

Aus dem Departement für Augenheilkunde Tübingen
Forschungsinstitut für Augenheilkunde

**Untersuchung kompensatorischer
Explorationssakkaden mit dem Modified Attended Field
of View (MAFOV) Test bei Patienten mit binokular
deckungsgleichen Gesichtsfelddefekten**

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizin

der Medizinischen Fakultät
der Eberhard Karls Universität
zu Tübingen

vorgelegt von

Aehling, Kathrin Maria

2017

Dekan: Professor Dr. I. B. Autenrieth

1. Berichterstatter: Professor Dr. U. Schiefer

2. Berichterstatter: Professor Dr. U. Ilg

Tag der Disputation: 06.10.2017

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	7
1. Einleitung	9
1.1. Das Gesichtsfeld	9
1.1.1. Das Gesichtsfeld im Straßenverkehr	9
1.2. Perimetrie und Kampimetrie	10
1.2.1. Kinetische Perimetrie	12
1.2.2. Statische Perimetrie	13
1.3. Beschreibung der untersuchten Krankheitsbilder	14
1.3.1. Glaukom	14
1.3.2. Homonyme Hemianopsie/Quadrantenanopsie.....	14
1.4. Visuelle Exploration	16
1.5. Kompensatorische Blickbewegung bei binokularen Gesichtsfelddefekten ..	17
1.6. Zielsetzung dieser Studie	18
2. Probanden und Methoden	19
2.1. Die Studienpopulation	19
2.2. Generelle Einschlusskriterien aller Probanden.....	19
2.2.1. Spezielle Einschlusskriterien der erkrankten Probanden	19
2.3. Generelle Ausschlusskriterien aller Probanden.....	20
2.4. Verwendete Methoden.....	20
2.4.1. Neuroophthalmologische Untersuchung.....	20
2.4.2. Farbsehtest	21
2.4.3. Freiburg Visual Acuity Test.....	21
2.4.4. RADNER Lesetafeln	21
2.4.5. Beurteilung des neuropsychologischen und mentalen Status	22

2.5.	Perimetrische Untersuchungen	22
2.5.1.	Wahl der Nahkorrektur	22
2.5.2.	Automatische statische Perimetrie (SAP) mit dem OCTOPUS 101.....	22
2.5.3.	Semiautomatisierte kinetische Perimetrie (SKP)	23
2.5.4.	Das Raster 30S.....	24
2.6.	Modified Attended Field Of View Test (MAFOV).....	25
2.6.1.	Untersuchungsaufbau des MAFOV Tests	25
2.6.2.	Software	26
2.6.3.	Untersuchungsablauf des MAFOV Tests.....	27
2.6.4.	Auswertung des MAFOV Tests.....	31
2.6.4.1.	Definition der Skotomlokalisierung	31
2.6.4.2.	MAFOV Score	31
2.7.	Aufbau der Fahrprüfung	33
2.8.	ROC-Analyse.....	34
2.9.	Ablauf der Untersuchungen.....	34
2.10.	Auswertung der Skotomausdehnungen in der SAP und dem MAFOV Test ..	35
2.10.1.	Retest-Reliabilitätsprüfung der Untersuchungen.....	36
2.10.1.1.	Retest-Reliabilität: automatische statische Perimetrie (SAP).....	36
2.10.1.2.	Retest-Reliabilität: Modified Attended Field Of View (MAFOV).....	36
3.	Ergebnisse	37
3.1.	Beschreibung des Patientenkollektivs	37
3.2.	Modified Attended Field Of View (MAFOV) Score	38
3.2.1.	Ergebnisse der Gesichtsfelduntersuchungen der einzelnen Patienten.....	41
3.3.	Einzelbeispiele Modified Attended Field Of View (MAFOV).....	48
3.3.1.	Patient ID 11.....	48

3.3.2.	Patient ID 33.....	49
3.3.3.	Patient ID 71.....	51
3.3.4.	Proband ID 28	52
3.3.5.	Untersuchungsdauer des MAFOV Tests	52
3.4.	Schnittmenge der SAP und des MAFOV Tests	53
3.5.	Retest-Reliabilität.....	55
3.6.	Prognose des MAFOV Score bezüglich einer Fahrprüfung	57
3.7.	Die Lage der Gesichtsfelddefekte in Bezug auf den „on road“ Fahrttest	60
4.	Diskussion	62
4.1.	Der Stand der Forschung	62
4.2.	MAFOV Test	64
4.2.1.	Vergleich des MAFOV Tests mit der SAP	64
4.2.2.	Retest-Reliabilität des MAFOV Tests und der SAP.....	65
4.3.	Prognose für den „on road“ Fahrttest durch den MAFOV Score.....	65
4.3.1.	Analyse der Patienten mit homonymer Hemianopsie	66
4.3.1.1.	Das Bestehen der Fahrprüfung in Abhängigkeit der Defektseite	67
4.3.2.	Analyse der Patienten mit Glaukom	68
5.	Zusammenfassung	69
6.	Literaturverzeichnis	71
7.	Appendix	76
7.1.	Anamnesebogen HemiDrive-EXPLOR	76
7.2.	Mini-Mental-Status Test	77
7.3.	Bewertungsbogen Fahrprüfung.....	78
8.	Erklärung zum Eigenanteil der Dissertationsschrift	79
9.	Veröffentlichungen	80

10.	Danksagung	81
11.	Lebenslauf.....	Fehler! Textmarke nicht definiert.

Abkürzungsverzeichnis

AFOV	Attended Field of View
AIDS	Acquired Immune Deficiency Syndrome
cd	Candela
CT	Computertomographie
db	Dezibel
DOG	Deutsche Ophthalmologische Gesellschaft
EGS	European Glaucoma Society
f	female = weiblich
ETDRS	Early Treatment of Diabetic Retinopathy Study
FRACT	Freiburg Visual Acuity Test
GATE	German Adaptive Threshold Estimation
GL	Glaukompatienten
HH	Hemianopsie Patienten
HIV	Humanes Immundefizienz-Virus
ID	Identifikationsnummer
J	Jahre
K	Kontrollperson
KP	Kontrollprobanden
LCD	Liquid Crystal Display
LUE	Lichtunterschiedsempfindlichkeit
L_{\max}	maximale Leuchtdichte
L	Leuchtdichte
l	links

m	male = männlich
m ²	Quadratmeter
MAFOV	Modified Attended Field of View
MMST	Mini-Mental-Status Test
MRT	Magnetresonanztomographie
P	Patient
r	rechts
ROC	Receiver Operating Characteristics
SAP	automatische statische Perimetrie
SKP	semi-automatisierte kinetische Perimetrie
UFOV	Useful Field of View

1. Einleitung

1.1. Das Gesichtsfeld

Das Gesichtsfeld bezeichnet die Summe aller visuell wahrgenommenen Sinneseindrücke, die bei gerader Kopfhaltung und ohne Blickbewegung bei zentraler Fixation wahrgenommen werden können. Es wird unterteilt in ein zentrales Gesichtsfeld ($\leq 30^\circ$) und ein peripheres Gesichtsfeld ($> 30^\circ$). Bei geradeaus gerichtetem Blick erstreckt sich das Gesichtsfeld temporal bis ca. 90° und nasal bis ca. 70° sowie nach oben und unten bis ca. 60° (Schiefer et al., 2005). Zur Untersuchung des Gesichtsfeldes stehen verschiedene perimetrische Untersuchungsmethoden zur Verfügung.

Dem Punkt des schärfsten Sehens entspricht die Fovea centralis. Die Sehschärfe nimmt zur Peripherie des Gesichtsfeldes hin ab. Ausfälle des Sehens innerhalb des Gesichtsfeldes werden Skotome (griech. Skotos = Dunkelheit) genannt. Je nach Defekttiefe werden diese Skotome in absolute und relative Ausfälle eingeteilt. Bei absoluten Ausfällen können auch lichtstärkste Reize nicht wahrgenommen werden. Liegt ein relativer Ausfall vor, werden nur Lichtreize wahrgenommen, die „stärker“ sind als es die zu erwartende alterskorrelierte Norm vorgibt (Schiefer et al., 1995).

1.1.1. Das Gesichtsfeld im Straßenverkehr

Ein ausreichendes Sehvermögen ist eine wichtige Voraussetzung für den Erwerb einer Fahrerlaubnis zum Führen eines Kraftfahrzeugs. In Deutschland bildet die Fahrerlaubnisverordnung Anlage 6 „Anforderung an das Sehvermögen“ die gesetzliche Grundlage für die Erteilung bzw. den Entzug einer Fahrerlaubnis bezüglich eines Gesichtsfelddefektes (Bundesministerium für Verkehr, 2010). Es wird ein normales Gesichtsfeld eines Auges oder ein gleichwertiges Gesichtsfeld beider Augen mit einem horizontalen Durchmesser von 120° gefordert. Insbesondere sollten die zentralen 20° unbeeinträchtigt sein. Geprüft werden sollten mindestens 100 Punkte innerhalb des Gesamtgesichtsfeldes. Getestet wird an einem automatischen Halbkugelperimeter, welches das Gesichtsfeld mit einer überschwelligen Prüfmethodik bis 70° zu beiden Seiten und 30° nach oben und unten untersucht.

Abb. 1 zeigt eine Verkehrssituation mit einem projizierten Gesichtsfeld bei geradeaus gerichtetem Blick. Von besonderer Wichtigkeit ist hierbei der Bereich von ca. 25° nach

rechts und ca. 15° nach links. In diesem Bereich liegen die meisten verkehrsrelevanten Objekte. Weiter peripher gelegene Bereiche werden häufig durch Fahrzeugteile bedeckt. Auch bei Überholmanövern oder beim Abbiegen ist das horizontale Gesichtsfeld von besonderer Wichtigkeit (Lachenmayr, 2003).

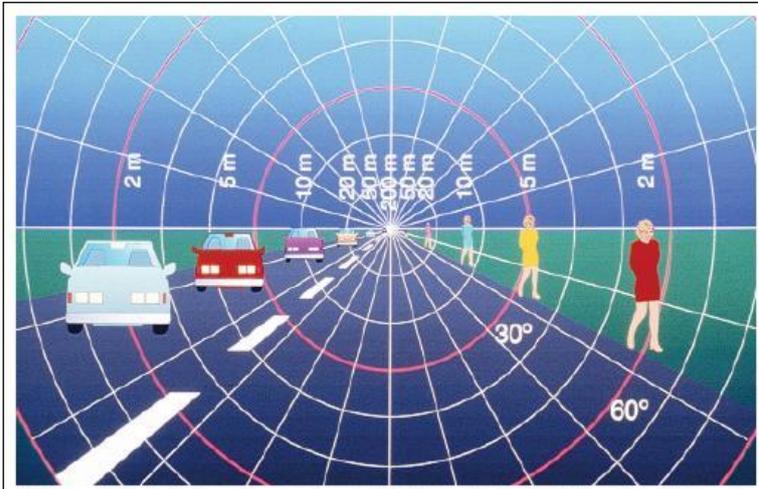


Abb. 1
Gezeigt wird eine beispielhafte Verkehrssituation in einem projizierten Gesichtsfeld. Die Ringe zeigen die Exzentrizität des Gesichtsfeldes an, rot eingefärbt sind die 30° und 60°- Marke des Gesichtsfeldes (Lachenmayr, 1995)

1.2. Perimetrie und Kampimetrie

Gesichtsfelduntersuchungen, bei denen die Prüfpunkte auf einer Halbkugel dargestellt werden, nennt man Perimetrie. Bei der Kampimetrie werden die Prüfpunkte auf einer Fläche (lat. Campus: Feld) dargestellt. Daher eignet sich die Kampimetrie nur für eine Untersuchung des *zentralen* Gesichtsfeldes. Eine Untersuchung der Gesichtsfeldaußengrenzen mittels Kampimetrie ist technisch nicht möglich, da sich bei zentraler Fixation und begrenzten Monitorabmessungen periphere Gesichtsfeldanteile aus geometrischen Gründen nicht darstellen lassen (Schiefer et al., 1995).

Bei der Perimetrie wird das Gesichtsfeld mithilfe von Lichtpunkten bezüglich der Lichtunterschiedsempfindlichkeit (LUE), das heißt der Kontrastempfindlichkeit, untersucht. Diese Punkte sind durch ihre Größe (Sehwinkel) und ihre Leuchtdichte charakterisiert, welche in cd/m^2 angegeben wird. Nimmt ein Patient nur einen Punkt mit einer hohen Leuchtdichte auf einem Hintergrund wahr, so spricht dies für eine geringe LUE. Sieht der Patient hingegen einen Lichtpunkt mit nur geringfügig hellerer Leuchtdichte als der Hintergrund, so spricht dies für eine sehr hohe LUE. Die LUE

beschreibt also das Vermögen der Netzhaut, den Leuchtdichteunterschied eines Punktes gegenüber seiner Umgebung abzugrenzen. Für die Lichtunterschiedsempfindlichkeit wurde als Maß eine Dezibelskala definiert:

$$LUE[dB] = 10 \times \log\left(\frac{L_{\max}}{\Delta L}\right)$$

Hierbei gibt L_{\max} die maximal mögliche Prüfpunkteleuchtdichte in cd/m^2 an und ΔL die Leuchtdichtedifferenz zwischen Stimulus- und Hintergrundleuchtdichte, jeweils in cd/m^2 . Da die maximal mögliche Testleuchtdichte vom Gerät abhängt, sind die Messergebnisse nicht mit denen anderer Geräte vergleichbar.

In der Fovea centralis werden sehr geringe Lichtunterschiede von bis zu 40 dB wahrgenommen. Kommt es an einer geprüften Stelle zu einem Wert von 0 dB, bedeutet dies, dass an dieser Stelle selbst eine Prüfmarke mit (gerätespezifischer) maximaler Leuchtdichte nicht wahrgenommen wurde.

Die Werte der LUE sind altersabhängig. Alle Werte nehmen mit zunehmendem Alter in ungleichmäßiger Form innerhalb des Gesichtsfeldes ab. Um diesem physiologischen Vorgang Rechnung zu tragen, werden für jedes Gerät und jedes perimetrische Verfahren alterskorrigierte Normalwerte ermittelt. Diese ermöglichen es, für jede Altersgruppe zwischen normalen und pathologischen Werten zu unterscheiden (Lachenmayr, 2012).

Prüfmarken, die Verwendung in der Perimetrie finden, werden in Goldmann-Stufen eingeteilt (Abb. 2). Die Prüfmarke, die für medizinische Gutachten genutzt wird und auch in dieser Studie zum Einsatz kommt, entspricht der Marke GOLDMANN III/4e. Hierbei steht die römische Zahl für die Größe des Stimulus, in diesem Fall III, was einer Fläche von 4 mm^2 bzw. 25,7 Bogenminuten entspricht. Die arabische Zahl beschreibt die Leuchtdichte, hier 4e. Dies sind 320 cd/m^2 (Goldmann, 1945). Grundsätzlich kann bei Untersuchungen am Halbkugelperimeter zwischen einer *statischen* und einer *kinetischen* Perimetrie unterschieden werden.

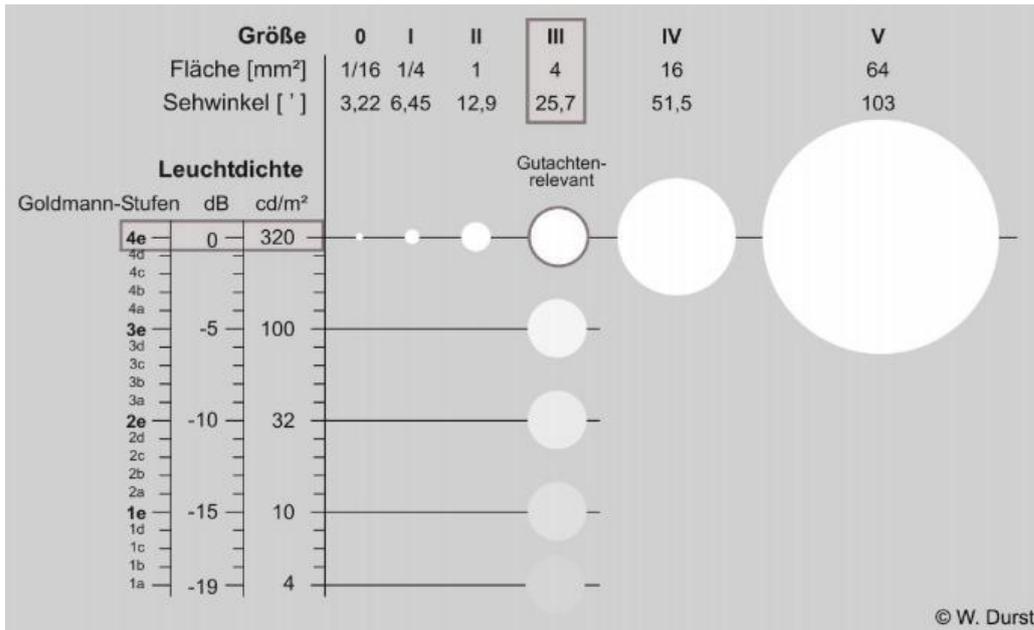


Abb. 2
Größen- und Leuchtdichteabstufung der Reizmarken gemäß der Goldmann-Klassifikation. Umrundet dargestellt ist die in Deutschland festgelegte, gutachtenrelevante Stimuluseigenschaft III/4e. In dieser Abbildung ist zwar das Verhältnis der Stimulusflächen zueinander korrekt, nicht aber deren absolute Größe (Schiefer et al., 2005)

1.2.1. Kinetische Perimetrie

Die kinetische Perimetrie wird in der Regel an einem Halbkugelperimeter durchgeführt. In dieser Halbkugel wird ein bewegter Stimulus aus der Peripherie oder einem anderen nichtsehenden Bereich, z.B. einem Skotom, in die Gesichtsfeldmitte bzw. in den sehenden Bereich bewegt. Der Stimulus wird mit einer konstanten Winkelgeschwindigkeit, in der Regel 2 – 5 °/s, bewegt und kann in seiner Leuchtdichte variiert werden. Hierbei sollte die geradlinige Bewegungsrichtung so gewählt sein, dass der zugehörige Richtungsvektor die vermutete Skotomgrenze annähernd senkrecht schneidet. Kommt nun ein bewegter Stimulus in den intakten Gesichtsfeldbereich des Patienten, bestätigt dieser die Wahrnehmung durch einen Knopfdruck. Die Untersuchung wird mit Lichtmarken unterschiedlicher Leuchtdichte vorgenommen. Werden alle Punkte mit der gleichen Lichtunterschiedsempfindlichkeit verbunden, entstehen die sogenannten Isopteren, die den Höhenlinien eines Berges ähneln (Abb. 3) (Grehn, 2011).

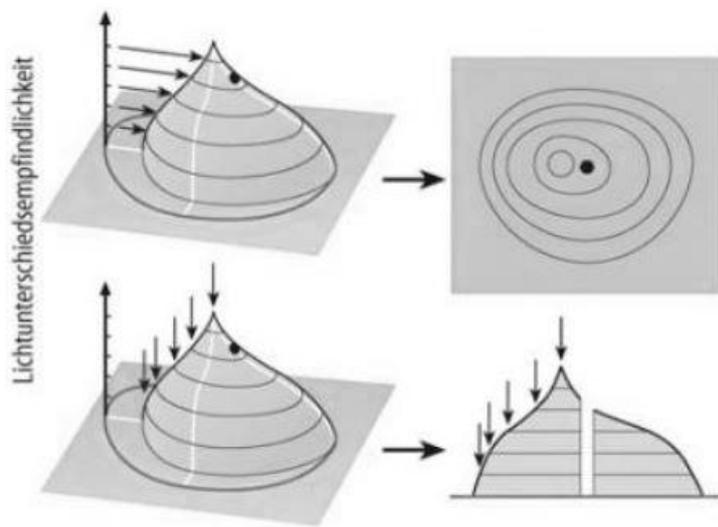


Abb. 3

Oben: Kinetische Perimetrie: Bewegte Prüfmarken konstanter Lichtintensität werden von der Peripherie zum Zentrum bewegt. Bei horizontaler Projektion ergeben sich die Isopteren.
 Unten: Statische Perimetrie: Unbewegte Lichtstimuli werden an verschiedenen Orten des Gesichtsfeldes in unterschiedlicher Lichtintensität dargeboten. Es wird für jeden Ort die Wahrnehmungsschwelle ermittelt, es ergeben sich sogenannte Profilschnitte (Grehn, 2011)

Für die Begutachtung zugelassene Geräte zur Messung eines Gesichtsfeldausfalls sind derzeit das klassische Goldmann-Perimeter, das Oculus Twinfield (Oculus, Wetzlar, Deutschland) und das OCTOPUS 101 sowie OCTOPUS 900 (Haag Streit, Köniz, Schweiz) mit der Zusatzsoftware zur kinetischen Perimetrie (Schiefer et al., 2014).

1.2.2. Statische Perimetrie

Bei der statischen Perimetrie wird im Gegensatz zur kinetischen Perimetrie mit unbewegten Prüfpunkten gearbeitet. An verschiedenen vorgegebenen Stellen des Gesichtsfeldes leuchten Lichtpunkte unterschiedlicher Leuchtdichte kurz auf, und der Patient bestätigt die Wahrnehmung mittels Drucktaster. Diese Methode lässt sich manuell am Goldmann Perimeter durchführen. Die heutige Methode der Wahl ist allerdings die statische Rasterperimetrie am Automatik-Perimeter. Generell gibt es bei der statischen Perimetrie verschiedene Strategien, um die Prüfpunkte abzufragen. In dieser Studie wird die sogenannte GATE-Strategie angewendet (Kapitel 2.5.2.).

1.3. Beschreibung der untersuchten Krankheitsbilder

1.3.1. Glaukom

Das Glaukom ist die zweithäufigste Erkrankung weltweit die zu Sehverlusten führt (Quigley et al., 2006). Ergeben die glaukomatösen Netzhautveränderungen einen binokularen Gesichtsfelddefekt, verlassen betreffende Patienten seltener gewohnte Umgebungen, sind weniger mobil und fühlen sich in ihrer Lebensqualität beeinträchtigt (Chan et al., 2015; Ramulu et al., 2014). Die „European Glaucoma Society (EGS)“ definiert Offenwinkelglaukome wie folgt: „Offenwinkelglaukome sind chronische, progressive Optikusneuropathien, die als gemeinsame Kennzeichen morphologische Veränderungen der Papille und der retinalen Nervenfaserschicht haben, ohne dass okuläre Erkrankungen oder kongenitale Anomalien vorliegen. Mit diesen Veränderungen sind der progressive Untergang retinaler Ganglienzellen und progressive Gesichtsfelddefekte verbunden.“ (EGS, 2014). Risikofaktoren für ein primäres Offenwinkelglaukom sind ein erhöhter intraokularer Druck, ein Alter des Patienten von über 40 Lebensjahren, eine positive Familienanamnese, Diabetes mellitus und eine vorhandene Myopie. Die Stadien der glaukomatösen Gesichtsfelddefekte können bezüglich Form, Ausdehnung und Tiefe wie folgt charakterisiert werden (Abb. 4) (Aulhorn, 1969).



Abb. 4

Glaukomstadien nach Aulhorn. Stadium I: relatives Skotom, Stadium II: absolutes Skotom ohne Verbindung zum blinden Fleck, Stadium III: absolutes Skotom mit Verbindung zum blinden Fleck, Stadium IV: absolutes Skotom über zwei Quadranten, Stadium V: Verlust der zentralen Sehschärfe, erhalten ist eine temporale Restinsel (Aulhorn, 1969)

In diese Studie wurden Patienten mit einem primären Offenwinkelglaukom (Aulhorn 2 - 4) eingeschlossen (Kapitel 2.2.1.).

1.3.2. Homonyme Hemianopsie/Quadrantenanopsie

Patienten die durch einen Schlaganfall oder einen Tumor einen partiellen Funktionsverlust der post-chiasmalen Sehbahn erleiden, imponieren klinisch mit

homonymen Gesichtsfeldausfällen, das heißt Ausfälle jeweils einer Hälfte des Gesichtsfeldes vom rechten und linken Auge, welche den vertikalen Meridian respektieren. Ungefähr 30 % aller Schlaganfälle und zirka 70 % der Schlaganfälle, die die Arteria cerebri posterior betreffen, gehen in der Folge mit einer Hemianopsie einher (Pambakian et al., 1997). Innerhalb des ersten Jahres nach dem Schlaganfall bilden sich zirka 50 % der Gesichtsfelddefekte spontan zurück (Zhang et al., 2006a, 2006b). Nach einem Zeitintervall von 6 Monaten ist eine spontane Verbesserung des Gesichtsfelddefektes nicht mehr zu erwarten (Zhang et al., 2006c). Hat ein Patient einen zentralen Gesichtsfelddefekt, resultieren daraus häufig Alltagsschwierigkeiten, wie Probleme beim Lesen von Texten, das Übersehen von Gegenständen und gegebenenfalls eine Fahruntauglichkeit (Gall et al., 2008; Gall et al., 2007; McDonald et al., 2006; Papageorgiou et al., 2007).

