

Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf
Klinik und Poliklinik für Augenheilkunde
des Kopf- und Hautzentrums
Direktor: Prof. Dr. med. G. Richard

**Morphologische und funktionelle Parameter
der Glaukomdiagnostik
im intraindividuellen Seitenvergleich**

Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
im Fachbereich Medizin der Universität Hamburg

vorgelegt von
Hans Thomas Harry Jüde
aus Würzburg

Hamburg 2005

**Angenommen von dem Fachbereich Medizin
Der Universität Hamburg am: 15. 9. 2005**

**Gedruckt mit Genehmigung des Fachbereichs
Medizin der Universität Hamburg.**

**Prüfungsausschuss, die Vorsitzende: Prof. Dr. M. Klemm
Prüfungsausschuss, 2. Gutachter: Prof. Dr. G. Richard
Prüfungsausschuss, 3. Gutachter: Prof. Dr. E. Rumberger**

Inhaltsangabe

	Seite
A. Einleitung	4
A.1 Epidemiologie der Glaukome	4
A.2 Pathophysiologie der Glaukome - Kammerwasserdiagnostik	5
A.3 Einteilung der Glaukome	6
A.3.1 Primär chronisches Offenwinkelglaukom	7
A.4 Anatomie und Funktion der retinalen Nervenfaserschicht	7
A.5 Diagnostische Verfahren in der Glaukombehandlung und Technische Verfahren in der Glaukomdiagnostik	10
A.5.1 Perimetrie - Humphrey Field Analyser	10
A.5.2 Laser Scanning Ophthalmoscopy – Heidelberg Retina Tomograph	12
A.5.3 Applanationstonometrie	13
A.6 Untersuchungsreihenfolge	14
A.7 Intraindividuelle Seitenunterschiede	14
A.7.1 Allgemeine Seitenunterschiede	14
A.7.2 Seitenunterschiede der Hände	15
A.7.3 Seitenunterschiede der Augen	15
A.8 Ziel der vorliegenden Untersuchung	16
B. Material und Methode	17
B.1 Material	17
B.1.1 Probanden	17
B.1.2 Studienprotokoll	18
B.1.2.1 <i>Anamnese</i>	18
B.1.2.2 <i>Versuchsprotokoll</i>	19
B.2 Methode	19
B.2.1 Technische Verfahren	19
B.2.1.1 <i>Humphrey Field Analyser (HFA)</i>	19
B.2.1.2 <i>Heidelberg Retina Tomograph (HRT)</i>	21
B.2.1.3 <i>Applanationstonometer</i>	23
B.2.2 Durchführung der Untersuchung	23
B.2.3 Auswertung	24
B.2.3.1 <i>Ermittlung des Führungsauges und der Händigkeit</i>	24
B.2.3.2 <i>Mathematische Bearbeitung der Daten</i>	24
B.2.3.3 <i>Statistische Verfahren</i>	25
C. Ergebnisse	26
C.1 Ergebnisse der rechten und der linken Augen	26
C.1.1 Humphrey Field Analyser (HFA) - Seitenvergleich ohne Berücksichtigung der Untersuchungsreihenfolge	26
C.1.1.1 <i>Mean Deviation</i>	26
C.1.2 Heidelberg Retina Tomograph (HRT) - Seitenvergleich ohne Berücksichtigung der Untersuchungsreihenfolge	28
C.1.3 Intraokulärer Druck (IOD) - Seitenvergleich ohne Berücksichtigung der Untersuchungsreihenfolge	30

