

Aus dem Department für Augenheilkunde Tübingen  
Forschungsinstitut für Augenheilkunde

Evaluierung adaptiver Mechanismen und Einfluss eines  
explorativen Sakkadentrainings auf Orientierungsfähigkeit  
und Lebensqualität bei Kindern mit homonymer  
Hemianopsie

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades  
der Medizin

der Medizinischen Fakultät  
der Eberhard Karls Universität  
zu Tübingen

vorgelegt von

Krumm, Anna

2019

Dekan:	Professor Dr. I.B. Autenrieth
1. Berichterstatter:	Professorin Dr. S.Trauzettel-Klosinski
2. Berichterstatter	Professor Dr. G. Kolling
Tag der Disputation:	07.05.2019

1	Einleitung .....	1
1.1	Visuelles System .....	1
1.1.1	Sehbahn .....	2
1.1.2	Corpus geniculatum laterale .....	3
1.1.3	Primäre Sehrinde .....	4
1.1.4	Sekundäre Sehrinde .....	4
1.1.5	Visuelle Suche .....	5
1.2	Hemianopsie .....	5
1.2.1	Funktionelle Anatomie .....	6
1.2.2	Ätiologie der Hemianopsie im Kindesalter .....	9
1.2.3	Spontane Erholung des Gesichtsfeldes .....	10
1.3	Kompensationsstrategien .....	10
1.3.1	Augenbewegungen .....	11
1.3.2	Kopfzwangshaltung .....	12
1.3.3	Exotropie .....	12
1.3.4	Exzentrische Fixation .....	13
1.4	Rehabilitation .....	14
1.4.1	Alltagsprobleme .....	14
1.4.2	Substitution .....	15
1.4.3	Restitution .....	16
1.4.4	Kompensation .....	16
1.4.5	Rehabilitation bei Kindern .....	17
1.5	Zielsetzung .....	18
2	Material und Methoden .....	19
2.1	Patientenkollektiv und Vergleichsgruppe .....	19
2.1.1	Vergleichsgruppe .....	19
2.1.2	Patientengruppe .....	19
2.1.3	Einschlusskriterien .....	23
2.1.4	Ausschlusskriterien .....	23

2.2	Untersuchungsablauf .....	24
2.3	Augenärztliche und orthoptische Untersuchung .....	25
2.3.1	Refraktion, Visus, Kontrastprüfung .....	25
2.3.2	Orthoptischer Status .....	25
2.3.3	Augenuntersuchung.....	25
2.3.4	Gesichtsfelduntersuchung (Perimetrie).....	25
2.4	Visuelle Suche .....	28
2.4.1	Tisch-Test.....	28
2.4.2	Eye Tracking.....	29
2.4.3	VisioCoach Kids.....	30
2.5	Lesegeschwindigkeit .....	30
2.6	Fragebogenerhebungen.....	31
2.6.1	KINDL-R .....	32
2.6.2	Impact of Vision Impairment for Children (IVI-C) .....	33
2.6.3	Cardiff Visual Ability Questionnaire for Children (CVAQC) .....	34
2.6.4	Alltagsprobleme .....	35
2.7	Statistik.....	35
3	Ergebnisse .....	36
3.1	Fragebogenerhebung.....	37
3.1.1	KINDL-R .....	37
3.1.2	Impact of Vision Impairment for Children (IVI-C) .....	41
3.1.3	Cardiff Visual Ability Questionnaire for Children (CVAQC) .....	44
3.1.4	Alltagsprobleme .....	47
3.1.4.1	Offene Frage .....	47
3.1.4.2	Spezifische Fragen zur Orientierung und alltäglichen Aufgaben	
	48	
3.2	Tisch-Test .....	50
3.2.1	Vergleichsgruppe.....	50
3.2.2	Patienten .....	51

3.3	Anpassungsmechanismen .....	53
3.4	Perimetrie.....	53
3.5	Lesegeschwindigkeit .....	54
4	Diskussion.....	54
4.1	Klinische Daten und spontane Adaptation.....	55
4.2	Suchzeiten Tisch-Test.....	57
4.3	Lesegeschwindigkeit .....	58
4.4	Fragebogenerhebung.....	59
4.4.1	KINDL-R .....	59
4.4.2	Offene und spezifische Fragen .....	61
4.4.3	IVI-C .....	62
4.4.4	CVAQC.....	63
4.5	Ausblicke und Anregungen .....	65
5	Zusammenfassung.....	66
6	Eigene Veröffentlichungen .....	68
7	Literaturverzeichnis .....	69
8	Erklärung zum Eigenanteil der Dissertationsschrift .....	74

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Darstellung der Sehbahn (Grehn, 2011).....	1
Abbildung 2: Stark vereinfachte Darstellung des Gehirns (Gegenfurtner et al., 2002). .....	3
Abbildung 3: Schematische Darstellung der Gesichtsfelder (Trauzettel-Klosinski, 2011). .....	6
Abbildung 4: Funktionelle Anatomie der Gesichtsfeldausfälle, modifiziert nach (Grehn, 2011). .....	7
Abbildung 5: Klassifikation der Gesichtsfeldausfälle Modifiziert nach (Zhang et al., 2006). .....	8
Abbildung 6: Anteile der verschiedenen Arten von Gesichtsfeldausfällen in Prozent. ....	20
Abbildung 7: Häufigkeiten der Ursachen für die Hemianopsie unserer Studienpatienten. ....	21
Abbildung 8: Untersuchungsablauf.....	24
Abbildung 9: Tisch-Test.....	28
Abbildung 10: Screenshot aus dem Trainingsprogramm VisioCoach Kids.....	30
Abbildung 11: Boxplots mit Rasch transformierten logarithmischen Punktzahlen des CVAQC-25.....	46
Abbildung 12. Prozentuale und absolute Zahlen bei Schwierigkeiten beim Ausweichen und/ oder Anstoßen.....	50
Abbildung 13:Boxplots über die Gesamtsuchzeiten der Patienten .....	52

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Klinische Daten der 22 Patienten .....	22
Tabelle 2: Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) der Elterneinschätzung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität ihrer Kinder ...	37
Tabelle 3: Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) der Kinder $\leq$ 13 Jahren zu ihrer Lebensqualität .....	38
Tabelle 4: Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) der Kinder über 13 Jahre zu ihrer Lebensqualität, erhoben mit dem Kiddo KINDL-R Fragebogen zur Lebensqualität von Kindern und Jugendlichen .....	40
Tabelle 5: Mediane und Interquartilsabstände der auf das Sehen bezogenen Lebensqualität der Kinder .....	42
Tabelle 6: Auf das Sehen bezogene Fähigkeiten der Kinder .....	45
Tabelle 7: Anteil der Kinder und Eltern, die von Orientierungsschwierigkeiten berichten.....	49
Tabelle 8: Gesamtsuchzeiten zum Auffinden aller Objekte der Vergleichsgruppe .....	50
Tabelle 9: Gesamtsuchzeiten zum Auffinden aller Objekte der Patienten zu den verschiedenen Messzeitpunkten .....	51
Tabelle 10: Anzahl und prozentualer Anteil der Kinder mit einer Kopfwangshaltung (KZH), einer Exotropie ipsilateral ihrer Hemianopsie und mit exzentrischer Fixation. ....	53
Tabelle 11: Mittlere Lesegeschwindigkeiten in Wörtern/Minute und Standardabweichungen der Patienten zu T1-3. ....	54

# 1 Einleitung

Eine homonyme Hemianopsie (HH) bei Kindern als Folge von Trauma, Tumor, prä- und perinatalen Hirnschädigungen sowie hervorgerufen durch epilepsiechirurgische Eingriffe führt zu Orientierungsschwierigkeiten im Alltag. Bei Erwachsenen sind durch eine HH Mobilität, Partizipation am Alltag und damit die Lebensqualität eingeschränkt (Papageorgiou et al., 2007). Visuelles Explorationstraining verbessert bei Erwachsenen wissenschaftlich nachweislich die Orientierungsfähigkeit und somit die Lebensqualität (Roth et al., 2009). Bisher ist wenig bekannt über Kompensations- und Rehabilitationsmechanismen bei Kindern. Diese Studie ist die erste, die den Effekt eines explorativen Sakkadentrainings auf die visuelle Suche und Lebensqualität bei Kindern analysiert sowie spontane Adaptationsmechanismen aufzeigt.

## 1.1 Visuelles System

Das visuelle System des Menschen setzt sich aus dem Auge mit Netzhaut (Retina), dem Nervus opticus, Tractus opticus, Teilen des Thalamus und des Hirnstamms sowie dem visuellen Kortex zusammen.

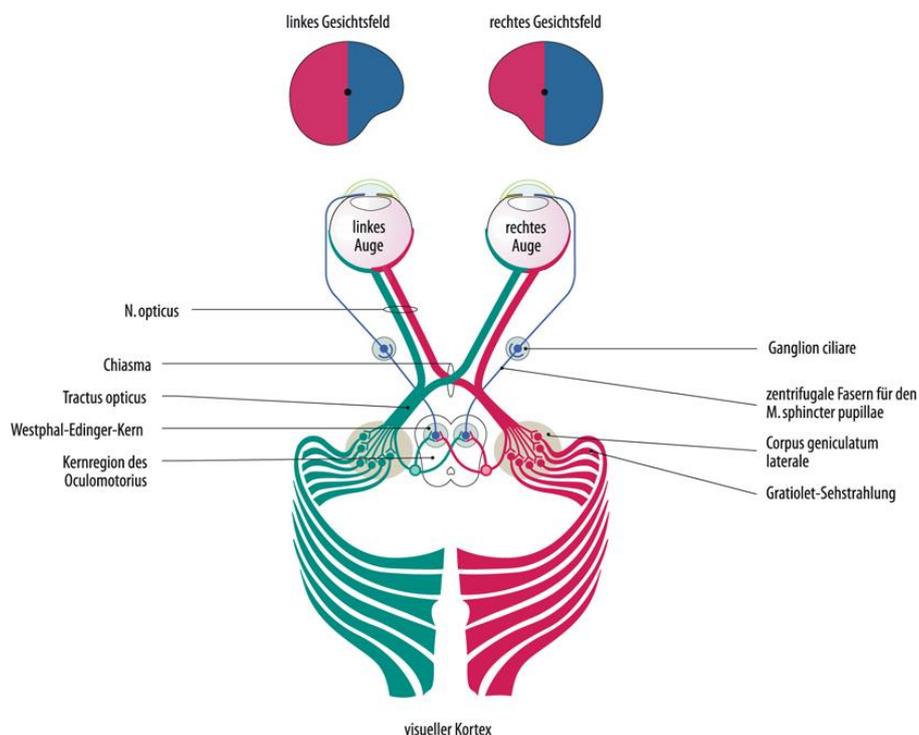


Abbildung 1: Darstellung der Sehbahn (Grehn, 2011).

### 1.1.1 Sehbahn

Ein Lichtreiz trifft zunächst auf die Fotorezeptoren der Retina, etwa 6,5 Millionen Zapfen und 120 Millionen Stäbchen, die zentral die höchste und zur Peripherie hin eine geringe Dichte aufweisen. Die Stäbchen sind für das skotopische Sehen und die Zapfen für das photopische Sehen zuständig. Der Mensch besitzt als Trichromat für das Farbsehen drei Arten von Zapfen, welche sich in ihrer Empfindlichkeit gegenüber bestimmten Wellenlängen des Lichtes, unterscheiden. Der Reiz der ca. 130 Millionen Fotorezeptoren wird auf ungefähr 10 Millionen Bipolarzellen, das 2. Neuron, weitergeleitet. Zentrale Retinabereiche werden im Gegensatz zur Peripherie 1:1 verschaltet. Die Bipolarzellen geben die Information an das dritte Neuron, zirka 1,3 Millionen Ganglienzellen, weiter. Deren Axone bilden den Nervus opticus. Der Nervus opticus gelangt durch den Canalis opticus in die Schädelhöhle, wo sich der rechte und linke Nervus opticus an der Sella turcica vor der Hypophyse zum Chiasma opticum vereinigen. Im Chiasma opticum kreuzen die medial liegenden Fasern aus dem nasalen Bereich der Retina jeweils auf die Gegenseite, während die lateral liegenden Nervenfasern aus dem temporalen Bereich der Retina ungekreuzt bleiben. Die nasalen Fasern der kontralateralen und die temporalen Fasern der ipsilateralen Seite vereinen sich jeweils in einem Tractus opticus. Im weiteren postchiasmalen Verlauf werden daher für beide Augen identische Gesichtsfeldorte in der kontralateralen Gehirnhälfte verarbeitet. 90% der Fasern des Tractus opticus enden im Corpus geniculatum laterale des Thalamus, wo die visuellen Informationen auf das vierte Neuron der Sehbahn umgeschaltet werden. Dieser Faseranteil des Tractus opticus wird auch als genikulärer Anteil der Sehbahn bezeichnet. Etwa 10% der Axone werden nicht am CGL umgeschaltet und ziehen in der medialen Wurzel des Tractus opticus weiter (nicht genikulärer Teil der Sehstrahlung). Sie enden am Hypothalamus, der Area preectalis, den Colliculi superiores und dem Tectum des Mittelhirns. Diese Regionen sind für den unbewussten Sehvorgang, wie Übertragung von Bewegungsinformationen, Afferenzen für Pupillenreflex, Beeinflussung der zirkadianen Rhythmik, optokinetischen Nystagmus und Okulomotorik zuständig (Schünke et al., 2012).

### 1.1.2 Corpus geniculatum laterale

Das Corpus geniculatum laterale (CGL), die Umschaltstelle des Tractus opticus auf das 4. Neuron, besteht aus einem parvo- und einem magnozellularen Teil, die Afferenzen von verschiedenen Retinaganglienzellen bekommen. Das parvo- und magnozellular System ist so bereits auch schon auf retinaler Ebene zu finden. Das magnozellular System besteht aus kontrast – und bewegungsempfindlichen Zellen und befindet sich in Schichten 1 und 2 des CGL. Die magnozellularen Neurone haben eine hohe zeitliche Auflösung und hohe Kontrastempfindlichkeit. Das parvozelluläre System ist gekennzeichnet durch eine hohe Farbempfindlichkeit, eine hohe räumliche Auflösung und ein niedriges zeitliches Auflösungsvermögen. Die parvozellulären Neurone sind zuständig für die räumliche Auflösung, die Formanalyse und das Farbsehen und liegen in Schichten 3 bis 6 des CGL.

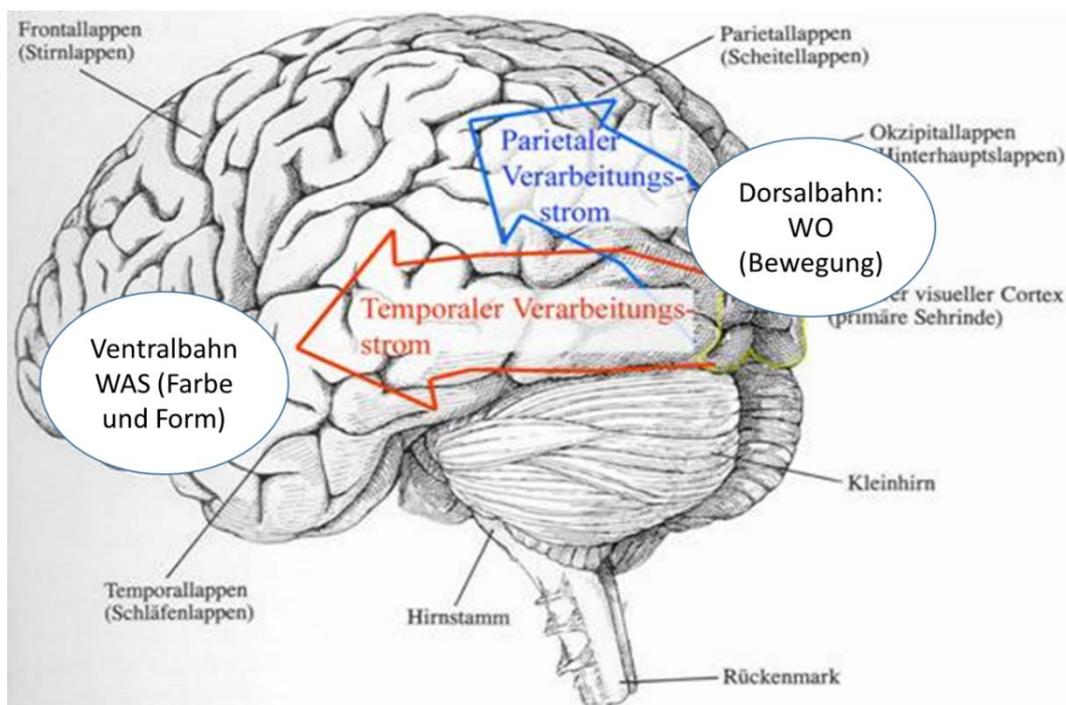


Abbildung 2: Stark vereinfachte Darstellung des Gehirns von lateral mit Einzeichnung des dorsalen und ventralen Pfades zur Verarbeitung visueller Stimuli, modifiziert nach (Gegenfurtner et al., 2002).

Beide Systeme leiten Informationen über das CGL und die primäre Sehrinde in extrastriäre Areale. Das magnozellular System führt von der primären Sehrinde zum posterioren parietalen Kortex und wird daher auch dorsaler Pfad

genannt. Er dient der Analyse von Bewegungen und Positionen und liefert daher „Wo“- Informationen. Das parvozelluläre System läuft über die primäre Sehrinde zum Gyrus temporalis inferior und wird als ventraler Pfad bezeichnet. Der ventrale Pfad gibt Informationen zu Farbe, Muster und Form, sogenannte „Was“- Informationen und dient dem Erkennen von Objekten (Gegenfurtner et al., 2002; Trepel & Dalkowski, 2011).

### 1.1.3 Primäre Sehrinde

Vom Thalamus aus setzt sich die Sehbahn über die Radiatio optica (Gratiolet Sehstrahlung) zur Sehrinde fort. Sie verläuft um den hinteren Anteil der inneren Kapsel und weiter um das Unterhorn und Hinterhorn der Cornu inferiores. Die Sehstrahlung erreicht die Sehrinde an der medialen Seite des Okzipitallappens, im Bereich der Fissura calcarina an der primären Sehrinde (Brodmann Area 17, V1). Die Area 17 wird auch aufgrund des makroskopisch sichtbaren weißen Gennari-Streifens Area striata genannt. In der Area 17 endet die Sehbahn, sie ist als primärer visueller Kortex für das Bewusstwerden von visuellen Impulsen aus der Retina zuständig. Jedem Ort auf der Retina ist ein bestimmtes Areal im visuellen Kortex zugeordnet (Bähr & Frotscher, 2014; Trepel & Dalkowski, 2011). Die Fovea centralis, Ort des schärfsten Sehens, nimmt dabei 50-60% der Area 17 ein (Horton & Hoyt, 1991).

### 1.1.4 Sekundäre Sehrinde

Die sekundäre Sehrinde (Brodmann Area 18) erhält ihre Afferenzen hauptsächlich aus der Area 17. Ihre Aufgabe besteht in der integrativen Verarbeitung, dem erkennenden Zuordnen und der Informationsweitergabe an andere Kortexareale. Efferenzen führt die Area 18 zu dem frontalen Augenfeld im Frontallappen, welches zuständig für Blick Zu- und Abwendungen und Korrekturbewegungen der Augen ist. Weitere Efferenzen gehen zum Gyrus angularis im Temporallappen. Er spielt eine zentrale Rolle bei der Verknüpfung visueller Impulse zur Sprache. Des Weiteren führt die Area 18 Efferenzen zu wichtigen visuellen Reflexzentren in den Colliculi superiores, der Area

praetectalis und dem Tegmentum (Schünke et al., 2012; Trepel & Dalkowski, 2011).

#### 1.1.5 Visuelle Suche

Als visuelle Suche bezeichnet man die Fähigkeit, einen bestimmten Zielgegenstand in verschiedenen komplexen Reizanordnungen zu finden und somit von den übrigen ablenkenden Objekten zu unterscheiden. Für die visuelle Suche sind eine schnelle visuelle Verarbeitung und eine genaue Kontrolle der Augenbewegungen unverzichtbar. Zunächst wird die Aufmerksamkeit auf ein Objekt gerichtet, um dann die Fovea durch gezielte Sakkaden auf das Objekt des Interesses ausrichten zu können (Deubel & Schneider, 1996; Mackeben & Nakayama, 1993). Als Sakkaden bezeichnet man schnelle Blickzielbewegungen, die der Erfassung eines neuen Fixationspunktes auf der Fovea dienen (Duchowski, 2007). Darauf folgende Fixationen dienen der Reizwahrnehmung und schließlich der kortikalen Reizverarbeitung. Wie in Kapitel 1.1.2 beschrieben spielen bei der kortikalen Verarbeitung der dorsale parietale und der ventrale temporale Pfad eine wichtige Rolle. Sie senden Informationen zu Objekterkennung und Position an Temporal- und Parietallappen.

#### 1.2 Hemianopsie

Der Begriff Hemianopsie stammt aus dem Griechischen und setzt sich aus den Wörtern „hemi“= halb, „a“= nicht und „ops“=sehen zusammen. Synonym für Hemianopsie wird im Deutschen auch „Halbseitenblindheit“ verwendet. Unter einer Hemianopsie versteht man einen beidseitigen durch eine Mittellinie abtrennbaren Gesichtsfeldausfall, der sowohl die lateralen als auch medialen Gesichtsfeldhälften betreffen kann. Unter einer homonymen Hemianopsie versteht man einen gleichseitigen Gesichtsfeldausfall. Hierbei ist für beide Augen auf der selben Seite die eine Hälfte des Gesichtsfeldes blind (siehe Abbildung 3 oben). Bei einer bitemporalen Hemianopsie sind beide lateralen Gesichtsfelder betroffen (siehe Abbildung 3 unten).

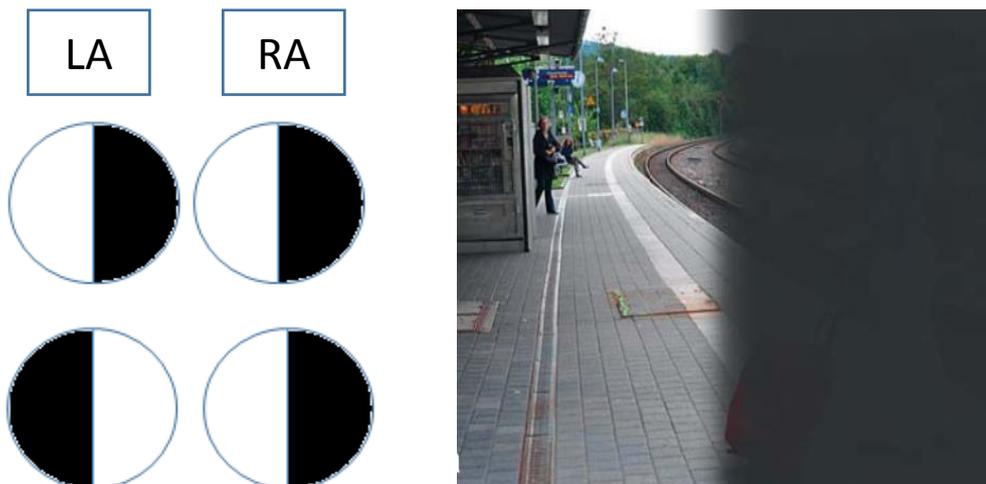
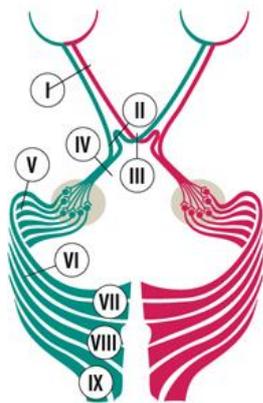


Abbildung 3: Links: Schematische Darstellung der Gesichtsfelder bei homonymer Hemianopsie nach rechts (oben) und bitemporaler Hemianopsie. Rechts: Binokulares Sehen eines Patienten mit homonymer Hemianopsie bei Betrachten einer Bahnhofsszene (Trauzettel-Klosinski, 2011).

### 1.2.1 Funktionelle Anatomie

Abhängig von der Lokalisation der Sehbahnschädigung sind unterschiedliche Anteile des Gesichtsfeldes betroffen. Unterschieden wird zwischen homonymen Hemianopsien, bei denen jeweils beide rechte oder beide linke Gesichtsfeldhälften geschädigt sind und heteronymen Hemianopsien, die meist bitemporal auftreten.