Je nach dem Ort der Läsion stellt sich der Gesichtsfelddefekt unterschiedlich dar (Abb. 5). Visuelle Wahrnehmungen werden aufgrund optischer Gesetzmäßigkeiten in einem Gesichtsfeldareal wahrgenommen, das dem entsprechenden Netzhautbereich gegenüber liegt. Die nasale Netzhauthälfte des rechten Auges sieht also das rechte (temporale) Halbfeld, die temporale Netzhauthälfte das linke Halbfeld. Beide Augen bekommen Informationen von beiden Halbfeldern. Die Informationen aus den Halbfeldern werden im Chiasma opticum (griech. Chiasma = Kreuzung) der Seite nach aufgeteilt (vgl. Bereich 2 in Abb. 5). Daher betreffen Läsionen, die in der Sehbahn *hinter* dem Chiasma opticum liegen, immer *beide* Gesichtsfelder (vgl. 2-6 in Abb. 5). Im Falle postchiasmaler Läsionen, im Bereich 4-6 in Abb. 5, ist aufgrund der sich auffächernden Sehbahn, nicht mehr ein komplettes Halbfeld betroffen sondern oftmals ein (homonymer) Teilbereich/Quadrant des Gesichtsfeldes.

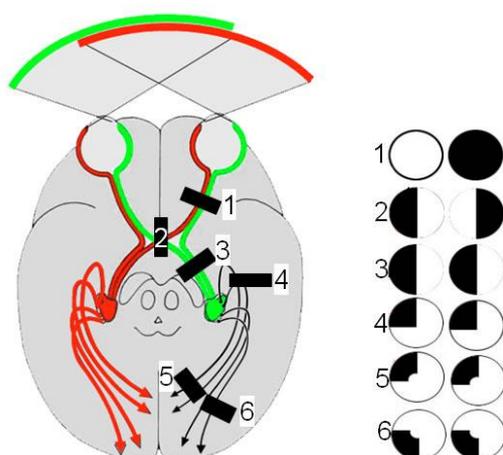


Abb. 5
Darstellung retrochiasmaler Läsionen und deren Auswirkungen (Human Brain Network, 2012)

1.4. Visuelle Exploration

Die visuelle Exploration beschreibt einen Vorgang, bei dem eine Person die Aufgabe hat, ein bestimmtes Objekt oder einen Stimulus unter anderen Distraktoren zu finden. Eine Theorie zur visuellen Exploration oder auch Suche ist die Merkmalsintegrationstheorie von Treisman, welche die Objekterkennung durch visuelle Aufmerksamkeit erklärt (Treisman et al., 1980). Es gibt zwei unterschiedliche Möglichkeiten der Suche: 1. Soll ein Stimulus gesucht werden, der sich stark und nur in einem Merkmal von den anderen Distraktoren unterscheidet, findet eine sogenannte *parallele Suche* statt. Da sich das Merkmal stark von den Distraktoren unterscheidet, hebt es sich von der Umgebung ab und wird schnell wahrgenommen. Der Stimulus wird parallel, beziehungsweise reflexiv gefunden. 2. Unterscheidet sich der Stimulus erst durch mehrere Merkmale oder einen nur geringfügigen Unterschied, kann er nicht in der parallelen Suche gefunden werden. Hier wird nun eine *serielle Suche* genutzt. Jedes Objekt muss einzeln auf das Merkmal hin untersucht werden. Bei dieser Suche sind zentrale Einflüsse wie eine bestimmte Strategie ausschlaggebend. Es wird auch von einer *systematischen Suche* gesprochen. Weitere Untersuchungen zur visuellen Suche zeigen, dass beinahe immer eine Kombination beider Suchstrategien genutzt wird, um eine Suchaufgabe zu lösen (Maioli et al., 2001).

Um bei einer Suche die Objekte nacheinander zu untersuchen, sind Augenbewegungen wichtig. Diese bestehen aus Sakkaden und Fixationen. Sakkaden sind sehr schnelle Blickbewegungen, die zwischen verschiedenen Fixationen erfolgen. Sie müssen zielgenau und schnell sein. Sakkaden werden sowohl willkürlich als auch unwillkürlich gelenkt. Sie können eine Winkelgeschwindigkeit von über 500 °/s erreichen. Das Zeitintervall zwischen Stimulus und Sakkade ist sehr unterschiedlich und liegt normalerweise bei ca. 200 ms (Büttner et al., 2006). Während der Sakkade wird das Auge ruckartig bewegt. Die Fixation hingegen ist bewegungslos und dient der Reizwahrnehmung. Je länger die Fixationsdauer an einem Ort ist, desto größer ist der Wahrnehmungsradius an dieser Stelle und die Wahrscheinlichkeit, einen Stimulus zu erkennen (Hooge et al., 1999). Zum Lesen wird beispielsweise eine Fixationsdauer von ungefähr 100 ms benötigt (Sereno et al., 2003).

Ein Test zur Untersuchung der visuellen Exploration ist der Attended Field Of View Test (AFOV) (Coeckelbergh et al., 2004). Hier sind die Probanden angewiesen, einen Zielstimulus in einer Anzahl von Distraktoren zu suchen. Auf einem Bildschirm werden 24 Distraktoren und als Zielstimulus ein offener Kreis dargestellt (Abb. 6). Der Proband nimmt mittig vor dem Bildschirm Platz. Eine Kinn- oder Stirnstütze wird nicht verwendet. Zwischen den verschiedenen Bildern wird ein Fixationskreuz eingeblendet.

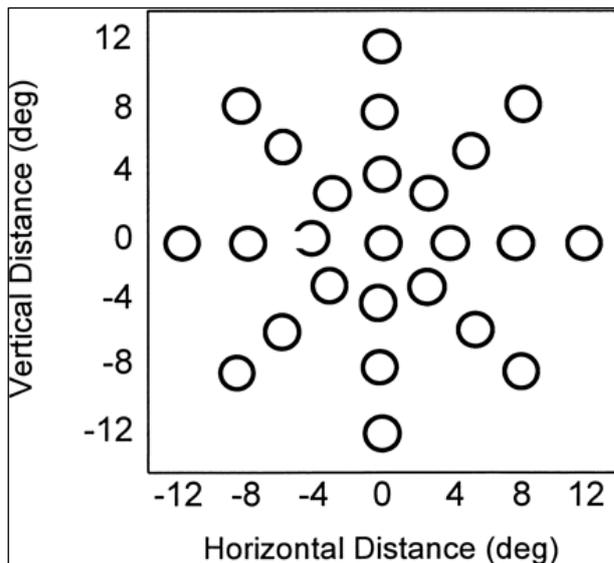


Abb. 6
Suchbild aus dem AFOV Test. Als Distraktoren sind geschlossene Ringe in einem 30°Gesichtsfeld polar angeordnet; gesucht wird der Landolt-Ring (Ring mit der Öffnung) (Coeckelbergh et al., 2004)

1.5. Kompensatorische Blickbewegung bei binokularen Gesichtsfelddefekten

Ob Gesichtsfeldausfälle durch individuelle Suchstrategien kompensiert werden können, wurde bereits in verschiedenen Studien adressiert. 1995 konnte gezeigt werden, dass bestimmte Patienten eine homonyme Hemianopsie, abgesehen von einem schmalen Bereich des Gesichtsfeldes, sehr gut kompensieren können (Zihl, 1995).

Patienten mit einem binokularen Gesichtsfelddefekt aufgrund eines Glaukoms zeigten in einer weiteren Studie bei Betrachtung eines Bildes mehr (kompensatorische) Sakkaden bei kürzeren Fixationszeiten als alterskorrelierte Kontrollpersonen (Crabb et al., 2010).

Probanden mit einem Gesichtsfelddefekt, aufgrund von Makuladegeneration, Glaukom oder Retinitis pigmentosa, machten bei einer Zähl- und Suchaufgabe mehr Fehler,

jedoch ließ sich die Lokalisation der Fehler nicht mit dem Gesichtsfelddefekt korrelieren. Die Patienten suchten länger und fixierten dabei kürzer und häufiger (Coeckelbergh et al., 2002). Im Gegensatz dazu konnte eine Korrelation zwischen einer verminderten Anzahl von Sakkaden bei Patienten mit Gesichtsfelddefekt aufgrund eines Glaukoms und der weniger erfolgreichen Erfüllung einer Suchaufgabe gezeigt werden (Smith et al., 2012).

1.6. Zielsetzung dieser Studie

In dieser Studie wurde ein Test, der Modified Attended Field of View Test (MAFOV), eingeführt, der in der Arbeitsgruppe *Vision Research* der Universität Tübingen entwickelt wurde. Der MAFOV Test soll die Kompensationsfähigkeit eines Patienten im Bereich seines vorhandenen Gesichtsfelddefektes objektivieren und ist an konventionelle perimetrische Verfahren angelehnt, bezieht jedoch zusätzlich den Aspekt der Blickzuwendung ein. Diese Studie stellt den erstmaligen Einsatz dieser Untersuchungsmethode dar.

Die Ziele der Studie waren die Folgenden:

- i. Einführung eines Scores (Wert 0 (sehr schlecht) – 10 (optimal)) zur Charakterisierung der Testergebnisse des MAFOV Tests und die Etablierung von altersspezifischen Normalwerten
- ii. Der Vergleich der mittels konventioneller automatischer statischer Perimetrie (SAP) und mittels MAFOV Test gemessenen Skotome
- iii. Die Erfassung der MAFOV Testdauer
- iv. Die Berechnung der Retest-Reliabilität der SAP und des MAFOV Tests
- v. Die Bestimmung der Sensitivität und Spezifität des MAFOV Scores bezüglich des Bestehens eines „on road“ Fahrtests

2. Probanden und Methoden

2.1. Die Studienpopulation

Es wurden insgesamt 80 Patienten in diese Studie eingeschlossen: 30 Patienten mit einer homonymen Hemianopsie oder Quadrantenanopsie, 10 Patienten mit einem binokularen Gesichtsfelddefekt aufgrund eines primären Offenwinkelglaukoms und 40 alters- (Alter des Patienten +/- 5 Jahre) und geschlechtskorrelierte augengesunde Probanden. Der detektierte Gesichtsfeldbefund sollte mindestens 6 Monate alt und in dieser Phase unverändert sein.

Zur Auswertung der Ergebnisse wurden die Patienten in drei Gruppen eingeteilt: Eine Gruppe mit den Patienten mit einer homonymen Hemi- oder Quadrantenanopsie, eine Gruppe mit Glaukom-Patienten und schließlich die Gruppe der Kontrollpersonen ohne Gesichtsfelddefekt.

2.2. Generelle Einschlusskriterien aller Probanden

- Alter ≥ 18 Jahre
- unterschriebene Einwilligungserklärung
- Mini-Mental-Status Test Ergebnis ≥ 24 Punkte
- sphärische Ametropie ≤ 8 dpt und zylindrische Ametropie ≤ 3 dpt
- zentraler Visus $\geq 0,5$
- Intraokularer Druck ≤ 21 mmHg (mit Ausnahme der Glaukompatienten)
- Pupillendurchmesser > 3 mm
- Isokorie
- unauffällige Vorderabschnitte beider Augen, insbesondere keine klinisch relevante Trübung der brechenden Medien
- Normales Verhältnis von Exkavation (cup) zu Pupillendurchmesser (disk):
CDR (cup-disc-ratio) $\leq 0,5$, Differenz der CDR beider Augen $< 0,3$ (mit Ausnahme der Glaukompatienten)

2.2.1. Spezielle Einschlusskriterien der erkrankten Probanden

In diese Studie wurden Patienten mit einem homonymen Gesichtsfelddefekt aufgrund einer traumatischen oder vaskulären Schädigung, welche mindestens 6 Monate

zurücklag, *oder* mit einem binokularen Gesichtsfelddefekt innerhalb der zentralen 30° des Gesichtsfeldes (Aulhorn-Klassifikation 2-4) bei einem primären Offenwinkelglaukom eingeschlossen.

2.3. Generelle Ausschlusskriterien aller Probanden

- Schwangerschaft, Stillzeit, Arbeit in der Gesundheits- und Krankenpflege
- Asthma
- HIV/AIDS
- Epilepsie, psychiatrische oder weitere neurologische Erkrankungen
- Drogen- oder Alkoholabusus
- Medikation, welche die Reaktionszeit oder das Sehvermögen beeinträchtigt (z.B. Neuroleptika)
- Diabetes mellitus
- Farbsehstörungen (PANEL-D15-Test, Fa. Luneau, Chartres und Paris, Frankreich, (Kapitel 2.4.2.).

2.4. Verwendete Methoden

2.4.1. Neuroophthalmologische Untersuchung

Alle Probanden wurden eingangs der Studie neuroophthalmologisch durch einen Oberarzt der Abteilung II der Universitäts-Augenklinik Tübingen untersucht. Es wurde eine krankheitsbezogene Anamnese durchgeführt (Kapitel 7.1.). Mittels Spaltlampe wurden der vordere Augenabschnitt, die brechenden Medien und in direkter und indirekter Ophthalmoskopie der Fundus auf Auffälligkeiten untersucht. Die cup-disc ratio wurde für die rechte und die linke Papille gemessen. Zudem fand die Bestimmung des Führungsauges durch den Rosenbach Visierversuch (Rosenbach, 1903) statt. Bei den in dieser Studie durchgeführten binokularen Untersuchungen wurde die Fixation des Patienten über das im Rosenbach Test ermittelte Führungsauge kontrolliert.

2.4.2. Farbsehtest

Mittels des PANEL-D15-Tests nach Farnsworth in der gesättigten Version (Luneau, Chartres, Frankreich) wurde jeder Proband bezüglich einer Farbsehschwäche untersucht (Linksz, 1966). Hierbei mussten 15 Farbproben der Ähnlichkeit nach geordnet werden. Eine Farbe war als Ausgangspunkt vorgegeben. Die Aufgabe wurde in einem voll abgedunkelten Raum unter Beleuchtung mit einer Tageslichtlampe und binokular mit eigener Brille durchgeführt. Eine Farbsehschwäche, definiert als ein Fehler in der Anordnung der Farben, galt als Ausschlusskriterium in dieser Studie.

2.4.3. Freiburg Visual Acuity Test

Der Fernvisus (3 m Abstand) wurde mithilfe des Freiburg Visual Acuity Tests (FRACT) mittels Landoltringen bestimmt (Bach, 1996). Die schwarzen Ringe auf weißem Grund wurden in wechselnder Größe auf einem Bildschirm dargeboten. Die Antworteingabe erfolgte nicht, wie üblich, mittels Zahlentastatur, sondern über einen haptisch zu bedienenden Landoltring. Hierbei musste die Öffnung des Landoltrings in dieselbe Position des auf dem Bildschirm dargestellten Ringes gedreht und dann über einen Knopf bestätigt werden (König et al., 2014).

Die Bestimmung des Fernvisus über Landoltringe ist beim Sehtest der Führerscheinprüfung sowie der Begutachtung der Fahrtauglichkeit Standard. Diese Untersuchung wurde sowohl monokular (rechts und links) als auch binokular durchgeführt. Die Untersuchung wurde einmal jeweils mit eigener Brille sowie mit bester Korrektur durchgeführt.

2.4.4. RADNER Lesetafeln

Der Nahvisus (35 – 45 cm Abstand) wurde über RADNER Lesetafeln bestimmt (Radner et al., 1998). Der Proband musste im Abstand von 40 cm immer kleiner dargestellte Textzeilen laut vorlesen. Diese Untersuchung wurde sowohl monokular (rechts und links) als auch binokular und, falls vorhanden, mit eigener Nahkorrektur (Brille) durchgeführt. Falls nötig, wurde eine durch den Untersucher angepasste Nahkorrektur zum Vorlesen der Lesetafeln benutzt.

2.4.5. Beurteilung des neuropsychologischen und mentalen Status

Zur Beurteilung des neuropsychologischen Status wurde bei allen Probanden ein Mini-Mental-Status Test (MMS-Test) durchgeführt (Folstein et al., 1975). Das angewandte Testformular ist in Kapitel 7.2. dargestellt. Anhand von 11 Aufgabenkomplexen wurden zentrale kognitive Funktionen überprüft (zeitliche und räumliche Orientierung, Informationsaufnahme, Merkfähigkeit, Sprache und Sprachverständnis, Lesen und Schreiben sowie Praxie, also die Durchführung willkürlicher und zielgerichteter Bewegungen). Ein Ergebnis von weniger als 24 Punkten führte zum Ausschluss aus dieser Studie. Die Punktbewertungen der Einzelaufgaben sind ebenfalls in Kapitel 7.2. dargestellt.

2.5. Perimetrische Untersuchungen

2.5.1. Wahl der Nahkorrektur

Bei allen perimetrischen Untersuchungen ist es unerlässlich, im zentralen ($\leq 30^\circ$) Gesichtsfeld eine adäquate Nahkorrektur anzuwenden, da es sonst zu Messfehlern kommt (Sample et al., 2011). Der Ausgleich der Presbyopie wurde wie folgt durchgeführt (Schiefer et al., 1995):

35. - 50. Lebensjahr \rightarrow add + 1 dpt sph

50. - 60. Lebensjahr \rightarrow add + 2 dpt sph

> 60. Lebensjahr \rightarrow add + 2,5 dpt sph

Bei der MAFOV Untersuchung wurde keine Refraktionskorrektur eingesetzt. Der zu untersuchende Bereich wäre ansonsten vom Brillenrand einer Nahkorrektur teilweise verdeckt worden, sodass einzelne Prüfpunkte von den Probanden nicht hätten erkannt werden können. Probanden mit einer sphärischen Ametropie > 8 dpt und zylindrischen Ametropie > 3 dpt wurden von der Studie ausgeschlossen (Kapitel 2.3.).

2.5.2. Automatische statische Perimetrie (SAP) mit dem OCTOPUS 101

Die automatische statische Perimetrie erfolgte am OCTOPUS 101 (HAAG-STREIT, Köniz, Schweiz). Die Prüfpunktgröße entsprach der von der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft (Schiefer et al. 2014) empfohlenen Marke Goldmann III/4e (Abb. 2). Die Hintergrundleuchtdichte der Untersuchung betrug 10 cd/m^2 .

Während der gesamten Untersuchung wurde der Patient aufgefordert, ein grünes Kreuz mit einer zentralen Aussparung zu fixieren, welches sich mittig im Perimeter befand. Benutzt wurde eine schnelle schwellenbestimmende Strategie, die German Adaptive Threshold Estimation (GATE) Strategie (Schiefer et al., 2009) mit dem Raster 30-S (Abb. 8). Diese Untersuchung ließ eine schnelle Schwellenbestimmung der Lichtunterschiedsempfindlichkeit für sämtliche Formen von Sehbahnläsionen zu. Die Intervallzeit zwischen den Prüfpunktdarbietungen betrug 200 ms. Bei der initialen Untersuchung wurde mithilfe fünf zentraler vorbestimmter Prüfpunkte der ungefähr zu erwartende „Berg des Sehens“ (Kapitel 1.2.1.) für genau diesen Patienten abgeschätzt (GATEi), wodurch eine schnellere Durchführung eines erneuten Testes ermöglicht wurde, da hier die ermittelten Werte als Startwerte zugrundegelegt werden konnten.

Für die Untersuchung des eigentlich zu prüfenden Rasters wurde angenommen, der Patient habe eine altersentsprechende Lichtunterschiedsempfindlichkeit und es wurden geringfügig überschwellige Werte geprüft. Nach positiver Bestätigung eines Prüfpunktes wurde der Stimulus um 4 dB „dunkler“ geprüft, solange bis keine Bestätigung mehr auf den Prüfreiz gegeben wurde. In diesem Falle wurde an diesem Ort die Leuchtdichte um 2 dB „heller“ getestet. Bei fehlender Antwort auf den initial errechneten Wert wurde dieser Prüfpunkt mit der maximalen Leuchtdichte dargeboten. Wurde an diesem Prüfort zweimal nicht geantwortet, war die Testung an diesem Punkt beendet, was in der Darstellung einem absoluter Defekt im Gesichtsfeld entsprach (Luithardt et al., 2015).

2.5.3. Semiautomatisierte kinetische Perimetrie (SKP)

Die semiautomatisierte kinetische Perimetrie (SKP) erfolgte ebenfalls am OCTOPUS 101 (HAAG-STREIT, Köniz, Schweiz). Die Prüfpunktgröße entsprach der von der DOG empfohlenen Prüfmarke III/4e. Die Winkelgeschwindigkeit betrug 3 °/s und die Hintergrundleuchtdichte der Untersuchung 10 cd/m². In der grafischen Darstellung einer SKP stellt der rot hinterlegte Bereich das absolute Skotom dar, der sehende Bereich ist weiß mit einem roten Rand (Abb. 7). Die in dieser Studie durchgeführte SKP wurde binokular im 90° Gesichtsfeld durchgeführt. Bei der SKP wurde der Patient gebeten, ein mittiges Fixationskreuz mit zentraler Aussparung zu fixieren. Der Untersucher konnte nun mittels einer Stiftbewegung auf dem Untersuchungsmonitor die Richtung der

bewegten Prüfpunkte vorgeben. Hierbei sollte versucht werden, die angenommene Skotomgrenze annähernd senkrecht zu schneiden.

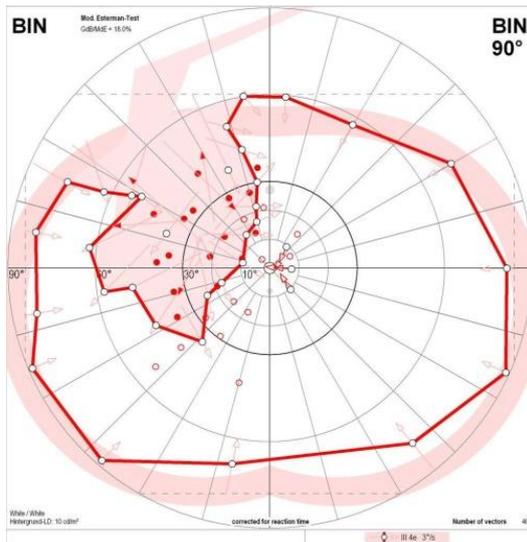


Abb. 7
Abbildung einer semiautomatisierten kinetischen Perimetrie. Die rot hinterlegte Fläche zeigt das Skotom, die rote Umrandung die Gesichtsfeldaußengrenzen. Die roten Punkte mit davon ausgehenden Vektorpfeilen zeigen den Startpunkt (roter Punkt) und die Bewegungsrichtung des Prüfpunktes (Pfeil) im Gesichtsfeld

2.5.4. Das Raster 30S

Das Raster 30S wurde bei dem MAFOV Test und der automatischen statischen Perimetrie am OCTOPUS 101 verwendet. Es besteht aus insgesamt 72 Prüfpunkten in polarer Anordnung innerhalb einer Exzentrizität von 30°. Aufgrund der binokularen Untersuchungen ist das 30S Raster symmetrisch aufgebaut. 16 Punkte liegen innerhalb der zentralen 10° des Gesichtsfeldes und verdichten das Raster nach zentral. Die Testpunkte respektieren sowohl den horizontalen als auch den vertikalen Meridian, liegen also *neben* diesen Begrenzungslinien.

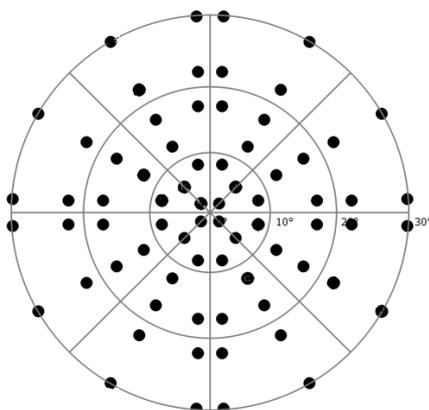


Abb. 8
Raster 30 S: das Raster hat eine Exzentrizität von 30°, die schwarzen Punkte stellen die 72 Prüfpunkte dar

2.6. Modified Attended Field Of View Test (MAFOV)

2.6.1. Untersuchungsaufbau des MAFOV Tests

Als Prüfgerät wurde der Elo 4200L TouchMonitor (Tyco Electronics, Schaffhausen, Schweiz) genutzt. Dies ist ein 42 Zoll großer Liquid Crystal Display (LCD) Monitor mit berührungssensitiver Oberfläche. Eine Kinn-/Stirnstütze wurde an der Tischkante in einem Abstand von 40 cm befestigt. Die Höhe der Stütze war nicht variabel, sodass die Position des Probanden lediglich durch einen höhenverstellbaren Stuhl reguliert werden konnte, um eine zentrale Position des Kopfes vor dem Monitor zu gewährleisten (Abb. 9).

