sensorischen Integration festgestellt. VPN 9 hatte ebenfalls bereits in einer früheren Pilotstudie Aufgaben von *SEARCH* und *Pro\*Text* bearbeitet.

### **3.1.3.10 VPN 10**

VPN 10 war eine weibliche Schülerin im Alter von 9 Jahren. Sie litt an einer Amblyopie des linken Auges und Strabismus.

### **3.1.3.11 VPN 11**

Bei VPN 11 handelt es sich um einen männlichen Schüler im Alter von 12 Jahren. Bei ihm waren in der Vergangenheit Asperger-Autismus und eine kombinierte Entwicklungsstörung diagnostiziert worden. Leider liegen für diesen Probanden keine ophthalmologischen Befunde vor.

## **3.2 Behandlungsverfahren**

Im folgenden Abschnitt soll nun die Durchführung der in dieser Arbeit evaluierten Behandlungsverfahren beschrieben werden. Wie bereits dargestellt sind *SEARCH* und *Pro\*Text* computergestützt. Ihre Präsentation im Rahmen der vorliegenden Studie erfolgte mit

Hilfe eines tragbaren LED-Projektors vom Typ „Asus P1M“. Da es im Verlauf dieser Untersuchung zu einem Wechsel des Behandlungsraumes kam, musste auf Flächen unterschiedlicher Breite (1.75m und 2.20m) projiziert werden. In beiden Fällen wurde die Distanz zwischen Projektionsfläche und Probanden mit folgender Formel berechnet:

$$\text{Distanz zur Projektionsfläche} = \frac{0.5 \times \text{Breite der Projektionsfläche}}{\tan(22.5^\circ)}$$

Auf diese Weise konnte sichergestellt werden, dass die horizontale Ausdehnung der Projektionsfläche für die Probanden immer 45 Schwinkelgrad betrug. Die Beleuchtung des Untersuchungsraumes wurde für die Durchführung der Behandlungsverfahren soweit gedimmt, dass alle Probanden die projizierten Stimuli problemlos erkennen konnten, die Blickbewegungen der Probanden aber für den Versuchsleiter noch auszumachen waren. Letzteres ist, wie im Folgenden näher erläutert werden soll, eine zentrale Voraussetzung für die Durchführung von *SEARCH* und *Pro\*Text*.

### 3.2.1 SEARCH

Das Behandlungsverfahren *SEARCH* für visuelle Suche und Überblick basiert auf der wiederholten Präsentation von Suchdisplays. Als Stimulusmaterial für Ziel- und Ablenkerreize werden (außer bei sehr schweren Einschränkungen der visuellen Exploration) Buchstaben verwendet. Diese sind leuchtend grün und werden für maximalen Kontrast auf schwarzem Hintergrund präsentiert. Jeweils 20 aufeinanderfolgende Suchaufgaben sind zu einem Aufgabenblock zusammengefasst. Bei 11 der Suchaufgaben in jedem dieser Aufgabenblöcke ist ein Zielreiz anwesend, in den übrigen neun enthält das Display nur Ablenkerreize. Die hierfür verwendeten Buchstaben unterscheiden sich von Block zu Block.

Vor jedem einzelnen Suchdisplay erscheint für die Dauer einer Sekunde ein blaues Kreuz in der Mitte des Bildschirms, das von den Probanden zu fixieren ist. So wird sichergestellt, dass ihre okulomotorische Suchbewegung bei jedem Trial in der Mitte des Suchbildes

beginnt. Sobald das Kreuz dann von der Suchaufgabe abgelöst wird, sollen die Probanden das Display mit einer zuvor ausführlich erklärten Suchstrategie abtasten (siehe Fig. 1). Diese besteht im ersten Schritt aus einer großen Sakkade zum Rand des Bildes, die bei Vorliegen eines klinisch relevanten Gesichtsfeldausfalls in Richtung des geschädigten Bereichs zielen soll. Probanden ohne größere Gesichtsfeldeinschränkung wurden instruiert, die erste Blickbewegung stets zum linken Bildrand hin auszuführen. Im zweiten Schritt wird dann das restliche Display von dieser Position aus mit einer großen, kreisförmigen Blickbewegung abgesucht. Hierbei wird darauf geachtet, dass die Probanden Kopf- und Körperhaltung nicht verändern.

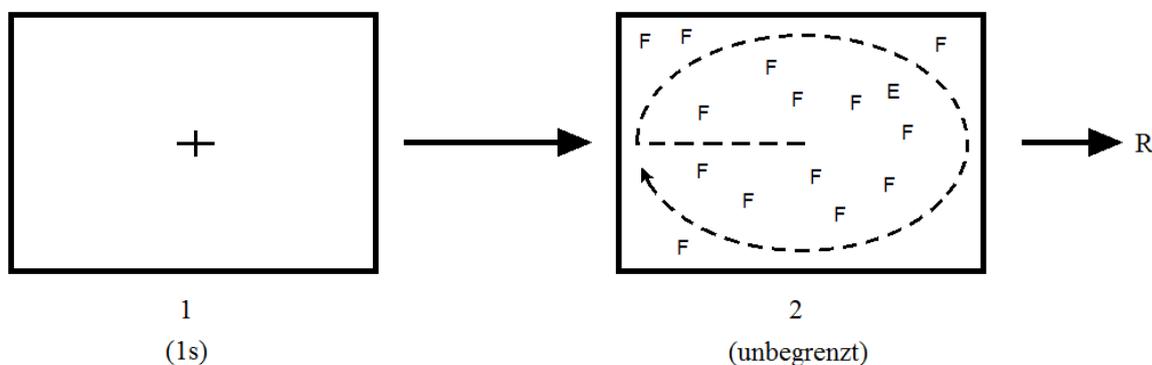


Fig. 1: Darstellung des Ablaufs eines Trials mit SEARCH adaptiert nach Zihl (2011). Der gestrichelte Pfeil repräsentiert die von den Probanden anzuwendende Blickstrategie.

Die Lösung der einzelnen Suchaufgaben erfolgt jeweils per Mausklick. Ist der Zielreiz anwesend, ist von den Probanden die linke Maustaste zu drücken. Im Falle einer Abwesenheit analog dazu die rechte Maustaste. Sind die Probanden mit der Bedienung der Maus überfordert, so übernimmt der Versuchsleiter diese Funktion. Gemessen werden schließlich die Anzahl positiver Fehler (abwesender Zielreiz, falsch-positive Antwort) und negativer Fehler (anwesender Zielreiz, falsch-negative Antwort), sowie die Zeit zwischen Erscheinen des Suchdisplays und dem Mausklick. Bedient der Versuchsleiter die Maus, so werden von der Reaktionszeit je 300ms abgezogen, um den Zeitverlust durch die in diesem Fall notwendige Kommunikation zwischen Versuchsleiter und Proband zu kompensieren. Der Versuchsleiter selbst überprüft während der Durchführung von SEARCH kontinuierlich die

Blickbewegungen der Probanden. In der ersten Hälfte der Behandlung liegt der Fokus auf dem Erlernen der Blickstrategie. Sobald diese etabliert ist, wird an einer Steigerung der Geschwindigkeit und dem Rückgang von „Sicherheits-“ bzw. „Kontrollblicken“ gearbeitet. Letztere treten in der Regel nach Abschluss der kreisförmigen Blickbewegung auf.

Insgesamt umfasst das Computerprogramm 90 Aufgabenblöcke, die sich zu je 10 auf sogenannte Trainingseinheiten unterschiedlicher Schwierigkeit verteilen. Die ersten drei Einheiten (E1-E3) enthalten Aufgaben zur parallelen Suche, bei denen die zu suchenden Buchstaben von den Distraktoren aufgrund mangelnder Ähnlichkeit leicht zu unterscheiden sind (z.B. I und O). Die letzten drei Trainingseinheiten (E7-E9) dienen der Förderung der seriellen Suche und enthalten Aufgaben, bei denen sich die zu suchenden Buchstaben und die Distraktoren in mehreren Merkmalen ähneln (z.B. C und O). In den mittleren drei Trainingseinheiten (E4-E6) schließlich sind parallele und serielle Suchaufgaben zu gleichen Teilen vertreten. Darüber hinaus unterscheiden sich die Trainingseinheiten in der Art der Distraktoren (alle Distraktoren gleich vs. zwei verschiedene Buchstaben als Distraktoren) sowie in der Gesamtzahl an Stimuli pro Suchdisplay (15 vs. 20 Stimuli).

Die Aufgaben der Trainingseinheiten E1, E4 und E7 enthalten 15 Stimuli und nur eine Art Distraktor (z.B. Zielreiz: I; Distraktor: O). Die Blöcke in E2, E5 und E8 umfassen ebenfalls Suchdisplays mit 15 Stimuli, aber zwei unterschiedlichen Arten von Distraktoren (z.B. Zielreiz: I; Distraktoren: O, U). E3, E6 und E9 enthalten schließlich Suchdisplays mit 20 Stimuli und auch zwei Distraktorenarten. Die Durchführungsreihenfolge entspricht der Nummerierung beginnend bei E1 und endend bei E9. Der Wechsel zur nächsthöheren Trainingseinheit erfolgt, wenn bei Durchführung der vorherigen Einheit 90% der Aufgabenblöcke fehlerfrei bearbeitet wurden. Im Verlauf wird also immer erst die Anzahl der Arten von Distraktoren und daraufhin die Reizdichte erhöht, bevor ein Wechsel zu Trainingseinheiten mit einem größeren Anteil serieller Suchaufgaben stattfinden kann.

### 3.2.2 Pro\*Text

Wie bereits in Kap. 2.7.4.2 dargestellt, arbeitet das Behandlungsverfahren *Pro\*Text* mit der tachystoskopischen Präsentation einzelner Wörter und kurzer Sätze. Die hierfür verwendete Schrift ist gelb und wird auf blauem Hintergrund dargestellt. Die Textgröße kann bei *Pro\*Text* frei eingestellt werden. In der Regel werden aber Zeichen mit einer Höhe von 2.5 Sehwinkelgrad, einer Breite von 1 Sehwinkelgrad und jeweils 0.4 Sehwinkelgrad Abstand verwendet. Diese Darstellungsweise ermöglicht den Probanden eine komfortable Wahrnehmung des Textes und hat sich bereits in früheren Untersuchungen mit Erwachsenen bewährt (Zihl, 2011; Schuett & Zihl, 2013).

Der zu lesende Text wird bei jedem Durchgang von *Pro\*Text* für eine zuvor eingestellte Zeit präsentiert und verschwindet dann wieder. Ähnlich wie bei *SEARCH* sind die Probanden auch beim Lesetraining dazu angehalten, den Blick vor jeder Aufgabe auf die Bildschirmmitte zu richten, sodass die trainierte Blickbewegung bei jedem Durchgang vom selben Punkt aus beginnt. In der Zeit, in der der jeweilige Text dann zu sehen ist, sollen die Probanden ihren Blick auf den Textanfang richten und das gezeigte Wort bzw. den Text dann mit großen Blickbewegungen bis zu dessen Ende abtasten. Im Fokus steht hier eine ganzheitliche Erfassung des jeweiligen Textes. Die Wiedergabe (also das eigentliche „Vorlesen“) soll erst erfolgen, wenn sich der Proband sicher ist, alle Buchstaben wahrgenommen zu haben. Hierdurch soll verhindert werden, dass Teile des Textes geraten bzw. frei ergänzt werden. Der Versuchsleiter gibt nach jedem Durchgang Rückmeldung über die Richtigkeit des gelesenen Textes und macht ggf. Korrekturvorschläge hinsichtlich Blickbewegung oder Kopfhaltung des Probanden. Hat die Versuchsperson den Text richtig gelesen, so drückt der Versuchsleiter daraufhin die linke Maustaste. Ist die Textwiedergabe falsch, wird analog dazu die rechte Maustaste gedrückt. Im Gegensatz zu *SEARCH* wird die Reaktionszeit bei *Pro\*Text* nicht erhoben. Einzige Messvariable ist die Anzahl an falsch gelösten Durchgängen.

Das Textmaterial bei *Pro\*Text* gliedert sich in vier Module und umfasst Einzelworte (Module 1 und 2), kurze Sätze aus bis zu vier Wörtern (Modul 3) und Zahlen mit bis zu vier Ziffern Länge (Modul 4). Jedes Modul setzt sich aus mehreren Aufgaben mit abgestufter Schwierigkeit zusammen. Jede einzelne dieser Aufgaben enthält 30 Trials, innerhalb derer zufällig ausgewählter Text mit einer bestimmten Zeichenzahl präsentiert wird (z.B. Einzelworte mit 5-6 Buchstaben Länge). Werden 90% der Trials einer Aufgabe korrekt vom Probanden bearbeitet, so gilt die Aufgabe als erfolgreich bewältigt und der Schwierigkeitsgrad wird angehoben. Dies geschieht primär durch Verkürzung der Präsentationsdauer des Textes in den einzelnen Trials. Die anfängliche Präsentationsdauer betrug in der vorliegenden Untersuchung 1500ms und wurde bei Bewältigung der jeweiligen Aufgabe in Schritten von 100ms bis hin zu einer Präsentationsdauer von 800ms verkürzt. Wurden auch bei dieser Präsentationsdauer mehr als 90% der Trials korrekt gelesen, so wurde zu der nächst schwierigeren Aufgabe gewechselt (z.B. von Worten mit 5-6 Buchstaben Länge zu Worten mit 7-9 Buchstaben Länge). Im Rahmen der vorliegenden Studie wurden nur Aufgaben aus den Modulen 1 und 2 verwendet.

### **3.3 Messverfahren**

Zur Messung der Entwicklung der geförderten Wahrnehmungsleistungen wurden im Rahmen der vorliegenden Untersuchung zu festgelegten Zeitpunkten mehrere Testverfahren mit den Probanden durchgeführt (siehe Kap. 3.4). Bis auf *Protang* (siehe Kap. 3.3.5) handelt es sich bei allen hierfür verwendeten Tests um Paper-Pencil-Verfahren, die von den Probanden an einem Schreibtisch bei ausreichender Beleuchtung bearbeitet wurden.

#### **3.3.1 Kreise durchstreichen (Überblick/visuelle Suche)**

Der Test *Kreise durchstreichen* wurde von Zihl und Unterberger (2013a) entwickelt. Mit seiner Hilfe können der visuelle Überblick, sowie die Effizienz und räumliche Organisation der visuellen Suche beurteilt werden (vgl. Unterberger, 2015; Zihl & Dutton, 2015).

Der Test besteht aus einem DinA4-Blatt, auf dem 19 bis 23 schwarze Kreise gleichmäßig verteilt sind. Der Durchmesser der Kreise betrug in vorliegender Untersuchung ca. 8 Millimeter. Es existieren fünf Parallelversionen dieses Tests, die sich in der jeweiligen Anordnung und Anzahl der Kreise geringfügig unterscheiden. Diese Parallelversionen wurden bei den Probanden abwechselnd eingesetzt, um Lerneffekten vorzubeugen.

Vor jeder Anwendung des Tests wird gemeinsam mit den Versuchspersonen eine kleinere, vom eigentlichen Test getrennte Übungsversion mit fünf Kreisen bearbeitet, um sicherzustellen, dass jeder Proband die Instruktion verstanden hat und den Test entsprechend durchführen kann. Die Aufgabe der Probanden bei *Kreise durchstreichen* ist es, alle Kreise mit einem Bleistift in möglichst kurzer Zeit einmal durchzustreichen. Gemessen werden dann die Zeit in Sekunden ( $T$ ), bis der Proband den letzten Kreis markiert hat (bzw. die Bearbeitung einstellt), sowie die Anzahl ausgelassener Zielreize ( $AF$ ).

Da sich die unterschiedliche Anzahl Targets in den Parallelversionen mit großer Wahrscheinlichkeit auf die Bearbeitungszeit auswirkt, wurde in den Studien von Sigerist (2014) und Unterberger (2015) aus den bei diesem Test gemessenen Werten für Fehlerzahl und Bearbeitungszeit ein Effektivitätsscore ( $EffSc$ ) der visuellen Suche berechnet. Diese Praxis wurde auch in vorliegender Untersuchung übernommen. Die Formel zur Berechnung des Effektivitätsscores lautet adaptiert nach Sigerist (2014):

$$EffSc = \frac{\text{Anzahl Kreise} - \text{Anzahl Auslassungen}}{\text{Bearbeitungszeit in Sekunden}}$$

Nach Unterberger (2015) ist die Retestrelabilität von *Kreise durchstreichen* sowohl für 6- bis 8-jährige ( $r_{tt} = .63$ ) als auch für 9- bis 14-jährige CVI-Patienten ( $r_{tt} = .79$ ) hoch. Von der Objektivität des Tests kann aufgrund der sorgfältigen Standardisierung von Durchführung und Auswertung ausgegangen werden. Zur Validität des Verfahrens liegen bislang noch keine Daten vor (Unterberger, 2015).

### 3.3.2 Rauten durchstreichen (Überblick/visuelle Suche)

Der zweite Durchstreichtest, der in der vorliegenden Untersuchung verwendet wurde, trägt die Bezeichnung *Rauten durchstreichen* und stammt ebenfalls von Zihl und Unterberger (2013a). Auch dieser Test dient der Beurteilung des Überblicks und der visuellen Suche, hat aber einen höheren Schwierigkeitsgrad als *Kreise durchstreichen*. Dies liegt daran, dass bei diesem Test auf einem DinA4-Blatt neben 20 Targets (Rauten mit einer Kantenlänge von ca. 7 Millimetern) auch 23 Distraktoren (Kreuze mit einer Balkenlänge von 9 Millimetern sowie Kreise mit einem Durchmesser von 7 Millimetern) präsentiert werden.

Die Versuchspersonen werden auch bei *Rauten durchstreichen* instruiert, alle Zielreize möglichst zügig einmal durchzustreichen. Analog zum ersten Durchstreichtest werden dabei die Bearbeitungszeit ( $T$ ) und die Anzahl an Auslassungsfehlern ( $AF$ ) gemessen. Zusätzlich wird bei *Rauten durchstreichen* jedoch noch die Anzahl an Verwechslungsfehlern ( $VF$ ) erhoben, also wie viele Distraktoren fälschlicherweise vom Probanden markiert wurden. Auch bei diesem Test wird vor jeder Durchführung ein Übungsblatt mit reduzierter Anzahl an Items (3 Targets, 4 Distraktoren) bearbeitet, um das Instruktionsverständnis sicherzustellen.

Von dem Test *Rauten durchstreichen* existieren ebenfalls fünf Parallelversionen mit unterschiedlicher Verteilung von Targets und Distraktoren, die in der vorliegenden Studie abwechselnd angewendet wurden. Die Anzahl von Ziel- und Ablenkerreizen ist jedoch bei allen Versionen von *Rauten durchstreichen* identisch, weshalb bei diesem Verfahren auf die Berechnung eines Effektivitätsscores verzichtet wurde.

Da es sich auch bei *Rauten durchstreichen* um ein hoch standardisiertes Verfahren handelt, kann von der Objektivität dieses Tests ausgegangen werden. Zwar werden Versionen von *Rauten durchstreichen* schon länger bei Erwachsenen mit Hemianopsie eingesetzt (vgl. Zihl, 2011), doch liegen für Kinder mit CVI bislang noch keine Daten hinsichtlich Reliabilität und Validität dieses Verfahrens vor.

### 3.3.3 FokAT-KJ (fokussierte Aufmerksamkeit)

Der *FokAT-KJ* nimmt in der Reihe der hier verwendeten Messverfahren eine Sonderposition ein. Zwar haben die Ergebnisse der Studie von Sigerist (2014) angedeutet, dass die Behandlung mit *SEARCH* und *Pro\*Text* zu einer Verbesserung der fokussierten Aufmerksamkeit führt, doch handelt es sich bei der Aufmerksamkeit der Probanden hier weniger um ein Behandlungsziel, sondern mehr um eine zentrale Voraussetzung für die Förderung (vgl. Zihl, Mendius, Schuett, & Priglinger, 2012). Kinder mit CVI haben häufig Schwierigkeiten bei der Aufrechterhaltung von Aufmerksamkeit, was sich durch erhöhte Ablenkbarkeit und regelmäßiges, stilles Ausblenden („fade out“) der Informationsaufnahme bemerkbar macht (Good, et al., 1994). Da ohne Aufmerksamkeit aber keine gezielte Aufnahme und Verarbeitung von Information stattfinden kann (vgl. Deco & Zihl, 2006), werden sich Defizite in diesem Bereich mit größter Wahrscheinlichkeit auf den Behandlungserfolg auswirken. Dementsprechend sollte die Aufmerksamkeit der Kinder im Verlauf einer Intervention regelmäßig beurteilt werden.

Im Rahmen der vorliegenden Studie wurde zu diesem Zweck der *FokAT-KJ* durchgeführt. Bei diesem Test handelt es sich um eine ebenfalls von Zihl und Unterberger (2013b) entwickelte Modifikation des *Aufmerksamkeits- und Konzentrationstests – d2-R* von Brickenkamp und Kollegen (2010). Im Gegensatz zu letzterem Verfahren ist der *FokAT-KJ* speziell auf die Messung der fokussierten Aufmerksamkeit bei Kindern und Jugendlichen mit Sehbehinderung zugeschnitten.

Die in der vorliegenden Untersuchung verwendete Variante des Tests besteht aus 616 Zeichen, die in 14 Zeilen zu je 44 Zeichen auf einem DinA3-Blatt präsentiert werden. Die Zeichen gliedern sich dabei in 271 Targets (Asterisken) und 345 Distraktoren (zwei Sorten Kreuze sowie drei Sorten Sterne). Diese sind gleichmäßig über die vierzehn Zeilen verteilt.

Die Probanden haben die Aufgabe, die Zeilen bei der ersten beginnend von links nach rechts zu bearbeiten und dabei alle Asterisken der Reihe nach einmal anzustreichen. Das Zeitlimit für jede Zeile beträgt dabei 20 Sekunden. Ist die Zeit abgelaufen, so wird umgehend in die nächste Zeile gewechselt. Um sicherzugehen, dass die Probanden die Instruktion verstanden haben und das Target identifizieren können, wird ihnen vor jeder Anwendung des *FokAT-KJ* ein Übungsblatt vorgelegt. Dieses umfasst zwei Item-Zeilen mit jeweils 20 Zeichen, die gemeinsam mit dem Versuchsleiter bearbeitet werden.

Beim *FokAT-KJ* werden vier globale Ergebnismaße berechnet: Die Gesamtzahl aller bearbeiteten Zielobjekte (*BZO*) ist die Summe aller möglichen Targets, angestrichen oder nicht, zwischen dem ersten und dem letzten durchgestrichenen Zeichen in jeder Zeile. Die nächsten Ergebnismaße sind die Anzahl an Verwechslungsfehlern (*VF*) und die Anzahl ausgelassener Targets (*AF*). Das vierte Ergebnismaß wird durch Subtraktion der Fehler (*AF* und *VF*) von der Gesamtzahl bearbeiteter Zeichen (*BZO*) berechnet und als Wert für die Konzentrationsleistung (*KL*) bezeichnet.

Die Berechnung aller Maße erfolgt als Gesamtsumme über die Zeilen 2 bis 13. Die erste und letzte Zeile gehen nicht in die Auswertung ein. Sollte ein Proband eine oder mehrere Zeilen vor Ablauf der 20 Sekunden abschließen, so werden die nicht benötigte Zeit für jede Zeile notiert und schließlich alle Ergebnismaße anhand der Summe dieser Zeiten korrigiert, um so Deckeneffekten vorzubeugen. Die Formel für die Berechnung der korrigierten Werte (am Beispiel der Konzentrationsleistung) ist folgende:

$$KL_{korr} = KL \times \frac{240s}{(240s - t_{nb})}$$

Hierbei bezeichnet  $t_{nb}$  die Summe der Zeiten, um die das Zeitlimit in den jeweiligen Zeilen unterschritten wurde.  $KL_{korr}$  ist der auf diese Weise berechnete, korrigierte Wert für die Konzentrationsleistung.

Auch bei diesem Verfahren wird die Objektivität durch Standardisierung von Instruktion, Durchführung und Auswertung gewährleistet. Zu weiteren Testgütekriterien liegen bislang keine Befunde vor (Unterberger, 2015).

### 3.3.4 Lesetext (Lesefähigkeit)

Die Praxis, die Lesefähigkeit von Probanden anhand eines Fließtextes mit festgelegtem Umfang zu erheben, hat sich bereits in zahlreichen Untersuchungen mit erwachsenen Hemianopsie-Patienten bewährt (vgl. Schuett, Heywood, Kentridge, & Zihl, 2008b; Schuett, Heywood, Kentridge, Dauner, & Zihl, 2012; Schuett & Zihl, 2013). Die Aufgabe der Versuchspersonen ist es hierbei, dem Versuchsleiter einen vorgegebenen Text möglichst schnell und fehlerfrei vorzulesen. Gemessen werden die hierfür vom Probanden benötigte Zeit sowie die Anzahl falsch gelesener Worte. Aus diesen Daten wird dann die Anzahl korrekt gelesener Worte pro Minute (*WPM*) als Maß für die Geschwindigkeit und Genauigkeit des Lesens berechnet. Die Formel hierfür lautet:

$$WPM = \frac{\text{Gesamtanzahl Worte} - \text{Falsch gelesene Worte}}{\text{Benötigte Zeit in Sekunden}} \times 60s$$

Überspringt ein Proband beim Vorlesen eine Zeile, so werden alle Worte dieser Zeile auf die Fehlerzahl addiert. Durch diese Vorgehensweise werden die in der jeweiligen Testung erreichten WPM ausschließlich auf Basis des tatsächlich korrekt gelesenen Textes berechnet.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden vier je 100 Worte umfassende Abschnitte aus dem Buch „Die feuerrote Friederike“ von Christine Nöstlinger zur Beurteilung der Lesefähigkeit verwendet. Diese wurden als Parallelversionen abwechselnd eingesetzt, um auch hier Lerneffekten vorzubeugen. Jeder der Texte wurde den Probanden in Querformat und linksbündig auf einem DinA4-Blatt vorgelegt. Als Schriftart wurde „Century Gothic“ in einer Schriftgröße von 22pt verwendet.

Instruktion, Durchführung und Auswertung sind auch bei diesem Verfahren weitestgehend standardisiert. Testgütekriterien wie Reliabilität und Validität sind für die Anwendung bei Kindern mit CVI bislang noch nicht erhoben worden.

### 3.3.5 Protang (Überblick/visuelle Suche)

Bei *Protang* handelt es sich um das einzige computergestützte Messverfahren, das in der vorliegenden Studie angewendet wurde. Dieser Test dient ebenfalls der Beurteilung des Überblicks bzw. der visuellen Suche und basiert auf dem gleichen Prinzip wie das Behandlungsverfahren *SEARCH*. Auch hier werden mittels LED-Projektor Suchaufgaben präsentiert, die den Aufgaben des in Kap. 3.2.1 beschriebenen Behandlungsverfahrens hinsichtlich Ablauf, Beantwortung und Auswertung gleichen. Der Versuchsleiter greift bei *Protang* aber zu keinem Zeitpunkt in die Testbearbeitung durch den Probanden ein, da hier nicht der Erwerb, sondern die Untersuchung der Fähigkeiten im Bereich der visuellen Suche im Vordergrund stehen.

Bei jeder Durchführung von *Protang* werden die gleichen fünf Aufgabenblöcke in vorgegebener Reihenfolge bearbeitet. Jeder dieser Aufgabenblöcke umfasst 20 Durchgänge, von denen 9 nur Distraktoren und 11 Distraktoren sowie den Zielreiz zeigen. Der Zielreiz ist bei allen Aufgabenblöcken ein rotes „E“. Die Distraktoren sind grüne „F“. Es handelt sich also um Aufgaben zur parallelen Suche. Die Abstufung der Aufgabenblöcke erfolgt über die Gesamtanzahl an Stimuli. Die Displays im ersten Aufgabenblock umfassen nur einen Stimulus (entweder E oder F), die des zweiten dann 5, die des dritten 9, die des vierten 17 und die des fünften schließlich 25 Stimuli. Die Aufgabenblöcke werden bei der kleinsten Displaygröße beginnend in aufsteigender Reihenfolge bearbeitet. Die bei *Protang* erhobenen Messwerte sind identisch wie die bei *SEARCH*. Angegeben werden die durchschnittliche Reaktionszeit bei Trials mit ( $T_{pos}$ ) und ohne Target ( $T_{neg}$ ) in Millisekunden sowie die durchschnittliche Anzahl positiver ( $F_{pos}$ ) und negativer Fehler ( $F_{neg}$ ) über alle fünf Blöcke.

Obwohl auch *Protang* in leicht abgewandelter Form schon bei Erwachsenen mit Gesichtsfeldausfällen zum Einsatz kam (Zihl, 2011), liegen für Kinder mit CVI noch keine Befunde zu Testgütekriterien vor.

### **3.4 Versuchsablauf**

Die vorliegende Untersuchung wurde in den Räumlichkeiten des SBZ durchgeführt. Alle Test- und Behandlungsstunden fanden während der Schulzeit zwischen 8.00 Uhr und 13.00 Uhr statt. Aufgrund der Struktur der Verfahren und der Notwendigkeit einer intensiven Betreuung durch den Versuchsleiter waren alle Sitzungen als Einzelstunden konzipiert.

Die Kinder wurden hierfür in Absprache mit den Lehrkräften am jeweiligen Klassenzimmer abgeholt und nach Ende der Sitzung wieder dorthin zurückgebracht. Die Test- und Förderstunden wurden so gelegt, dass die Schüler den aufgrund der Teilnahme am Förderprogramm verpassten Schulstoff ohne weiteres nachholen konnten.

Vor allen Test- und Behandlungsstunden wurde der Stundenablauf erklärt und das Einverständnis der Kinder für die Teilnahme eingeholt. Zudem wurde den Schülern versichert, dass sie die jeweilige Sitzung zu jedem Zeitpunkt abbrechen können. Konnte ein Proband nicht zur Teilnahme motiviert werden oder fühlte er sich (z.B. krankheitsbedingt) nicht (mehr) in der Lage, das Training durchzuführen, so wurde er umgehend zurück in die Klasse gebracht und die Sitzung zum nächstmöglichen Zeitpunkt nachgeholt.

#### **3.4.1 Behandlungssitzungen**

Für die Durchführung von *SEARCH* und *Pro\*Text* wurden jeweils 15 bis 20 Schulstunden á 45 Minuten angesetzt. Die Förderung mit den beiden Behandlungsverfahren erfolgte blockweise und fand für jeden Probanden täglich von Montag bis Freitag einstündig statt. Sofern eine Versuchsperson nicht erkrankte oder aufgrund schulischer Veranstaltungen ausfiel, konnte das Training mit einem der beiden Computerprogramme also innerhalb von

drei bis vier Wochen abgeschlossen werden. Es wurden aufgrund der zeitlichen Begrenzungen eines Schultages nie mehr als fünf Probanden parallel behandelt.

In jeder Förderstunde mit *SEARCH* wurden in der Regel zwischen 7 und 10 Aufgabenblöcke durchgeführt. Ungefähr nach der ersten Hälfte der Stunde wurde das Training für eine fünf- bis zehnminütige Pause unterbrochen, um einer Ermüdung der Probanden vorzubeugen. Im Rahmen dieser Pause wurde zumeist mit farbigen Jonglierbällen oder einer ausreichend großen Version des Strategiespiels „Vier gewinnt“ gespielt.

Die Aufgabenanzahl in den einzelnen Stunden mit *Pro\*Text* war weniger klar vorgegeben und wurde primär durch die Lesegeschwindigkeit, Motivation und Ausdauer des jeweiligen Probanden bestimmt. Als grobe Richtlinie wurde mit den meisten Schülern die Durchführung von mindestens sieben *Pro\*Text*-Aufgaben pro Stunde vereinbart. Diese Zahl wurde von der überwiegenden Mehrheit der Probanden erreicht bzw. überschritten. Auch in den Sitzungen mit *Pro\*Text* fand eine fünf- bis zehnminütige Spiel-Pause statt.

### **3.4.2 Verlaufstestungen**

Um die Leistungsentwicklung der Probanden beurteilen zu können, wurden fünf Testsitzungen zu vordefinierten Zeitpunkten (siehe Kap. 3.4.3) durchgeführt. Im Rahmen dieser Sitzungen kamen die in Kap. 3.3 beschriebenen Messverfahren zum Einsatz.

Der Ablauf der Testsitzungen folgte immer dem gleichen Muster. Begonnen wurde mit den Durchstreichtests *Kreise durchstreichen* und *Rauten durchstreichen*. Dann wurden der *FokAT-KJ* und der *Lesetext* bearbeitet. Hiermit waren die Paper-Pencil-Verfahren abgeschlossen. Die Beleuchtung des Raumes wurde sodann reduziert und die fünf Aufgaben des *Protang* durchgeführt. Auch in den Testsitzungen konnten die Probanden auf Wunsch eine fünfminütige Pause in Anspruch nehmen. Die Gesamtdauer einer Testsitzung betrug in der Regel ca. 40 Minuten.

### 3.4.3 Gesamt-Ablauf des Förderprogramms

Jeder Proband durchlief im Zuge des Förderprogramms jeweils einen Behandlungsblock mit *SEARCH* und einen mit *Pro\*Text* sowie fünf Verlaufstestungen (siehe Fig. 2). Zu Beginn des Programms fand eine erste Verlaufstestung (Vortestung, VT) statt, um die Ausgangsleistungen der Probanden zu beurteilen. Daraufhin wurde der erste Behandlungsblock mit 15 bis 20 Sitzungen (siehe Kap. 3.4.1) durchgeführt. Um Effekte der Anwendungsreihenfolge von *SEARCH* und *Pro\*Text* überprüfen zu können, wurden die Probanden hierfür in zwei Gruppen eingeteilt. Die Schüler in Gruppe 1 (VPN 1, 2, 4, 6, 8 und 11) wurden in diesem ersten Behandlungsblock mit *SEARCH* behandelt, die der Gruppe 2 (VPN 3, 5, 7, 9 und 10) entsprechend mit *Pro\*Text*. Auf den ersten Behandlungsblock folgte dann eine weitere Verlaufstestung (Zwischentestung, ZT), um Daten zur Leistungsentwicklung nach der Anwendung von nur einem der beiden Behandlungsverfahren zu erhalten.

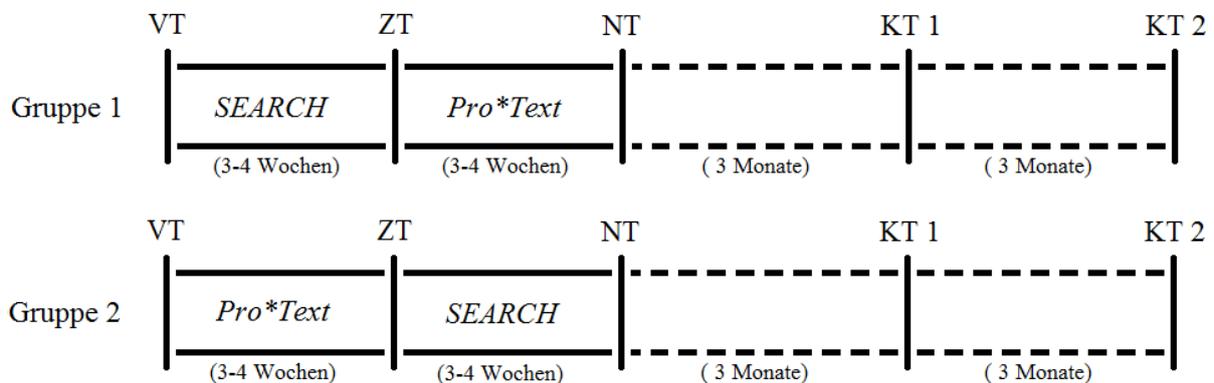


Fig. 2: Darstellung des Ablaufs des Förderprogramms inkl. aller Verlaufstestungen. Die unklammerten Zeitangaben bezeichnen die ungefähre Dauer des jeweiligen Abschnitts.

Das Förderprogramm wurde zeitlich so im Schuljahr platziert, dass nach Durchführung der Zwischentestung eine ein- bis zweiwöchige Pause parallel zu bayerischen Schulferien stattfand. Hierdurch sollten Ermüdungserscheinungen und Motivationsprobleme seitens der Probanden reduziert werden. Im darauffolgenden, zweiten Behandlungsblock wurden die Probanden der Gruppe 1 dann mit *Pro\*Text* und die der Gruppe 2 mit *SEARCH* behandelt.