Eine bitemporale Hemianopsie, also ein Ausfall beider temporalen Gesichtsfelder, entsteht bei einer Schädigung auf Höhe des Chiasma opticum (siehe III in Abbildung 4). Häufigster Grund hierfür sind Hypophysenadenome oder Kraniopharyngeome. Durch diese werden das Chiasma opticum und damit die dort kreuzenden nasalen Fasern, welche das temporale Gesichtsfeld präsentieren, komprimiert. Jegliche hinter dem Chiasma opticum lokalisierte Schädigung kann eine homonyme Hemianopsie, einen Ausfall beider rechter oder beider linker Gesichtsfeldhälften, verursachen. Zu den suprachiasmalen Schädigungen zählen Störungen des Tractus opticus, der Area striata oder der Gratiolet- Sehstrahlung. Durch Unterbrechung der Fasern des Tractus opticus kommt es zu einer homonymen Hemianopsie der Gegenseite. Auch eine unilaterale Läsion der Area striata (Area 17) bewirkt eine homonyme Hemianopsie zur kontralateralen Seite, siehe in Abbildung 4 Bild IV und VII.



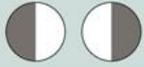
Ort des Schadens	Art des Gesichtsfeldausfalles
I N. opticus links	 Amaurose links
II Sehnerv nahe dem Chiasma links	 Amaurose links, temporale Hemianopie rechts
III Chiasma medial	 bitemporale Hemianopie
IV Tractus opticus links	 homonyme Hemianopie nach rechts (stärker inkongruente Ausfälle sprechen für Läsion im Traktus)
V vordere Schleife der Sehstrahlung links	 inkongruente obere Quadrantenausfälle nach rechts
VI innerer Teil der Sehstrahlung links	 inkongruente untere Quadrantenausfälle nach rechts
VII vorderer Teil der Calcarina links	 Ausfall der temporalen Gesichtsfeldsichel rechts

Abbildung 4: Funktionelle Anatomie der Gesichtsfeldausfälle, modifiziert nach (Grehn, 2011).

Bei einer Beschädigung der Gratiolet-Sehstrahlung kommt es meist zu einer unvollständigen homonymen Hemianopsie, da die Fasern in der Gratiolet-Sehstrahlung meist weit auseinanderstehen.

Bei Schädigung der Sehstrahlung im Bereich der Meyer-Schleife, im vorderen Temporallappen, kommt es zu einer oberen Quadrantenanopsie. Eine Schädigung der Sehstrahlung im Bereich des Parietallappens führt zu einer unteren Quadrantenanopsie (Bähr & Frotscher, 2014).

Wenn der hintere Teil der Calcarina am Okzipitalpol ausgespart bleibt, kommt es zu einer makularen Aussparung und damit zum Erhalt eines Bereiches von 2-5° des zentralen Sehens (Horton & Hoyt, 1991; Trauzettel-Klosinski & Brendler, 1998; Trauzettel-Klosinski & Reinhard, 1998).

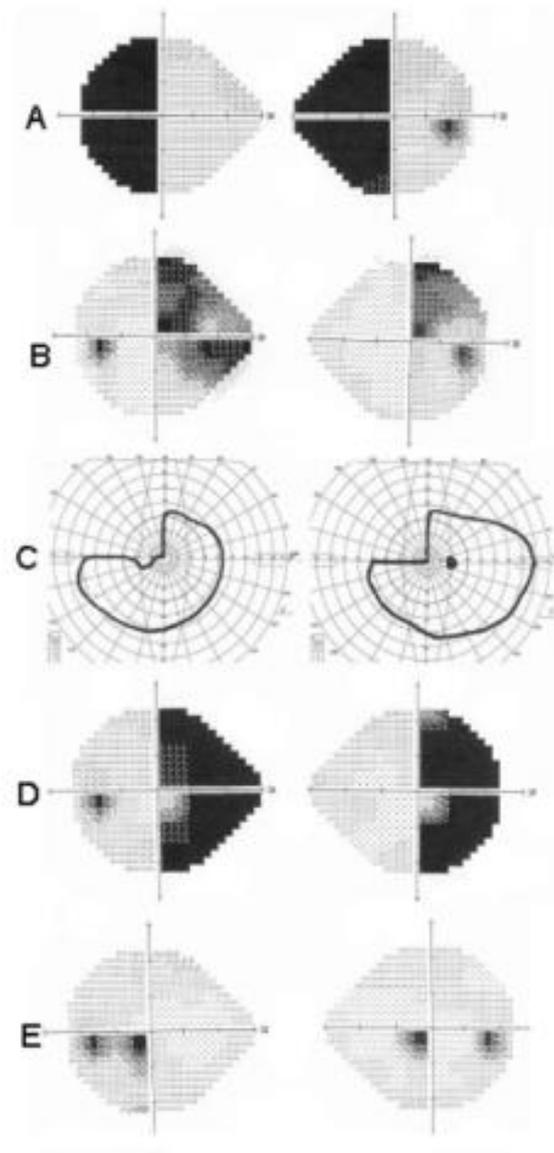


Abbildung 5: Klassifikation der Gesichtsfeldausfälle, dargestellt durch Perimetrieausdrucke (das rechte Auge ist rechts, das linke Auge links im Bild abgebildet). (A) Komplette linkseitige homonyme Hemianopsie, (B) inkomplette rechtsseitige Hemianopsie, der obere Anteil ist besonders betroffen, (C) linke obere homonyme Quadrantenanopsie, (D) rechtsseitige homonyme Hemianopsie mit makularer Aussparung, (E) linker homonymer parazentraler Ausfall. Die Gesichtsfelder A, B, D und E wurden mit Humphrey, D mit dem Goldmann Perimeter gefertigt. Modifiziert nach (Zhang et al., 2006).

### 1.2.2 Ätiologie der Hemianopsie im Kindesalter

Weltweit steigt die Inzidenz von Frühgeburten, 5-11% der Kinder kommen jährlich zu früh auf die Welt. Frühgeborene haben ein generell höheres Risiko für eine Sehbeeinträchtigung, unter anderem durch Schädigung der anfälligen weißen Substanz im Bereich der Sehstrahlung (Larsson et al., 2005). In der bisher größten Publikation zur Ätiologie von Hemianopsie im Kindesalter, mit 81 Studienteilnehmern, zählten Infarkte (23%) mit Trauma (34%), Tumor (27%) und Hämorrhagien (7%) zu den häufigsten Ursachen für eine Hemianopsie im Kindesalter (Kedar et al., 2006). Auch Epilepsien, insbesondere der bei therapierefraktären Epilepsien benötigte chirurgische Eingriff, können eine homonyme Hemianopsie verursachen. Die Prävalenz von Epilepsie in Deutschland liegt bei 0,5-1%, insgesamt also ca. 40000-80000 Betroffene in Deutschland, darunter ein Drittel Kinder (Brandt, 2012). Bei 35% der Betroffenen kommt es trotz adäquater medikamentöser Therapie weiterhin zu Anfällen. Für diese Patienten ist die Epilepsiechirurgie meist die einzige Lösung zur Anfallsfreiheit (Baumgartner, 2012). Durch eine Hemisphärektomie oder Hemisphärotomie, das Herausnehmen oder Abtrennen einer Großhirnhälfte, kann in 63% der Fälle auf lange Zeit Anfallsfreiheit erreicht werden (Baumgartner, 2012). Postoperativ kommt es durch die Entfernung oder das Abtrennen einer Gehirnhälfte kontralateral zu einer homonymen Hemianopsie. Auch bei anderen chirurgischen Eingriffen, beispielsweise der Tumorresektion, besteht das Risiko die Sehbahn zu verletzen und somit eine homonyme Hemianopsie als Folge.

Bei Erwachsenen zählen, im Gegensatz zu Kindern, durch Ischämie bedingte Schlaganfälle mit 69-90% zu den häufigsten Ursachen. Als weitere Gründe werden Tumore und Hämorrhagien (3-23%) und Trauma (2-14%) beschrieben (Trobe et al., 1973; Zhang et al., 2006; Zihl & von Cramon, 1985). Bei Kindern ist im Vergleich zu Erwachsenen häufiger die Sehbahn (37% bei Kindern, 32% bei Erwachsenen) als der Okzipitalpol (25% bei Kindern, 47% bei Erwachsenen) betroffen (Kedar et al., 2006). Durch die bei Kindern sehr ausgeprägte Kompensation wird die Diagnose der homonymen Hemianopsie in dieser Patientengruppe meist erst sehr spät gestellt. Sowohl im Alltag als auch bei einer

Untersuchung des Gesichtsfeldes, kann die Hemianopsie durch kompensatorische Augenbewegungen maskiert werden (Kedar et al., 2006).

### 1.2.3 Spontane Erholung des Gesichtsfeldes

Die Plastizität des Gehirns besteht aus Veränderungen im zentralen Nervensystem als Antwort auf Umweltstimuli. Sie ermöglicht es uns, neue Fähigkeiten zu erlernen, neue Informationen zu behalten und uns von Verletzungen des Gehirns zu erholen. Bei 30-50% der von einer Hirnschädigung Betroffenen kann von einer spontanen Erholung des Gesichtsfeldes berichtet werden. Falls es zu solch einer spontanen Erholung kommt, findet diese für gewöhnlich in den ersten drei Monaten statt. In 38% der Fälle kam es bereits nach einem Monat zu einer spontanen Erholung (Kedar et al. 2006; Zhang et al. 2006). In sehr seltenen Fällen kann es zu einer Verbesserung bis 6 Monate nach Auftreten der Hemianopsie kommen. Je früher eine Schädigung auftritt, desto eher ist die Wahrscheinlichkeit, dass sich das Gehirn durch Umstrukturierung von dem Gesichtsfeldausfall erholt. Margaret Kennard beschreibt schon in den 1930er Jahren, dass eine Erholung von einer Hirnschädigung wahrscheinlicher ist, je früher diese Schädigung auftritt (Kennard, 1942). Außerdem ist die Plastizität des kindlichen Gehirns weitaus größer, was wesentlich schnellere Lernprozesse ermöglicht. 1996 stellten Mercuri et al. bei einer Gruppe Kinder nach Infarktgeschehen Gesichtsfelddefekte fest, die jedoch bei erneuter Messung im Schulalter nicht mehr fest zu stellen waren (Mercuri et al., 1996). Fraglich bleibt, ob das Ergebnis wirklich auf eine Vergrößerung des Gesichtsfeldes zurückzuführen ist oder ein Resultat guter Kompensation darstellt (Guzzetta et al., 2010). Wahrscheinlich wäre, dass die Gesichtsfelddefekte noch bestanden, diese aber durch Kompensation so maskiert wurden, dass sie in der Messung des Gesichtsfeldes nicht mehr auffielen.

### 1.3 Kompensationsstrategien

Bisher werden bei Kindern vier Wege zur Kompensation des Gesichtsfeldausfalles beschrieben: vermehrte Augenbewegungen in das blinde

Halbfeld, eine Kopfwangshaltung mit Drehung des Kopfes zu ihrer hemianopen Seite, Auswärtsschieln in die gleiche Richtung wie die Kopfwangshaltung, sowie eine exzentrische Fixation. Im Folgenden möchte ich diese vier Arten der Kompensation beschreiben.

### 1.3.1 Augenbewegungen

Patienten mit homonymer Hemianopsie entwickeln im Wesentlichen drei Suchstrategien, um Objekte in ihrem blinden Halbfeld zu finden: Eine „Treppenstufen“-Strategie, eine „Überschieß“-Strategie und eine „Prädiktive“-Strategie (Meienberg, 1988). Die „Treppenstufen“-Strategie besteht aus kleinen Sakkaden in Richtung des in ihrem blinden Halbfeld liegenden Objektes. Als Sakkaden bezeichnet man schnelle ruckartige Augenbewegungen, die der Erfassung eines neuen Fixationspunktes auf der Fovea dienen (Duchowski, 2007). Diese Sakkaden werden solange durchgeführt, bis eine Sakkade über das Zielobjekt hinauschießt, um es dann durch eine Sakkade in Gegenrichtung zu fixieren. Diese ineffiziente Strategie resultiert in einer deutlich verlängerten Suchzeit (Pambakian, 2000; Zihl, 1995).

Bei der „Überschieß“-Strategie macht der Patient eine große Sakkade über das Ziel hinaus und kann dann wiederum durch eine Sakkade in Gegenrichtung das Zielobjekt fixieren. Falls das Objekt an der gleichen Stelle bleibt, gehen die Patienten nach einigen Versuchen mit der „Treppenstufen“-Strategie in die „Prädiktive“-Strategie über, um mit einer gezielten Sakkade direkt das Objekt zu fixieren. Meist beobachtet man im akuten Stadium der Erkrankung eine „Treppenstufen“-Strategie, die sich dann zur wesentlich effizienteren „Überschieß“-Strategie weiterentwickelt (Zangemeister et al., 1982). Kinder benutzen vor allem hypometrische Sakkaden, hypermetrische Sakkaden im Sinne einer „Überschieß“-Strategie wurden kaum beobachtet (Mezey et al., 1998).

### 1.3.2 Kopfzwangshaltung

Eine Kopfzwangshaltung (KZH) bezeichnet eine abnormale Kopfhaltung, meist in Form einer Seitneigung oder Seiddrehung. Sie kann mit der Zeit zu einem Schiefhals oder Torticollis führen. Ein Torticollis beschreibt eine erworbene Fehlstellung des Halses. In der Augenheilkunde wird solch ein Schiefhals unter anderem als Kompensationsmechanismus beim Schielen oder beim Auftreten eines Nystagmus beschrieben (Grehn, 2011).

Bei Patienten mit Hemianopsie wurde eine Kopfzwangshaltung hauptsächlich bei Aufgaben beobachtet, die eine Fixation abverlangten. Bisher gibt es nur wenige Berichte, welche Rolle die Kopfzwangshaltung in Bezug auf die Kompensation des Gesichtsfeldausfalles spielt. Paysse et al. beschrieben 1997, dass eine Kopfzwangshaltung ipsilateral des blinden Halbfeldes mit Blick in Gegenrichtung die Möglichkeit bietet, große überschießende Augenbewegungen in das blinde Halbfeld zu machen und damit die Reichweite ihrer Augenbewegungen zu vergrößern. Durch diese Art von Kopfhaltung wird der mögliche Radius der Augenbewegung in das blinde Gesichtsfeld erweitert und somit das Blickfeld vergrößert (Paysse & Coats, 1997; Zangemeister et al., 1982). Bisher wurde die Kopfzwangshaltung hauptsächlich als Adaptionmechanismus bei Kindern beschrieben, deren Erkrankung schon sehr früh begann oder bereits seit Geburt besteht (Donahue & Haun, 2007; Paysse & Coats, 1997). Koenraads et al beschreiben in ihrer Studie an 45 hemisphärektomierten Kindern bei 53% eine Entwicklung einer KZH. Im Vorfeld war nur bei 2 Kindern eine präoperative KZH dokumentiert. Auch sie vertreten die Meinung, dass eine KZH einen guten Kompensationsmechanismus darstellt. Generell wäre, nach Koenraads et al., der Begriff dynamische Kopfhaltung besser geeignet, da die Kinder diese Kopfhaltung nicht ständig zeigen, sondern meist erst bei Fixationsaufgaben einnehmen (Koenraads et al., 2014).

### 1.3.3 Exotropie

Als weiterer Adaptionmechanismus für eine Hemianopsie wird eine Exotropie (Auswärtsschielen) zur gleichen Seite wie der Gesichtsfeldausfall beschrieben.

Die Exotropie soll zu einer Vergrößerung des Gesichtsfeldes beitragen, indem das schielende Auge das Blickfeld zur hemianopen Seite erweitert. Diskutiert wird, ob die Exotropie einer Begleiterscheinung der für die Hemianopsie verantwortlichen neurologischen Schädigung ist oder sich als Kompensationsmechanismus entwickelt, um das Gesichtsfeld zu erweitern (Good et al., 2001). Herzau et al. beschrieben 1988 zwei Erwachsene mit seit der Kindheit bestehender Exotropie, aufgetreten in Folge einer homonymen Hemianopsie (Herzau et al., 1988). Auch Koenraads et al. beschrieben in ihrer Studie das Auftreten einer postoperativen Exotropie zur gleichen Seite wie die Hemianopsie bei 38% der 45 hemisphärektomierten Kinder (Koenraads et al., 2014). Falls bei den Kindern eine anomale retinale Korrespondenz, d.h. eine Korrespondenz der Fovea des nicht schielenden Auges mit einer exzentrischen Stelle des Schielauges, besteht, kommt es durch Korrektur der Exotropie zu Doppelbildern, weshalb in diesen Fällen keine Korrektur durchgeführt werden sollte. Bei normaler retinaler Korrespondenz führt das durch Exotropie vergrößerte Gesichtsfeld zu binokularer Konfusion und Diplopie. Hier sollte eine Operation, trotz möglicher Reduktion des Gesichtsfeldes zur Vermeidung von Doppelbildern, in Betracht gezogen werden (van Waveren et al., 2013).

#### 1.3.4 Exzentrische Fixation

Als exzentrische Fixation beschreibt man eine Fixation, bei der nicht die Fovea, sondern ein anderer Punkt der Netzhaut zur Fixation herangezogen wird. Dieser alternative Punkt hat im Vergleich zur Fovea ein herabgesetztes Auflösungsvermögen (Visus). Mit zunehmender Exzentrizität nimmt somit auch die Sehgenauigkeit ab.

„Exzentrische Fixation“ bedeutet, dass der Patient seine neue Sehrichtung als geradeaus empfindet, während bei „exzentrischer Einstellung“ der Patient seine Blickrichtung noch an die Fovea bindet und er dann absichtlich daneben schauen muss. Im Folgenden wird jedoch der Begriff exzentrische Fixation als Überbegriff für jede Art von extrafovealer Fixation verwendet.

Dies führt besonders beim Lesen zu Schwierigkeiten (Trauzettel-Klosinski, 1997). Die Untersuchung der exzentrischen Fixation gelingt mit einem

Augenspiegel. Der Untersucher projiziert mit Hilfe eines direkten Augenspiegels einen Stern auf die Netzhaut des Patienten. Das andere Auge wird abgedeckt. Der Patient soll bei gerader Kopfhaltung und Geradeausblick mitten auf die Lichtquelle schauen. Bei zentraler Fixation wird der Stern nach einer prompten Einstellbewegung genau auf die Fovea projiziert. Falls dies ausbleibt, wird der Patient gefragt, ob er das Gefühl hat, den Stern direkt anzusehen. Ist dies der Fall, sieht er mit seiner Hauptsehrichtung. Bei einer fovealen Projektion würde sich nach Aufforderung eine Projektion des Sternes auf die Fovea einstellen, bei exzentrischer Fixation bleibt der Stern parafoveal. Falls die Prüfung bei enger Pupillenstellung nicht gelingt, kann sie in Mydriasis wiederholt werden.

#### 1.4 Rehabilitation

Um die Orientierungsfähigkeit im Alltag zu verbessern gibt es drei Ansätze, die kontrovers diskutiert werden. Im Folgenden werde ich erst die Orientierungsprobleme im Alltag aufzeigen und daraufhin die verschiedenen Ansätze der Substitution, Restitution und Kompensation diskutieren.

##### 1.4.1 Alltagsprobleme

Für Patienten mit homonymer Hemianopsie werden hauptsächlich Probleme beim Lesen, beim Orientieren und Mobilitätsprobleme beschrieben. Patienten mit homonymer Hemianopsie leiden unter räumlichen Orientierungsproblemen, wie das Übersehen von Gegenständen und Kollisionen mit Personen (Kerkhoff & Marquardt, 2009). In einer Studie von de Haan et al. 2015 beklagen 35% der 45 erwachsenen Studienpatienten Unsicherheiten an unbekanntem Plätzen, beim Laufen oder Fahrradfahren. Die Hälfte der Patienten ist aus diesem Grund frustriert und 70% fühlen sich in ihrer Unabhängig- und Selbstständigkeit eingeschränkt (de Haan, Heutink, et al., 2015). Für Patienten mit homonymer Hemianopsie ist die visuelle Exploration von komplexen Szenen erschwert. Auch im Straßenverkehr kommt es durch eine Fülle an schnellen Informationen zu großen Problemen der simultanen Erfassung des Geschehens (Pambakian, 2000). Eine Beeinträchtigung des zentralen Gesichtsfeldes bereitet darüber

hinaus erhebliche Probleme beim Lesevorgang. Patienten mit einer Hemianopsie nach links haben in der Regel Schwierigkeiten, den Zeilenanfang aufzufinden. Da für ein effizientes Lesen ausgehend von dem Fixationspunkt drei bis vier Buchstaben nach links und 7-11 Buchstaben in Leserichtung erkennbar sein müssen, fällt es Patienten mit homonymer Hemianopsie nach rechts schwer, einem Satz in der Zeile weiter zu folgen. Flüssiges Lesen ist somit kaum möglich (Trauzettel-Klosinski, 2009; Trauzettel-Klosinski & Brendler, 1998). Ob Kinder mit Hemianopsie unter den gleichen Problemen leiden wie Erwachsene, ist bisher noch nicht beschrieben.

Jugendliche mit Hemianopsie haben im Moment noch keine Möglichkeit einen Führerschein zu machen, da die Fahrerlaubnisverordnung (FeV) für das Fahren eines Pkws einen Radius von 20° Skotomfreiheit erfordert. Durch geeignete Kompensationsstrategien sind viele Personen mit Hemianopsie dennoch im Straßenverkehr sicher. Daher wäre es eventuell zu raten, die Gesichtsfeldkriterien im Einzelfall, je nach Kompensationsfähigkeit, neu zu definieren (Bowers et al., 2009; Wood et al., 2009). Keinen Führerschein zu haben bedeutet für viele einen Einschnitt in die Unabhängigkeit, limitiert die Arbeitsplatzsuche und erhöht auch das Risiko, später an einer Depression zu erkranken (Ragland et al., 2005).

#### 1.4.2 Substitution

Als Substitution bezeichnet man den Einsatz optischer Hilfsmittel wie Prismenfolien.

Das Ziel einer Therapie mit Prismen liegt darin, das intakte visuelle Feld zu vergrößern. Mit der Hilfe von Prismen werden Szenen, die normalerweise in das hemianope Gesichtsfeld fallen, versetzt, so dass sie auf der sehenden Seite der Retina sichtbar werden. Bowers et al. belegten 2014 in einer randomisiert kontrollierten Studie den Nutzen von peripheren Prismengläsern im Vergleich zu Placebo Gläsern. Dabei führten periphere Prismengläser zu einer besseren Orientierungsfähigkeit, indem sie das Gesichtsfeld um 30° nach lateral vergrößerten (Bowers et al., 2014; Peli, 2000). Allerdings war die Langzeitakzeptanz eher gering. Nur 42% der Patienten trugen die Prismen länger

als 8 Monate, auch die Alltagstauglichkeit bleibt durch bleibende Schwierigkeiten in Menschenmengen und beim Treppensteigen fraglich (Giorgi et al., 2009). Daher sind Prismen durch die fehlende Alltagstauglichkeit und Langzeitakzeptanz für die Rehabilitation bisher nur sehr eingeschränkt zu empfehlen (Trauzettel-Klosinski, 2009).