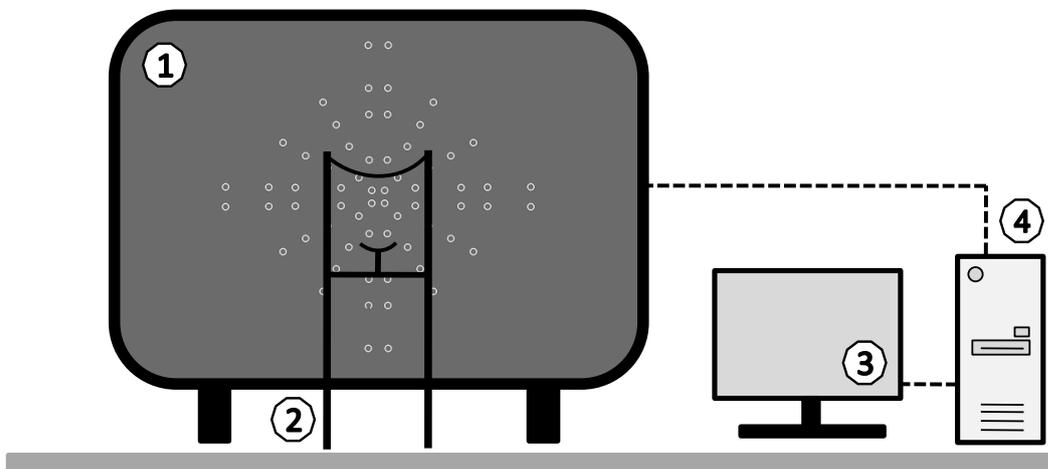


Abb. 9
Schematische Darstellung des Untersuchungsaufbaus: 1 Untersuchungsmonitor;
2 Kinn-/Stirnstütze in 40 cm Abstand zum Untersuchungsmonitor; 3 Untersuchermonitor;
4 Steuercomputer (vgl. auch Abb. 13)

2.6.2. Software

Das für den MAFOV Test genutzte Softwareprogramm Vishnoo, wurde von Masterstudenten des Instituts für Technische Informatik der Mathematisch Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Tübingen entwickelt (Tafaj et al., 2011).

The screenshot shows the Vishnoo software interface for data entry. It includes a sidebar with navigation icons for Patient Data, Examination, and Evaluation. The main window contains form fields for Examination Type (anonymous selected), Patient Information (Last Name, First Name, Date of Birth, Patient ID), Examination Details (Examiner: Dr. Jekyll, Institution: Vishnoo Labs, Date: 03.01.2014 10:48:04), and Eye selection (binocular selected). A large text area for comments is on the right. The status bar at the bottom indicates 'Ready'.

Abb. 10
Vishnoo Maske zur Dateneingabe

Das Programm Vishnoo ist kompatibel mit dem Betriebssystem Windows 7 (Microsoft, Redmond, USA). In der ersten Maske wurden Patientenstammdaten dokumentiert, bevor die Untersuchung gestartet werden konnte. Anzugeben waren die Patienten ID, das Geschlecht und das zu untersuchende Auge (Abb. 10). In dieser Studie wurden alle Untersuchungen mit dem MAFOV Test binokular durchgeführt.

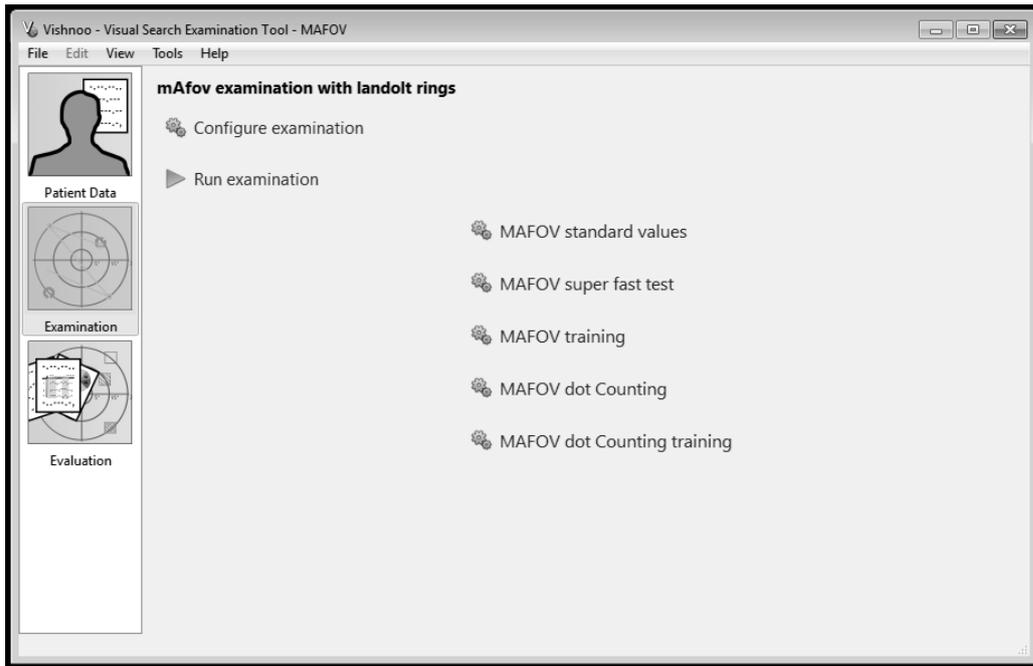


Abb. 11
Vishnoo Maske zur Auswahl der Untersuchung

Auf der zweiten Seite des Menüs (Abb. 11) konnte ein Untersuchungsmodus ausgewählt werden. Für die Untersuchung der Probanden dieser Studie wurden MAFOV „standard values“ definiert, durch welche das Raster und die Präsentationszeiten vorgegeben wurden. In dieser Studie wurde das Raster 30S (Abb. 8) gewählt und die Prüfpunkte für je 4000 ms mit einer Pause von 2000 ms angezeigt.

Prinzipiell ist es möglich, dieses Programm auf anderen Bildschirmen zu nutzen. Die Größe des Bildschirms, die Bildschirmauflösung und die Entfernung des Patienten kann innerhalb des Programms individuell angepasst werden.

2.6.3. Untersuchungsablauf des MAFOV Tests

Der Proband wurde angewiesen, auf einem höhenverstellbaren Stuhl Platz zu nehmen. Das Kinn musste in der Kinnstütze aufliegen und die Stirn gegen die Stirnstütze gelegt werden. Die Hände sollten rechts und links auf dem Tisch abgelegt werden.

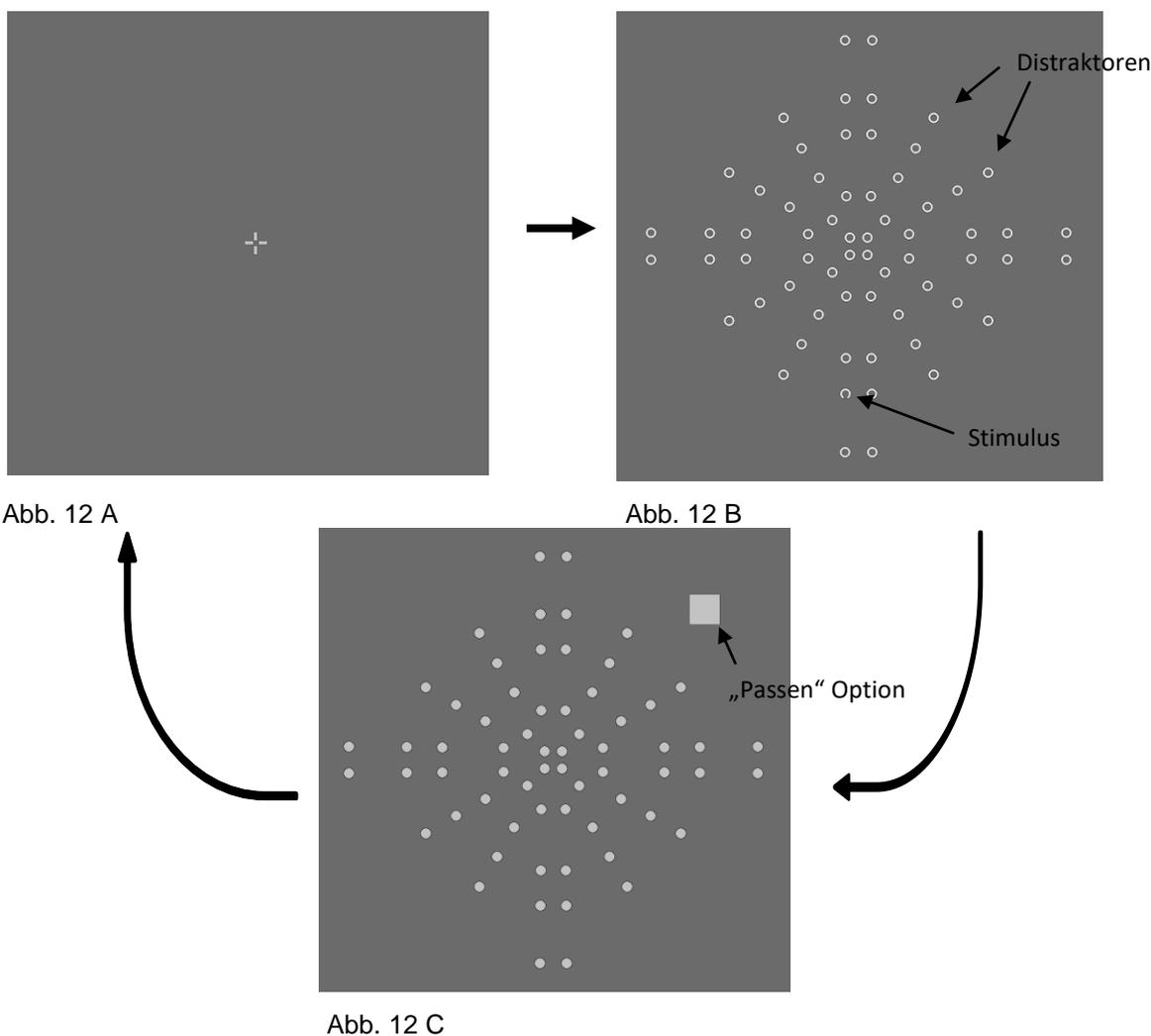


Abb. 12
 Darstellung des Ablaufs des MAFOV Tests.
 Abb. 12 A: Fixationskreuz – 2000ms;
 Abb. 12 B: Suchbildschirm – max. 4000ms;
 Abb. 12 C: Darstellung von grauen, gefüllten Kreisflächen nach Ablauf von 4000 ms bzw.
 Antwort des Patienten – kein Zeitlimit, ein Quadrat am oberen rechte Bildrand ermöglicht die
 Option „passen“, d.h. „keine Angabe möglich“

Die Augen des Probanden befanden sich in einer Distanz von 40 cm zur Bildschirmmitte, so dass die zentralen 30° des Gesichtsfeldes untersucht werden konnten. Das Raster 30S (Abb. 8), das auch in der statischen Perimetrie Anwendung fand, wurde dem Probanden auf dem berührungssensitiven Bildschirm präsentiert. Die Hintergrundleuchtdichte des Bildschirms, als auch die Leuchtdichte der Prüfreize wurden nicht bestimmt. Die zu prüfende Lokalisation war ein LANDOLT-Ring (nach unten geöffneter Ring). Der LANDOLT-Ring ist ein Normsehzeichen (EN ISO 8596). Es ist ein Kreisring mit einer Öffnung, wobei die Öffnung 1/5 des Außendurchmessers

des Rings beträgt. Das Verhältnis von Außen- und Innendurchmesser des Rings beträgt 5:3. Vor dem Start der zu wertenden Untersuchung absolvierte jeder Proband ein Übungsprogramm mit 13 Prüforten. Die Größe und Präsentationszeiten der Prüfpunkte während des Übungsprogramms waren identisch mit denen in der Untersuchung des 30S Rasters.

Zu Beginn des Tests wurde ein zentrales Fixationskreuz auf dem Monitor dargestellt und der Blick des Probanden richtete sich auf das Kreuz (Abb. 12a). Daraufhin wurde für 4000 ms das Raster 30S mit einem zu suchenden LANDOLT-Ring eingeblendet (Abb. 12b). Die Probanden sollten innerhalb der 4000 ms den LANDOLT-Ring identifizieren. Nach Ablauf der 4000 ms wurden alle Ringe durch grau ausgefüllte Kreise ersetzt (Abb. 12c). Der Patient bestätigte das Finden des Prüfreizes, indem er mit dem Finger an derjenigen Kreisfläche, an der er die Position des zuletzt präsentierten LANDOLT-Rings vermutete, den Monitor berührte. Dies konnte während der Präsentationszeit oder nach Erscheinen der Kreisflächen geschehen. Eine quadratische Fläche außerhalb des 30° Rasters konnte berührt werden, falls der Proband die geprüfte Lokalisation nicht wahrgenommen hatte (Abb. 12c „Passen Option“). Dies wurde als „absoluter Defekt“ gewertet. Zwischen der Präsentation unterschiedlicher Prüflokalisationen wurde jeweils für 2000 ms ein zentrales Fixationskreuz eingeblendet (Abb. 12a), durch welches sich der Patientenblick wieder mittig auf den Bildschirm richten sollte. Der offene LANDOLT-Ring erschien in randomisierter Abfolge an allen 72 Prüforten des Rasters. Der Proband sollte während der Stimulusprüfung den Blick frei über den Monitor bewegen, wobei der Kopf ruhig auf der Kinn-/Stirnstütze liegen sollte.

Jeder Patient wurde an unterschiedlichen Tagen insgesamt zweimal untersucht. Um einen systematischen Fehler durch Ermüdungs- oder Übungseinfluss zu minimieren, wurden die perimetrischen Untersuchungen (MAFOV, SAP) an den jeweiligen Terminen randomisiert.

ebenfalls mittig die Anzahl der Prüfpunkte und die jeweiligen Anzahlen an Richtig- und Falschantworten angeben.

Im Feld oben links wurden alle personenbezogenen Angaben zusammengefasst (ID, Geschlecht und optional Name, Vorname, Geburtsdatum). Im Feld unten links waren Angaben zum Untersucher, Untersuchungsdatum und Untersuchungszeit angegeben. Das Feld oben rechts zeigte die in Vishnoo eingestellte Untersuchungskonfiguration mit den Präsentationszeiten der Stimuli, der Pausenzeit, dem eingestellten Raster und der Anzahl der Prüfpunkte. Das Feld unten rechts konnte für Bemerkungen genutzt werden.

2.6.4. Auswertung des MAFOV Tests

2.6.4.1. Definition der Skotomlokalisierung

Ein Stimulus wurde dem Skotom zugerechnet, wenn der Prüfpunkt durch den Probanden während der Untersuchung am MAFOV Test nicht korrekt bestätigt wurde. Ein Prüfpunkt musste also gesehen werden und zusätzlich durch Berührung an der dargestellten Position auf dem Bildschirm bestätigt werden, um nicht dem Skotom zugerechnet zu werden.

2.6.4.2. MAFOV Score

Um eine Vergleichbarkeit der MAFOV Untersuchungen und eine mögliche Bewertung der Leistung des Probanden zu schaffen, wurde ein spezielles Punktesystem, der MAFOV Score, entwickelt. Hierbei wurden die Anzahl der korrekt beantworteten Prüfreize der Probanden und die Anzahl sowie eine Bewertung der Falschantworten (inklusive der „Passen“-Option) berücksichtigt. Grund für die Bewertung der Falschantwort war, dass ein Proband unter Umständen einen Prüfpunkt kurz vor Ablauf der Zeit von 4000 ms wahrnahm, aber dessen genaue Lokalisation nicht mehr erinnern konnte und daher einen unmittelbar benachbarten Punkt berührte. Die Auswahl eines falschen Prüfpunktes in unmittelbarer Nachbarschaft zum eigentlich auszuwählenden Prüfpunkt wirkte sich weniger negativ auf den Score aus. Der Score sollte damit widerspiegeln, ob ein Patient die Ausstiegsoption („Passen-Option“) gewählt, fälschlicherweise einen entfernt gelegenen Punkt angegeben, oder aufgrund der

Annahme, den Prüfpunkt gesehen zu haben, einen Punkt in nächster Nähe gewählt hatte.

Für den MAFOV Score wurde ein Wert zwischen 0 und 10 definiert, der die Leistung eines Probanden im MAFOV Test bewertete. 10 stellte ein optimales Testergebnis dar, bei welchem jeder Prüfpunkt korrekt bestätigt wurde. Eine 0 würde bedeuten, dass alle Punkte verfehlt wurden.

Um zu bewerten, wie gut die gegebene Antwort des Probanden in Bezug auf einen einzelnen Prüfreiz ist, wurde die „Radial Precision“ (RP) eingeführt. Diese Berechnung sollte berücksichtigen, dass bei irregulären Rastern, wie dem Raster 30S (Abb. 8), der Abstand zwischen einem Prüfpunkt und den benachbarten Punkten je nach Exzentrizität unterschiedlich ist. Im Zentrum des Rasters 30S ist der Abstand der Prüfpunkte gering und nimmt zur Peripherie hin zu. Ebenso besitzt ein zentral gelegener Prüfpunkt mehr unmittelbar benachbarte Prüfpunkte, die für eine Falschantwort in Frage kommen, als ein peripherer gelegener Prüfpunkt. Eine alleinige Bewertung des absoluten Abstandes (z.B. in cm), um den ein Prüfpunkt verfehlt wurde, erschien deshalb nicht sinnvoll. Die Radial Precision wurde daher definiert als Quotient aus der abweichenden Distanz der gegebenen Antwort zum abgefragten Prüfpunkt und der mittleren Distanz des abgefragten Prüfpunkts zu den benachbarten Prüfpunkten des Rasters (Abb. 15).

$$RP = \frac{d_E(\text{Stimulus}, \text{Feedback})}{\frac{1}{\text{Total Nachbarn}} \times \sum_{\text{Nachbarn}} d_E(\text{Stimulus}, \text{Nachbarn})}$$

Abb. 15

Formel zur Berechnung der Radial Precision: Stimulus = Prüfpunkt, Feedback = durch den Probanden gegebene Antwort, RP = radial precision → charakterisiert die Treffgenauigkeit der Antwort bei gegebenem Prüfpunkt, $d_E(\text{Stimulus}, \text{Feedback})$ = Euklidische Distanz zwischen der Antwort des Probanden und dem abgefragten Prüfpunkt, Total Nachbarn = Anzahl der benachbarten Prüfpunkte des abgefragten Prüfpunktes, die für die Berechnung der Summe der Distanzen genutzt werden, $\sum_{\text{Nachbarn}} d_E(\text{Stimulus}, \text{Nachbarn})$ = Summe der Abstände zwischen dem abgefragten Prüfpunkt und den benachbarten Prüfpunkten des Rasters

Die nächstgelegenen Punkte (Nachbarn) zu einem Prüfpunkt wurden zur Bestimmung des durchschnittlichen Abstandes genutzt. Dies erlaubte eine Bewertung der Fehler des Probanden in den dichteren Regionen der Rastermitte als auch in den weitläufigeren Regionen am Rasterrand. Im verwendeten Raster 30S könnte die RP Werte von 0 bis 10 annehmen. Um eine Verfälschung des Gesamtscores durch eine zu hohe Gewichtung

einer einzelnen gravierenden Fehlangebe zu verhindern wurde in unserer Studie die RP eines Prüfpunktes auf einen Wert von 6 limitiert.

Zur Berechnung des MAFOV Score wurde ein Quotient aus der Summe aller RP Werte einer Untersuchung sowie der Summe der maximalen RP (72 Prüfpunkte x 6) gebildet. Da in diesem Fall ein gutes Testergebnis mit Werten von nahezu 0 einhergeht, wurde das Ergebnis von 1 subtrahiert, damit ein gutes Ergebnis im Test einen hohen Score ergibt. Weiterhin wurde das Ergebnis mit 10 multipliziert, da der MAFOV Score zwischen 0 und 10 liegen sollte. Der Score quantifiziert zwar die erbrachte Leistung im Test, ersetzt aber nicht die genaue Betrachtung der Ergebnisse, da die Ortsinformation verloren geht.

$$MAFOV\ Score = \left(1 - \frac{\sum RP\ Proband}{\sum RP\ max} \right) \times 10$$

Abb. 16

$\sum RP\ Proband$ = Summe aller errechneten RPs einer Untersuchung [72 x 0; 72 x 6]

$\sum RP\ max$ = Summe der maximal möglichen RP in einer Untersuchung [72 x 6]

2.7. Aufbau der Fahrprüfung

Im Rahmen der Studie führten wir an einer Subgruppe von Patienten (10 Patienten mit Halbseitenausfällen sowie 10 Patienten der Glaukomgruppe und die jeweiligen Kontrollprobanden) einen Fahrttest im öffentlichen Straßenverkehr durch. Alle Versuchspersonen waren im Besitz eines gültigen Führerscheins. Es handelte sich hierbei um eine 40 minütige Autofahrt, sowohl im Stadtverkehr mit einer Einparksituation als auch in einer Überlandfahrt. Genutzt wurde ein Audi Q5, ausgestattet als „Fahrschulwagen“ mit doppelter Pedalerie und doppelten Außen- und Rückspiegeln. Das Auto war durch eine entsprechende Anzeige auf dem Autodach als Fahrschulfahrzeug kenntlich gemacht. Fahrzeugführer war der Proband. Der Beifahrer war staatlich geprüfter Fahrlehrer einer örtlichen Fahrschule, der in Fällen einer möglichen Gefährdung rechtzeitig eingreifen sollte. Über mögliche Gesichtsfelddefekte wurde der Fahrlehrer vor der Fahrt informiert. Ein weiterer Fahrlehrer in der Funktion eines Fahrprüfers nahm auf dem Rücksitz hinter dem Fahrlehrer Platz und bewertete die Fahrt (Bewertungsbogen Kapitel 7.3.) mit den Optionen „bestanden“ oder „nicht bestanden“. Der Fahrprüfer wurde über mögliche Gesichtsfeldausfälle vorab nicht informiert. Während dieser Fahrt trugen alle Probanden einen mobilen eye tracker

(Dikabilis Eye Tracking Glasses, Ergoneers International Holding GmbH, Manching, Deutschland), der die Augenbewegungen der Probanden dokumentierte. Zwei zusätzliche Kameras zeichneten die Fahrsituation und die Kopf- und Schulterbewegungen auf (Kasneci et al., 2014a).

2.8. ROC-Analyse

Der Zusammenhang zwischen Sensitivität und Spezifität des MAFOV Scores in Bezug auf das Bestehen des „on road“ Fahrtests (Kapitel 2.7.) wurde anhand einer Receiver Operating Characteristics – Kurve (ROC-Kurve) untersucht (Kapitel 3.2.) (Greiner et al., 2000). Hierzu wurde innerhalb einer jeden Altersdekade aus den individuellen MAFOV Scores für jeden Patienten der Prozentrang berechnet. Der Prozentrang wurde dann als Variable für die Berechnung der ROC-Kurve genutzt. Mithilfe der ROC-Kurve konnte ein „cut-off“ Wert mit möglichst hoher Spezifität bestimmt werden.

2.9. Ablauf der Untersuchungen

Alle Probanden der Studie wurden zu mindestens zwei Terminen (Visite 1 und Visite 2) in die Universitäts-Augenklinik Tübingen eingeladen. Eine Subgruppe der Patienten wurde anschließend zur Fahrprüfung eingeladen (Visite 3).

Visite 1 beinhaltete die Prüfung der Ausschlusskriterien und die ersten Testuntersuchungen:

- Anamnese und neuroophthalmologische Untersuchung
- Beurteilung des neuropsychologischen und mentalen Status mittels MMS-Test
- Messung des Augeninnendrucks durch die Non-Contact-Tonometrie
- Farbsehtest: colour vision PANEL-D15

Die folgenden 4 Untersuchungen fanden in randomisierter Reihenfolge statt:

- MAFOV Test
- automatische statische Schwellenperimetrie, GATE Strategie, Raster 30S, OCTOPUS 101, SAP
- semiautomatisierte kinetische Perimetrie, 90° Exzentrizität, OCTOPUS 101, SKP

Visite 2 beinhaltete folgende Untersuchungen in randomisierter Reihenfolge:

- MAFOV Test

- automatische statische Schwellenperimetrie, GATE Strategie, Raster 30S, OCTOPUS 101, SAP

Visite 3

- Fahrprüfung im Straßenverkehr

2.10. Auswertung der Skotomausdehnungen in der SAP und dem MAFOV Test

Für die beiden Gruppen der Patienten mit Hemi-/Quadrantenanopsie und Patienten mit Glaukom ergaben sich in der automatischen statischen Rasterperimetrie Skotome. Nur die Prüfpunkte mit *absoluten Defekten* wurden für die Auswertung dieser Untersuchung berücksichtigt. Um einen Vergleich der beiden Testergebnisse zu erreichen, wurde die Vereinigungsmenge der absoluten Defekte aus der SAP und der Falschantworten aus dem MAFOV Test gebildet. Die Vereinigungsmenge enthielt somit die Summe der Prüfpunkte, die in der SAP Untersuchung am OCTOPUS 101 *oder* in der Untersuchung mit dem MAFOV Test als absolute Defekte angegeben wurden. Innerhalb dieser Vereinigungsmenge gab es Prüfpunkte die *sowohl* in der SAP *als auch* im MAFOV Test als absolute Defekte gemessen wurden. Diese Prüfpunkte ergaben die Schnittmenge der beiden Untersuchungen. Dies wird beispielhaft in Abb. 17 durch die gefärbten Flächen verdeutlicht. Bei den Kontrollpatienten war aufgrund nicht vorhandener Defekte in der SAP weder eine Vereinigungs- noch eine Schnittmenge zu detektieren (Schiefer et al., 2006). Lag die Schnittmenge bei 0 %, hatte der Proband keinerlei Übereinstimmung in den Ergebnissen der SAP und des MAFOV Tests. Lag hingegen die Schnittmenge bei 100 %, so glich die Vereinigungsmenge der Schnittmenge. In diesem Fall hätte der Proband in beiden Untersuchungen die exakt gleiche Antwort bei allen Prüfpunkten gegeben.