War auch diese Phase nach 15 bis 20 Sitzungen abgeschlossen, so folgte die dritte Verlaufstestung (Nachttestung, NT), in der nun der Leistungsstand der Kinder direkt nach Vollendung des zweiten Behandlungsverfahrens und damit nach Abschluss der gesamten Förderung erhoben wurde.

Ca. 3 Monate nach Behandlungsende wurde mit den Probanden die vierte Verlaufstestung (erste Katamnese-Testung, KT 1) durchgeführt, um die Entwicklung der visuellen Wahrnehmung und die Stabilität eventueller Leistungsverbesserungen beurteilen zu können. Die fünfte und letzte Verlaufstestung (zweite Katamnese-Testung, KT 2) erfolgte schließlich mit dem gleichem Ziel wiederum 3 Monate später, also 6 Monate nach Behandlungsende.

### 3.5 Hypothesen

Zentrales Ziel der vorliegenden Untersuchung ist die Überprüfung der Wirksamkeit einer Behandlung mit *SEARCH* und *Pro\*Text* bei Kindern mit CVI. Im Rahmen der Pilotstudie von Sigerist (2014) ergaben sich bereits Hinweise auf einen positiven Effekt der beiden Verfahren bei der genannten Patientengruppe. Es wird also davon ausgegangen, dass sich im Behandlungsverlauf Leistungszuwächse bei den Kindern einstellen:

**Hypothese 1:** *Das Training mit SEARCH und Pro\*Text führt zu Verbesserungen der visuellen Wahrnehmung bei Kindern mit CVI.*

Die Stabilität der im Zuge der Behandlung mit *SEARCH* und *Pro\*Text* erreichten Leistungsverbesserungen konnte bereits in Untersuchungen mit Erwachsenen und Senioren für einen Zeitraum von ca. zwei bis drei Monaten gezeigt werden (Schuett & Zihl, 2013). Für Kinder mit CVI steht dieser Befund noch aus. In Anlehnung an die Befunde aus dem Erwachsenenbereich lautet die Erwartung der vorliegenden Studie:

**Hypothese 2:** *Die Wahrnehmungsleistung der Probanden ist in den sechs Monaten nach Behandlungsende stabil.*

*SEARCH* und *Pro\*Text* sind jeweils auf die Förderung einer spezifischen, visuell-kognitiven Funktion zugeschnitten. Im Rahmen einer Untersuchung mit erwachsenen Hemianopsie-Patienten konnte eine entsprechende spezifische Wirksamkeit bereits bestätigt werden (Schuett, Heywood, Kentridge, Dauner, & Zihl, 2012). Es fand im Verlauf dieser Studie kein Transfer von förderungsinduzierten Leistungsverbesserungen zwischen Lesefähigkeit und visueller Exploration statt. Dieser Befund soll im Rahmen der vorliegenden Studie nun auch bei Kindern mit CVI überprüft werden:

**Hypothese 3:** *Die Leistungsverbesserung im Zuge von SEARCH und Pro\*Text ist spezifisch für die jeweilig trainierte Funktion.*

Werden *SEARCH* und *Pro\*Text* wie in der vorliegenden Studie hintereinander bei einem Probanden durchgeführt, so stellt sich die Frage, ob die Reihenfolge der Anwendung einen Einfluss auf den Leistungsgewinn nimmt. Bei der Förderung von Erwachsenen mit Hemianopsie fand sich kein Effekt der Durchführungsreihenfolge auf den Trainingserfolg (Schuett, Heywood, Kentridge, Dauner, & Zihl, 2012). Dies wird im Rahmen der vorliegenden Untersuchung auch für die Anwendung bei Kindern mit CVI angenommen:

**Hypothese 4:** *Die Reihenfolge der Anwendung von SEARCH und Pro\*Text hat keinen Einfluss auf den Behandlungserfolg.*

Werden auf Blickbewegungen basierende, kompensatorische Behandlungsverfahren für visuelle Exploration und Lesefähigkeit bei Erwachsenen angewendet, so zeigt sich ein Zusammenhang zwischen dem Ausmaß bzw. der Lokalisation der jeweiligen zerebralen Läsion und dem Trainingserfolg (Zihl, 1995a; Zihl, 1995b). Die Art und Schwere des resultierenden Störungsbildes scheint bei dieser Patientengruppe also einen Einfluss auf die Fähigkeit zu nehmen, kompensatorische Blickbewegungen zu erlernen und umzusetzen. Für Kinder mit CVI liegen in dieser Hinsicht noch keine Befunde vor. Aufgrund der gravierenden

Auswirkungen visueller Defizite auf die gesamte kindliche Entwicklung (vgl. Kap. 2.6) wird ein entsprechender Zusammenhang aber auch bei dieser Patientengruppe erwartet. In der vorliegenden Studie soll dies anhand des Ausmaßes von Gesichtsfeldeinschränkungen untersucht werden:

**Hypothese 5:** *Das Vorliegen von klinisch relevanten Gesichtsfeldstörungen hat einen Einfluss auf den förderungsbedingten Leistungszuwachs.*

Nach frühkindlicher Hirnschädigung sind neben der visuellen Wahrnehmung meist auch andere psychische Funktionsbereiche primär oder sekundär beeinträchtigt (vgl. Kap. 2.6). Ob Kinder mit CVI von den genannten Behandlungsverfahren profitieren, könnte also zudem vom jeweiligen kognitiven und motorischen Entwicklungsstand beeinflusst werden:

**Hypothese 6:** *Das Vorliegen von nicht-visuellen Entwicklungsdefiziten hat einen Einfluss auf den förderungsbedingten Leistungszuwachs.*

Eine vergleichende Untersuchung von Hemianopsie-Patienten im Erwachsenen- und Seniorenalter fand keine Unterschiede hinsichtlich des Leistungszuwachses nach Förderung mit *SEARCH* und *Pro\*Text* (Schuett & Zihl, 2013). Ist die visuelle Entwicklung vor Eintritt der zerebralen Wahrnehmungsstörung abgeschlossen, so scheint das Alter der Patienten für den Behandlungserfolg der beiden Verfahren kaum eine Rolle zu spielen. Fördert man aber Kinder nach frühkindlicher Hirnschädigung, so muss damit gerechnet werden, dass die Wirksamkeit der Behandlungsverfahren nicht nur vom Störungsbild, sondern auch von altersbedingten Entwicklungsprozessen beeinflusst wird (vgl. Zihl, Mendius, Schuett, & Priglinger, 2012). Entsprechend wird in der vorliegenden Studie auch ein Zusammenhang des Alters mit dem Trainingserfolg erwartet:

**Hypothese 7:** *Das Alter der Kinder nimmt Einfluss auf die Leistungsveränderung im Zuge der Förderung mit *SEARCH* und *Pro\*Text*.*

### 3.6 Statistische Auswertung

Wie bereits in Kap. 3.1.3 erwähnt, ist die Analyse von Einzelfällen für die Untersuchung von CVI-Patienten von großer Bedeutung. Für die Überprüfung der im vorigen Abschnitt formulierten Hypothesen sollen in der vorliegenden Studie aber auch gruppenstatistische Verfahren zum Einsatz kommen. Dementsprechend gliedern sich dieses Kapitel und auch der folgende Ergebnisteil in je zwei getrennte Abschnitte, die jeweils einen der beiden Analyse-Ansätze behandeln.

#### 3.6.1 Analyse der Einzelfälle

Da die visuelle Leistung der Probanden im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nur an fünf Messzeitpunkten erhoben wurde, ist die Durchführung einer statistischen Zeitreihenanalyse kaum möglich (vgl. Köhler, 2008, S. 47). Da neben einer deskriptiven Darstellung der Daten aber dennoch ein Urteil über die Bedeutsamkeit von Leistungsänderungen auf Einzelfallebene gefällt werden sollte, wurde folgende Näherungslösung gewählt:

Für jeden Probanden und jede Variable der Testverfahren wurden aus den Messwerten zu den Messzeitpunkten NT, KT 1 und KT 2 der Mittelwert und die Standardabweichung berechnet. Letztere wird im Folgenden als  $S_{3-5}$  bezeichnet und ist ein Maß für die durchschnittliche Leistungsschwankung zwischen den Messzeitpunkten in dem sechs Monate umfassenden, therapiefreien Intervall nach Behandlungsende. Anhand dieses Werts können nun Leistungsänderungen während des Behandlungsintervalls (VT-ZT-NT) mit den als zufällig angenommenen Leistungsschwankungen nach Behandlungsende verglichen werden. Übersteigt die Leistungsdifferenz einer Variablen zwischen zwei Messzeitpunkten der Behandlungsphase das doppelte der zugehörigen  $S_{3-5}$ , so wird dies im Folgenden als Indikator für eine bedeutsame Leistungsänderung interpretiert. Entsprechende Werte werden mit einem Kreuz (†) markiert.

### 3.6.2 Gruppenstatistische Analyse

Die Aufbereitung und Auswertung der Daten auf Gruppenebene erfolgte mit den PC-Programmen Microsoft Excel 2010, IBM SPSS Statistics 22 und IBM SPSS Statistics 24. Analysen der Teststärke wurden mit GPower 3.1 durchgeführt. Vergleiche von Einzelfällen mit der übrigen Stichprobe berechnete SINGLIMS.EXE (Crawford & Garthwaite, 2002).

Zur Prüfung auf Normalverteilung wurden für alle Variablen Kolmogorov-Smirnov-Tests berechnet. Anhand derer Ergebnisse musste die Normalverteilungsannahme für die überwiegende Mehrheit der Variablen abgelehnt werden. Aus diesem Grund und in Hinblick auf die geringe Stichprobengröße wurden zumeist nonparametrische Verfahren angewendet.

Zusammenhangshypothesen wurden mittels der Berechnung von Rangkorrelationen (Kendall's  $\tau$ ) zwischen den betreffenden Variablen überprüft (vgl. Bortz & Lienert, 2008).

Die Prüfung von Unterschiedshypothesen erfolgte je nach Datenstruktur mit Wilcoxon- bzw. Mann-Whitney-U-Tests. Auch deren Berechnung inklusive der Korrektur für Rangbindungen richtete sich nach den Formeln des Buches von Bortz und Lienert (2008). Aufgrund der begrenzten Aussagekraft der Überschreitungswahrscheinlichkeit wurde für die letzteren beiden Tests neben dem  $p$ -Wert auch die Effektstärke berechnet (vgl. Sullivan & Feinn, 2012). Hierzu wurden die im ersten Schritt erhaltenen  $U$ - bzw.  $T$ -Werte erst in  $z$ -Werte standardisiert und daraufhin über  $r$ -Werte in  $d$ -Werte transformiert (vgl. Bortz & Lienert, 2008; Fritz, Morris, & Richler, 2012; Rosenthal & DiMatteo, 2001).

Die Interpretation von Effektstärken und Korrelationen orientiert sich an den Empfehlungen von Cohen (1988): Korrelationskoeffizienten werden ab  $r = \pm .10$  als klein, ab  $r = \pm .30$  als mittel und ab  $r = \pm .50$  als stark bezeichnet. Hinsichtlich des Effektstärkemaßes (Cohens  $d$ ) werden Werte ab  $d = \pm .20$  als kleiner, ab  $d = \pm .50$  als mittlerer und ab  $d = \pm .80$  als großer Effekt interpretiert.

In einer der eigentlichen Analyse vorausgehenden Simulation mit GPower zeigte sich, dass eine angemessene Teststärke ( $1-\beta = .80$ ) bei  $N = 11$  und dem herkömmlichen Signifikanzniveau von  $\alpha = .05$  erst ab einer Effektstärke von  $d = 0.97$  erreicht wäre. Das Risiko, einen Fehler zweiter Art zu begehen, wäre bei Verwendung dieses Signifikanzniveaus aufgrund der kleinen Stichprobe also erheblich. Aus diesem Grund wird besonders für Studien mit wenigen Probanden eine Abkehr von herkömmlichen Signifikanzniveaus empfohlen, um den Erkenntnisgewinn der jeweiligen Untersuchung zu maximieren (vgl. Ioannidis, Hozo, & Djulbegovic, 2013). Die vorliegende Studie orientiert sich daher an der Arbeit von Das (1994), in der vorgeschlagen wird, das  $\alpha$ - und  $\beta$ -Fehlerniveau anhand der Konsequenzen bei Begehung des jeweiligen Fehlers zu wählen:

Zentrales Ziel der vorliegenden Untersuchung ist, durch die Behandlungsverfahren *SEARCH* und *Pro\*Text* erzielte Leistungsgewinne (mittels Bestätigung der  $H_1$ ) nachzuweisen. Gelingt dies, so ist dies ein Argument für die Anwendung des Förderprogramms. Der positive Effekt einer Behandlung mit *SEARCH* und *Pro\*Text* konnte bereits in Vorgängeruntersuchungen gezeigt werden und es ergaben sich bislang keinerlei Hinweise auf schädliche (Neben-)Wirkungen dieser beiden Verfahren. Aus diesem Grund sind die Folgen einer Anwendung bei fehlender Wirksamkeit (Konsequenz eines Fehlers erster Art) aus Sicht des Autors weniger gravierend, als die Folgen einer Nichtanwendung bei bestehender, aber nicht bestätigter Wirksamkeit (Konsequenz eines Fehlers zweiter Art). In Anlehnung an Das (1994) wird in der vorliegenden Studie daher ein weniger strenges  $\alpha$ -Fehlerniveau angewendet.

Es werden im Folgenden also Effekte bis zu einem Signifikanzniveau von  $p = .10$  diskutiert. Da es sich hierbei ebenfalls um ein willkürlich festgelegtes Signifikanzniveau handelt, werden auch  $p$ -Werte überhalb dieser Grenze bis auf drei Nachkommastellen gerundet angegeben (vgl. Sterne & Smith, 2001).

Im Rahmen dieser Arbeit wurden stets die exakten Signifikanzwerte berechnet.

## 4. Ergebnisse

### 4.1 Analyse der Einzelfälle

Im folgenden Abschnitt soll die Leistungsentwicklung der einzelnen, im Rahmen der vorliegenden Studie geförderten Probanden beschrieben werden. Hierzu erfolgt neben einer deskriptiven Darstellung der Testwerte zu den fünf Messzeitpunkten auch eine kurze Bewertung der Leistungsentwicklung und des Trainingsverlaufs.

#### 4.1.1 VPN 1

VPN 1 wurde der ersten Untersuchungsgruppe zugeordnet und erhielt 15 Sitzungen mit *SEARCH* sowie 20 Sitzungen mit *Pro\*Text*. Ihre Leistungsentwicklung ist in Tabelle 1 dargestellt. Leider konnte bei dieser Probandin die Unterschreitung der Zeitlimits bei Bearbeitung des *FokAT-KJ* zum ersten Messzeitpunkt nicht erhoben werden, weswegen der Wert  $KL_{kor}$  zum Zeitpunkt VT nicht berechnet werden kann.

Tabelle 1: Überblick über die Ergebnisse von VPN 1

Messwert	<u>VT</u>	<u>ZT</u>	<u>NT</u>	<u>KT 1</u>	<u>KT 2</u>
Kreise: T	14	13	13	11	14
Kreise: AF	0	0	0	0	0
Kreise: EffSc	1.36	1.77	1.77	2.00	1.36
Rauten: T	13	14	14 <sup>†</sup>	14	13
Rauten: AF	0	0	0	0	0
Rauten: VF	0	0	1 <sup>†</sup>	0	0
Protang: Tpos	797.0	612.0	701.8 <sup>††</sup>	748.6	755.6
Protang: Tneg	1266.6	882.2	848.2 <sup>†††</sup>	868.2	1033.6
Protang: Fpos	1.2	1.0	0.0 <sup>(†)</sup>	0.0	0.0
Protang: Fneg	1.6	1.2	0.2 <sup>†††</sup>	0.4	0.2
Lesetext: WPM	62.05	68.45	69.00	72.31	58.74
FokAT: BZO	232	232	232	232	232
FokAT: AF	2	1	2	3	1
FokAT: VF	8	7	6	5	3
FokAT: KL	222	224	224	224	228
FokAT: $KL_{kor}$	k.A.	331.85	363.24 <sup>(†)</sup>	346.84	333.66

Hinweis: <sup>†</sup>  $|X_{VT} - X_{NT}| \geq 2 \cdot S_{3-5}$ ; <sup>††</sup>  $|X_{VT} - X_{NT}| \geq 3 \cdot S_{3-5}$ ; <sup>†††</sup>  $|X_{VT} - X_{NT}| \geq 4 \cdot S_{3-5}$

VPN 1 zeigte insbesondere Leistungsverbesserungen hinsichtlich der Bearbeitungs-  
geschwindigkeit und Fehlerzahl beim *Protang*. Die Messwerte der korrigierten Konzentra-  
tionsleistung beim *FokAT-KJ* deuten auf eine deutliche Steigerung bzgl. der Bearbeitungs-  
geschwindigkeit bei diesem Test hin. Beim *Lesetext* zeigten sich ebenfalls Verbesserungen,  
die aber aufgrund eines deutlichen Leistungsabfalls zu KT 2 das Doppelte der zugehörigen  
 $S_{3.5}$  nicht überschreiten. Die markierten Leistungsverschlechterungen im *Durchstreichtest*  
*Rauten* sind angesichts der geringen Schwankungsbreite vermutlich wenig bedeutsam.

#### 4.1.2 VPN 2

VPN 2 wurde ebenfalls der ersten Untersuchungsgruppe zugeordnet und erhielt 15  
Sitzungen mit *SEARCH* sowie 18 Sitzungen mit *Pro\*Text*. Eine Darstellung ihrer Leistungs-  
entwicklung findet sich in Tabelle 2.

Tabelle 2: Überblick über die Ergebnisse von VPN 2

Messwert	<u>VT</u>	<u>ZT</u>	<u>NT</u>	<u>KT 1</u>	<u>KT 2</u>
Kreise: T	38	35	36	30	27
Kreise: AF	1	0	0 <sup>(†)</sup>	0	0
Kreise: EffSc	0.47	0.57	0.64 <sup>†</sup>	0.67	0.77
Rauten: T	41	38	38	35	29
Rauten: AF	1	1	1	0	1
Rauten: VF	0	0	0	0	0
Protang: Tpos	1218.0	787.6	770.0 <sup>†††</sup>	810.6	865.6
Protang: Tneg	1316.8	902.0	827.0 <sup>†††</sup>	863.2	804.4
Protang: Fpos	0	0.2	0.0	0.0	0.0
Protang: Fneg	0.4	0.4	0.2 <sup>†</sup>	0.0	0.0
Lesetext: WPM	23.80	20.88	29.39	33.45	36.84
FokAT: BZO	74	97	91 <sup>†</sup>	109	95
FokAT: AF	0	1	0	1	0
FokAT: VF	2	0	2	1	0
FokAT: KL	72	96	89 <sup>†</sup>	107	95
FokAT: KL <sub>kor</sub>	72.00	96.00	89.00 <sup>†</sup>	107.00	95.00

Hinweis: <sup>†</sup>  $|X_{VT} - X_{NT}| \geq 2 \cdot S_{3.5}$ ; <sup>††</sup>  $|X_{VT} - X_{NT}| \geq 3 \cdot S_{3.5}$ ; <sup>†††</sup>  $|X_{VT} - X_{NT}| \geq 4 \cdot S_{3.5}$

VPN 2 konnte ihre Leistung bei Bearbeitung des *Protang* im Behandlungsverlauf  
insbesondere hinsichtlich der Bearbeitungszeit deutlich verbessern. Auch bei dieser Schülerin

deuten die Werte im *FokAT-KJ* auf eine Zunahme der Bearbeitungsgeschwindigkeit hin. Beim *Lesetext* zeigte sich eine Steigerung der Lesegeschwindigkeit, die aber aufgrund weiterer Verbesserung im Katamnese-Zeitraum das  $S_{3-5}$ -Kriterium nicht überschreitet.

### 4.1.3 VPN 3

VPN 3 wurde der zweiten Untersuchungsgruppe zugeordnet und erhielt 15 Sitzungen mit *Pro\*Text* sowie 16 Sitzungen mit *SEARCH*. Ein Überblick über seine Leistungen an den fünf Messzeitpunkten findet sich in Tabelle 3.

Tabelle 3: Überblick über die Ergebnisse von VPN 3

Messwert	VT	ZT	NT	KT 1	KT 2
Kreise: T	25	36	24	21	17
Kreise: AF	0	0	0	0	0
Kreise: EffSc	0.76	0.55	0.92	1.00	1.18
Rauten: T	47	35	29 <sup>†††</sup>	23	29
Rauten: AF	1	0	0 <sup>†</sup>	1	1
Rauten: VF	0	4	1 <sup>†</sup>	0	0
Protang: Tpos	951.4	801.2	912.6	947.0	1145.6
Protang: Tneg	1141.4	812.8	1059.8	894.4	1140.6
Protang: Fpos	0.2	0.0	0.8	0.0	1.2
Protang: Fneg	0.2	0.2	0.0 <sup>†</sup>	0.0	0.2
Lesetext: WPM	27.58	24.63	35.16	33.14	20.44
FokAT: BZO	161	140	181 <sup>†</sup>	196	176
FokAT: AF	0	8	0	0	0
FokAT: VF	1	22	1	3	2
FokAT: KL	160	110	180 <sup>†</sup>	193	174
FokAT: KL <sub>kor</sub>	160.00	110.00	180.00 <sup>†</sup>	194.62	174.00

Hinweis: <sup>†</sup>  $|X_{VT} - X_{NT}| \geq 2 \cdot S_{3-5}$ ; <sup>††</sup>  $|X_{VT} - X_{NT}| \geq 3 \cdot S_{3-5}$ ; <sup>†††</sup>  $|X_{VT} - X_{NT}| \geq 4 \cdot S_{3-5}$

VPN 3 konnte sich im Behandlungsverlauf insbesondere hinsichtlich seiner Bearbeitungsgeschwindigkeit bei den Tests *Rauten durchstreichen* und *FokAT-KJ* steigern. Auch bei ihm zeigte sich eine Verbesserung der Geschwindigkeit im *Lesetext*, die aber ähnlich wie bei VPN 1 aufgrund eines Leistungsabfalls zu KT 2 das  $S_{3-5}$ -Kriterium nicht überschreitet. Die vorbeschriebenen Aufmerksamkeitsdefizite von VPN 3 wurden besonders zum Messzeitpunkt ZT deutlich. In dieser Sitzung vergaß der Proband die Instruktionen des *FokAT-KJ* mehrfach

und strich dann statt der Targets einzelne Distraktoren an, wodurch die hohe Zahl an Verwechslungsfehlern zu erklären ist. Da VPN 3 daher mehrfach Anleitung brauchte und hierdurch die Messung seiner tatsächlichen Leistung verfälscht wurde, werden die *FokAT*-Ergebnisse dieses Probanden zu ZT von der nachfolgenden, gruppenstatistischen Analyse ausgeschlossen.

#### 4.1.4 VPN 4

VPN 4 wurde der ersten Untersuchungsgruppe zugeordnet und erhielt 15 Sitzungen mit *SEARCH* sowie 20 Sitzungen mit *Pro\*Text*. Der Verlauf ihrer Leistungen in den Testverfahren ist in Tabelle 4 abgebildet.

Tabelle 4: Überblick über die Ergebnisse von VPN 4

Messwert	<u>VT</u>	<u>ZT</u>	<u>NT</u>	<u>KT 1</u>	<u>KT 2</u>
Kreise: T	19	14	29 <sup>†</sup>	29	21
Kreise: AF	1	2	2	1	0
Kreise: EffSc	0.95	1.29	0.69	0.76	1.05
Rauten: T	31	35	39	35	29
Rauten: AF	2	0	1	1	3
Rauten: VF	0	0	1 <sup>†</sup>	0	0
Protang: Tpos	2111.6	1405.2	1620.0 <sup>†††</sup>	1497.4	1447.6
Protang: Tneg	3444.0	3040.4	2590.2 <sup>†††</sup>	3033.0	2770.2
Protang: Fpos	0.2	0.0	0.0 <sup>(†)</sup>	0.0	0.0
Protang: Fneg	1.2	0.2	0.6 <sup>†</sup>	0.4	0.0
Lesetext: WPM	49.73	52.84	62.70 <sup>†††</sup>	61.25	63.33
FokAT: BZO	127	117	133	152	161
FokAT: AF	4	3	1	0	5
FokAT: VF	1	0	2	0	0
FokAT: KL	122	114	130	152	156
FokAT: KL <sub>kor</sub>	122.00	114.00	130.00	152.00	156.00

Hinweis: <sup>†</sup>  $|X_{VT} - X_{NT}| \geq 2 \cdot S_{3-5}$ ; <sup>††</sup>  $|X_{VT} - X_{NT}| \geq 3 \cdot S_{3-5}$ ; <sup>†††</sup>  $|X_{VT} - X_{NT}| \geq 4 \cdot S_{3-5}$

VPN 4 zeigte Leistungsverbesserungen hinsichtlich Bearbeitungszeit und Fehlerzahl beim *Protang*. Beim *Lesetext* steigerte sich ihre Lesegeschwindigkeit und Genauigkeit deutlich. Für die Bearbeitung des Tests *Kreise durchstreichen* brauchte sie zum Ende der Behandlung länger, da sie die im Zuge von *SEARCH* gelernte, kreisförmige Blickstrategie

sehr langsam und sorgfältig anwandte. Die leichte Erhöhung der Verwechslungsfehler bei *Rauten durchstreichen* zu NT ist bei dieser Probandin angesichts des Verlaufs wohl zufällig.

#### 4.1.5 VPN 5

VPN 5 wurde der zweiten Untersuchungsgruppe zugeordnet und erhielt, da der Proband während des ersten Behandlungsblocks erkrankte, nur 12 Sitzungen mit *Pro\*Text*. Mit *SEARCH* absolvierte er 17 Sitzungen. Aufgrund der ausgeprägten Dyslexie von VPN 5 wurden in Rücksprache mit dessen Eltern nach Abschluss von *Pro\*Text* zusätzliche Sitzungen zur Leseförderung durchgeführt, die parallel zum eigentlichen Förderprogramm stattfanden. Aus diesem Grund werden die Ergebnisse dieses Probanden im *Lesetext* aus der im nächsten Abschnitt dargestellten gruppenstatistischen Analyse ausgeschlossen. Auch bei VPN 5 konnte die Unterschreitung der Zeitlimits bei Bearbeitung des *FokAT-KJ* zum ersten Messzeitpunkt nicht erhoben werden. Seine Testergebnisse sind in Tabelle 5 dargestellt.

Tabelle 5: Überblick über die Ergebnisse von VPN 5

<u>Messwert</u>	<u>VT</u>	<u>ZT</u>	<u>NT</u>	<u>KT 1</u>	<u>KT 2</u>
Kreise: T	11	11	11	9	12
Kreise: AF	0	0	0	0	0
Kreise: EffSc	1.82	2.09	2.00	2.33	1.92
Rauten: T	13	15	17 <sup>†††</sup>	15	16
Rauten: AF	1	0	0 <sup>(†)</sup>	0	0
Rauten: VF	0	0	0	0	0
Protang: Tpos	714.0	572.8	550.0 <sup>†††</sup>	492.8	479.8
Protang: Tneg	872.8	663.4	702.2 <sup>††</sup>	598.0	597.8
Protang: Fpos	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Protang: Fneg	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0
Lesetext: WPM	k.A.	37.14	36.00	46.73	29.14
FokAT: BZO	212	232	232 <sup>(†)</sup>	232	232
FokAT: AF	7	2	1 <sup>†††</sup>	3	3
FokAT: VF	3	7	4 <sup>†</sup>	5	4
FokAT: KL	202	223	227 <sup>†††</sup>	224	225
FokAT: KL <sub>kor</sub>	k.A.	258.55	264.47 <sup>(†)</sup>	271.51	276.92

Hinweis: <sup>†</sup>  $|X_{VT} - X_{NT}| \geq 2 \cdot S_{3-5}$ ; <sup>††</sup>  $|X_{VT} - X_{NT}| \geq 3 \cdot S_{3-5}$ ; <sup>†††</sup>  $|X_{VT} - X_{NT}| \geq 4 \cdot S_{3-5}$

VPN 5 wies zum ersten Messzeitpunkt im *Lesetext* eine hohe Lesegeschwindigkeit auf. Gleichzeitig konnte er aber nur einen Bruchteil der Wörter des Textes korrekt wiedergeben, da er längere Worte frei ergänzte oder versuchte, sie anhand des Kontextes zu erraten. Daher war es nicht möglich, seine Leseleistung zu VT in Zahlen zu bestimmen. VPN 5 konnte seine Bearbeitungszeit beim *Protang* im Behandlungsverlauf deutlich reduzieren. Beim *FokAT-KJ* zeigte der Schüler ebenfalls eine Steigerung der Bearbeitungsgeschwindigkeit und eine Reduktion der Auslassungsfehler. Gleichzeitig stieg seine Zahl an Verwechslungsfehlern beim *FokAT-KJ* leicht an. Die Entwicklung seiner Messwerte bei *Rauten durchstreichen* deutet auf eine zunehmend genauere, aber langsamere Bearbeitung dieses Tests hin.

#### 4.1.6 VPN 6

VPN 6 wurde der ersten Untersuchungsgruppe zugeordnet und erhielt 15 Sitzungen mit *SEARCH* sowie 16 Sitzungen mit *Pro\*Text*. Seine Leistungen im Verlauf der Behandlung sind in Tabelle 6 abgebildet.

Tabelle 6: Überblick über die Ergebnisse von VPN 6

<u>Messwert</u>	<u>VT</u>	<u>ZT</u>	<u>NT</u>	<u>KT 1</u>	<u>KT 2</u>
Kreise: T	18	16	15	k.A.	24
Kreise: AF	0	0	0	0	0
Kreise: EffSc	1.22	1.44	1.33	k.A.	0.92
Rauten: T	26	20	20 <sup>††</sup>	k.A.	24
Rauten: AF	0	0	0	0	2
Rauten: VF	0	0	0	0	0
Protang: Tpos	1066.8	698.2	877.4	659.8	890.0
Protang: Tneg	1245.2	1019.6	987.8 <sup>†</sup>	958.2	1173.0
Protang: Fpos	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
Protang: Fneg	0.4	0.0	0.0 <sup>(†)</sup>	0.0	0.0
Lesetext: WPM	24.14	37.19	30.57 <sup>†</sup>	37.44	30.72
FokAT: BZO	228	232	232 <sup>†††</sup>	k.A.	230
FokAT: AF	1	1	2 <sup>†</sup>	k.A.	3
FokAT: VF	4	1	2 <sup>†††</sup>	k.A.	1
FokAT: KL	223	230	228 <sup>†††</sup>	k.A.	226
FokAT: KL <sub>kor</sub>	236.81	276.00	266.93 <sup>†</sup>	k.A.	238.94

Hinweis: <sup>†</sup>  $|X_{VT} - X_{NT}| \geq 2 \cdot S_{3-5}$ ; <sup>††</sup>  $|X_{VT} - X_{NT}| \geq 3 \cdot S_{3-5}$ ; <sup>†††</sup>  $|X_{VT} - X_{NT}| \geq 4 \cdot S_{3-5}$

Aufgrund einer Fraktur des rechten Armes konnte VPN 6 seine Schreibhand zu KT 1 nicht einsetzen. Da dies seine Bearbeitungszeiten bei den Durchstreichtests stark verfälschte, werden diese aufgrund mangelnder Aussagekraft nicht angegeben. Der *FokAT-KJ* konnte mit dem Probanden wegen der Verletzung zu diesem Messzeitpunkt überhaupt nicht durchgeführt werden. Die Berechnung der  $S_{3-5}$  erfolgte bei den hiervon betroffenen Variablen auf Basis der Werte von NT und KT 2. VPN 6 zeigte beim *Protang* Leistungsverbesserungen hinsichtlich der Bearbeitungszeit negativer Trials sowie eine Reduktion der Auslassungsfehler. Auch beim Test *Rauten durchstreichen* sowie beim *FokAT-KJ* konnte der Proband seine Bearbeitungsgeschwindigkeit steigern. In dem Aufmerksamkeitstest zeigte der Schüler zudem eine leichte Reduktion der Verwechslungsfehler und einen geringen Anstieg der Auslassungsfehler. Beim *Lesetext* verbesserte sich VPN 6 besonders hinsichtlich der Lesegeschwindigkeit.

#### 4.1.7 VPN 7

VPN 7 wurde der zweiten Untersuchungsgruppe zugeordnet und erhielt 16 Sitzungen mit *Pro\*Text* sowie 17 Sitzungen mit *SEARCH*. Ihre Testergebnisse finden sich in Tabelle 7.

Tabelle 7: Überblick über die Ergebnisse von VPN 7

Messwert	<u>VT</u>	<u>ZT</u>	<u>NT</u>	<u>KT 1</u>	<u>KT 2</u>
Kreise: T	19	21	18	23	21
Kreise: AF	2	3	1	1	3
Kreise: EffSc	1.00	0.90	1.00	0.96	0.95
Rauten: T	36	21	30 <sup>††</sup>	26	29
Rauten: AF	1	4	3 <sup>†††</sup>	3	4
Rauten: VF	0	0	0	1	1
Protang: Tpos	3695.4	1730.8	2276.0 <sup>††</sup>	2076.4	1408.6
Protang: Tneg	6225.0	2997.4	3445.0 <sup>†††</sup>	3156.6	2747.8
Protang: Fpos	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Protang: Fneg	3.0	0.2	1.0 <sup>†††</sup>	1.2	1.0
Lesetext: WPM	17.33	18.17	19.15	17.12	26.76
FokAT: BZO	232	232	232	232	232
FokAT: AF	0	5	7 <sup>†††</sup>	5	8
FokAT: VF	3	8	8 <sup>†</sup>	5	3
FokAT: KL	229	219	217 <sup>†††</sup>	222	221
FokAT: KL <sub>kor</sub>	269.41	276.63	299.31 <sup>††</sup>	317.14	299.66

Hinweis: <sup>†</sup>  $|X_{VT} - X_{NT}| \geq 2 \cdot S_{3-5}$ ; <sup>††</sup>  $|X_{VT} - X_{NT}| \geq 3 \cdot S_{3-5}$ ; <sup>†††</sup>  $|X_{VT} - X_{NT}| \geq 4 \cdot S_{3-5}$

VPN 7 konnte ihre Leistung im *Protang* hinsichtlich der Bearbeitungszeit und Anzahl an Auslassungsfehlern deutlich verbessern. In den Tests *Rauten durchstreichen* und *FokAT-KJ* steigerte sich ebenfalls die Bearbeitungsgeschwindigkeit der Probandin, was in beiden Tests jedoch mit einer höheren Fehlerzahl einherging. Die Leseleistung von VPN 7 veränderte sich im Zuge der Behandlung kaum. Da diese Schülerin das Förderprogramm bereits in einer früheren Studie kennengelernt hatte, ist nicht auszuschließen, dass ein Teil der beobachteten Leistungszuwächse Folge einer Reaktivierung vorbekannter Strategien sind.

#### 4.1.8 VPN 8

VPN 8 wurde der ersten Untersuchungsgruppe zugeordnet und erhielt 17 Sitzungen mit *SEARCH* sowie 18 Sitzungen mit *Pro\*Text*. Seine Leistungen sind in Tab. 8 dargestellt.