#### 1.4.3 Restitution

Restitution umfasst Strategien, die direkt die gestörte Funktion trainieren. Auf dem Konzept der Neuroplastizität soll es zum Wiedergewinn von visueller Funktion im hemianopen Gesichtsfeld kommen. Zihl et al. beschrieben 1985 die Möglichkeit, das Gesichtsfeld durch Restitutionstraining zu vergrößern (Zihl & von Cramon, 1985). Bei der Restitution wird das blinde Halbfeld an einem Bildschirm repetitiv durch Lichtreize stimuliert. Umstritten ist, ob das Ergebnis eines vergrößerten Gesichtsfeldes in der Perimetrie nicht eher Resultat instabiler Fixation als Resultat des Restitutionsstrainings ist. Bei Kontrolle der Fixation wurde nämlich lediglich eine Vergrößerung des Gesichtsfeldes um weniger als 2° gemessen (Kasten et al., 2006; Kasten et al., 1998). Balliet et al. führten 1985 eine Studie mit ähnlichem Studiendesign wie Zihl und von Cramon durch und stellten fest, dass eine Vergrößerung des Gesichtsfeldes nach visuellem Training nicht auftritt (Balliet et al., 1985). Reinhard et al. (2005) sowie Schreiber et al. (2006) bewiesen in zwei unterschiedlichen Studien mit Hilfe von entweder funduskontrollierten mikroperimetrischen Untersuchungen am Scanning-Laser-Ophthalmoskop, oder mehrfachen perimetrischen Messungen, dass durch restitutionelles Training keine Gesichtsfelderweiterung gemessen werden konnte. Eine vermeintliche Gesichtsfelderweiterung sei eher auf Augenbewegungsartefakte zurückzuführen (J. Reinhard et al., 2005; Schreiber et al., 2006)

#### 1.4.4 Kompensation

Die Kompensation legt ihren Fokus auf den Einsatz erhaltener Funktionen zur Kompensation des Defizits. Durch das explorative Training wird die

Aufmerksamkeit durch vermehrte Augenbewegungen in das blinde Halbfeld verschoben und so die Beeinträchtigung durch den Gesichtsfeldausfall gelindert und die Orientierungsfähigkeit verbessert (Pambakian et al., 2004; Trauzettel-Klosinski, 2009). Auf diesem Mechanismus basiert auch das von Trauzettel-Klosinski et al. entwickelte Sakkadentraining VisioCoach, durch welches selbständig, nach Anleitung, am eigenen Computer zuhause trainiert werden kann. Roth et al. belegten in einer randomisiert kontrollierten Studie 2009 die bessere Wirksamkeit des explorativen Sakkadentrainings im Vergleich zu einem Stimulationstraining auf Grundlage der Restitution. Die Reaktionszeiten für eine Zahlensuchaufgabe und einer natürlichen Suchaufgabe, dem Tisch-Test, verkürzten sich in der Gruppe mit explorativem Training signifikant und die Anzahl der Fixationen auf Seite der Hemianopsie bei Betrachtung natürlicher Szenen stieg an. Außerdem konnte eine Besserung der Lebensqualität im sozialen Bereich berichtet werden. Für die Vergleichsgruppe, die ein Flickertraining durchführte, wurde keine Veränderung bei der Exploration festgestellt (Roth et al., 2009).

#### 1.4.5 Rehabilitation bei Kindern

Für Kinder mit Hemianopsie gibt es bisher noch keine geeignete Rehabilitationsmaßnahme. Die bisherige Forschung legte den Fokus auf die Entwicklung von Computerprogrammen auf Basis des explorativen Sakkadentrainings für Erwachsene. Die bisher für Erwachsene entwickelten Computerprogramme sind für Kinder eher nicht geeignet, da ihre Aufmachung und die Aufgaben wenig kindgerecht und für Kinder uninteressant und wenig motivierend gestaltet sind. Auf der Basis des von Trauzettel-Klosinski et al. entwickelten Sakkadentrainings VisioCoach (Roth et al., 2009) wurde eine kindgerechte Version, VisioCoach Kids, weiterentwickelt. Das Programm wird in Kapitel 2.4.3 noch genau beschrieben.

Die bisher einzige Forschergruppe, die sich mit der Entwicklung eines kindgerechten Rehabilitationsprogrammes beschäftigt, sind Linehan et al. Sie haben ein neues Computerspiel zur Rehabilitation von Kindern mit Hemianopsie und zerebraler visueller Verarbeitungsstörungen entwickelt (Waddington et al.,

2018). Bei der Entwicklung stützen sie sich auf Prinzipien der Spieleentwicklung für erfolgreiches Lernen mit Computerprogrammen (Linehan et al., 2014). Das Programm wurde in einer Studie evaluiert und zeigte bei den 8 Teilnehmern eine Verbesserung in verschiedenen Suchaufgaben nach Training mit dem Videospiel „Eyelander“ (Waddington et al., 2018)

## 1.5 Zielsetzung

Der Fokus der Studie liegt einerseits auf der Evaluation des durch das Sakkadentraining (Visio Coach Kids) Erlernten auf eine natürliche Suchaufgabe (Tisch-Test). Des Weiteren wird untersucht, inwiefern Kinder mit homonymer Hemianopsie im Alltag eingeschränkt sind und/oder unter Orientierungsproblemen leiden und wie stark das Training sich auf ihre Lebensqualität und Alltagsprobleme auswirkt.

Folgende Fragen sollen beantwortet werden:

- ✓ Welche Anpassungsmechanismen gibt es bei Kindern mit HH?
- ✓ Bringt das Training eine Verbesserung der Suchzeit bei einer natürlichen Suchaufgabe? (Tisch Test)
- ✓ Gibt es bei den Kindern Orientierungsschwierigkeiten und/oder Schwierigkeiten im Alltag?
- ✓ Werden diese durch das Training beeinflusst?
- ✓ Wie ist die Lebensqualität von Kindern mit Hemianopsie?
- ✓ Welchen Einfluss hat das Training auf die Lebensqualität?

## 2 Material und Methoden

### 2.1 Patientenkollektiv und Vergleichsgruppe

#### 2.1.1 Vergleichsgruppe

Die Gruppe setzte sich aus 16 gesunden, normalsichtigen Patienten (7 weiblich, 9 männlich) zwischen 7 Jahren 8 Monaten und 17 Jahren 3 Monaten (Median 11 Jahre 6 Monate) zusammen. Rekrutiert wurde die Vergleichsgruppe über Mitarbeiter der Universitätsklinik Tübingen. Ziel des Einsatzes einer Vergleichsgruppe war, zu überprüfen, ob sich bereits nach einmaliger Wiederholung einer Trainingssitzung ein Effekt zeigen lässt.

#### 2.1.2 Patientengruppe

Rekrutiert wurden die Patienten über die Kinderklinik Tübingen, die Augenklinik Tübingen und über die Schön Klinik Vogtareuth. Die Rekrutierungsphase ging von 2014-2016. In der Kinderklinik Tübingen führte ich eine Datenbanksuche nach Patienten mit Gesichtsfelddefekt über die Diagnosen ICD G81.0: Schlanfe Hemiparese und Hemiplegie, G81.1: Spastische Hemiparese und Hemiplegie, G81.9: Hemiparese und Hemiplegie, nicht näher bezeichnet und H53.4: Gesichtsfelddefekte. Berücksichtigt wurden Patienten aus den Jahren 2006 – 2014. In Vogtareuth habe ich Arztbriefe von Patienten mit Diagnose Hemiparese und Hemisphärotomie systematisch durchsucht und dabei den Fokus auf Patienten mit Gesichtsfelddefekt gelegt. Kinder mit Gesichtsfelddefekt oder aufgrund der MRT Bilder gestellten Verdacht auf Gesichtsfelddefekt, passendem Alter und Kognition wurden von mir und dem jeweiligen behandelnden Arzt postalisch angeschrieben.

In die Studie wurden insgesamt 22 Kinder (10 männlich, 12 weiblich) eingeschlossen. Das Alter der Kinder lag zwischen 6 Jahren 6 Monaten und 19 Jahren 2 Monaten mit einem Median von 11 Jahren 8 Monaten. Bis auf ein Kind mit milder Beeinträchtigung des Visus um 0,5 in der Ferne und einem Kind mit Beeinträchtigung in der Nähe (Visus jeweils LogMAR= 0,3, bzw. dezimal = 0,5)

hatten alle einen normalen Fern- und Nahvisus (Visus -0,2-0,1 LogMAR, bzw. dezimal = 0,8 – 1,6).

Die mediane Erkrankungsdauer der Kinder betrug 5 Jahre und 7 Monate (0 Jahre bis 19 Jahre 1 Monat). Dabei haben 5 der 22 Kinder die Hemianopsie kongenital erworben, die restlichen 17 Kinder sind später erkrankt.

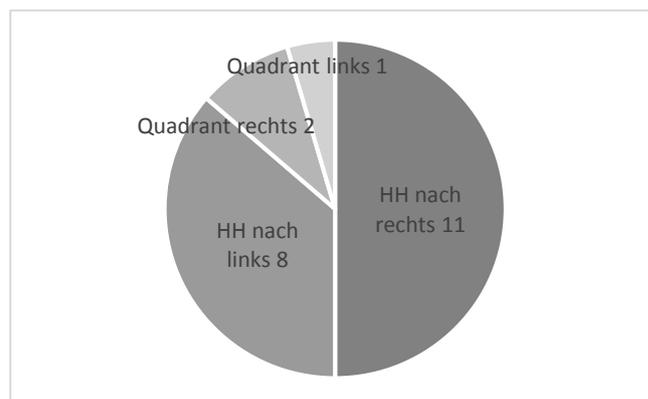


Abbildung 6: Anteile der verschiedenen Arten von Gesichtsfeldausfällen in Prozent. 50% (n=11) der Patienten hatten eine homonyme Hemianopsie (HH) nach rechts, 36,4 % (n=8) eine Hemianopsie nach links. Ein Kind (4,5%) hatte einen Quadrantenausfall nach rechts unten und zwei Kinder einen Quadrantenausfall (9,1%) nach rechts oben.

11 der 22 Kinder hatten eine Hemianopsie nach rechts, 8 Kinder eine Hemianopsie nach links. Ein Quadrantenausfall lag bei 3 Kindern vor, bei zwei Kindern nach rechts oben und bei einem Kind nach links unten. Eine Übersicht über die Arten der Gesichtsfeldausfälle gibt Abbildung 6.

In Abbildung 7 werden Ursachen für eine Hemianopsie bei unseren Patienten aufgelistet. Die meisten unserer Patienten (n=6, 27,3%) hatten eine HH aufgrund einer Hemisphärotomie zur Behandlung einer therapieresistenten Epilepsie erworben. Im Fall einer Hemisphärotomie, der funktionellen Abtrennung einer Hemisphäre des Großhirns, kommt es in 100% der Fälle zu einer homonymen Hemianopsie. Bei der Resektion einer fokalen kortikalen Dysplasie, bei zwei der Kinder (9,1%) der Fall, kann durch die Operation die Sehbahn beschädigt werden. Bei einer fokalen kortikalen Dysplasie handelt es sich um eine herdförmige (fokale) Störung der Entwicklung der Großhirnrinde, welche oft mit einer Epilepsie einhergeht. Danach folgten Tumore 22,7% (n=5) und ischämische Ursachen 22,7% (n=5). Unter einer Ischämie versteht man eine

Minderversorgung einer Hirnregion mit Sauerstoff. Meist war hierfür ein Verschluss der Arteria cerebri media oder ein Parenchymdefekt der Grund.

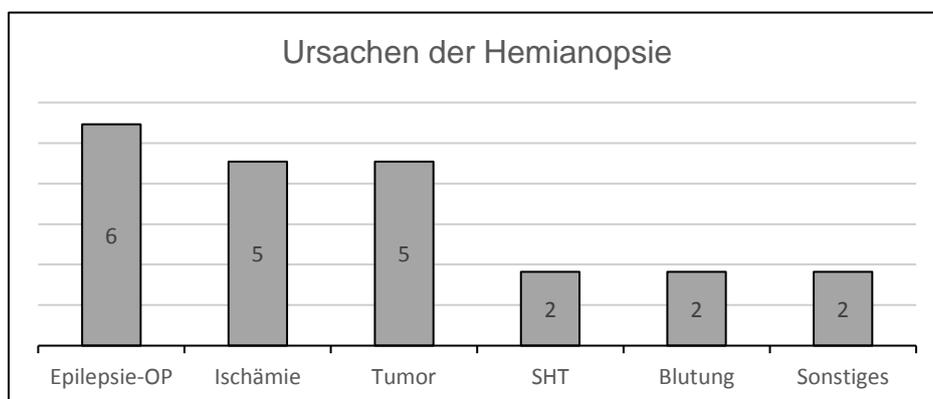


Abbildung 7: Häufigkeiten der Ursachen für die Hemianopsie unserer 22 Studienpatienten mit Angabe der Patientenanzahl. SHT= Schädelhirntrauma.

22,7% (n=5) der Patienten hatten einen Tumor, welcher operativ behandelt werden musste. In unserem Patientenkollektiv wurde ein Gangliogliom WHO Grad 1 im Bereich des Hypothalamus und der Nervi optici, ein Astrozytom WHO Grad 1 im Thalamusgebiet, ein Hirntumor links temporal mit Verdacht auf Gangliogliom WHO Grad 1 und eine konnatale Gliomatosis cerebri WHO Grad 3 beschrieben. Mit jeweils 9,1% (n=2) zählen das Schädel-Hirn-Trauma und die Hirnblutung zu den dritthäufigsten Ursachen. In die Kategorie Blutungen fielen zwei Kinder mit einer Subarachnoidalblutung aufgrund eines Aneurysmas und ein Kind mit einer arterio-venösen Malformation.

Außerdem gab es ein Kind mit Hemianopsie als Folge eines Hemikonvulsions-Hemiplegie Syndroms mit febrilem Status epilepticus und ein Kind mit Rasmussenencephalitis, einer fortschreitenden fokalen Entzündung einer Hirnhälfte.

59,1% (n=13) der Kinder besuchen eine Regelschule, 18,2% (n=4) Grundschule, 22,7% (n=5) Realschule, 9,1% (n=2) Hauptschule und 9,1% (n=2) Gymnasium) und 40,9% (n=9) gingen auf eine Sonderschule. Zur Übersicht werden in Tabelle 1 die klinischen Daten aller Patienten zusammengefasst.

Tabelle 1: Klinische Daten der 22 Patienten nach laufender Studiennummer sortiert. X;Y gibt das Alter in Jahren und Monaten an. FCD= Fokal kortikale Dysplasie, SHT= Schädelhirntrauma, SAB= Subarachnoidalblutung, n.a. = not available; Tabelle modifiziert siehe eigene Publikation (Ivanov et al., 2018)

Laufende Nummer	Alter	Geschlecht	Krankheitsdauer	Alter bei Krankheitsbeginn		Diagnose	Gesichtsfeldausfall	Epilepsie	Hemiparese	KZH ipsilateral	exzentrische Fixation	Exotropie ipsilateral
1	6;6	w	4;10	1;8	Sonstiges	Hemiatrophie durch Hemikonvulsions- Hemiplegie Syndrom	HH re	+	+	re	n.a.	-
3	14;6	w	14;6	0;0	SHT	Sturz mit Fraktur parietal links + Kontusionsblutung parieto-temporo-occipital links (keine OP)	HH re	+	+	re	n.a.	+
4	9;7	m	0;2	9;4	Epilepsie OP	Resektion FCD links temporal	Q re oben	-	-	keine	n.a.	-
6	7;11	m	7;11	0;0	Ischämie	Infarkt A. cerebri media links unklarer Genese	HH re	-	+	re	+	-
7	12;3	m	12;3	0;0	Ischämie	Poroencephaler Parenchymdefekt links, temporo-parietal, V.a. neonatale Infarzierung	HH re	+	+	re	+	+
8	10;1	w	5;11	4;2	Epilepsie OP	Resektion FCD links temporal mit Amygdalahippokampektomie	HH re	-	+	re	+	-
9	16;8	w	16;8	0;0	Ischämie	A.cerebri media Infarkt + Hemisphärotomie mit 16,2J.	HH li	+	+	li	+	+
10	16;10	m	0;9	16;0	SHT	SHT durch Treppensturz, Subduralhämatom fronto-tempo-parietal re, SAB temporal+ hochparietal re (OP)	HH li	-	+	li	-	-
11	13;7	w	7;10	5;8	Epilepsie OP	Hemisphärotomie links nach pränataler Ischämie A cerebri media	HH re	-	+	re	+	-
12	16;9	m	11;2	5;6	Sonstiges	Rasmussenencephalitis nachfolgend Hemisphärotomie rechts	HH li	-	+	li	-	-
13	7;3	w	6;5	0;10	Tumor	Resektion konnatale Gliomatosis cerebri WHOIII Z.n. intracerebraler Blutung li temporo-okzipital	HH re	+	+	re	-	+
14	11;11	m	1;11	9;11	Tumor	Resektion niedriggradiger hirneigener Tumor li temporal V.a. Gangliogliom WHO I DD DNET	Q re oben	+	-	keine	-	-
15	14;1	m	4;11	9;2	Blutung	SAB bei Aneurysma A cerebri media re, Z.n. Clipping	Q li unten	-	+	li	-	-

16	11;5	m	4;3	7;1	Blutung	SAB re temporal bei Aneurysma der ACI Teilungsstelle (ACM), Z.n. Clipping	HH li	-	+	li	-	-
17	10;5	w	7;8	2;9	Epilepsie OP	Hemisphärotomie rechts bei symptomatisch fokaler Epilepsie der re Hemisphäre	HH li	-	+	li	-	+
19	11;4	w	11;4	0;0	Ischämie	V.a. perinatal hypoxisch ischämische Schädigung mit kortikalen und kortikomedullären Veränderungen li	HH re	+	-	re	-	+
20	17;10	w	8;4	9;6	Tumor	Resektion pilozystisches Astrozytom im Thalamusgebiet re	HH li	-	+	li	-	-
25	7;7	w	6;10	0;8	Ischämie	Infarkt Arteria cerebri media rechts (Komplikation einer AML)	HH li	-	+	re	+	-
28	12;7	m	5;11	6;7	Tumor	Gangliogliom WHO I Hypothalamus und Nn. Optici	HH re	-	-	keine	-	-
22	7;7	m	0;3	7;3	Epilepsie OP	Rasmussen Enzephalitis Hemisphärotomie rechts	HH li	+	+	re	-	-
31	9;9	w	0;1	9;7	Tumor	Resektion Gangliogliom und FCD links	HH re	+	-	re	-	+
30	19;2	w	0;1	19;1	Epilepsie OP	Z.n. Hirnblutung, 07.10.2015 Hemisphärotomie links	HH re	+	+	re	-	-

### 2.1.3 Einschlusskriterien

Alter zwischen 6 und 20 Jahren mit Diagnose homonyme Hemianopsie oder Quadrantenanopsie, MRT Befunde sollten vorliegen. Die Patienten sollten kognitiv fit genug und motorisch in der Lage sein, eine Computermaus zu bedienen.

### 2.1.4 Ausschlusskriterien

Als Ausschlusskriterien galten schwere Intelligenzminderung, schwere kognitive Störungen im Bereich Aufmerksamkeit und Konzentration, Aphasie, zusätzliche Gesichtsfelddefekte und Hörverlust.

Die Studie wurde von der Ethikkommission der Universität Tübingen bewilligt, Eltern und Kinder unterschrieben zu Beginn der Studie nach einem ausführlichen Aufklärungsgespräch eine schriftliche Einverständniserklärung.

## 2.2 Untersuchungsablauf

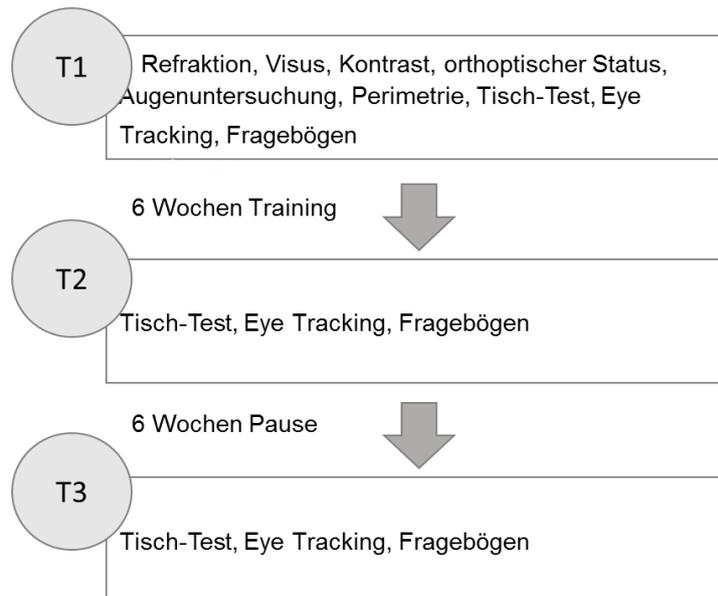


Abbildung 8: Untersuchungsablauf

Der Studienzeitraum lag zwischen 2014 und 2016.

Die hier vorliegende Arbeit ist Teil einer größeren Gesamtstudie, in welcher noch weitere Parameter (MRT Bilder, Eye Tracking, Entwicklung des Trainingsprogrammes) untersucht wurden und deren Ergebnisse separat veröffentlicht wurden (siehe Kapitel 6). Die Studie gliederte sich in drei Termine: Ein Termin vor Training, ein Termin nach 6-wöchigem Training und ein letzter Termin nach 6-wöchiger Trainingspause. Beim ersten Termin wurde eine ausführliche Anamnese, sowie eine neuro-ophthalmologische und orthoptischen Untersuchung durchgeführt. Diese beinhaltete Refraktion, Visus, Binokularsehen, Kontrastsehen, Augenmotorik, Kopfhaltung, Fixationsbestimmung, morphologische Untersuchung der vorderen und hinteren Augenabschnitte und eine auf die individuellen Bedürfnisse der Kinder angepasste Gesichtsfeldbestimmung. Außerdem wurden Reaktionszeiten beim Suchen von Objekten im Tisch-Test gestoppt, eine Augenbewegungsregistrierung (Eye-Tracking) durchgeführt sowie Orientierungsschwierigkeiten und Lebensqualität mittels Fragebögen erhoben. Am Kontrolltermin nach 6-wöchigem Training zuhause am Computer wurden

Eye-Tracking, der Tisch-Test und die Fragebögen wiederholt und nach 6-wöchiger Trainingspause nochmals durchgeführt.

## 2.3 Augenärztliche und orthoptische Untersuchung

### 2.3.1 Refraktion, Visus, Kontrastprüfung

Erst wurden Fern- und Nahvisus mit Landolt Ringen, bei jüngeren Kindern mit Lea-Symbolen geprüft und in LogMar angegeben. Das Kontrastsehen wurde mit LeaNumbers oder Hiding Heidi getestet. Auch die Akkomodation wurde geprüft und der Nahpunkt in cm angegeben.

### 2.3.2 Orthoptischer Status

Mit dem Cover Test wurde die Augenstellung bestimmt. Auch Motilität und Konvergenz wurden getestet. Mit dem Lang Test oder dem TNO wurde das Stereosehen überprüft. Folgebewegungen und Sakkaden wurden ebenfalls untersucht und das Auftreten von Kopfwangshaltungen notiert.

### 2.3.3 Augenuntersuchung

Eine Augenärztin untersuchte klinisch-morphologisch den vorderen und hinteren Augenabschnitt und prüfte auf ein relatives afferentes Pupillendefizit. Mit Hilfe eines Augenspiegels wurde ein Fixationsstern auf den Augenhintergrund projiziert und so das Vorliegen einer homonymen exzentrischen Fixation geprüft.

### 2.3.4 Gesichtsfelduntersuchung (Perimetrie)

Die Perimetrie bzw. Kampimetrie ermöglicht es, das Gesichtsfeld genau zu untersuchen. Das Gesichtsfeld umfasst den bei Fixation der Augen auf ein Objekt visuell wahrnehmbaren Teil des Raumes. Es werden das zentrale (30°) und das periphere Gesichtsfeld unterschieden, welches sich bei Geradeausblick nach temporal bis ca. 90°, nach nasal bis ca. 70° sowie nach oben und unten bis

jeweils ca. 60° erstreckt. Die Perimetrie kann Aussagen über Lokalisation und Art eines Gesichtsfelddefektes geben. Für die Untersuchung der Kinder wurde je nach Kooperationsfähigkeit individuell die passende Methode ausgewählt. Es kamen entweder das Tübinger Hand Perimeter (THP), die Konfrontationsgesichtsfeldprüfung, das LED- Kampimeter oder das Tangent-Screen Kampimeter zum Einsatz.

Generell gibt es zwei verschiedene Perimetrietechniken: Die kinetische und die statische Perimetrie. Bei beiden Messmethoden wird die Lichtunterschiedsempfindlichkeit (LUE) erfasst. Bei der kinetischen Isopterenperimetrie werden durch den Untersucher Stimuli mit konstanter Leuchtdichte und Größe in gleichmäßiger Geschwindigkeit dargeboten. Als Resultat erhält man so genannte Isopteren, Linien gleicher Empfindlichkeit. Bei der statischen Profil- bzw. Automatikperimetrie werden unbewegte Stimuli dargeboten, deren Leuchtdichte variabel ist. Im Folgenden werde ich die von uns angewandten Perimetrietechniken vorstellen (Schiefer et al., 2003):

Das Tangent Screen Kampimeter besteht aus einem 1m<sup>2</sup> großen schwarzen Stoff, in dessen Mitte eine Fixationsmarke angebracht ist. Der Untersucher bewegt mit Hilfe eines schwarzen Stocks einen weiteren gelben Punkt aus der Peripherie ins Zentrum. Dabei trägt der Untersucher einen schwarzen Handschuh und markiert die bemerkten Punkte mit schwarzen Stecknadeln. Das Tangent Screen gibt Aussagen über das 30° Gesichtsfeld. Die Prüfmarke hat beim Tangent Screen immer die gleiche Größe und Helligkeit.