C.1.4	Vergleich Morphologie (HRT) mit Funktion (HFA) der rechten und der linken Augen	31
C.1.4.1	<i>Korrelation der RNFS-Daten (HRT) mit der Mean Deviation (HFA) für die rechten und die linken Augen</i>	31
C.2	Ergebnisse der erst- und zweitgemessenen Augen	33
C.2.1	Humphrey Field Analyser (HFA) - Vergleich der erstgemessenen mit den zweitgemessenen Augen ohne Berücksichtigung der Seite	33
C.2.1.1	<i>Mean Deviation</i>	33
C.2.2	Heidelberg Retina Tomograph (HRT) - Vergleich der erstgemessenen mit den zweitgemessenen Augen ohne Berücksichtigung der Seite	34
C.2.3	Intraokulärer Druck (IOD) – Vergleich der erstgemessenen mit den zweitgemessenen Augen ohne Berücksichtigung der Seite	35
C.2.4	Vergleich der Morphologie (HRT) mit Funktion (HFA) der erst- und zweitgemessenen Augen	36
C.2.4.1	<i>Korrelation der RNFS-Daten (HRT) mit der Mean Deviation (HFA) für die erst- und zweitgemessenen Augen</i>	36
C.3	Ergebnisse der Führungshand	38
C.4	Ergebnisse des Führungsauges	38
C.5	Vergleich der Händigkeit mit dem Führungsauge	39
C.6	Vergleich der Händigkeit und des Führungsauges mit der retinalen Nervenfaserschichtdicke	39
C.7	Datenentwicklung im Verlauf der Untersuchungen	41
C.7.1	Heidelberg Retina Tomograph (HRT)	41
C.7.2	Humphrey Field Analyser (HFA)	41
D.	Diskussion	44
E.	Zusammenfassung	51
F.	Anhang	53
F.1	Studienprotokoll	53
F.1.1	Anamnese	53
F.1.2	Untersuchungsprotokoll	54
F.1.3	Protokoll der Untersuchungsreihenfolge	55
F.2	Tabellen	56
F.3	Statistik der Schwellenwerte, der alterskorregierten Abweichung und der individuell korregierten Abweichung des HFA	66
G.	Literaturverzeichnis	72
H.	Danksagung	80
I.	Lebenslauf	81
J.	Erklärung	

A. Einleitung

A.1 Epidemiologie der Glaukome

Eine der häufigsten Erblindungsursachen in den Industrieländern ist nach der altersbedingten Makuladegeneration und dem Diabetes mellitus das Glaukom, der sogenannte Grüne Star. Mehr als 100 Mio. Menschen stehen im Verdacht, an einem Glaukom erkrankt zu sein. Nach einer WHO-Hochrechnung für das Jahr 2001 gibt es fast 70 Mio. Erkrankte mit einem relevanten Glaukomschaden, darunter mindestens 7 Mio., die beidseits erblindet sind [21]. In Deutschland gibt es rund 800.000 Glaukom-Patienten; bei etwa 3 Millionen liegt eine Vorstufe dieser Erkrankung vor. Der Anteil der Glaukome an der Prävalenz von Blindheit liegt zwischen 15 und 20 % [37]. Rund 10% der Bundesbürger über 40 Jahre haben einen erhöhten Augeninnendruck. Etwa 10% der Patienten des Augenarztes leiden an einem Glaukom [39]. Die sozioökonomische Relevanz dieser chronischen Augenerkrankung für unsere Gesellschaft lässt sich aus folgenden Zahlen ersehen:

Die Kosten für die medikamentöse Dauertherapie von ca. 500.000 Erkrankten in den alten Bundesländern werden auf ca. 50 Mio. Euro geschätzt. Nach Schätzungen leben hier ca. 30.000 Glaukomerblindete, die jährlich etwa 150 Mio. Euro Blindengeld beziehen [65].

Ein bereits bestehender Glaukomschaden ist irreversibel. Die Früherkennung von Glaukomen spielt daher eine entscheidende Rolle.

Die Frühdiagnose hängt vom rechtzeitigen Erkennen klinischer und sinnesphysiologischer Äquivalente der Glaukomerkrankung ab. Einen vielversprechenden Ansatz zur Früherkennung stellt die quantitative Erfassung der retinalen Nervenfaserschicht dar, die durch den glaukomatösen Prozess geschädigt bzw. verdünnt wird [35]. Des Weiteren wird der Augeninnendruck gemessen und es werden funktionelle Parameter bestimmt. Die Messung des Augeninnendrucks wird mit dem Tonometer durchgeführt und die Prüfung der funktionellen Parameter erfolgt mittels der Perimetrie. Die Beurteilung der Morphologie erfolgt u.a. mit Hilfe der Laser Scanning Ophthalmoscopy.