Tabelle 8: Überblick über die Ergebnisse von VPN 8

Messwert	<u>VT</u>	<u>ZT</u>	<u>NT</u>	<u>KT 1</u>	<u>KT 2</u>
Kreise: T	21	15	17 <sup>†††</sup>	15	16
Kreise: AF	0	1	1 <sup>†</sup>	0	0
Kreise: EffSc	1.00	1.20	1.24 <sup>†††</sup>	1.27	1.19
Rauten: T	22	19	21	17	19
Rauten: AF	4	3	1 <sup>††</sup>	3	2
Rauten: VF	0	1	0	0	0
Protang: Tpos	728.4	684.0	655.4	674.6	571.4
Protang: Tneg	891.4	936.0	860.4	848.2	1016.0
Protang: Fpos	0.4	0.4	0.0 <sup>(†)</sup>	0.0	0.0
Protang: Fneg	1.2	0.4	0.2 <sup>†††</sup>	0.0	0.0
Lesetext: WPM	19.65	25.50	26.21 <sup>†</sup>	31.93	26.15
FokAT: BZO	168	211	217 <sup>†</sup>	171	184
FokAT: AF	69	98	89	70	61
FokAT: VF	0	0	0	0	0
FokAT: KL	99	113	128 <sup>†</sup>	101	123
FokAT: KL <sub>korrt</sub>	99.00	117.40	131.85 <sup>†</sup>	101.00	123.00

Hinweis: <sup>†</sup>  $|X_{VT} - X_{NT}| \geq 2 \cdot S_{3-5}$ ; <sup>††</sup>  $|X_{VT} - X_{NT}| \geq 3 \cdot S_{3-5}$ ; <sup>†††</sup>  $|X_{VT} - X_{NT}| \geq 4 \cdot S_{3-5}$

VPN 8 zeigte eine Reduktion der Fehlerzahl im *Protang* und im Test *Rauten durchstreichen*. In den Tests *Kreise durchstreichen* und *FokAT-KJ* konnte der Proband seine Bearbeitungsgeschwindigkeit bei Erhöhung der Anzahl an Auslassungsfehlern steigern. Die

im Verlauf beobachtete Verbesserung der Leseleistung basierte auf einer zunehmend höheren Lesegeschwindigkeit und Lesegenauigkeit. Zudem hatte VPN 8 zu Beginn der Förderung große Schwierigkeiten, die Anfänge von Zeilen zu finden, weshalb er im *Lesetext* bei VT zwei Zeilen übersprang. Zu ZT übersprang der Proband nur noch eine Zeile. Bei den drei Messzeitpunkten NT, KT 1 und KT 2 schließlich trat dieses Problem überhaupt nicht mehr auf. Bei der Ergebnisinterpretation ist zu berücksichtigen, dass auch VPN 8 die Behandlungsverfahren bereits aus einer früheren Untersuchung kannte.

#### 4.1.9 VPN 9

VPN 9 wurde der zweiten Untersuchungsgruppe zugeordnet und erhielt 16 Sitzungen mit *Pro\*Text* und 15 Sitzungen mit *SEARCH*. Eine Übersicht ihrer Ergebnisse ist in Tabelle 9 abgebildet.

Tabelle 9: Überblick über die Ergebnisse von VPN 9

Messwert	<u>VT</u>	<u>ZT</u>	<u>NT</u>	<u>KT 1</u>	<u>KT 2</u>
Kreise: T	34	24	31	26	37
Kreise: AF	6	10	5	10	7
Kreise: EffSc	0.44	0.46	0.52	0.38	0.43
Rauten: T	35	26	47	31	45
Rauten: AF	8	7	5	9	9
Rauten: VF	0	0	0	0	0
Protang: Tpos	4808.2	3046.6	3477.8	3883.8	5117.4
Protang: Tneg	3927.0	2613.2	4266.6	5436.0	4769.2
Protang: Fpos	0.0	0.2	0.2 <sup>†</sup>	0.2	0.0
Protang: Fneg	9.0	6.4	6.4 <sup>†††</sup>	7.2	6.8
Lesetext: WPM	52.0	56.39	56.52	51.53	47.76
FokAT: BZO	183	216	225 <sup>†</sup>	228	191
FokAT: AF	22	10	13 <sup>†</sup>	18	10
FokAT: VF	1	9	8 <sup>†</sup>	9	2
FokAT: KL	160	197	204 <sup>††</sup>	201	179
FokAT: KL <sub>kor</sub>	163.40	198.66	218.57 <sup>†</sup>	218.28	179.0

Hinweis: <sup>†</sup>  $|X_{VT} - X_{NT}| \geq 2 \cdot S_{3-5}$ ; <sup>††</sup>  $|X_{VT} - X_{NT}| \geq 3 \cdot S_{3-5}$ ; <sup>†††</sup>  $|X_{VT} - X_{NT}| \geq 4 \cdot S_{3-5}$

Aufgrund ihres stark beeinträchtigten Gesichts- und Aufmerksamkeitsfeldes wurden bei der Förderung dieser Schülerin *SEARCH*-Aufgaben mit einfacheren Stimuli (Formen) und

kleineren Displays verwendet. Bei *Pro\*Text* durchlief die Probandin die Standardmodule. VPN 9 konnte im *Protang* die Anzahl an Auslassungsfehlern bei leichter Erhöhung der Verwechslungsfehler verringern. Im *FokAT-KJ* zeigte sich neben einer Erhöhung der Bearbeitungsgeschwindigkeit ebenfalls eine Reduktion der Auslassungsfehler bei Steigerung der Verwechslungsfehler. Die Verbesserungen im *Lesetext* überschreiten aufgrund eines Leistungsabfalls bei KT 2 das  $S_{3.5}$ -Kriterium nicht. Allerdings übersprang die Probandin zu VT zwei Zeilen im *Lesetext*, in allen weiteren Testungen dann nur noch eine Zeile. Auch VPN 9 hatte das Förderprogramm in einer früheren Studie kennengelernt und verfügte zu Beginn der Behandlung bereits über erste Ansätze kompensatorischer Blickbewegungsstrategien.

#### 4.1.10 VPN 10

VPN 10 wurde ebenfalls der zweiten Untersuchungsgruppe zugeordnet. Aufgrund zeitlicher Rahmenbedingungen konnten mit der Probandin nur 12 Sitzungen mit *Pro\*Text* und 14 Sitzungen mit *SEARCH* durchgeführt werden. Die Untersuchung der Schülerin zu KT 1 und KT 2 war aus dem gleichen Grund nicht möglich. Ihre Ergebnisse finden sich in Tab. 10.

Tabelle 10: Überblick über die Ergebnisse von VPN 10

Messwert	<u>VT</u>	<u>ZT</u>	<u>NT</u>	<u>KT 1</u>	<u>KT 2</u>
Kreise: T	17	13	17		
Kreise: AF	0	0	0		
Kreise: EffSc	1.24	1.46	1.29		
Rauten: T	28	17	15 <sup>†††</sup>		
Rauten: AF	1	1	1		
Rauten: VF	0	0	0		
Protang: Tpos	790.8	623.2	687.4		
Protang: Tneg	942.2	747.2	859.0		
Protang: Fpos	0.0	0.0	0.0		
Protang: Fneg	0.4	0.2	0.2		
Lesetext: WPM	36.60	48.26	55.96 <sup>†††</sup>		
FokAT: BZO	232	232	232		
FokAT: AF	5	2	1		
FokAT: VF	6	5	3 <sup>†</sup>		
FokAT: KL	221	225	228		
FokAT: KL <sub>kor</sub>	237.85	257.14	261.81 <sup>†</sup>		

Hinweis: <sup>†</sup>  $|X_{VT} - X_{NT}| \geq 2 \cdot S_M$ ; <sup>††</sup>  $|X_{VT} - X_{NT}| \geq 3 \cdot S_M$ ; <sup>†††</sup>  $|X_{VT} - X_{NT}| \geq 4 \cdot S_M$

Um trotz fehlender Katamnese-Untersuchungen ein Kriterium für bedeutsame Leistungsveränderungen anlegen zu können, wurde für jede Variable der Mittelwert aus den zugehörigen  $S_{3-5}$  der Probanden VPN 1 bis 9 berechnet ( $S_M$ ) und analog zu  $S_{3-5}$  zur Beurteilung der Leistungen von VPN 10 angewandt. Da es sich bei VPN 10 um eine relativ leistungsstarke Probandin handelte, die nur geringe aufmerksamkeitsbedingte Schwankungen zeigte, ist  $S_M$  hier als eher strenges Kriterium für bedeutsame Leistungsdifferenzen zu bewerten.

VPN 10 zeigte eine Verbesserung hinsichtlich der Bearbeitungszeit beim *FokAT-KJ* und beim Test *Rauten durchstreichen* sowie eine Steigerung der Leseleistung im *Lesetext*. Letztere entstand sowohl durch Erhöhung der Lesegeschwindigkeit als auch durch eine deutliche Reduktion der Anzahl falsch gelesener Worte.

#### 4.1.11 VPN 11

Tabelle 11: *Überblick über die Ergebnisse von VPN 11*

Messwert	<u>VT</u>	<u>ZT</u>	<u>NT</u>	<u>KT 1</u>	<u>KT 2</u>
Kreise: T	18	12	11 <sup>†</sup>		
Kreise: AF	0	0	0		
Kreise: EffSc	1.22	1.67	1.91 <sup>†††</sup>		
Rauten: T	18	13	12 <sup>†</sup>		
Rauten: AF	0	0	0		
Rauten: VF	0	0	0		
Protang: Tpos	614.0	718.0	636.8		
Protang: Tneg	648.6	777.4	792.8		
Protang: Fpos	0.2	0.0	0.0 <sup>†</sup>		
Protang: Fneg	0.0	0.0	0.0		
Lesetext: WPM	48.52	49.29	57.65 <sup>†</sup>		
FokAT: BZO	232	232	232		
FokAT: AF	0	0	1		
FokAT: VF	5	1	4		
FokAT: KL	227	231	227		
FokAT: KL <sub>kor</sub>	263.19	333.98	326.23 <sup>†††</sup>		

*Hinweis:* <sup>†</sup>  $|X_{VT} - X_{NT}| \geq 2 \cdot S_M$ ; <sup>††</sup>  $|X_{VT} - X_{NT}| \geq 3 \cdot S_M$ ; <sup>†††</sup>  $|X_{VT} - X_{NT}| \geq 4 \cdot S_M$

VPN 11 wurde der ersten Untersuchungsgruppe zugeordnet. Aufgrund vergleichsweise guter Ausgangsleistungen bzgl. der visuellen Exploration und daraus resultierender

Compliance-Probleme wurde die Förderung mit *SEARCH* bei diesem Probanden bereits nach 9 Sitzungen beendet. Mit *Pro\*Text* erhielt der Proband 16 Sitzungen. Auch bei VPN 11 konnten aus Zeitmangel keine Katamnese-Untersuchungen durchgeführt werden, weswegen die Bewertung der Leistungsunterschiede dieses Schülers ebenfalls anhand von  $S_M$  erfolgt (vgl. Kap. 4.1.10). Eine Übersicht der Leistungen von VPN 11 findet sich in Tab. 11.

Der Proband zeigte eine deutliche Steigerung der Bearbeitungszeit in beiden Durchstreichtests sowie im *FokAT-KJ*. Im *Protang* ergab sich eine leichte Reduktion der Anzahl an Verwechslungsfehlern. Im *Lesetext* konnte VPN 10 während der Behandlung sowohl die zum Lesen benötigte Zeit als auch die Anzahl falsch gelesener Worte reduzieren.

## 4.2 Zusammenfassung der Einzelfallanalyse

Um die Wirksamkeit der Behandlungsverfahren auf Einzelfallebene beurteilen zu können, wurden die Leistungsverläufe der einzelnen Schüler in Tabelle 12 zusammengefasst.

Tabelle 12: Auflistung der Anzahl an Probanden ( $N$ ) anhand ihrer Leistungsveränderung zwischen VT und NT in den einzelnen Variablen (beurteilt anhand von  $S_{3-5}$  bzw.  $S_M$ )

Messwert	Verringerung	Veränderung kleiner als $2 \cdot S_{3-5}$	Erhöhung
Kreise: T	2	8	1
Kreise: AF	0 (+1)	9	1
Kreise: EffSc	0	8	3
Rauten: T	5	4	2
Rauten: AF	2 (+1)	7	1
Rauten: VF	0	8	3
Protang: Tpos	5	6	0
Protang: Tneg	6	5	0
Protang: Fpos	1 (+3)	6	1
Protang: Fneg	7 (+1)	3	0
Lesetext: WPM	0	6	5
FokAT: BZO	0	5	5 (+1)
FokAT: AF	2	7	2
FokAT: VF	2	6	3
FokAT: KL	1	4	6
FokAT: KL <sub>kor</sub>	0	1	8 (+2)

*Hinweis:* Probanden, bei denen die Richtung der Leistungsdifferenz aufgrund fehlender Werte nur näherungsweise beurteilt werden konnte, sind in dieser Tabelle in Klammern aufgeführt.

Wie in der übrigen Einzelfallanalyse wurde auch hier  $S_{3-5}$  (bzw.  $S_M$ ) als Kriterium verwendet. Im Test *Kreise durchstreichen* konnten zwei Probanden ihre Bearbeitungszeit senken und drei Probanden ihren Effektivitätsscore erhöhen. Bei *Rauten durchstreichen* gelang fünf Probanden eine Reduktion der Bearbeitungszeit und drei Probanden eine Verringerung der Auslassungsfehler. Im *Protang* konnten sich fünf Probanden hinsichtlich der Bearbeitungszeit positiver Trials und sechs Probanden hinsichtlich der Bearbeitungszeit negativer Trials verbessern. Vier Probanden machten nach Behandlungsabschluss deutlich weniger Verwechslungsfehler und acht Probanden weniger Auslassungsfehler. Im *Lesetext* verbesserten fünf Probanden ihre Leistung während der Förderung deutlich. Insgesamt deuten diese Ergebnisse auf eine positive Wirkung der beiden Behandlungsverfahren hin.

### 4.3 Gruppenstatistische Hypothesentestung

#### 4.3.1 Verbesserung der visuellen Wahrnehmung

In Hypothese 1 der vorliegenden Arbeit wurde die Erwartung formuliert, dass eine Förderung mit *SEARCH* und *Pro\*Text* zu Verbesserungen der visuellen Leistung von Kindern mit CVI führt. Um diese Annahme zu überprüfen, wurden in einem ersten Schritt Wilcoxon-Tests zwischen der Ausgangsleistung (VT) und der Leistung nach Behandlungsende (NT) für die gesamte Stichprobe berechnet. Da es sich bei Hypothese 1 um eine gerichtete Annahme handelt, wurde hier auf Basis der einseitigen Signifikanz getestet.

Wie in Tabelle 13 dargestellt zeigten die Probanden in 10 von 16 Messwerten signifikante Unterschiede zwischen Vor- und Nachtestung. Bei diesen Messwertdifferenzen handelt es sich um Leistungsverbesserungen im Sinne einer Reduktion von Bearbeitungszeit bzw. Fehlerzahl oder einer Erhöhung von Leistungsmaßen (*EffSc*, *WPM*, *BZO*, *KL*). Die Verbesserungen zeigten sich sowohl in Tests der visuellen Exploration als auch im *Lesetext*. In keinem Messwert kam es zu signifikanten Leistungsverschlechterungen. Dies entspricht der in Hypothese 1 formulierten Annahme.

Tabelle 13: *Ergebnisse der Wilcoxon-Tests zwischen den Werten zu VT und NT*

Messwert	<i>N</i>	<i>M(SD)<sub>VT</sub></i>	<i>M(SD)<sub>NT</sub></i>	<i>T</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
Kreise: T	11	21.27 (8.15)	20.18 (8.55)	12.5	.042**	0.82
Kreise: AF	11	0.91 (1.81)	0.82 (1.54)	28.5	.382	0.15
Kreise: EffSc	11	1.04 (0.40)	1.21 (0.51)	9.5	.021**	0.97
Rauten: T	11	28.18 (11.14)	25.64 (11.75)	22.5	.207	0.39
Rauten: AF	11	1.73 (2.37)	1.09 (1.58)	16.5	.087*	0.64
Rauten: VF	11	0.00 (0.00)	0.27 (0.47)	18.0	.103	0.57
Protang: Tpos	11	1590.51 (1400.41)	1196.84 (918.76)	1.0	.001***	1.49
Protang: Tneg	11	1992.82 (1772.14)	1567.18 (1259.62)	11.0	.027**	0.89
Protang: Fpos	11	0.20 (0.36)	0.09 (0.24)	24.5	.260	0.31
Protang: Fneg	11	1.58 (2.62)	0.80 (1.88)	1.5	.001***	1.45
Lesetext: WPM	10 <sup>a</sup>	36.14 (15.83)	43.48 (17.11)	0.0	.001***	1.56
FokAT: BZO	11	189.18 (52.70)	203.55 (48.63)	5.0	.005***	1.22
FokAT: AF	11	10.00 (20.59)	10.64 (26.28)	32.0	.483	0.02
FokAT: VF	11	3.09 (2.47)	3.64 (2.69)	32.0	.483	0.02
FokAT: KL	11	176.09 (57.10)	189.27 (50.44)	6.5	.009***	1.13
FokAT: KL <sub>kor</sub>	9 <sup>ab</sup>	180.41 (73.95)	230.13 (88.05)	0.0	.002***	1.56

*Hinweis:* <sup>a</sup> ohne VPN 5; <sup>b</sup> ohne VPN 1; \*  $p < .10$ ; \*\*  $p < .05$ ; \*\*\*  $p < .01$

Allerdings liefert der Vergleich der Messwerte zwischen VT und NT keine Hinweise darauf, ob die beobachteten Leistungsverbesserungen ein Effekt des Förderprogramms sind oder durch andere Faktoren verursacht wurden. Aus diesem Grund wurden in einem zweiten Analyseschritt die mittleren Leistungsdifferenzen ( $M_D$ ) zwischen den Messzeitpunkten der Behandlungsphase (VT, ZT, NT) und der Katamnesephase (NT, KT 1, KT 2) mit Hilfe von Wilcoxon-Tests verglichen. Nimmt man einen positiven Einfluss der Behandlungsverfahren an, so sollten die Leistungsdifferenzen während der Behandlungsphase größer ausfallen als während der Katamnesephase. Da es sich hierbei ebenfalls um eine gerichtete Annahme handelt, wurde auch bei dieser Analyse auf Basis der einseitigen Signifikanz getestet.

Die in Tabelle 14 dargestellten Ergebnisse zeigen, dass sich die durchschnittlichen Leistungsdifferenzen zwischen der Behandlungs- und Katamnesephase in 9 der 16 Messwerte signifikant unterscheiden. Bei acht dieser Messwerte deuten die Differenzen auf größere Leistungsgewinne während der Behandlung als im darauffolgenden behandlungsfreien Intervall hin. In all diesen Variablen hatten sich im vorherigen Analyseschritt signifikante

Leistungszuwächse zwischen VT und NT gezeigt. Einzige Ausnahme ist die Anzahl der Verwechslungsfehler beim *FokAT-KJ*. Hier deuten die Ergebnisse in Tab. 14 auf größere Leistungszuwächse während der Katamnesephase hin.

Tabelle 14: *Ergebnisse der Wilcoxon-Tests zwischen den mittleren Leistungsdifferenzen innerhalb der Behandlungs- und Katamnesephase*

<u>Messwert</u>	<u>N</u>	<u>M(SD)<sub>DB</sub></u>	<u>M(SD)<sub>DK</sub></u>	<u>T</u>	<u>P</u>	<u>d</u>
Kreise: T	8 <sup>c</sup>	-0.13 (2.17)	-0.88 (2.79)	17.0	.473	0.04
Kreise: AF	9	-0.06 (0.39)	0.06 (0.63)	19.0	.367	0.17
Kreise: EffSc	8 <sup>c</sup>	0.06 (0.10)	0.00 (0.12)	10.0	.156	0.54
Rauten: T	8 <sup>c</sup>	-0.19 (4.61)	-1.63 (1.96)	11.0	.191	0.47
Rauten: AF	9	-0.39 (0.78)	0.61 (0.65)	5.0	.020**	1.08
Rauten: VF	9	0.17 (0.25)	-0.11 (0.33)	13.5	.180	0.49
Protang: Tpos	9	-236.10 (268.03)	46.70 (329.31)	1.0	.004***	1.45
Protang: Tneg	9	-263.50 (453.84)	25.86 (163.73)	0.0	.002***	1.56
Protang: Fpos	9	-0.06 (0.25)	0.01 (0.08)	18.0	.326	0.22
Protang: Fneg	9	-0.47 (0.45)	-0.02 (0.14)	3.0	.010**	1.25
Lesetext: WPM	8 <sup>c</sup>	3.28 (1.58)	-1.12 (4.11)	3.0	.020**	1.18
FokAT: BZO	8 <sup>c</sup>	9.63 (9.11)	-2.50 (10.12)	6.5	.074*	0.83
FokAT: AF	8 <sup>c</sup>	0.56 (4.49)	-1.56 (5.13)	17.0	.473	0.04
FokAT: VF	8 <sup>c</sup>	0.75 (1.49)	-1.06 (1.24)	3.5	.027**	1.12
FokAT: KL	8 <sup>c</sup>	8.31 (8.64)	0.13 (7.16)	8.0	.098*	0.71
FokAT: KL <sub>kor</sub>	6 <sup>abc</sup>	13.58 (8.20)	-1.84 (10.75)	2.0	.047**	1.11

*Hinweis:* VPN 10 und 11 aufgrund fehlender Katamnese-Daten hier nicht berücksichtigt.

<sup>a</sup> ohne VPN 5; <sup>b</sup> ohne VPN 1; <sup>c</sup> ohne VPN 6; \*  $p < .10$ ; \*\*  $p < .05$ ; \*\*\*  $p < .01$

Aufgrund der Ergebnisse der in Tabelle 13 und 14 dargestellten Vorzeichen-Rang-Tests wurde die erste Hypothese der vorliegenden Arbeit angenommen.

#### 4.3.2 Stabilität von Leistungsveränderungen

Um die in Hypothese 2 formulierte Stabilitätsannahme zu überprüfen, wurden Wilcoxon-Tests zwischen den Messwerten zu den Zeitpunkten NT und KT 1 bzw. NT und KT 2 berechnet. Hierbei wurde davon ausgegangen, dass sich keine signifikanten Messwertunterschiede zwischen Nachtstung und Katamnese-Testungen ergeben. Da es sich bei der Annahme von Stabilität um eine ungerichtete Hypothese handelt, wurde hier auf Basis der zweiseitigen Signifikanz getestet.

Tabelle 15: Ergebnisse der Wilcoxon-Tests zwischen den Werten zu NT und KT 1

Messwert	$N$	$M(SD)_{NT}$	$M(SD)_{KT1}$	$T$	$p$	$d$
Kreise: T	8 <sup>c</sup>	22.38 (9.04)	20.50 (8.04)	7.0	.148	0.79
Kreise: AF	9	1.00 (1.66)	1.33 (3.28)	19.5	.734	0.14
Kreise: EffSc	8 <sup>c</sup>	1.10 (0.54)	1.17 (0.67)	9.0	.250	0.62
Rauten: T	8 <sup>c</sup>	29.38 (11.58)	24.50 (8.65)	0.5	.008***	1.48
Rauten: AF	9	1.22 (1.72)	1.89 (2.93)	14.0	.360	0.46
Rauten: VF	9	0.33 (0.50)	0.11 (0.33)	15.0	.426	0.40
Protang: Tpos	9	1315.67 (983.68)	1310.11 (1086.14)	19.0	.734	0.17
Protang: Tneg	9	1731.91 (1347.27)	1850.64 (1665.21)	22.0	>.99	0.00
Protang: Fpos	9	0.11 (0.27)	0.04 (0.09)	22.0	>.99	0.00
Protang: Fneg	9	0.96 (2.07)	1.02 (2.35)	21.0	.910	0.06
Lesetext: WPM	9	40.52 (17.65)	42.77 (16.92)	12.0	.250	0.58
FokAT: BZO	8 <sup>c</sup>	192.88 (53.87)	194.00 (46.31)	11.0	.382	0.47
FokAT: AF	8 <sup>c</sup>	14.13 (30.587)	12.50 (23.96)	17.0	.946	0.04
FokAT: VF	8 <sup>c</sup>	3.88 (3.14)	3.50 (3.12)	14.0	.640	0.25
FokAT: KL	8 <sup>c</sup>	174.88 (52.60)	178.00 (51.50)	13.5	.546	0.28
FokAT: KL <sub>kor</sub>	8 <sup>c</sup>	209.56 (94.53)	213.55 (92.62)	13.0	.546	0.32

Hinweis: <sup>c</sup> ohne VPN 6; \*  $p < .10$ ; \*\*  $p < .05$ ; \*\*\*  $p < .01$

Wie in Tabelle 15 dargestellt, unterscheiden sich die Messwerte zwischen NT und

KT 1 nur in der Variable  $T$  des Tests *Rauten durchstreichen* signifikant.

Tabelle 16: Ergebnisse der Wilcoxon-Tests zwischen den Werten zu NT und KT 2

Messwert	$N$	$M(SD)_{NT}$	$M(SD)_{KT2}$	$T$	$p$	$d$
Kreise: T	9	21.56 (8.81)	21.00 (7.68)	21.5	.910	0.03
Kreise: AF	9	1.00 (1.66)	1.11 (2.42)	21.5	.910	0.03
Kreise: EffSc	9	1.12 (0.51)	1.09 (0.41)	18.0	.652	0.22
Rauten: T	9	28.33 (11.27)	25.89 (9.48)	7.5	.074*	0.89
Rauten: AF	9	1.22 (1.72)	2.44 (2.79)	3.0	.020**	1.25
Rauten: VF	9	0.33 (0.50)	0.11 (0.33)	15.0	.426	0.40
Protang: Tpos	9	1315.67 (983.68)	1409.07 (1430.89)	21.0	.910	0.06
Protang: Tneg	9	1731.91 (1347.27)	1783.62 (1374.76)	13.0	.300	0.52
Protang: Fpos	9	0.11 (0.27)	0.13 (0.40)	22.0	>.99	0.00
Protang: Fneg	9	0.96 (2.07)	0.91 (2.23)	19.0	.734	0.17
Lesetext: WPM	9	40.52 (17.65)	37.76 (15.31)	16.0	.496	0.34
FokAT: BZO	9	197.22 (52.05)	192.56 (46.01)	15.0	.426	0.40
FokAT: AF	9	12.78 (28.90)	10.11 (19.39)	21.5	.910	0.03
FokAT: VF	9	3.67 (3.00)	1.67 (1.50)	5.0	.040**	1.08
FokAT: KL	9	180.78 (52.29)	180.78 (48.99)	22.5	>.99	0.00
FokAT: KL <sub>kor</sub>	9	215.93 (90.47)	208.46 (82.61)	14.5	.360	0.43

Hinweis: \*  $p < .10$ ; \*\*  $p < .05$ ; \*\*\*  $p < .01$

Im Vergleich der Messzeitpunkte NT und KT 2 (siehe Tabelle 16) finden sich signifikante Messwertunterschiede in den Variablen  $T$  und  $AF$  des Tests *Rauten durchstreichen* und der Variable  $VF$  beim *FokAT-KJ*.

Zusammenfassend konnten in der überwiegenden Zahl der Variablen keine signifikanten Messwertunterschiede zwischen der Nachtstung und den Katamnese-Testungen gefunden werden, was für die Annahme der zweiten Hypothese spricht. Allerdings deuten die Verläufe der Einzelfälle (vgl. Kap. 4.1) sowie die in Tabelle 14 dargestellten, mittleren Leistungsdifferenzen während der Katamneseperiode ( $M_{DK}$ ) auf teilweise erhebliche, intra-individuelle Leistungsschwankungen in den sechs Monaten nach Abschluss der Förderung hin. Die Annahme von Leistungsstabilität nach Behandlungsende und damit auch die zweite Hypothese der vorliegenden Studie mussten also abgelehnt werden, obwohl die zentrale Tendenz der meisten Variablen in der Katamnese-Phase stabil zu bleiben scheint.

#### 4.3.3 Spezifische Wirksamkeit der Behandlungsverfahren

Basierend auf den Ergebnissen von früheren Untersuchungen mit erwachsenen Hemianopsie-Patienten wurde in Hypothese 3 der vorliegenden Arbeit die Erwartung nach einer spezifischen Wirkung der Behandlungsverfahren *SEARCH* und *Pro\*Text* formuliert. Um diese Annahme zu überprüfen, wurden die Leistungsdifferenzen der Probanden nach der Behandlung mit *SEARCH* mit den Differenzen nach der Behandlung mit *Pro\*Text* mit Hilfe von Wilcoxon-Tests verglichen. Da in Hypothese 3 eine spezifische Wirkung erwartet, aber keine Aussage über die Art des Wirkungsunterschieds getroffen wurde, wurde auch hier auf Basis der zweiseitigen Signifikanz getestet. Die Ergebnisse der Wilcoxon-Tests sind in Tabelle 17 dargestellt.

Bei diesem Analyseschritt zeigte sich entgegen der Erwartungen von Hypothese 3 nur in der Variable  $VF$  des *FokAT-KJ* ein signifikanter Unterschied zwischen den Leistungsdifferenzen unter *SEARCH* und *Pro\*Text*.

Tabelle 17: *Ergebnisse der Wilcoxon-Tests zwischen den Leistungsveränderungen nach SEARCH und nach Pro\*Text*

Messwert	<i>N</i>	<i>M(SD)<sub>S</sub></i>	<i>M(SD)<sub>P</sub></i>	<i>T</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
Kreise: T	11	-2.45 (5.13)	1.36 (6.72)	17.0	.174	0.61
Kreise: AF	11	-0.55 (1.69)	0.45 (1.21)	26.5	.638	0.23
Kreise: EffSc	11	0.18 (0.20)	-0.01 (0.25)	15.0	.124	0.70
Rauten: T	11	1.09 (8.06)	-3.63 (6.71)	24.0	.464	0.33
Rauten: AF	11	-0.55 (0.82)	-0.09 (1.30)	30.0	.832	0.09
Rauten: VF	11	-0.18 (0.98)	0.45 (1.29)	24.0	.464	0.33
Protang: Tpos	11	-45.60 (366.67)	-348.07 (761.24)	31.0	.898	0.06
Protang: Tneg	11	113.05 (584.87)	-538.69 (967.35)	19.0	.240	0.53
Protang: Fpos	11	0.04 (0.28)	-0.15 (0.32)	23.0	.414	0.37
Protang: Fneg	11	-0.20 (0.47)	-0.58 (1.10)	31.0	.898	0.06
Lesetext: WPM	10 <sup>a</sup>	4.56 (5.03)	3.53 (6.00)	26.0	.922	0.05
FokAT: BZO	10 <sup>d</sup>	6.90 (15.27)	6.90 (12.21)	26.0	.922	0.05
FokAT: AF	10 <sup>d</sup>	3.10 (9.21)	-2.40 (5.10)	16.0	.276	0.52
FokAT: VF	10 <sup>d</sup>	-1.70 (1.34)	2.30 (2.83)	1.5	.006***	1.43
FokAT: KL	10 <sup>d</sup>	5.50 (8.70)	7.00 (14.85)	27.0	>.99	0.00
FokAT: KL <sub>kor</sub>	8 <sup>abd</sup>	23.96 (23.51)	8.55 (15.76)	10.0	.312	0.54

*Hinweis:* <sup>a</sup> ohne VPN 5; <sup>b</sup> ohne VPN 1; <sup>d</sup> ohne VPN 3; \*  $p < .10$ ; \*\*  $p < .05$ ; \*\*\*  $p < .01$

Um das Ausbleiben der erwarteten Unterschiede näher zu untersuchen, wurden die Leistungsverläufe der einzelnen Probanden anhand des  $S_{3-5}$ - bzw.  $S_M$ -Kriteriums in „erwartungsgemäße“, „unspezifische“ und „erwartungswidrige“ Verläufe eingeteilt. Als „erwartungsgemäß“ wurden hierbei Verläufe bezeichnet, bei denen die Verbesserung einer Variablen unter spezifischer Förderung die Leistungsverbesserung unter unspezifischer Förderung um mehr als das doppelte der zugehörigen  $S_{3-5}$  überschritt. Als „erwartungswidrig“ wurden Verläufe bezeichnet, bei denen sich die Leistung unter unspezifischer Förderung im Vergleich um mehr als  $2 \cdot S_{3-5}$  verbesserte oder sich die Leistung unter spezifischer Förderung um mehr als  $2 \cdot S_{3-5}$  verschlechterte. Bei „unspezifischen“ Verläufen war der Unterschied der Leistungsdifferenzen zwischen *Pro\*Text* und *SEARCH* kleiner als  $2 \cdot S_{3-5}$ .

In Tabelle 18 sind die Probanden der hier untersuchten Stichprobe anhand dieser Einteilung aufgelistet. Da bezüglich der Variablen des *FokAT-KJ* keine Erwartungen hinsichtlich eines spezifischen Einflusses der Behandlungsverfahren bestanden, wurden sie in dieser

Darstellung ausgespart. Bei Betrachtung der Auflistung in Tabelle 18 wurde deutlich, dass sich die Leistung der meisten Probanden in den einzelnen Variablen unspezifisch veränderte. Dies sprach gegen eine Annahme der Hypothese 3.

Tabelle 18: Auflistung der einzelnen Probanden (mit VPN-Nummer) verteilt nach erwartungsgemäßer, unspezifischer und erwartungswidriger Leistungsentwicklung

<u>Messwert</u>	<u>erwartungsgemäß<sup>e</sup></u>	<u>unspezifisch<sup>e</sup></u>	<u>erwartungswidrig<sup>e</sup></u>
Kreise: T	3, 8	1, 2, 4, 5, 6, 7, 10, 11	9
Kreise: AF	2, 7, 9	1, 3, 4, 5, 6, 10, 11	8
Kreise: EffSc	3, 4, 7, 8	1, 2, 5, 9, 10, 11	
Rauten: T	6	2, 4, 5, 8, 11	1, 3, 7, 9, 10
Rauten: AF	4, 7	1, 2, 5, 6, 8, 9, 10, 11	3
Rauten: VF	3	1,2,4,5,6,7,8,9,10,11	
Protang: Tpos	1, 2, 4, 6	3, 8, 10, 11	5, 7, 9
Protang: Tneg	1, 2, 6	4, 8, 10, 11	3, 5, 7, 9
Protang: Fpos	11	3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10	1, 2
Protang: Fneg	3, 4, 8	2, 5, 6, 10, 11	1, 7, 9
Lesetext: WPM	2, 4, 11	1, 3, 7, 8, 9, 10	6

*Hinweis:* <sup>e</sup> Erläuterung der Einteilung in Kapitel 4.3.3

Da in den Variablen *T* des Tests *Rauten durchstreichen* sowie *Tpos* und *Tneg* des *Protang* insbesondere Probanden der zweiten Untersuchungsgruppe erwartungswidrige Verläufe zeigten (vgl. Tabelle 18), wurden in einem zusätzlichen Analyseschritt die Leistungsdifferenzen im ersten und zweiten Behandlungsblock ungeachtet des angewendeten Behandlungsverfahrens mittels Wilcoxon-Tests verglichen.

Die in Tabelle 19 dargestellten Ergebnisse dieses Analyseschritts ergaben eine signifikante größere Reduktion der Bearbeitungszeit im Test *Rauten durchstreichen* sowie im *Protang* im ersten Behandlungsblock. Auch dieser Befund widerspricht einer spezifischen Wirkung von *SEARCH* und *Pro\*Text* bei Kindern mit CVI.

Aufgrund der oben dargestellten Ergebnisse dieses Analyseschritts wurde die Hypothese 3 der vorliegenden Untersuchung abgelehnt.

Tabelle 19: Ergebnisse der Wilcoxon-Tests zwischen der Leistungsveränderung in Block 1 und Block 2

Messwert	<i>N</i>	<i>M(SD)<sub>B1</sub></i>	<i>M(SD)<sub>B2</sub></i>	<i>T</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
Kreise: T	11	-2.18 (5.47)	1.09 (6.61)	17.0	.174	0.61
Kreise: AF	11	0.55 (1.29)	-0.64 (1.57)	18.5	.240	0.55
Kreise: EffSc	11	0.17 (0.21)	-0.01 (0.25)	16.0	.148	0.66
Rauten: T	11	-5.18 (6.13)	2.64 (7.14)	4.5	.010**	1.25
Rauten: AF	11	-0.27 (1.27)	-0.36 (0.92)	32.5	>.99	0.00
Rauten: VF	11	0.45 (1.21)	-0.18 (1.08)	31.0	.898	0.06
Protang: Tpos	11	-528.73 (694.66)	135.05 (198.40)	3.0	.004***	1.35
Protang: Tneg	11	-593.58 (949.20)	167.95 (539.93)	6.0	.014**	1.16
Protang: Fpos	11	-0.04 (0.15)	-0.07 (0.42)	28.0	.700	0.17
Protang: Fneg	11	-0.73 (1.04)	-0.05 (0.44)	27.0	.638	0.21
Lesetext: WPM	10 <sup>a</sup>	4.02 (5.45)	4.07 (5.67)	24.0	.770	0.14
FokAT: BZO	10 <sup>d</sup>	11.30 (17.34)	2.50 (6.20)	13.0	.160	0.67
FokAT: AF	10 <sup>d</sup>	1.30 (10.70)	-0.60 (3.34)	24.0	.770	0.14
FokAT: VF	10 <sup>d</sup>	0.50 (3.87)	0.10 (1.91)	25.0	.846	0.09
FokAT: KL	10 <sup>d</sup>	9.50 (14.64)	3.00 (7.73)	14.0	.194	0.62
FokAT: KL <sub>kor</sub>	8 <sup>abd</sup>	25.77 (23.55)	6.74 (13.23)	9.0	.250	0.62

Hinweis: <sup>a</sup> ohne VPN 5; <sup>b</sup> ohne VPN 1; <sup>d</sup> ohne VPN 3; \*  $p < .10$ ; \*\*  $p < .05$ ; \*\*\*  $p < .01$

#### 4.3.4 Einfluss der Anwendungsreihenfolge

Zur Prüfung der vierten Hypothese wurden die beiden in den vorigen Abschnitten dargestellten Untersuchungsgruppen (vgl. Kap. 3.4.3) herangezogen. In einem ersten Schritt erfolgte ein Vergleich der beiden Gruppen bezüglich ihrer Ausgangsleistung mit Hilfe von Mann-Whitney-U-Tests. Hierbei wurde auf Basis der zweiseitigen Signifikanz getestet.