Das Tübinger Handperimeter (THP), entwickelt um 1960 von Elfriede Aulhorn in Tübingen, bietet die Möglichkeit das gesamte Gesichtsfeld zu bestimmen (Aulhorn, 1964). Ein Lichtstimulus wird von Hand durch eine hinter der Halbkugel sitzende Person immer näher ins Zentrum der Halbkugel gerückt. Sobald die untersuchte Person diesen Lichtstimulus sieht, gibt sie ein akustisches Signal, das an dieser Stelle auf einem Vordruck notiert wird. Der Untersucher kann durch ein Okular ständig die Fixation des geprüften Auges kontrollieren. Das THP bietet neben der kinetischen auch die Möglichkeit der statischen Gesichtsfeldprüfung (Aulhorn, 1964). Die statische Methode wurde in dieser Studie nicht angewendet, da die kinetische Perimetrie geeigneter ist um die genaue Lokalisation eines

Gesichtsfelddefektes zu bestimmen (Wong & Sharpe, 2000). Wong & Sharpe zeigten, dass im Vergleich mit MRT Bildern durch die kinetischen Perimetrieverfahren eine exaktere Lokalisation des Gesichtsfelddefektes bestimmt werden konnte. Außerdem verlangt die statische Perimetrie von den Kindern durch die längere Untersuchungsdauer und höhere Anzahl an Stimuli zu viel Konzentration und eine stetige Fixation. Bei der Untersuchung mit dem THP musste man als Untersucher besonders aufmerksam sein und die Augenbewegungen der Kinder genau beobachten, da die Kinder automatisch Augenbewegungen zu ihrer hemianopen Seite machten und so das Sehen eines Lichtpunktes in der Peripherie vortäuschten. Falls dies der Fall war, konnte man auf das Kampimeter zurückgreifen. Hier hatte man die Möglichkeit, dass eine weitere Orthoptistin genau die Augenbewegungen des Kindes kontrollieren konnte. In wenigen Fällen war auch die Durchführung der Kampimetrie durch mangelnde Kooperation nicht möglich und der Gesichtsfeldausfall wurde erst mit Hilfe der Konfrontationsgesichtsfeldprüfung entdeckt. Bei der Konfrontationsgesichtsfeldprüfung wurde unter ständiger Fixationskontrolle durch den Untersucher durch eine hinter dem Kind positionierte Person ein Gegenstand in verschiedenen Gesichtsfeldabschnitten dargeboten. Der Untersucher konnte dann anhand der Augenbewegungen feststellen, ob der Gegenstand bemerkt wurde.

## 2.4 Visuelle Suche

### 2.4.1 Tisch-Test



Abbildung 9: Tisch-Test mit 16 kindgerechten Objekten aus Sicht des Kindes.

Der „Tisch- Test“ ist eine, in der Forschungseinheit für visuelle Rehabilitation entwickelte, semi-quantitative Methode zur Testung der visuellen Suche in einer natürlichen, alltagsnahen Situation (zur Theorie der visuellen Suche siehe Kapitel 1.1.5). Wie in Abbildung 9 dargestellt,

wurden auf einer Tischplatte, um das zentrale Gesichtsfeld abzudecken, in  $10^\circ$ ,  $20^\circ$  und  $30^\circ$  insgesamt 16 kindgerechte Objekte aufgeklebt. Dabei befinden sich, wie in Abbildung 9 zu sehen, je 4 Objekte pro Quadrant, 8 pro Seite. Den Mittelpunkt der Tischplatte installierte man 45cm unterhalb der Augenhöhe des Kindes und in 35cm Entfernung zum Kind. Das Kind bekam die Aufgabe, die Augen zu schließen, sie dann auf Kommando zu öffnen und das vom Untersucher präsentierte Objekt nur mit den Augen zu suchen. Sobald es gefunden wurde, sollte darauf gezeigt werden. Der Kopf musste stillgehalten werden, beziehungsweise wurde, wenn nötig, von einer zweiten Person stabilisiert. Sobald das Kind mit der Suche begann, wurde die Zeitmessung gestartet und für jedes Objekt einzeln beim Auffinden wieder gestoppt. Die Reaktionszeit pro Objekt wurde von mir in einer Tabelle notiert und zu einer Gesamtsuchzeit addiert. Der „Tisch-Test“ wurde an allen drei Terminen durchgeführt, wobei bei T1 und T3 die gleiche Version, bei T2 eine Version mit anderen Objekten eingesetzt wurde. Die Vergleichsgruppe führte jeweils einmal die Version 1 und einmal die Version 2 durch.

#### 2.4.2 Eye Tracking

Genutzt wurde das Eye Tracking Gerät „JazzNovo“ von Ober Consulting. Die Technik beruht auf der Cyclops-ODS (Oculus Dexter Sinister) Infrarot Okulographie.(IRO). Das Gerät hat eine zeitliche Auflösung von 1000Hz und eine räumliche Auflösung von 1arcmin. Die Kinder mussten ihr Kinn auf einer Kinnstütze in 20 cm Abstand zum Computerbildschirm legen und die Höhe der Kinnstütze wurde so justiert, dass sich die Augen auf Höhe des Bildschirmmittelpunktes befanden. Auf einem Computerbildschirm wurde zur Kalibrierung des Eye Trackers erst ein Punkt dargestellt, dem die Kinder mit den Augen in alle Ecken des Bildschirms folgen sollten. Daraufhin mussten sie vier verschiedene Bilder nacheinander ohne Anweisung anschauen. Die Suchaufgabe stellte verschiedene Straßenszenen unterschiedlicher Komplexität dar, in denen ein Gabor Patch („Zebra-Streifen“) zufällig im Bild platziert wurde. Die Kinder sollten beim Auffinden des Musters die Leertaste auf einer Computertastatur drücken. Wurde das Muster nicht gefunden, verschwand das Bild nach 60 Sekunden. Dabei wurde die Messung der Augenbewegungen nach jeder Aufgabe gestoppt und zu Beginn der nächsten Aufnahme wieder gestartet. Die Ergebnisse des Eye Trackings werden in einer anderen wissenschaftlichen Arbeit diskutiert.

### 2.4.3 VisioCoach Kids

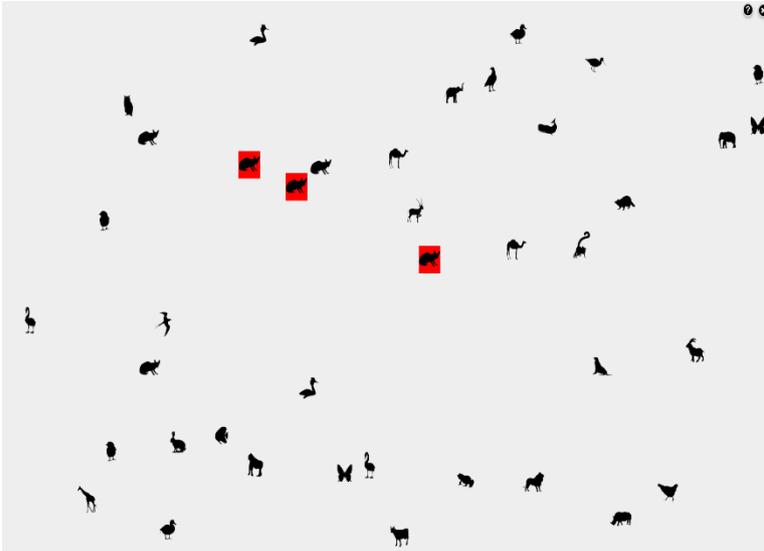


Abbildung 10: Screenshot aus dem Trainingsprogramm VisioCoach Kids. Abgebildet ist ein Ausschnitt aus Level 2: Das Kind hat bereits drei gleiche Tiere gefunden.

Auf der Grundlage der Studie von Roth et al. wurde eine auf Kinder angepasste Version des Visio Coach Trainingsprogramm: Visio Coach Kids entworfen (Roth et al., 2009). Das Programm beruht auf dem Prinzip eines explorativen Sakkadentrainings. Es gibt drei Schwierigkeitsstufen, wobei jede für 2 Wochen gespielt werden soll. Je nach Level sollen die Kinder entweder sechs identische geometrische Figuren, Tiere oder Küken in Eiern innerhalb eines Screens mit gleichen Bildern finden. Nach jedem Screen werden ihnen ihre aktuelle Punktzahl und eventuelle neue Rekorde angezeigt. Die Kinder sollten selbständig zuhause am Computer zweimal täglich 15 Minuten trainieren. Das Programm endet nach 15 Minuten Training automatisch und alle Ergebnisse werden in einer Excel Tabelle gespeichert. Ich führte die Kinder und Eltern zu T1 in das Programm ein und instruierte sie so, dass das Programm im Anschluss alleine daheim durchgeführt werden konnte. Die Entwicklung und Evaluation des Programmes wird in einer anderen Arbeit diskutiert.

### 2.5 Lesegeschwindigkeit

Die Lesegeschwindigkeit in Wörtern pro Minute wird bei den Kindern je nach Alter entweder mit den Salzburger Lesetexten für die 1. bis 4. Klasse oder bei älteren

Kindern mit den IREST Texten bestimmt (Landerl et al., 1997; Trauzettel-Klosinski et al., 2012). Die Lesegeschwindigkeit wurde in Wörtern pro Minute angegeben. In einer Studie von Trauzettel-Klosinski et al. 2010 mit 16 Kindern mit Dyslexie und 16 Kontrollkindern im Alter von 9-10 Jahren, wurde bei den Kontrollkindern beim Lesen der Salzburger Lesetexte eine mittlere Lesegeschwindigkeit von 120 Wörtern pro Minute (SD=17 Wörter/Minute) gemessen (Trauzettel-Klosinski et al., 2010). Diese 120 Wörter/Minute dienten als Referenzwert für eine normale Lesegeschwindigkeit. Durch das explorative Sakkadentraining werden keine Veränderungen der Lesegeschwindigkeit erwartet (Roth et al., 2009).

## 2.6 Fragebogenerhebungen

In der Studie sollte zum einen die allgemeine Lebensqualität vor und nach der Trainingsphase, sowie die auf das Sehen bezogene Lebensqualität und Fähigkeiten untersucht werden. Um die gesundheitsbezogene Lebensqualität von Kindern zu erfassen, wurde der KINDL-R Fragebogen eingesetzt.

Dazu führte ich zu allen drei Zeitpunkten mit den Kindern eine Fragebogenerhebung durch. Zur Erhebung der auf das Sehen bezogenen Lebensqualität und Fähigkeiten gibt es zurzeit vier spezifische Fragebögen, aus welchen ich die geeignetsten auswählte. Der einzige in deutscher Sprache verfügbare Fragebogen, der Fragebogen zum kindlichen Sehvermögen (FKS) (Pieh et al., 2009), ist nur für Kinder von 3-7 Jahren geeignet. Der LVP-FVQ (LV Prasad Functional Vision Questionnaire) wurde ausschließlich für Kinder in Dritte Welt Ländern entwickelt (Gothwal et al., 2003). Für unsere Studie kamen daher der Impact of Vision Impairment for Children (IVI-C) und der Cardiff Visual Ability Questionnaire for Children (CVAQC) in Frage. Der IVI-C, entwickelt 2012 von Cochrane et al., konzentriert sich auf Lebensqualität und Partizipation im Alltag in Bezug auf die Sehkraft. Der CVAQC, entwickelt 2012 von Khadka et al., legt seinen Fokus auf die Bestimmung von auf das Sehen bezogene Fertigkeiten. / Beeinträchtigung alltäglicher Aktivitäten durch die Sehkraft. Die verwendeten Fragebögen werden im Folgenden näher beschrieben.

### 2.6.1 KINDL-R

Zur Erfassung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität wurde der, 1998 von Prof. Ulrike Ravens-Sieberer und Frau Prof. Monika Bullinger entwickelte, KINDL-R eingesetzt (Ravens-Sieberer & Bullinger, 1998).

Der KINDL-R Fragebogen liegt für drei unterschiedliche Altersgruppen als Selbstbeurteilungsversion vor: Kiddy-Kindl (Alter 4-6), Kid-Kindl (Alter 7-13) und Kiddo-Kindl (Alter 14-17). Außerdem gibt es zwei durch die Eltern zu beantwortende Fremdbeurteilungsversionen eine für die Altersgruppe 3-6 und eine weitere für die Altersgruppe der 7-17jährigen.

Der KINDL-R Fragebogen besteht aus 24 Likert-skalierten Items mit den 5 Antwortmöglichkeiten nie, selten, manchmal, oft und immer. Die Items können in sechs verschiedenen Kategorien zusammengefasst werden: Körperliches Wohlbefinden, Psychisches Wohlbefinden, Selbstwert, Familie, Freunde und Funktionsfähigkeit im Alltag (Schule bzw. Kindergarten). Jede Kategorie wird aus vier Fragen gebildet. Alle Werte werden auf eine Skala von 0–100 transformiert, wobei höhere Werte jeweils eine bessere Lebensqualität anzeigen. Cronbach's Alpha als Maß für die interne Konsistenz erreichte für fast alle Subskalen Werte um  $\alpha = 0,70$ , für die Gesamtskala wurde ein Konsistenzkoeffizient von  $\alpha = 0,85$  erreicht (Ravens-Sieberer et al., 2007). Die Skalenpunktwerte der Studienkinder und ihrer Eltern wurden mit repräsentativen Normwerten aus der BELLA- Studie (BEfragung zum seeLischen WohLbefinden und VerhAlten) verglichen. Hierbei handelt es sich um das Modul zur psychischen Gesundheit und Lebensqualität des Kinder- und Jugendgesundheitssurveys (KiGGS), einer bundesweit durchgeführten Studie zur Gesundheit von Kindern und Jugendlichen am Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf. Im Rahmen der BELLA- Studie beantworteten 2863 gesunde Kinder und Jugendliche zwischen 7 und 17 Jahren und ihre Eltern, zusätzlich 1700 gesunde Kinder und Jugendliche im Alter von 11-17 den KINDL-R Lebensqualitätsfragebogen zur Erstellung von Referenzwerten (Ravens-Sieberer et al., 2008). Bei vorliegender Normalverteilung wurden die Ergebnisse mit Mittelwert und Standardabweichung angegeben.

## 2.6.2 Impact of Vision Impairment for Children (IVI-C)

Zur Bestimmung der speziell auf das Sehen bezogenen Lebensqualität wurde der IVI-C (Impact of Vision Impairment for Children) verwendet. Entwickelt wurde er 2011 von Cochrane et al. (Cochrane et al., 2011) des Eye Research Center Australien. Da der IVI-C bisher nicht in deutscher Sprache vorlag, wurde er von uns mit Unterstützung eines Muttersprachlers ins Deutsche übersetzt. Der Fragebogen legte den Fokus auf die durch das verminderte Sehvermögen hervorgerufenen Einschränkungen an der Teilnahme (Partizipation) im alltäglichen Leben. Der IVI-C ist ein Selbstbeurteilungsfragebogen, bestehend aus 24 Fragen, die in 4 Subskalen unterteilt sind. Diese beinhalten die Kategorien Mobilität (8 Items), soziale Interaktionen (8 Items), Schule (5 Items) und Emotionen (3 Items). Im Folgenden werden einige Fragebeispiele der unterschiedlichen Kategorien aufgelistet:

Mobilität: *Findest du es schwierig, Treppen hinab zu gehen oder einen Schritt von einem Gehweg zu machen?, Kommst du gut alleine zu Recht mit öffentlichen Verkehrsmitteln (z.B. Busse, Züge, Fähren)?*

Interaktion: *Kannst du an Spielen oder Sportarten, die du mit deinen Freunden machen möchtest, teilnehmen?, Hat deine Sehkraft dich schon mal daran gehindert die Dinge zu tun, die du tun möchtest?*

Schule: *Bekommst du in der Schule genug Zeit um die Aufgaben fertig zu stellen, die der Lehrer dir gegeben hat?*

Emotion: *Sagen dir Leute, dass du die Dinge, die du tun möchtest, nicht tun kannst?*

Zu jeder Frage gab es jeweils 5 Antwortmöglichkeiten: nie, fast nie, manchmal, fast immer, immer und mache ich aus anderen Gründen nicht. Alle Items mit der Antwortmöglichkeit „mache ich aus anderen Gründen nicht“ wurden als fehlend kodiert und aus der Analyse ausgeschlossen. Je Skala wurde der Median und die Interquartilsabstände aus allen beantworteten Items berechnet und daraufhin auf Skalenpunkte von 0–100 transformiert, wobei höhere Werte jeweils eine bessere Lebensqualität anzeigen.

### 2.6.3 Cardiff Visual Ability Questionnaire for Children (CVAQC)

Der CVAQC (Cardiff Visual Ability Questionnaire for Children) ist ein 25-Items Selbstbeurteilungsfragebogen mit 7 Subskalen, welcher alltägliche Fähigkeiten in Bezug auf die Sehkraft abfragen. Er wurde 2010 von Khadka et al. entwickelt (Khadka et al., 2010). Die Items decken die Kategorien Schule, Nahvisus, Fernvisus, Mobilität, Soziale Interaktion, Technik und Sport ab. Beispielsweise: *„Aufgrund deiner Sehkraft und mit deiner Brille, falls du eine hast, wie schwierig findest du deinen Mathe Unterricht?“*, *„Aufgrund deiner Sehkraft und mit deiner Brille wie schwierig findest du es Bücher und Aufgabenblätter in der Schule zu lesen?“*, *„Aufgrund deiner Sehkraft und mit deiner Brille wie schwierig findest du es von der Tafel zu lesen?“*, *„Aufgrund deiner Sehkraft und mit deiner Brille wie schwierig findest du es auf einem Platz mit vielen Menschen zu gehen?“*, *„Aufgrund deiner Sehkraft und mit deiner Brille wie schwierig findest du es deine Freunde auf dem Spiel- oder Sportplatz zu erkennen?“*, *„Aufgrund deiner Sehkraft und mit deiner Brille wie schwierig findest du es PC – Spiele zu machen?“* oder *„Aufgrund deiner Sehkraft und mit deiner Brille wie schwierig findest du es bei Ballspielen teilzunehmen?“*.

Für jede Frage gab es 5 verschiedene Antwortmöglichkeiten: sehr leicht, leicht, schwer, sehr schwer und nein, das mache ich aus anderen Gründen nicht/ daran habe ich kein Interesse. Alle Items mit der letzten Antwortmöglichkeit wurden als fehlend kodiert und aus der Analyse ausgeschlossen. Angegeben wurden für jede Skala die Mediane und Interquartilsabstände aus den zugehörigen Items. Der CVAQC wurde von uns mit Unterstützung eines englischsprachigen Muttersprachlers ins Deutsche übersetzt. Mit Hilfe eines, von den Entwicklern bereitgestellten Rasch Konversion Kalkulator, wurden die Rohwerte in logarithmische Daten konvertiert. Die Ergebnisse lagen zwischen -3,70 (hohe Sehfähigkeit bzw. wenig Einschränkungen bei alltäglichen Aufgaben im Bezug auf die Sehkraft) und 4,10 (niedrigere Sehfähigkeit bzw. hohe Einschränkungen bei alltäglichen Aufgaben im Bezug auf die Sehkraft).

#### 2.6.4 Alltagsprobleme

Um sich ein besseres Bild von den alltäglichen Problemen der Kinder machen zu können, stellte ich während des Anamnesegespräches Fragen zur Orientierung. Diese beinhalteten eine offene Frage zu Beginn, hier sollten Eltern und Kinder Schwierigkeiten im Alltag aufzeigen. Daraufhin folgten verschieden spezifische Fragen zur Orientierung. Im Fokus stand, ob es Probleme beim Ausweichen gab, ob sich die Kinder öfters anstießen oder sich Probleme beim Lesen, Greifen oder Treppen steigen darstellten. Dazu nutze ich einen Fragebogen, welchen ich nach der Vorlage des Fragebogens zur Erfassung zerebral bedingter Sehstörungen von Kerkhoff et al. modifiziert hatte (Kerkhoff et al., 1990). Es wurden jeweils Kinder und Eltern befragt, um mögliche unterschiedliche Wahrnehmungen mit zu berücksichtigen. Die Frage wurde zu allen drei Zeitpunkten wiederholt, um den Effekt des Trainings auf die subjektiv wahrgenommene Orientierungsfähigkeit zu evaluieren.

#### 2.7 Statistik

Die Daten wurden mit der Statistiksoftware IBM SPSS Statistics Version 24 ausgewertet. Zu Beginn, sowie einmal im Verlauf der Studie, fand ein Beratungsgespräch am Institut für Klinische Epidemiologie und angewandte Biometrie durch Prof. Dr. rer. nat. Martus statt. Die Daten wurden zunächst deskriptiv beschrieben. Falls die Daten der Patienten und Vergleichsgruppe nicht normalverteilt waren, wurden der Median und die zugehörigen Interquartilsabstände herangezogen, um die Daten deskriptiv zu beschreiben. Im Gegensatz zum Mittelwert ist er deutlich weniger verzerrt durch Ausreißer. Bei normalverteilten Daten wurden Mittelwert und Standardabweichung berechnet. Zur Analyse auf Normalverteilung wurde der Shapiro-Wilk-Test durchgeführt. Er ist besonders zur Überprüfung von kleineren Stichproben ( $n < 100$ ) geeignet. Eine Normalverteilung liegt vor, sobald der p-Wert das festgelegte Signifikanzniveau von 5% überschreitet. Wenn die Annahme der Normalverteilung nicht verletzt wurde, wird  $p > 0.05$  sein. Je kleiner der p-Wert, desto unwahrscheinlicher ist eine Normalverteilung.

Eine Analyse etwaiger Unterschiede findet bei nicht-normalverteilten Parametern und unabhängigen Variablen mittels Mann-Whitney-U-Test (Rangsummentest), bei abhängigen Variablen durch den Wilcoxon-Kruskal-Wallis-Test (Vorzeichenrangtest) statt (Kronthaler, 2014). Bei normalverteilten Daten, wie zum Beispiel den Daten des KINDL-R, wurden parametrische Verfahren, wie der t-Test, angewendet. Für den KINDL-R Fragebogen war eine Referenzgruppe (n= 2863) aus der Bella Studie verfügbar (Ravens-Sieberer et al., 2008). Da wir lediglich Zugriff auf Mittelwert und Standardabweichung der Referenzgruppe hatten, wurden nach Überprüfung der Normalverteilung der KINDL-R Daten (Shapiro-Wilk-Test:  $p > 0.05$ ), der T-Test für unabhängige Stichproben verwendet. Für diese Berechnungen wurde die Online-Software GraphPad genutzt ("GraphPad Software," 2018). Die anderen Fragebögen (IVI-C, CVAQC) beantwortete als Kontrolle unsere Vergleichsgruppe der 16 normalsichtigen Kinder. Fehlende Werte der IVI-C und CVAQC-25 Fragebögen wurden falls  $> 75\%$  der Werte verfügbar waren mit dem Mittelwert ersetzt (Zhang, 2016). Zur Evaluierung von Unterschieden zwischen den Aussagen der Eltern und der Kinder wurde Cohens Kappa, ein statistisches Maß für die Interrater-Reliabilität, herangezogen. Bei einem Kappa=1 liegt eine vollständige Übereinstimmung, bei Kappa=0 keine Übereinstimmung zwischen den Gruppen vor. Die Ergebnisse wurden grafisch durch Boxplots illustriert, da Boxplots einen guten Überblick über die Verteilung stetiger Variablen zeigen.

### **3 Ergebnisse**

Die Ergebnisse dieser Arbeit sind von mir ausgewertet und in folgender Publikation meiner Arbeitsgruppe veröffentlicht: Ivanov, I. V., Kuester, S., MacKeben, M., Krumm, A., Haaga, M., Staudt, M., Trauzettel-Klosinski, S. (2018). Effects of visual search training in children with hemianopia. PLoS One, 13(7), e0197285.

### 3.1 Fragebogenerhebung

Generell gingen die Ergebnisse der Fragebogenerhebung alle, wenn auch oft nicht signifikant, in die gleiche Richtung und zeigten eine leichte Verbesserung der Punktzahlen bzw. weniger Schwierigkeiten über die Zeit.

#### 3.1.1 KINDL-R

Die drei verschiedenen Versionen untersuchen die Fremdeinschätzung der Lebensqualität der Kinder durch ihre Eltern (Tabelle 2), die Selbsteinschätzung der Kinder mit 13 Jahren oder jünger (Tabelle 3) und die Selbsteinschätzung der über 13Jährigen Kinder und Jugendlichen (Tabelle 4). Die Ergebnisse der Befragung wurden jeweils mit der repräsentativen Referenzgruppe, siehe Kapitel 2.6.1, verglichen. Die Daten des KINDL-R zeigten eine Normalverteilung (Shapiro-Wilk Test:  $p > 0,05$ ).