Mithilfe des Verhältnisses der Vereinigungsmenge der beiden Skotome und der Schnittmenge beider Untersuchungen wurde die Übereinstimmung der Untersuchungen bestimmt und wie folgt berechnet:

$$\text{Übereinstimmung}(\%) = \frac{\text{Schnittmenge}}{\text{Vereinigungsmenge}} \times 100 \%$$

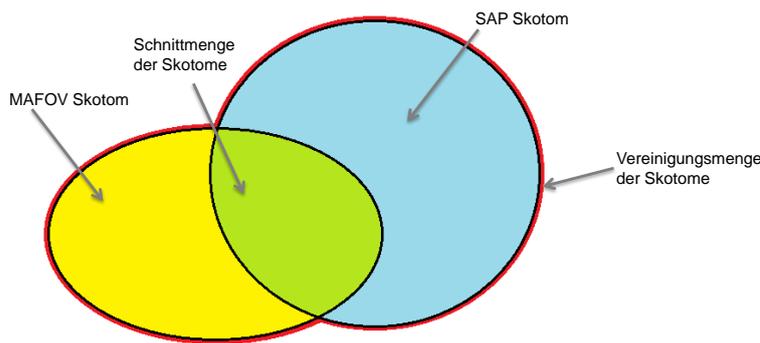


Abb. 17

Exemplarische Darstellung der absoluten Defekte in der SAP und im MAFOV Test. Die Übereinstimmung beider Untersuchungen wird anhand des Verhältnisses der Vereinigungsmenge und der Schnittmenge bestimmt

2.10.1. Retest-Reliabilitätsprüfung der Untersuchungen

Zur Bestimmung der Retest-Reliabilität der SAP am OCTOPUS 101 und des MAFOV Tests wurden beide Untersuchungen jeweils zweimal durchgeführt.

2.10.1.1. Retest-Reliabilität: automatische statische Perimetrie (SAP)

In der automatischen statischen Perimetrie am OCTOPUS 101 werden alle Prüfpunkte, mit einem absoluten Defekt, zum Skotom gerechnet. Dies ist dadurch gekennzeichnet, dass selbst lichtstärkste Reize nicht wahrgenommen werden. Zur Bestimmung der Retest-Reliabilität wurden die Skotome aus der ersten und zweiten SAP verglichen. Für jeden Prüfpunkt wurde analysiert, ob die Antworten des Patienten in der ersten und in der zweiten Untersuchung kongruent waren. Im Falle dessen, dass alle Prüfpunkte in beiden Untersuchungen gleich beantwortet worden wären, würde sich eine Retest-Reliabilität von 100 % ergeben.

2.10.1.2. Retest-Reliabilität: Modified Attended Field Of View (MAFOV)

Bei der Durchführung des MAFOV Tests wurden alle Prüfpunkte, die nicht erkannt wurden, zum Skotom gerechnet. Zusätzlich wurde der MAFOV Score ermittelt (Kapitel 2.6.4.2.). Zur Bestimmung der Retest-Reliabilität wurde zum einen der MAFOV Score auf seine Reliabilität geprüft. Da jedoch der gleiche Score in zwei Untersuchungen erreicht werden konnte, wenn an unterschiedlichen Lokalisationen Falschantworten gegeben wurden, wurde analog zur SAP die Reliabilität der Antworten auf die einzelnen Prüfpunkte getestet.

3. Ergebnisse

3.1. Beschreibung des Patientenkollektivs

In dieser Studie wurden 80 Probanden untersucht: 40 Patienten mit homonymen Gesichtsfelddefekt (30 Personen mit einer Hemi-/Quadrantanopsie und 10 Personen mit einem Glaukom) sowie 40 alters- und geschlechtskorrelierte Normalpersonen (Kontrollpersonen). Vier Probanden mussten von der Auswertung ausgeschlossen werden: Bei zwei Patienten aus der Gruppe der Hemi-/Quadrantanopsien (ID 55 & ID 59) kam es zu einem technischen Ausfall der MAFOV Messapparatur, bei einer Normalperson (ID 10) erfolgte eine inkorrekte Darstellung des Rasters im MAFOV Test 1 und bei einer weiteren Normalperson (ID 40) waren die Rohdaten der SAP Untersuchung beschädigt und konnten nicht ausgewertet werden.

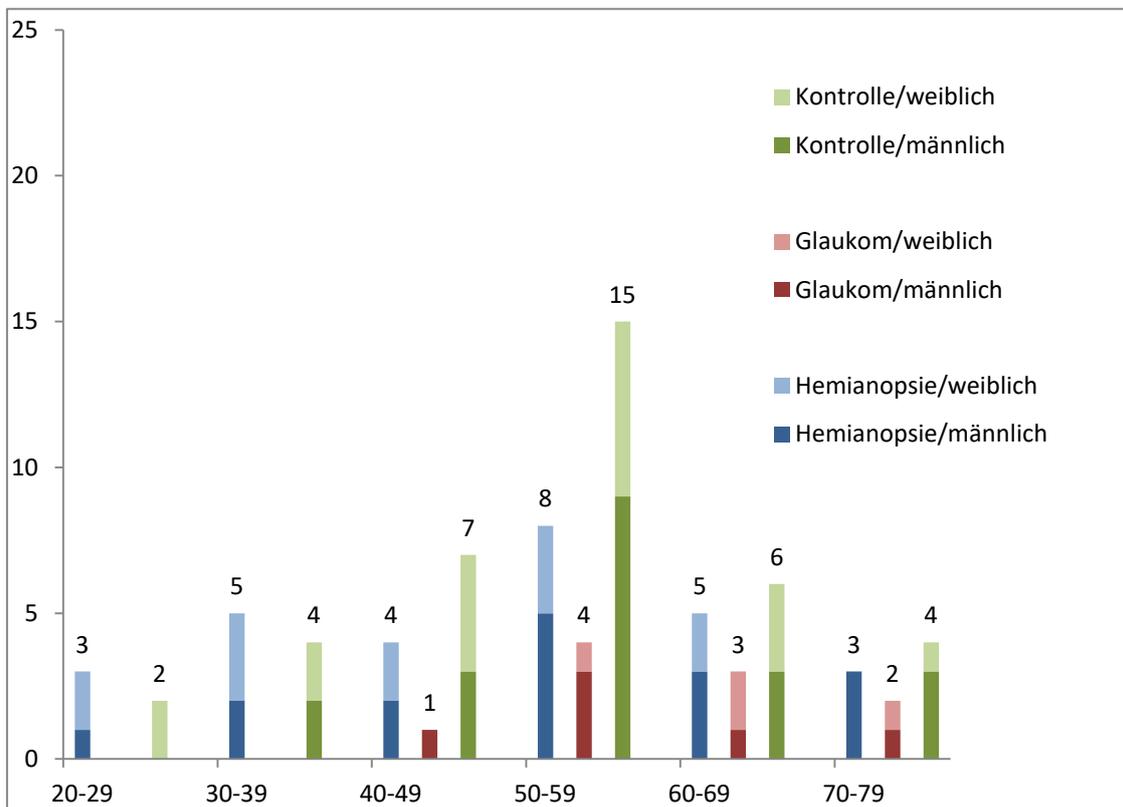


Abb. 18

Verteilung der Testpersonen innerhalb der Altersdekaden von 20 bis 79 Jahren, rote Säulen: Glaukompatienten, blaue Säulen: Hemianopsiepatienten, grüne Säulen: Kontrollprobanden. Die Säulen sind jeweils mit der Gesamtzahl der Patienten innerhalb dieser Altersdekade beschriftet

Zur Auswertung der Untersuchungsergebnisse wurden die Probanden innerhalb der Gruppen homonyme Hemi-/Quadrantenanopsien, Glaukompatienten und Kontrollpersonen in die jeweiligen Altersdekaden 20-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60-69

und 70-79 Jahre eingeteilt. Es gab keine Testperson, die jünger als 20 Jahre alt war. Abb. 18 zeigt die Anzahl der Probanden in der jeweiligen Dekade. Das mediane Alter der Probanden betrug 54 Jahre, wobei die Altersdekaden ungleich stark repräsentiert waren. Insgesamt wurden 34 weibliche und 42 männliche Probanden ausgewertet.

3.2. Modified Attended Field Of View (MAFOV) Score

Zur Objektivierung der Untersuchungsergebnisse des MAFOV Tests wurden innerhalb der jeweiligen Altersdekaden Normwerte für den MAFOV Score ermittelt. Durch die Festlegung dieser Normwerte sollte eine möglichst hohe Spezifität, in Bezug auf das Bestehen des „on road“ Fahrtests, erreicht werden, da ein Screeningtest vor allem eine hohe „richtig-positiv“ Rate haben sollte. Die Probanden, die den Fahrtest bestanden, sollten durch den MAFOV Test somit indentifiziert werden können. Daher wurde der „cut-off“ Wert mittels ROC Analyse (Kapitel 2.6.4.2.) auf das 24. Perzentil der jeweiligen Altersdekade festgelegt, da somit in Bezug auf den „on road“ Fahrtest eine Spezifität von 93 % erreicht werden konnte.

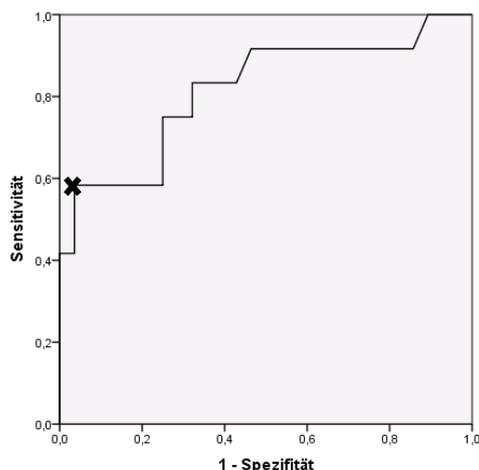


Abb. 19
ROC Analyse der Prozentränge der MAFOV Scores. Als Variable wurde der Prozentrang der MAFOV Scores innerhalb der jeweiligen Altersdekade genutzt. Das schwarze Kreuz zeigt die gewählte 24. Perzentil, an welcher sich eine Spezifität von 93% ergibt

Des Weiteren wurde die altersabhängige Entwicklung des MAFOV Score in allen drei Probandengruppen (Patienten mit Hemi-/Quadrantanopsie, Glaukompatienten, Kontrollpersonen) untersucht. Aufgrund von vier aus der Studie ausgeschlossenen Probanden (Kapitel 3.1.) wurden in der Gruppe der homonymen Hemi-/Quadrantanopsien 28 Ergebnisse und in der Gruppe der Kontrollprobanden 38

Ergebnisse berücksichtigt. In der Gruppe der Glaukompatienten konnten alle 10 Ergebnisse berücksichtigt werden, allerdings befanden hier sich keine Versuchsperson in den Altersdekaden 20-29 Jahre und 30-39 Jahre.

Die jüngsten Kontrollprobanden (20-29 Jahre) erreichten für den MAFOV Score einen Median von 10 Punkten, wohingegen der Median der ältesten Kontrollprobanden (70-79 Jahre) bei 8 lag. Bei der Patientengruppe der Hemi-/Quadrantanopsien und der Glaukompatienten wurde eine ähnliche Entwicklung des medianen MAFOV Scores über die Altersdekaden hinweg festgestellt. Tabelle 1 zeigt die ermittelten Mediane und gibt das 1. und 3. Quartil der jeweiligen Altersdekaden in den Patientengruppen an. In jeder Altersgruppe zeigten die Kontrollpersonen im Median den höchsten/besten MAFOV Score. Abb. 20 ist eine Übersichtsdarstellung der MAFOV Scores aller Patienten. Eingefügt ist der jeweilige „cut-off“ Wert (24. Perzentil) der Altersdekade. In dieser Darstellung sind die Patienten der Übersicht halber nicht nach aufsteigender ID, sondern nach aufsteigendem Alter sortiert. Abb. 21 zeigt die Verteilung der MAFOV Scores innerhalb der Altersdekaden mittels Box-Whisker-Plot.

Tabelle 1: Altersabhängige Entwicklung des MAFOV Scores bei den Normalpersonen
Aufgeführt ist der jeweilig erreichte Median und das 1. und 3. Quartil des MAFOV Scores innerhalb einer Altersdekade. Als „cut-off“ Wert für den MAFOV Score wird ein Wert oberhalb des 24. Perzentils angenommen. KP = Kontrollpersonen, HH = Hemi-/Quadrantanopsie Patienten, GL = Glaukompatienten

Alter in Jahren	Median (1. Quartil; 3. Quartil)			„cut-off“ Wert (24. Perzentil)
	KP	HH	GL	
20-29	10,0 (10,0; 10,0)	8,7 (8,6; 8,9)	--	8,7
30-39	9,3 (9; 9,6)	8,6 (7,5; 8,6)	--	8,5
40-49	9,5 (9,1; 9,8)	7,8 (7,1; 8,5)	7,7 (7,7; 7,7)	7,6
50-59	9,1 (8,9; 9,6)	7,1 (6,1; 7,5)	7,0 (5,4; 8,4)	7,4
60-69	8,6 (8,3; 8,9)	7,5 (5,8; 7,6)	6,5 (6,2; 7,1)	6,6
70-79	8,0 (7,1; 8,6)	7,5 (5,9; 7,8)	6,8 (6,1; 7,6)	6,3

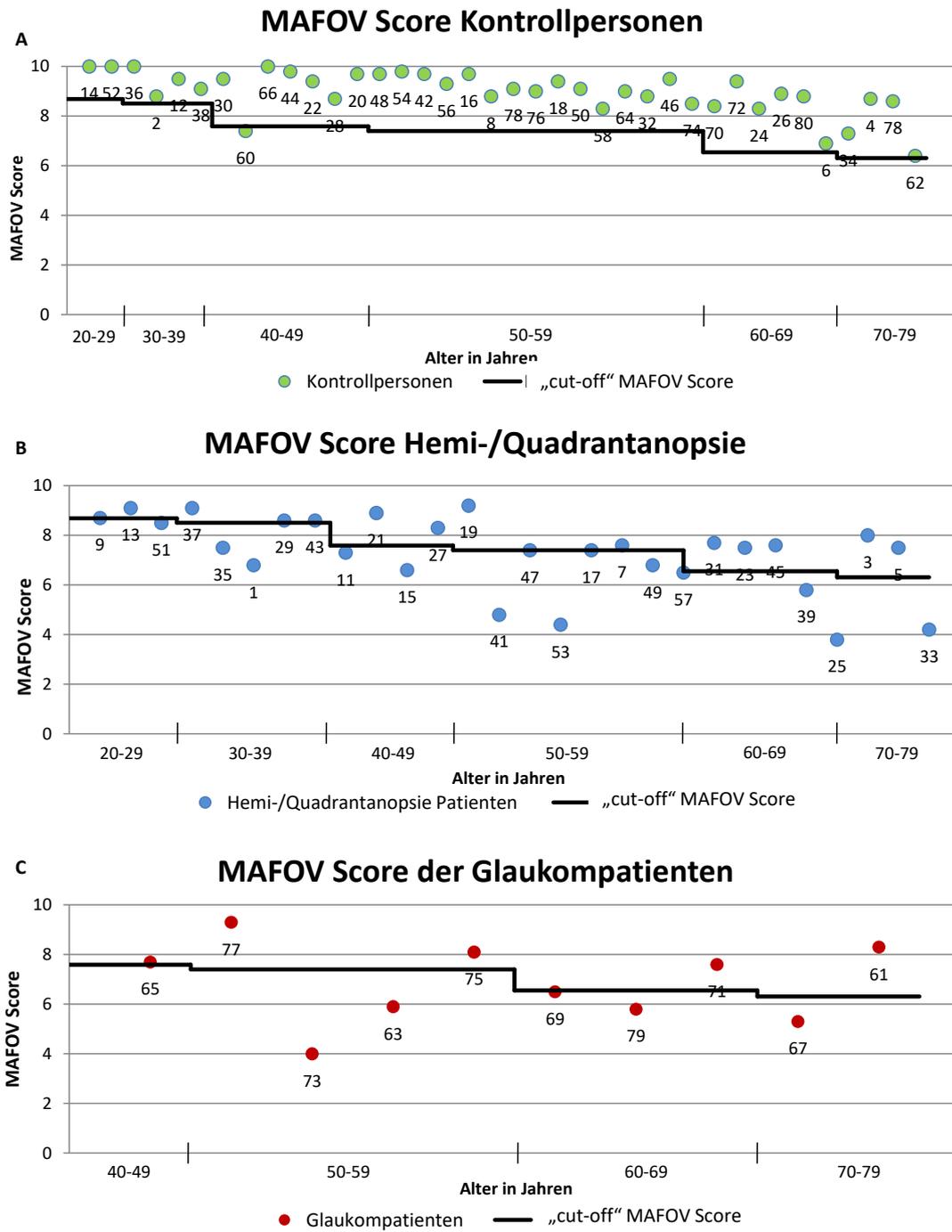


Abb. 20
 Darstellung der MAFOV Scores der einzelnen Probanden nach aufsteigendem Alter sortiert. Jeder Punkt stellt einen Probanden dar, die Zahl gibt die jeweilige ID wieder. Die schwarze Linie markiert den altersspezifischen „cut-off“ Wert (24. Perzentil der jeweiligen Altersdekade). A: Kontrollprobanden, B: Hemi-/Quadrantanopsie, C: Glaukmpatienten, in dieser Gruppe gibt es keine Patienten in den Altersdekaden 20-29 und 30-39, weshalb die „cut-off“ Linie beim Wert von 7,6 entsprechend der Altersdekade 40-49 beginnt

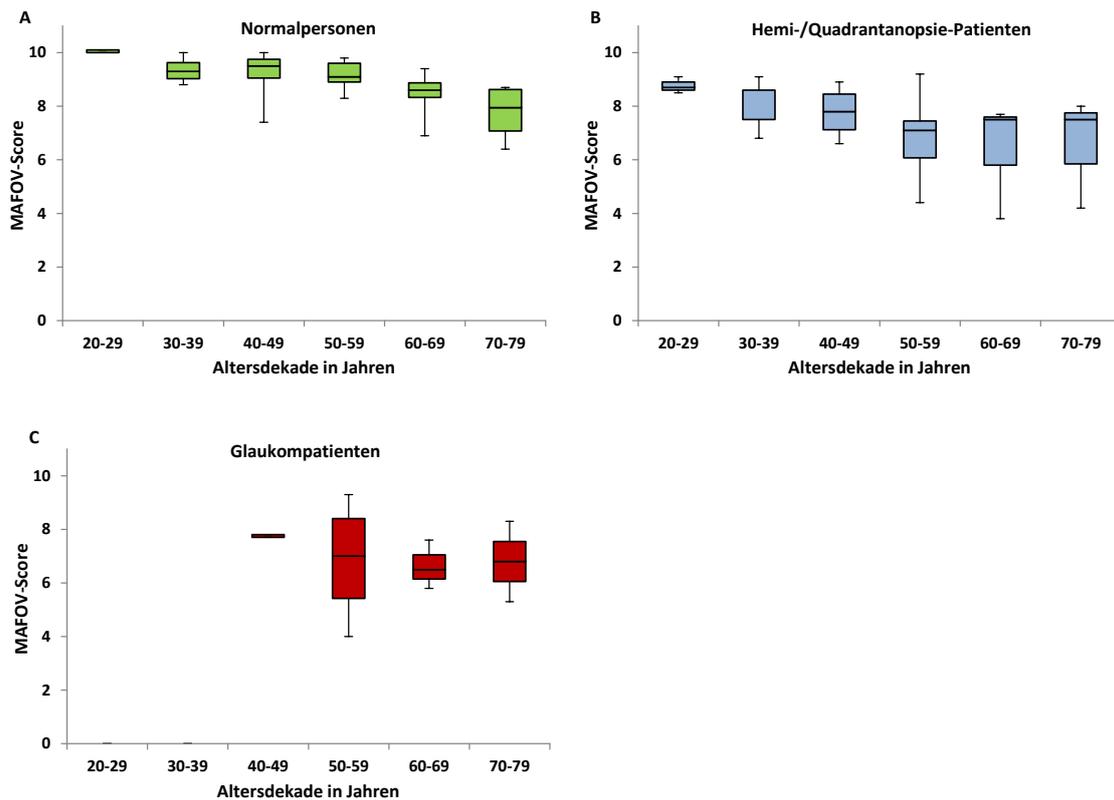
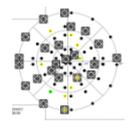
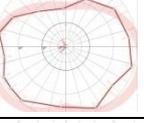
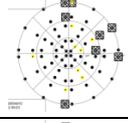
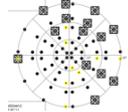
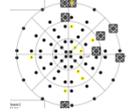
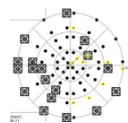
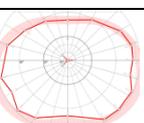
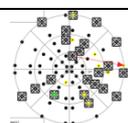
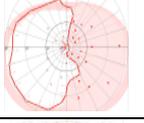
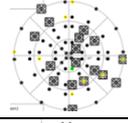
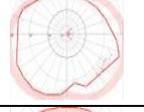
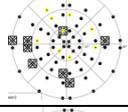
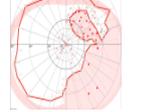
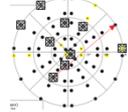
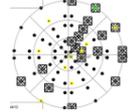
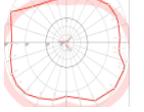
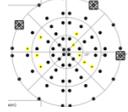


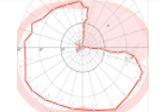
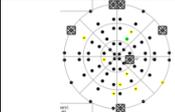
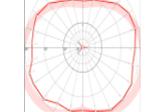
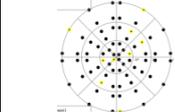
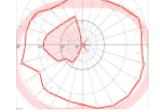
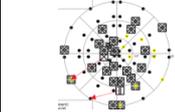
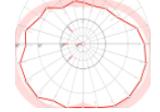
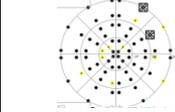
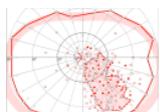
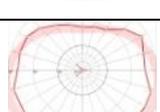
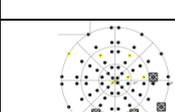
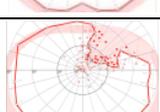
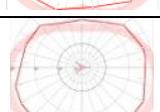
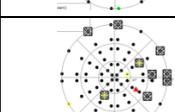
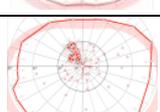
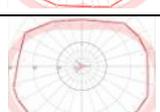
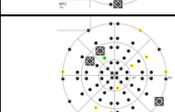
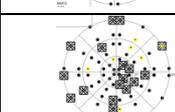
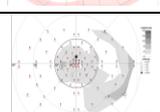
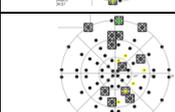
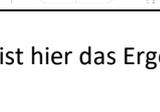
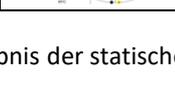
Abb. 21
 „Box and whisker“-Plot des MAFOV Score der jeweiligen Altersdekaden nach Gruppenzugehörigkeit. Die „boxes“ geben den Interquartilsabstand an. Die „whisker“ weisen das 1,5fache des Quartilsabstandes aus

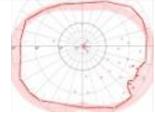
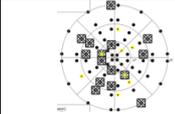
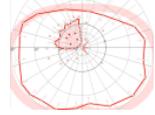
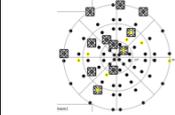
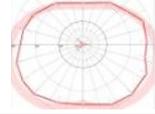
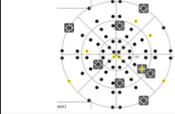
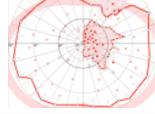
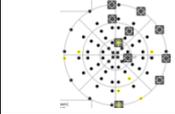
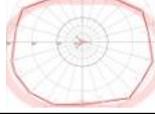
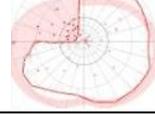
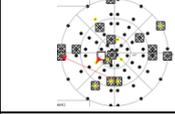
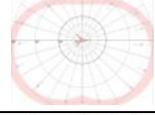
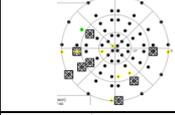
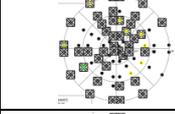
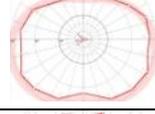
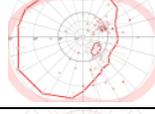
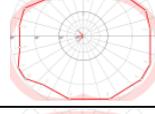
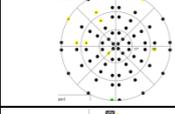
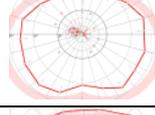
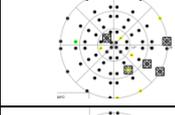
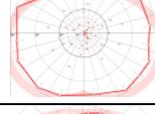
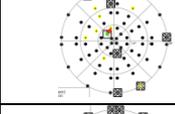
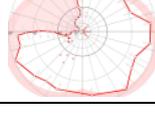
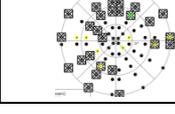
3.2.1. Ergebnisse der Gesichtsfelduntersuchungen der einzelnen Patienten

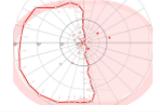
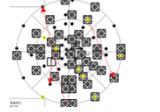
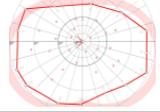
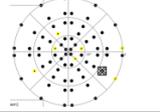
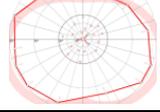
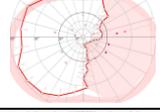
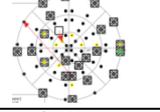
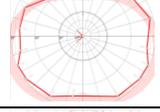
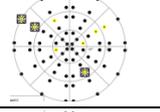
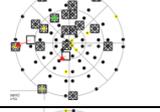
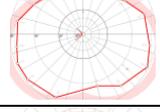
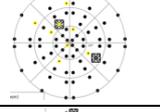
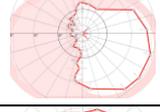
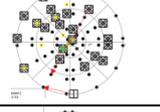
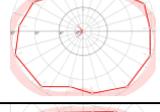
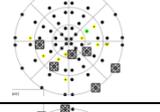
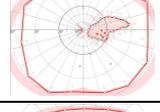
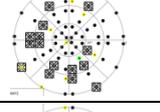
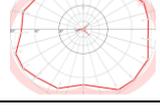
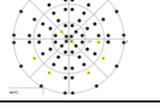
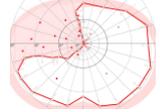
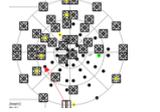
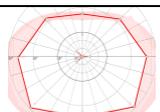
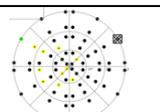
Im Folgenden werden die Ergebnisse der Gesichtsfelduntersuchungen der einzelnen Patienten dargestellt. Tabelle 2 zeigt die Patienten mit homonymer Hemi-/Quadrantanopsie (P) und die alters- und geschlechtskorrelierten Kontrollpersonen (K). Aufgeführt wird die jeweilige Pathogenese des Gesichtsfelddefekts. Ebenfalls dargestellt ist die Zeit in Jahren, die seit dem Krankheitsbeginn bis zum Einschluss in die Studie vergangen ist sowie der MAFOV Score (Kapitel 2.6.4.2.). Zusätzlich sind die Gesichtsfeldbefunde aus der SKP und dem MAFOV graphisch dargestellt. Tabelle 3 zeigt entsprechend die Befunde der Glaukompatienten im Vergleich zu den alters- und geschlechtskorrelierten Normalpersonen.