Wie in Tabelle 20 erkennbar zeigten sich keinerlei signifikante Unterschiede hinsichtlich der Ausgangsleistung zwischen Gruppe 1 und Gruppe 2.

In einem zweiten Analyseschritt wurden die Untersuchungsgruppen dann in Hinblick auf ihre Leistungsveränderungen unter *SEARCH*, unter *Pro\*Text* und über die gesamte Behandlungsphase (VT – NT) hinweg unter Zuhilfenahme von Mann-Whitney-U-Tests verglichen. Auch hier erfolgte die Analyse auf Basis der zweiseitigen Signifikanz, da es sich bei Hypothese 4 um eine ungerichtete Annahme handelt.

Tabelle 20: Ergebnisse der Mann-Whitney-U-Tests zwischen der Ausgangsleistung zu VT von Gruppe 1 und Gruppe 2

Messwert	<i>N</i>	<i>M(SD)<sub>G1</sub></i>	<i>M(SD)<sub>G2</sub></i>	<i>U</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
Kreise: T	11	21.33 (8.48)	21.20 (8.73)	14.5	.930	0.06
Kreise: AF	11	0.33 (0.52)	1.60 (2.61)	12.0	.662	0.33
Kreise: EffSc	11	1.04 (0.32)	1.05 (0.52)	14.5	.930	0.06
Rauten: T	11	25.17 (9.95)	31.80 (12.52)	9.5	.330	0.64
Rauten: AF	11	1.17 (1.60)	2.40 (3.13)	10.0	.428	0.57
Rauten: VF	11	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	15.0	>.99	0.00
Protang: Tpos	11	1089.30 (548.41)	2191.96 (1923.00)	12.0	.662	0.33
Protang: Tneg	11	1468.77 (1002.15)	2621.68 (2385.28)	13.0	.792	0.22
Protang: Fpos	11	0.33 (0.45)	0.04 (0.09)	7.0	.178	0.98
Protang: Fneg	11	0.80 (0.62)	2.52 (3.82)	14.5	.930	0.06
Lesetext: WPM	10 <sup>a</sup>	37.98 (17.65)	33.38 (14.70)	11.0	.914	0.14
FokAT: BZO	11	176.83 (66.09)	204.00 (31.31)	12.0	.662	0.33
FokAT: AF	11	12.67 (27.64)	6.80 (9.04)	13.0	.792	0.22
FokAT: VF	11	3.33 (2.94)	2.80 (2.05)	14.0	.930	0.11
FokAT: KL	11	160.83 (71.00)	194.40 (32.90)	12.0	.662	0.33
FokAT: KL <sub>kor</sub>	9 <sup>ab</sup>	158.60 (85.80)	207.67 (54.63)	5.0	.286	0.89

Hinweis: <sup>a</sup> ohne VPN 5; <sup>b</sup> ohne VPN 1; \*  $p < .10$ ; \*\*  $p < .05$ ; \*\*\*  $p < .01$

Bezüglich der Leistungsverbesserungen unter *SEARCH* (vgl. Tabelle 21) zeigten sich signifikante Gruppenunterschiede im *Effektivitätsscore* des Tests *Kreise durchstreichen* sowie bei den beiden Maßen für die Bearbeitungszeit des *Protang*. In allen drei Variablen deuten die Mittelwerte auf größere Leistungsverbesserungen bei der ersten Untersuchungsgruppe hin.

Nach Behandlung mit *Pro\*Text* unterschieden sich die Leistungsveränderungen der Gruppen signifikant hinsichtlich des Maßes für die Bearbeitungszeit des Tests *Rauten durchstreichen* und bei beiden Variablen für die Bearbeitungszeit des *Protang* (vgl. Tabelle 22). Anhand der Mittelwerte lässt sich darauf schließen, dass hier die zweite Untersuchungsgruppe größere Leistungsverbesserungen im Zuge dieser Behandlungsphase erreichen konnte.

Anzumerken ist hierbei, dass sich die in Tabelle 21 und 22 beschriebenen Gruppenunterschiede hinsichtlich beider Maße der Bearbeitungszeit des *Protang* mit den Ergebnissen des Vergleichs der zwei Behandlungsblöcke in Tabelle 19 weitgehend decken.

Tabelle 21: Ergebnisse der Mann-Whitney-U-Tests zwischen der Leistungsveränderung von Gruppe 1 und Gruppe 2 unter SEARCH

Messwert	<i>N</i>	<i>M(SD)<sub>G1</sub></i>	<i>M(SD)<sub>G2</sub></i>	<i>U</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
Kreise: T	11	-3.83 (2.14)	-0.80 (7.33)	8.5	.246	0.77
Kreise: AF	11	0.17 (0.75)	-1.40 (2.19)	7.5	.178	0.91
Kreise: EffSc	11	0.29 (0.14)	0.05 (0.21)	4.5	.052*	1.42
Rauten: T	11	-2.00 (3.79)	4.80 (10.62)	8.5	.246	0.77
Rauten: AF	11	-0.50 (0.84)	-0.60 (0.89)	14.0	.930	0.11
Rauten: VF	11	0.17 (0.41)	-0.60 (1.34)	10.0	.428	0.57
Protang: Tpos	11	-271.80 (291.16)	225.84 (247.59)	2.0	.018**	2.05
Protang: Tneg	11	-209.17 (240.70)	499.72 (663.42)	3.0	.030**	1.76
Protang: Fpos	11	-0.07 (0.16)	0.16 (0.36)	8.0	.246	0.84
Protang: Fneg	11	-0.43 (0.41)	0.08 (0.41)	6.0	.126	1.14
Lesetext: WPM	10 <sup>a</sup>	4.38 (5.47)	4.84 (5.09)	11.0	.914	0.14
FokAT: BZO	10 <sup>d</sup>	10.00 (19.46)	2.25 (4.50)	10.0	.762	0.27
FokAT: AF	10 <sup>d</sup>	4.67 (11.94)	0.75 (2.06)	12.0	>.99	0.00
FokAT: VF	10 <sup>d</sup>	-1.83 (1.47)	-1.50 (1.29)	10.5	.762	0.20
FokAT: KL	10 <sup>d</sup>	7.17 (10.93)	3.00 (3.74)	9.0	.610	0.41
FokAT: KL <sub>kor</sub>	8 <sup>abd</sup>	28.88 (28.97)	15.75 (9.70)	5.0	.572	0.55

Hinweis: <sup>a</sup> ohne VPN 5; <sup>b</sup> ohne VPN 1; <sup>d</sup> ohne VPN 3; \*  $p < .10$ ; \*\*  $p < .05$ ; \*\*\*  $p < .01$

Tabelle 22: Ergebnisse der Mann-Whitney-U-Tests zwischen der Leistungsveränderung von Gruppe 1 und Gruppe 2 unter Pro\*Text

Messwert	<i>N</i>	<i>M(SD)<sub>G1</sub></i>	<i>M(SD)<sub>G2</sub></i>	<i>U</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
Kreise: T	11	2.67 (6.15)	-0.20 (7.76)	12.0	.662	0.33
Kreise: AF	11	0.00 (0.00)	1.00 (1.73)	9.0	.330	0.70
Kreise: EffSc	11	-0.06 (0.29)	0.04 (0.20)	13.0	.792	0.22
Rauten: T	11	0.83 (1.83)	-9.00 (6.52)	4.5	.052*	1.42
Rauten: AF	11	-0.17 (0.98)	0.00 (1.73)	12.0	.662	0.33
Rauten: VF	11	0.17 (0.75)	0.80 (1.79)	14.0	.930	0.11
Protang: Tpos	11	59.40 (120.72)	-837.04 (939.45)	0.0	.004***	2.93
Protang: Tneg	11	-108.53 (170.73)	-1054.88 (1300.91)	3.0	.030**	1.76
Protang: Fpos	11	-0.27 (0.39)	0.00 (0.14)	8.0	.246	0.84
Protang: Fneg	11	-0.17 (0.46)	-1.08 (1.49)	11.0	.536	0.45
Lesetext: WPM	10 <sup>a</sup>	3.56 (6.45)	3.49 (6.22)	12.0	>.99	0.00
FokAT: BZO	10 <sup>d</sup>	2.67 (7.55)	13.25 (16.19)	7.0	.352	0.72
FokAT: AF	10 <sup>d</sup>	-1.50 (3.89)	-3.75 (6.99)	8.0	.476	0.56
FokAT: VF	10 <sup>d</sup>	1.17 (1.47)	4.00 (3.74)	5.5	.172	0.98
FokAT: KL	10 <sup>d</sup>	3.00 (9.96)	13.00 (20.41)	8.0	.476	0.56
FokAT: KL <sub>kor</sub>	8 <sup>abd</sup>	1.33 (12.72)	20.59 (14.07)	2.0	.142	1.42

Hinweis: <sup>a</sup> ohne VPN 5; <sup>b</sup> ohne VPN 1; <sup>d</sup> ohne VPN 3; \*  $p < .10$ ; \*\*  $p < .05$ ; \*\*\*  $p < .01$

In Tabelle 23 ist letztlich der Gruppenvergleich hinsichtlich der Leistungsdifferenzen zwischen Vor- und Nachtestung abgebildet. In 15 von 16 Messwerten konnten keine signifikanten Gruppenunterschiede gefunden werden. Einzige Ausnahme ist die Variable *Fpos* des *Protang*. Hier deuten die Mittelwerte auf eine Leistungsverbesserung in der ersten und eine leichte Verschlechterung der Leistung in der zweiten Untersuchungsgruppe hin.

Tabelle 23: Ergebnisse der Mann-Whitney-U-Tests zwischen der Leistungsveränderung von Gruppe 1 und Gruppe 2 zwischen VT und NT

Messwert	<i>N</i>	<i>M(SD)<sub>G1</sub></i>	<i>M(SD)<sub>G2</sub></i>	<i>U</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
Kreise: T	11	-1.17 (5.85)	-1.00 (1.22)	8.5	.246	0.77
Kreise: AF	11	0.17 (0.75)	-0.40 (0.55)	8.5	.246	0.77
Kreise: EffSc	11	0.23 (0.32)	0.09 (0.08)	8.0	.246	0.84
Rauten: T	11	-1.17 (5.27)	-4.20 (12.26)	12.0	.662	0.33
Rauten: AF	11	-0.67 (1.21)	-0.60 (1.82)	13.5	.792	0.17
Rauten: VF	11	0.33 (0.52)	0.20 (0.45)	13.0	.792	0.22
Protang: Tpos	11	-212.40 (210.94)	-611.20 (699.27)	11.0	.536	0.45
Protang: Tneg	11	-317.70 (353.93)	-555.16 (1259.50)	12.0	.662	0.33
Protang: Fpos	11	-0.33 (0.45)	0.16 (0.26)	3.0	.030**	1.76
Protang: Fneg	11	-0.60 (0.52)	-1.00 (1.21)	14.5	.930	0.06
Lesetext: WPM	10 <sup>a</sup>	7.94 (2.74)	8.32 (7.73)	10.0	.762	0.27
FokAT: BZO	11	12.67 (18.86)	16.40 (17.46)	13.0	.792	0.22
FokAT: AF	11	3.17 (8.38)	-2.40 (6.19)	7.0	.178	0.98
FokAT: VF	11	-0.67 (1.21)	2.00 (4.00)	8.5	.246	0.77
FokAT: KL	11	10.17 (10.98)	16.80 (20.87)	11.0	.536	0.45
FokAT: KL <sub>kor</sub>	9 <sup>ab</sup>	30.20 (20.93)	32.26 (15.81)	10.0	>.99	0.00

Hinweis: <sup>a</sup> ohne VPN 5; <sup>b</sup> ohne VPN 1; \*  $p < .10$ ; \*\*  $p < .05$ ; \*\*\*  $p < .01$

Zusammenfassend sprechen die im Vorigen beschriebenen Ergebnisse für eine weitgehende Unabhängigkeit der Leistungsentwicklung von der Anwendungsreihenfolge der Behandlungsverfahren. Aus diesem Grund wurde die vierte Hypothese angenommen.

#### 4.3.5 Einfluss von Gesichtsfeldstörungen

Aufgrund der zu Anfang uneinheitlichen Befundlage wurden alle Probanden der vorliegenden Studie im Rahmen des übergreifenden CVI-Forschungsprojekts (vgl. Kap. 3.1.1) perimetriert. Hierbei wiesen neun der insgesamt elf Probanden Gesichtsfeldausdehnungen von beidseits mindestens 40 Grad in horizontaler und 30 Grad in vertikaler Richtung auf. Bei

diesen Probanden wurden daher keine Gesichtsfeldbedingten Schwierigkeiten hinsichtlich der Förderung erwartet. Auffällig waren hingegen die Befunde von VPN 4 und VPN 9. Erstere litt an einer linksseitigen Hemianopsie mit einem Restgesichtsfeld von vier Grad im betroffenen Halbfeld. Die zweite Probandin zeigte eine hochgradige konzentrische Gesichtsfeldeinengung mit einem verbleibenden Restgesichtsfeld von drei Grad im Durchmesser.

Um nun eventuelle Auswirkungen von Gesichtsfeldausfällen auf die Förderung zu untersuchen, wurden die Ausgangsleistungen ( $X$ ) der beiden Probandinnen sowie ihr jeweiliger Leistungszuwachs zwischen Vortestung und Nachtestung ( $D$ ) mit dem zugehörigen Durchschnitt der restlichen Probanden ( $M$ ) verglichen. Hierzu wurde der modifizierte T-Test für unabhängige Stichproben nach Crawford & Howell (1998) angewendet. Dieses Verfahren setzt zwar eine Normalverteilung der zugrundeliegenden Daten voraus, reagiert aber selbst auf extreme Abweichungen von der Normalverteilung robust (Crawford J. R., Garthwaite, Azzalini, Howell, & Laws, 2006), was eine Anwendung in vorliegender Studie rechtfertigt. Weil hierbei jedoch das Risiko einer Überschätzung der Signifikanz besteht, wurde für diesen Analyseschritt das in der übrigen Arbeit verwendete Signifikanzniveau von  $\alpha = .10$  halbiert. Es werden also in diesem Abschnitt Effekte bis  $p = .05$  als signifikant bezeichnet und die Markierung mit Asterisken entsprechend angepasst. Da es sich auch bei Hypothese 5 um eine ungerichtete Annahme handelt, wurde hier auf Basis der zweiseitigen Signifikanz getestet.

Die Ergebnisse des Vergleichs der Werte von VPN 4 mit der restlichen Stichprobe sind in den Tabellen 24 und 25 dargestellt. Hinsichtlich der Ausgangsleistung dieser Schülerin fanden sich keine signifikanten Unterschiede zu den Messwerten der anderen Probanden. Bei Betrachtung der Leistungsdifferenz zwischen Vor- und Nachtestung zeigte sich, dass sich die Leistungsentwicklung hinsichtlich der Bearbeitungszeit beim Test *Kreise durchstreichen* bei VPN 4 signifikant von der der restlichen Stichprobe unterschied. Im Gegensatz zur den übrigen Probanden verlängerte sich die Bearbeitungszeit der Probandin bei diesem Test.

Tabelle 24: Vergleich der Ausgangsleistung von VPN 4 mit dem Durchschnitt der übrigen Stichprobe mittels modifiziertem T-Test nach Crawford &amp; Howell (1998)

Messwert	$\bar{X}_{VPN 4}$	$M(SD)_{fov}^{e†}$	df	T	p
Kreise: T	19.00	20.11 (7.79)	8	0.14	.896
Kreise: AF	1.00	0.33 (0.71)	8	0.90	.397
Kreise: EffSc	0.95	1.12 (0.38)	8	0.42	.682
Rauten: T	31.00	27.11 (12.13)	8	0.30	.769
Rauten: AF	2.00	1.00 (1.23)	8	0.77	.463
Rauten: VF	0.00	0.00 (0.00)	8	0.00	>.99
Protang: Tpos	2111.60	1175.09 (963.92)	8	0.92	.384
Protang: Tneg	3444.00	1616.67 (1742.29)	8	1.00	.349
Protang: Fpos	0.20	0.22 (0.39)	8	0.05	.962
Protang: Fneg	1.20	0.80 (0.98)	8	0.39	.709
Lesetext: WPM	49.73	32.46 (15.64)	7	1.04	.332
FokAT: BZO	127.00	196.78 (54.03)	8	1.23	.255
FokAT: AF	4.00	9.33 (22.52)	8	0.23	.828
FokAT: VF	1.00	3.56 (2.51)	8	0.97	.362
FokAT: KL	122.00	183.89 (60.08)	8	0.98	.357
FokAT: KL <sub>kor</sub>	122.00	191.18 (80.87)	6	0.80	.454

Hinweis: <sup>e</sup> ohne VPN 4; <sup>†</sup> ohne VPN 9; \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$ ; \*\*\*  $p < .001$

Tabelle 25: Vergleich der Leistungsdifferenz zwischen VT und NT von VPN 4 mit dem Durchschnitt der übrigen Stichprobe mittels modifiziertem T-Test nach Crawford &amp; Howell (1998)

Messwert	$D_{VPN 4}$	$M(SD)_{fov}^{e†}$	df	T	p
Kreise: T	10.00	-2.11 (2.26)	8	5.08	.001**
Kreise: AF	1.00	-0.11 (0.60)	8	1.76	.117
Kreise: EffSc	-0.26	0.22 (0.21)	8	2.17	.062
Rauten: T	8.00	-5.33 (6.82)	8	1.85	.101
Rauten: AF	-1.00	-0.33 (1.32)	8	0.48	.643
Rauten: VF	1.00	0.22 (0.44)	8	1.68	.131
Protang: Tpos	-491.60	-278.71 (448.07)	8	0.45	.664
Protang: Tneg	-853.80	-463.09 (890.51)	8	0.42	.688
Protang: Fpos	-0.20	-0.13 (0.48)	8	0.14	.893
Protang: Fneg	-0.60	-0.60 (0.71)	8	0.00	>.99
Lesetext: WPM	12.97	7.93 (5.07)	7	0.94	.380
FokAT: BZO	6.00	12.22 (16.44)	8	0.36	.729
FokAT: AF	-3.00	2.11 (7.61)	8	0.64	.542
FokAT: VF	1.00	-0.22 (2.33)	8	0.50	.633
FokAT: KL	8.00	10.33 (13.30)	8	0.17	.872
FokAT: KL <sub>kor</sub>	8.00	30.98 (15.27)	6	1.41	.209

Hinweis: <sup>e</sup> ohne VPN 4; <sup>†</sup> ohne VPN 9; \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$ ; \*\*\*  $p < .001$

Auch beim Test *Rauten durchstreichen* verlängerte sich die Bearbeitungszeit von VPN 4, während die Bearbeitungsgeschwindigkeit der restlichen Probanden im Schnitt zunahm. Der Unterschied unterschritt hier aber die Grenze für statistische Signifikanz.

Der Vergleich von VPN 9 mit den Probanden ohne relevante Gesichtsfeldausfälle ist in den Tabellen 26 und 27 abgebildet. Bezüglich ihrer Ausgangsleistung unterschied sich die Probandin in der Anzahl an Auslassungsfehlern bei den Tests *Kreise durchstreichen*, *Rauten durchstreichen* und *Protang* von der restlichen Stichprobe. In allen drei Verfahren übersah VPN 9 in der Vortestung signifikant mehr Targets als die übrigen Probanden. Zudem brauchte sie für die Bearbeitung positiver Items beim *Protang* signifikant mehr Zeit.

Die Leistungsentwicklung (VT-NT) von VPN 9 unterschied sich in vier Messwerten von der übrigen Stichprobe. So verlängerte sich ihre Bearbeitungszeit beim Test *Rauten durchstreichen*, während sich die Bearbeitungszeit der übrigen Probanden im Durchschnitt verkürzte. Beim *Protang* konnte VPN 9 ihre Anzahl an Auslassungsfehlern signifikant stärker reduzieren. Beim *FokAT-KJ* zeigte die Probandin eine deutliche Erhöhung der Anzahl an Verwechslungsfehlern, während dieser Wert in der übrigen Stichprobe weitgehend konstant blieb. Hinsichtlich der Konzentrationsleistung im *FokAT-KJ* konnte sich VPN 9 stärker verbessern als die Probanden ohne relevante Gesichtsfeldausfälle.

Da sich Ausgangsleistung und Leistungsentwicklung der beiden Schülerinnen VPN 4 und VPN 9 teilweise deutlich vom Durchschnitt der übrigen Probanden dieser Studie unterschieden, muss davon ausgegangen werden, dass das Vorliegen von Störungen des Gesichtsfelds einen Einfluss auf den Erfolg der Förderung mit *SEARCH* und *Pro\*Text* hat. Aus diesem Grund wurde Hypothese 5 der vorliegenden Arbeit angenommen.

Tabelle 26: Vergleich der Ausgangsleistung von VPN 9 mit dem Durchschnitt der übrigen Stichprobe mittels modifiziertem T-Test nach Crawford &amp; Howell (1998)

Messwert	$\bar{X}_{VPN\ 9}$	$M(SD)_{fov}^{ef}$	$df$	$T$	$p$
Kreise: T	34.00	20.11 (7.79)	8	1.69	.129
Kreise: AF	6.00	0.33 (0.71)	8	7.58	<.001***
Kreise: EffSc	0.44	1.12 (0.38)	8	1.70	.128
Rauten: T	35.00	27.11 (12.13)	8	0.62	.554
Rauten: AF	8.00	1.00 (1.23)	8	5.40	.001**
Rauten: VF	0.00	0.00 (0.00)	8	0.00	>.99
Protang: Tpos	4808.20	1175.09 (963.92)	8	3.58	.007**
Protang: Tneg	3927.00	1616.67 (1742.29)	8	1.26	.244
Protang: Fpos	0.00	0.22 (0.39)	8	0.54	.607
Protang: Fneg	9.00	0.80 (0.98)	8	7.94	<.001***
Lesetext: WPM	52.00	32.46 (15.64)	7	1.18	.277
FokAT: BZO	183.00	196.78 (54.03)	8	0.24	.815
FokAT: AF	22.00	9.33 (22.52)	8	0.53	.608
FokAT: VF	1.00	3.56 (2.51)	8	0.97	.362
FokAT: KL	160.00	183.89 (60.08)	8	0.38	.716
FokAT: KL <sub>kor</sub>	163.40	191.18 (80.87)	6	0.32	.759

Hinweis: <sup>e</sup> ohne VPN 4; <sup>f</sup> ohne VPN 9; \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$ ; \*\*\*  $p < .001$

Tabelle 27: Vergleich der Leistungsdifferenz zwischen VT und NT von VPN 9 mit dem Durchschnitt der übrigen Stichprobe mittels modifiziertem T-Test nach Crawford &amp; Howell (1998)

Messwert	$D_{VPN\ 9}$	$M(SD)_{fov}^{ef}$	$df$	$T$	$p$
Kreise: T	-3.00	-2.11 (2.26)	8	0.37	.718
Kreise: AF	-1.00	-0.11 (0.60)	8	1.41	.197
Kreise: EffSc	0.08	0.22 (0.21)	8	0.63	.545
Rauten: T	12.00	-5.33 (6.82)	8	2.41	.042*
Rauten: AF	-3.00	-0.33 (1.32)	8	1.92	.091
Rauten: VF	0.00	0.22 (0.44)	8	0.47	.648
Protang: Tpos	-1330.40	-278.71 (448.07)	8	2.23	.057
Protang: Tneg	339.60	-463.09 (890.51)	8	0.86	.417
Protang: Fpos	0.20	-0.13 (0.48)	8	0.65	.533
Protang: Fneg	-2.60	-0.60 (0.71)	8	2.67	.028*
Lesetext: WPM	4.52	7.93 (5.07)	7	0.63	.546
FokAT: BZO	42.00	12.22 (16.44)	8	1.72	.124
FokAT: AF	-9.00	2.11 (7.61)	8	1.39	.203
FokAT: VF	7.00	-0.22 (2.33)	8	2.94	.019*
FokAT: KL	44.00	10.33 (13.30)	8	2.40	.043*
FokAT: KL <sub>kor</sub>	55.17	30.98 (15.27)	6	1.48	.189

Hinweis: <sup>e</sup> ohne VPN 4; <sup>f</sup> ohne VPN 9; \*  $p < .05$ ; \*\*  $p < .01$ ; \*\*\*  $p < .001$

### 4.3.6 Einfluss nicht-visueller Entwicklungsdefizite

Zur Überprüfung des in Hypothese 6 postulierten Einflusses von nicht-visuellen Entwicklungsdefiziten wurde die Stichprobe in zwei Untergruppen aufgeteilt. Kinder, bei denen Entwicklungsdefizite diagnostiziert worden waren, wurden der Gruppe *DevX* ( $N=6$ ) zugeteilt. Die übrigen Kinder ohne entsprechende Diagnose wurden zur Gruppe *Dev* ( $N=5$ ) zusammengefasst. Der statistische Vergleich dieser Untergruppen erfolgte analog zum Vergleich der beiden Untersuchungsgruppen im Abschnitt 4.3.4.

Tabelle 28: Ergebnisse der Mann-Whitney-U-Tests zwischen der Ausgangsleistung zu VT von Probanden mit und ohne diagnostiziertem Entwicklungsrückstand

Messwert	<i>N</i>	$M(SD)_{devX}$	$M(SD)_{dev}$	<i>U</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
Kreise: T	11	24.50 (10.10)	17.40 (2.07)	7.5	.246	0.91
Kreise: AF	11	1.17 (2.40)	0.60 (0.89)	14.5	>.99	0.06
Kreise: EffSc	11	0.95 (0.52)	1.15 (0.17)	9.0	.330	0.70
Rauten: T	11	29.33 (13.63)	26.80 (8.59)	13.5	.930	0.17
Rauten: AF	11	2.50 (3.01)	0.80 (0.84)	10.0	.428	0.57
Rauten: VF	11	0.00 (0.00)	0.00 (0.00)	15.0	>.99	0.00
Protang: Tpos	11	1505.67 (1632.34)	1692.32 (1244.36)	10.0	.428	0.57
Protang: Tneg	11	1466.33 (1227.55)	2624.60 (2247.87)	8.0	.246	0.84
Protang: Fpos	11	0.13 (0.16)	0.28 (0.52)	14.5	>.99	0.06
Protang: Fneg	11	1.80 (3.56)	1.32 (1.07)	8.5	.288	0.77
Lesetext: WPM	10 <sup>a</sup>	34.31 (14.88)	37.97 (18.28)	11.0	.842	0.20
FokAT: BZO	11	171.67 (54.88)	210.20 (46.54)	7.5	.246	0.91
FokAT: AF	11	16.33 (27.18)	2.40 (2.07)	13.5	.930	0.17
FokAT: VF	11	2.00 (1.79)	4.40 (2.70)	6.5	.178	1.06
FokAT: KL	11	153.33 (59.08)	203.40 (45.61)	7.0	.178	0.98
FokAT: KL <sub>kor</sub>	9 <sup>ab</sup>	151.52 (73.76)	216.52 (64.80)	5.0	.286	0.89

Hinweis: <sup>a</sup> ohne VPN 5; <sup>b</sup> ohne VPN 1; \*  $p < .10$ ; \*\*  $p < .05$ ; \*\*\*  $p < .01$

Wie in Tabelle 28 dargestellt fanden sich keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Ausgangsleistung von Kindern mit und ohne Entwicklungsrückstand.

Beim Vergleich der Leistungsveränderungen nach Behandlung mit *SEARCH* (vgl. Tabelle 29) zeigten sich signifikante Gruppenunterschiede bezüglich der Variable *KL* im *FokAT-KJ*. Hier deuten die Messwertunterschiede auf eine größere Leistungssteigerung bei Kindern mit Entwicklungsdefiziten hin.

Tabelle 29: Ergebnisse der Mann-Whitney-U-Tests zwischen der Leistungsveränderung von Probanden mit und ohne diagnostiziertem Entwicklungsrückstand unter SEARCH

Messwert	N	$M(SD)_{devX}$	$M(SD)_{dev}$	$\underline{U}$	$p$	$\underline{d}$
Kreise: T	11	-3.33 (6.44)	-1.40 (3.36)	10.5	.536	0.51
Kreise: AF	11	-0.83 (2.14)	-0.20 (1.10)	13.0	.792	0.22
Kreise: EffSc	11	0.18 (0.20)	0.18 (0.23)	14.5	>.99	0.06
Rauten: T	11	1.00 (10.18)	1.20 (5.72)	11.5	.662	0.39
Rauten: AF	11	-0.50 (0.84)	-0.60 (0.89)	14.0	.930	0.11
Rauten: VF	11	-0.33 (1.37)	0.00 (0.00)	15.0	>.99	0.00
Protang: Tpos	11	24.83 (280.43)	-130.12 (470.58)	11.0	.536	0.45
Protang: Tneg	11	282.97 (708.02)	-90.84 (365.08)	11.0	.536	0.45
Protang: Fpos	11	0.13 (0.35)	-0.08 (0.11)	8.5	.330	0.77
Protang: Fneg	11	-0.20 (0.31)	-0.20 (0.66)	12.5	.792	0.28
Lesetext: WPM	10 <sup>a</sup>	2.87 (5.32)	6.25 (4.64)	6.0	.222	0.95
FokAT: BZO	10 <sup>d</sup>	15.00 (18.26)	-1.20 (5.22)	5.0	.150	1.14
FokAT: AF	10 <sup>d</sup>	6.40 (12.72)	-0.20 (1.30)	6.0	.222	0.95
FokAT: VF	10 <sup>d</sup>	-2.00 (1.58)	-1.40 (1.14)	9.5	.690	0.40
FokAT: KL	10 <sup>d</sup>	10.60 (8.53)	0.40 (5.68)	2.5	.056*	1.76
FokAT: KL <sub>kor</sub>	8 <sup>abd</sup>	33.28 (25.12)	14.64 (20.65)	5.0	.486	0.64

Hinweis: <sup>a</sup> ohne VPN 5; <sup>b</sup> ohne VPN 1; <sup>d</sup> ohne VPN 3; \*  $p < .10$ ; \*\*  $p < .05$ ; \*\*\*  $p < .01$

Tabelle 30: Ergebnisse der Mann-Whitney-U-Tests zwischen der Leistungsveränderung von Probanden mit und ohne diagnostiziertem Entwicklungsrückstand unter Pro\*Text

Messwert	N	$M(SD)_{devX}$	$M(SD)_{dev}$	$\underline{U}$	$p$	$\underline{d}$
Kreise: T	11	0.50 (6.72)	2.40 (7.37)	14.5	>.99	0.06
Kreise: AF	11	0.67 (1.63)	0.20 (0.45)	15.0	>.99	0.00
Kreise: EffSc	11	0.07 (0.17)	-0.12 (0.30)	7.0	.178	0.98
Rauten: T	11	-3.00 (6.00)	-4.40 (8.14)	14.0	.930	0.11
Rauten: AF	11	-0.83 (0.75)	0.80 (1.30)	3.0	.030**	1.76
Rauten: VF	11	0.50 (1.76)	0.40 (0.55)	11.0	.536	0.45
Protang: Tpos	11	-363.40 (687.18)	-329.68 (926.10)	11.0	.536	0.45
Protang: Tneg	11	-331.17 (496.28)	-787.72 (1374.57)	14.0	.930	0.11
Protang: Fpos	11	-0.10 (0.21)	-0.20 (0.45)	14.0	.930	0.11
Protang: Fneg	11	-0.47 (1.06)	-0.72 (1.27)	13.0	.792	0.22
Lesetext: WPM	10 <sup>a</sup>	3.80 (4.96)	3.26 (7.50)	12.0	>.99	0.07
FokAT: BZO	10 <sup>d</sup>	10.60 (15.81)	3.20 (7.16)	9.0	.548	0.48
FokAT: AF	10 <sup>d</sup>	-5.20 (5.40)	0.40 (3.13)	5.0	.150	1.14
FokAT: VF	10 <sup>d</sup>	3.40 (2.97)	1.20 (2.49)	6.5	.310	0.86
FokAT: KL	10 <sup>d</sup>	12.40 (18.24)	1.60 (9.53)	9.0	.548	0.48
FokAT: KL <sub>kor</sub>	8 <sup>abd</sup>	8.74 (20.46)	8.36 (12.69)	8.0	>.99	0.00

Hinweis: <sup>a</sup> ohne VPN 5; <sup>b</sup> ohne VPN 1; <sup>d</sup> ohne VPN 3; \*  $p < .10$ ; \*\*  $p < .05$ ; \*\*\*  $p < .01$

Die Leistungsdifferenzen nach Behandlung mit *Pro\*Text* (vgl. Tabelle 30) unterschieden sich hinsichtlich der Anzahl an Auslassungsfehlern beim Test *Rauten durchstreichen*. Auch hier lassen die Ergebnisse größere Leistungsverbesserungen in der Gruppe *DevX* erkennen.

Bei Betrachtung der Gesamtleistungsdifferenz zwischen Vor- und Nachtestung (vgl. Tabelle 31) zeigten sich signifikante Gruppenunterschiede in den Variablen *Tneg* des *Protang* sowie *BZO* und *KL* des *FokAT-KJ*. Während die Mittelwerte bei der Bearbeitungszeit des *Protang* für größere Leistungsverbesserungen bei Kindern ohne Entwicklungsdefizit sprechen, deuten die Ergebnisse bei den beiden Variablen des *FokAT-KJ* auf größere Verbesserungen bei Kindern mit Entwicklungsdefiziten hin.

Da bei der überwiegenden Mehrheit der Messwerte keine signifikanten Unterschiede zwischen Kindern mit und ohne nicht-visuelle Entwicklungsdefizite gefunden werden konnten, wurde Hypothese 6 abgelehnt.