#### Elterneinschätzung

Tabelle 2: Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) der Elterneinschätzung der gesundheitsbezogenen Lebensqualität ihrer Kinder, erhoben mit dem KINDL-R Fragebogen zur Lebensqualität von Kindern und Jugendlichen. Der KINDL-R wurde zu drei Zeitpunkten (T1-3) eingesetzt und jeweils mit einer repräsentativen Referenzgruppe (R) verglichen. N=22.

	TQOL		KW		PW		Selbstwert		Familie		Freunde		Schule	
	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD
<b>R</b>	76,3	10,1	76,5	17,3	80,8	12,8	68,8	14,2	77,7	14,3	78,0	13,4	76,0	16,0
<b>T1</b>	72,3	9,1	67,3	20,1	76,4	13,6	71,0	16,3	81,0	12,1	63,4	14,7	74,7	17,2
<b>T2</b>	72,3	12,5	68,2	20,3	78,6	14,5	69,9	17,2	80,7	10,3	62,8	16,4	74,4	24,7
<b>T3</b>	73,2	10,3	75,3	14,7	75,3	13,9	71,1	13,9	83,0	8,6	63,7	13,9	71,3	22,2

Hinweis: TQOL= Total Gesamtlebensqualität, KW= Körperliches Wohlbefinden, PW= Psychisches Wohlbefinden, R= Referenzgruppe

Tabelle 2 zeigt die Fremdeinschätzung der kindlichen Lebensqualität durch ihre Eltern. Hemianope Kinder zeigen, laut ihrer Eltern, eine etwas geringe Gesamtlebensqualität als die Referenzgruppe. Die Gesamtlebensqualität bleibt über die Studienzeit hin stabil (Wilcoxon-Test:  $p=0,602$ ). Das körperliche Wohlbefinden ist zu T1 um 12% geringer als bei der Referenzgruppe. Zum Zeitpunkt T3 hat sich das körperliche Wohlbefinden im Vergleich zu T1 gebessert

(Wilcoxon-Test:  $p=0,159$ ). Das psychische Wohlbefinden ist zu allen drei Zeitpunkten gegenüber der Referenzgruppe leicht vermindert. Der Selbstwert zeigte im Vergleich mit der Referenzgruppe keinen großen Unterschied und blieb über die Zeit stabil (Wilcoxon-Test:  $p=0,725$ ). Im Bereich Familie haben hemianope Kinder laut ihrer Eltern zu T1 eine um 3 Punkte höhere Punktzahl als die Referenz. Zu T3 erreicht dieser Unterschied, mit 6 Punkten höher als die Referenz, ein Signifikanzniveau ( $M=77,7$ ,  $SD=14,3$ ,  $t(2883)=2,8604$ ,  $p=0,0094$ ). Über die Zeit zeigt sich keine relevante Veränderung (Wilcoxon-Test:  $p=0,375$ ). Im Bereich Freunde, in dem es um das Wohlbefinden in Bezug auf Freunde/Gleichaltrige geht, zeigte sich einer der größten Unterschiede. Die Eltern gesunder Kinder ( $M=78,0$ ,  $SD=13,4$ ,  $n=2863$ ): schätzten die Stärke des sozialen Netzwerkes ihrer Kinder zu allen drei Zeitpunkten signifikant höher ein, als die Eltern der hemianopen Kinder (T1: ( $M=63,4$ ,  $SD=14,7$ ,  $n=22$ ),  $t(2883)=4,6437$ ,  $p<0,0001$ , T2: ( $M=62,8$ ,  $SD=16,4$ ,  $n=22$ ),  $t(2883)=5,2906$ ,  $p<0,0001$ , T3: ( $M=63,7$ ,  $SD=13,9$ ,  $n=22$ ),  $t(2883)=4,9849$ ,  $p<0,0001$ ). Die Eltern hemianoper Kinder gaben an, dass sich ihre Kinder manchmal oder oft anders fühlen als ihre Mitschüler/innen und sich nicht allzu oft mit ihren Freunden treffen. Der Wert zeigte keine Verbesserung über die Zeit (Wilcoxon-Test:  $p=0,68$ ). Die Schulsituation bewerteten Eltern hemianoper Kinder und ihrer Referenzgruppe ungefähr gleich.

Aufgrund der unterschiedlichen kindlichen Entwicklungsstufen wurden die Kinder nach Alter in Gruppen aufgeteilt und mit auf das Alter angepassten Versionen des KINDL-R Fragebogens befragt. Dabei bildeten die Kinder von 13 Jahren oder jünger eine Gruppe und die Jugendlichen, also Kinder über 13 Jahren, eine weitere Gruppe.

### Selbsteinschätzung der unter 13Jährigen

Tabelle 3: Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) der Kinder  $\leq 13$  Jahren zu ihrer Lebensqualität, erhoben mit dem Kid KINDL-R Fragebogen zur Lebensqualität von Kindern und Jugendlichen. Der KINDL-R wurde zu drei Zeitpunkten (T1-3) eingesetzt und jeweils mit einer repräsentativen Referenzgruppe (R) verglichen.  $N=15$ .

	TQOL		KW		PW		Selbstwert		Familie		Freunde		Schule	
	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD
<b>R</b>	75,1	9,3	74,0	16,0	83,2	10,7	56,3	18,5	84,6	13,4	80,9	13,4	71,8	16,6
<b>T1</b>	73,5	6,9	72,5	19,0	75,0	16,2	64,7	26,1	82,5	11,1	63,6	17,6	82,5	14,6
<b>T2</b>	73,7	9,3	70,0	15,0	74,6	17,3	67,9	17,7	82,5	12,1	71,0	19,4	76,5	15,8
<b>T3</b>	78,2	11,4	75,4	15,6	79,2	18,2	76,3	19,5	87,5	12,7	74,2	15,5	76,7	22,8

Hinweis: TQOL= Gesamtlebensqualität, KW= Körperliches Wohlbefinden, PW= Psychisches Wohlbefinden, R= Referenzgruppe

Die Gesamtlebensqualität der unter 13Jährigen und 13Jährigen unterscheidet sich kaum von der Referenzgruppe. Zu T3 ist die Gesamtlebensqualität der hemianopen Kinder im Vergleich zu T1 etwas erhöht (Wilcoxon-Test:  $p=0,075$ ). Das körperliche Wohlbefinden ist zu T1 im Vergleich zur Referenzgruppe etwas geringer. Zum Zeitpunkt T3 zeigen die Patienten im Vergleich zu T1 ein etwas gesteigertes körperliches Wohlbefinden (Wilcoxon-Test:  $p=0,473$ ). Das psychische Wohlbefinden ist zu T1 und T2 gegenüber der Referenzgruppe signifikant vermindert (T1: (M = 75,0, SD = 16,2, n = 15),  $t(760) = 2,9044$ ,  $p = 0,0038$ , T2: (M = 74,6, SD = 17,3, n = 15),  $t(760) = 3,0373$ ,  $p = 0,0025$ ). Zu T3 erreichen die Patienten das Level der Referenzgruppe (T3: (M = 79,2, SD = 18,2, n = 15),  $t(760) = 1,4092$ ,  $p = 0,1592$ ).. Der Selbstwert der Patienten (M = 64,7, SD = 18,5, n = 15) ist zu T1 etwas höher als der Selbstwert der Referenzgruppe (M=56,3, SD=18,5, n=747), erreicht aber kein Signifikanzlevel (T1: (M = 64,7, SD = 18,5, n = 15),  $t(760) = 1,7255$ ,  $p = 0,0848$ ). Zu T2 und T3 zeigt sich im Vergleich mit der Referenzgruppe ein signifikant höherer Selbstwert (T2: (M = 67,9, SD = 17,7, n = 15),  $t(760) = 2,4063$ ,  $p = 0,0164$ , T3: (M = 76,3, SD = 19,5, n = 15),  $t(760) = 4,1414$ ,  $p = 0,0001$ ). Tendenziell bessert sich der Selbstwert zwischen T1 und T3 (Wilcoxon-Test:  $p=0,082$ ). Im Bereich Familie zeigen sich keine großen Unterschiede zwischen hemianopen Kindern und ihrer Referenz. Die Punktzahl bleibt auch über den Studienzeitraum gleich (Wilcoxon-Test:  $p=0,217$ ). Die Interaktion mit Freunden ist geringer ausgeprägt als bei der Referenzgruppe. Zu T1 und T2 ist die Punktzahl der Subskala Freunde signifikant geringer, als bei der Referenz (T1: (M = 63,6, SD = 17,6, n = 22),  $t(760) = 4,9180$ ,  $p = 0,0001$ , T2: (M = 71,0, SD = 19,4, n = 22),  $t(760) = 2,8049$ ,  $p = 0,0052$ ). Zu T3 hat sich die Punktzahl auf 74 Punkte im Vergleich zu 64 Punkte zu Beginn gesteigert und zeigt im Vergleich mit der Referenz keinen signifikanten Unterschied mehr (T3:

(M = 74,2, SD = 15,5, n = 22),  $t(760) = 1,9114$ ,  $p = 0,0563$ ). Der Unterschied zwischen T1 und T3 in der Subskala Freunde verbessert sich signifikant (Wilcoxon-Test:  $p=0,022$ ). Die Schule wird von hemianopen Kindern zu T1 signifikant besser bewertet als von der Referenz ( $t(760) = 2,4769$ ,  $p = 0,0135$ ). Zu T2 und T3 zeigt sich kein signifikanter Unterschied mehr (t-test,  $p > 0,05$ ). Insgesamt zeigen die Kinder unter 13 Jahren nach Beendigung der Studie tendenziell eine Steigerung der Lebensqualität (Wilcoxon-Test:  $p=0,075$ ).

### Selbsteinschätzung der über 13Jährigen

Tabelle 4: Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) der Kinder über 13 Jahre zu ihrer Lebensqualität, erhoben mit dem Kiddo KINDL-R Fragebogen zur Lebensqualität von Kindern und Jugendlichen. Der KINDL-R wurde zu drei Zeitpunkten (T1-3) eingesetzt und jeweils mit einer repräsentativen Referenzgruppe (R) verglichen. N=7

	TQOL		KW		PW		Selbstwert		Familie		Freunde		Schule	
	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD
<b>R</b>	71,5	10,6	68,5	16,9	80,5	13,7	59,9	18,1	81,1	16,4	75,2	15,0	64,2	16,4
<b>T1</b>	71,0	8,4	65,2	15,2	82,1	10,5	64,3	20,0	89,3	15,2	50,9	20,5	74,1	20,5
<b>T2</b>	74,9	12,8	78,6	16,5	81,3	16,1	68,8	14,4	83,9	19,0	63,4	31,5	73,2	17,6
<b>T3</b>	68,9	12,4	68,8	21,7	72,9	21,5	58,3	23,3	81,3	16,3	64,6	12,3	67,7	9,2

Hinweis: TQOL= Gesamtlebensqualität, KW= Körperliches Wohlbefinden, PW= Psychisches Wohlbefinden, R= Referenzwerte

Die über 13Jährigen zeigen zu Beginn der Studie eine mit der Referenzgruppe identische Gesamtlebensqualität (t-test,  $p > 0,05$ ). Zu T3 nimmt diese leicht ab (Wilcoxon-Test:  $p=0,458$ ). Das körperliche Wohlbefinden wird von den hemianopen Kindern zu T1 im Vergleich zu der Referenzgruppe leicht vermindert bewertet (t-test,  $p > 0,05$ ). Im Studienverlauf zeigt sich hier keine Änderung (Wilcoxon-Test:  $p=1,0$ ). Im psychischen Wohlbefinden zeigen sich zu T1 keine großen Unterschiede zur Referenzgruppe (t-test,  $p > 0,05$ )., zu T3 wird das psychische Wohlbefinden allerdings 10% geringer gewertet, als zu T1 (Wilcoxon-Test:  $p=0,4$ ). Der Selbstwert der Patienten ist zu T1 etwas höher als der Selbstwert der Referenzgruppe (t-test,  $p > 0,05$ ). Zu T3 ist dieser aber im Vergleich zu T1 10% niedriger (Wilcoxon-Test:  $p=0,461$ ). Im Bereich Familie weisen die Patienten zu T1 eine höhere Punktzahl auf. Zum Zeitpunkt T3 fällt diese auf das Niveau der Referenzgruppe ab. Auffallend geringer zeigt sich die

Punktzahl der Subskala Freunde. Hier haben die Patienten zu T1 und T2 eine signifikant geringere Punktzahl als ihre gleichaltrige Referenzgruppe (T1: (M = 50,9, SD = 20,5, n = 7),  $t(1153) = 4,2635$ ,  $p = 0,0001$ , T2: (M = 63,4, SD = 31,5, n = 7),  $t(1153) = 2,0568$ ,  $p = 0,0399$ ). Zum Ende der Studie ist der Kontakt zu Freunden im Vergleich zu Beginn der Studie verbessert und zwischen Referenzgruppe und Patienten zeigt sich kein signifikanter Unterschied mehr (T3: M = 64,6, SD = 12,3, n = 7,  $t(1153) = 1,8656$ ,  $p = 0,0624$ ). Die Situation in der Schule wird zu T1 von den Patienten um 16% positiver gewertet als von der Referenzgruppe. Zu T3 fällt die Punktzahl leicht ab und liegt nur noch 5% über der Punktzahl der Referenzgruppe.

### 3.1.2 Impact of Vision Impairment for Children (IVI-C)

Der IVI-C ist, wie in Kapitel 2.6.2 beschrieben, ein Fragebogen zur Erhebung der auf das Sehen bezogenen Lebensqualität. 15 Patienten und 8 Kinder der Vergleichsgruppe komplettierten den Impact of Vision Impairment for Children (IVI-C) Fragebogen.

Tabelle 5 zeigt die Mediane und Interquartilsabstände für Patienten und die Vergleichsgruppe über die einzelnen Kategorien. Die Vergleichsgruppe weist sowohl in der Interaktion (100 zu 81 Punkte, Mann-Whitney-U:  $p=0,10$ ), als auch in der Schule (94 zu 89 Punkte, Mann-Whitney-U:  $p=0,739$ ) höhere Werte und somit weniger Schwierigkeiten auf. Größere Unterschiede können bei den Skalen „Mobilität“, „Emotion“ und „TQOL“ beobachtet werden. In Abbildung 9 werden diese Bereiche daher herausgegriffen und visualisiert. Im Bereich Emotion haben die Patienten in der Tendenz eine geringere Punktzahl als die Vergleichsgruppe (Mann-Whitney-U:  $p=0,103$ ). Zwischen Beginn und Ende der Studie bessert sich die emotionale Lage der Patienten (T1: 67, T3: 92 Punkte, Wilcoxon-Test:  $p=0,057$ ). In der Skala „Mobilität“ zeigen die Patienten mit 75 Punkten im Vergleich zur Vergleichsgruppe mit 91 Punkten eine deutlich niedrigere Punktzahl (Mann-Whitney-U:  $p=0,146$ ). Über die Zeit zeigt sich eine Tendenz zu weniger Schwierigkeiten im Bereich Mobilität (T1: 75, T3: 84 Punkte, Wilcoxon-Test:  $p= 0,092$ ). Die Gesamtlebensqualität ist mit 72 Punkten signifikant geringer als die Punktzahl der Vergleichsgruppe mit 94 Punkten (Mann-Whitney-U:

p=0,035). Das gilt auch bei T2 (p = 0.030). Bei T3 ist der Unterschied nicht mehr vorhanden (p = 0.056). Zwischen T1 und T2 gibt es eine starke Tendenz zur Besserung (Wilcoxon-Test:p= 0,059), zu T3 nimmt die Tendenz wieder ab (Wilcoxon-Test: p= 0,285).

Tabelle 5: Mediane und Interquartilsabstände der auf das Sehen bezogenen Lebensqualität der Kinder. Die Skala reicht von 1-100, wobei eine höhere Punktzahl eine höhere auf das Sehen bezogene Lebensqualität darstellt.

**IVI-C**

	<b>Mobilität</b>	<b>Interaktion</b>	<b>Schule</b>	<b>Emotion</b>	<b>TQOL</b>
<b>T1</b>	75 (63-95)	81 (60-96)	89 (79-100)	67 (63-100)	72 (70-87)
<b>T2</b>	79 (63-93)	77 (69-97)	85 (74-100)	88 (56- 92)	78 (68-90)
<b>T3</b>	84 (67-97)	79 (71-92)	85 (68-100)	92 (56-100)	81 (70-92)
<b>KG</b>	91 (78-99)	100 (77-100)	94 (79-100)	100 (89-100)	94 (93-100)

Median (Interquartilsabstand); TQOL= Total Quality of life, Patienten n=15 (Mobilität n=13, Interaktion n=12, Schule n=14, Emotion n=13, TQOL n=13); Vergleichsgruppe n=8 (Mobilität n=8, Interaktion n=5, Schule n=5, Emotion n=8, TQOL n=7)

Die Anzahl der Kinder, die in einer Kategorie bei jeder Frage eine Antwort gegeben haben, unterscheidet sich. Da der IVI-C Fragebogen die Antwortmöglichkeit „nein, das mache ich nicht aus anderen Gründen“ zu ließ und diese als fehlende Werte kodiert wurden, gibt es bei jeder der vier Skalen verschieden große Patientengruppen. Besonders wenige Antworten gab es bei den Fragen „Kommst du gut zu Recht an Orten, die du nicht kennst?“, „Kannst du dich bei Nacht an Orten, die du nicht kennst, sicher bewegen?“ und „Kommst du gut alleine zu Recht mit öffentlichen Verkehrsmitteln (z.B. Busse, Züge, Fähren)?“.



### 3.1.3 Cardiff Visual Ability Questionnaire for Children (CVAQC)

Der CVAQC dient zur Bestimmung der auf das Sehen bezogenen Fähigkeiten, wie zum Beispiel sportliche Aktivitäten, Mobilität und Teilnahme am Schulunterricht. In Kapitel 0 wird der Fragebogen ausführlich beschrieben. 15 Patienten und 8 Kinder der Vergleichsgruppe komplettierten den Cardiff Visual Ability Questionnaire for Children (CVAQC). In Tabelle 6 sind Mediane und Interquartilsabstände für alle Subskalen, sowie für die Gesamtlebensqualität (TQOL) angegeben. Die Abbildung 11 visualisiert die Subskalen mit den größten Unterschieden zu der Vergleichsgruppe, beziehungsweise den größten Veränderungen über die Zeit. Diese sind die Gesamtlebensqualität, die Mobilität und der Bereich Sport. Der Median über alle Kategorien (TQOL) lag für T1 bei -1,66 (IQR, -2,31 bis -0,95), was einer geringfügigen Einschränkung bei der Ausübung alltäglicher Aktivitäten entspricht (+2,57 hohe Einschränkung bis -2,95 keine Einschränkung). Über die Zeit gab es eine Tendenz zur Verbesserung der TQOL (T3: -1,61, Wilcoxon-Test:  $p=0,638$ ). Der Vergleich mit der Vergleichsgruppe zeigte eine tendenziell verminderte TQOL der Patienten (Mann-Whitney-U:  $p=0,349$ ). Auch in den anderen Subskalen lagen die Mediane im Bereich von -2,19 bis -1,00, die Einschränkungen sind somit über alle Kategorien geringfügig bis moderat eingeschränkt. Im Vergleich zu der Vergleichsgruppe gibt es Unterschiede bei der Subskala Sport mit Werten der Patienten bei -1,33 im Median und -3,05 bei den Kindern in der Vergleichsgruppe. Der Unterschied ist nicht signifikant (Mann-Whitney-U:  $p=0,111$ ). Allerdings besteht ein Trend, dass die hemianopen Kinder im Sport mehr Schwierigkeiten aufweisen, sieht Boxplots in Abbildung 11. Signifikante Unterschiede zwischen Vergleichsgruppe und Patienten bestanden in den Kategorien „Schule“ und „Mobilität“. In der Kategorie „Schule“ lag der Median der Patienten bei T1 bei -1,10 [-2,77;0,40] signifikant niedriger als der Median der Vergleichsgruppe bei -2,90 [-3,05;-2,06] mit  $p=0,034$ . In der Kategorie „Mobilität“ hatten die Patienten (Median: -0,65) bei T1 signifikant mehr Probleme, als die Vergleichsgruppe (Median: -2,48, Mann-Whitney-U:  $p=0,032$ ). In Abbildung 11 wird dieser Unterschied visualisiert.

Tabelle 6: Auf das Sehen bezogene Fähigkeiten der Kinder (je negativer die Zahl, desto geringer ist die Einschränkung. Je höher die Zahl, desto höher die Einschränkung). Unter der Tabelle ist jeweils die Anzahl (n) der Kinder angegeben, welche eine Subskala komplett ausgefüllt haben. Insgesamt haben 15 Patienten und 8 Kinder aus der Vergleichsgruppe den Fragebogen beantwortet. Angegeben sind die Mediane und Interquartilsabstände [Q1;Q3] der nach Rasch logarithmisch transformierten Daten (+2,57 hohe Einschränkung bis -3,11 geringe Einschränkung).

### CVAQC

	Schule	Nahvisus	Fernvisus	Mobilität
<b>T1</b>	-1,10 [-2,77 ; 0,40]	-2,77 [-3,15 ; -1,11]	-1,59 [-1,66 ; 0,45]	-0,65 [-2,65 ; 0,90]
<b>T2</b>	-2,77 [-2,92 ; -0,79]	-2,86 [-3,01 ; -0,92]	-1,61 [-1,66 ; 0,19]	-1,59 [-2,76 ; -0,13]
<b>T3</b>	-1,10 [-2,38 ; -0,79]	-2,19 [-3,15 ; 0,97]	-1,61 [-1,66 ; 0,45]	-1,67 [-2,67 ; -0,28]
<b>KG</b>	-2,90 [-3,05 ; -2,06]	-3,03 [-3,45 ; -1,64]	-1,51 [-1,65 ; -0,76]	-2,48 [-3,24 ; -2,09]
	Sozial	Technik	Sport	TQOL
<b>T1</b>	-1,91 [-2,26 ; -0,15]	-2,31 [-2,37 ; -2,14]	-1,33 [-3,11 ; 0,36]	-1,66 [-2,31 ; -0,95]
<b>T2</b>	-1,91 [-2,26 ; -1,27]	-2,31 [-2,37 ; -0,54]	-1,66 [-2,99 ; -0,03]	-1,66 [-2,55 ; -0,87]
<b>T3</b>	-1,77 [-2,26 ; -0,15]	-1,06 [-2,31 ; -0,20]	-1,00 [-2,07 ; -0,09]	-1,61 [-2,39 ; -0,40]
<b>KG</b>	-1,27 [-2,26 ; -0,15]	-0,36 [-1,38 ; -0,14]	-3,05 [-3,11 ; -1,86]	-1,72 [-2,80 ; -1,63]

Median [Interquartilsabstand]; TQOL= Gesamtlebensqualität, Patienten n=15 [Schule n=15, Nah n=14, Fern n=15, Sozial n=15, Technik n=12, Sport n=14, TQOL n=15]; Vergleichsgruppe n=8 [Schule n=8, Nah n=7, Fern n=8, Sozial n=8, Technik n=5, Sport n=6, TQOL n=8]

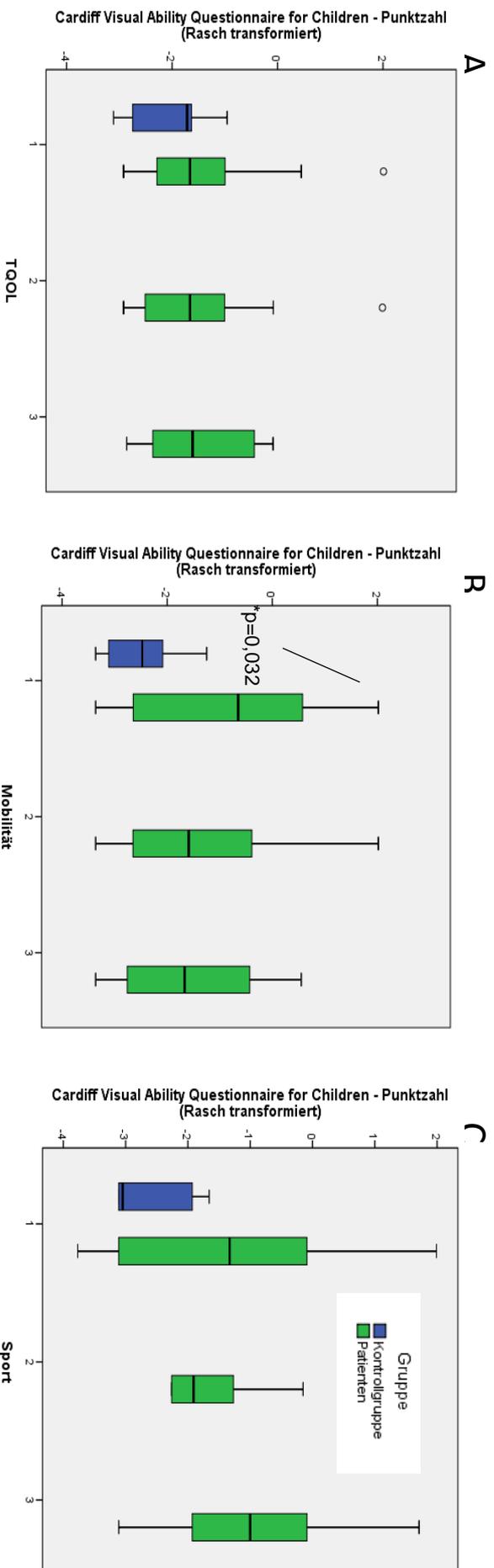


Abbildung 11: Boxplots mit Rasch transformierten logarithmischen Punktzahlen des CVAQC-25 über T1 bis T3 für die Subskalen „Sport“ (A), „Mobilität“ (B) und die Punktzahl über alle Kategorien (TQOL, C) im Vergleich zur Vergleichsgruppe. Grüne Boxplots stehen für die Vergleichsgruppe, blaue Boxplots für die Patienten. Der fettgedruckte schwarze Balken markiert jeweils die Mediane. In der Kategorie „Mobilität“ (B) zeigte sich ein signifikanter Unterschied zwischen Vergleichsgruppe und Patienten. Die Vergleichsgruppe zeigte signifikant weniger Schwierigkeiten als die Patienten ( $p=0,032$ ).