Tabelle 2: Untersuchungsbefunde der *Hemi-/Quadrantenanopsiepatienten*
 Übersichtstabelle der Probanden mit homonymer Hemi-/Quadrantenanopsie und der alters- und geschlechtskorrelierten Kontrollpersonen
 P = Patient, K =Kontrollperson, f = weiblich, m= männlich, R = rechts, L= links

ID	Patient (P)/ Kontrolle (K)	Geschlecht (m/w) Alter (Jahre)	Δt (Jahre)	Pathogenese, Seite der Läsion	MAFOV Score	SKP (90°, binokular)	MAFOV (30°, binokular)
1	P	m, 38	7	Neuro- chirurgische Operation (okzipital), R	6,8		
2	K	m, 36	-	-	8,8		
3	P	m, 70	5	Okzipitale Ischämie, R	8,0		
4	K	m, 71	-	-	8,7		
5	P	m, 72	1	Ischämie Aa. cerebelli superior et posterior, R	7,5		
6	K	m, 66	-	-	6,9		
7	P	m, 55	0,5	Okzipitale Ischämie, L	7,6		
8	K	m, 54	-	-	8,8		
9	P	m, 24	7	Schädel-Hirn- Trauma, L	8,7		
11	P	f,41	16	Okzipitale Ischämie, L	7,3		
12	K	f, 36	-	-	9,5		

13	P	f, 27	10	Ischämie A. cerebri media, L	9,1		
14	K	f, 23	-	-	10,0		
15	P	f, 48	10	Schädel-Hirn-Trauma, L	6,6		
16	K	f, 52	-	-	9,7		
17	P	f, 54	2	Neurochirurgische Operation bei Meningeom, L	7,4		
18	K	f, 58	-	-	9,4		
19	P	f, 50	8	Okzipitale Ischämie, L	9,2		
20	K	f, 49	-	-	9,7		
21	P	m, 41	1	Neurochirurgische Operation, R	8,9		
22	K	m, 44	-	-	9,4		
23	P	f, 64	5	Okzipitale Ischämie, L	7,5		
24	K	f, 63	-	-	8,3		
Anmerkung: Die SKP der Kontrollperson 24 ist beschädigt, als Ersatz ist hier das Ergebnis der statischen Perimetrie aufgeführt.							
25	P	m, 68	6	Okzipitale Ischämie, R	3,8		

26	K	m, 64	-	-	8,9		
27	P	m, 48	6	Okzipitale Ischämie, R	8,3		
28	K	m, 48	-	-	8,7		
29	P	f, 38	7	Okzipitale Ischämie, L	8,6		
30	K	f, 40	-	-	9,5		
31	P	f, 63	8	Temporo- parietale Ischämie, R	7,7		
32	K	f, 59	-	-	8,8		
33	P	m, 72	7	Temporo- parietale Ischämie, R	4,2		
34	K	m, 70	-	-	7,3		
35	P	m, 36	3	Okzipitale Ischämie, L	7,5		
36	K	m, 34	-	-	10,0		
37	P	f, 33	7	Okzipitale Ischämie, R	9,1		
38	K	f, 36	-	-	9,1		
39	P	m, 66	10	Okzipitale Ischämie, R	5,8		

41	P	f, 51	21	Schädel-Hirn-Trauma, L	4,8		
42	K	f, 51	-	-	9,7		
43	P	f, 38	6	Okzipitale Ischämie, L	8,6		
44	K	f, 43	-	-	9,8		
45	P	m, 65	2	Okzipitale Ischämie, L	7,6		
46	K	m, 59	-	-	9,5		
47	P	m, 51	2	Okzipitale Ischämie, R	7,4		
48	K	m, 50	-	-	9,7		
49	P	m, 56	1	Okzipitale Ischämie, R	6,8		
50	K	m, 58	-	-	9,1		
51	P	f, 27	3	Ischämie des Corpus geniculatum, L	8,5		
52	K	f, 24	-	-	10,0		
53	P	m, 51	3	Neurochirurgische Operation okzipital, R	4,4		
54	K	m, 50	-	-	9,8		

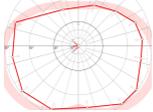
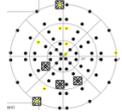
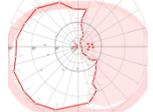
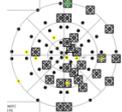
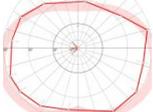
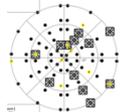
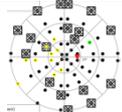
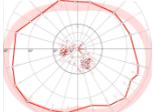
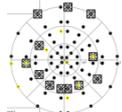
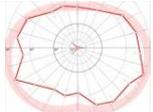
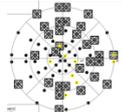
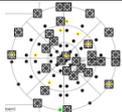
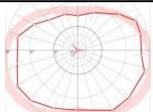
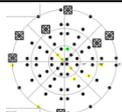
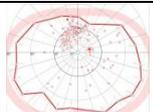
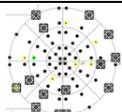
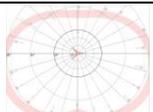
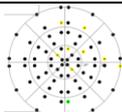
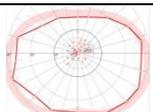
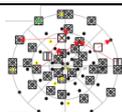
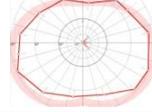
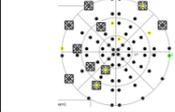
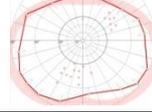
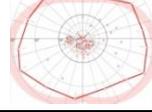
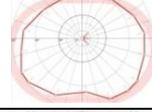
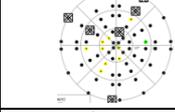
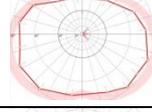
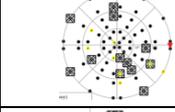
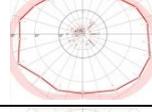
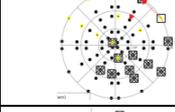
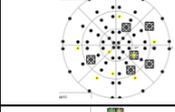
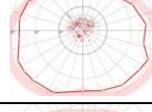
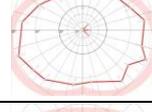
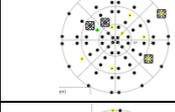
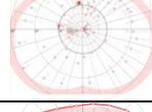
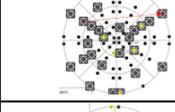
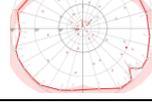
56	K	f, 51	-	-	9,3		
57	P	m, 56	3	Okzipitale Ischämie, L	6,5		
58	K	m, 58	-	-	8,3		
60	K	f, 42	-	-	7,4		

Tabelle 3: Untersuchungsbefunde der *Glaukompatienten*

Übersichtstabelle der Patienten mit Glaukom und der alters- und geschlechtskorrelierten Kontrollpersonen

P = Patient, K = Kontrollperson, f = weiblich, m = männlich, R = rechts, L = links

ID	Patient (P)/ Kontrolle (K)	Geschlecht (m/w) Alter (Jahren)	Δt (Jahre)	Pathogenese	MAFOV Score	SKP (90°, binokular)	MAFOV (30°, binokular)
61	P	m, 74	5	Normaldruckglaukom	8,3		
62	K	m, 75	-	-	6,4		
63	P	m, 59	15	Offenwinkelglaukom	5,9		
64	K	m, 58	-	-	9,0		
65	P	m, 45	11	Offenwinkelglaukom	7,7		
66	K	m, 42	-	-	10,0		
67	P	w, 71	5	Offenwinkelglaukom	5,3		

68	K	w, 71	-	-	8,6		
69	P	w, 62	5	Offenwinkelglaukom	6,5		
70	K	w, 60	-	-	8,4		
71	P	m, 66	18	Offenwinkelglaukom	7,6		
72	K	m, 62	-	-	9,4		
73	P	m, 55	23	Offenwinkelglaukom	4,0		
74	K	m, 59	-	-	8,5		
75	P	w, 59	14	Normaldruckglaukom	8,1		
76	K	w, 55	-	-	9,0		
77	P	m, 52	23	Offenwinkelglaukom	9,3		
78	K	m, 54	-	-	9,1		
79	P	w, 64	4	Offenwinkelglaukom	5,8		
80	K	W, 64	-	-	8,8		

3.3. Einzelbeispiele Modified Attended Field Of View (MAFOV)

Im Folgenden sind repräsentative Untersuchungsergebnisse einiger Probanden dargestellt. Einerseits soll gezeigt werden, dass es Probanden mit einem Gesichtsfelddefekt gibt, die im MAFOV Test vermehrt Fehler innerhalb ihres mit konventionellen Methoden ermittelten Absolutskotoms machen. Andererseits gibt es aber auch Probanden mit Gesichtsfelddefekten, bei denen man allein aufgrund des MAFOV Ergebnisses nicht auf die Lage und Ausdehnung des statisch gemessenen Skotoms rückschließen kann. Zur besseren Verständlichkeit wird die jeweilige semiautomatisierte kinetische Perimetrie (SKP) der Patienten mit Gesichtsfelddefekt ebenfalls aufgeführt. Erwähnt sei, dass bei dieser Untersuchung das 90° Gesichtsfeld untersucht wird.

3.3.1. Patient ID 11

Es handelte sich um eine 41-jährige weibliche Patientin. Seit 1995 war eine homonyme Hemianopsie aufgrund einer okzipitalen Ischämie bekannt. Aufgrund des Gesichtsfelddefektes wurde der Patientin, die bis zu ihrem Krankheitsbeginn regelmäßig Auto gefahren war, geraten, auf das Führen von Kraftfahrzeugen zu verzichten. Abb. 22 zeigt die Ergebnisse der SAP, SKP und des MAFOV. In der statischen und auch in der kinetischen Untersuchung ist sehr gut die beinahe mittellinientreue homonyme Hemianopsie mit zentraler Aussparung zu erkennen.

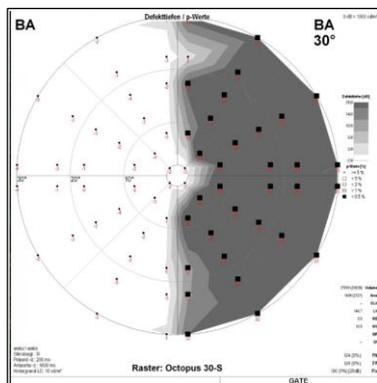


Abb. 22 A

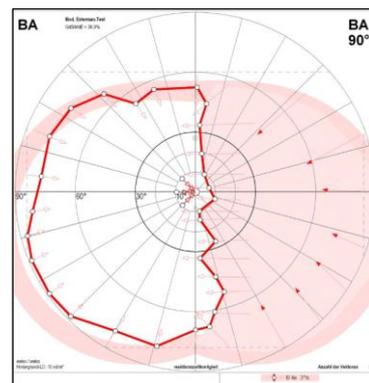
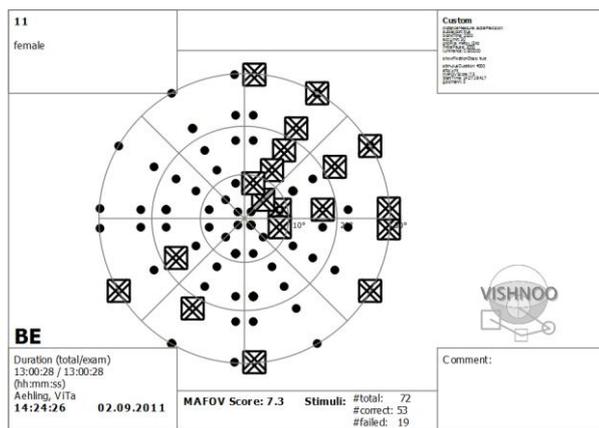


Abb. 22 B



Schnittmenge SAP
und MAFOV
42 %

Abb. 22 C

Abb. 22 A: SAP, 30° Gesichtsfeld binokular untersucht, Raster 30S. Der dunkel dargestellte Bereich charakterisiert das Skotom

Abb. 22 B: SKP, 90° Gesichtsfeld binokular untersucht. Der rot hinterlegte Bereich stellt das Skotom dar, die rote Umrandung begrenzt den sehenden Bereich

Abb. 22 C: Ergebnisdarstellung des MAFOV Tests, 30° Gesichtsfeld, Raster 30S, binokular untersucht. Die Vierecke markieren nicht gesehene Prüfpunkte (vgl. Abb. 14)

Bemerkenswert sind die Lokalisationen der Fehler im MAFOV Test. Diese befinden sich besonders im oberen rechten Quadranten. Im unteren Halbfeld lässt sich kein Unterschied zwischen rechtem und linkem Quadranten feststellen. Die Patientin erreichte einen MAFOV Score von 7,3. Damit erlangte sie nicht das altersentsprechende 24. Perzentil des MAFOV Scores (Tabelle 1). Die Schnittmenge zwischen dem MAFOV Tests und der SAP Untersuchung betrug bei dieser Patientin 42 % (Abb. 26).

Die Probandin zeigte während der Fahrprüfung keinerlei Auffälligkeiten. Beim Autofahren sind vor allem die zentralen 20° des Gesichtsfeldes wichtig. Diese Patientin machte zwar Fehler im zentralen Gesichtsfeld im MAFOV Test, diese fanden sich allerdings vornehmlich im oberen Halbfeld. Trotz ihres Gesichtsfelddefektes hat die Patientin den „on road“ Fahrttest bestanden.

3.3.2. Patient ID 33

Der Proband mit der ID 33 war ein 72-jähriger männlicher Patient. Seit 2004 war durch eine temporo-parietale Ischämie verursachte homonyme Quadrantanopsie im oberen linken Quadranten bekannt (vgl. Abb. 23).

3.3.3. Patient ID 71

Der Patient mit der ID 71 war ein 66-jähriger, männlicher Patient, der seit 1993 an einem Offenwinkelglaukom litt. Der Proband führte seit der Diagnosestellung kein Kraftfahrzeug mehr, war aber weiterhin im Besitz einer Fahrerlaubnis.

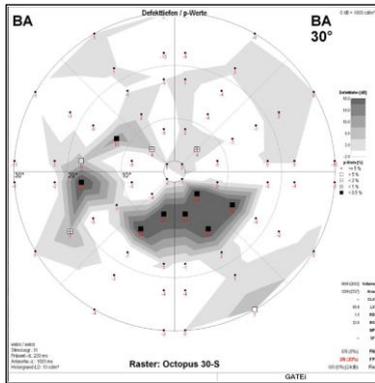


Abb. 24A

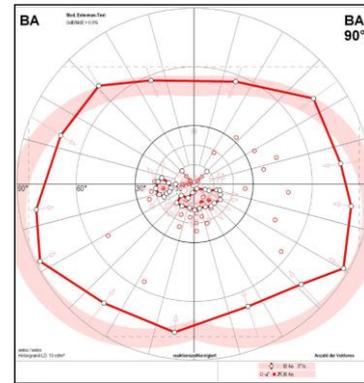


Abb. 24 B

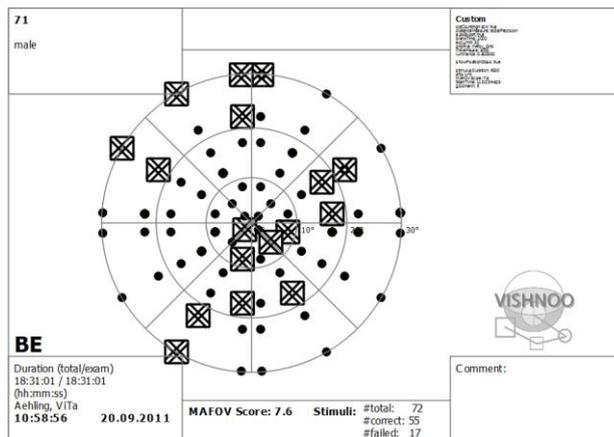


Abb. 24 C

Abb. 24 A: SAP, 30° Gesichtsfeld binokular untersucht, Raster 30S. Der dunkel dargestellt Bereich charakterisiert das Skotom

Abb. 24 B: SKP, 90° Gesichtsfeld binokular untersucht. Der rot hinterlegte Bereich stellt das Skotom dar, die rote Umrandung begrenzt den sehenden Bereich

Abb. 24 C: Ergebnisdarstellung des MAFOV Tests, 30° Gesichtsfeld, Raster 30S, binokular untersucht. Die Vierecke markieren nicht gesehene Prüfpunkte (vgl. Abb. 14)

In der statischen wie auch in der kinetischen Perimetrie erkennt man einen zentrumsnahen bogenförmigen Ausfall in der unteren Gesichtsfeldhälfte (Abb. 24) im Sinne eines Aulhorn II-III Stadiums (Abb. 4). Der MAFOV Test zeigte ein diffuses Fehlerbild mit nicht erkannten Stimuli sowohl im Bereich des Skotoms wie auch außerhalb. Dementsprechend lag die Schnittmenge des MAFOV Tests und der statischen Perimetrie (SAP) bei nur 8 % (Kapitel 3.4.). Der MAFOV Score des

Schnittmenge SAP und
MAFOV 8 %

(Kapitel 2.6.3.). Ausgenommen waren die Instruktionen an die Probanden für die Untersuchung. Die Instruktionen beinhalteten die Erklärung des Testablaufs, sowie die Einstellung des Stuhls auf eine angenehme Sitzhöhe. Ebenfalls von der Untersuchungsdauer ausgenommen war die Zeitdauer des Probetests, bei dem sich der Proband mit der Bedienung des Touchscreens und der Präsentation der Prüfpunkte vertraut machen konnte. Die gesamte Dauer, inklusive Einweisung des Probanden und eines Probetests, betrug zirka 20 Minuten.

3.4. Schnittmenge der SAP und des MAFOV Tests

Die absoluten Defekte aus der automatischen statischen Perimetrie (SAP) am OCTOPUS 101 wurden auf Deckungsgleichheit mit den Fehlern aus dem MAFOV Test überprüft. Da in beiden Untersuchungen das Raster 30S (Abb. 8) als Untersuchungsgrundlage genutzt wurde, konnte somit eine exakte Überprüfung der Antworten der Patienten auf die Prüfpunkte erfolgen. Insbesondere bei Patienten mit Gesichtsfelddefekten sollte hierbei die Kompensationsfähigkeit durch die zugelassene Exploration eruiert werden.

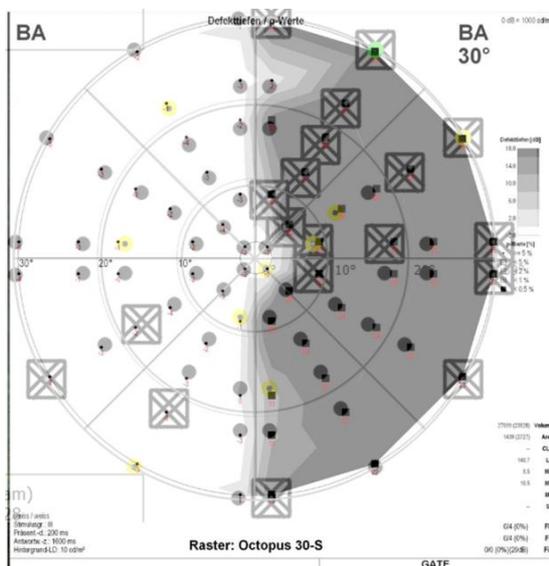


Abb. 26 A:
 Beispiel der Vereinigungsmenge und Schnittmenge durch die Überlagerung der SAP (Untersuchung am OCTOPUS 101, Raster 30S) und dem MAFOV Test (Raster 30S), hier für den Patienten mit der ID 11. In der SAP ist der Gesichtsfelddefekt schwarz hinterlegt dargestellt, die Fehler im MAFOV Test werden als Quadrate mit innenliegendem Kreuz gezeigt. Die Schnittmenge beinhaltet somit die Vierecke mit dem Kreuz in der Mitte, die innerhalb des dunkleren Bereichs der SAP liegen. Dieser Patient erreichte einen MAFOV Score von 7,3 und die Schnittmenge der SAP und des MAFOV Tests lag bei 42% (vgl. auch Abb. 17)

Zur Vergleichbarkeit der Ergebnisse der Patienten untereinander wurde die Schnittmenge in Prozent der Vereinigungsmenge berechnet. Dieser Prozentsatz dient

nicht zur Bewertung eines absoluten Gesichtsfelddefektes, sondern nur zur Beurteilung der Kompensationsfähigkeit innerhalb eines Skotoms durch Exploration.