Tabelle 31: Ergebnisse der Mann-Whitney-U-Tests zwischen der Leistungsveränderung zw. VT und NT von Probanden mit und ohne diagnostiziertem Entwicklungsrückstand

Messwert	<i>N</i>	<i>M(SD)<sub>devX</sub></i>	<i>M(SD)<sub>dev</sub></i>	<i>U</i>	<i>p</i>	<i>d</i>
Kreise: T	11	-2.83 (2.48)	1.00 (5.15)	7.0	.178	0.98
Kreise: AF	11	-0.17 (0.75)	0.00 (0.71)	13.0	.792	0.22
Kreise: EffSc	11	0.25 (0.22)	0.06 (0.24)	6.0	.126	1.14
Rauten: T	11	-2.00 (10.06)	-3.20 (7.98)	13.0	.792	0.22
Rauten: AF	11	-1.33 (1.37)	0.20 (1.10)	6.0	.126	1.14
Rauten: VF	11	0.17 (0.41)	0.40 (0.55)	11.5	.662	0.39
Protang: Tpos	11	-338.57 (513.26)	-459.80 (560.11)	9.0	.330	0.70
Protang: Tneg	11	-48.20 (282.42)	-878.56 (1100.71)	4.0	.052*	1.52
Protang: Fpos	11	0.03 (0.34)	-0.28 (0.52)	10.5	.536	0.51
Protang: Fneg	11	-0.67 (1.02)	-0.92 (0.76)	9.0	.330	0.70
Lesetext: WPM	10 <sup>a</sup>	6.68 (1.78)	9.51 (6.79)	10.0	.690	0.33
FokAT: BZO	11	24.67 (17.91)	2.00 (2.83)	3.5	.052*	1.64
FokAT: AF	11	1.00 (10.12)	0.20 (4.32)	13.5	.930	0.17
FokAT: VF	11	1.17 (2.93)	-0.20 (3.27)	9.5	.428	0.64
FokAT: KL	11	22.50 (14.52)	2.00 (8.15)	4.0	.052*	1.52
FokAT: KL <sub>kor</sub>	9 <sup>ab</sup>	37.61 (20.69)	23.00 (10.40)	6.0	.412	0.69

Hinweis: <sup>a</sup> ohne VPN 5; <sup>b</sup> ohne VPN 1; \*  $p < .10$ ; \*\*  $p < .05$ ; \*\*\*  $p < .01$

### 4.3.7 Einfluss des Alters

In der siebten und letzten Hypothese der vorliegenden Arbeit wurde die Annahme eines Einflusses des Alters der Probanden auf die Leistungsveränderungen im Behandlungsverlauf formuliert. Um dies zu überprüfen, wurden Rangkorrelationen (Kendall's  $\tau$ ) zwischen dem Alter der Probanden (in Monaten) und der Ausgangsleistung, der Leistungsveränderung nach den einzelnen Behandlungsverfahren sowie der Gesamtleistungsdifferenz zwischen VT und NT berechnet.

In Tabelle 32 sind die Korrelationen zwischen Probandenalter und Ausgangsleistung dargestellt. Hier fand sich ein signifikanter, mittelgroßer Zusammenhang der Anzahl an Auslassungsfehlern im *FokAT-KJ* mit dem Alter. Betrachtet man die Größe der übrigen Zusammenhänge unabhängig von der Signifikanz, so handelte es sich hier um überwiegend sehr kleine bis kleine Korrelationen.

Tabelle 32: Rangkorrelation (Kendalls  $\tau$ ) zwischen dem Probandenalter (in Monaten) und der Ausgangsleistung zu VT

<u>Messwert</u>	<u>N</u>	<u>r</u>	<u>p</u>
Kreise: T	11	-.057	.814
Kreise: AF	11	-.164	.522
Kreise: EffSc	11	.056	.814
Rauten: T	11	-.330	.160
Rauten: AF	11	.083	.739
Rauten: VF	11	n.m. <sup>g</sup>	n.m. <sup>g</sup>
Protang: Tpos	11	-.200	.392
Protang: Tneg	11	-.236	.312
Protang: Fpos	11	.288	.260
Protang: Fneg	11	.038	.874
Lesetext: WPM	10 <sup>a</sup>	.200	.421
FokAT: BZO	11	.019	.936
FokAT: AF	11	.405	.093*
FokAT: VF	11	-.170	.477
FokAT: KL	11	.037	.876
FokAT: KL <sub>kor</sub>	9 <sup>ab</sup>	-.056	.835

Hinweis: <sup>a</sup> ohne VPN 5; <sup>b</sup> ohne VPN 1; <sup>g</sup> Var(VF) = 0; \*  $p < .10$ ; \*\*  $p < .05$ ; \*\*\*  $p < .01$

Hinsichtlich der Leistungsveränderungen unter *SEARCH* fanden sich keine signifikanten Zusammenhänge mit dem Alter (vgl. Tabelle 33). Bei vier der in diesem Analyseschritt berechneten Korrelationen handelt es sich aber ungeachtet der Signifikanz um mittelgroße Zusammenhänge.

Tabelle 33: Rangkorrelation (Kendalls  $\tau$ ) zwischen dem Probandenalter (in Monaten) und der Leistungsveränderung unter *SEARCH*

Messwert	<i>N</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
Kreise: T	11	-.019	.938
Kreise: AF	11	.194	.440
Kreise: EffSc	11	.183	.435
Rauten: T	11	.019	.938
Rauten: AF	11	-.238	.359
Rauten: VF	11	.402	.128
Protang: Tpos	11	.091	.697
Protang: Tneg	11	.236	.312
Protang: Fpos	11	-.244	.340
Protang: Fneg	11	-.256	.295
Lesetext: WPM	10 <sup>a</sup>	.022	.929
FokAT: BZO	10 <sup>d</sup>	.328	.212
FokAT: AF	10 <sup>d</sup>	.387	.136
FokAT: VF	10 <sup>d</sup>	-.024	.927
FokAT: KL	10 <sup>d</sup>	.341	.176
FokAT: KL <sub>kor</sub>	8 <sup>abd</sup>	.000	>.99

Hinweis: <sup>a</sup> ohne VPN 5; <sup>b</sup> ohne VPN 1; <sup>d</sup> ohne VPN 3; \*  $p < .10$ ; \*\*  $p < .05$ ; \*\*\*  $p < .01$

Die Leistungsveränderungen unter *Pro\*Text* korrelierten hinsichtlich der Anzahl von Auslassungsfehlern im Test *Rauten durchstreichen* und der Variable *BZO* des *FokAT-KJ* signifikant mit dem Probandenalter (vgl. Tabelle 34). In beiden Fällen handelte es sich um mittelgroße Zusammenhänge. Die übrigen, nicht signifikanten Koeffizienten dieses Analyseschrittes sind von sehr kleiner bis mittlerer Größe.

Bei der in Tabelle 35 dargestellten Betrachtung der Gesamtleistungsdifferenz fanden sich mittelgroße bis große Zusammenhänge des Alters mit der Bearbeitungszeit beim Test *Kreise durchstreichen*, der Anzahl an Auslassungsfehlern im Test *Rauten durchstreichen* sowie den Variablen *Tneg* des *Protang* und *KL<sub>kor</sub>* des *FokAT-KJ*.

Tabelle 34: Rangkorrelation (Kendalls  $\tau$ ) zwischen dem Probandenalter (in Monaten) und der Leistungsveränderung unter Pro\*Text

Messwert	$N$	$r$	$p$
Kreise: T	11	-.224	.346
Kreise: AF	11	.093	.725
Kreise: EffSc	11	.091	.697
Rauten: T	11	.170	.477
Rauten: AF	11	-.458	.067*
Rauten: VF	11	-.352	.170
Protang: Tpos	11	.091	.697
Protang: Tneg	11	.164	.484
Protang: Fpos	11	.151	.548
Protang: Fneg	11	.019	.937
Lesetext: WPM	10 <sup>a</sup>	-.289	.245
FokAT: BZO	10 <sup>d</sup>	.479	.068*
FokAT: AF	10 <sup>d</sup>	-.276	.276
FokAT: VF	10 <sup>d</sup>	.114	.652
FokAT: KL	10 <sup>d</sup>	.289	.245
FokAT: KL <sub>kor</sub>	8 <sup>abd</sup>	.071	.805

Hinweis: <sup>a</sup> ohne VPN 5; <sup>b</sup> ohne VPN 1; <sup>d</sup> ohne VPN 3; \*  $p < .10$ ; \*\*  $p < .05$ ; \*\*\*  $p < .01$

Tabelle 35: Rangkorrelation (Kendalls  $\tau$ ) zwischen dem Probandenalter (in Monaten) und der Leistungsveränderung zwischen VT und NT

Messwert	$N$	$r$	$p$
Kreise: T	11	-.420	.081*
Kreise: AF	11	.270	.296
Kreise: EffSc	11	.236	.312
Rauten: T	11	.262	.270
Rauten: AF	11	-.442	.080*
Rauten: VF	11	-.165	.540
Protang: Tpos	11	.164	.484
Protang: Tneg	11	.491	.036**
Protang: Fpos	11	-.203	.410
Protang: Fneg	11	-.132	.580
Lesetext: WPM	10 <sup>a</sup>	-.111	.655
FokAT: BZO	11	.311	.199
FokAT: AF	11	.094	.693
FokAT: VF	11	.114	.635
FokAT: KL	11	.200	.392
FokAT: KL <sub>kor</sub>	9 <sup>ab</sup>	.500	.061*

Hinweis: <sup>a</sup> ohne VPN 5; <sup>b</sup> ohne VPN 1; \*  $p < .10$ ; \*\*  $p < .05$ ; \*\*\*  $p < .01$

Aufgrund der geringen Zusammenhänge wurde die siebte Hypothese abgelehnt.

#### 4.4 Zusatzanalyse: Einfluss der fokussierten Aufmerksamkeit

Da ausreichende Aufmerksamkeit eine wichtige Voraussetzung für die Förderung von Kindern mit CVI darstellt (vgl. Kapitel 3.3.3), wurde ihr Einfluss auf die visuellen Leistungen der Probanden im Rahmen einer Zusatzuntersuchung überprüft. Hierzu wurden Rangkorrelationen zwischen der korrigierten Konzentrationsleistung ( $KL_{\text{korrr}}$ ) des *FokAT-KJ* und den Maßen der übrigen Messverfahren für jeden Messzeitpunkt berechnet.

Tabelle 36: Rangkorrelation (Kendalls  $\tau$ ) zwischen der korrigierten Konzentrationsleistung im *FokAT-KJ* und der Leistung in den übrigen Messverfahren zu den einzelnen Messzeitpunkten

Messwert	VT		ZT		NT		KT 1		KT 2	
	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>	<i>r</i>	<i>p</i>
Kreise: T	-.46	.092*	-.44	.061*	-.57	.015**	-.36	.216	-.25	.345
Kreise: AF	-.03	.908	-.09	.716	-.26	.315	.14	.664	.22	.469
Kreise: EffSc	.34	.206	.42	.073*	.53	.024**	.21	.458	.22	.404
Rauten: T	-.17	.532	-.70	.003***	-.46	.052*	-.40	.170	-.30	.273
Rauten: AF	-.34	.225	-.15	.548	-.32	.204	-.12	.698	-.09	.750
Rauten: VF	n.m. <sup>a</sup>	n.m. <sup>a</sup>	-.40	.128	-.06	.838	.36	.275	.35	.245
Protang: Tpos	-.06	.835	-.16	.484	-.13	.586	.14	.621	-.06	.835
Protang: Tneg	.000	>.99	-.13	.586	-.13	.586	.21	.458	.11	.677
Protang: Fpos	-.31	.288	-.12	.648	-.22	.413	.07	.827	-.12	.699
Protang: Fneg	-.06	.831	-.27	.283	-.19	.459	.37	.228	.37	.202
Lesetext: WPM	.06	.835	.27	.243	.16	.484	.21	.458	.00	>.99

Hinweis: <sup>a</sup> keine Berechnung möglich; \*  $p < .10$ ; \*\*  $p < .05$ ; \*\*\*  $p < .01$

Wie in Tabelle 36 dargestellt fanden sich mittlere bis starke Korrelationen zwischen der korrigierten Konzentrationsleistung und den Maßen für die Bearbeitungszeit in beiden Durchstreichtests sowie dem Effektivitätsscore des *Durchstreichtests Kreise*. Betrachtet man die Korrelationskoeffizienten im Testungsverlauf, so scheint der Einfluss der Aufmerksamkeit während der Behandlungsphase in allen drei Variablen zuzunehmen und nach dem Ende der Förderung wieder deutlich zurückzugehen. Hierbei ist aber zu berücksichtigen, dass bei den Messzeitpunkten VT, KT 1 und KT 2 Werte für die korrigierte Konzentrationsleistung einzelner Probanden fehlen, was die Verläufe vermutlich verfälscht. Bei den nicht signifikanten Zusammenhängen handelte es sich um sehr kleine bis mittlere Korrelationen.

## 5. Diskussion

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung sollte die Wirksamkeit der beiden Behandlungsverfahren *SEARCH* und *Pro\*Text* bei Kindern mit CVI evaluiert werden. Zu diesem Zweck wurden insgesamt 165 Sitzungen mit *SEARCH* und 179 Sitzungen mit *Pro\*Text* bei einer Stichprobe von elf Schulkindern mit CVI durchgeführt und die Entwicklung ihrer visuellen Leistungen in jeweils fünf Verlaufstestungen erhoben. Auf Basis der resultierenden Daten wurde ein möglicher Einfluss der genannten Behandlungsverfahren auf Ausmaß, Richtung und Stabilität der gemessenen Leistungsveränderungen untersucht. Darüber hinaus wurden Befunde bezüglich der Bedeutung der Anwendungsreihenfolge beider Computerprogramme repliziert sowie Effekte von Alter, Gesichtsfeldstörungen und nicht-visuellen Entwicklungsdefiziten der Probanden auf die Leistungsentwicklung analysiert. Eine Zusammenfassung der Hypothesen der vorliegenden Arbeit sowie der Ergebnisse ihrer in den vorigen Kapiteln beschriebenen Überprüfung findet sich in Tabelle 37.

Tabelle 37: Zusammenfassung der Hypothesen und der Ergebnisse ihrer Testung

<u>Nr.</u>	<u>Hypothese</u>	<u>Testresultat</u>
1	Verbesserung der visuellen Wahrnehmung bei Kindern mit CVI	angenommen
2	Stabilität der Wahrnehmungsleistung nach Behandlungsende	abgelehnt
3	Spezifische Wirkung der beiden Behandlungsverfahren	abgelehnt
4	Kein Einfluss der Anwendungsreihenfolge	angenommen
5	Einfluss von Gesichtsfeldstörungen	angenommen
6	Einfluss nicht-visueller Entwicklungsdefizite	abgelehnt
7	Einfluss des Alters der Probanden	abgelehnt

Im Verlauf der Förderung mit *SEACH* und *Pro\*Text* kam es zu signifikanten Verbesserungen in allen verwendeten Testverfahren. In vier der fünf Testverfahren waren die Leistungsverbesserungen während der Behandlungsphase signifikant größer als in der Katamnese-Phase. Dies deutet auf eine Verbesserung der visuellen Wahrnehmung im Zuge

der Behandlung hin (Hypothese 1). Nach Abschluss der Behandlung blieb die zentrale Tendenz der meisten Variablen konstant. Aufgrund der teilweise erheblichen, individuellen Messwertschwankungen während der Katamnese-Phase musste die Annahme von Stabilität aber dennoch verworfen werden (Hypothese 2). Eine spezifische Wirkung von *SEARCH* und *Pro\*Text* auf die visuelle Exploration bzw. Lesefähigkeit zeigte sich im Rahmen der vorliegenden Untersuchung nicht (Hypothese 3). Ein Einfluss der Anwendungsreihenfolge der beiden Behandlungsverfahren konnte ebenfalls nicht nachgewiesen werden (Hypothese 4). Basierend auf der Leistungsentwicklung der beiden Probandinnen mit deutlichen Gesichtsfeldstörungen muss von einem Einfluss dieses speziellen Defizits auf den Erfolg der Förderung ausgegangen werden (Hypothese 5). Nicht-visuelle Entwicklungsdefizite schienen die Leistungsentwicklung im Rahmen des Förderprogramms hingegen kaum zu beeinflussen (Hypothese 6). Bei Betrachtung des Alters der Probanden zeigten sich ebenfalls kaum Zusammenhänge mit den Maßen für visuelle Suche und Lesefähigkeit (Hypothese 7).

## **5.1 Wirksamkeit der Behandlungsverfahren**

Im folgenden Abschnitt werden die Hypothesen 1 bis 3 vor dem Hintergrund ihrer Überprüfung im Rahmen der vorliegenden Studie diskutiert. Zentrales Thema der drei Hypothesen war die Evaluation des Einflusses der Förderung mit *SEARCH* und *Pro\*Text* auf die Entwicklung visueller Leistungen bei Kindern mit CVI.

### **5.1.1 Verbesserung von Lesefähigkeit und visueller Exploration**

Im Zuge der Förderung mit *SEARCH* und *Pro\*Text* kam es bei den hier untersuchten Kindern sowohl auf Einzelfall- als auch auf Gruppenebene zu teils deutlichen Verbesserungen in den Testverfahren der visuellen Suche bzw. Exploration und Lesefähigkeit. Dass es sich bei diesen Leistungssteigerungen um Folgen spontaner Erholung bzw. Adaptation oder um Testwiederholungseffekte handelt, ist unwahrscheinlich, da die Verbesserung während der Behandlungsphase bei den meisten Variablen signifikant größer ausfiel als in den sechs Monaten

nach Behandlungsabschluss (vgl. hierzu Schuett, Heywood, Kentridge, Dauner, & Zihl, 2012; Schuett & Zihl, 2013). Um nun das Ausmaß der von den Schülern erzielten Leistungsverbesserungen beurteilen zu können, sollten deren Ergebnisse mit Vorbefunden zur Wirkung der beiden Behandlungsverfahren verglichen werden. Außer der Pilotstudie von Sigerist (2014) liegen bislang jedoch kaum Veröffentlichungen zur Anwendung von *SEARCH* und *Pro\*Text* bei Kindern mit CVI vor. Aus diesem Grund wurden Befunde zur Förderung Erwachsener als Vergleichswerte herangezogen (vgl. Tabellen 38 und 39). Hierbei zeigte sich, dass diese Probanden im Zuge der Behandlung erheblich größere Verbesserungen bzgl. Such- und Leseleistung erreichen konnten. Dies kann zum einen dadurch erklärt werden, dass in den zitierten Vorgängerstudien ausschließlich Probanden mit homonymen Gesichtsfeldausfällen behandelt wurden. Versuchspersonen, die neben einer Störung des Gesichtsfelds noch andere visuelle Teilleistungsstörungen aufwiesen, wurden von diesen Untersuchungen in der Regel ausgeschlossen. Die im Rahmen der vorliegenden Arbeit geförderten Kinder litten jedoch alle an mehreren visuellen (und teils auch nicht-visuellen) Störungen gleichzeitig (vgl. Kap. 3.1.3), weswegen bei ihnen insgesamt von schwerwiegenderen Defiziten ausgegangen werden muss. Dies wirkte sich höchstwahrscheinlich auf den Trainingsbedarf und –erfolg der Kinder aus.

Tabelle 38: Übersicht von Befunden zum durchschnittlichen Anstieg der Leseleistung im Lesetext nach einer Behandlung mit *Pro\*Text*

<u>Quelle</u>	<u>Stichprobe</u>	<u>Verfahren</u>	<u>Leistungsanstieg</u>
Zihl (2011)	Erwachsene mit parafovealen Gesichtsfeldausfällen (N=171)	<i>Pro*Text</i> (Text)	+ 36.9 WPM
Schuett & Zihl (2013)	Erwachsene und Senioren mit unilateralen, homonymen Gesichtsfeldausfällen (N=38)	<i>Pro*Text</i> (Text)	+ 36.3 WPM
Schuett et al. (2008b)	Erwachsene mit homonymen, parafovealen Gesichtsfeldausfällen (N=40)	<i>Pro*Text</i> (Text/Zahlen)	+ 35.4 WPM
Schuett et al. (2012)	Erwachsene mit homonymen Gesichtsfeldausfällen (N=36)	<i>Pro*Text</i> (Text)	+ 28.6 WPM
vorliegende Studie	Kinder mit zerebralen Wahrnehmungsstörungen (N=10)	<i>Pro*Text</i> (Text)	+ 3.5 WPM

Eine weitere Erklärung für die größeren Leistungszuwächse der in früheren Studien behandelten Erwachsenen könnte die Tatsache liefern, dass diese ihre zerebrale Sehstörung erst nach Erreichen des Erwachsenenalters erworben hatten. Es ist also davon auszugehen, dass sie vollständig entwickelte visuelle Fähigkeiten besaßen, bevor das störungsauslösende Ereignis (i.d.R. Apoplex) eintrat. Dies lässt darauf schließen, dass sich die visuellen Defizite dieser Probanden nicht nur quantitativ, sondern auch hinsichtlich des zugrundeliegenden Störungsmechanismus von den Beeinträchtigungen der hier geförderten Kinder unterschieden.

Tabelle 39: Übersicht von Befunden zur durchschnittlichen Verringerung der Bearbeitungszeit und Fehlerzahl beim Test Rauten durchstreichen nach Behandlung mit SEARCH

<u>Quelle</u>	<u>Stichprobe</u>	<u>Verfahren</u>	<u>Leistungsanstieg</u>
Zihl (2011)	Erwachsene mit homonymen Gesichtsfeldausfällen (N=157)	SEARCH	-15.2s / ± 0 Fehler <sup>a</sup>
Schuett & Zihl (2013)	Erwachsene und Senioren mit unilateralen, homonymen Gesichtsfeldausfällen (N=38)	SEARCH	-16.7s / ± 0 Fehler <sup>a</sup>
Schuett et al. (2012)	Erwachsene mit homonymen Gesichtsfeldausfällen (N=36)	SEARCH	-17.1s / - 2.7 Fehler
vorliegende Studie	Kinder mit zerebralen Wahrnehmungsstörungen (N=11)	SEARCH	-1.1s / -0.7 Fehler

*Hinweis:* <sup>a</sup> Bereits in Vortestung keine Fehler

Im Zuge spät erworbener, homonymer Gesichtsfeldausfälle kommt es häufig zu einer deutlichen Desorganisation der visuellen Suche sowohl im geschädigten als auch im gesunden Halbfeld. Dies liegt primär daran, dass der Gesichtsfeldverlust die globale Wahrnehmung beeinträchtigt, wodurch die grobe, räumliche Konfiguration einer Szene oder Reizvorlage nicht mehr optimal erfasst werden kann (Störung der Bottom-up-Verarbeitung). Betroffene Patienten können ihr okulomotorisches Suchmuster infolgedessen nicht mehr an die jeweilige Situation anpassen, da die hierfür notwendigen Informationen über die Struktur der Vorlage fehlen (vgl. Zihl, 2011). Die im dorsalen Verarbeitungspfad (vgl. 2.1.2) verortete Top-down-Steuerung von visuell-räumlicher Aufmerksamkeit und okulomotorischen Suchbewegungen ist bei Patienten mit spät erworbenen Gesichtsfeldausfällen aber oft weitgehend erhalten. Aus diesem Grund profitieren die meisten Betroffenen sehr von Interventionen zur Reorganisation

und Adaptation des der Suche zugrundeliegenden Blickbewegungsmusters, da hierbei die globale visuelle Verarbeitung durch gezieltes Training der besagten Top-Down-Steuerung der Aufmerksamkeit wiederhergestellt wird (Zihl, 1995b; Mort & Kennard, 2003; Zihl, 2011). Treten homonyme Gesichtsfeldausfälle hingegen nach angeborener Hirnschädigung auf, so finden sich kaum Defizite bzgl. der Fähigkeit zur visuellen Suche (Tinelli, et al., 2011). Dies spricht dafür, dass eventuelle Störungen der Bottom-up-Verarbeitung von den betroffenen Kindern früh, spontan und effizient kompensiert werden. Auch ein Großteil der im Rahmen der vorliegenden Studie geförderten Schüler litt an visuellen Defiziten in Folge angeborener zerebraler Läsionen. Nichtsdestotrotz zeigten die Probanden niedrige Ausgangsleistungen bzgl. der visuellen Suche, die mit Befunden erwachsener Patienten vergleichbar waren (vgl. Tabelle 40). Das Vorliegen unilateraler Gesichtsfeldausfälle führte bei den Schülern aber zu keiner zusätzlichen Beeinträchtigung der Suchleistung (vgl. Kap. 5.2.2). Diese Befunde legen den Schluss nahe, dass eine Störung der Bottom-up-Verarbeitung bei den meisten der hier behandelten Kinder nicht die Hauptursache für Defizite im Bereich der visuellen Suche war, weswegen die Probanden in geringerem Maße von der Behandlung mit *SEARCH* profitierten.

Tabelle 40: Übersicht von Befunden zur durchschnittlichen Ausgangsleistung hinsichtlich der Bearbeitungsgeschwindigkeit und Fehlerzahl beim Test Rauten durchstreichen

<u>Quelle</u>	<u>Stichprobe</u>	<u>Ausgangsleistung</u>
Zihl (2011)	Erwachsene mit homonymen Gesichtsfeldausfällen (N=157)	30.4-37.2s / ca. 0 Fehler <sup>a</sup>
Schuett & Zihl (2013)	Erwachsene und Senioren mit unilateralen, homonymen Gesichtsfeldausfällen (N=38)	38.5s / 0 Fehler
Schuett et al. (2012)	Erwachsene mit homonymen Gesichtsfeldausfällen (N=36)	36.3s / 3.1 Fehler
vorliegende Studie	Kinder mit zerebralen Wahrnehmungsstörungen (N=11)	28.2s / 1.7 Fehler

*Hinweis:* <sup>a</sup> Auslassungs- und Verwechslungsfehler wurden nicht beobachtet (Zihl, 2011)

Ähnliches gilt für die Förderung des Lesens mit dem Programm *Pro\*Text*. Da auch Versuchspersonen mit prämorbidem Lesestörungen aus den in Tabelle 38 zitierten Vorgängerstudien ausgeschlossen worden waren, ist davon auszugehen, dass die dort behandelten

Erwachsenen vor Eintritt ihrer jeweiligen Läsion voll ausgeprägte Lesefähigkeiten besessen hatten. Die Beeinträchtigung ihrer Leseleistung war demnach erst durch den Gesichtsfeldausfall entstanden. Hauptursache für die Lesedefizite bei hemianoper Dyslexie ist, dass das zum Lesen benötigte Blickbewegungsmuster aufgrund des parafovealen Gesichtsfeldverlusts nicht mehr an den Text angepasst werden kann und zudem weniger Buchstaben mit einer Fixation erfasst werden (Schuett, Heywood, Kentridge, & Zihl, 2008a). Es handelt sich also analog zur visuellen Suche primär um eine Störung der Bottom-up-Verarbeitung, die durch gezieltes Training unversehrter Top-Down-Kontrollmechanismen kompensiert werden kann. Entsprechend gut sprechen Betroffene auch hier auf Interventionen zur Reorganisation des zugrundeliegenden Blickbewegungsmusters an (vgl. Zihl, 1995a), was sich in den zitierten Vorgängerstudien bestätigte. Da neun der elf im Rahmen der vorliegenden Arbeit geförderten Schüler aber keine Gesichtsfeldstörung aufwiesen, ist davon auszugehen, dass ihre Lesefähigkeit durch andere, sowohl Bottom-up- als auch Top-Down-Verarbeitung betreffende Defizite wie Störungen der Sehschärfe, Aufmerksamkeit, Raumwahrnehmung und Objekterkennung (vgl. Unterberger, 2015) beeinträchtigt wurde. Zudem ist hervorzuheben, dass der Prozess des Leseerwerbs bei den meisten der hier behandelten Schüler nicht abgeschlossen war. Daraus folgt, dass die Kinder im Zuge der Förderung neben visuellen, aufmerksamkeitsbasierten und blickmotorischen Fähigkeiten auch lexikalisch-linguistische Kompetenzen erwerben mussten, um ihre Lesefähigkeiten zu verbessern (vgl. Zihl, Mendius, Schuett, & Priglinger, 2012). Insgesamt deuten diese Befunde darauf hin, dass auch Beeinträchtigungen der Leseleistung bei Kindern mit CVI nicht durch eine einzelne, klar abgrenzbare Störung der Bottom-up-Verarbeitung verursacht werden, was die Wirksamkeit von *Pro\*Text* reduziert.

Bei genauerer Betrachtung der Leistungszuwächse der hier untersuchten Stichprobe (Tabelle 13) fällt auf, dass die Effektstärken in den Durchstreichtests geringer ausfielen als im *Protang*, obwohl alle drei Verfahren die visuelle Suche bzw. den Überblick messen. Dies lässt sich anhand der größeren Varianz in den Messwerten der Durchstreichtests erklären, welche

wiederum die heterogeneren Leistungsverläufe der Kinder bei Bearbeitung dieser Verfahren widerspiegelt. Eine mögliche Erklärung für dieses Phänomen findet sich in Kap. 5.2.2.

Zusammengefasst deuten die hier diskutierten Ergebnisse darauf hin, dass Kinder mit CVI – wenn auch in geringerem Maße als Erwachsene mit Gesichtsfeldausfällen – von der Behandlung mit *SEARCH* und *Pro\*Text* profitieren. Aus diesem Grund wurde die erste Hypothese der vorliegenden Arbeit angenommen. Eine mögliche Ursache für die vergleichsweise geringen Leistungsverbesserungen der hier untersuchten Schüler ist, dass die Läsionen von Kindern mit CVI häufig auch die weiße Substanz und/oder okzipito-parietale Hirnareale betreffen, was meist eine Dysfunktion des dorsalen Verarbeitungspfads nach sich zieht (Boot, Pel, van der Steen, & Evenhuis, 2010; Jacobson & Flodmark, 2010). Dies führt unter anderem zu einer Störung der Top-Down-Kontrolle gezielter Blickbewegungen und visuell-räumlicher Aufmerksamkeit. Gerade diese Funktionen sind aber zentrale Grundlage der bei *SEARCH* und *Pro\*Text* angestrebten Lernprozesse (Zihl, 2011). Daher können die beiden Verfahren bei vielen Kindern mit CVI nur eingeschränkt wirken. Die Annahme eines negativen Einflusses der dorsalen Dysfunktion auf den Behandlungserfolg wird dadurch gestützt, dass zusätzliche Läsionen des Thalamus, der weißen Substanz und posterior-parietaler Hirnareale auch bei erwachsenen Patienten mit homonymen Gesichtsfeldausfällen zum Ausbleiben spontaner Kompensationsstrategien und zu geringeren behandlungsinduzierten Verbesserungen bzgl. Lesefähigkeit und visueller Suche führen (Zihl, 1995a; Zihl, 1995b; Zihl, 2011).

### **5.1.2 Stabilität der Leistungsverbesserungen**

Um die Stabilität der hier im Rahmen der Behandlung erreichten Leistungszuwächse zu überprüfen, wurden die Messwerte der visuellen Fähigkeiten der Schüler zwischen der Nachtstung (NT) und den beiden Katamnese-Testungen (KT 1, KT 2) verglichen. Hierbei zeigte sich, dass in den meisten Messverfahren nach Behandlungsende keine systematischen Leistungsveränderungen mehr auftraten. Eine Ausnahme hiervon war der Test *Rauten*

*durchstreichen*, bei dem sich die Probanden in den drei Monaten nach Behandlungsende hinsichtlich der Bearbeitungszeit verbesserten, was bis zum Messzeitpunkt KT 2 weitgehend stabil blieb. Dies ging zu Lasten eines graduellen Anstiegs der Anzahl an Auslassungsfehlern, was beim Vergleich zwischen NT und KT 2 dann signifikant wurde. Diese Ergebnisse lassen sich dadurch begründen, dass ein Teil der Versuchspersonen (insbesondere VPN 4 & VPN 9) Mühe beim Transfer der vermittelten, kreisförmigen Blickbewegungsstrategie hatte und nach Behandlungsende zunehmend in alte Muster zurückfiel. Diese erlaubten zwar (vermutlich aufgrund größerer Routine) eine schnellere Bearbeitung des Tests, waren aber ungenauer. Ein weiterer signifikanter Unterschied ergab sich hinsichtlich der Verwechslungsfehler im *FokAT-KJ*. Hier kam es zwischen KT 1 und KT 2 zu einer signifikanten Reduktion. Da sich beide Fehlermaße des *FokAT-KJ* nach Behandlungsende tendenziell verringerten (vgl. Tabelle 14), könnte dieser Effekt als Folge größerer Routine bei Bearbeitung des Testmaterials und daraus resultierender höherer Präzision erklärt werden.

Obwohl sich die zentrale Tendenz der meisten Variablen nach Behandlungsende nicht mehr signifikant veränderte, kann die zweite Hypothese der vorliegenden Untersuchung nicht angenommen werden, da die Messwerte der einzelnen Probanden in den sechs Monaten nach der Förderung teilweise erheblichen Schwankungen unterlagen. Besonders deutlich wird dies bei Betrachtung der Standardabweichungen der in Tabelle 14 dargestellten mittleren Leistungsdifferenzen im Katamnese-Zeitraum ( $M_{DK}$ ). Dieser Befund widerspricht den Ergebnissen von Vorgängerstudien aus dem Erwachsenenbereich (vgl. Schuett, Heywood, Kentridge, Dauner, & Zihl, 2012; Schuett & Zihl, 2013).

Prinzipiell ist es naheliegend, dass sich die visuellen Leistungen der hier geförderten Probanden nach Behandlungsende weiter veränderten, da die Entwicklung vieler visuell-kognitiver Funktionen schon bei gesunden Kindern erst im Alter von 10 bis 12 Jahren abgeschlossen ist (vgl. Unterberger, 2015). Eine kontinuierliche Verbesserung, wie sie im Rahmen

von Reifungsprozessen zu erwarten wäre, bildete sich in den hier dargestellten Ergebnissen jedoch nicht ab. Bei einigen Probanden kam es hingegen zu Verschlechterungen ihrer Leistung in mehreren Messverfahren, nachdem die Behandlung beendet war (z.B. VPN 1 – KT 2; VPN 3 – KT 2; VPN 6 – KT 2). Eine mögliche Erklärung hierfür wären die bereits in früheren Studien beschriebenen, Tagesform-abhängigen Schwankungen der visuellen Leistungen von Kindern mit CVI (Lanners, Piccioni, Fea, & Goergen, 1999). Defizite im Bereich der fokussierten Aufmerksamkeit, wie sie bei CVI häufig auftreten (Good, et al., 1994), sind als Auslöser für diese Schwankungen jedoch nur zum Teil in Betracht zu ziehen, da sich ihr Einfluss in der vorliegenden Untersuchung weitgehend auf die Paper-Pencil-Verfahren beschränkte (vgl. Tabelle 36). Ein anderer Erklärungsansatz wäre, dass die durchschnittlich 15 Behandlungssitzungen pro Verfahren möglicherweise nicht ausreichten, um den Schülern ausreichend stabile, routinierte Kompensationsstrategien beizubringen. Befunde zur Förderung erwachsener Patienten mit Hemianopsie haben gezeigt, dass Patienten mit größeren visuellen Defiziten mehr Sitzungen mit *SEARCH* und *Pro\*Text* benötigen, um ausreichende Leistungsverbesserungen zu erzielen (Zihl, 2011). Es wäre angesichts der im vorigen Kapitel erwähnten größeren visuellen und kognitiven Defizite der hier untersuchten Kinder also durchaus denkbar, dass weit mehr Förderung notwendig gewesen wäre, um langanhaltende Effekte zu erzielen. Eventuell wären so auch quantitativ größere Leistungszuwächse zu bewirken gewesen. Allerdings ist fraglich, ob ein verlängertes Förderprogramm in Hinblick auf Motivation und Belastbarkeit der Kinder durchführbar gewesen wäre.

### 5.1.3 Spezifische Wirkung der Behandlungsverfahren

Zur Überprüfung der spezifischen Wirkung von *SEARCH* und *Pro\*Text* wurden die Leistungsverbesserungen der Probanden nach der Förderung mit den einzelnen Verfahren auf Gruppenebene verglichen. Hierbei ergaben sich in 15 der 16 Messwerte keine signifikanten Unterschiede. Einzige Ausnahme war die Anzahl an Verwechslungsfehlern im *FokAT-KJ*, die sich unter Behandlung mit *SEARCH* verringerte und nach *Pro\*Text* erhöhte. Eine genauere

Betrachtung der individuellen Leistungsverläufe zeigte, dass auch auf Einzelfallebene bei den meisten Probanden keine unterschiedliche Leistungsentwicklung zwischen den beiden Behandlungsverfahren zu verzeichnen war (vgl. Tabelle 18). In den Maßen für die Bearbeitungsgeschwindigkeit des Tests *Rauten durchstreichen* und des *Protang* fanden sich hingegen signifikante Unterschiede zwischen den Leistungszuwächsen im ersten und zweiten Behandlungsblock, die gänzlich unabhängig vom verwendeten Behandlungsverfahren waren. Diese Befunde sprechen gegen eine spezifische Wirkung von *SEACH* und *Pro\*Text*.