Die Früherkennung des Glaukoms ist eine der wichtigsten Aufgaben des öffentlichen Gesundheitswesens [39]! Aus diesem Grund ist die wissenschaftliche Erforschung der

Morphologie und Funktion von Glaukomen Gegenstand der hier vorliegenden Untersuchung.

A.2 Pathophysiologie der Glaukome

Kammerwasserdiagnostik

Eine der Hauptursachen von Glaukomen ist ein erhöhter Augeninnendruck (IOD). Der IOD beträgt beim Gesunden durchschnittlich 15 mmHg [39] und unterliegt diurnalen Schwankungen, die sich zwischen 8 und 21 mmHg [35] bewegen. Die Glaukomwahrscheinlichkeit bei einem mittleren IOD von 18 mmHg beträgt weniger als 1%, bei 27 mmHg jedoch bereits 50 % und bei 35 mmHg nahezu 100% [12].

Der IOD hängt von der Kammerwasserdynamik ab. Das Kammerwasser wird in den Ziliarzotten der Augenhinterkammer gebildet und von dort in die Hinterkammer sezerniert. Durch die Pupille gelangt es in die Vorderkammer und wird von hier über das Trabekelwerk und den Schlemm'schen Kanal wieder dem venösen Blutkreislauf zugeführt. Pro Minute wird etwa 1-2% des Kammerwassers ersetzt [39]. Bevor es über das unter der Bindehaut gelegene Venensystem abgeleitet werden kann, muss es zwei physiologische Widerstände passieren: Den ersten physiologischen Widerstand bildet die Iris, die der Linsenvorderfläche aufliegt (Pupillarwiderstand). Der zweite physiologische Widerstand wird im Trabekelwerk, welches sich als Trabeculum corneosclerale vor dem Schlemm-Kanal ausspannt, angenommen [39]. Treten an diesen anatomisch prädisponierten Strukturen pathophysiologische Veränderungen auf, kommt es zu Zirkulationsstörungen oder einem Stau des Kammerwassers. Dies hat eine Erhöhung des Augeninnendruckes zur Folge.

Entscheidend für die Entstehung eines Glaukoms ist jedoch nicht der IOD selbst, sondern die Differenz zwischen dem IOD und dem retinalen Blutdruck, also der Perfusionsdruck. Erhöht sich der Augeninnendruck intermittierend oder kontinuierlich, ist die Perfusion vermindert und die Durchblutung des Augenhintergrundes gestört. Hier kommt es zur Schädigung von Nervenfaserbündeln und somit zu einer Schädigung des Nervus opticus, was sich als Glaukom manifestiert.

Es gilt als gesichert, dass der glaukomatöse Prozess primär die Nervenfasern schädigt [28, 52, 66, 71, 72]. Die Folge ist eine Vergrößerung der Excavatio papillae nervi optici, einer physiologischen Ausbuchtung der Netzhaut im Bereich des Sehnerveneintritts (Discus nervi optici) und der Untergang von Nervenfasern. Dies wiederum führt zu einer Abnahme der Dicke der retinalen Nervenfaserschicht (RNFS). Änderungen an der Nervenfaserschicht gehen Veränderungen im Gesichtsfeld voraus [1, 42]. Deswegen treten mit fortlaufender Progredienz des erhöhten Druckes Ausfallerscheinungen des Gesichtsfeldes auf. Dies führt letztlich zur Erblindung des Auges.