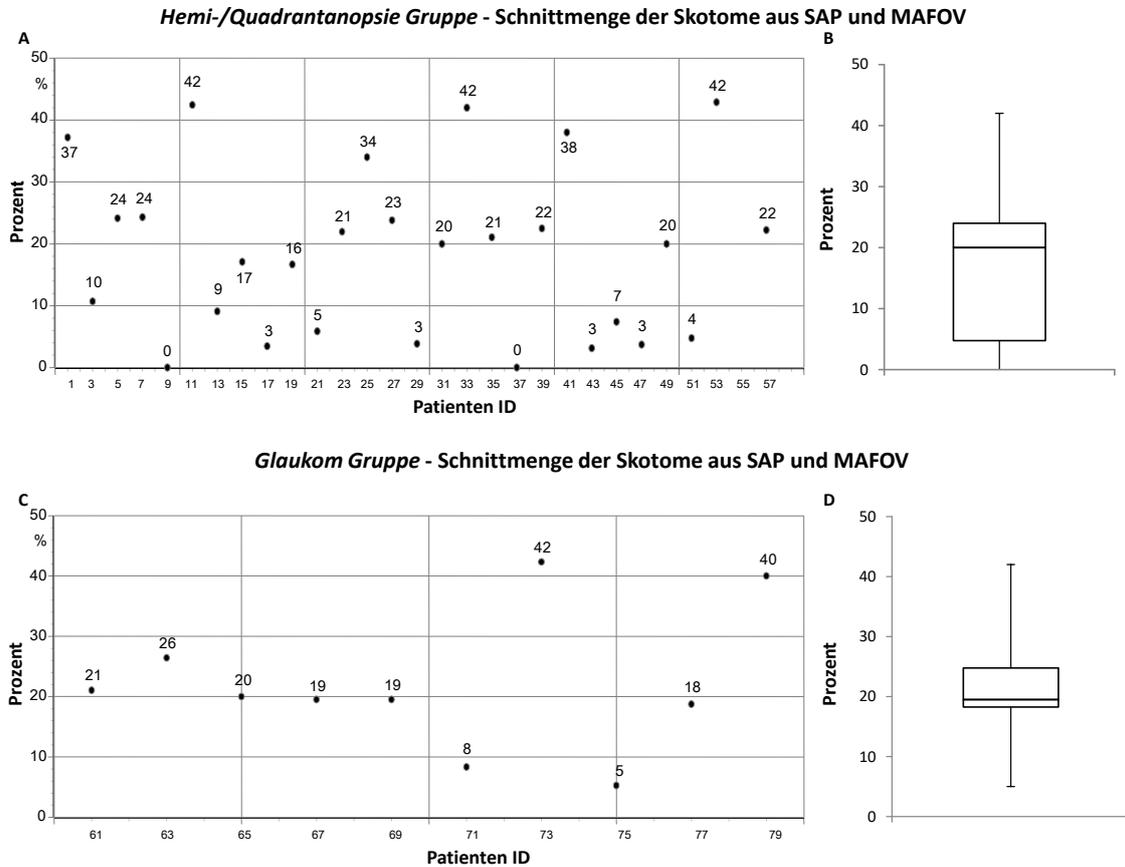


Abb. 26
 Prozentuale Schnittmenge der Skotome aus der SAP und dem Skotom aus dem MAFOV Test in Bezug auf die Vereinigungsmenge. Untersucht wurde für die IDs die Antwort auf jede einzelne Prüfpunktlokalisierung sowohl im SAP als auch im MAFOV. Auf der x-Achse ist die jeweilige Patienten ID aufgeführt. Die Punkte stellen die Schnittmenge der Patienten in Prozent dar und sind mit dem Prozentsatz der Schnittmenge beschriftet.

Abb. 26 A: Prozentuale Schnittmenge der Skotome für die Patienten mit *Hemi-/Quadrantanopsie*, Abb. 27 C: Prozentuale Schnittmengen der Skotome für die Patienten mit *Glaukom*, Abb. 27 B+D: Box-Whisker-Plot der Verteilung der prozentualen Schnittmengen

Abb. 26 zeigt die prozentuale Schnittmenge der Skotome der SAP mit den Fehlerlokalisierungen aus dem MAFOV Test. Die größte errechnete Schnittmenge der beiden gemessenen Skotome lag bei zirka 42 % (ID 11, ID 33, ID 63). Insgesamt fiel auf, dass die Schnittmengen der im MAFOV Test und der SAP ermittelten Skotome sehr heterogen sind: Der Median der Schnittmengen lag bei 20 %, das 1. Quartil bei 7,4 % und das 3. Quartil bei 24,3 %.

3.5. Retest-Reliabilität

Die Retest-Reliabilität wurde für die gesamte Kohorte der Probanden ermittelt. Es wurden die konventionelle statische Perimetrie am OCTOPUS Perimeter 101 und der MAFOV Test auf seine Reliabilität geprüft. Hierzu wurden jeweils die Prüfpunktantworten des ersten Tests auf ihre Konsistenz im zweiten Test geprüft.

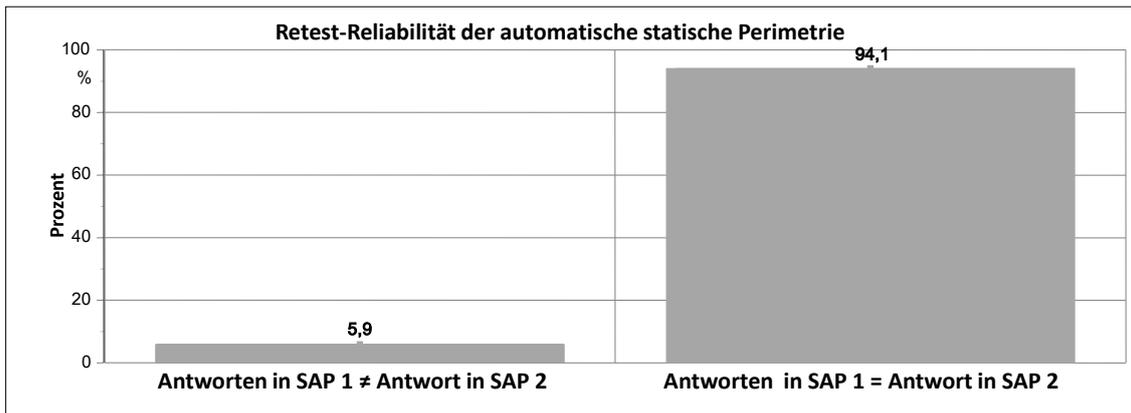


Abb. 27

SAP 1 = standardisierte automatische Perimetrie Visite 1, SAP 2 = automatische statische Perimetrie Visite 2, ca. 94 % der Antworten bezogen auf die einzelnen Prüfpunktlokalisationen waren bei Untersuchung 1 und 2 identisch, ca. 6 % der Antworten fielen unterschiedlich aus

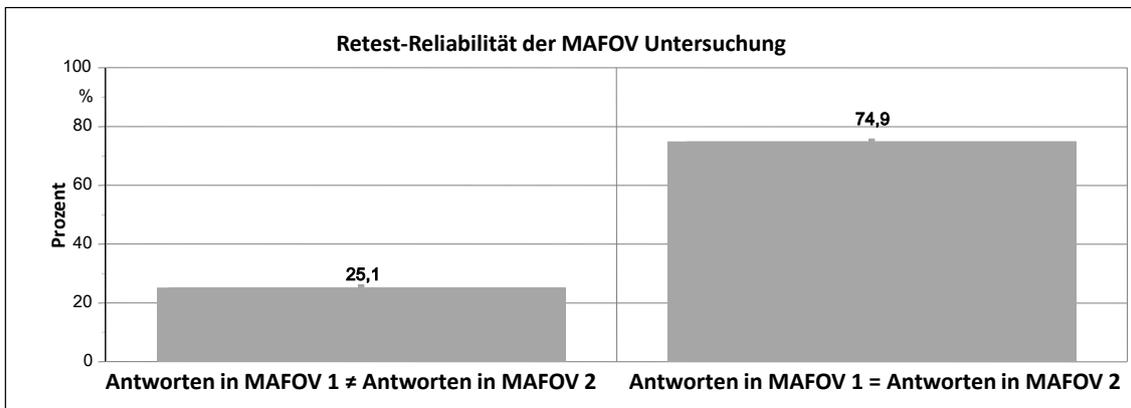
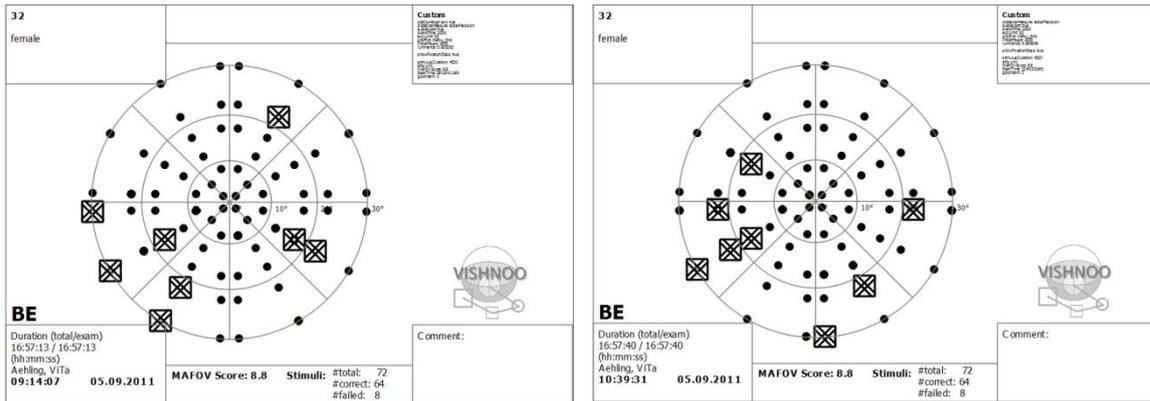


Abb. 28

MAFOV 1 = Modified Attended Field Of View Test Visite 1, MAFOV 2 = Modified Attended Field Of View Test Visite 2, ca. 75 % der Antworten bezogen auf die einzelnen Prüfpunktlokalisationen waren bei Untersuchung 1 und 2 identisch, ca. 25 % der Antworten fielen unterschiedlich aus

Die statische Perimetrie am OCTOPUS 101 erreicht eine Retest-Reliabilität von 94 %. Im MAFOV Test zeigte sich eine Retest-Reliabilität von 75 %, bezogen auf die Prüfpunktlokalisationen. Es gab Probanden, die in beiden Test ähnlich oder gleich viele Fehler gemacht haben, jedoch an unterschiedlichen Lokalisationen. Daher ist trotz eines unterschiedlichen Ergebnisbildes der MAFOV Score gleich oder ähnlich (Abb. 29).



ID 32 – MAFOV Test 1, Score 8,8

ID 32 – MAFOV Test 2, Score 8,8

Abb. 29

Die Ergebnisse der MAFOV Tests der ID 43, einer weiblichen hemianopen Patientin die jeweils 8 Stimuli nicht korrekt bestätigen konnte. Die übersehenen Stimuli waren nicht deckungsgleich, jedoch blieb der Score der Untersuchungen unverändert

Daher wurde zusätzlich zu der ortsbezogenen Antwort auf eine Prüfpunktlokalisierung, der MAFOV Score beider Untersuchungen auf seine Reproduzierbarkeit überprüft. Für die Ergebnisse des MAFOV Scores an der Visite 1 und Visite 2 ergab sich eine Retest-Reliabilität von 88 %. Nachfolgend wurden die Untersuchungsergebnisse aus der ersten und zweiten MAFOV Untersuchung in einem Bland-Altman-Diagramm dargestellt (Abb. 30) (Bland et al., 1986). Der Mittelwert der Differenz zwischen den MAFOV Ergebnissen der ersten und zweiten Untersuchung betrug -0,29. Es gab also keinen Hinweis auf systematische Abweichung zwischen den beiden Untersuchungszeitpunkten. Im Mittel wichen die beiden Untersuchungen kaum voneinander ab, der Übereinstimmungsbereich der beiden Untersuchungen wird durch das Intervall [1,19; -1,77] gegeben. Also werden (unter Voraussetzung einer Normalverteilung der Messwerte) zukünftig etwa 95 % der zu messenden Differenzen in diesem Intervall erwartet.

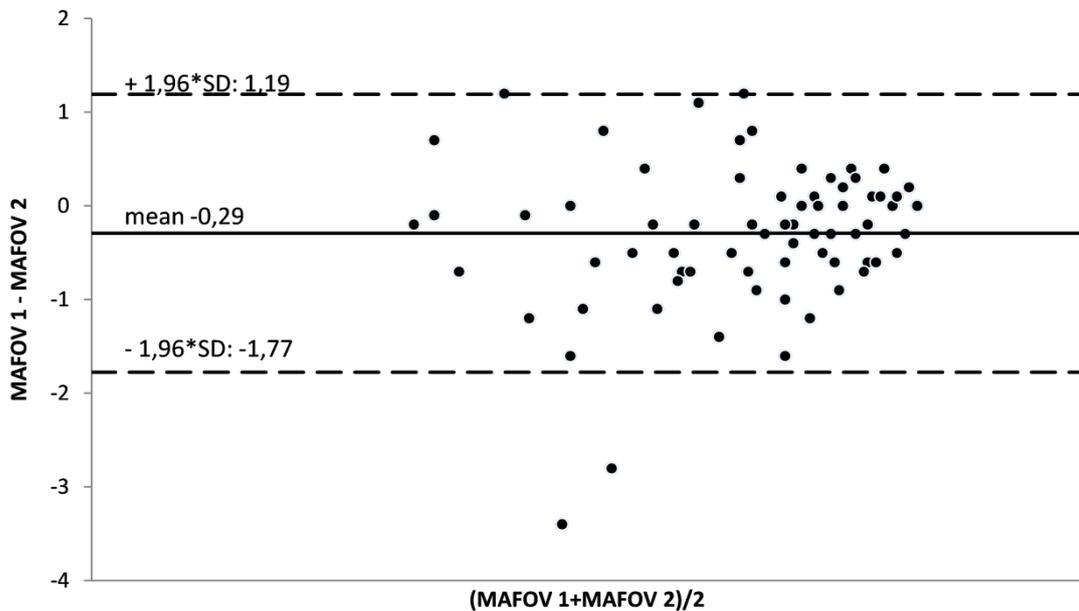


Abb. 30
 Bland-Altman Diagramm der MAFOV Tests 1 und 2. Die schwarze Linie stellt den Mittelwert der Differenzen der beiden Untersuchung dar, die gestrichelten Linien jeweils den Mittelwert der Differenz plus/minus 1,96 x die Standardabweichung der Differenz

3.6. Prognose des MAFOV Score bezüglich einer Fahrprüfung

Das Zusatzexperiment der Fahrprüfung absolvierten 20 Patienten und 20 alters- und geschlechtskorrelierte Normalpersonen. Davon litten 10 Patienten an einer homonymen Hemianopsie und 10 Patienten an einem Glaukom. Insgesamt bestanden 28 Probanden die Fahrprüfung, dies waren 6 der 10 Patienten mit einer homonymen Hemianopsie (60 %), 5 der 10 Glaukompatienten (50 %) und 17 der 20 augengesunden Probanden (85 %).

Abb. 31 zeigt die einzelnen Probandengruppen unterteilt nach bestandener und nicht bestandener Fahrprüfung (on road) mit der jeweiligen Verteilung des MAFOV Scores. Sowohl bei den Patienten mit Glaukom, als auch bei den Patienten mit einer Hemi-/Quadrantanopsie zeigte sich bei den Patienten, die den „on road“ Test nicht bestanden, ein geringerer Median des MAFOV Score.

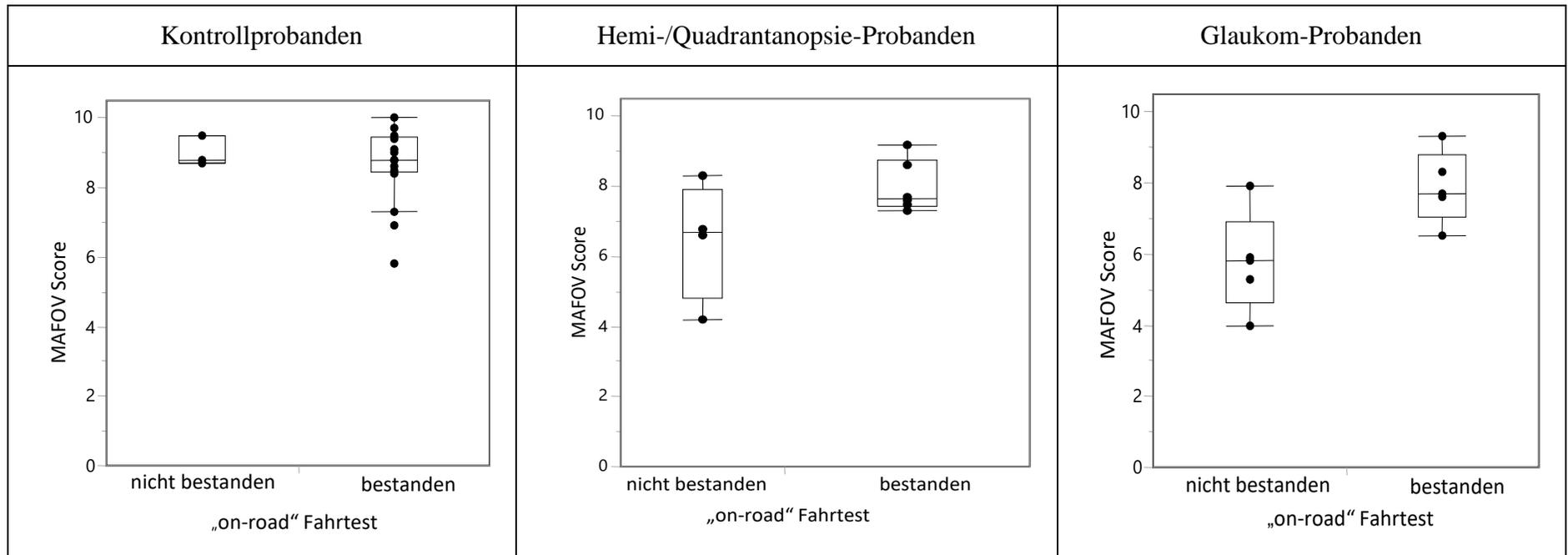


Abb. 31
 Box-Plot Darstellung des MAFOV Scores differenziert nach bestandener und nicht bestandener Fahrprüfung innerhalb der Gruppen der Kontrollprobanden, Hemianopsie-Probanden und Glaukom-Probanden. Jeder einzelne Punkt repräsentiert den jeweiligen MAFOV Score eines Patienten bzw. einer Normalperson. Die „boxes“ geben den Interquartilsabstand an. Die „whiskers“ weisen das 1,5 fache des Quartilsabstandes aus

Des Weiteren wurde getestet, ob Patienten, die einen MAFOV Score unterhalb des „cut-off“ Wertes erreichten (Kapitel 3.2.), häufiger die Fahrprüfung nicht bestanden. Ausgewertet wurden die Scores des MAFOV Tests der Visite 2:

27 Patienten mit einem MAFOV Score oberhalb des „cut-off“ Wertes (hellgrau hinterlegte Felder in Tabelle 4) bestanden die Fahrprüfung. 9 Personen erreichten einen MAFOV Score unterhalb des „cut off“ Wertes, 2 Personen bestanden die Fahrprüfung und 7 Personen bestanden sie nicht. Daraus ergibt sich für den MAFOV Score, in Bezug auf die Vorhersage des Bestehens bzw. Durchfalls im „on road“ Test, eine Spezifität von 93 % und eine Sensitivität von 58 %.

Tabelle 4

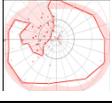
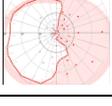
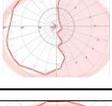
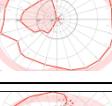
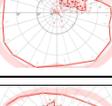
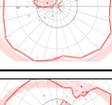
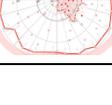
Vierfeldertafeln des Ergebnisses der Fahrprüfung und der Einordnung des MAFOV Scores in Bezug auf das 24. Perzentil des MAFOV Scores der altersbezogenen Normalpersonen jeweils für die Gruppe der Kontrollpersonen, der Hemi-/Quadrantanopsie Patienten und Glaukmpatienten. Hellgrau unterlegt sind jeweils die Felder der Gruppen von Probanden, die einen normwertigen MAFOV Score hatten und die Fahrprüfung bestanden

Kontrollpersonen			
	„on road“ durchgefallen	„on road“ bestanden	
MAFOV Score normal	3	17	20
MAFOV Score pathologisch	0	0	0
	3	17	
Hemi-/Quadrantanopsie Patienten			
	„on road“ durchgefallen	„on road“ bestanden	
MAFOV Score normal	1	6	7
MAFOV Score pathologisch	3	1	4
	4	6	
Glaukmpatienten			
	„on road“ durchgefallen	„on road“ bestanden	
MAFOV Score normal	1	4	5
MAFOV Score pathologisch	4	1	5
	5	5	

3.7. Die Lage der Gesichtsfelddefekte in Bezug auf den „on road“ Fahrtest

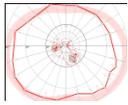
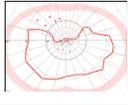
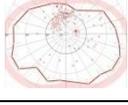
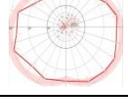
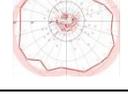
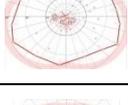
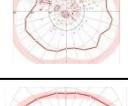
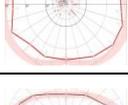
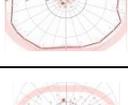
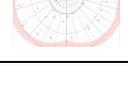
In den unten stehenden Tabellen sind alle Teilnehmer, die an der Fahrprüfung teilgenommen haben und einen Gesichtsfelddefekt aufwiesen, aufgeführt (Tabelle 5 und Tabelle 6). Hiermit sollte ein möglicher Zusammenhang zwischen der Seite des Gesichtsfelddefektes und dem Bestehen der Fahrprüfung untersucht werden. In der Gruppe der Patienten mit einer homonymen Hemianopsie fielen ausschließlich Patienten mit einer rechtshemisphärischen Läsion durch die Fahrprüfung.

Tabelle 5: Übersichtstabelle der an der Fahrprüfung beteiligten Patienten mit homonymer Hemianopsie. Dazu ist aufgelistet in welchem Teil des Gesichtsfeldes das Skotom liegt

ID	Geschlecht (m/w) Alter (J)	Lage des Skotoms	Gesichtsfelddefekt SKP 90°binokulat	„on road“ Fahrtest
1	m, 38	halbseitig links		nicht bestanden
5	m, 72	oberer linker Quadrant		bestanden
7	m, 55	halbseitig rechts		bestanden
11	f, 41	halbseitig rechts		bestanden
15	f, 48	oberer linker Quadrant		nicht bestanden
19	f, 50	oberer rechter Quadrant		bestanden
27	m, 48	oberer linker Quadrant		nicht bestanden
29	f, 38	halbseitig rechts		bestanden

31	f, 63	oberer linker Quadrant		bestanden
33	m, 72	oberer linker Quadrant		nicht bestanden

Tabelle 6: Übersichtstabelle der an der Fahrprüfung beteiligten Patienten mit einem Glaukom. Dazu ist aufgelistet in welchem Teil des Gesichtsfeldes das Skotom liegt

ID	Geschlecht (m/w) Alter (J)	Aulhorn Stadien	Gesichtsfelddefekt SKP 90°binokulat	„on road“ Fahrtest
61	m, 74	zentral, Aulhorn I		bestanden
63	m, 59	oberes Halbfeld, Aulhorn II		nicht bestanden
65	m, 45	oberes Halbfeld, Aulhorn II		bestanden
67	f, 71	zentral, Aulhorn I		nicht bestanden
69	f, 62	zentral unteres Halbfeld, Aulhorn III		bestanden
71	m, 66	zentral unteres Halbfeld, Aulhorn I		bestanden
73	m, 55	zentral oberes Halbfeld, Aulhorn I		nicht bestanden
75	f, 59	zentral, Aulhorn I		nicht bestanden
77	m, 52	zentral, Aulhorn I		bestanden
79	f, 64	zentral, Aulhorn I		nicht bestanden

4. Diskussion

4.1. Der Stand der Forschung

Das Gesichtsfeld eines Patienten wird üblicherweise mittels Perimetrie erfasst. Hier imponieren Patienten mit einem partiellen Funktionsverlust des Gesichtsfeldes mit binokularen Skotomen. Leidet ein Patient zum Beispiel unter einer länger als 12 Monate bestehenden homonymen Hemianopsie kann der Gesichtsfelddefekt durch Augen- (Sakkaden) und Kopfbewegungen kompensiert werden (Pambakian et al., 2000; Zangemeister et al., 1982). Um dies zu unterstützen wird in aller Regel ein Sakkaden-Training angeboten. Der statisch oder kinetisch gemessene Gesichtsfelddefekt verändert sich durch dieses Training jedoch nicht. Dennoch wird die Erledigung von Alltagsaufgaben nach einem derartigen Training als leichter empfunden (Roth et al., 2009; Trauzettel-Klosinski, 2012).