Im Gegensatz zu den Ergebnissen der vorliegenden Studie weisen die Befunde zur Förderung erwachsener Patienten mit Hemianopsie eindeutig auf eine spezifische Wirkung der Behandlungsverfahren hin. Es fand sich keinerlei Transfer der Leistungsverbesserungen zwischen Lesen und visueller Exploration bzw. Überblick (Schuett, Heywood, Kentridge, Dauner, & Zihl, 2012). Eine mögliche Erklärung für diesen Unterschied könnte sein, dass in der zuletzt zitierten Vorgängerstudie insgesamt deutlich größere Leistungsverbesserungen erreicht werden konnten (vgl. Kap. 5.1.1). Eventuell waren die Leistungszuwächse der hier untersuchten Kinder mit CVI insgesamt zu gering, um einen ausreichenden Kontrast zwischen spezifischer und unspezifischer Förderung zu erzeugen. Gegen diese Annahme spricht jedoch, dass zwischen den beiden Behandlungsblöcken trotz insgesamt geringer Leistungszuwächse signifikante Unterschiede nachgewiesen werden konnten (vgl. Tab. 19).

Eine bessere Erklärung liefert die Annahme, dass es sich bei der in Untersuchungen zur Förderung Erwachsener festgestellten Doppel-Dissoziation von Lesefähigkeit und visueller Suche (Schuett, Heywood, Kentridge, & Zihl, 2008b; Schuett, Heywood, Kentridge, Dauner, & Zihl, 2012) um das Ergebnis eines Entwicklungsprozesses handelt, der bei den hier untersuchten Schülern noch nicht abgeschlossen war. Tatsächlich konnte in einer Studie von Seassau und Bucci (2013) gezeigt werden, dass Kinder im Alter von 6 bis 9 Jahren, die noch nicht fließend lesen können, ähnliche blickmotorische Strategien bei Aufgaben zum Lesen

und zur visuellen Suche anwenden. Sobald die Lesefähigkeit jedoch gut entwickelt ist, unterscheiden sich die Blickstrategien der Kinder zwischen den beiden Aufgabentypen deutlich. Ursache ist laut den beiden Autorinnen, dass bei erfahrenen Lesern unterschiedliche visuell-kognitive Prozesse bei Textwahrnehmung und visueller Suche zum Tragen kommen. Die bei den Erwachsenen mit Gesichtsfeldstörungen beobachtete Doppel-Dissoziation der beiden Funktionen ist also vermutlich Konsequenz der bereits vor Läsionseintritt abgeschlossenen, ungestörten Leseentwicklung. Ist der Erwerb der Lesefähigkeit nämlich schon früh im Zuge einer Dyslexie beeinträchtigt, so kommt es im Verlauf der kindlichen Entwicklung zu keiner Trennung der Blickstrategien zwischen Lesen und visueller Suche (vgl. Seassau, Gérard, Bui-Quoc, & Bucci, 2014). Die beanspruchten visuell-kognitiven Funktionen unterscheiden sich bei den Betroffenen zwischen den beiden Aufgabentypen also vermutlich nicht.

Wie bereits in Abschnitt 5.1.1 thematisiert, war der Prozess des Leseerwerbs bei der Mehrheit der hier geförderten Kinder noch nicht abgeschlossen. Zudem ergab ein Vergleich ihrer Ausgangsleistungen im *Lesetext* mit nach Alter und Erhebungszeitpunkt (im Schuljahr) angepassten Normwerten gesunder Kinder (Hasbrouck & Tindal, 2006) bei zehn der elf Probanden reduzierte Leseleistungen (unterstes Quartil der jew. Normstichprobe). Bei sechs der hier behandelten Schüler lag die Ausgangsleistung innerhalb der Werte der schwächsten zehn Prozent der Normstichprobe. Auf Basis dieser Ergebnisse und unter Berücksichtigung der oben dargestellten Befunde ist davon auszugehen, dass bei einem Großteil der CVI-Patienten die Lesefähigkeit nicht weit genug entwickelt war, um eine Dissoziation von der Fähigkeit zur visuellen Suche zu erreichen. Dies könnte das Ausbleiben einer spezifischen Wirkung von *SEARCH* und *Pro\*Text* bei den hier geförderten Probanden erklären.

Diese Annahme wirft jedoch die Frage auf, über welchen Mechanismus die hier beobachteten, unspezifischen Leistungsverbesserungen durch die Behandlungsverfahren hervorgerufen wurden. Eine naheliegende Möglichkeit ist, dass durch das Einüben von

Blickstrategien eine dritte, hier nicht direkt gemessene Funktion trainiert wurde, die sowohl Lesefähigkeit als auch visuelle Suche vor Entstehung der Doppel-Dissoziation beeinflusst. Angesichts der in Kap. 5.1.1 dargestellten Befunde liegt der Schluss nahe, dass es sich hierbei um die dort erwähnte Top-Down-Kontrolle der visuell-räumlichen Aufmerksamkeit handelt. Dies soll im Folgenden näher ausgeführt werden:

Betrachtet man die Leseleistung der hier untersuchten Schüler, so fällt auf, dass mehr als die Hälfte von ihnen Schwierigkeiten beim Lesen längerer Worte hatte und teilweise versuchte, die Wortenden frei durch Raten zu ergänzen (insb. VPN 5 und VPN 6). Fehler beim Finden von Zeilenanfängen traten hingegen seltener auf. Diese Probleme ähneln denen Erwachsener mit rechtsseitiger Hemianopsie (Schuett, Heywood, Kentridge, & Zihl, 2008a). Es ist also nicht unwahrscheinlich, dass die Kinder analog zu den erwachsenen Patienten Schwierigkeiten hatten, ihren Blick gezielt entlang der Textzeilen zu führen. Da bei allen Schülern (außer VPN 9) aber das rechtsseitige, parafoveale Gesichtsfeld erhalten war, ist die Ursache für dieses Phänomen vermutlich eine andere. So fand eine Untersuchung von 78 Kindern mit Entwicklungsdyslexie u.a. Defizite bei der Aktivierung von Aufmerksamkeit und dem gezielten Verschieben des Aufmerksamkeitsfokus (Lewandowska, Milner, Ganc, Włodarczyk, & Skarżyński, 2014). Insbesondere die letztgenannte Beeinträchtigung könnte erklären, warum es den hier behandelten Schülern offenbar nicht gelang, die Zeilen des *Lesetexts* systematisch abzutasten. Defizite beim Wechsel des Aufmerksamkeitsfokus können aber auch die Fähigkeit zur visuellen Suche beeinträchtigen, wie in einer Untersuchung von 21 Kindern mit Williams-Syndrom gezeigt werden konnte (Zhao, et al., 2008). Eine solche, direkte Beeinträchtigung der Top-Down-Steuerung einzelner Fokus-, bzw. Fixationswechsel könnte zumindest teilweise erklären, warum die Geschwindigkeit und Präzision der hier untersuchten Kinder bei Tests zu Lesefähigkeit und visueller Suche reduziert waren, obwohl die grobe Erfassung visueller Information für eine Bottom-up-Anpassung der übergreifenden Blickbewegungsmuster nicht durch Gesichtsfeldausfälle beeinträchtigt wurde (vgl. Kap 5.1.1).

Da sowohl *SEARCH* als auch *Pro\*Text* in jedem einzelnen Durchgang das gezielte Verschieben des Aufmerksamkeitsfokus erfordern, ist es nicht unwahrscheinlich, dass die hierbei benötigten Steuerungsmechanismen durch Anwendung der beiden Behandlungsverfahren trainiert wurden. Zudem ist anzumerken, dass sich die deutlichsten Leistungsverbesserungen der hier geförderten Kinder bzgl. der korrigierten Konzentrationsleistung im *FokAT-KJ* zeigten (vgl. Tab. 13), was die Theorie einer unspezifischen Verbesserung von Aufmerksamkeitsfunktionen stützt. Da die beiden hier evaluierten Verfahren aber nicht auf diesen Behandlungsfokus zugeschnitten sind und die Anwendung der erlernten Blickstrategie bei manchen Schülern sogar zu Geschwindigkeitseinbußen führte (vgl. Kap. 5.2.2), blieb das Ausmaß der Leistungsverbesserungen hinter dem von Erwachsenen mit Hemianopsie zurück.

## **5.2 Einflussfaktoren auf den Behandlungserfolg**

Dieser Abschnitt beschäftigt sich mit den Hypothesen 4 bis 7, in denen Annahmen bezüglich verschiedener Einflussfaktoren auf den Erfolg der Behandlung mit *SEARCH* und *Pro\*Text* aufgestellt wurden. Ihre Diskussion erfolgt im Folgenden vor dem Hintergrund ihrer Überprüfung und unter Berücksichtigung der im vorigen Kapitel dargestellten Erkenntnisse.

### **5.2.1 Anwendungsreihenfolge der Behandlungsverfahren**

Um den Einfluss der Anwendungsreihenfolge von *SEARCH* und *Pro\*Text* zu untersuchen, wurden die beiden Untersuchungsgruppen hinsichtlich ihrer Ausgangsleistung und ihrer Leistungszuwächse verglichen. Gruppe 1 hatte erst *SEARCH* und dann *Pro\*Text* absolviert, Gruppe 2 die beiden Verfahren in entgegengesetzter Reihenfolge. Die Ausgangsleistung in den beiden Gruppen war vergleichbar. Bei Betrachtung der Leistungszuwächse während der einzelnen Behandlungsverfahren ergaben sich signifikante Unterschiede bzgl. des Effektivitätsscores des Tests *Kreise durchstreichen* sowie in den Maßen der Bearbeitungszeit des Tests *Rauten durchstreichen* und des *Protang*. In allen vier Variablen zeigte Gruppe 1 unter *SEARCH* größere Zuwächse, während sich die Leistung von Gruppe 2 unter *Pro\*Text*

stärker steigerte. Dieser Befund ist am ehesten als Konsequenz der Tatsache zu erklären, dass beide Gruppen in diesen Maßen – ungeachtet des verwendeten Behandlungsverfahrens – größere Leistungsverbesserungen im ersten Behandlungsblock erreichten als im zweiten (vgl. Tabelle 19). Hinsichtlich der Gesamtleistungsdifferenz zwischen Vor- und Nachtestung fanden sich in allen vier Variablen nämlich keine Unterschiede, was gegen einen Effekt der Anwendungsreihenfolge spricht. Hier zeigten sich nur bzgl. der Anzahl an Verwechslungsfehlern im *Protang* Gruppenunterschiede, wobei sich Gruppe 1 hier stärker verbesserte als Gruppe 2. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Probanden der Gruppe 1 in der Vortestung tendenziell mehr Verwechslungsfehler im *Protang* begingen und daher mehr Spielraum für Verbesserungen verfügbar war. Zudem enthielt Gruppe 2 einen Probanden (VPN 3), der aufgrund deutlich schwankender Aufmerksamkeit zu den Messzeitpunkten NT und KT 2 zahlreiche Verwechslungsfehler im *Protang* beging, was sich aufgrund der geringen Gruppengröße deutlich auf die Gesamtgruppenleistung auswirkte.

Zusammenfassend sprechen die Ergebnisse der vorliegenden Studie gegen einen Einfluss der Anwendungsreihenfolge von *SEARCH* und *Pro\*Text*. Dieser Befund deckt sich mit den Erkenntnissen aus der Förderung erwachsener Patienten (vgl. Schuett, Heywood, Kentridge, Dauner, & Zihl, 2012). Die hier dargestellten Ergebnisse entsprechen zudem der im vorigen Abschnitt aufgestellten Theorie, dass bei Kindern mit CVI durch die beiden Behandlungsverfahren nicht unterschiedliche, sondern identische, sowohl auf Lesefähigkeit als auch auf den Überblick wirkende, visuell-kognitive Funktionen gefördert werden.

### **5.2.2 Einfluss von Gesichtsfeldstörungen**

Da zu Untersuchungsbeginn nur bei wenigen Probanden genaue Befunde hinsichtlich der Existenz und des Ausmaßes eventueller Gesichtsfeldstörungen vorlagen, wurden alle Versuchspersonen der vorliegenden Studie im Rahmen des übergreifenden CVI-Forschungsprojekts perimetriert. Hierbei zeigten zwei der elf Probanden so ausgeprägte Gesichtsfeld-

ausfälle, dass von einer erheblichen Beeinträchtigung bei der Durchführung der Behandlungsverfahren ausgegangen werden musste (vgl. Kap. 4.3.5). VPN 4 litt an einer linksseitigen Hemianopsie, VPN 9 an einer ausgeprägten, konzentrischen Gesichtsfeldeinengung. Um nun die Einflüsse von Gesichtsfeldstörungen auf den Behandlungserfolg zu überprüfen, wurden die Werte der beiden Schülerinnen mit den Leistungen der restlichen Stichprobe verglichen.

VPN 4 zeigte trotz ihrer Gesichtsfeldstörung vergleichbare Ausgangsleistungen wie die übrigen Probanden. Bereits in der Vortestung begann die Probandin ihre visuelle Suche in beiden Durchstreichtests auf der linken Seite des Testblattes. Die Leseleistung der Probandin lag zu Behandlungsbeginn tendenziell sogar über dem Stichprobendurchschnitt und es wurden zu keinem Messzeitpunkt Zeilen des *Lesetexts* übersprungen. Dies deutet darauf hin, dass VPN 4 ihre Hemianopsie bei Aufgaben zur visuellen Suche und zum Lesen bereits vor der Behandlung vergleichsweise gut kompensieren konnte. Dies deckt sich mit früheren Befunden zu visuellen Leistungen von Kindern mit angeborenen Gesichtsfeldausfällen (vgl. Tinelli, et al., 2011). Die im Zuge der Behandlung mit *SEARCH* erlernte, kompensatorische Blickbewegungsstrategie führte bei VPN 4 jedoch im Gegensatz zur restlichen Stichprobe zu einem auffälligen Geschwindigkeitsverlust in beiden Durchstreichtests.

Die Ausgangsleistung von VPN 9 unterschied sich dagegen deutlich von den Werten der restlichen Stichprobe. In allen Verfahren zur Messung von visueller Suche und Überblick übersah die Schülerin signifikant mehr Targets als die übrigen Probanden. Zudem brauchte sie für die Entdeckung von Targets beim *Protang* signifikant länger. Auch bei VPN 9 lag die Leseleistung tendenziell über der der restlichen Stichprobe, wobei aber zu berücksichtigen ist, dass VPN 9 zwei bis vier Jahre älter war als die meisten anderen Probanden und das Förderprogramm in einer früheren Studie bereits durchlaufen hatte. Zudem übersprang die Probandin zu allen fünf Messzeitpunkten ein bis zwei Zeilen des *Lesetexts*. Zusammengefasst deuten diese Ergebnisse darauf hin, dass die visuellen Defizite von VPN 9 zu schwerwiegend

waren, um von der Probandin spontan kompensiert zu werden. Im Behandlungsverlauf konnte VPN 9 ihre Anzahl an Auslassungsfehlern im *Protang* stärker senken als die übrigen Schüler, was zumindest teilweise mit der schlechteren Ausgangsleistung der Probandin und dem resultierenden Spielraum für Verbesserungen begründet werden kann. Im *FokAT-KJ* kam es bei VPN 9 zu einer deutlicheren Steigerung der Konzentrationsleistung bei gleichzeitiger Erhöhung der Anzahl an Verwechslungsfehlern. Dies spricht dafür, dass bei dieser Probandin die Verbesserung der Bearbeitungsgeschwindigkeit stärker zu Lasten der Genauigkeit ging als bei den übrigen Schülern. Ähnlich wie bei VPN 4 führte auch bei VPN 9 die Anwendung der vermittelten Blickstrategie zu einem Geschwindigkeitsverlust im Test *Rauten durchstreichen*. Beim Test *Kreise durchstreichen* trat dieser Effekt bei VPN 9 nicht ein, da die Schülerin zu keinem Zeitpunkt Versuche unternahm, die Blickstrategie bei diesem Verfahren einzusetzen.

Bei beiden in diesem Analyseschritt untersuchten Schülerinnen führte die Anwendung der im Zuge von *SEARCH* erlernten Blickstrategie zu Geschwindigkeitsverlusten in den Durchstreichtests. Da dies bei der übrigen Stichprobe nicht auftrat, scheint es sich hier um einen Einfluss von Gesichtsfeldstörungen auf den Trainingserfolg zu handeln. Aus diesem Grund wurde die fünfte Hypothese der vorliegenden Arbeit angenommen. Da die beiden Schülerinnen ihre Leistungen im *Protang* steigern konnten, entstand der Leistungsverlust vermutlich beim Transfer der Blickbewegungsstrategie in Aufgaben mit mehreren Targets. Der Einfluss ihrer Werte könnte erklären, warum die mittleren Leistungsgewinne der gesamten Stichprobe bei den beiden Durchstreichtests weniger deutlich ausfielen (vgl. Kap. 5.1.1).

Da die hier evaluierten Behandlungsverfahren *SEARCH* und *Pro\*Text* speziell auf die Förderung von Patienten mit Gesichtsfeldstörungen zugeschnitten sind, wäre eigentlich zu erwarten gewesen, dass VPN 4 und VPN 9 in größerem Maße von der Behandlung profitieren als die übrigen Kinder. Dies war aber nicht der Fall. Auch ihre Ergebnisse blieben deutlich hinter den Leistungsverbesserungen von erwachsenen Patienten in Vorgängerstudien zurück

(vgl. Kap. 5.1.1). Dies lässt sich dadurch erklären, dass vermutlich auch bei diesen beiden Probandinnen Störungen der Top-Down-Steuerung der visuell-räumlichen Aufmerksamkeit vorlagen, welche die bereits in Folge der Gesichtsfeldausfälle gestörte visuelle Wahrnehmung zusätzlich beeinträchtigten. Somit war die Voraussetzung für eine gezielte Reorganisation der visuellen Suche durch *SEARCH* auch bei diesen Schülerinnen nicht gegeben (vgl. Zihl, 2011). Die auffälligen Geschwindigkeitsverluste entstanden bei VPN 4 vermutlich, da durch die kreisförmige Blickbewegung bereits existente, spontan entstandene Kompensationsstrategien abgelöst wurden, die routinierter und besser an das individuelle Störungsbild der Schülerin angepasst waren. VPN 9 hatte aufgrund ihrer ausgeprägten, visuell-kognitiven Defizite hingegen keine effizienten Kompensationsstrategien entwickelt. Die im Zuge von *SEARCH* vermittelte Blickbewegungsstrategie führte bei ihr zwar zu Verbesserungen hinsichtlich der Genauigkeit, ihre Anwendung war für die Schülerin aber sehr mühsam und zeitaufwändig. Infolgedessen setzte sie die erlernte Strategie insb. bei Transferaufgaben (Durchstreichtests) nur unregelmäßig ein. Eventuell hätte VPN 9 stärker von der Behandlung profitiert, wenn der Förderung mit *SEARCH* ein Training mit einfachen Aufgaben zur Erweiterung des visuellen Suchbereichs vorausgegangen wäre (vgl. Zihl, Mendius, Schuett, & Priglinger, 2012).

Zusammengefasst stützen diese Befunde die in Kap. 5.1.1 aufgestellte Annahme, dass bei Kindern mit CVI oft ein breiteres Spektrum an Störungsmechanismen zu visuellen Defiziten beiträgt als bei Erwachsenen mit spät erworbenen Gesichtsfeldausfällen. Dies führt dazu, dass diese Kinder in weit geringerem Maße von der Förderung mit *SEARCH* und *Pro\*Text* profitieren, auch wenn Gesichtsfeldausfälle Teil des individuellen Störungsbildes sind. Die Anwendung der zur Wiederherstellung der globalen Verarbeitung vermittelten Blickstrategien stellt vermutlich besonders für schwer beeinträchtigte Kinder eine zusätzliche Belastung dar, da diese ihre visuell-kognitiven und aufmerksamkeitsbezogenen Ressourcen in größerem Maße bereits für die Kompensation basalerer visueller Defizite verwenden müssen.

### 5.2.3 Einfluss nicht-visueller Entwicklungsdefizite

Bei vielen Kindern mit CVI treten neben den visuellen Beeinträchtigungen auch kognitive und motorische Entwicklungsdefizite auf (vgl. Kap. 2.6). Auch bei den Probanden der vorliegenden Studie waren zum Teil nicht-visuelle Entwicklungsrückstände diagnostiziert worden. Um den Einfluss dieser Defizite auf den Behandlungserfolg zu untersuchen, wurden betroffene Schüler zu einer Untergruppe (*DevX*) zusammengefasst und ihre Leistungen mit denen der Probanden ohne vordiagnostiziertem Entwicklungsrückstand (*Dev*) verglichen.

Beide Gruppen zeigten vergleichbare Ausgangsleistungen. Nach Förderung mit *Pro\*Text* fanden sich Gruppenunterschiede hinsichtlich der Anzahl an Auslassungsfehlern im Test *Rauten durchstreichen*. Die Probanden ohne Entwicklungsdefizite machten hier nach der Leseförderung im Schnitt mehr Auslassungsfehler, während sich bei den Schülern der Gruppe *DevX* die Fehlerzahl reduzierte. Dies war insbesondere auf den Einfluss der Werte von VPN 7 (*Dev*) zurückzuführen. Diese leistungsorientierte Probandin übersah bei ihren Versuchen, ihre Bearbeitungszeit im Test *Rauten durchstreichen* zu steigern, zunehmend Targets am unteren Rand des Testblattes. Das Muster von reduzierter Genauigkeit bei steigender Geschwindigkeit zeigte sich bei dieser Schülerin auch sehr deutlich hinsichtlich ihrer Werte beim *FokAT-KJ*.

Nach Förderung mit *SEARCH* zeigten sich Gruppenunterschiede hinsichtlich der Konzentrationsleistung im *FokAT-KJ*. Die Probanden mit Entwicklungsdefiziten konnten ihre Leistung hier stärker verbessern als die übrige Stichprobe. Da sich bzgl. der korrigierten Konzentrationsleistung aber keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen ergaben, ist dieser Befund am ehesten darauf zurückzuführen, dass es Probanden ohne Entwicklungsdefizit häufiger gelang, die Zeilen des *FokAT-KJ* innerhalb des Zeitlimits vollständig zu bearbeiten (*BZO* = 232). Dies erzeugte in dieser Gruppe einen Deckeneffekt.

Auch bei Betrachtung der Gesamtleistungsdifferenz findet sich ein Unterschied bzgl. der Variablen *BZO* und *KL* des *FokAT-KJ*. Da die Zuwächse hinsichtlich der korrigierten

Konzentrationsleistung aber auch hier zwischen den beiden Gruppen vergleichbar waren, ist davon auszugehen, dass dieser Befund keinen tatsächlichen Unterschied bzgl. des Anstiegs der fokussierten Aufmerksamkeit bei den Probanden repräsentiert. In Hinblick auf die (wenn auch nicht signifikant) niedrigere Ausgangsleistung der Gruppe *DevX* in den betroffenen Variablen ist vielmehr von einem Deckeneffekt bei den Probanden ohne Entwicklungsdefizit auszugehen. Der signifikante Gruppenunterschied hinsichtlich der Bearbeitungszeit bei negativen Trials im *Protang* ist dahingegen nicht auf die Grenzen des Testverfahrens zurückzuführen. Hier konnten die Probanden ohne Entwicklungsdefizite ihre Leistungen in deutlich größerem Maße steigern als die Schüler der Gruppe *DevX*. Eine erste mögliche Erklärung hierfür ist, dass den Probanden der Gruppe *Dev* die Anwendung der im Rahmen von *SEARCH* vermittelten Blickbewegungsstrategie leichter fiel als Schülern mit Entwicklungsrückstand. Dies wirkte sich besonders auf die negativen Trials des *Protang* aus, da die Probanden hier die gesamte, kreisförmige Blickbewegung durchführen müssen, um sicher zu gehen, dass das Target nicht vorhanden ist. Bei positiven Trials kann die Blickbewegung beendet werden, sobald das Target entdeckt ist. Es ist denkbar, dass es Schülern mit nicht-visuellem Entwicklungsrückstand aufgrund geringerer kognitiver Ressourcen schwerer fiel, die Blickbewegungsstrategie zu erlernen und konsequent anzuwenden. Dies hätte verhindert, dass diese Probanden ihre Bearbeitungszeit insbesondere in den negativen Trials verkürzen. Ein zweiter Erklärungsansatz wäre, dass Schüler, die neben visuellen Beeinträchtigungen auch kognitive und motorische Defizite vorweisen, ein geringeres Selbstvertrauen insbesondere hinsichtlich der eigenen Fähigkeiten besitzen. Hinweise auf den Zusammenhang von visuellen und kognitiven Defiziten sowie schulischen Leistungen und dem Selbstwert von Kindern liefern Untersuchungen von Patten (1983) und Bowen (2010). Möglicherweise wurden von Probanden mit Entwicklungsdefiziten bei den negativen Trials des *Protang* nach Abschluss der kreisförmigen Blickbewegung häufiger Kontrollblicke gemacht, weil diese Kinder weniger Vertrauen in die eigenen (visuellen) Fähigkeiten bzw. Entscheidungen

besaßen. Da positive Trials mit dem Entdecken des Targets weniger Raum für Zweifel bzw. Unsicherheit lassen, wären dort hingegen keine Kontrollblicke nötig gewesen. Dies könnte den ausbleibenden Zuwachs an Geschwindigkeit in der einen der beiden Variablen erklären. Beide Annahmen zu diesem Effekt lassen sich ohne okulographische Messungen aber nicht bestätigen.

Zusammengefasst sprechen die Ergebnisse dieser Untersuchung gegen einen Einfluss von nicht-visuellen Entwicklungsdefiziten auf den Behandlungserfolg, da sich in der überwiegenden Mehrheit der Variablen keine Gruppenunterschiede zeigten. Zudem schienen die wenigen signifikanten Leistungsdifferenzen in nur einem Fall einen tatsächlichen Unterschied hinsichtlich der Wirkung des Förderprogramms auf Probanden mit und ohne zusätzliche motorische und kognitive Beeinträchtigungen darzustellen. Aus diesem Grund wurde die sechste Hypothese abgelehnt.

#### **5.2.4 Einfluss des Alters**

In einer Vorgängerstudie mit erwachsenen Hemianopsie-Patienten konnte gezeigt werden, dass das Alter keinen Einfluss auf den Erfolg der Behandlung mit *SEARCH* und *Pro\*Text* hat (Schuett & Zihl, 2013). Im Gegensatz zu den dort untersuchten Erwachsenen, die alle eine normale Entwicklung ihrer visuell-kognitiven Fähigkeiten durchlaufen hatten, war bei den hier geförderten Schülern jedoch davon auszugehen, dass dieser Prozess noch nicht abgeschlossen war. Aus diesem Grund wurden altersbedingte Unterschiede hinsichtlich des Behandlungserfolgs bei Kindern mit CVI angenommen.

Um dies zu überprüfen, wurden Korrelationen zwischen dem Probandenalter und den Ausgangsleistungen bzw. Leistungszuwächsen der Schüler berechnet. Bei Betrachtung der Ausgangsleistungen zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang des Alters mit der Anzahl an Auslassungsfehlern im *FokAT-KJ*. Ältere Probanden begingen hier in der Vortestung mehr Fehler als jüngere. Dies lässt sich anhand der Werte der beiden ältesten Probanden (VPN 8 &

9) erklären, die beide eine hohe Bearbeitungsgeschwindigkeit beim *FokAT-KJ* zeigten, dabei aber deutlich mehr Targets übersahen als die übrigen Schüler (vgl. Anhang 1). Es ist davon auszugehen, dass die deutlichen, visuell-kognitiven Defizite dieser beiden Probanden (vgl. Kap. 3.1.3) hier einen größeren Einfluss auf die Testleistung ausübten als das Alter.

Bei den Leistungsveränderungen nach Durchführung von *SEARCH* ergaben sich keinerlei signifikante Zusammenhänge mit dem Alter. Die Leistungsdifferenzen nach *Pro\*Text* korrelierten signifikant bzgl. der Anzahl an Auslassungsfehlern im Test *Rauten durchstreichen* und der Anzahl bearbeiteter Zielobjekte (*BZO*) im *FokAT-KJ*. Bei dem Durchstreichtest konnten ältere Kinder die Anzahl an Auslassungsfehlern im Zuge der Leseförderung stärker senken. Dieser Effekt basierte besonders auf den Werten von VPN 7 und VPN 8 (vgl. Anhang 2). Da die restlichen Probanden nur geringe Schwankungen bzgl. der Anzahl an Auslassungsfehlern zeigten, ist hier wie schon bei der Ausgangsleistung eher von einem Einfluss individueller Defizite als von einem Effekt des Alters auszugehen. Beim *FokAT-KJ* stieg die Anzahl bearbeiteter Zielobjekte bei den älteren Kindern deutlicher an. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, dass es bei mehr als der Hälfte der Probanden aufgrund von Deckeneffekten (max. *BZO* = 232) zu keiner Steigerung in dieser Variable kommen konnte (vgl. Anhang 3 und Kap. 4.1). Da die anderen Maße des *FokAT-KJ* hinsichtlich der Leistungsdifferenz nach *Pro\*Text* keine signifikanten Zusammenhänge mit dem Alter aufwiesen, spricht dies gegen einen tatsächlichen Einfluss auf den Aufmerksamkeitszuwachs nach der Leseförderung.

Bei Betrachtung der Gesamtleistungsdifferenz nach Durchlaufen beider Behandlungsblöcke ergaben sich signifikante Zusammenhänge zwischen dem Alter und der Bearbeitungszeit im Test *Kreise durchstreichen*, der Anzahl an Auslassungsfehlern im Test *Rauten durchstreichen*, der Bearbeitungszeit für negative Trials im *Protang* und der korrigierten Konzentrationsleistung des *FokAT-KJ*. Ähnlich wie bei den Leistungsdifferenzen nach

*Pro\*Text* konnten ältere Kinder auch hier ihre Anzahl an Auslassungsfehlern im Test *Rauten durchstreichen* deutlicher senken. Während die Werte der meisten Probanden in dieser Variable nur wenig schwankten, zeigte VPN 7 eine deutliche Leistungsverschlechterung, während sich die Leistungen von VPN 8 und VPN 9 um je drei Fehler verbesserten (vgl. Anhang 4). Die Leistungssteigerungen der letzten beiden Probanden können damit begründet werden, dass diese zwei Schüler in der Vortestung mehr Auslassungsfehler begangen hatten als die übrigen Probanden und ihnen daher mehr Spielraum für Verbesserung zur Verfügung stand. Bei VPN 7 ging die Geschwindigkeitssteigerung in diesem Durchstreichtest wie bereits erwähnt deutlich zu Lasten der Genauigkeit (vgl. Kap. 5.2.3). Der Einfluss individueller Defizite scheint hier also ebenfalls relevanter gewesen zu sein als der Effekt des Alters der Probanden. Beim *Protang* konnten jüngere Probanden ihre Bearbeitungszeit stärker senken als die älteren Schüler (vgl. Anhang 5). Auch nach Ausschluss eines Ausreißerwerts (VPN 7) blieb der Zusammenhang signifikant ( $r = .467$ ;  $p = .060^*$ ). Eine mögliche Erklärung könnte in der Tatsache liegen, dass bei den drei ältesten Probanden in der vorliegenden Stichprobe (VPN 8, VPN 9, VPN 11) nicht-visuelle Entwicklungsdefizite vordiagnostiziert worden waren. Evtl. führten bei diesen Schülern größere kognitive Defizite oder eine vermehrte Zahl an Kontrollblicken (vgl. Kap. 5.2.3) dazu, dass es im Zuge der hier evaluierten Behandlung zu keiner Geschwindigkeitszunahme kam (vgl. Anhang 5). Dies spräche aber ebenfalls gegen einen Einfluss des Alters.

Die Korrelationen hinsichtlich der Maße des *FokAT-KJ* und des Tests *Kreise durchstreichen* deuten darauf hin, dass ältere Probanden in beiden Verfahren größere Steigerungen der Bearbeitungszeit erreichen konnten. Da die beiden Tests unterschiedliche, visuell-kognitive Fähigkeiten messen, könnte eine mögliche Erklärung für diesen Befund in der Tatsache liegen, dass es sich bei beiden Verfahren um Paper-Pencil-Tests handelt. Es wäre denkbar, dass ältere Probanden aufgrund ihrer längeren Schullaufbahn über größere

graphomotorische Kompetenzen verfügen und ihre Leistung bei schriftlichen Tests daher leichter steigen können. Diese Annahme wird im Kapitel 5.3 ausführlicher diskutiert.

Zusammenfassend sprechen die Ergebnisse dieser Untersuchung gegen einen Einfluss des Alters der Probanden auf den Behandlungserfolg. Die in diesem Abschnitt diskutierten, signifikanten Zusammenhänge konnten in den meisten Fällen besser anhand individueller, visuell-kognitiver Defizite erklärt werden, die weitgehend unabhängig vom Alter der Probanden waren. Aus diesem Grund wurde die siebte und letzte Hypothese der vorliegenden Arbeit abgelehnt.

### **5.3 Bedeutung und Einfluss der fokussierten Aufmerksamkeit**

Ausreichende Aufmerksamkeit ist eine zentrale Voraussetzung für die Förderung von Kindern mit CVI (vgl. Kap. 3.3.3). Wie die hier beobachteten Leistungsveränderungen in den Maßen des *FokAT-KJ* nahelegen, wird sie durch die Behandlung mit *SEARCH* und *Pro\*Text* sehr positiv beeinflusst. So konnten 10 der 11 hier untersuchten Probanden ihre (korrigierte) Konzentrationsleistung erheblich steigern. Dieser Befund deckt sich mit Ergebnissen aus einer früheren Pilotstudie zur Förderung von Kindern mit CVI (vgl. Sigerist, 2014). Ursache dieses unspezifischen Behandlungseffekts ist vermutlich, dass bei Bearbeitung der Durchgänge von *SEARCH* und *Pro\*Text* mit großer Wahrscheinlichkeit auch die Top-Down-Kontrolle der visuellen Aufmerksamkeit trainiert wird (vgl. Kap. 5.1.3). Da die Bearbeitung des *FokAT-KJ* über kleine, horizontale Wechsel des Aufmerksamkeitfokus erfolgt, aber weder lexikalische Fähigkeiten noch ein übergreifendes Blickbewegungsmuster erfordert, kam es dort daher in beiden Behandlungsphasen zu deutlichen Leistungsverbesserungen (vgl. Tabelle 17).

Betrachtet man die Interkorrelationen der korrigierten Konzentrationsleistung des *FokAT-KJ* mit den Maßen für die visuellen Fähigkeiten der Probanden zu den einzelnen Messzeitpunkten (vgl. Tab. 36), so zeigten sich während der Behandlungsphase deutliche Zusammenhänge mit der Bearbeitungsgeschwindigkeit in den beiden Durchstreichtests, die

nach Behandlungsende wieder etwas zurückgingen. Mit den Werten des *Protang* und des *Lesetexts* ergaben sich hingegen keine signifikanten Korrelationen. Eine mögliche Erklärung hierfür liegt in der Tatsache, dass sowohl *FokAT-KJ* als auch beide Durchstreichtests Paper-Pencil-Verfahren sind, also schriftlich bearbeitet werden müssen. Bei gesunden Kindern ist die Entwicklung der Schreibgeschwindigkeit für einfache Symbole mit ca. 11 Jahren, für Text mit ca. 17 Jahren abgeschlossen (Rueckriegel, et al., 2008). Bei Kindern mit zerebralen Beeinträchtigungen kommt es hierbei jedoch häufig zu graphomotorischen Defiziten bzw. Entwicklungsverzögerungen (Tükel, 2013; Matijević-Mikelić, Košiček, Crnković, Trifunović-Maček, & Grazio, 2011). Es ist davon auszugehen, dass derartige Beeinträchtigungen auch bei den hier untersuchten Kindern vorlagen und zu zusätzlichen Leistungsverminderungen in den drei Paper-Pencil-Verfahren führten. Da *Protang* und *Lesetext* keine graphomotorischen Kompetenzen beanspruchen, wurde die Leistung in diesen Verfahren nur durch die visuell-kognitiven Fähigkeiten der Kinder beeinflusst, weswegen ein signifikanter Zusammenhang mit dem *FokAT-KJ* ausblieb. Im Behandlungsverlauf konnten ältere Kinder demnach ihre Bearbeitungsgeschwindigkeit in den Paper-Pencil-Verfahren stärker steigern (vgl. Kap. 5.2.4), da ihre graphomotorischen Fähigkeiten vermutlich schon weiter entwickelt waren.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die im Rahmen der vorliegenden Studie geförderten Kinder im *FokAT-KJ* deutlichere Leistungszuwächse verzeichnen konnten als in allen anderen Testverfahren (vgl. Kap. 4.3.1). Dies liegt vermutlich daran, dass dieser Test Aufmerksamkeitsfunktionen misst, die sowohl im Zuge von *SEARCH* als auch bei *Pro\*Text* benötigt und gefördert werden (vgl. Kap. 5.1.3). Hierbei ist besonders hervorzuheben, dass auch Kinder mit geringen Ausgangsleistungen im *FokAT-KL* von der Behandlung profitieren konnten (siehe VPN 2 und VPN 8). Diese Befunde sprechen dafür, dass der vermutlich für die Leistungsverbesserungen verantwortliche, unspezifische Wirkmechanismus auch bei Schülern zum Tragen kommt, die zu Beginn der Förderung größere Defizite hinsichtlich fokussierter (und wahrscheinlich auch visuell-räumlicher) Aufmerksamkeit vorweisen.