Zusammenfassend über alle drei Fragebögen zeigte sich allgemein eine Verbesserung der Punktzahlen über die Zeit. Im Vergleich mit der Referenzgruppe aus der BELLA Studie (KINDL-R) oder der Vergleichsgruppe (IVI-C, CVAQC) konnten wir signifikante Unterschiede zu T1 und T2 in den Kategorien „Freunde“, „Emotionen“ (KINDL-R) und der gesamten Lebensqualität (IVI-C) feststellen. In der Kategorie „Selbstvertrauen“ zeigten die Patienten zu Beginn der Studie sogar bessere Punktzahlen als die Referenzgruppe (KINDL-R, Kinder  $\leq$  13 Jahre). Dieser Unterschied wurde zu T2 und T3 signifikant. In der Kategorie „Mobilität“ (CVAQC) zeigte sich zu T1 ein signifikanter Unterschied zu der Vergleichsgruppe. Die Patienten verbesserten sich über die Zeit in der Mobilität, sodass dieser Unterschied verschwand.

### 3.1.4 Alltagsprobleme

#### 3.1.4.1 Offene Frage

Bevor die Kinder und Eltern nach den von uns zusammengestellten Orientierungsproblemen befragt wurden, wurde ihnen eine offene Frage gestellt, ob durch die Hemianopsie Schwierigkeiten im Alltag beständen. Nach dem Training sollten sie berichten, ob es zu einer Veränderung gekommen sei. 12 der 22 Kinder (55%) berichteten über Alltagsprobleme. Vier (18%) der Kinder berichteten über eine Verbesserung ihrer Probleme nach der Trainingsphase. Im nachfolgenden werden die Probleme aufgelistet; vor den Zitaten stehen jeweils die ID-Nummer der jeweiligen Patienten:

- 19 *„Meine Tochter fährt beim Radfahren oft in der Mitte des Weges“ „Mir kam auf einmal ein Schirm ins Auge geschossen“ „Manchmal übersehe ich Autos“*
- 6 *„Manchmal ecke ich mit meiner rechten Seite an“*
- 7 *„Ich erschrecke, wenn Personen von rechts kommen“*

- 28 „Ich habe Probleme an Plätzen mit sehr vielen Menschen“ „Ich fahre ohne Probleme Rad, fahre Ski und spiele Hockey“ T2: „Ich bin in Menschenansammlungen weniger gestresst“
- 20 „Manchmal stoß ich in der Stadt mit Menschen zusammen“
- 13 „Wenn viele Menschen da sind, verliere ich manchmal meine Eltern aus dem Sichtfeld“ „Ich habe Probleme beim Radfahren“
- 10 „Menschenansammlungen finde ich anstrengend“
- 11 „Manchmal weiche ich zu spät aus“ T2: Erkennt Menschen früher
- 17 „Manchmal sehe ich meine Mama nicht, wenn sie von links kommt“ T2: Besserung
- 12 „Ich stoße mich oft an“
- 8 „Ich bin sehr vorsichtig“ Radfahren macht mir keine Probleme T2: stößt sich weniger an
- Zusätzlich gab es ein Kind, welches nach dem Training wieder Tennisspielen und eines, das wieder Bowling spielen konnte

#### 3.1.4.2 Spezifische Fragen zur Orientierung und alltäglichen Aufgaben

Die Kinder und ihre Eltern wurden von uns im Anschluss spezifisch befragt, ob Schwierigkeiten beim Lesen, Ausweichen, Anstoßen, Treppensteigen oder Greifen beständen. Dazu nutzen wir einen von Kerkhoff et al. erstellten und von mir modifizierten Fragebogen zur Erfassung zerebral bedingter Sehstörungen (Kerkhoff et al., 1990). Folgende Fragen stellten wir den Kindern und ihren Eltern:

- Gibt es Schwierigkeiten beim Lesen? Wenn ja, welche?
- Gibt es Probleme beim Ausweichen von Personen, Gegenständen oder Fahrzeugen (z.B. Fahrräder)?
- Stößt du/ Ihr Kind beim Gehen oder Fahren an Personen oder Türrahmen an?
- Hast du/ Hat Ihr Kind Schwierigkeiten beim Treppensteigen oder die Tiefe der Stufen abzuschätzen?
- Hast du/ Hat Ihr Kind Schwierigkeiten beim Greifen nach Türklinken, einer entgegengestreckten Hand oder nach einer Tasse/ Glas?

Tabelle 7: Anteil der Kinder und Eltern, die von Orientierungsschwierigkeiten berichten. Aufgelistet ist jeweils die Anzahl, die eine Frage mit „ja“ beantwortet hat.

	Lesen		Ausweichen		Anstoßen		Treppensteigen		Greifen	
	Kinder	Eltern	Kinder	Eltern	Kinder	Eltern	Kinder	Eltern	Kinder	Eltern
<b>T1</b>	0,0%	0,0%	12 (66,7%)	15 (88,2%)	10 (55,6%)	11 (64,7%)	2 (11,1%)	2 (11,1%)	2 (11,1%)	2 (11,1%)
<b>T2</b>	0,0%	0,0%	12 (66,7%)	13 (76,5%)	9 (50,0%)	9 (52,9%)	1 (5,6%)	1 (5,6%)	0,0%	0,0%
<b>T3</b>	0,0%	0,0%	10 (55,6%)	10 (58,8%)	8 (44,4%)	7 (41,2%)	1 (5,6%)	1 (5,6%)	0,0%	0,0%

Hinweis: N=17 Kinder, N= 18 Eltern

In Tabelle 7 sind die Anamnesefragen zu Orientierungsproblemen und Schwierigkeiten im alltäglichen Leben zusammengefasst. Dargestellt sind jeweils die Prozentzahlen der Kinder und Eltern, welche die Fragen mit „ja“ beantwortet haben. Über 60% der Kinder und Eltern berichteten, dass es den Kindern häufig Probleme bereitet Menschen, Gegenständen oder auch Fahrrädern rechtzeitig aus dem Weg zu gehen. Auch das Anstoßen, z.B. an Türrahmen, bereitet mehr als 50% der Kinder Schwierigkeiten. Nach dem Training berichten vor allem die Eltern über ein effektiveres Ausweichen (T1: 88,2% zu T3: 58,8%). Außerdem stießen sich die Kinder weniger an (T1: 64,7% zu T3: 41,2%). Die Punkte Ausweichen und Anstoßen fielen, mit Schwierigkeiten bei über 60% der Kinder und ihren Eltern, besonders ins Gewicht und werden in Abbildung 12 dargestellt. Beim Lesen gaben weder Kinder noch Eltern Schwierigkeiten an. Beim Greifen nach Gegenständen gaben bei T1 zwei Kinder und ihre Eltern Probleme an, bei T2 gab es diese Probleme nicht mehr. Zwei Kinder und ihre Eltern gaben Probleme beim Treppensteigen an, bei einem Kind verbesserte sich das Treppensteigen nach dem Training. Bis auf den Punkt Ausweichen bei T1 (Cohens Kappa= 0,571, p=0,007), zeigt sich in den restlichen Punkten eine komplette Übereinstimmung der Einschätzungen von Kindern und Eltern (Cohens Kappa> 0,75, p<0,05).

### 3.2 Tisch-Test

Zur Überprüfung der visuellen Suche bei einer natürlichen Suchaufgabe wurde der Tisch-Test eingesetzt. Hier wurde für 16 gleichmäßig auf dem Tisch verteilten Objekte jeweils die Reaktionszeit pro Objekt gemessen und anschließend zu einer Gesamtsuchzeit über alle 16 Objekte addiert. Der Tisch-Test wird in Kapitel 2.4.1 ausführlich erklärt.

#### 3.2.1 Vergleichsgruppe

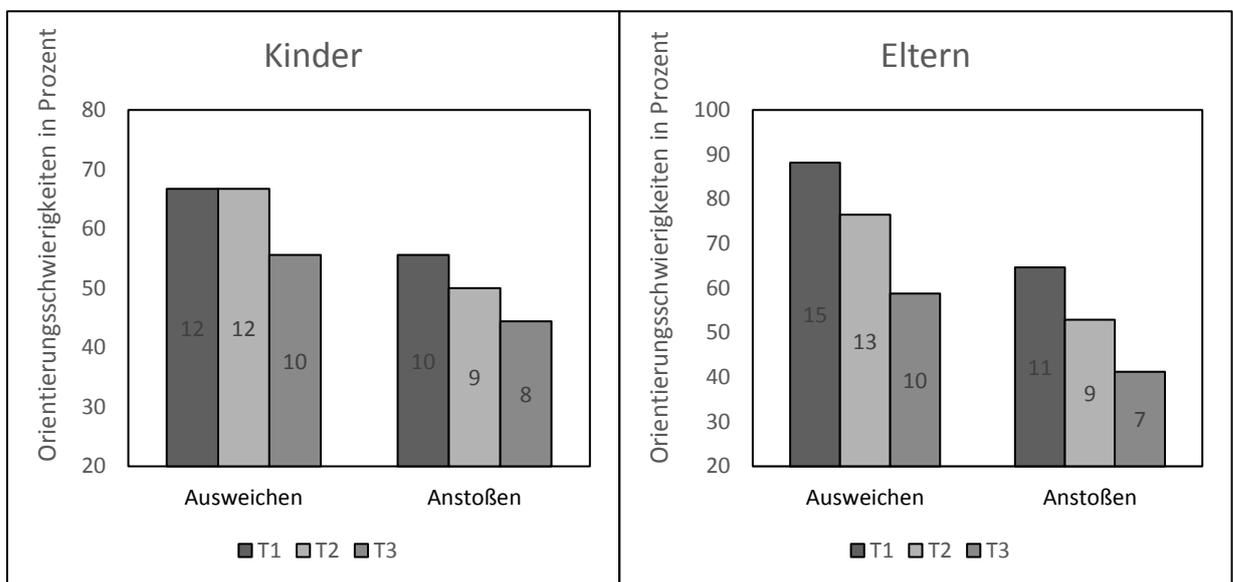


Abbildung 12. Prozentuale und absolute Zahlen (im Balken) der Patienten und ihrer Eltern, die Schwierigkeiten beim Ausweichen und/ oder Anstoßen angaben. Kinder N=17, Eltern N=18.

Tabelle 8: Gesamtsuchzeiten zum Auffinden aller Objekte der Vergleichsgruppe für Version 1 und 2 des Tisch-Testes.

		Statistiken	
		Version 1	Version 2
N		16	16
Median		17,1550	17,4200
Minimum		12,28	11,81
Maximum		32,94	32,75
Perzentile	25	15,1350	13,4225
	50	17,1550	17,4200
	75	21,5725	23,3625

Die Reaktionszeit der 16 Kinder der Vergleichsgruppe lag im Median für die Tisch- Test Version 1 bei 17,16s (Q1 15,14s – Q3 21,57s). Für die Version 2 lag der Median der 8 Kontrollpatienten bei 17,42s (Q1 13,42s- Q3 23,36s). Zwischen den beiden Versionen gab es keinen Unterschied in der Reaktionszeit (Wilcoxon-Test,  $p= 0,35$ ). Je älter die Kinder, desto schneller waren die Reaktionszeiten (Pearson Korrelation 0,618;  $p=0,102$ ).

### 3.2.2 Patienten

Tabelle 9: Gesamtsuchzeiten zum Auffinden aller Objekte der Patienten zu den verschiedenen Messzeitpunkten T1, T2, T3. Version 1 wurde bei T1 und T3, Version 2 bei T2 eingesetzt.

		T1	T2	T3
N		22	22	21
Median		24,7250	24,0550	21,0900
Minimum		11,53	12,57	14,33
Maximum		53,75	42,05	39,39
Quartile (Q)	25	18,3525	19,0050	17,5550
	50	24,7250	24,0550	21,0900
	75	32,8898	30,7800	30,2100

Die Reaktionszeit der 22 Patienten lag im Median für T1 bei 24,72s (Q1 18,35s- Q3 32,89s), für T2 bei 24,06s (Q1 19,01s- Q3 30,78s) und für T3 bei 21,09s (Q1 17,55s- Q3 30,21s).

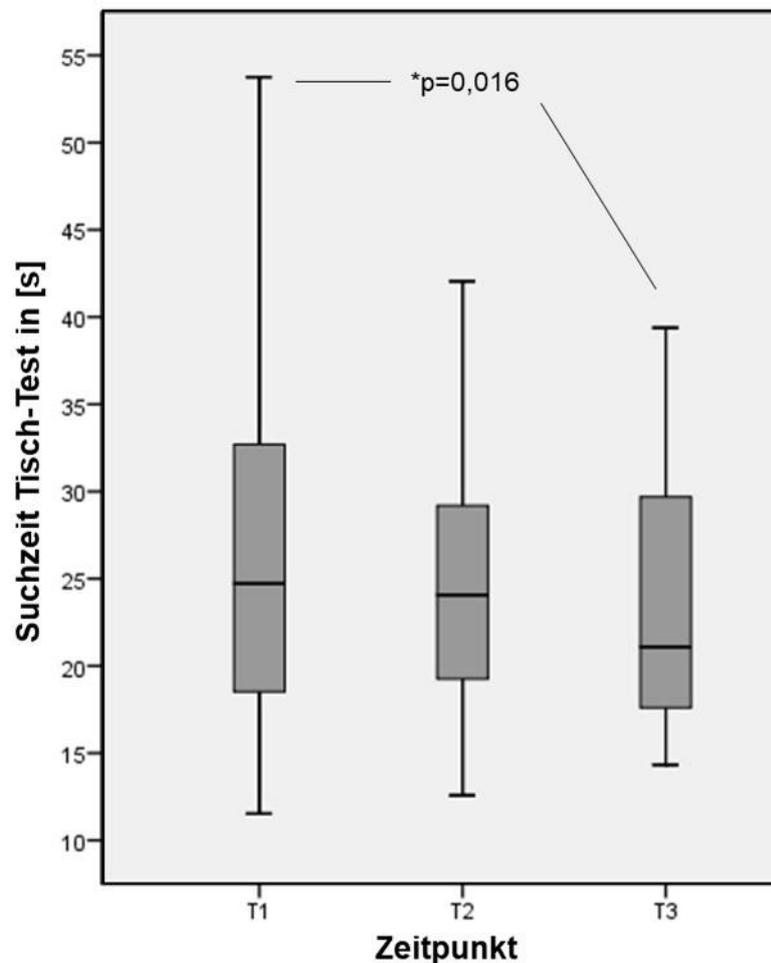


Abbildung 13: Boxplots über die Gesamtsuchzeiten der Patienten zu den Zeitpunkten T1-3.

In Abbildung 13 werden Boxplots der Reaktionszeiten der Kinder zu allen drei Zeitpunkten dargestellt. Deutlich erkennbar ist eine Abnahme der Streuung zwischen T1 und T3. Die Gesamtsuchzeit verbesserte sich von T1 nach T3 signifikant (Wilcoxon-Test;  $p=0,016$ ). Zum Zeitpunkt T1, T2 und T3 waren die Reaktionszeiten der Vergleichsgruppe signifikant schneller als die der Patienten (Mann-Whitney-U; T1:  $p=0,017$ , T2:  $p=0,021$ , T3:  $p=0,037$ ). Die Suchzeiten der Patienten liegen durchgehend höher als in der Kontrollgruppe, unabhängig von Zeitpunkt und Version des Tisch-Testes.

Verglichen wurden zusätzlich die Reaktionszeiten für das Auffinden von Gegenständen auf der hemianopen Seite mit der normal sehenden Seite. Bei Kindern mit später erworbener HH ( $n=17$ ) zeigte sich hier ein signifikanter

Unterschied ( $p=0,037$ , Wilcoxon Test). Bei Kindern mit perinataler HH ( $n=5$ ) blieb dieser Unterschied zwischen den Seiten aus.

In der Gesamtsuchzeit (unabhängig von der Seite) zeigte sich wiederum zwischen Kindern mit perinatal und später erworbener HH kein signifikanter Unterschied (Mann-Whitney-U,  $p= 0.9$ ).

### 3.3 Anpassungsmechanismen

Im Kapitel 1.3.2 und 1.3.3 werden Kopfwangshaltung, Exotropie und eine exzentrische Fixation als Kompensationsmechanismen für eine Hemianopsie diskutiert. In Tabelle 10 werden die Häufigkeiten von Kopfwangshaltung, Exotropie und exzentrischer Fixation unter unseren Studienpatienten beschrieben.

Tabelle 10: Anzahl und prozentualer Anteil der Kinder mit einer Kopfwangshaltung (KZH), einer Exotropie ipsilateral ihrer Hemianopsie und mit exzentrischer Fixation.

Art des Gesichtsfeldausfalls	n	KZH	Exotropie	Exz.Fix.
Homonyme Hemianopsie nach rechts	11	11	5	4
Homonyme Heminanopsie nach links	8	7	2	2
Quadrantenanopsie	3	1	0	0
	<b>22</b>	<b>19</b>	<b>7</b>	<b>6</b>

n= Anzahl Patienten; KZH=Kopfwangshaltung; Exz.Fix.= Exzentrische Fixation

In unserem Patientenkollektiv zeigten 31,8 % ( $n=7$ ) der 22 Studienkinder eine Exotropie zur hemianopen Seite. Über 86,3% ( $n=19$ ) der Studienkinder zeigten eine Kopfwangshaltung zu ihrer hemianopen Seite. Nur ein Kind mit Quadrantenanopsie entwickelte eine Kopfwangshaltung. Bei keinem der Kinder war bereits in den Arztbriefen eine Kopfwangshaltung oder Exotropie vor Beginn der Hemianopsie dokumentiert. Nach dem Training wurde in 7/19 Fällen (37%) eine Abnahme beobachtet. 27,3% ( $n=6$ ) hatten eine exzentrische Fixation.

### 3.4 Perimetrie

Bei 59% ( $n=13$ ) der Kinder konnte der Gesichtsfeldausfall mit Hilfe des Tübinger Handperimeters (THP) festgestellt werden, je einmal (je 4,5%) kamen die

Konfrontationsgesichtsfeldprüfung und das LED- Kampimeter in Frage und bei 32 % (n=7) der Kinder war das Tangent- Screen Kampimeter Methode der Wahl.

### 3.5 Lesegeschwindigkeit

Wie in Kapitel 2.5 beschrieben, wurde bei den Patienten zu T1, T2 und T3 die Lesegeschwindigkeit bestimmt.

Tabelle 11: Mittlere Lesegeschwindigkeiten in Wörtern/Minute und Standardabweichungen der Patienten zu T1-3.

	T1	T2	T3
N	22	22	20
Mittelwert	54,54	56,09	52,80
Standardabweichung	51,037	47,436	48,731

Tabelle 11 zeigt die mittlere Lesegeschwindigkeit und Standardabweichungen der Patienten zu allen drei Messzeitpunkten. Im Vergleich zu den Referenzwerten, siehe Kapitel 2.5, liegt die Lesegeschwindigkeit mit im Mittel 54,4 Wörter pro Minute deutlich unter der Lesegeschwindigkeit der Kontrollgruppe der Dyslexie Studie von 120 Wörter pro Minute. Die Lesegeschwindigkeit blieb, wie zu erwarten, über die Zeit stabil.

## 4 Diskussion

Die vorliegende Studie untersucht das Auftreten von Kompensationsmechanismen und den Effekt des, für Kinder weiterentwickelten, explorativen Sakkadentrainings Visio Coach Kids auf die Fähigkeit der visuellen Suche bei Kindern mit homonymer Hemianopsie. Dabei liegt der Fokus auf durch eine homonyme Hemianopsie verursachte Einschränkungen im Alltag und den Einfluss auf die Lebensqualität. Zur Zeit der Durchführung unserer Studie (2014-2016) gab es nur ein Forschungsteam um Waddington et al., welche sich mit dem Thema Rehabilitation bei Kindern mit Hemianopsie und Einfluss auf die Lebensqualität (Waddington et al., 2018) beschäftigte.

#### 4.1 Klinische Daten und spontane Adaptation

Bisher sind zwei Studien über die Ätiologie von homonymen Hemianopsien im Kindesalter erschienen: Die Studie von Kedar et al. (2006) mit 86 Patienten und die Studie von Liu und Galetta (1997) mit 36 Patienten. Als häufigste Ursachen werden hier Trauma (34% / 14%), Tumore (27% / 39%), Infarkte (23% / 14%) und Blutungen (7% / 14%) genannt. Das Verteilungsmuster der Ätiologien gleicht dem unserer Studie, wobei in unserer Studie, aufgrund der Kooperation mit einem neurochirurgischen Zentrum, anteilmäßig viele Patienten nach Epilepsie- oder Tumor-OP eingeschlossen wurden. Die Ursachen für eine homonyme Hemianopsie im Kindesalter sind sehr heterogen, im Gegensatz dazu stehen bei Erwachsenen ischämische Infarkte an erster Stelle (Zhang et al., 2006).

Als Mechanismen der spontanen Adaptation werden, neben schnellen scannenden Augenbewegungen zur hemianopen Seite, in der Literatur die Kopfwangshaltung (KZH) zur hemianopen Seite, die ipsilaterale Exotropie und die exzentrische Fixation diskutiert. Diese spontanen Adaptionsmechanismen „vergrößern“ das funktionale Gesichtsfeld und erleichtern die Orientierung im Alltag (Donahue & Haun, 2007; Paysse & Coats, 1997; Trauzettel-Klosinski, 1997; Zangemeister et al., 1982). Zu Beginn der Studie zeigten 19 Kinder (86%) eine Kopfwangshaltung zu ihrer hemianopen Seite. In 7 Fällen (32%) kam es durch das explorative Sakkadentraining zu einer messbaren Verringerung der Kopfwangshaltung. In einer Studie von Koenraads et al. (2014) entwickelten 53% der 45 hemisphärektomierten Patienten eine KZH. Eine Kopfwangshaltung führt in Kombination mit großen scannenden Augenbewegungen zu einer Vergrößerung des funktionellen Gesichtsfeldes (Donahue & Haun, 2007; Paysse & Coats, 1997; Zangemeister et al., 1982). Allerdings kann sich aus einer Kopfwangshaltung mit der Zeit ein Torticollis, eine Fehlhaltung des Halses, entwickeln. Diese führt zu kosmetischen und orthopädischen Problemen sowie zu Einschränkungen in der Beweglichkeit.