Diese Kompensation des Gesichtsfelddefektes durch Kopf- und Blickbewegungen kann in den meisten perimetrischen Untersuchungen (SAP, SKP) nicht erfasst werden. Diese Untersuchungen sind zwar weitgehend standardisiert, aber hochgradig artifiziell, da im alltäglichen Leben üblicherweise explorative Sakkaden stattfinden (Kasneji et al., 2014b). Sowohl bei der statischen als auch der kinetischen Perimetrie wird der Patient angewiesen, ein Fixationskreuz in der Mitte des Perimeters anzuschauen. Funktionelle Tests, wie zum Beispiel der Useful Field Of View Test (UFOV), arbeiten zwar ebenfalls ohne Augen- oder Kopfbewegungen, versuchen aber dennoch die „periphere“ Wahrnehmung (unter kurzfristiger Darbietung simulataner Reize) zu beurteilen. Der UFOV Test ist ein computerbasierter Test, bestehend aus drei Untertests zur Untersuchung der Verarbeitungsgeschwindigkeit der Probanden, der geteilten Aufmerksamkeit für periphere Prüfreize und der selektiven Aufmerksamkeit für unterschiedliche Prüfreize. Hierdurch wird untersucht, wie viele Informationen ein Proband in einem einzigen Augenblick (UFOV 100 ms) wahrnehmen kann, da die Zeit von 100 ms für eine Augenbewegung/Sakkade nicht ausreicht (Sekuler et al., 2000). Ball et al. bestimmten für die Vorhersage von Autounfällen durch den UFOV Test eine Sensitivität von 89 % und eine Spezifität von 81 % (Ball et al., 1993; Broman et al., 2004; Edwards et al., 2006).

Eine andere wirklichkeitsnahe Möglichkeit der visuellen Funktionstestung bilden jene Untersuchungen, die Sakkaden, Augen- und Kopfbewegungen zulassen. Ein Beispiel hierfür ist der AFOV Test (Coeckelbergh et al., 2004). Dieser Test untersucht das Blickfeld, wobei habituelle Kopf- und Augenbewegungen zugelassen werden (siehe auch Kapitel 1.4.).

Ein weiterer Ansatz zur Untersuchung bildet die Verfolgung der Sakkaden mithilfe einer Kamera. 1987 wurde der Weg von Sakkaden mithilfe des Hornhautreflexes verfolgt. Eine Fixation wurde ab einer Zeit von 200 ms angenommen (Ishiai et al., 1987). Als Stimulus wurden Karten verwendet, auf denen eine horizontale Linie und ein Rechteck abgebildet waren. In aktuelleren Studien erfolgte die Sakkadenverfolgung über eine Kamera, die direkt die Pupille filmte und damit die exakten Bewegungen der Augen analysierte (Bahnemann et al., 2014). In dieser Studie von Bahnemann wurden die Sakkaden im Rahmen einer Fahraufgabe verfolgt und es konnte gezeigt werden, dass die Performance in einer Fahraufgabe nicht mit demographischen Parametern (Alter, Geschlecht) korrelierte. Vielmehr wurde beschrieben, dass Patienten mit besonders gutem Abschneiden eine horizontal breitere Verteilung der Sakkaden, eine höhere Geschwindigkeit und eine Verteilung der Sakkaden zugunsten der blinden Anteile des Gesichtsfeldes zeigten.

Zusätzlich wurde versucht anhand von Routinebildgebung wie CT oder MRT vorherzusagen ob Patienten mit binokularem Gesichtsfelddefekt sicher Autofahren können oder nicht. Die Bildgebung von 16 Probanden wurde durch zwei erfahrene Neuroophthalmologen interpretiert (Vaphiades et al., 2014). Sie sollten eine Vorhersage treffen, ob der Proband sicher Autofahren wird oder nicht. Sowohl die Meinung der Untersucher, als auch die Ergebnisse in einem praktischen Fahrtst zeigten, dass es nicht möglich war anhand der Bildgebung eine treffende Vorhersage zu machen. Allein die Morphologie einer Sehbahnläsion ließ keine Schlüsse auf ihre Auswirkung in der Praxis zu.

Um eine verbesserte Einschätzung zu treffen, inwiefern Blick- und Kopfbewegungen eine Rolle bei der peripheren Wahrnehmung spielen, werden weitere klinische Tests benötigt. Diese sollten es behandelnden Ärzten ermöglichen, die Kompensationen von Gesichtsfelddefekten seitens der Betroffenen abzuschätzen.

4.2. MAFOV Test

Der MAFOV Test ist eine neue Messmethode, wodurch die Kompensation eines Gesichtsfelddefektes durch den Patienten charakterisiert werden soll. Bisherige Verfahren zur Untersuchung der peripheren Wahrnehmung und des Blickverhaltens von Patienten mit binokularem Gesichtsfelddefekt sind zum Beispiel der AFOV-Test (Coeckelbergh et al., 2002), UFOV-Test (Ball et al., 1993) und verschiedenste Fahrsimulationen (Bahnemann et al., 2014; Bowers et al., 2009; Kasneci et al., 2014a; T. C. Kübler et al., 2015a; Szlyk et al., 1993) (Kapitel 4.1.).

Ziel dieser Arbeit war eine Evaluation der Kompensationsmechanismen von Patienten mit Gesichtsfelddefekt mittels eines im klinischen Alltag potentiell durchführbaren Tests. Berücksichtigt wurden in dieser Studie Patienten, die aufgrund eines Offenwinkelglaukoms oder einer post-chiasmalen Sehbahnläsion einen binokularen Gesichtsfelddefekt aufwiesen (Kapitel 1.3). Die Ergebnisse des MAFOV Tests zeigten, dass die Testleistung (MAFOV Score) mit dem Alter abnimmt. Diese altersbezogene Entwicklung zeigte sich in allen Patientengruppen (Patienten mit homonymer Hemianopsie, Glaukompatienten und Kontrollprobanden). Dieses Phänomen ist übereinstimmend mit Ergebnissen des AFOV Tests (Kapitel 1.4.) (Coeckelbergh et al., 2004) und zeigt, dass das visuelle Explorationsvermögen mit steigendem Alter nachlässt. Zu diesen Schlussfolgerungen kamen ebenfalls die Ergebnisse weiterer Studien, die zeigten, dass ältere Menschen Schwierigkeiten haben können, Umrisse und Formen zu erkennen (Blake et al., 2008), eine Kollision vorherzusehen (Andersen et al., 2000) und Bewegungen wahrzunehmen (Billino et al., 2008).

4.2.1. Vergleich des MAFOV Tests mit der SAP

Um zu untersuchen wie hoch der Prozentsatz der im MAFOV gemachten Fehler innerhalb des vorhandenen binokularen Skotoms sind, erfolgte die Berechnung der Schnittmenge der Fehler aus dem MAFOV Test mit den absoluten Defekten der automatischen statischen Perimetrie. Die Verteilung der Fehler der einzelnen Probanden war sehr heterogen. Nicht wahrgenommene Prüfpunkte lagen also sowohl innerhalb als auch außerhalb des statisch gemessenen Skotoms. Dass Prüfreize (in dieser Arbeit ein Landolt-Ring) im binokular deckungsgleich ausgefallenen Gesichtsfeldbereich und sogar im „blinden“ Halbfeld gesehen wurden, ist auf das Explorationsverhalten der

Probanden zurückzuführen. Diese Ergebnisse bestätigen bisherige Erkenntnisse aus Studien zum kompensatorischen Blickverhalten von Patienten mit einem binokularen Gesichtsfelddefekt (Pambakian et al., 2000). Einige dieser Patienten suchten vornehmlich in ihrem „blinden“ Halbfeld und generierten dadurch mehr visuelle Informationen (Ishiai et al., 1987; Zihl, 1995). Die Fähigkeit der Kompensation eines Gesichtsfelddefektes scheint daher nicht allein von der Größe und Lokalisation eines statisch gemessenen Skotoms abhängig zu sein. Vielmehr ist das explorative Blickverhalten mit einer gleichmäßigen Verteilung der Sakkaden über beide Gesichtsfeldbereiche verantwortlich für eine Wahrnehmung der Prüfpunkte.

4.2.2. Retest-Reliabilität des MAFOV Tests und der SAP

Für den MAFOV Score ergab sich eine Retest-Reliabilität von 89 % (Abb. 30). Der Mittelwert der Differenz zwischen den MAFOV Ergebnissen der ersten und zweiten Untersuchung, dargestellt im Bland-Altman Diagramm, zeigt zudem nur eine minimale Abweichung von null (Abb. 30). Somit zeigen sowohl die Retest-Reliabilität als auch die Analyse im Bland-Altman Diagramm, dass die Ergebnisse reproduzierbar sind. Die Reliabilität, bezogen auf die Prüfpunktlokalisationen hingegen lag mit 74 % (Abb. 28), etwas niedriger. In den beiden Untersuchungen detektierten die Patienten zirka gleichviele Punkte nicht. Diese nicht gesehenen Punkte lagen jedoch an unterschiedlichen Prüforten des Rasters. Die geringere Prüfort-bezogene Retest-Reliabilität des MAFOV Tests (nicht des Scores) wird demnach durch das Zulassen von explorativen Blickbewegungen/Sakkaden mitbedingt und trägt dazu bei, dass die Vergleichbarkeit mit der SAP limitiert ist.

Die automatische standardisierte Perimetrie erreichte in dieser Studie eine Retest-Reliabilität von 94 %. Eine hohe Retest-Reliabilität für diese Untersuchung wurde erwartet, da eine Blickfixierung auf die Mitte des Perimeters vorgegeben ist.

4.3. Prognose für den „on road“ Fahrtst durch den MAFOV Score

In dieser Studie wurde ermittelt, ob der altersspezifische MAFOV Score eine Vorhersage über das Abschneiden in einem „on road“ Fahrtst machen kann. Für den MAFOV Test wurde angenommen, dass Patienten, die mehr Sakkaden machten, auch einen besseren MAFOV Score erreichten. Es war daher zu erwarten, dass bei einem

MAFOV Score oberhalb eines bestimmten „cut-off“ Wertes eine Vorhersage über das positive Abschneiden in einem „on road“ Fahrtst gemacht werden konnte. Nach Ermittlung des „cut-off“ Wertes mittels ROC-Analyse konnte diese Erwartung bestätigt werden (Tabelle 4). Bei einem „cut-off“ Wert entsprechend des 24. Perzentils wies der MAFOV Score in Bezug auf das Bestehen der Fahrprüfung eine Spezifität von 93 % und eine Sensitivität von 58 % auf. Die in diesem Fall gegebene Spezifität des MAFOV Scores besagte, dass der Test durchaus dafür geeignet ist einen Probanden bezüglich des Bestehens einer Fahrprüfung zu identifizieren. Wurde der „cut-off“ Wert nicht erreicht, konnte der Test, aufgrund der niedrigen Sensitivität nicht sicher das Ergebnis eines „on road“ Tests vorhersagen. Daher müssten in diesem Fall weitere Tests zur Evaluation der Fahrtauglichkeit angeschlossen werden.

Die in dieser Studie am „on road“ Test teilnehmenden Personen waren rein zufällig ausgewählt. In Bezug auf das Alter, Geschlecht oder Größe und Lage des Skotoms gab es keine gleichmäßige Verteilung. Es fehlten zudem Patienten in der Altersgruppe 20-29 Jahre. Es ist zu berücksichtigen, dass diese Ergebnisse aufgrund der kleinen Studienpopulation (20 Patienten und 20 Normalpersonen) sicherlich nur bedingt aussagekräftig sind. Jedoch ist das Ergebnis des MAFOV Tests ein weiterer Hinweis darauf, dass Patienten ihren Gesichtsfelddefekt mit Sakkaden kompensieren können.

4.3.1. Analyse der Patienten mit homonymer Hemianopsie

Bislang konnte gezeigt werden, dass Patienten mit einem homonymen Gesichtsfelddefekt ihre eigene Fahrtauglichkeit nicht suffizient einschätzen (Parker et al., 2011). Zudem variierten die Bestehensquoten von Patienten mit homonymen Gesichtsfelddefekten, die an einer „on road“ Studie teilnahmen, zwischen 17 % und 73 % (Szlyk et al., 1993) (Wood et al., 2009). Ebenso zeigte sich, dass Patienten mit einer homonymen Hemianopsie signifikant häufiger stehende oder sich bewegende Objekte auf der Seite des Gesichtsfelddefektes übersehen (Alberti et al., 2014).

Die in dieser Arbeit gezeigten Ergebnisse bezüglich der Bestehensquote im Fahrtst bestätigten die Ergebnisse der Studie von Wood. Insgesamt bestanden 60 % der Patienten mit einer Hemianopsie den „on road“ Test (Kasneci et al., 2014a). Diese Ergebnisse waren ebenfalls kongruent zu einer Studie aus den Niederlanden, in der Probanden mit einer homonymen Hemianopsie, die sich beim niederländischen

Verkehrsamt zur erneuten Führerscheinprüfung vorstellten, untersucht wurden (de Haan et al., 2014). Die Studie von de Haan ähnelte im Versuchsaufbau der Fahrprüfung dieser Arbeit. Die praktische Prüfung dauerte zirka 45 Minuten und enthielt sowohl städtische, als auch ländliche Fahrstreckenanteile. Eine 57 Fakten enthaltende Checkliste wurde während der Fahrt durch einen Fahrprüfer ausgefüllt. 26 Patienten, die die rechtliche Voraussetzung zum Erwerb der Fahrerlaubnis hatten, wurden in einem Praxistest auf ihre Fahrtauglichkeit hin getestet. 50 % der Probanden erhielten nach Bestehen dieser Fahrprüfung eine Fahrerlaubnis für einen befristeten Zeitraum von 5 Jahren. Die hier aufgeführten Studien, sowie die Ergebnisse dieser Arbeit bestätigen, dass einige Patienten mit homonymer Hemianopsie durch eine gute Exploration in der Lage sind ein Kraftfahrzeug zu führen (Szlyk et al., 1993; Wood et al., 2009).

4.3.1.1. Das Bestehen der Fahrprüfung in Abhängigkeit der Defektseite

Es ist bekannt, dass Patienten, die eine rechtsseitige Hirnläsion durch eine Blutung, Ischämie oder einen Tumor erleiden, häufiger einen Neglect ausbilden (Li et al., 2015; Parton et al., 2004; Stone et al., 1993). Ebenso zeigen diese Patienten langsamere Reaktionszeiten, Verarbeitungsschwierigkeiten der Sprache und weniger häufig eine spontane Verbesserung der Funktionsausfälle nach dem schädigenden Ereignis (Egelko et al., 1989). In dieser Arbeit war ein Neglect ein Ausschlusskriterium. Getestet wurde mittels Navon Figuren (Navon, 1977) und weiteren „paper and pencil“ Tests, wie zum Beispiel dem Abzeichnen von Figuren, dem Zeichnen symmetrischer Symbole sowie dem Lesen und Schreiben (Azouvi et al., 2002; Hartman-Maeir et al., 1995).

Die Probanden, die in dieser Arbeit den „on road“ Test nicht bestanden, hatten alle eine rechtshemisphärische Läsion und damit kongruent einen Linksseitenausfall des Gesichtsfeldes. Bisherige Studien zeigten, dass Patienten mit rechtshemisphärischen Läsionen ausgeprägtere räumliche Sehdefizite haben und daher ist anzunehmen, dass diese Patienten häufiger Gefahrensituationen (insbesondere Gegenverkehr auf der linken Seite) übersehen könnten (Korner-Bitensky et al., 2000; Meerwaldt, 1983). In bisherigen „on road“ Studien wurden bislang keine signifikanten Unterschiede zwischen Patienten mit rechts- oder linkehemisphärischer Läsion festgestellt (Bowers et al., 2009; Papageorgiou et al., 2012; Szlyk et al., 1993; Wood et al., 2009; Zihl, 1995).

4.3.2. Analyse der Patienten mit Glaukom

Für die Glaukmpatienten waren die Ergebnisse ähnlich wie die in Kapitel 4.3. aufgeführten Ergebnisse für die Patienten mit homonymer Hemianopsie. In der MAFOV Studie bestanden 50 % der Probanden den „on road“ Test. Dies ist vergleichbar mit den Ergebnissen einer Studie von Szlyk et al., in der kein Unterschied in der Unfallrate von Glaukmpatienten und augengesunden Personen detektiert wurde (Szlyk et al., 2002). Ähnliche Ergebnisse zeigte die Gruppe um Haymes et al., die mittels eines „on road“ Tests 20 Patienten mit einem Glaukom und 20 alters- und geschlechtskorrelierte Normalpersonen untersuchten. 60 % der Patienten mit Glaukom, aber nur 20 % der augengesunden Personen hatten kritische Situationen während der Fahrt (Haymes et al., 2008). Die Kompensation eines binoklaren Gesichtsfelddefektes konnte ebenfalls in einer anderen Untersuchung, in welcher Patienten nicht am Straßenverkehr teilnahmen, sondern eine standardisierte Simulatorfahrt absolvierten gezeigt werden. Während der Simulatorfahrt machten die Patienten mit einem binokularen Gesichtsfelddefekt mehr Sakkaden als die untersuchten augengesunden Patienten (T. C. Kübler et al., 2015a; T. Kübler et al., 2015b). Analog dazu konnten Beobachtungen in einer Studie bezüglich einer Suchaufgabe in einem Supermarkt gemacht werden. Die Patienten mit Glaukom explorierten mehr im Bereich ihres Gesichtsfelddefektes und konnten somit ähnliche Ergebnisse wie augengesunde Normalpersonen erreichen (Sippel et al., 2014).

5. Zusammenfassung

Ziel: Grundlage dieser Dissertation war es, Patienten mit einem binokularem Gesichtsfelddefekt mittels eines neu entwickelten Untersuchungsmodells, dem Modified Attended Field of View (MAFOV) Test zu untersuchen. Die Ziele dieser Untersuchungen waren (i) die Etablierung eines Bewertungsverfahrens (MAFOV Score) einschließlich altersspezifischer Normwerte, (ii) der Vergleich der MAFOV Ergebnisse mit der automatischen standardisierten Perimetrie (SAP), (iii) die Erfassung der Testdauer, (iv) die Ermittlung der Retest-Reliabilität und (v) die Bestimmung der Spezifität und Sensitivität des MAFOV Scores bezüglich des Bestehens eines „on road“ Fahrtests.

Methoden: An den Untersuchungen nahmen insgesamt 76 Personen teil (34 Frauen, 42 Männer, Alter von 23 – 75 Jahren, Median: 54 Jahre), wovon 38 Patienten einen binokularen Gesichtsfelddefekt aufwiesen (28 Personen mit postchiasmalem Sehbahndefekt und daraus resultierender homonymer Hemi-/Quadrantanopsie (HH) sowie 10 Patienten mit Glaukom (GL)), 38 Personen fungierten als alters-/geschlechtskorrelierte Kontrollprobanden (KP). Beim MAFOV Test musste an einem berührungssensitiven Bildschirm, dem Elo 4200L TouchMonitor (Tyco Electronics, Schaffhausen, CH) ein einzelner Landolt Ring, als Element eines Rasters von geschlossenen Ringen, durch Fingerzeig auf den Monitor-Ort lokalisiert werden. Die Probanden sollten bei fixiertem Kopf, mittels Augenbewegungen den Bildschirm absuchen. Aus der Anzahl und Lokalisation der Fehlantworten wurde ein sogenannter MAFOV Score abgeleitet: 0 (sehr schlecht) –10 (optimal). Werte oberhalb des 24. Perzentils („cut-off“) des MAFOV Scores der jeweiligen Altersdekade wurden als normal definiert.

Die SAP erfolgte am OCTOPUS 101 (HAAG-STREIT, Köniz, CH). Beide Untersuchungen (MAFOV und SAP) nutzten das Raster 30S (72 Prüfpunkte in polarer Anordnung, Exzentrizität 30°). Die Prüfpunktantworten aus der SAP und dem MAFOV Test wurden bezüglich ihrer Übereinstimmung verglichen: 0 % (keine Kongruenz) – 100 % (totale Kongruenz).

Für eine Subgruppe der Patienten (10 Pat. mit HH, 10 Pat. mit GL und 20 KP) wurde ein „on road“ Test (45 minütige Autofahrt), vergleichbar mit einer Fahrschulprüfung

durchgeführt. Der Fahrlehrer war über den ophthalmologische Status der Versuchsperson informiert. Der bezüglich des ophthalmologischen Status verblindete Fahrprüfer bewertete die Prüfung mit „bestanden“ oder „nicht bestanden“.

Ergebnisse: Alle nachfolgenden Angaben stellen den Median sowie das (1. Quartil; 3 Quartil) dar. (i) Die MAFOV Scores für die Patientenaltersgruppen betragen: 20-29 J.: KP: 10,0 (10,0; 10,0), HH: 8,7 (8,6;8,9); 30-39 J.: KP: 9,3 (9,0; 9,6); HH:8,6 (7,5; 8,6); 40-49 J.: KP: 9,5 (9,1; 9,8); HH: 7,8 (7,1; 8,5); GL:7,7 (7,7; 7,7), 50-59 J.: KP: 9,1 (8,9; 9,6); HH: 7,1 (6,1; 7,5); GL: 7,0 (5,4; 8,4); 60-69 J.: KP: 8,6 (8,3; 8,9); HH: 7,5 (5,8; 7,6); GL: 6,5 (6,2; 7,1); 70-79 J.: KP: 8 (7,1; 8,6); HH: 7,5 (5,9; 7,8); GL: 6,8 (6,1; 7,6), (ii) Die Übereinstimmung der Lage der Skotome im MAFOV Test und in der SAP betrug im Median 20 % (7,4 %; 24,3 %). (iii) Die Retest-Reliabilität der einzelnen Prüfpunkte des Rasters 30S im MAFOV Test betrug 75 %, die Retest-Reliabilität des MAFOV Scores 88 %. (iv) Im Median betrug die Testdauer 7,2 Minuten (6,4 Minuten; 7,4 Minuten). (v) In Bezug auf die Vorhersage des Bestehens der Fahrprüfung ergab sich bei einer Spezifität von 93 % eine Sensitivität von 58 %.

Schlussfolgerung: Der MAFOV Test ist ein Verfahren zur Untersuchung der visuellen Explorationsfähigkeit. Seine Vorhersagefähigkeit in Bezug auf das Bestehen einer Fahrprüfung ist in der aktuellen Form jedoch begrenzt. Um die Sensitivität des MAFOV Tests zu steigern, wäre eine Wiederholung der Untersuchung mit modifiziertem Prozessablauf in Betracht zu ziehen. Hierbei wäre insbesondere eine Veränderung der Dauer des Prüfreizes, dessen Morphologie sowie dessen Leuchtdichte zu testen.