## 5.4 Anwendbarkeit des Förderprogramms bei Kindern mit CVI

Auf Basis der Erfahrungen aus insgesamt 344 Behandlungssitzungen, die im Rahmen der vorliegenden Studie durchgeführt wurden, soll im folgenden Abschnitt die Anwendbarkeit des hier evaluierten Förderprogramms bei Kindern mit CVI diskutiert werden.

Sowohl *SEARCH* als auch *Pro\*Text* basieren auf der kontinuierlichen Bearbeitung von Aufgaben mit weitgehend gleichbleibender Struktur und steigendem Schwierigkeitsgrad. Die Instruktionen sind klar formuliert und werden vor jeder Anwendung der einzelnen Verfahren wiederholt. Zudem werden Fehler oder Abweichungen sofort vom Behandler rückgemeldet und korrigiert. Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung gelang es allen Probanden, die Instruktionen im Laufe der ersten Testsitzungen zu verstehen und in Teilen umzusetzen. Probleme bei der Bearbeitung der einzelnen Aufgaben entstanden in der Regel aufgrund der visuellen und aufmerksamkeitsbedingten Defizite der Kinder. Durch die kontinuierliche Anpassung des Schwierigkeitsgrads an die Fähigkeiten der Schüler konnten Überforderung und Frustration aber weitgehend vermieden werden. Dies führte dazu, dass es in nur einem Fall zu Schwierigkeiten hinsichtlich der Behandlungsmotivation kam, die bei der betreffenden Versuchsperson zudem primär durch Unterforderung aufgrund guter Ausgangsleistungen entstanden. Da die Messwerte der Probanden nach jedem Durchgang mit *SEARCH* und *Pro\*Text* angezeigt wurden, begannen mehrere der Kinder, von sich aus Leistungsziele (z.B. Unterschreitung einer bestimmten Fehlerzahl) zu formulieren. Hierdurch konnte die Motivation der Schüler bei sorgfältiger Begleitung durch den Behandlungsleiter zusätzlich aufrechterhalten werden. Da der Zeitpunkt der einzelnen Fördersitzungen in enger Rücksprache mit den Klassenlehrern der Probanden vereinbart wurde und die Gesamtdauer der Behandlung nicht mehr als drei Monate betrug, konnten die Schüler das Förderprogramm während der Schulzeit absolvieren, ohne relevante Unterrichtsinhalte zu versäumen. Dies reduzierte den Aufwand für Kinder und Eltern erheblich.

Was die Funktion des Behandlungsleiters angeht, so stellen *SEARCH* und *Pro\*Text* nur geringe fachliche Anforderungen. Die Durchführung der Behandlungsverfahren kann mit Hilfe des Manuals in wenigen Stunden erlernt werden. In Hinblick auf eine flächendeckende Anwendung ist es daher durchaus denkbar, dass das Förderprogramm beispielsweise von geschulten Lehrkräften an Fördereinrichtungen durchgeführt wird. So müssten nur für die Beurteilung des Behandlungsbedarfs inkl. Funktionsdiagnostik und für die regelmäßigen Verlaufskontrollen die Dienste von Spezialisten in Anspruch genommen werden.

Wie sich im Zuge der einzelnen Behandlungssitzungen herausstellte, ist besonders die kontinuierliche Überprüfung und Aufrechterhaltung der Aufmerksamkeit von essenzieller Bedeutung für die erfolgreiche Förderung von Kindern mit CVI. Bei den hier untersuchten Schülern trat insbesondere der von Good und Kollegen (1994) beschriebene „fade out“ der Informationsaufnahme häufig auf. Dies machte sich in der Regel durch Leistungseinbrüche und ausbleibende Blickbewegungen bemerkbar. Die Vermittlung bzw. Einübung der jeweiligen Blickstrategien war in solchen Situationen dann nicht mehr möglich. Hier war es Aufgabe des Behandlungsleiters, durch regelmäßige Pausen und ggf. feinfühligte Anpassung der selbstgesteckten Leistungsziele der Probanden für ein adäquates Maß an visuell-kognitiver Belastung in den einzelnen Fördersitzungen zu sorgen.

Fazit: Im Rahmen der vorliegenden Studie konnten die Behandlungsverfahren *SEARCH* und *Pro\*Text* ohne Schwierigkeiten bei Kindern mit CVI angewandt werden. Durch die große Anpassungsfähigkeit hinsichtlich Schwierigkeitsgrad und Aufgabenanzahl war es möglich, auf die individuellen Defizite der einzelnen Schüler einzugehen und Überforderung zu vermeiden. Durch die gute Integration der Fördersitzungen in den Schulalltag konnte eine Mehrbelastung der Kinder weitgehend verhindert werden. Art und Ausmaß der Intervention schienen also für Schüler mit zerebralen Wahrnehmungsstörungen geeignet zu sein.

## 5.5 Limitationen

Bei der Interpretation der Ergebnisse dieser Studie ist zu berücksichtigen, dass die rekrutierte Stichprobe aus nur wenigen Probanden bestand ( $N = 11$ ). Dies führte insbesondere bei Vergleichen von Untergruppen zu sehr geringen Teststärken und starken Einflüssen von Ausreißerwerten. Da die visuellen Leistungen der Schüler aber nur zu fünf Messzeitpunkten erhoben worden waren, war die Durchführung statistischer Vergleiche auf Einzelfallbasis nicht möglich (vgl. Kap. 3.6.1).

Die Erhebung der visuellen Leistungen erfolgte größtenteils mit Testverfahren, die erst seit kurzem bei Kindern mit CVI eingesetzt werden. Es existieren kaum Untersuchungen, die zeigen, welche visuell-kognitiven Leistungen der Kinder mit diesen Verfahren gemessen werden und ob hier Unterschiede zu erwachsenen Patienten bestehen. Da bei den Probanden zudem keine okulographischen Messungen durchgeführt wurden, liegen für den postulierten Wirkmechanismus der hier evaluierten Behandlungsverfahren keine klaren Hinweise vor.

Um den Einfluss der Behandlungsverfahren abzuschätzen, wurden die Leistungsänderungen während der Behandlungsphase mit denen im Katamnese-Zeitraum verglichen. Dies ist problematisch, da ein Einfluss der Förderung auf die Leistungen nach Behandlungsende sehr wahrscheinlich ist. Deutlich geeigneter wäre ein Vergleich mit der Leistungsentwicklung vor Behandlungsbeginn gewesen, wie er in Vorgängerstudien bereits durchgeführt wurde (vgl. Zihl, 2011; Schuett, Heywood, Kentridge, Dauner, & Zihl, 2012). Dies war jedoch in der vorliegenden Untersuchung nicht möglich, da nur eine einmalige Messung der visuellen Leistungen vor Behandlungsbeginn stattfand.

Anhand der Ergebnisse dieser Untersuchung ist nicht abzuschätzen, ob den geförderten Schülern ein Transfer der erlernten Blickbewegungsstrategien in ihren Alltag gelungen ist. Hierzu hätten beispielsweise Lehrer bzw. Eltern der Probanden befragt oder die Schulnoten der Schüler (z.B. im Fach Deutsch) erhoben werden können.

Die medizinischen Vorbefunde der hier untersuchten Schüler waren von sehr unterschiedlichem Ausmaß und Schwerpunkt, da sie nicht im Rahmen der vorliegenden Studie erhoben worden waren. Dies war insbesondere bei der Untersuchung des Einflusses von nicht-visuellen Entwicklungsdefiziten problematisch, da die Probanden für diese Analyse anhand dieser Vorbefunde in Untergruppen (*Dev* / *DevX*) eingeteilt wurden. Zudem wurden in der Gruppe *DevX* Probanden mit unterschiedlichen, nicht-visuellen Defiziten (z.B. Kognition, Motorik, Sprache) zusammengefasst, was die Interpretierbarkeit der Ergebnisse dieses Gruppenvergleichs deutlich einschränkt.

Abschließend ist anzumerken, dass alle hier geförderten Probanden in speziellen Förderschulen unterrichtet wurden. Dies bedeutet, dass es sich bei diesen Schülern um eine spezielle Stichprobe mit besonderen Bedürfnissen handelte, die eine Beschulung in Spezialeinrichtungen erforderlich machte (vgl. Unterberger, 2015). Kinder mit CVI sind aber – insbesondere bei gering ausgeprägten visuellen Defiziten und höherer Leistungsfähigkeit – auch auf Regelschulen zu finden (vgl. Macintyre-Béon, et al., 2013). Ob und in wieweit diese Schüler von einer Förderung mit *SEARCH* und *Pro\*Text* profitieren, lässt sich aufgrund der Besonderheiten der hier untersuchten Stichprobe aber nicht beurteilen.

## 5.6 Ausblick

Aufgrund der sehr geringen Stichprobengröße und der verhältnismäßig kleinen Leistungszuwächse der Probanden in der vorliegenden Studie sollten die hier dargestellten Ergebnisse in Folgeuntersuchungen an größeren Populationen überprüft werden. Hierbei sollte dem Wirkmechanismus der Behandlungsverfahren bei Kindern mit CVI besonderes Augenmerk zuteilwerden. Durch okulographische Messungen vor und nach der Behandlung sollte überprüft werden, welche Bedeutung die Desorganisation von Blickbewegungsmustern für die visuellen Defizite von Kindern mit CVI hat und in wieweit sich diese Muster durch die Förderung mit *SEARCH* und *Pro\*Text* verändern lassen. Sollte sich die im Rahmen der vor-

liegenden Arbeit aufgestellte Annahme bestätigen, dass Störungen auf Ebene der Top-Down-Kontrolle gezielter Blickbewegungen und visuell-räumlicher Aufmerksamkeit einen zentralen Einfluss auf die Leistungsdefizite von Kindern mit CVI haben (vgl. Kap. 5.1.1), so könnte das Konzept der Förderung gezielt an die veränderten Bedürfnisse dieser Patientengruppe angepasst werden. Eine mögliche Grundlage für ein in dieser Richtung optimiertes Behandlungsverfahren wäre beispielsweise das in der Studie von Lewandowska et al. (2014, S. 2258) verwendete Computerprogramm zur Messung verborgener Wechsel des Aufmerksamkeitsfokus („Covert Shift of Attention“).

Im Katamnese-Intervall der vorliegenden Untersuchung zeigten die Schüler teilweise erhebliche Leistungsschwankungen. Dieser Befund sollte in zukünftigen Studien überprüft werden. Von großer Wichtigkeit wäre hierbei die Beantwortung der Frage, welche Faktoren zu Leistungsverbesserungen und -verschlechterungen nach Behandlungsabschluss führen. Hierdurch ließe sich eventuell abschätzen, welche Probanden mehr Förderung benötigen, um eine erfolgreiche Kompensation der visuellen Defizite zu erreichen. Zudem könnten auf Basis resultierender Erkenntnisse Interventionen zur Stabilisierung und Optimierung langfristiger Leistungsverbesserungen konstruiert und evaluiert werden.

Um die Beurteilbarkeit von Leistungsunterschieden zwischen den Probanden zu gewährleisten, sollte den zukünftigen Untersuchungen zur Wirksamkeit des hier evaluierten Förderprogramms eine ausführliche und standardisierte Diagnostik der visuell-kognitiven Defizite der einzelnen Kinder vorausgehen. Bei ausreichend großer Stichprobengröße könnten auf Basis dieser Informationen zudem zuverlässig Untergruppen gebildet werden, um den Einfluss bestimmter Teilleistungsstörungen auf den Behandlungserfolg zu überprüfen. Hierdurch könnten Informationen zum Nutzen der Förderung bei Patienten mit bestimmten Störungen bzw. Störungsmustern gesammelt werden, die mittelfristig wiederum eine präzisere Indikationsstellung bzgl. der Behandlung ermöglichen.

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung fanden sich Zusammenhänge zwischen den Leistungen in Paper-Pencil-Verfahren zur Messung visueller Exploration und fokussierter Aufmerksamkeit, die anhand beeinträchtigter graphomotorischer Kompetenzen der einzelnen Probanden erklärt wurden. Um diese Theorie zu überprüfen, sollte in Folgeuntersuchungen gezielt der Einfluss motorischer Entwicklungsdefizite auf die Leistung in den schriftlichen Testverfahren untersucht werden. Hierdurch könnten die Auswirkungen visueller Defizite besser abgegrenzt und präziser beurteilt werden.

Die klinische Relevanz der statistisch signifikanten Leistungssteigerungen, die von den Kindern während der hier evaluierten Förderung erzielt wurden, ist bislang unklar. Hier sollte in Folgeuntersuchungen neben der bereits angesprochenen Befragung von Eltern bzw. Lehrern und der Erhebung schulischer Leistungen auch eine Einschätzung der Alltagskompetenz der Kinder erfolgen. Hierdurch könnte beurteilt werden, in wieweit sich die Förderung auf die unterschiedlichen Lebensbereiche der einzelnen Probanden auswirkt. Dies wäre eine wichtige Information für die Einschätzung des individuellen Behandlungsbedarfs und die Prognose des Behandlungserfolgs bei zukünftigen Probanden.

## **6. Fazit**

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurde die Wirksamkeit der beiden Behandlungsverfahren *SEARCH* und *Pro\*Text* bei Schulkindern mit CVI evaluiert. Ziel der Förderung war die Verbesserung von visueller Suche bzw. Überblick und Lesefähigkeit. Neben Ausmaß und Richtung von Leistungsveränderungen wurde auch deren Stabilität in einem sechs Monate umfassenden Katamnese-Intervall untersucht. Zudem wurde überprüft, ob die beiden Behandlungsverfahren spezifisch auf die visuell-kognitiven Fähigkeiten der Schüler wirken. Vorbefunde zum Einfluss der Anwendungsreihenfolge von *SEARCH* und *Pro\*Text* aus dem Erwachsenenbereich wurden repliziert. Abschließend wurde beurteilt, ob

das Vorliegen von Gesichtsfeldstörungen und nicht-visuellen Entwicklungsdefiziten oder das Alter der Schüler einen Einfluss auf den Erfolg der Behandlung nimmt.

Es konnte gezeigt werden, dass die visuellen Leistungen der Schüler im Zuge der Behandlung signifikant anstiegen. Da sich die meisten Leistungsverbesserungen während der Behandlungsphase signifikant von den Messwertschwankungen in der Katamnese-Phase unterschieden, ist von einem positiven Einfluss der Behandlungsverfahren auf visuelle Suche und Lesefähigkeit auszugehen. Beim Vergleich des Ausmaßes der Leistungszuwächse mit Voruntersuchungen, in denen Erwachsene mit Gesichtsfeldausfällen behandelt wurden, fiel auf, dass sich die visuellen Leistungen der hier behandelten Kinder in deutlich geringerem Maße verbesserten. Dieser Befund wurde dahingehend erklärt, dass bei Kindern mit CVI häufig Störungen der Top-Down-Kontrolle gezielter Blickbewegungen und visuell-räumlicher Aufmerksamkeit vorliegen. Da diese Funktionen wichtige Voraussetzung für das Erlernen kompensatorischer Blickbewegungsstrategien sind, führte die Anwendung der auf diesem Prinzip basierenden Verfahren *SEARCH* und *Pro\*Text* hier zu geringeren Verbesserungen.

Nach Abschluss der Behandlung zeigten sich auf Gruppenebene kaum mehr signifikante Leistungsveränderungen. Die Leistung der einzelnen Probanden schwankte nach Behandlungsende teilweise jedoch erheblich, was der Annahme von Stabilität widerspricht.

Eine Analyse der Leistungsverläufe der hier geförderten Kinder sprach gegen eine spezifische Wirksamkeit von *SEARCH* und *Pro\*Text*. Dies wurde im Rahmen dieser Arbeit dadurch begründet, dass die beiden geförderten, visuellen-kognitiven Funktionen (visuelle Suche und Lesefähigkeit) bei Kindern mit CVI noch nicht unabhängig voneinander sind, es sich bei der in Vorgängerstudien festgestellten Doppel-Dissoziation dieser Funktionen also um das Ergebnis eines Entwicklungsprozesses handelt. Hierbei wurden Befunde aus früheren Untersuchungen zitiert, die darauf hinweisen, dass der Einfluss der visuellen Suche auf die Lesefähigkeit erst mit fortgeschrittenem Leseerwerb zurückgeht. Die signifikanten, aber

unspezifischen Zuwächse der visuellen Leistungen wurden basierend auf dieser Annahme dadurch erklärt, dass im Zuge der Behandlung der Schüler vermutlich eine Funktion trainiert wurde, welche sowohl Lesefähigkeit als auch visuelle Suche beeinflusst, auf deren Förderung die beiden Behandlungsverfahren aber nicht speziell zugeschnitten sind. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung wiesen hier insbesondere auf eine Verbesserung der Top-Down-Steuerung beim Ablösen und gezielten Verschieben des Aufmerksamkeitsfokus hin.

Ähnlich wie in Vorgängerstudien aus dem Erwachsenenbereich konnte auch im Rahmen der vorliegenden Untersuchung kein Einfluss der Anwendungsreihenfolge von *SEARCH* und *Pro\*Text* gefunden werden. Das Vorliegen von Gesichtsfeldstörungen führte im Behandlungsverlauf jedoch insbesondere bei Paper-Pencil-Tests der visuellen Suche zu einer Verlängerung der Bearbeitungszeit. Der Befund, dass Kinder mit Gesichtsfeldstörungen auch nur wenig von der Anwendung kompensatorischer Blickstrategien profitierten, stützt die Annahme, dass bei Kindern mit CVI oft andere Störungsmechanismen im Vordergrund stehen als bei Erwachsenen mit spät erworbenen Läsionen. Einflüsse nicht-visueller Entwicklungsdefizite und Alterseffekte konnten im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht gezeigt werden.

Kinder mit CVI sind eine sehr heterogene Patientengruppe, was die Entwicklung von großflächig anwendbaren Förderprogrammen erschwert. Da frühe Störungen der visuellen Wahrnehmung aber gravierende Auswirkungen auf die Entwicklung zahlloser psychischer Funktionen haben, ist die gezielte Förderung dieser Patienten von großer Bedeutung. Die im Rahmen der vorliegenden Studie vollzogene Evaluation zweier ursprünglich aus dem Erwachsenenbereich stammender Behandlungsverfahren liefert wichtige Erkenntnisse hinsichtlich der Besonderheiten bei der Förderung von Kindern mit CVI. Es ist zu hoffen, dass die Befunde dieser Untersuchung zur Entwicklung und Weiterentwicklung von Interventionen beitragen, die den jungen Patienten einen besseren Zugang zu ihrer visuellen Umwelt ermöglichen.

## Literaturverzeichnis

- Adelson, E., & Fraiberg, S. (1974). Gross Motor Development in Infants Blind from Birth. *Child Development, 45*, S. 114-126.
- Alimovic, S. (2013). Emotional and behavioural problems in children with visual impairment, intellectual and multiple disabilities. *Journal of Intellectual Disability Research, 57*(2), S. 153-160.
- Atkinson, J., Anker, S., Braddick, O., Nokes, L., Mason, A., & Braddick, F. (2001). Visual and visuospatial development in young children with Williams syndrome. *Developmental Medicine & Child Neurology, 43*, S. 330-337.
- Atkinson, J., King, J., Braddick, O., Nokes, L., Anker, S., & Braddick, F. (1997). A specific deficit of dorsal stream function in Williams' syndrome. *NeuroReport, 8*(8), S. 1919-1922.
- Baker-Nobles, L., & Rutherford, A. (1995). Understanding Cortical Visual Impairment in Children. *The American Journal Of Occupational Therapy, 49*(9), S. 899-903.
- Behrends, J. C., Bischofberger, J., Deutzmann, R., Ehmke, H., Frings, S., Grissmer, S., . . . Wischmeyer, E. (2012). *Physiologie* (2. Ausg.). Stuttgart, Deutschland: Georg Thieme Verlag KG.
- Berger, R., Garnier, Y., & Jensen, A. (2002). Perinatal Brain Damage: Underlying Mechanisms and Neuroprotective Strategies. *Journal of the Society for Gynecologic Investigation, 9*(6), S. 319-328.
- Boonstra, N., Limburg, H., Tijmes, N., van Genderen, M., Schuil, J., & van Nispen, R. (2012). Changes in causes of low vision between 1988 and 2009 in a Dutch population of children. *Acta Ophthalmologica, 90*, S. 277-286.

- Boot, F. H., Pel, J. J., van der Steen, J., & Evenhuis, H. M. (2010). Cerebral Visual Impairment: Which perceptive visual dysfunctions can be expected in children with brain damage? A systematic review. *Research in Developmental Disabilities, 31*, S. 1149-1159.
- Bortz, J., & Lienert, G. A. (2008). *Kurzgefasste Statistik für die klinische Forschung: Leitfaden für die verteilungsfreie Analyse kleiner Stichproben* (3. Ausg.). Heidelberg: Springer Medizin Verlag.
- Bosch, D. G., Boonstra, F. N., Reijnders, M. R., Pfundt, R., Cremers, F. P., & de Vries, B. B. (2014a). Chromosomal aberrations in cerebral visual impairment. *European Journal of Paediatric Neurology, 18*, S. 677-684.
- Bosch, D. G., Boonstra, F. N., Willemsen, M. A., Cremers, F. P., & de Vries, B. B. (2014b). Low vision due to cerebral visual impairment: differentiating between acquired and genetic causes. *BMC Ophthalmology, 14*(59), S. 1-9.
- Bova, S. M., Giovenzana, A., Signorini, S., La Piana, R., Uggetti, C., Bianchi, P. E., & Fazzi, E. (2008). Recovery of visual functions after early acquired occipital damage. *Developmental Medicine & Child Neurology, 50*, S. 311-315.
- Bowen, J. (2010). Visual impairment and its impact on self-esteem. *The British Journal of Visual Impairment, 28*(1), S. 47-56.
- Brickenkamp, R., Schmidt-Atzert, L., Liepmann, D., & Schmidt-Atzert, L. (2010). *d2-R: Test d2-Revision: Aufmerksamkeits- und Konzentrationstest*. Göttingen: Hogrefe.
- Bridge, H. (2016). Effects of cortical damage on binocular depth perception. *Philosophical Transactions of the Royal Society B, 371*, S. 1-9.

- Brodmann, K. (1909). *Vergleichende Lokalisationslehre der Großhirnrinde*. Leipzig, Deutschland: Barth.
- Bui Quoc, E., & Milleret, C. (2014). Origins of strabismus and loss of binocular vision. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 8(71), S. 1-19.
- Carpenter, R. H. (2000). The neural control of looking. *Current Biology*, 10(8), S. R291-R293.
- Cavascan, N. N., Salomão, S. R., Sacai, P. Y., Pereira, J. M., Rocha, D. M., & Berezovsky, A. (2014). Contributing factors to VEP grating acuity deficit and inter-ocular acuity difference in children with cerebral visual impairment. *Documenta Ophthalmologica*, 128, S. 91-99.
- Chong, C., & Dai, S. (2014). Cross-sectional study on childhood cerebral visual impairment in New Zealand. *Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus (JAAPOS)*, 18(1), S. 71-74.
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2. Ausg.). Hillsdale, New Jersey, USA: Lawrence Erlbaum Associates.
- Crawford, J. R., & Garthwaite, P. H. (2002). Investigation of the single case in neuropsychology: confidence limits on the abnormality of test scores and test score differences. *Neuropsychologia*, 40, S. 1196-1208.
- Crawford, J. R., & Howell, D. C. (1998). Comparing an Individual's Test Score Against Norms Derived from Small Samples. *The Clinical Neuropsychologist*, 12(4), S. 482-486.

- Crawford, J. R., Garthwaite, P. H., Azzalini, A., Howell, D. C., & Laws, K. R. (2006). Testing for a deficit in single-case studies: Effects of departures from normality. *Neuropsychologia*, *44*, S. 666-677.
- Creavin, A. L., Lingam, R., Steer, C., & Williams, C. (2015). Ophthalmic Abnormalities and Reading Impairment. *PEDIATRICS*, *135*(6), S. 1057-1065.
- Das, C. (1994). Decision making by classical test procedures using an optimal level of significance. *European Journal of Operational Research*, *73*, S. 76-84.
- De Renzi, E. (2000). Disorders of Visual Recognition. *Seminars in Neurology*, *20*(4), S. 479-485.
- Deco, G., & Zihl, J. (2006). The neurodynamics of visual search. *Visual Cognition*, *14*(4-8), S. 1006-1024.
- DeWitt, C. A., Johnson, L. N., Schoenleber, D. B., Hainsworth, D. P., & Madsen, R. W. (2003). Visual Function in Patients with Optic Nerve Pallor (Optic Atrophy). *Journal of the National Medical Association*, *95*(5), S. 394-397.
- Dutton, G. N. (2013). The spectrum of cerebral visual impairment as a sequel to premature birth: an overview. *Documenta Ophthalmologica*, *127*, S. 69-78.
- Dutton, G. N., & Jacobson, L. K. (2001). Cerebral visual impairment in children. *Seminars in Neonatology*, *6*, S. 477-485.
- Dutton, G. N., Macdonald, E., Drummond, S. R., Saidkasimova, S., & Mitchell, K. (2010). Clinical Features of Perceptual and Cognitive Visual Impairment in Children with Brain Damage of Early Onset. In G. N. Dutton, & M. Bax, *Visual Impairment in Children Due to Damage to the Brain* (S. 106-116). London, England: Mac Keith Press.

- Dutton, G. N., Saaed, A., Fahad, B., Fraser, R., McDaid, G., McDade, J., . . . Spowart, K. (2004). Association of binocular lower visual field impairment, impaired simultaneous perception, disordered visually guided motion and inaccurate saccades in children with cerebral visual dysfunction - a retrospective observational study. *Eye, 18*, S. 27-34.
- Dutton, G., Ballantyne, J., Boyd, G., Bradnam, M., Day, R., McCulloch, D., . . . Saunders, K. (1996). Cortical Visual Dysfunction in Children: A Clinical Study. *Eye, 10*, S. 302-309.
- Ek, U., Jacobson, L., Ygge, J., Fellenius, K., & Flodmark, O. (2000). Visual and cognitive development and reading achievement in four children with visual impairment due to periventricular leukomalacia. *Visual Impairment Research, 2*(1), S. 3-16.
- Eken, P., de Vries, L. S., van Nieuwenhuizen, O., Schalijs-Delfos, N. E., Reits, D., & Spekrijse, H. (1996). Early Predictors of Cerebral Visual Impairment in Infants with Cystic Leukomalacia. *Neuropediatrics, 27*, S. 16-25.
- Fazzi, E., Signorini, S. G., Bova, S. M., La Piana, R., Ondei, P., Bertone, C., . . . Bianchi, P. E. (2007). Spectrum of Visual Disorders in Children With Cerebral Visual Impairment. *Journal of Child Neurology, 22*(3), S. 294-301.
- Fernald, R. D. (2004). Eyes: Variety, Development and Evolution. *Brain, Behavior and Evolution, 64*, S. 141-147.
- Ferretti, G., Mazzotti, S., & Brizzolara, D. (2008). Visual scanning and reading ability in normal and dyslexic children. *Behavioural Neurology, 19*, S. 87-92.
- Freeman, A. W., Nguyen, V. A., & Jolly, N. (1996). Components of Visual Acuity Loss in Strabismus. *Vision Research, 36*(5), S. 765-774.

- Fritz, C. O., Morris, P. E., & Richler, J. J. (2012). Effect Size Estimates: Current Use, Calculations, and Interpretation. *Journal of Experimental Psychology: General*, *141*(1), S. 2-18.
- Gassel, M. M., & Williams, D. (1963). Visual Function in Patients with Homonymous Hemianopia - Part II: Oculomotor Mechanisms. *Brain*, *86*(1), S. 1-36.
- Gehring, W. J. (2005). New Perspectives on Eye Development and the Evolution of Eyes and Photoreceptors. *Journal of Heredity*, *96*(3), S. 171-184.
- Gehring, W. J. (2011). Chance and Necessity in Eye Evolution. *Genome Biology and Evolution*, *3*, S. 1053-1066.
- Goldstein, E. B. (2010). *Sensation and Perception* (8. Ausg.). Belmont, Kalifornien, USA: Wadsworth.
- Good, W. V., Jan, J. E., Burden, S. K., Skoczinski, A., & Candy, R. (2001). Recent advances in cortical visual impairment. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *43*, S. 56-60.
- Good, W. V., Jan, J. E., DeSa, L., Barkovich, A. J., Groenvelde, M., & Hoyt, C. S. (1994). Cortical Visual Impairment in Children. *Survey of Ophthalmology*, *38*(4), S. 351-364.
- Goodale, M. A. (2010). The functional organization of the central visual pathways. In G. N. Dutton, & M. Bax, *Visual Impairment in Children Due to Damage to the Brain* (S. 5-19). London, England: Mac Keith Press.
- Goodale, M. A., & Milner, A. D. (1992). Separate visual pathways for perception and action. *Trends in Neurosciences*, *15*(1), S. 20-25.

- Graubner, B. (2014). *ICD-10-GM 2015 Systematisches Verzeichnis: Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme - 10. Revision*. Köln, Deutschland: Deutscher Ärzte-Verlag.
- Groenveld, M., Jan, J. E., & Leader, P. (1990). Observations on the Habilitation of Children with Cortical Visual Impairment. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 84, S. 11-15.
- Guzzetta, A., Tinelli, F., Del Viva, M. M., Bancalè, A., Arrighi, R., Pascale, R. R., & Cioni, G. (2009). Motion perception in preterm children: role of prematurity and brain damage. *NeuroReport*, 20, S. 1339-1343.
- Halder, G., Callaerts, P., & Gehring, W. J. (1995). New perspectives on eye evolution. *Current Opinion in Genetics & Development*, 5, S. 602-609.
- Hasbrouck, J., & Tindal, G. A. (2006). Oral Reading Fluency Norms: A Valuable Assessment Tool for Reading Teachers. *The Reading Teacher*, 59(7), S. 636-644.
- Hatton, D. D., Schwietz, E., Boyer, B., & Rychwalski, P. (2007). Babies Count: The national registry for children with visual impairments, birth to 3 years. *Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus (JAAPOS)*, 11(4), S. 351-355.
- Hoyt, C. S. (2003). Visual function in the brain-damaged child. *Eye*, 17, S. 369-384.
- Huo, R., Burden, S. K., Hoyt, C. S., & Good, W. V. (1999). Chronic cortical visual impairment in children: aetiology, prognosis, and associated neurological deficits. *British Journal of Ophthalmology*, 83, S. 670-675.

- Huurneman, B., Boonstra, F. N., Cox, R. F., Cillessen, A. H., & van Rens, G. (2012). A systematic review on 'Foveal Crowding' in visually impaired children and perceptual learning as a method to reduce Crowding. *BMC Ophthalmology*, *12*(27), S. 1-14.
- Ioannidis, J. P., Hozo, I., & Djulbegovic, B. (2013). Optimal type I and type II error pairs when the available sample size is fixed. *Journal of Clinical Epidemiology*, *66*, S. 903-910.
- Jacobson, L. (2014). Cerebral dysfunction in children: should this be the central tenet for a new system of classification? *Developmental Medicine & Child Neurology*, *56*, S. 101-102.
- Jacobson, L. K., & Dutton, G. N. (2000). Periventricular Leukomalacia: An Important Cause of Visual and Ocular Motility Dysfunction in Children. *Survey of Ophthalmology*, *45*(1), S. 1-13.
- Jacobson, L., & Flodmark, O. (2010). Visual Dysfunction and Ocular Findings Associated with White Matter Damage of Immaturity. In G. N. Dutton, & M. Bax, *Visual Impairment in Children Due to Damage to the Brain* (S. 27-34). London, England: Mac Keith Press.
- Jan, J. E., & Robinson, G. C. (1989). A Multidisciplinary Program for Visually Impaired Children and Youths. *International Ophthalmology Clinics*, *29*(1), S. 33-36.
- Johnson, H., & Cowey, A. (2000). Transneuronal retrograde degeneration of retinal ganglion cells following restricted lesions of striate cortex in the monkey. *Experimental Brain Research*, *132*, S. 269-275.
- Kanwisher, N. (2010). Functional specificity in the human brain: A window into the functional architecture of the mind. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *107*(25), S. 11163-11170.

- Kedar, S., Zhang, X., Lynn, M. J., Newman, N. J., & Biousse, V. (2006). Pediatric Homonymous Hemianopia. *Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus*, 10(3), S. 249-252.
- Kerkhoff, G. (2010). Evidenzbasierte Verfahren in der neurovisuellen Rehabilitation. *Neurologie & Rehabilitation*, 16(2), S. 82-90.
- Khetpal, V., & Donahue, S. P. (2007). Cortical visual impairment: Etiology, associated findings, and prognosis in a tertiary care setting. *Journal of the American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus*, 11(3), S. 235-239.
- Knauer, C., & Pfeiffer, N. (2006). Erblindung in Deutschland – heute und 2030. *Ophthalmologie*, 103, S. 735-741.
- Köhler, T. (2008). *Statistische Einzelfallanalyse* (1. Ausg.). Weinheim, Basel: Beltz Verlag.
- Kozeis, N. (2010). Brain visual impairment in childhood: mini review. *Hippokratia*, 14(4), S. 249-251.
- Lamb, T. D., Collin, S. P., & Pugh Jr., E. N. (2007). Evolution of the vertebrate eye: opsins, photoreceptors, retina and eye cup. *Nature Reviews Neuroscience*, 8(12), S. 960-976.
- Land, M. F., & Fernald, R. D. (1992). The Evolution of Eyes. *Annual Review of Neuroscience*, 15, S. 1-29.
- Land, M. F., & Nilsson, D.-E. (2006). General purpose and special purpose visual systems. In E. Warrant, & D.-E. Nilsson (Hrsg.), *Invertebrate Vision* (S. 167-210). Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Lanners, J., Piccioni, A., Fea, F., & Goergen, E. (1999). Early intervention for children with cerebral visual impairment: preliminary results. *Journal of Intellectual Disability Research*, 43(1), S. 1-12.

- Lanzi, G., Fazzi, E., Uggetti, C., Cavallini, A., Danova, S., Egitto, M. G., . . . Bianchi, P. E. (1998). Cerebral Visual Impairment in Periventricular Leukomalacia. *Neuropediatrics*, 29, S. 145-150.
- Larson, J., Drew, K. L., Folkow, L. P., Milton, S. L., & Park, T. J. (2014). No oxygen? No problem! Intrinsic brain tolerance to hypoxia in vertebrates. *The Journal of Experimental Biology*, 217, S. 1024-1039.
- Lassus-Sangosse, D., N'guyen-Morel, M.-A., & Valdois, S. (2008). Sequential or simultaneous visual processing deficit in developmental dyslexia? *Vision Research*, 48, S. 979-988.
- Lee, M. S., Jago, J. B., García-Bellido, D. C., Edgecombe, G. D., Gehling, J. G., & Paterson, J. R. (2011). Modern optics in exceptionally preserved eyes of Early Cambrian arthropods from Australia. *Nature*, 474, S. 631-634.
- Lewandowska, M., Milner, R., Ganc, M., Włodarczyk, E., & Skarżyński, H. (2014). Attention Dysfunction Subtypes of Developmental Dyslexia. *Medical Science Monitor*, 20, S. 2256-2268.
- Li, J., Liu, Y., Qin, W., Jiang, J., Qiu, Z., Xu, J., . . . Jiang, T. (2013). Age of Onset of Blindness Affects Brain Anatomical Networks Constructed Using Diffusion Tensor Tractography. *Cerebral Cortex*, 23, S. 542-551.
- Lowery, R. S., Atkinson, D., & Lambert, S. R. (2006). Cryptic cerebral visual impairment in children. *British Journal of Ophthalmology*, 90, S. 960-963.
- Macintyre-Béon, C., Young, D., Dutton, G. N., Mitchell, K., Simpson, J., Loffler, G., . . . Hamilton, R. (2013). Cerebral visual dysfunction in prematurely born children attending mainstream school. *Documenta Ophthalmologica*, 127, S. 89-102.