A.3 Einteilung der Glaukome

Die Einteilung der Glaukome lässt sich aus ihrer Pathophysiologie herleiten [22]. Sie erfolgt in primäre und sekundäre Glaukome mit offenem oder geschlossenem Kammerwinkel. Primär nennt man ein Glaukom, wenn es nicht die Folge einer anderen Augenerkrankung ist. Wenn das Glaukom als Auswirkung einer anderen Augenerkrankung oder als unerwünschte Nebenwirkung von Faktoren wie Entzündung, Trauma, Blutung, Tumoren [39] oder Heilmaßnahmen und Medikamenten auftritt, dann nennt man es sekundär.

Die Beurteilung des Kammerwinkels gelingt mit der Gonioskopie. Dabei wird der Kammerwinkel über einen Kontaktglas-Spiegel mit der Spaltlampe eingesehen und beurteilt. Die Einteilung erfolgt in dieser Form:

1. Primär chronisches Offenwinkelglaukom (? 90%)
2. Primär akutes Winkelblockglaukom (Pupillarblockglaukom) (? 5%)
3. Sekundäres Offenwinkelglaukom (? 2-4%)
4. Sekundäres Winkelblockglaukom (? 2-4%)
5. Kongenitale und infantile Glaukome (? 1%)

Da das primär chronische Offenwinkelglaukom mit einem Anteil von über 90% die mit Abstand häufigste Glaukomform ist, wird sie im Folgenden näher beschrieben.

A.3.1 Primär chronisches Offenwinkelglaukom

Das primär chronische Offenwinkelglaukom wird auch Glaucoma chronicum simplex genannt. Die Häufigkeit nimmt nach dem 40. Lebensjahr stark zu und hat den Häufigkeitsgipfel zwischen dem 60. und 70. Lebensjahr [39]. Die Prävalenz liegt bei 40jährigen bei 0,9%, bei über 50jährigen bei 4,7%. Eine genetische Disposition scheint nicht ausgeschlossen zu sein, da bei einem Drittel der Patienten eine positive Familienanamnese vorliegt [39].

Die Erkrankung beginnt im mittleren und späteren Lebensalter mit schleichendem Verlauf und progressiver Verschlechterung und ist symptomlos.

Charakteristisch ist der anatomisch stets offene unauffällige Kammerwinkel. Differentialdiagnostisch zu unterscheiden sind die „okuläre Hypertension“, welche keine Zeichen einer glaukomatösen Schädigung trotz signifikant erhöhter Druckwerte aufweist, sowie das Normaldruckglaukom, das glaukomtypische Veränderungen ohne erhöhte Augeninnendruckwerte zeigt.

Warum ein erhöhter IOD bei manchen Patienten zu keinem glaukomatösen Optikusschaden führt, bei anderen Patienten jedoch bereits ein IOD von ≥ 15 zu einer Progredienz führt ist bislang nicht genau bekannt. Bekannt ist nur, dass in vielen Fällen ein erhöhter Abflusswiderstand im Trabekelwerk des Kammerwinkels vorliegt. Da typische Symptome fast immer fehlen bzw. erst bemerkt werden, wenn bereits mehr als 90% der Nervenfasern atrophiert sind oder jahrelang nicht bemerkt werden, sind regelmäßige Kontrollen durch den Augenarzt für die Frühdiagnostik entscheidend [39].

A.4 Anatomie der retinalen Nervenfaserschicht

Schäden der retinalen Nervenfaserschicht (RNFS) können beim Glaukompatienten der Entwicklung von detektierbaren Funktionsverlusten um Jahre vorausgehen [66, 67]. Aus diesem Grund ist die Kenntnis der Anatomie und ihrer pathologischen Veränderungen für die Diagnose eines Glaukoms von großer Bedeutung.