Diskutiert wird auch, ob es sich wirklich um eine Zwangshaltung handelt. Viel eher wird die Kopfhaltung bei den Kindern dynamisch eingesetzt (Koenraads et al., 2014). Hauptsächlich wurde die Kopfhaltung von uns während Aufgaben beobachtet, die eine genaue Punktfixation verlangen, zum Beispiel die

Visusbestimmung oder während des Tisch-Testes. Eine Kopfwangshaltung sollte nicht unterstützt werden. Im Gegenteil, die Kinder sollten während des Trainings lernen den Kopf gerade zu halten und nur die Augenbewegungen einzusetzen, um in ihr „blindes“ Feld zu blicken. Dieser Mechanismus wird mit dem Trainingsprogramm VisioCoach Kids unterstützt. Im Alltag spielen dann Kopf- und Augenbewegungen ergänzend zusammen. Oft ist eine Kopfwangshaltung der erste Hinweis auf eine Hemianopsie und bedarf weiterer Abklärung. 7 Kinder (32%) zeigten zusätzlich eine ipsilaterale Exotropie. Eine Exotropie zur hemianopen Seite hin wurde erstmals durch Herzau et al. (1988) als Anpassungsmechanismus bei Hemianopsie beschrieben. Sie beschrieben zwei Erwachsene mit seit früher Kindheit bestehender HH und Exotropie, was zu einer funktionellen Vergrößerung des Gesichtsfeldes führen kann. Jacobson et al. (2012) bestätigten diese These und betonten aus diesem Grund die Notwendigkeit einer perimetrischen Untersuchung vor einer Strabismus-OP, um eine funktionale Gesichtsfeldverkleinerung zu vermeiden. In unserer Studie hatten 5 der 7 Kinder mit ipsilateraler Exotropie eine seit Geburt bestehende, zwei eine später erworbene HH. In einer Studie von Koenraads et al. (2014) wurde bei 38% (17 von 45) nach Hemisphärektomie eine ipsilaterale Exotropie diagnostiziert. Wann genau die Exotropie bei unseren Patienten auftrat, ist aus den Krankenakten leider nicht mehr ersichtlich. Entweder es wurde keine augenärztliche Untersuchung durchgeführt oder die Ergebnisse waren nicht mehr bekannt. Aus diesem Grund ist es wichtig, Kinder mit Verdacht auf HH frühzeitig zum Augenarzt zu überweisen und auch eine Gesichtsfelduntersuchung durchzuführen. Bei 6 Kindern (27%) wurde in der augenärztlichen Untersuchung eine homonyme exzentrische Fixation festgestellt. Durch eine exzentrische Fixation wird ein Punkt neben der Fovea zur Fixation herangezogen. Dadurch nimmt die Sehgenauigkeit etwas ab, der Gesichtsfeldausfall wird aber etwas zur Seite verschoben und damit funktionell „vergrößert“ (Trauzettel-Klosinski & Brendler, 1998). Dies verbessert die Lesefähigkeit. Bei der Gesichtsfelduntersuchung zu Beginn der Studie (T1) fielen oft Sakkaden zur blinden Seite auf. Diese erschwerten die perimetrische Messung. Man sollte bei der Perimetrie sehr genau auf schnelle

Augenbewegungen achten, damit eine bestehende Hemianopsie nicht durch die Kinder „vertuscht“ wird (J. I. Reinhard et al., 2014).

#### 4.2 Suchzeiten Tisch-Test

Der Tisch-Test wurde als semi-quantitative Methode zur Simulation einer alltäglichen visuellen Suchsituation eingesetzt. Um einen Lerneffekt über die Zeit auszuschließen, wurde zum Zeitpunkt T2 eine andere Version des Tisch-Testes herangezogen. Da es sich bei T1 und T3 um die gleiche Version handelt, kann allerdings ein gewisser Lerneffekt nicht ganz ausgeschlossen werden. Die Vergleichsgruppe hatte jeweils einmal die Version 1 und einmal die Version 2 durchgeführt. In Zukunft wäre es sinnvoll, die Vergleichsgruppe die Version 1 noch ein weiteres Mal wiederholen zu lassen, um Lerneffekte besser kontrollieren zu können. Ein weiterer Punkt, der kritisch gesehen werden muss, sind die Reaktionszeiten unterschiedlicher Untersucher. In wenigen Ausnahmen stoppte ein anderer Untersucher die Zeiten, was zu Verzerrungen durch unterschiedlich schnelle Reaktionszeiten der Untersucher führen kann.

Zu T3 verkürzte sich die Suchzeit im Tisch-Test signifikant. Das Ergebnis spricht dafür, dass die erlernten schnellen Augenbewegungen im Alltag angewendet werden können und zu einer effektiveren Suche führen. Ähnliche Ergebnisse zeigte die Studie von Roth et al. (2009), welche hemianope Erwachsene untersuchte. Die erwachsenen Versuchspersonen zeigten, wie die Kinder, eine signifikante Verbesserung der Reaktionszeiten nach der Trainingsphase (Roth et al., 2009).

Kinder mit perinatal erworbener Hemianopsie zeigten im Vergleich zu Kindern mit später erworbener Hemianopsie keine kürzere Gesamtsuchzeit. Allerdings zeigten Kinder mit perinatal erworbener Hemianopsie (n=5) keinen signifikanten Unterschied in der Suchzeit zwischen der zur Hemianopsie ipsilateralen und kontralateralen Seite. Kinder mit später erworbener Hemianopsie (n=17) zeigten eine signifikant langsamere Suchzeit bei der Suche von Gegenständen in ihrem hemianopen Feld. Bei den Erwachsenen bestand zu T1, wie bei den Kindern mit später erworbener Hemianopsie, ein Unterschied in der Suchzeit zwischen der zur Hemianopsie ipsilateralen und kontralateralen Seite (Roth et al., 2009). Diese

fehlende Seitendifferenz zwischen hemianoper und sehender Seite kann ein Hinweis auf die spontan bessere Anpassung bei Kindern mit perinataler Hirnschädigung sein. Unterschiede innerhalb der Gruppen könnten auch durch die unterschiedlichen Gruppengrößen von 5 Kindern mit perinataler HH und 17 Kindern mit später erworbener HH beeinflusst worden sein und sind somit nicht direkt vergleichbar. Da wir hauptsächlich mit Zentren mit hohen neurochirurgischen Fallzahlen kooperierten, war die Zahl der Kinder mit perinataler Hirnschädigung unterrepräsentiert. Vorhergehende Studien beschrieben bereits ähnliche Ergebnisse als Hinweis auf eine bessere spontane Anpassung bei Kindern mit perinataler Schädigung. Zum Beispiel unterscheiden sich in der Studie von Tinelli et al. (2011) die Suchzeiten, wie in unserer Studie, zwischen ipsilateraler und kontralateraler Seite nur bei den Kindern mit später erworbener HH signifikant. Die Reaktionszeiten der Kinder mit perinatal erworbener HH waren schneller und ähnelten denen der Vergleichsgruppe. Des Weiteren konnte ein Zusammenhang mit dem Alter hergestellt werden, wobei ältere Kinder, sowohl bei den Patienten, als auch in der Vergleichsgruppe, kürzere Suchzeiten aufwiesen.

#### 4.3 Lesegeschwindigkeit

Die Patienten waren im Lesen deutlich langsamer, als die Referenzgruppe, siehe Kapitel 3.5. Dies liegt wahrscheinlich daran, dass die Patienten mehrheitlich kognitiv eingeschränkt und/oder entwicklungsverzögert waren. Viele der Kinder gingen auf eine Sonderschule und lernten, aufgrund einer langen Krankengeschichte, erst verzögert das Lesen.

Durch ein exploratives Sakkadentraining ist keine Verbesserung der Lesegeschwindigkeit nach dem Training zu erwarten. Diese Annahme bestätigte sich auch bei unseren Patienten. Zur Rehabilitation von einer, durch eine homonyme Hemianopsie hervorgerufenen, Lesestörung sind spezielle Trainingsprogramme erforderlich (Aimola et al., 2014; Spitzyna et al., 2007).

#### 4.4 Fragebogenerhebung

Ziel der Fragebogenerhebung war einerseits die Erfassung alltäglicher Problemquellen, andererseits die Evaluierung der Lebensqualität hemianoper Kinder. Mit offenen und standardisierten Fragen wurden durch die Hemianopsie verursachte Schwierigkeiten evaluiert. Zusätzlich kamen drei standardisierte Fragebögen zum Einsatz, die verschiedene Ebenen abdeckten: die gesundheitsbezogene Lebensqualität (KINDL-R), die Partizipation im Alltag (IVI-C) und die Auswirkung des Sehens auf verschiedene Fertigkeiten (CVAQC). Die Fragebögen werden in Kapitel 2.6 ausführlich beschrieben. Eine Schwierigkeit bestand in der Auswahl eines geeigneten Fragebogens, der auf Probleme hemianoper Kinder zugeschnitten ist. Zum Zeitpunkt unserer Erhebung gab es vier Fragebögen, die sich mit der auf das Sehen bezogenen Lebensqualität im Kindesalter beschäftigten. Keiner von den Fragebögen legte den Fokus auf die Hemianopsie. Der einzige in deutscher Sprache verfügbare Fragebogen, der Fragebogen zum kindlichen Sehvermögen (FKS) (Pieh et al., 2009), ist nur für Kinder von 3-7 Jahren geeignet. Der LVP-FVQ LV Prasad Functional Vision Questionnaire (LVP-FVQ) wurde ausschließlich für Kinder in Dritte Welt Ländern entwickelt (Gothwal et al., 2003). Für diese Studie kamen daher nur der IVI-C und der CVAQC in Frage. Diese beiden Fragebögen mussten von uns zuerst ins Deutsche übersetzt werden. Der IVI-C, entwickelt 2012 von Cochrane et al., konzentriert sich auf Lebensqualität und Partizipation im Alltag in Bezug auf die Sehkraft. Der CVAQC, entwickelt 2012 von Khadka et al., legt seinen Fokus auf die Bestimmung von auf das Sehen bezogene Fertigkeiten/Beeinträchtigung alltäglicher Aktivitäten durch die Sehkraft. In Kapitel 4.4.3 und 4.4.4 werden Probleme während Fragebogenerhebung genauer diskutiert.

##### 4.4.1 KINDL-R

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Elterneinschätzung und Selbsteinschätzung der Kinder zusammenfassend betrachtet. Der KINDL-R wurde bereits in zahlreichen Studien, auch auf internationaler Ebene, zur Erfassung der Lebensqualität von Kindern und Jugendlichen eingesetzt. Wie in

Kapitel 2.6.1 beschrieben, ist der KINDL-R ein sehr gut validiertes Instrument und stellt repräsentative Normwerte zur Verfügung (Ravens-Sieberer et al., 2008).

Sowohl die Eltern der Patienten als auch die unter und über 13-Jährigen schätzten ihre Lebensqualität geringfügig schlechter ein als die Referenzgruppe. Das körperliche Wohlbefinden war schlechter als das der Referenzgruppe. Es besserte sich zum Zeitpunkt T3 hin. Wahrscheinlich lernten sie durch die Trainingssoftware ihre Augenbewegungen aktiver einzusetzen und sich so sicherer zu bewegen. Die familiäre Situation wird allgemein unter den Patienten positiver bewertet als von der Referenzgruppe. Wahrscheinlich kommt es durch die vielen notwendigen Krankenhaus- und Arztbesuche zu einem intensiveren Eltern-Kind Kontakt. Die dadurch gewonnenen engeren Beziehungen führen zu einem besseren Familienklima der Patienten. Im Punkt „Freunde“ gaben die Eltern der Referenzgruppe deutlich mehr Punkte an. Da viele der Kinder neben der homonymen Hemianopsie zusätzlich an einer Epilepsie und/oder Hemiparese erkrankt sind, können sie nicht an allen Aktivitäten ihrer Altersgenossen teilnehmen. Dies kann zu einem Ausschluss aus der Gruppe führen. Zusätzlich waren die Patienten oftmals durch zusätzliche Termine, wie Physio- und Ergotherapie zeitlich limitiert. Dies kann Verabredungen mit Gleichaltrigen erschweren. Die hemianopen Kinder unter 13 Jahren gaben ein höheres Selbstwertgefühl und mehr Spaß in der Schule an als ihre gleichaltrige Referenzgruppe. Das psychische Wohlbefinden sowie die Interaktion mit Freunden wurde etwas geringer bewertet als in der Referenzgruppe. Nach 6wöchigem Training mit der Software VisioCoach Kids zeigt sich bei den Kindern ein gesteigertes Selbstwertgefühl und miteinhergehend eine höhere Zufriedenheit mit ihrer sozialen Situation. Wahrscheinlich lernten sie durch die Trainingssoftware ihre Augenbewegungen aktiver einzusetzen und sich so sicherer zu bewegen. Wir nehmen an, dass das damit verbundene erhöhte Selbstvertrauen sich auch im Kontakt mit Gleichaltrigen widerspiegelt. Insgesamt zeigen die Kinder unter 13 Jahren nach Beendigung der Studie eine Steigerung der Lebensqualität.

Die Kinder über 13 Jahre gaben ein geringeres Selbstwertgefühl als die Referenzgruppe an. Auffallend ist der geringere Selbstwert nach der Trainingsphase. Dies ist wahrscheinlich dadurch zu erklären, dass den 13-Jährigen durch das Training und die Fragebögen ein Defizit aufgezeigt wird, das ihnen vorher eventuell nicht so bewusst war. Durch die Studie werden sie gezwungen, sich intensiv mit ihrer Erkrankung auseinanderzusetzen, dies kann zunächst zu einem Knick im Selbstbewusstsein führen.

#### 4.4.2 Offene und spezifische Fragen

Die offenen Fragen nach Problemen im Alltag und die spezifisch auf die Hemianopsie zugeschnittenen Fragen gaben uns die konkretesten Informationen, in welchen Gebieten hemianope Kinder Schwierigkeiten zeigen. Mit Hilfe dieser Fragen konnten wir herausstellen, wo Probleme liegen und welche Probleme durch das Training verbessert wurden. Für Erwachsene wurden in mehreren Studien Hauptprobleme beim Autofahren, Ausweichen und Lesen herausgearbeitet (Kerkhoff & Marquardt, 2009; Trobe et al., 1973; Warren, 2009). Dies ist die erste Studie, welche Alltagsprobleme bei Kindern mit homonymer Heminanopsie evaluiert.

12/18(66%) der Kinder berichteten in erster Linie über Schwierigkeiten beim Ausweichen von Personen oder Gegenständen und stießen sich häufiger an Gegenständen, wie z.B. Türrahmen, an. Nach der Trainingsphase wurde eine Tendenz zur Verbesserung berichtet. Dies gibt erste Hinweise, dass vermehrt schnelle Augenbewegungen im Alltag durchgeführt wurden. Wir hätten erwartet, dass Kinder mit perinataler Hirnschädigung durch eine längere Anpassungsphase insgesamt weniger Schwierigkeiten angeben würden. 2/5 Kindern mit perinataler Hirnschädigung gaben keine Probleme an, bei einem Kind wurde diese Frage nicht erfasst. 2/5 gaben Probleme an. Leider war, wie schon in Kapitel 4.2 beschrieben, die Zahl der Kinder mit perinataler Hirnschädigung (5/22) unterrepräsentiert. Kinder mit Quadrantenanopsie gaben bei den offenen und spezifischen Fragen keine Probleme an. Interessant ist, dass alle Kinder nach Hemisphärotomie (6/22) Probleme beim Ausweichen und Anstoßen angaben. In der offenen Fragerunde kamen neben den Problemen

beim Ausweichen bzw. Anstoßen vor allem Probleme in Menschenansammlungen zur Sprache. Auch hier berichteten einige Kinder über eine Verbesserung nach dem Training. Die Mehrzahl der Kinder bewertete die Situation nach dem Training unverändert. Für eine weitere Studie wäre es interessant, die Probleme beim Anstoßen und Ausweichen nicht nur subjektiv, sondern auch objektiv, zu messen. Das Antwortverhalten der Patienten wurde durch mehrere Faktoren beeinflusst. Darunter fallen eine etwaige verzerrte Selbstwahrnehmung und das Vorhandensein von anderen neurologischen Problemen wie eventuelle kognitive Defizite, Epilepsie oder eine Hemiparese. Für die Patienten war es schwierig zu trennen, ob Probleme beim Ausweichen/Anstoßen nur durch die HH oder auch durch die anderen genannten Punkte ausgelöst wurden. In einer Studie von de Haan et al. mit Erwachsenen wurde ein Parcours mit verschiedenen Objekten aufgebaut (de Haan, Melis-Dankers, et al., 2015). Dabei wurden unabsichtliche Objektkontakte und die Laufgeschwindigkeit gemessen. Die unabsichtlichen Objektkontakte lagen in der Studie bei hemianopen Patienten höher, die Laufgeschwindigkeit war geringer als in der Vergleichsgruppe. Für weitere Studien könnte ein solcher Parcours die Objektivität deutlich erhöhen.

#### 4.4.3 IVI-C

Hemianope Kinder hatten im Vergleich zu ihrer altersgleichen Vergleichsgruppe eine signifikant geringere Punktzahl in der Gesamtlebensqualität. Besonders in den Subskalen „Mobilität“ und „Emotion“ waren die Punktzahlen gegenüber der Vergleichsgruppe eingeschränkt. Die Patienten hatten vor allem Schwierigkeiten, sich an unbekanntem Orten zurecht zu finden und sich sicher bei Tag oder bei Nacht an fremden Orten zu bewegen. Keine Schwierigkeiten gab es beim Treppensteigen, beim Schulweg oder beim Erkennen ihrer Mitschüler/innen. Mit ihren Freunden kommen sie generell gut zurecht und können mit ihnen gemeinsame Aktivitäten unternehmen. In der Schule bekommen sie die gleichen Informationen wie ihre Mitschüler und auch, falls nötig, die notwendige Unterstützung durch Mitschüler und Lehrkräfte. Durch ihre Erkrankung kommt es vor, dass Kinder daran gehindert werden, Aktivitäten durchzuführen, die sie

gerne ausführen möchten oder auch aufgezeigt bekommen, dass sie manche Dinge nicht können. Das beeinflusst das Selbstbewusstsein und ihre Gefühlslage und kann die geringere Punktzahl in der Subskala „Emotion“ erklären.

Die Auswertung der Fragebögen gestaltete sich schwierig, da oftmals Fragen nicht beantwortet wurden oder die Kinder schon während der Erhebung Probleme hatten die Fragen zu verstehen. Dies kann mehrere Ursachen haben: manche Kinder waren geistig nicht fit genug, um die doch recht komplexen Fragestellungen zu verstehen. Manche Aktivitäten wurden von den Kindern nicht alleine durchgeführt, wie zum Beispiel sich im Dunkeln oder tagsüber alleine auf öffentlichen Plätzen zu Recht zu finden. Eine weitere Schwierigkeit bestand darin, dass 17 Kinder (77%) gleichzeitig eine Hemiparese, einige auch eine Epilepsie, aufwiesen. Für sie war es schwierig, zu unterscheiden, ob eine Aktivität aufgrund der Hemianopsie oder der Hemiparese bzw. der Epilepsie nicht ausgeführt werden konnte. Die Unterscheidung, welche Aktivitäten durch die Hemianopsie alleine nicht durchgeführt werden konnte, war kaum zu meistern. Da der Fragebogen erst zu einem späteren Zeitpunkt der Studie eingeführt wurde, konnten wir nur die Antworten von 15/22 (68%) der Kinder erheben. Der Einsatz des Fragebogens hatte sich aufgrund von verschiedensten Abklärungen und der aufwändigen Übersetzung des Fragebogens verzögert.

#### 4.4.4 CVAQC

Die Anzahl der Kinder, die in einer Kategorie bei jeder Frage eine Antwort gegeben haben, unterscheidet sich von mindestens 5 bis maximal 15 Kindern pro Subskala. Auffallend wenig Angaben wurden von den Kindern bei den Skalen Schule, Nahvisus, Mobilität, Technik und Sport gegeben. Bei den Fragen zur Schule wurde gefragt, wie schwierig die Kinder einzelne Schulfächer, immer in Bezug auf die Sehkraft, finden. Oft wurden die Fächer nicht in allen Schulen angeboten und es konnte von den Kindern kein Zusammenhang zu ihrem Gesichtsfeldausfall hergestellt werden. Im Bereich Technik benutzten nur wenige Kinder alle abgefragten technischen Instrumente, wie MP3-Player, Playstation oder Computer. Auch wurden nicht alle Sportarten (Schwimmen, Leichtathletik, Ballspiele) von den Kindern durchgeführt, da viele der Kinder zusätzlich eine

Hemiparese und eine Epilepsie hatten. In der Skala Nahvisus bereitete die Frage „Wie schwierig findest du es in einem Restaurant die Speisekarte zu lesen?“ Schwierigkeiten, da viele Kinder nie selbst die Speisekarte lesen. Und im Bereich Mobilität waren viele Kinder noch zu jung, alleine rauszugehen oder alleine öffentliche Verkehrsmittel zu nutzen und beantworteten diese Fragen daher mit „nein, das mache ich aus anderen Gründen nicht“.

In der Skala Mobilität zeigten die hemianopen Kinder eine signifikant geringere Punktzahl als die Kinder der Vergleichsgruppe. Zu T3 war dieser Unterschied nicht mehr signifikant.

Zusammenfassend machen die offenen Fragen, sowie die standardisierte Fragebogenerhebung mit IVI-C und CVAQC, deutlich, dass bei Kindern mit HH, wie bei Erwachsenen, die meisten Probleme im Bereich „Mobilität“ liegen.

Vorausgehende Studien beschrieben, dass Erwachsenen mit Hemianopsie hauptsächlich an einer langsamen, ineffizienten Suchstrategie, Orientierungsschwierigkeiten, Objektfindungsschwierigkeiten und dem fehlenden Einsetzen effektiver Ausweichmöglichkeiten litten (Pambakian, 2000; Zihl, 1995). Diese alltäglichen Probleme führten zu einer Einschränkung der Lebensqualität (Papageorgiou et al., 2007; Wagenbreth et al., 2010; Warren, 2009). Durch ein exploratives Sakkadentraining konnten die Orientierungsschwierigkeiten und die Lebensqualität bei Erwachsenen nachweislich verbessert werden (Lane et al., 2010; Mannan et al., 2010; Roth et al., 2009). Diese Studie zeigt, dass die auch bei Kindern Orientierungsschwierigkeiten mit Auswirkung auf die Lebensqualität bestehen und durch ein Training verbessert werden können. Da dieser Fragebogen wie der IVI-C erst zu einem späteren Zeitpunkt der Studie eingeführt wurde, konnten wir nur die Antworten von 15/22 (68%) der Kinder erheben. Der Einsatz des Fragebogens hatte sich aufgrund von verschiedensten Abklärungen und der aufwändigen Übersetzung des Fragebogens verzögert.

#### 4.5 Ausblicke und Anregungen

Der Einsatz spezifischer auf das Sehen bezogener Lebensqualitätsfragebögen gestaltete sich, durch ungeeignete oder missverstandene Fragen, als Herausforderung. Hier gibt es noch Entwicklungspotential für einen auf Kinder mit Hemianopsie zugeschnittenen Fragebogen. Für weitere Studien würde sich ein strukturiertes Interview mit offenen Fragen zu Beginn und weiteren spezifischeren Fragen anbieten. Abgefragt werden sollten Probleme beim Ausweichen und Anstoßen, Probleme bei Ballspielen, in Menschenmengen, beim Radfahren, in der von dem Kind ausgeübten Sportart und beim Lesen.

Das Anstoßen und Ausweichen von Gegenständen und Personen gestaltet den Alltag der Kinder als Herausforderung. Durch das Training zeigt sich eine Besserung in diesen Bereichen. Für eine weitere Studie wäre es interessant, die Probleme, wie in Kapitel 4.4.2 beschrieben, zu objektivieren, um noch allgemeinere Aussagen zu treffen. Durch das Sakkadentraining wurde die visuelle Suche verbessert. Während des Tisch-Testes konnte in einer alltäglichen Suchsituation die Gesamtsuchzeit signifikant verringert werden. Dies ist ein Hinweis darauf, dass die erlernten Augenbewegung auch im Alltag umgesetzt werden können. In dieser Arbeit wurde nochmals herausgestellt, dass eine sorgfältige augenärztliche und orthoptische Untersuchung zur Diagnose der Hemianopsie wichtig sind. Während der perimetrischen Untersuchung sollten die Augenbewegungen der Kinder durch den Untersucher überwacht werden. Vor einer geplanten Strabismus-OP sollte eine Hemianopsie bei Verdacht ausgeschlossen werden, um eine funktionale Gesichtsfeldeinschränkung zu vermeiden. Um Unterschiede zwischen perinatal und später erworbener HH herauszustellen, wäre es für eine weitere Studie interessant, ein ausgewogeneres Patientenkollektiv mit 50% perinatal, 50% später erworbenen HH, zu erstreben.