- Malkowicz, D. E., Myers, G., & Leisman, G. (2006). Rehabilitation of Cortical Visual Impairment in Children. *International Journal of Neuroscience*, *116*, S. 1015-1033.
- Matijević-Mikelić, V., Košiček, T., Crnković, M., Trifunović-Maček, Z., & Grazio, S. (2011). Development of Early Graphomotor Skills in Children with Neurodevelopmental Risks. *Acta clinica Croatica*, *50*, S. 317-321.
- Matsuba, C. A., & Jan, J. E. (2006). Long-term outcome of children with cortical visual impairment. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *48*, S. 508-512.
- Matsuba, C., & Soul, J. (2010). Clinical Manifestations of Cerebral Visual Impairment. In G. N. Dutton, & M. Bax, *Visual Impairment in Children Due to Damage to the Brain* (S. 41-49). London, England: Mac Keith Press.
- McClelland, J. F., Parkes, J., Hill, N., Jackson, A. J., & Saunders, K. J. (2006). Accommodative Dysfunction in Children with Cerebral Palsy: A Population-Based Study. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, *47*(5), S. 1824-1830.
- Medland, C., Walter, H., & Woodhouse, J. M. (2010). Eye movements and poor reading: does the Developmental Eye Movement test measure cause or effect? *Ophthalmic and Physiological Optics*, *30*, S. 740-747.
- Morrone, M. C., Guzzetta, A., Tinelli, F., Tosetti, M., Del Viva, M., Montanaro, D., . . . Cioni, G. (2008). Inversion of Perceived Direction of Motion Caused by Spatial Undersampling in Two Children with Periventricular Leukomalacia. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *20*(6), S. 1094-1106.
- Mort, D. J., & Kennard, C. (2003). Visual search and its disorders. *Current Opinion in Neurology*, *16*, S. 51-57.

- Navarrete, A., van Schaik, C. P., & Isler, K. (2011). Energetics and the evolution of human brain size. *Nature*, *480*, S. 91-93.
- Neely, D. E., & Sprunger, D. T. (1999). Nystagmus. *Current Opinion in Ophthalmology*, *10*, S. 320-326.
- Nilsson, D.-E. (2013). Eye evolution and its functional basis. *Visual Neuroscience*, *30*, S. 5-20.
- Nilsson, D.-E., & Arendt, D. (2008). Eye Evolution: The Blurry Beginning. *Current Biology*, *18*(23), S. R1096-R1098.
- O'Connor, A. R., & Fielder, A. R. (2007). Visual outcomes and perinatal adversity. *Seminars in Fetal & Neonatal Medicine*, *12*, S. 408-414.
- Ortibus, E. L., De Cock, P. P., & Lagae, L. G. (2011). Visual Perception in Preterm Children: What Are We Currently Measuring? *Pediatric Neurology*, *45*, S. 1-10.
- Ortibus, E., Lagae, L., Casteels, I., Demaerel, P., & Stiers, P. (2009). Assessment of cerebral visual impairment with the L94 visual perceptual battery: clinical value and correlation with MRI findings. *Developmental Medicine & Child Neurology*, *51*(3), S. 209-217.
- Patten, M. D. (1983). Relationships Between Self-Esteem, Anxiety, and Achievement in Young Learning Disabled Students. *Journal of Learning Disabilities*, *16*(1), S. 43-45.
- Pelli, D. G., Tillman, K. A., Freeman, J., Su, M., Berger, T. D., & Majaj, N. J. (2007). Crowding and eccentricity determine reading rate. *Journal of Vision*, *7*(2), S. 1-36.
- Poppelreuter, W. (1917). *Die psychischen Schädigungen durch Kopfschuß im Kriege 1914/1916 mit besonderer Berücksichtigung der pathopsychologischen,*

*pädagogischen, gewerblichen und sozialen Beziehungen* (Bd. I). Leipzig,

Deutschland: Verlag von Leopold Voss.

Porro, G., & Wittebol-Post, D. (2010). Impairment of Peripheral Vision and its Measurement.

In G. N. Dutton, & M. Bax, *Visual Impairment in Children Due to Damage to the Brain* (S. 85-97). London, England: Mac Keith Press.

Purves, D., Cabeza, R., Huettel, S. A., LaBar, K. S., Platt, M. L., & Woldorff, M. G. (2013).

*Principles of Cognitive Neuroscience* (2. Ausg.). Sunderland, Massachusetts, USA: Sinauer Associates, Inc.

Ramenghi, L. A., Ricci, D., Mercuri, E., Groppo, M., De Carli, A., Ometto, A., . . . Mosca, F.

(2010). Visual performance and brain structures in the developing brain of pre-term infants. *Early Human Development*, 86, S. S73-S75.

Reynell, J. (1978). Developmental Patterns of Visually Handicapped Children. *Child: care,*

*health and development*, 4, S. 291-303.

Ricci, D., Anker, S., Cowan, F., Pane, M., Gallini, F., Luciano, R., . . . Mercuri, E. (2006).

Thalamic atrophy in infants with PVL and cerebral visual impairment. *Early Human Development*, 82, S. 591-595.

Rosenthal, R., & DiMatteo, M. R. (2001). Meta-Analysis: Recent Developments in

Quantitative Methods for Literature Reviews. *Annual Review of Psychology*, 52, S. 59-82.

Ross, C. F. (2000). Into the Light: The Origin of Anthrozoidea. *Annual Review of*

*Anthropology*, 29, S. 147-194.

Ross, C. F., & Kirk, E. C. (2007). Evolution of eye size and shape in primates. *Journal of*

*Human Evolution*, 52, S. 294-313.

- Roth, T., Sokolov, A. N., Messias, A., Roth, P., Weller, M., & Trauzettel-Klosinski, S. (2009). Sakkadentraining verbessert visuelle Exploration bei Hemianopsie. *Zeitschrift für praktische Augenheilkunde & Augenärztliche Fortbildung*, 30, S. 403-410.
- Ruberto, G., Salati, R., Milano, G., Bertone, C., Tinelli, C., Fazzi, E., . . . Bianchi, P. E. (2006). Changes in the Optic Disc Excavation of Children Affected by Cerebral Visual Impairment: A Tomographic Analysis. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 47(2), S. 484-488.
- Rueckriegel, S. M., Blankenburg, F., Burghardt, R., Ehrlich, S., Henze, G., Mergl, R., & Hernáiz Driever, P. (2008). Influence of age and movement complexity on kinematic hand movement parameters in childhood and adolescence. *International Journal of Developmental Neuroscience*, 26, S. 655-663.
- Sakai, S., Hirayama, K., Iwasaki, S., Yamadori, A., Sato, N., Ito, A., . . . Tsuburaya, K. (2002). Contrast Sensitivity of Patients With Severe Motor and Intellectual Disabilities and Cerebral Visual Impairment. *Journal of Child Neurology*, 17(10), S. 731-737.
- Salati, R., Borgatti, R., Giammari, G., & Jacobson, L. (2002). Oculomotor dysfunction in cerebral visual impairment following perinatal hypoxia. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 44, S. 542-550.
- Sandfeld Nielsen, L., Skov, L., & Jensen, H. (2007). Visual dysfunctions and ocular disorders in children with developmental delay. I. prevalence, diagnoses and aetiology of visual impairment. *Acta Ophthalmologica Scandinavica*, 85, S. 149-156.
- Saunders, K. J., McClelland, J. F., Richardson, P. M., & Stevenson, M. (2008). Clinical judgement of near pupil responses provides a useful indicator of focusing ability in children with cerebral palsy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 50, S. 33-37.

- Schenk-Rootlieb, A. J., van Nieuwenhuizen, O., Schiemanck, N., van der Graaf, Y., & Willemse, J. (1993). Impact of cerebral visual impairment on the everyday life of cerebral palsied children. *Child: care, health and development*, 19, S. 411-423.
- Schuett, S., & Zihl, J. (2012). Störungen der visuellen Wahrnehmung. *Nervenarzt*, 83, S. 1053-1064.
- Schuett, S., & Zihl, J. (2013). Does age matter? Age and rehabilitation of visual field disorders after brain injury. *Cortex*, 49, S. 1001-1012.
- Schuett, S., Heywood, C. A., Kentridge, R. W., & Zihl, J. (2008a). The significance of visual information processing in reading: Insights from hemianopic dyslexia. *Neuropsychologia*, 46, S. 2445-2462.
- Schuett, S., Heywood, C. A., Kentridge, R. W., & Zihl, J. (2008b). Rehabilitation of hemianopic dyslexia: are words necessary for re-learning oculomotor control? *Brain*, 131, S. 3156-3168.
- Schuett, S., Heywood, C. A., Kentridge, R. W., Dauner, R., & Zihl, J. (2012). Rehabilitation of reading and visual exploration in visual field disorders: transfer or specificity? *Brain*, 135, S. 912-921.
- Seassau, M., & Bucci, M.-P. (2013). Reading and Visual Search: A Developmental Study in Normal Children. *PLoS ONE*, 8(7), S. e70261.
- Seassau, M., Gérard, C. L., Bui-Quoc, E., & Bucci, M. P. (2014). Binocular saccade coordination in reading and visual search: a developmental study in typical reader and dyslexic children. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, 8(85), S. 1-11.
- Sigerist, E. M. (2014). *Explorations- und Lesetraining bei Kindern mit CVI – eine Pilotstudie*. München: Ludwig-Maximilians-Universität.

- Sireteanu, R., Goebel, C., Goertz, R., Werner, I., Nalewajko, M., & Thiel, A. (2008). Impaired Serial Visual Search in Children with Developmental Dyslexia. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1145, S. 199-211.
- Sonksen, P. M., & Dale, N. (2002). Visual impairment in infancy: impact on neurodevelopmental and neurobiological processes. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 44, S. 782-791.
- Sonksen, P. M., Petrie, A., & Drew, K. J. (1991). Promotion of Visual Development of Severely Visually Impaired Babies: Evaluation of A Developmentally Based Programme. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 33(4), S. 320-335.
- Sterne, J. A., & Smith, G. D. (2001). Sifting the evidence—what's wrong with significance tests? *BMJ*, 322, S. 226-231.
- Stiers, P., De Cock, P., & Vandebussche, E. (1998). Impaired Visual Perceptual Performance on an Object Recognition Task in Children with Cerebral Visual Impairment. *Neuropediatrics*, 29, S. 80-88.
- Stiers, P., Vanderkelen, R., & Vandebussche, E. (2004). Optotype and Grating Visual Acuity in Patients with Ocular and Cerebral Visual Impairment. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 45(12), S. 4333-4339.
- Stöttinger, E., Soder, K., Pfusterschmied, J., Wagner, H., & Perner, J. (2010). Division of labour within the visual system: fact or fiction? Which kind of evidence is appropriate to clarify this debate? *Experimental Brain Research*, 202, S. 79-88.
- Sullivan, G. M., & Feinn, R. (2012). Using Effect Size—or Why the P Value Is Not Enough. *Journal of Graduate Medical Education*, S. 279-282.

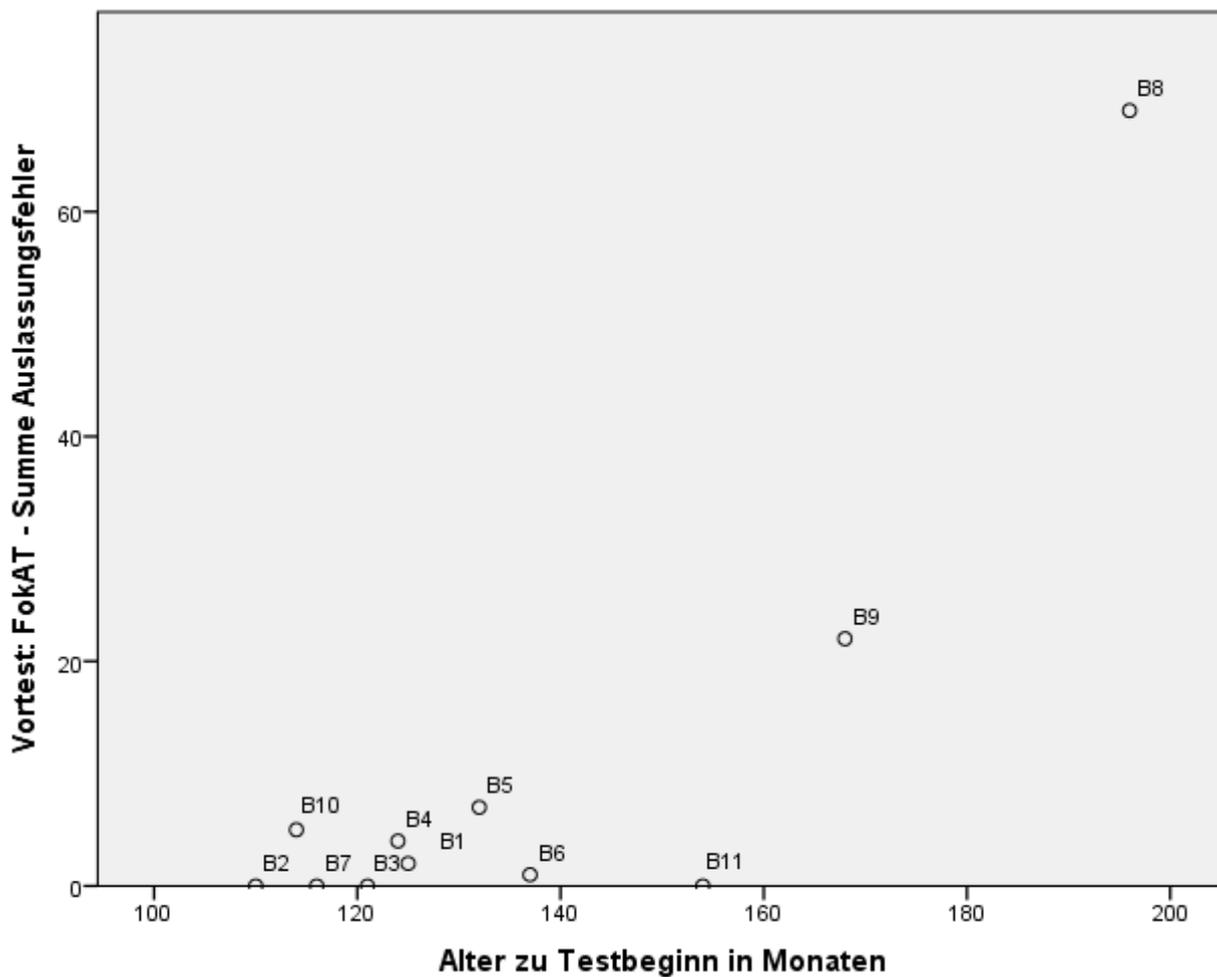
- Tinelli, F., Guzzetta, A., Bertini, C., Ricci, D., Mercuri, E., Ladavas, E., & Cioni, G. (2011). Greater Sparing of Visual Search Abilities in Children After Congenital Rather Than Acquired Focal Brain Damage. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 25(8), S. 721-728.
- Trauner, D. A. (2003). Hemispacial neglect in young children with early unilateral brain damage. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 45, S. 160-166.
- Trauzettel-Klosinski, S. (2011). Zeitgemäße Möglichkeiten visueller Rehabilitation. *Deutsches Ärzteblatt*, 108(51-52), S. 871-878.
- Tükel, Ş. (2013). *Development of Visual-Motor Coordination in Children with Neurological Dysfunctions*. Stockholm: Karolinska Institutet.
- Unterberger, L. (2015). *Kindliche zerebrale Sehstörungen (CVI)*. München, Deutschland: Herbert Utz Verlag GmbH.
- Valdois, S., Bosse, M.-L., & Tainturier, M.-J. (2004). The Cognitive Deficits Responsible for Developmental Dyslexia: Review of Evidence for a Selective Visual Attentional Disorder. *DYSLEXIA*, 10, S. 1-25.
- Van der Geest, J. N., Lagers-van Haselen, G. C., van Hagen, J. M., Brenner, E., Govaerts, L. C., de Coo, I. F., & Frens, M. A. (2005). Visual depth processing in Williams–Beuren syndrome. *Experimental Brain Research*, 166, S. 200-209.
- van Hof-van Duin, J., Cioni, G., Bertuccelli, B., Fazzi, B., Romano, C., & Boldrini, A. (1998). Visual outcome at 5 years of newborn infants at risk of cerebral visual impairment. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 40, S. 302-309.
- VanderVeen, D. K., Bremer, D. L., Fellows, R. R., Hardy, R. J., Neely, D. E., Palmer, E. A., . . . Good, W. V. (2011). Prevalence and course of strabismus through age 6 years in

- participants of the Early Treatment for Retinopathy of Prematurity randomized trial. *Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus*, 15(6), S. 536-540.
- VanderVeen, D. K., Coats, D. K., Dobson, V., Fredrick, D., Gordon, R. A., Hardy, R. J., . . . Good, W. V. (2006). Prevalence and Course of Strabismus in the First Year of Life for Infants With Prethreshold Retinopathy of Prematurity. *Archives of Ophthalmology*, 124, S. 766-773.
- Wong, V. C. (1991). Cortical Blindness in Children: A Study of Etiology and Prognosis. *Pediatric Neurology*, 7(3), S. 178-185.
- Woodhouse, J. M. (2010). Abnormalities of refraction and accommodation and their management. In G. N. Dutton, & M. Bax (Hrsg.), *Visual Impairment in Children due to Damage to the Brain* (1. Ausg., S. 98-105). London: Mac Keith Press.
- Yan, X., Lin, X., Wang, Q., Zhang, Y., Chen, Y., Song, S., & Jiang, T. (2010). Dorsal Visual Pathway Changes in Patients with Comitant Exotropia. *PLoS ONE*, 5(6), S. 1-6.
- Zhao, Z.-Y., Shao, J., Xie, C.-h., Wang, Y.-x., Qin, Y.-f., Cornish, K., & Karmiloff-Smith, A. (2008). Visual Search Attention and Executive Function in Chinese Children with Williams Syndrome. *Pediatrics*, 121, S. 148.
- Zihl, J. (1981). Recovery of Visual Functions in Patients with Cerebral Blindness. *Experimental Brain Research*, 44, S. 159-169.
- Zihl, J. (1988). Homonyme Hemianopsie und ihre Rehabilitation. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde*, 192, S. 555-558.
- Zihl, J. (1995a). Eye movement patterns in hemianopic dyslexia. *Brain*, 118, S. 891-912.

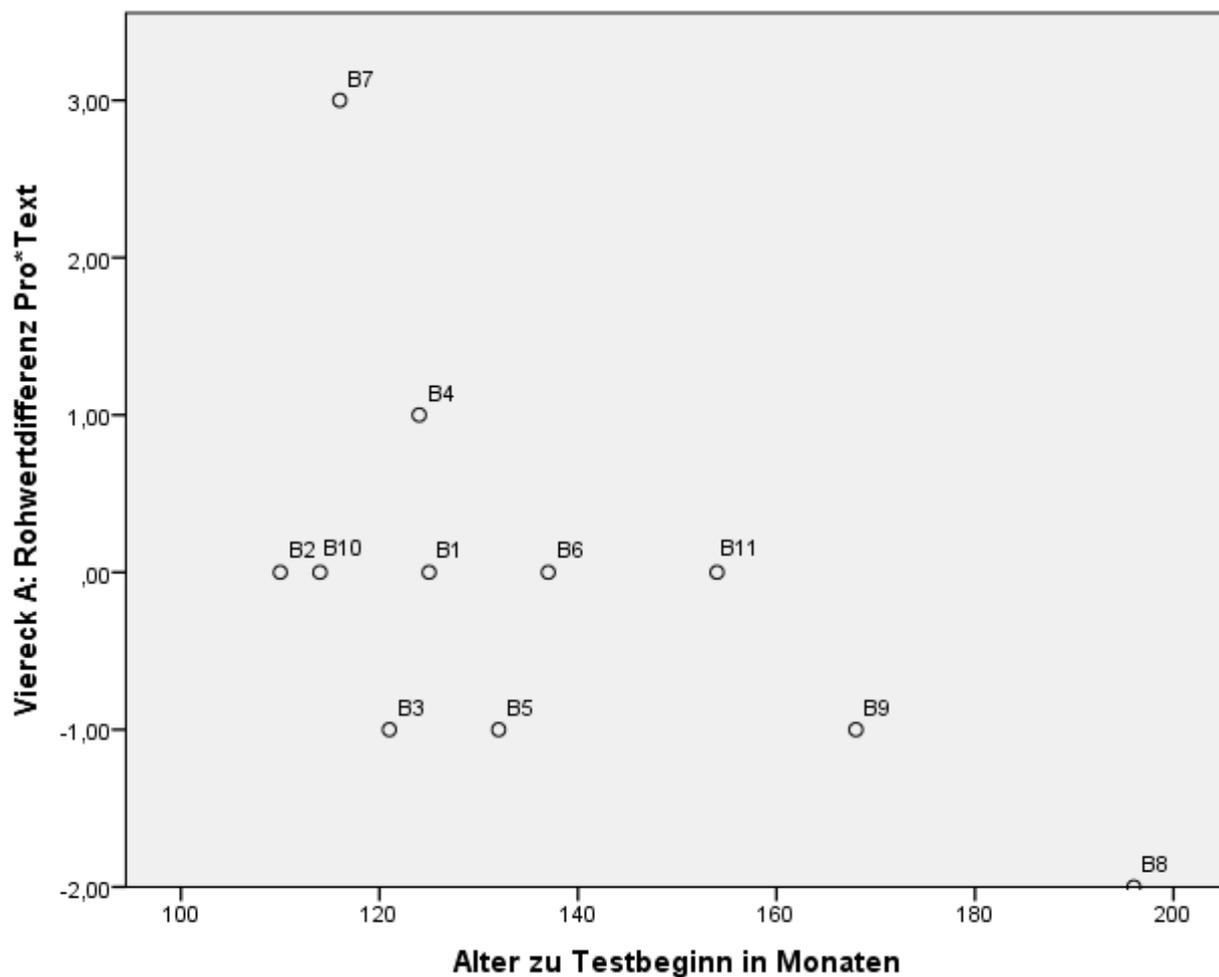
- Zihl, J. (1995b). Visual Scanning Behavior in Patients with Homonymous Hemianopia. *Neuropsychologia*, 33(3), S. 287-303.
- Zihl, J. (2000). Zerebrale Sehstörungen. *Aktuelle Neurologie*, 27, S. 13-21.
- Zihl, J. (2011). *Rehabilitation of Visual Disorders after Brain Injury* (2. Ausg.). Hove, UK: Psychology Press.
- Zihl, J., & Dutton, G. N. (2015). *Cerebral Visual Impairment in Children - Visuoceptive and Visuocognitive Disorders*. Wien, Österreich: Springer-Verlag.
- Zihl, J., & Unterberger, L. (2013a). *Durchstreichtests zur visuellen Suche und Exploration adaptiert für sehbehinderte Kinder und Jugendliche*. München.
- Zihl, J., & Unterberger, L. (2013b). *Fokussierter Aufmerksamkeitstest für Kinder und Jugendliche (FokAT-KJ)*. München.
- Zihl, J., & Von Cramon, D. (1979). Restitution of visual function in patients with cerebral blindness. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 42, S. 312-322.
- Zihl, J., Krischer, C., & Meißner, R. (1984). Die hemianopische Lesestörung und ihre Behandlung. *Der Nervenarzt*, 55(6), S. 317-323.
- Zihl, J., Mendius, K., Schuett, S., & Priglinger, S. (2012). *Sehstörungen bei Kindern - visuoperzeptive und visuokognitive Störungen bei Kindern mit CVI* (2. Ausg.). Wien, Österreich: Springer-Verlag.

## Anhang

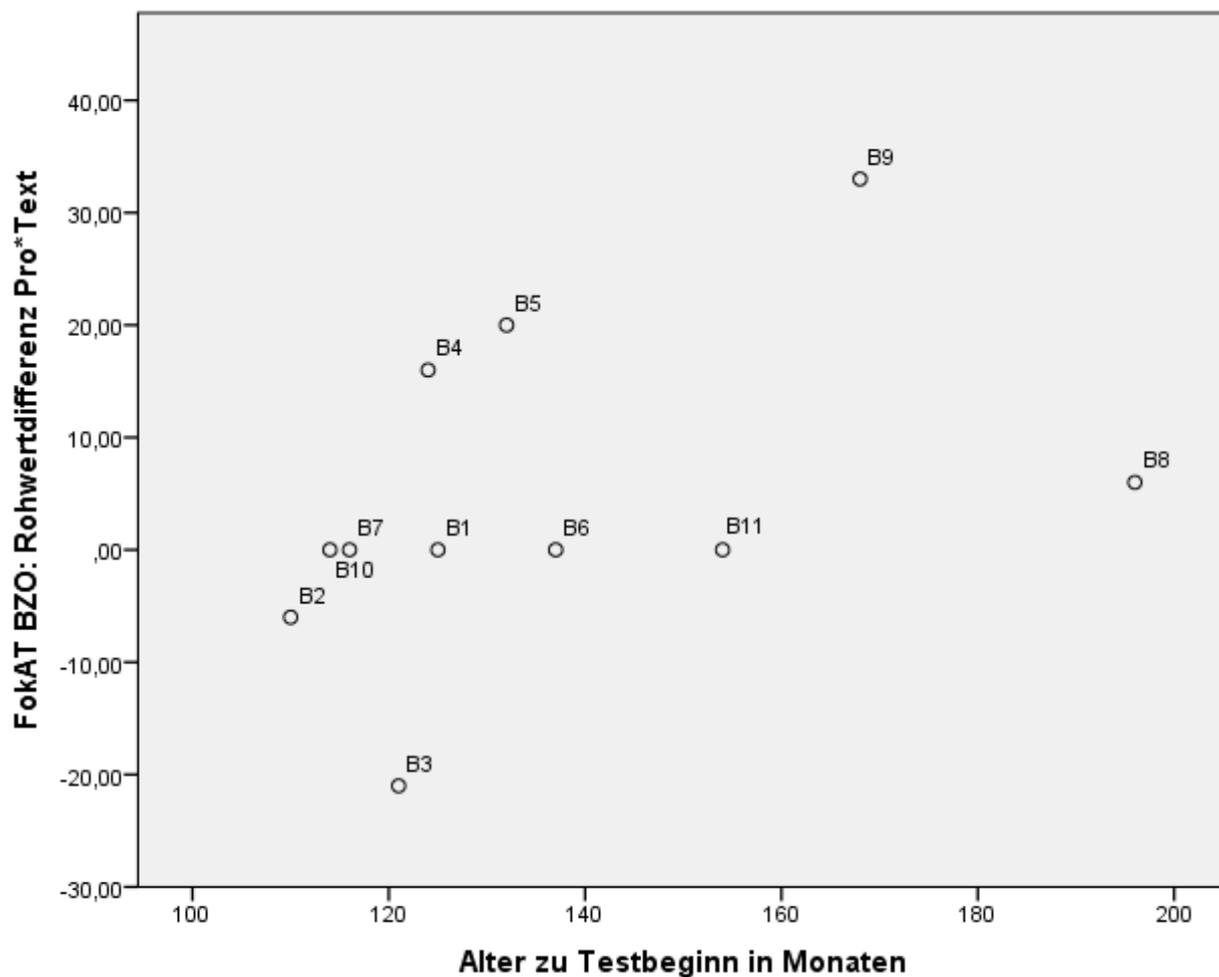
### A1. Grafiken



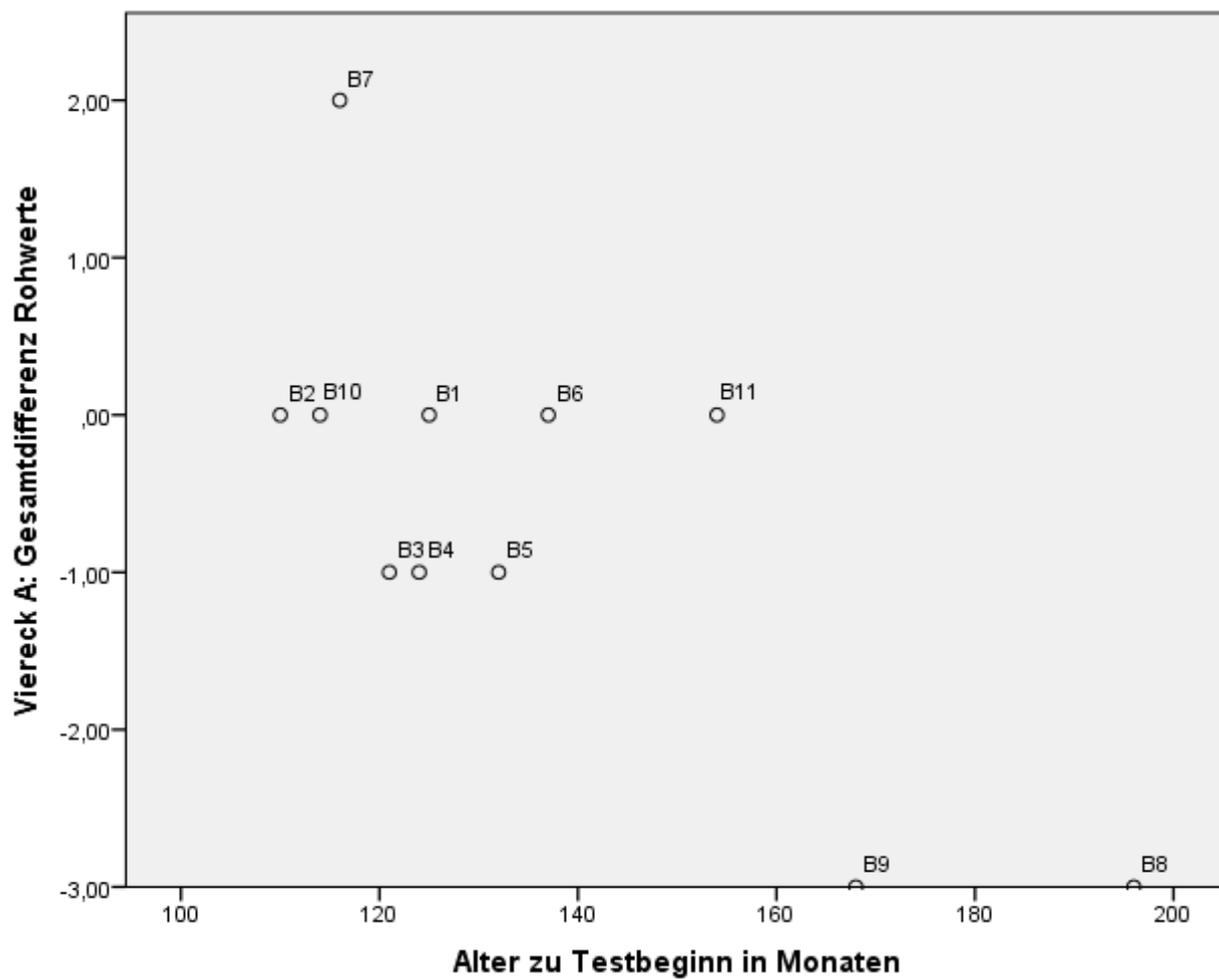
Anhang 1: Punktdiagramm zur Darstellung des Zusammenhangs zwischen dem Probandenalter in Monaten und der Summe an Auslassungsfehlern im FokAT-KJ zum Zeitpunkt VT



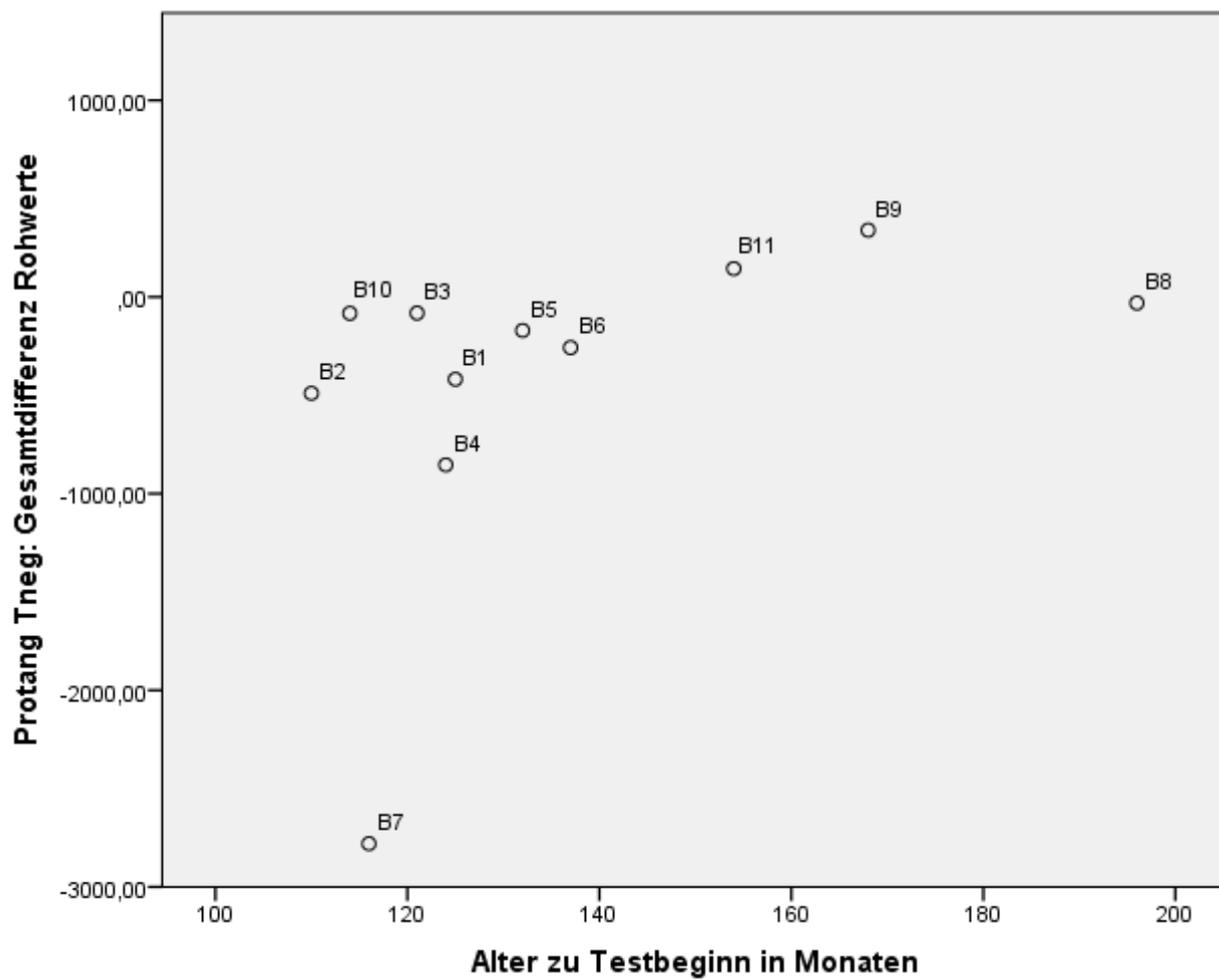
Anhang 2: Punktdiagramm zur Darstellung des Zusammenhangs zwischen dem Probandenalter in Monaten und der Veränderung der Summe an Auslassungsfehlern im Test Rauten durchstreichen nach Durchführung von Pro\*Text



Anhang 3: Punktdiagramm zur Darstellung des Zusammenhangs zwischen dem Probandenalter in Monaten und der Veränderung der Anzahl an bearbeiteten Zielobjekten im FokAT-KJ nach Durchführung von Pro\*Text



Anhang 4: Punktdiagramm zur Darstellung des Zusammenhangs zwischen dem Probandenalter in Monaten und der Veränderung der Anzahl an Auslassungsfehlern im Test Rauten durchstreichen nach Durchführung des gesamten Förderprogramms (VT-NT)



Anhang 5: Punktdiagramm zur Darstellung des Zusammenhangs zwischen dem Probandenalter in Monaten und der Veränderung der Anzahl an Auslassungsfehlern im Protang nach Durchführung des gesamten Förderprogramms (VT-NT)