Die Netzhaut hat eine mittlere Dicke von etwa 200 μ m und besteht aus einem vielschichtigen neuronalen Netzwerk mit Stütz- und Epithelzellen. Es gibt ca. 700.000 bis 2 Mio. Ganglienzellen in der menschlichen Retina und eine ähnliche Anzahl von

Nervenfasern im Sehnerven [34]. Von außen nach innen ist die Netzhaut in drei neuronale Schichten gegliedert, die jeweils durch eine innere und eine äußere plexiforme Schicht verbunden sind, welche eine Modulation und Weiterverarbeitung der Signale schon innerhalb der Netzhaut ermöglichen. Die äußere neuronale Schicht ist die Photorezeptorschicht, die aus Zapfen und Stäbchen besteht. Die mittlere neuronale Schicht, auch innere Körnerschicht genannt, wird von den Horizontalzellen, den Bipolarzellen und den amakrinen Zellen gebildet. Die innere neuronale Schicht enthält die eigentlichen Ganglienzellen mit ihren in diesem Bereich noch marklosen Axonen [35]. Sie bilden die retinale Nervenfaserschicht.

Die Ganglionzellaxone der RNFS sind innerhalb der Retina parallel zur Oberfläche angeordnet und ziehen alle zur Papilla nervi optici, um dort den Nervus opticus zu bilden. Die Schichtung der Axone ist durch die Lage der Ganglienzellen bedingt. Die aus der Peripherie der Netzhaut kommenden Axone verlaufen aufgrund ihrer tieferen Lage dichter am Papillenrand als die der peripapillären Umgebung. Diese ziehen mehr in das Papillenzentrum. Die Dichte der Axone, und damit die Dicke der retinalen Nervenfaserschicht, nimmt mit zunehmendem Abstand zur Papille deutlich ab. Nur zwei Papillendurchmesser vom Optikusrand entfernt kommt es zu einer Abnahme bis auf 40 μm . In der Peripherie beträgt die Dicke der RNFS etwa 20 μm [35].

Der Verlauf der Nervenfasern ist fiederförmig (s. Abb.1). Die Axone der oberen Netzhaut verlaufen zu der oberen und temporal oberen Seite der Papille, die Axone der unteren Netzhauthälfte zur unteren und temporal unteren Seite der Papille [31, 45, 47, 54]. Die Axone, die von temporal der Fovea kommen, weichen dieser bogenförmig nach oben bzw. unten aus, um am superioren bzw. inferioren Pol des Sehnervenkopfes einzutreten [35]. Durch diese Verteilung entsteht im Meridian temporal der Fovea eine horizontale Raphe. Ganglionzellaxone zwischen der Fovea und dem N. opticus ziehen als papillomakuläres Bündel direkt zum Sehnerven [6]. So entstehen ein superiorer und ein inferiorer Pol. Beide sind leicht nach temporal verschoben. Daraus ergibt bei einem kreisförmigen histologischen Schnitt um die Papille und einer Einteilung der peripapillären Umgebung in Quadranten eine charakteristische doppelgipfelige Kurve. Die Höcker werden durch die beiden Pole im superioren und inferioren Quadranten gebildet, da sie die meisten Nervenfasern enthalten.