6. Literaturverzeichnis

- Alberti, C. F., Peli, E., & Bowers, A. R.** (2014). Driving With Hemianopia: III. Detection of Stationary and Approaching Pedestrians in a Simulator. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 55(1), 368-374
- Andersen, G. J., Cisneros, J., Saidpour, A., & Atchley, P.** (2000). Age-related differences in collision detection during deceleration. *Psychology and aging*, 15(2), 241-252
- Aulhorn, E.** (1969). Visual field in glaucoma. *Ophthalmologica*, 158(5), 469-487
- Azouvi, P., Samuel, C., Louis-Dreyfus, A., Bernati, T., Bartolomeo, P., Beis, J. M., Chokron, S., Leclercq, M., Marchal, F., Martin, Y., De Montety, G., Olivier, S., Perennou, D., Pradat-Diehl, P., Prairial, C., Rode, G., Sieroff, E., Wiart, L., & Rousseaux, M.** (2002). Sensitivity of clinical and behavioural tests of spatial neglect after right hemisphere stroke. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 73(2), 160-166
- Bach, M.** (1996). The Freiburg Visual Acuity test-automatic measurement of visual acuity. *Optometry and Vision Science*, 73(1), 49-53
- Bahnemann, M., Hamel, J., De Beukelaer, S., Ohl, S., Kehler, S., Audebert, H., Kraft, A., & Brandt, S. A.** (2014). Compensatory eye and head movements of patients with homonymous hemianopia in the naturalistic setting of a driving simulation. *Journal of Neurology*, 262(2), 316-325
- Ball, K., Owsley, C., Sloane, M. E., Roenker, D. L., & Bruni, J. R.** (1993). Visual attention problems as a predictor of vehicle crashes in older drivers. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 34(11), 3110-3123
- Billino, J., Bremmer, F., & Gegenfurtner, K. R.** (2008). Differential aging of motion processing mechanisms: evidence against general perceptual decline. *Vision Research*, 48(10), 1254-1261
- Blake, R., Rizzo, M., & McEvoy, S.** (2008). Aging and perception of visual form from temporal structure. *Psychology and Aging*, 23(1), 181-189
- Bland, J. M., & Altman, D. G.** (1986). Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet*, 1(8476), 307-310
- Bowers, A. R., Mandel, A. J., Goldstein, R. B., & Peli, E.** (2009). Driving with hemianopia, I: Detection performance in a driving simulator. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 50(11), 5137-5147
- Broman, A. T., West, S. K., Muñoz, B., Bandeen-Roche, K., Rubin, G. S., & Turano, K. A.** (2004). Divided visual attention as a predictor of bumping while walking: The Salisbury Eye Evaluation. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 45(9), 2955-2960
- Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung.** (2010). Fahrerlaubnisverordnung. *Bundesgesetzblatt I, S. 1980*, 13.12.2010, 82-86
- Büttner, U., & Büttner-Ennever, J. A.** (2006). Present concepts of oculomotor organization. *Progress in Brain Research*, 151, 1-42
- Chan, E. W., Chiang, P. P., Liao, J., Rees, G., Wong, T. Y., Lam, J. S., Aung, T., & Lamoureux, E.** (2015). Glaucoma and associated visual acuity and field loss significantly affect glaucoma-specific psychosocial functioning. *Ophthalmology*, 122(3), 494-501
- Coeckelbergh, T. R., Cornelissen, F. W., Brouwer, W. H., & Kooijman, A. C.** (2002). The effect of visual field defects on eye movements and practical fitness to drive. *Vision Research*, 42(5), 669-677
- Coeckelbergh, T. R., Cornelissen, F. W., Brouwer, W. H., & Kooijman, A. C.** (2004). Age-related changes in the functional visual field: further evidence for an inverse Age x Eccentricity effect. *The Journal of Gerontology. Series B, Psychological Sciences and Social Sciences*, 59(1), 11-18

- Crabb, D. P., Smith, N. D., Rauscher, F. G., Chisholm, C. M., Barbur, J. L., Edgar, D. F., & Garway-Heath, D. F.** (2010). Exploring Eye Movements in Patients with Glaucoma When Viewing a Driving Scene. *PLoS One*, 5(3), e9710
- de Haan, G. A., Melis-Dankers, B. J., Brouwer, W. H., Bredewoud, R. A., Tucha, O., & Heutink, J.** (2014). Car driving performance in hemianopia: an on-road driving study. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 55(10), 6482-6489
- Edwards, Jerri D., Ross, Lesley A., Wadley, Virginia G., Clay, Olivio J., Crowe, Michael, Roenker, Daniel L., & Ball, Karlene K.** (2006). The useful field of view test: Normative data for older adults. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 21(4), 275-286
- Egelko, S., Simon, D., Riley, E., Gordon, W., Ruckdeschel-Hibbard, M., & Diller, L.** (1989). First year after stroke: tracking cognitive and affective deficits. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 70(4), 297-302
- EGS, European Glaucoma Society.** (2014). Terminology and Guidelines for Glaucoma of the European Glaucoma Society. *British Journal of Ophthalmology*, 4th edition(101), 73-127
- Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R.** (1975). "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12(3), 189-198
- Gall, C., & Franke, G.H.** (2008). Lebensqualität - Methodische und klinisch praktische Aspekte mit einem Fokus auf die Augenheilkunde. *Der Ophthalmologe*, 105, 7727-7734
- Gall, C., Müller, I., Kaufmann, C., Franke, G.H., & Sabel, B.A.** (2007). Zerebral bedingte Gesichtsfelddefekte aus Patientensicht. *Nervenarzt*, 1-9
- Goldmann, H.** (1945). Fundamentals of exact perimetry. *Ophthalmologica*, 109, 57-70
- Grehn, F.** (2011). Augenheilkunde (Vol. 31). *Berlin: Springer Medizin Verlag GmbH*
- Greiner, M., Pfeiffer, D., & Smith, R. D.** (2000). Principles and practical application of the receiver-operating characteristic analysis for diagnostic tests. *Preventive Veterinary Medicine*, 45(1-2), 23-41
- Hartman-Maeir, A., & Katz, N.** (1995). Validity of the Behavioral Inattention Test (BIT): relationships with functional tasks. *The American Journal of Occupational Therapy*, 49(6), 507-516
- Haymes, S. A., LeBlanc, R. P., Nicoleta, M. T., Chiasson, L. A., & Chauhan, B. C.** (2008). Glaucoma and on-road driving performance. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 49(7), 3035-3041
- Hooge, I. T., & Erkelens, C. J.** (1999). Peripheral vision and oculomotor control during visual search. *Vision Research*, 39(8), 1567-1575
- Human Brain Network.** (2012). Sehorgan. Zugriff am: 30.03.2017, verfügbar unter: <http://teaching.thehumanbrain.info/neuroanatomie.php?kap=20>
- Ishiai, Sumio, Furukawa, Tetsuo, & Tsukagoshi, Hiroshi.** (1987). Eye-fixation patterns in homonymous hemianopia and unilateral spatial neglect. *Neuropsychologia*, 25(4), 675-679
- Kasneji, E., Sippel, K., Aehling, K., Heister, M., Rosenstiel, W., Schiefer, U., & Papageorgiou, E.** (2014a). Driving with binocular visual field loss? A study on a supervised on-road parcours with simultaneous eye and head tracking. *PLoS One*, 9(2), e87470
- Kasneji, E., Sippel, K., Heister, M., Aehling, K., Rosenstiel, W., Schiefer, U., & Papageorgiou, E.** (2014b). Homonymous Visual Field Loss and Its Impact on Visual Exploration: A Supermarket Study. *Translational Vision Science & Technology*, 3(6), 2
- König, S., Tonagel, F., Schiefer, U., Bach, M., & Heinrich, S. P.** (2014). Assessing visual acuity across five disease types: ETDRS charts are faster with clinical outcome comparable to Landolt Cs. *Graefes Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology* 252(7), 1093-1099

- Korner-Bitensky, N. A., Mazer, B. L., Sofer, S., Gelina, I., Meyer, M. B., Morrison, C., Tritch, L., Roelke, M. A., & White, M.** (2000). Visual testing for readiness to drive after stroke: a multicenter study. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 79(3), 253-259
- Kübler, T. C., Kasneci, E., Rosenstiel, W., Heister, M., Aehling, K., Nagel, K., Schiefer, U., & Papageorgiou, E.** (2015a). Driving with Glaucoma: Task Performance and Gaze Movements. *Optometry and Vision Sciences*, 92(11), 1037-1046
- Kübler, T., Kasneci, E., Rosenstiel, W., Aehling, K., Heister, M., Nagel, K., Schiefer, U., & Papageorgiou, E.** (2015b). Driving with Homonymous Visual Field Defects: Driving Performance and Compensatory Gaze Movements. *Journal of Eye Movement Research*, 8(12), 1-11
- Lachenmayr, B.** (1995). Sehen und Gesehen werden: Sicher unterwegs im Straßenverkehr. Aachen: Shaker Verlag
- Lachenmayr, B.** (2003). Anforderungen an das Sehvermögen des Kraftfahrers. *Deutsches Ärzteblatt International*, 100(10), 624-634
- Lachenmayr, B.** (2012). Begutachtung in der Augenheilkunde: mit Beiträgen zahlreicher Fachwissenschaftler. Berlin: Springer Medizin Verlag GmbH
- Li, K., & Malhotra, P. A.** (2015). Spatial neglect. *Practical Neurology*, 15(5), 333-339
- Linksz, A.** (1966). The Farnsworth panel D-15 test. *American Journal of Ophthalmology*, 62(1), 27-37
- Luithardt, A. F., Meisner, C., Monhart, M., Krapp, E., Mast, A., & Schiefer, U.** (2015). Validation of a new static perimetric thresholding strategy (GATE). *The British Journal of Ophthalmology*, 99(1), 11-15
- Maioli, C., Benaglio, I., Siri, S., Sosta, K., & Cappa, S.** (2001). The integration of parallel and serial processing mechanisms in visual search: evidence from eye movement recording. *The European Journal of Neuroscience*, 13(2), 364-372
- McDonald, S. A., Spitsyna, G., Shillcock, R. C., Wise, R. J., & Leff, A. P.** (2006). Patients with hemianopic alexia adopt an inefficient eye movement strategy when reading text. *Brain : a journal of neurology*, 129(Pt 1), 158-167
- Meerwaldt, J. D.** (1983). Spatial disorientation in right-hemisphere infarction: a study of the speed of recovery. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 46(5), 426-429
- Navon, D.** (1977). Forest before trees: The precedence of global features in visual perception. *Cognitive Psychology*, 9, 353-383
- Pambakian, A., & Kennard, C.** (1997). Can visual function be restored in patients with homonymous hemianopia? *British Journal of Ophthalmology*, 81(4), 324-328
- Pambakian, A., Wooding, D., Patel, N., Morland, A., Kennard, C., & Mannan, S.** (2000). Scanning the visual world: a study of patients with homonymous hemianopia. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 69(6), 751-759
- Papageorgiou, E., Hardiess, G., Mallot, H. A., & Schiefer, U.** (2012). Gaze patterns predicting successful collision avoidance in patients with homonymous visual field defects. *Vision Research*, 65, 25-37
- Papageorgiou, E., Hardiess, G., Schaeffel, F., Wiethoelter, H., Karnath, H. O., Mallot, H., Schoenfish, B., & Schiefer, U.** (2007). Assessment of vision-related quality of life in patients with homonymous visual field defects. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 245(12), 1749-1758
- Parker, Walter T., McGwin, Gerald, Wood, Joanne M., Elgin, Jennifer, Vaphiades, Michael S., Kline, Lanning B., & Owsley, Cynthia.** (2011). Self-Reported Driving Difficulty by Persons with Hemianopia and Quadrantanopia. *Current Eye Research*, 36(3), 270-277
- Parton, A., Malhotra, P., & Husain, M.** (2004). Hemispatial neglect. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 75(1), 13-21

- Quigley, H. A., & Broman, A. T.** (2006). The number of people with glaucoma worldwide in 2010 and 2020. *The British Journal of Ophthalmology*, 90(3), 262-267
- Radner, Wolfgang, Willinger, Ulrike, Obermayer, Wilfried, Mudrich, Claudia, Velikay-Parel, Michaela, & Eisenwort, Brigitte.** (1998). Eine neue Lesetafel zur gleichzeitigen Bestimmung von Lesevisus und Lesegeschwindigkeit. *Klinische Monatsblätter Augenheilkunde*, 213(09), 174-181
- Ramulu, P. Y., Hochberg, C., Maul, E. A., Chan, E. S., Ferrucci, L., & Friedman, D. S.** (2014). Glaucomatous visual field loss associated with less travel from home. *Optometry and Vision Science*, 91(2), 187-193
- Rosenbach, O.** (1903). Über monokulare Vorherrschaft beim binokularen Sehen. *Münchener Medizinische Wochenschrift*, 30, 1290-1292
- 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
- Sample, P. A., Dannheim, F., Artes, P. H., Dietzsch, J., Henson, D., Johnson, C. A., Ng, M., Schiefer, U., & Wall, M.** (2011). Imaging and Perimetry Society standards and guidelines. *Optometry and Vision Science*, 88(1), 4-7
- Schiefer, U., Bach, M., Dannheim, F., Förster, M., Heinrich, S., Hoffmann, M., Jägle, H., Karstel, H., Renner, A., Wesemann, W., & Zrenner, E.** (2014). Empfehlung Sinnesphysiologischer Untersuchungsmethoden - Deutsche Ophthalmologische Gesellschaft. *Der Ophthalmologe*, 11, 50-59
- Schiefer, U., Nowomiejska, K., Krapp, E., Pätzold, J., & Johnson, C. A.** (2006). K-Train - a computer-based, interactive training program with an incorporated certification system for practicing kinetic perimetry: evaluation of acceptance and success rate. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 244(10), 1300-1309
- Schiefer, U., Pascual, J. P., Edmunds, B., Feudner, E., Hoffmann, E. M., Johnson, C. A., Lagreze, W. A., Pfeiffer, N., Sample, P. A., Staubach, F., Weleber, R. G., Vonthein, R., Krapp, E., & Paetzold, J.** (2009). Comparison of the new perimetric GATE strategy with conventional full-threshold and SITA standard strategies. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 50(1), 488-494
- Schiefer, U., Pätzold, J., & Dannheim, F.** (2005). Konventionelle Perimetrie. Teil I: Einführung-Grundbegriffe. *Der Ophthalmologe*, 102(6), 627-644; quiz 645-626
- Schiefer, U., & Wilhelm, H.** (1995). Gesichtsfeld-Kompendium - Interpretation perimetrischer Befund, Fachübergreifende diagnostische Maßnahmen. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde*, 206(4), 206-238
- Sekuler, A. B., Bennett, P. J., & Mamelak, M.** (2000). Effects of aging on the useful field of view. *Experimental Aging Research*, 26(2), 103-120
- Sereno, Sara C., & Rayner, Keith.** (2003). Measuring word recognition in reading: eye movements and event-related potentials. *Trends in Cognitive Sciences*, 7(11), 489-493
- Sippel, K., Kasneci, E., Aehling, K., Heister, M., Rosenstiel, W., Schiefer, U., & Papageorgiou, E.** (2014). Binocular glaucomatous visual field loss and its impact on visual exploration - a supermarket study. *PLoS One*, 9(8), e106089
- Smith, N. D., Glen, F. C., & Crabb, D. P.** (2012). Eye movements during visual search in patients with glaucoma. *BMC Ophthalmology*, 12, 45
- Stone, S. P., Halligan, P. W., & Greenwood, R. J.** (1993). The incidence of neglect phenomena and related disorders in patients with an acute right or left hemisphere stroke. *Age Ageing*, 22(1), 46-52
- Szlyk, J. P., Brigell, M., & Seiple, W.** (1993). Effects of age and hemianopic visual field loss on driving. *Optometry and Vision Sciences*, 70(12), 1031-1037

- Szlyk, J. P., Taglia, D. P., Paliga, J., Edward, D. P., & Wilensky, J. T.** (2002). Driving performance in patients with mild to moderate glaucomatous clinical vision changes. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 39(4), 467-482
- Tafaj, E., Kübler, T. C., Peter, J., Rosenstiel, W., Bogdan, M., & Schiefer, U.** (2011). Vishnoo; An open-source software for vision research. *Paper presented at the Computer-Based Medical Systems*
- Trauzettel-Klosinski, S.** (2012). Visual rehabilitation training for homonymous field defects. *Der Ophthalmologe*, 109(5), 496-500
- Treisman, Anne M., & Gelade, Garry.** (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12(1), 97-136
- Vaphiades, M. S., Kline, L. B., McGwin, G., Jr., Owsley, C., Shah, R., & Wood, J. M.** (2014). Prediction of driving safety in individuals with homonymous hemianopia and quadrantanopia from clinical neuroimaging. *Journal of Ophthalmology*, 2014, 754042
- Wood, J. M., McGwin, G., Jr., Elgin, J., Vaphiades, M. S., Braswell, R. A., DeCarlo, D. K., Kline, L. B., Meek, G. C., Searcey, K., & Owsley, C.** (2009). On-road driving performance by persons with hemianopia and quadrantanopia. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 50(2), 577-585
- Zangemeister, W. H., Meienberg, O., Stark, L., & Hoyt, W. F.** (1982). Eye-head coordination in homonymous hemianopia. *Journal of Neurology*, 226(4), 243-254
- Zhang, X., Kedar, S., Lynn, M. J., Newman, N. J., & Biousse, V.** (2006a). Homonymous hemianopia in stroke. *Journal of Neuro-Ophthalmology*, 26(3), 180-183
- Zhang, X., Kedar, S., Lynn, M. J., Newman, N. J., & Biousse, V.** (2006b). Homonymous hemianopias: clinical-anatomic correlations in 904 cases. *Neurology*, 66(6), 906-910
- Zhang, X., Kedar, S., Lynn, M. J., Newman, N. J., & Biousse, V.** (2006c). Natural history of homonymous hemianopia. *Neurology*, 66(6), 901-905
- Zihl, J.** (1995). Visual scanning behavior in patients with homonymous hemianopia. *Neuropsychologia*, 33(3), 287-303

7. **Appendix**

7.1. **Anamnesebogen HemiDrive-EXPLOR**



HemiDrive -EXPLOR

Date : _____

ID _____

Date of Birth (DD.MM.YYYY) : _____

Gender: male female

Status: Patient Normal Control

Deckblatt

Ophthalmological diagnoses: _____

Ophthalmological history: _____

Ophthalmological medications: _____

General diagnoses: _____

Systemic medications: _____

Self history: _____

Surgeries: _____

Smoking: _____ / day Alcohol: _____ g / day

Family history: _____

Driving licence Yes, class _____ since _____ No _____

Average kilometers driven / year _____

7.2. Mini-Mental-Status Test



**Tropenlinik
Paul-Lechler-
Krankenhaus**

Patient/in: _____

geb. am: _____ Zi-Nr.: _____

Mini-Mental-Status (MMS) (nach Folstein e.a., bzw. Zaudig e.a. 1990)

1. Orientierung: zeitlich

Welche Jahreszeit haben wir? _____ ? 0 1
 Welchen Monat haben wir? _____ ? 0 1
 Welches Datum haben wir? _____ ? 0 1
 Welchen Wochentag haben wir? _____ ? 0 1
 Welches Jahr ist jetzt? _____ ? 0 1

2. Orientierung: räumlich

In welcher Einrichtung sind wir (Name)? _____ ? 0 1
 In welchem Stockwerk, Station? _____ ? 0 1
 In welcher Stadt sind wir hier? _____ ? 0 1
 In welchem Land leben wir _____ ? 0 1
 In welchem Bundesland? _____ ? 0 1

3. Informationsaufnahme, unmittelbares Behalten:

Ich werde Ihnen jetzt drei Dinge nennen und möchte, dass Sie diese Begriffe wiederholen:

Apfel _____ ? 0 1 Tisch _____ ? 0 1 Pfennig _____ ? 0 1
 Bitte merken Sie sich diese drei Worte, ich werde Sie wieder danach fragen.

4. Lesen, Reagieren:

Bitte lesen sie den Satz, den ich Ihnen zeige (Rückseite) und *führen Sie ihn aus!* _____ ? 0 1

5. Räumlich visuelle Organisation:

Zeichnen Sie bitte diese Figur (auf der Rückseite) ab! _____ ? 0 1

6. Schreibfähigkeit, Syntax:

Schreiben Sie bitte irgendeinen kurzen Satz auf dieses Blatt (hinten)! _____ ? 0 1

7. Rechnen, Konzentration:

Rechnen Sie bitte: $100 - 7$, ziehen sie vom Ergebnis immer weiter 7 ab!

93 _____ ? 0 1 86 _____ ? 0 1 79 _____ ? 0 1 72 _____ ? 0 1 65 _____ ? 0 1

Alternativ: Buchstabieren Sie das Wort „PREIS“ rückwärts! (Das bessere Ergebnis wird gezählt.)

S _____ ? 0 1 I _____ ? 0 1 E _____ ? 0 1 R _____ ? 0 1 P _____ ? 0 1

8. Merkfähigkeit:

Nennen Sie mir bitte die drei Worte, die sie sich merken sollten!

Apfel _____ ? 0 1 Tisch _____ ? 0 1 Pfennig _____ ? 0 1

9. Wortfindung:

Nennen Sie mir bitte das Wort für diesen Gegenstand (Kugelschreiber) _____ ? 0 1

und für diesen Gegenstand (Armbanduhr) _____ ? 0 1

10. Unmittelbares Behalten:

Wiederholen Sie bitte den Satz, den ich Ihnen verspreche:

„Ich kaufe mir einen tragbaren Fernsehapparat“ _____ ? 0 1

11. Praxie, Informationsaufnahme, Konzentration:

Ich gebe Ihnen jetzt drei Aufgaben:

1. Nehmen Sie dieses Blatt in die rechte Hand _____ ? 0 1

2. Falten Sie es in der Mitte (mit beiden Händen) _____ ? 0 1

3. Legen Sie es in ihren Schoß _____ ? 0 1

Bemerkungen: _____

Datum: _____ Testleiter: _____ Punktwert: _____

7.3. Bewertungsbogen Fahrprüfung



HemiDrive-EXPLOR
visit nr 4 ("On-road task")

Visit 4

ID _____

date: _____

On road car driving – Evaluation of driving skills (TÜV SÜD Test Report) - Errors

		Uhrzeit
	Beginn der Fahrt	
1	Nicht beachten von Rot oder Zeichen der Polizei	
2	Grobe Missachtung der Vorfahrts- bzw. Vorrangregelung	
3	Mangelnde Verkehrsbeobachtung beim Fahrstreifenwechsel	
4	Endgültiges Einordnen zum Linksabbiegen auf Fahrstreifen des Gegenverkehrs	
5	Fehlerhaftes oder unterlassenes Einordnen	
6	Gefährdung oder Schädigung	
7	Fehlende Reaktion bei Kindern, Hilfsbedürftigen und älteren Menschen	
8	Nicht beachten von Verkehrszeichen	
9	Mangelhafte Verkehrsbeobachtung – Anfahren – Aus- bzw. Einscheren – Abbiegen – Rückwärtsfahren	
10	Nichtangepasste Fahrgeschwindigkeit: - Autobahn – über Land – Stadt – zu hohe Geschwindigkeit an Haltestellen	
11	Fehlerhaftes Abstandhalten	
12	Unterlassene Bremsbereitschaft	
13	Nichteinhalten des Rechtsfahrgebots / des Fahrstreifens	
14	Fehlerhaftes Abbiegen	
15	Langes Zögern an Kreuzungen und Einmündungen	
16	Fehlerhafte oder unterlassene Benutzung des Blinkers vor Fahrstreifenwechsel / Abbiegen / Ausscheren / Wiedereinordnen / Anfahren	
17	Fehler beim Überholen / Überholtwerden	
18	Fehler bei der umweltbewussten und energiesparenden Fahrweise	
19	Fehler bei der Fahrzeugbedienung	
20	Fehler bei den Grundfahraufgaben	
21	Fehler bei der Abfahrtkontrolle, Handfertigkeit	
22	Fehler beim Verbinden und Trennen von Fahrzeugen	
	Ende der Fahrt	

Nicht bestanden sind:

Abfahrtkontrolle, Handfertigkeiten	
Verbinden und Trennen von Fahrzeugen	
Grundfahraufgaben und Prüfungsfahrt	

Bemerkungen:.....
.....
.....

Abschlussbeurteilung: bestanden durchgefallen

Signatur (Prüfer) _____

8. Erklärung zum Eigenanteil der Dissertationsschrift

Die Arbeit wurde an der Universitäts-Augenklinik Tübingen unter der Betreuung von Prof. Dr. Ulrich Schiefer durchgeführt.

Die Konzeption der Studie erfolgte in Zusammenarbeit mit Jun.-Prof. Dr. Enkelejda Kasneci des Instituts für Technische Informatik der Universität Tübingen.

Sämtliche Versuche wurden nach Einarbeitung durch Mitarbeiter, Frau Andrea Mast und Frau Regine Grund, der Universitäts Augenklinik eigenständig von mir, in Zusammenarbeit mit Martin Heister und mit Unterstützung durch Prof. Dr. Ulrich Schiefer durchgeführt.

Die statistische Auswertung und Randomisierung der Untersuchungen erfolgte eigenständig durch mich.

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

Leipzig, den 23. Oktober 2017

9. Veröffentlichungen

Teile der vorliegenden Dissertationsschrift wurden bereits in den folgenden Publikationen veröffentlicht:

T.C. Kübler, E. Kasneci, W. Rosenstiel, K. Aehling, M. Heister, K. Nagel, U. Schiefer, E. Papageorgiou

Driving with Homonymous Visual Field Defects: Driving Performance and Compensatory Gaze Movements, *Journal of Eye Movement Research*, 8(12): 1-11, 2015

T.C. Kübler, E. Kasneci, K. Aehling, M. Heister, W. Rosenstiel, U. Schiefer, E. Papageorgiou

Driving with Glaucoma: Task Performance and Gaze Movements
Optometry and Vision Science, 92(11): 1037-46, 2015

E. Kasneci, K. Sippel, K. Aehling, M. Heister, W. Rosenstiel, U. Schiefer, E. Papageorgiou

Homonymous Visual Field Loss and its Impact on Visual Exploration - A Supermarket Study, *Translational Vision Science & Technology*, 3(6):2, 2014

K. Sippel, E. Kasneci, K. Aehling, M. Heister, W. Rosenstiel, U. Schiefer, E. Papageorgiou

Binocular Glaucomatous Visual Field Loss and Its Impact on Visual Exploration - A Supermarket Study, *PLoS ONE*, 9(8), 2014

E. Kasneci, K. Sippel, K. Aehling, M. Heister, W. Rosenstiel, U. Schiefer, E. Papageorgiou

Driving with Binocular Visual Field Loss? A Study on a Supervised On road Parcours with Simultaneous Eye and Head Tracking, *PLoS ONE*, 9(2), 2014

10. Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all denjenigen bedanken die mich beim Erstellen dieser Dissertation unterstützt haben. Zuallererst möchte ich mich in diesem Zuge bei Prof. Dr. med. Ulrich Schiefer bedanken, der mir die Möglichkeit gab, diese Arbeit anzufertigen. Er stand mir nicht nur, mit guten Ratschlägen zur Seite, sondern hat die Arbeit mit viel Ehrgeiz, Energie und Herzblut unterstützt.

Ebenfalls bedanken möchte ich mich beim Team der Informatik, der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät in Tübingen in Person von Prof. Dr. Enkelejda Kasneci, Thomas Kübler und Katrin Sippel. Für die allzeitige Unterstützung und Geduld während der Untersuchungsphase danke ich Andrea Mast, Regine Grund und Wilhelm Durst.

Ein ganz besonderer Dank gilt meiner Familie, Maria und Heinrich, Gonca, Johannes und Tobias Aehling für den emotionalen Rückhalt, das offene Ohr und die lieben Worte.

Abschließend möchte ich meinen besonderen Dank meinem Freund Niklas aussprechen, der mich immer und besonders in schwierigeren Zeiten unterstützte.