Für ein optimales Studiendesign wäre eine Kontrollgruppe von hemianopen Kindern notwendig gewesen. Aus verschiedenen Gründen haben wir uns in dieser Studie dagegen entschieden: Da die meisten Kinder mit einer Hirnschädigung schwere kognitive Defizite aufweisen und für die Studie geeignete Kinder rar waren, entschieden wir uns gegen eine Kontrollgruppe, um

die Studienzeit nicht in unermessliche Länge zu ziehen. Da es schwierig war für die Studie geeignete Patienten ohne zu große Einschränkungen zu finden, hatten viele unserer Patienten Anfahrtswege von mehreren hundert Kilometern. Den Familien zugunsten eines Cross-Over Designs noch häufigere Anfahrten zuzumuten war für uns nicht vertretbar. Außerdem waren viele Eltern über den Nutzen des Trainingsprogrammes für Erwachsene aufgeklärt. Eine Zuordnung ihrer Kinder in eine Placebokontrollgruppe wäre wohl für viele Familien schwer akzeptierbar gewesen. Wir fokussierten uns daher auf den Aspekt, ob die Patienten nach dem Training das Niveau von gleichaltrigen Kindern ohne Einschränkung (Vergleichsgruppe) erreichen würden. Für eine weitere Studie wäre eine Patientenkontrollgruppe sehr wünschenswert.

## 5 Zusammenfassung

Hintergrund: Eine homonyme Hemianopsie (HH) als Folge postchiasmaler Schädigungen führt zu Orientierungsschwierigkeiten im Alltag. Bei Erwachsenen konnte durch ein exploratives Sakkadentraining nachweislich die Orientierung verbessert werden (Roth et al., 2009). In unserem Forschungsprojekt wird evaluiert, ob der erfolgreiche Ansatz bei Erwachsenen sich ebenfalls auf Kinder übertragen lässt. Fragestellung: Evaluiert werden soll, ob Kinder Kompensationsmechanismen aufweisen, ob sie über Einschränkungen im Alltag berichten, ob diese durch das Training weniger werden, und der Einfluss auf die Lebensqualität. Zielsetzung: Ziel ist es, durch das Sakkadentraining schnelle scannende Augenbewegungen zu trainieren und somit die Orientierung und Selbständigkeit im Alltag zu fördern. Methodik: 22 Kinder (Median 11 J, 8 M: 6J6M-19J2M) mit HH trainierten über 6 Wochen mit dem explorativem Sakkadentraining zuhause. Vor der Trainingsperiode (T1), direkt nach dem 6wöchigen Training (T2) and 6 Wochen später (T3) wurden Suchzeiten für eine alltagsrelevante Suchaufgabe (Tisch- Test) erfasst und Fragebögen zur allgemeinen und auf das Sehen bezogenen Lebensqualität (KINDL, IVI-C; CVAQC, spezifische Orientierungsfragen) eingesetzt. 16 gesunde Kinder dienten als Vergleichsgruppe um Übungseffekte auszuschließen und Normalbefunde zu erheben. Ergebnisse: Die meisten Kinder wiesen von Beginn an

Anpassungsmechanismen auf: 86% (19) der Kinder hatten eine Kopfwangshaltung, 32% (7) eine ipsilaterale Exotropie und 27% (6) eine exzentrische Fixation. Im Tisch-Test kam es bei den Patienten zu T3 zu einer signifikanten Verbesserung der Gesamtsuchzeit. Die gesundheitsbezogene Lebensqualität (KINDL-R) lag generell etwas unter der Lebensqualität der Referenzgruppe. Zu T3 wurden höhere Punktzahlen in den Bereichen Freunde, Selbstwert und psychisches Wohlbefinden erreicht. Die Fragebogenerhebung mit CVAQC und IVI-C ergab gegenüber der Vergleichsgruppe signifikant geringere Punktzahlen im Bereich Mobilität. 50% der Kinder litten unter Problemen beim Ausweichen und Anstoßen. Nach dem Training geht die Tendenz in allen Bereichen zu einer Abnahme der Orientierungsprobleme im Alltag und Zunahme der Lebensqualität. Diese Studie zeigt somit, dass auch Kinder von einem explorativem Sakkadentraining profitieren können. Spontane Anpassungsmechanismen sind wohl hilfreich, aber nicht effektiv genug, um problemlos Alltagssituationen zu meistern. Ein frühes Training ist daher auch für Kinder in Zukunft empfehlenswert.

## 6 Eigene Veröffentlichungen

- Ivanov, I. V., Kuester, S., MacKeben, M., Krumm, A., Haaga, M., Staudt, M., Trauzettel-Klosinski, S. (2018). Effects of visual search training in children with hemianopia. *PLoS One*, 13(7), e0197285.
- Haaga, M., Trauzettel-Klosinski, S., Krumm, A., Kuster, S., Ivanov, I., Cordey, A., Staudt, M. (2018). Homonymous Hemianopia in Children and Adolescents: An MRI Study. *Neuropediatrics*.
- Poster: Ivanov I., Krumm A., Staudt M., Haaga M., Küster A., Trauzettel-Klosinski S. (2016, Mai) „Effect of Explorative Saccadic Training (EST) to daily living skills in children with homonymous hemianopia (HH)”, ARVO, Seattle, USA
- Poster: Krumm A., Staudt M., Haaga M., Ivanov I., Küster A., Trauzettel-Klosinski S. (2015, September) „Explorative saccade training for children with homonymous hemianopia: Case report and presentation of a current study”, ESLRR, Oxford, Großbritannien
- Poster: Krumm, A., Staudt, M., Company, M., Ivanov, I., Küster, A., & Trauzettel-Klosinski, S. (2015, April). Explorative saccade training for children with homonymous hemianopia: Case report and presentation of a planned study. *Neuropediatrics*, 46(S 01), PS01–01. 41. Jahrestagung der Gesellschaft für Neuropädiatrie, Basel, Schweiz

## 7 Literaturverzeichnis

- Aimola, L., Lane, A. R., Smith, D. T., Kerkhoff, G., Ford, G. A., & Schenk, T. (2014). Efficacy and feasibility of home-based training for individuals with homonymous visual field defects. *Neurorehabil Neural Repair*, 28(3), 207-218.
- Aulhorn, E. (1964). Über die Beziehung zwischen Lichtsinn und Sehschärfe. *Graefes Arch Klin Exp Ophthalmol* 167, 4-74
- Bähr, M., & Frotscher, M. (2014). *Neurologisch-topische Diagnostik: Anatomie - Funktion - Klinik* (Vol. 10. Auflage): Thieme.
- Balliet, R., Blood, K. M., & Bach-y-Rita, P. (1985). Visual field rehabilitation in the cortically blind? *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 48(11), 1113-1124.
- Baumgartner, C. (2012). *Aktuelles zur Diagnostik und Therapie der Epilepsie* (Vol. 13).
- Bowers, A. R., Keeney, K., & Peli, E. (2014). RAndomized crossover clinical trial of real and sham peripheral prism glasses for hemianopia. *JAMA Ophthalmology*, 132(2), 214-222.
- Bowers, A. R., Mandel, A. J., Goldstein, R. B., & Peli, E. (2009). Driving with hemianopia, I: Detection performance in a driving simulator. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 50(11), 5137-5147.
- Brandt, C. (2012). Akut-symptomatische epileptische Anfälle: Inzidenz, Prognose und Aspekte der antiepileptischen Behandlung. [Acute Symptomatic Seizures: Incidence, Prognosis and Aspects of Antiepileptic Drug Treatment]. *Akt Neurol*, 39(09), 480-485.
- Cochrane, G. M., Marella, M., Keeffe, J. E., & Lamoureux, E. L. (2011). The Impact of Vision Impairment for Children (IVI\_C): validation of a vision-specific pediatric quality-of-life questionnaire using Rasch analysis. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 52(3), 1632-1640.
- de Haan, G. A., Heutink, J., Melis-Dankers, B. J., Brouwer, W. H., & Tucha, O. (2015). Difficulties in Daily Life Reported by Patients With Homonymous Visual Field Defects. *J Neuroophthalmol*.
- de Haan, G. A., Melis-Dankers, B. J., Brouwer, W. H., Tucha, O., & Heutink, J. (2015). The Effects of Compensatory Scanning Training on Mobility in Patients with Homonymous Visual Field Defects: A Randomized Controlled Trial. *PLoS One*, 10(8), e0134459.
- Deubel, H., & Schneider, W. X. (1996). Saccade target selection and object recognition: evidence for a common attentional mechanism. *Vision Res*, 36(12), 1827-1837.
- Donahue, S. P., & Haun, A. K. (2007). Exotropia and face turn in children with homonymous hemianopia. *J Neuroophthalmol*, 27(4), 304-307.
- Duchowski, A. (2007). *Eye Tracking Methodology: Theory and Practice*: Springer.
- Gegenfurtner, K. R., Walter, S., & Braun, D. I. (2002). *Visuelle Informationsverarbeitung im Gehirn*. München: Huber, Hans (Kopaed Verlag).
- Giorgi, R. G., Woods, R. L., & Peli, E. (2009). Clinical and laboratory evaluation of peripheral prism glasses for hemianopia. *Optom Vis Sci*, 86(5), 492-502.
- Good, W. V., Jan, J. E., Burden, S. K., Skoczinski, A., & Candy, R. (2001). Recent advances in cortical visual impairment. *Dev Med Child Neurol*, 43(1), 56-60.
- Gothwal, V. K., Lovie-Kitchin, J. E., & Nutheti, R. (2003). The development of the LV Prasad-Functional Vision Questionnaire: a measure of functional vision performance of visually impaired children. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 44(9), 4131-4139.
- GraphPad Software. (2018). Retrieved from <https://www.graphpad.com/quickcalcs/>
- Grehn, F. (2011). *Augenheilkunde* (Vol. 31). Heidelberg: Springer.
- Guzzetta, A., D'Acunto, G., Rose, S., Tinelli, F., Boyd, R., & Cioni, G. (2010). Plasticity of the visual system after early brain damage. *Dev Med Child Neurol*, 52(10), 891-900.

- Haaga, M., Trauzettel-Klosinski, S., Krumm, A., Kuster, S., Ivanov, I., Cordey, A., . . . Staudt, M. (2018). Homonymous Hemianopia in Children and Adolescents: An MRI Study. *Neuropediatrics*.
- Herzau, V., Bleher, I., & Joos-Kratsch, E. (1988). Infantile exotropia with homonymous hemianopia: a rare contraindication for strabismus surgery. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 226(2), 148-149.
- Horton, J. C., & Hoyt, W. F. (1991). The representation of the visual field in human striate cortex. A revision of the classic Holmes map. *Arch Ophthalmol*, 109(6), 816-824.
- Ivanov, I. V., Kuester, S., MacKeben, M., Krumm, A., Haaga, M., Staudt, M., . . . Trauzettel-Klosinski, S. (2018). Effects of visual search training in children with hemianopia. *PLoS One*, 13(7), e0197285.
- Jacobson, L., Lennartsson, F., Pansell, T., Oqvist Seimyr, G., & Martin, L. (2012). Mechanisms compensating for visual field restriction in adolescents with damage to the reticulogeniculate visual system. *Eye (Lond)*, 26(11), 1437-1445.
- Kasten, E., Bunzenthal, U., & Sabel, B. A. (2006). Visual field recovery after vision restoration therapy (VRT) is independent of eye movements: an eye tracker study. *Behav Brain Res*, 175(1), 18-26.
- Kasten, E., Wust, S., Behrens-Baumann, W., & Sabel, B. A. (1998). Computer-based training for the treatment of partial blindness. *Nat Med*, 4(9), 1083-1087.
- Kedar, S., Zhang, X., Lynn, M. J., Newman, N. J., & Biousse, V. (2006). Pediatric homonymous hemianopia. *J aapos*, 10(3), 249-252.
- Kennard, M. A. (1942). Cortical reorganization of motor function: Studies on series of monkeys of various ages from infancy to maturity. *Archives of Neurology & Psychiatry*, 48(2), 227-240.
- Kerkhoff, G., & Marquardt, C. (2009). [EYEMOVE. Standardized assessment and treatment of visual search disorders]. *Nervenarzt*, 80(10), 1190, 1192-1194, 1196-1204.
- Kerkhoff, G., Schaub, J., & Zihl, J. (1990). [Anamnesis of brain-originated vision disorders]. *Nervenarzt*, 61(12), 711-718.
- Khadka, J., Ryan, B., Margrain, T. H., Court, H., & Woodhouse, J. M. (2010). Development of the 25-item Cardiff Visual Ability Questionnaire for Children (CVAQC). *Br J Ophthalmol*, 94(6), 730-735.
- Koenraads, Y., van der Linden, D. C., van Schooneveld, M. M., Imhof, S. M., Gosselaar, P. H., Porro, G. L., & Braun, K. P. (2014). Visual function and compensatory mechanisms for hemianopia after hemispherectomy in children. *Epilepsia*, 55(6), 909-917.
- Kronthaler, F. (2014). *Statistik angewandt - Datenanalyse ist (k)eine Kunst*. Heidelberg: Springer.
- Landerl, K., Wimmer, H., & Moser, E. (1997). *Salzburger Lese-und Rechtschreibtest (SLRT): Verfahren zur Differentialdiagnose von Störungen des Lesens und Schreibens für die 1. bis 4. Schulstufe*: Huber.
- Lane, A. R., Smith, D. T., Ellison, A., & Schenk, T. (2010). Visual exploration training is no better than attention training for treating hemianopia. *Brain*, 133(Pt 6), 1717-1728.
- Larsson, E. K., Rydberg, A. C., & Holmstrom, G. E. (2005). A population-based study on the visual outcome in 10-year-old preterm and full-term children. *Arch Ophthalmol*, 123(6), 825-832.
- Linehan, C., Waddington, J., Hodgson, T. L., Hicks, K., & Banks, R. (2014). *Designing games for the rehabilitation of functional vision for children with cerebral visual impairment*. Paper presented at the CHI '14 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, Toronto, Ontario, Canada.
- Liu, G. T., & Galetta, S. L. (1997). Homonymous hemifield loss in childhood. *Neurology*, 49(6), 1748-1749.
- Mackeben, M., & Nakayama, K. (1993). Express attentional shifts. *Vision Res*, 33(1), 85-90.

- Mannan, S. K., Pambakian, A. L., & Kennard, C. (2010). Compensatory strategies following visual search training in patients with homonymous hemianopia: an eye movement study. *J Neurol*, 257(11), 1812-1821.
- Meienberg, O. (1988). Augenbewegungs-Muster bei homonymer Hemianopsie und visuellem Hemineglekt. *Klin Monatsbl Augenheilkd*, 192.
- Mercuri, E., Atkinson, J., Braddick, O., Anker, S., Nokes, L., Cowan, F., . . . Dubowitz, L. (1996). Visual function and perinatal focal cerebral infarction. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed*, 75(2), F76-81.
- Mezey, L. E., Harris, C. M., Shawkat, F. S., Timms, C., Kriss, A., West, P., & Taylor, D. S. (1998). Saccadic strategies in children with hemianopia. *Dev Med Child Neurol*, 40(9), 626-630.
- Pambakian, A. L. (2000). Scanning the visual world: a study of patients with homonymous hemianopia. *Psychiatry*, 69, 751-759.
- Pambakian, A. L., Mannan, S. K., Hodgson, T. L., & Kennard, C. (2004). Saccadic visual search training: a treatment for patients with homonymous hemianopia. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*, 75(10), 1443-1448.
- Papageorgiou, E., Hardiess, G., Schaeffel, F., Wiethoelter, H., Karnath, H. O., Mallot, H., . . . Schiefer, U. (2007). Assessment of vision-related quality of life in patients with homonymous visual field defects. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 245(12), 1749-1758.
- Paysse, E. A., & Coats, D. K. (1997). Anomalous head posture with early-onset homonymous hemianopia. *J aapos*, 1(4), 209-213.
- Peli, E. (2000). Field expansion for homonymous hemianopia by optically induced peripheral exotropia. *Optom Vis Sci*, 77(9), 453-464.
- Pieh, C., Fronius, M., Chopovska, Y., Pepler, L., Klein, M., Luchtenberg, M., . . . Felius, J. (2009). ["Fragebogen zum Kindlichen Sehvermogen (FKS)". Assessment of quality of life with the German version of the Children's Visual Function Questionnaire]. *Ophthalmologe*, 106(5), 420-426.
- Ragland, D. R., Satariano, W. A., & MacLeod, K. E. (2005). Driving cessation and increased depressive symptoms. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 60(3), 399-403.
- Ravens-Sieberer, U., & Bullinger, M. (1998). Assessing health-related quality of life in chronically ill children with the German KINDL: first psychometric and content analytical results. *Qual Life Res*, 7(5), 399-407.
- Ravens-Sieberer, U., Ellert, U., & Erhart, M. (2007). [Health-related quality of life of children and adolescents in Germany. Norm data from the German Health Interview and Examination Survey (KiGGS)]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*, 50(5-6), 810-818.
- Ravens-Sieberer, U., Erhart, M., Wille, N., & Bullinger, M. (2008). Health-related quality of life in children and adolescents in Germany: results of the BELLA study. *Eur Child Adolesc Psychiatry*, 17 Suppl 1, 148-156.
- Reinhard, J., Schreiber, A., Schiefer, U., Kasten, E., Sabel, B. A., Kenkel, S., . . . Trauzettel-Klosinski, S. (2005). Does visual restitution training change absolute homonymous visual field defects? A fundus controlled study. *Br J Ophthalmol*, 89(1), 30-35.
- Reinhard, J. I., Damm, I., Ivanov, I. V., & Trauzettel-Klosinski, S. (2014). Eye Movements During Saccadic and Fixation Tasks in Patients With Homonymous Hemianopia. *J Neuroophthalmol*.
- Roth, T., Sokolov, A. N., Messias, A., Roth, P., Weller, M., & Trauzettel-Klosinski, S. (2009). Comparing explorative saccade and flicker training in hemianopia: a randomized controlled study. *Neurology*, 72(4), 324-331.
- Schiefer, U., Wilhelm, H., Zrenner, E., & Burk, A. (2003). *Praktische Neuroophthalmologie*. Heidelberg: Kaden Verlag.

- Schreiber, A., Vonthein, R., Reinhard, J., Trauzettel-Klosinski, S., Connert, C., & Schiefer, U. (2006). Effect of visual restitution training on absolute homonymous scotomas. *Neurology*, *67*(1), 143-145.
- Schünke, M., Schulte, E., & Schumacher, U. (2012). *Prometheus LernAtlas der Anatomie*: Thieme.
- Spitzyna, G. A., Wise, R. J., McDonald, S. A., Plant, G. T., Kidd, D., Crewes, H., & Leff, A. P. (2007). Optokinetic therapy improves text reading in patients with hemianopic alexia: a controlled trial. *Neurology*, *68*(22), 1922-1930.
- 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. *Neurorehabil Neural Repair*, *25*(8), 721-728.
- Trauzettel-Klosinski, S. (1997). Eccentric fixation with hemianopic field defects: A valuable strategy to improve reading ability and an indication of cortical plasticity. *Neuro-Ophthalmology*, *18*(3), 117-131.
- Trauzettel-Klosinski, S. (2009). Rehabilitation bei Sehbahnschäden. [Rehabilitation of Lesions in the Visual Pathways]. *Klin Monatsbl Augenheilkd*, *226*(11), 897-907.
- Trauzettel-Klosinski, S. (2011). Current methods of visual rehabilitation. *Dtsch Arztebl Int*, *108*(51-52), 871-878.
- Trauzettel-Klosinski, S., & Brendler, K. (1998). Eye movements in reading with hemianopic field defects: the significance of clinical parameters. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, *236*(2), 91-102.
- Trauzettel-Klosinski, S., Dietz, K., & Group, I. S. (2012). Standardized assessment of reading performance: the new International Reading Speed Texts IReST. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, *53*(9), 5452-5461.
- Trauzettel-Klosinski, S., Koitzsch, A. M., Durrwachter, U., Sokolov, A. N., Reinhard, J., & Klosinski, G. (2010). Eye movements in German-speaking children with and without dyslexia when reading aloud. *Acta Ophthalmol*, *88*(6), 681-691.
- Trauzettel-Klosinski, S., & Reinhard, J. (1998). The vertical field border in hemianopia and its significance for fixation and reading. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, *39*(11), 2177-2186.
- Trepel, M., & Dalkowski, K. (2011). *Neuroanatomie: Struktur und Funktion*: Elsevier Health Sciences Germany.
- Trobe, J. D., Lorber, M. L., & Schlezinger, N. S. (1973). Isolated homonymous hemianopia. A review of 104 cases. *Arch Ophthalmol*, *89*(5), 377-381.
- van Waveren, M., Jagle, H., & Besch, D. (2013). Management of strabismus with hemianopic visual field defects. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, *251*(2), 575-584.
- Waddington, J., Linehan, C., Gerling, K., Williams, C. E. M., Robson, L., Ellis, R., & Hodgson, T. (2018). Evaluation of 'Eyelander'. *Journal of Visual Impairment & Blindness*.
- Wagenbreth, C., Franke, G. H., Sabel, B. A., & Gall, C. (2010). [Impairments of vision- and health-related quality of life in stroke patients with homonymous visual field defects depend on severity of visual function loss]. *Klin Monatsbl Augenheilkd*, *227*(2), 138-148.
- Warren, M. (2009). Pilot study on activities of daily living limitations in adults with hemianopsia. *Am J Occup Ther*, *63*(5), 626-633.
- Wong, A. M., & Sharpe, J. A. (2000). A comparison of tangent screen, goldmann, and humphrey perimetry in the detection and localization of occipital lesions. *Ophthalmology*, *107*(3), 527-544.
- Wood, J. M., McGwin, G., Jr., Elgin, J., Vaphiades, M. S., Braswell, R. A., DeCarlo, D. K., . . . Owsley, C. (2009). On-road driving performance by persons with hemianopia and quadrantanopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, *50*(2), 577-585.
- Zangemeister, W. H., Meienberg, O., Stark, L., & Hoyt, W. F. (1982). Eye-head coordination in homonymous hemianopia. *J Neurol*, *226*(4), 243-254.
- Zhang. (2016). Missing data imputation: focusing on single imputation. *Ann Transl Med*, *4*(1), 9.

- Zhang, Kedar, S., Lynn, M. J., Newman, N. J., & Biousse, V. (2006). Homonymous hemianopias: clinical-anatomic correlations in 904 cases. *Neurology*, *66*(6), 906-910.
- Zihl, J. (1995). Visual scanning behavior in patients with homonymous hemianopia. *Neuropsychologia*, *33*(3), 287-303.
- Zihl, J., & von Cramon, D. (1985). Visual field recovery from scotoma in patients with postgeniculate damage. A review of 55 cases. *Brain*, *108* ( Pt 2), 335-365.

## **8 Erklärung zum Eigenanteil der Dissertationsschrift**

Die Arbeit wurde in der Universitätsklinik für Augenheilkunde Tübingen, Forschungseinheit visuelle Rehabilitation unter Betreuung von Frau Prof. Trauzettel-Klosinski durchgeführt.

Die Konzeption der Studie erfolgte durch Frau Prof. Trauzettel-Klosinski.

Die Versuche wurden von mir in Zusammenarbeit mit dem Team der Forschungseinheit für Rehabilitation (I. Ivanov, C. Gehrlich, A. Cordey) durchgeführt.

Die statistische Auswertung erfolgte nach Beratung durch das Institut für Biometrie durch mich.

Ich versichere, das Manuskript selbständig verfasst zu haben und keine weiteren als die von mir angegebenen Quellen verwendet zu haben.

Tübingen, den 13.02.2018

## Danksagung

Für die Überlassung des interessanten Themas und die sehr gute und intensive Betreuung möchte ich zunächst Frau Prof. Dr. Trauzettel-Klosinski einen besonderen Dank aussprechen. Durch die regelmäßigen Treffen innerhalb der Arbeitsgruppe, sowie durch ihre tatkräftige Unterstützung und Motivation zur Teilnahme an internationalen Kongressen konnte ein reger und weiterführender Austausch stattfinden

Außerordentlicher Dank gilt Herrn Prof. Dr. Staudt, der mich mit konstruktiven Vorschlägen in fachlichen Fragen stets kompetent unterstützte. Durch meinen Aufenthalt an der Schön Klinik Vogtareuth konnten durch seine Hilfe zahlreiche Patienten rekrutiert werden.

Hervorheben möchte ich auch Frau Dr. Haaga. Der ständige Austausch und die regen Diskussionen mit ihr brachten regelmäßig neuen Input für meine Doktorarbeit.

Ein großer Dank gilt den beiden Orthoptistinnen Frau Cordey und Frau Gehrlich. Ohne ihre Hilfe wäre die Durchführung der Studie nicht machbar gewesen. Sie standen mir stets mit einem Lächeln hilfsbereit zur Seite.

Zu guter Letzt gilt mein persönlicher Dank meiner Familie und Freunden, die mir immer mit Rat und Tat zur Seite standen.