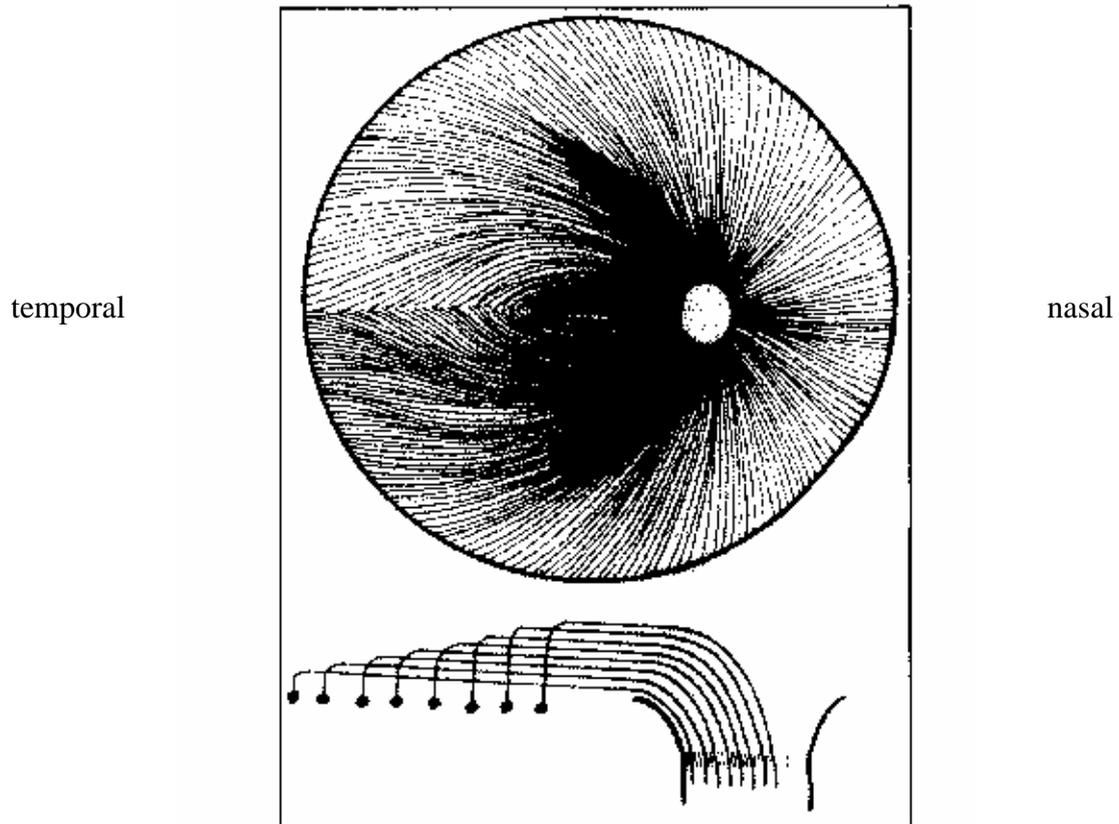


Abb. 1: Verlauf der Nervenfasern, Schemazeichnung,
 (aus „Imaging in Glaucoma“ von J. Schuman, SLACK Incorporated 1997)

Die RNFS des nasalen und des temporalen Quadranten ist deutlich dünner, wobei der nasale Quadrant noch mehr Nervenfasern aufweist als der temporale [6].

Mit zunehmendem Alter nimmt die Anzahl der Nervenfasern um etwa 300 – 5000 Fasern pro Jahr ab [4, 31, 34, 45, 54], was aber keine signifikante Veränderung der Papillenexkavation oder des neuronalen Randsaumes [14, 31, 56] zur Folge hat. Auch Dicke der RNFS nimmt nicht altersbedingt ab, da mit dem Zugrundegehen einzelner Nervenfasern eine allgemeine Zunahme des Nervenfaserschnittes einhergeht [46].

A.5 Diagnostische Verfahren in der Glaukombehandlung und Technische Verfahren in der Glaukomdiagnostik

Um eine gesicherte Diagnose eines Glaukoms zu stellen und um den Verlauf der Erkrankung zu kontrollieren, ist neben der Messung des IOD und der Prüfung des Gesichtsfeldes die Messung der Dicke der RNFS als sicherer Parameter notwendig.

Untersuchungen zeigen eine signifikante Abhängigkeit zwischen der Mean Deviation des Gesichtsfeldes und den morphologischen Parametern des HRT [24].

Ein weiteres Spektrum dieser Geräte zeigt sich in der Neuroophthalmologie, wo morphologische und funktionelle Tests des zentralen Sehsystems eventuelle Störungen der Funktion des zentralen Nervensystems aufzeigen können [30].

Im Folgenden werden die Messverfahren der entsprechenden Prüfmethode kurz vorgestellt.

A.5.1 Perimetrie – Humphrey Field Analyser

Die späten Symptome einer Glaukomerkrankung treten in Form von Ausfällen im Gesichtsfeld auf. Nach Aulhorn 1978 können die glaukomatösen Gesichtsfeldausfälle in 5 Stadien unterteilt werden [5, 19]. Das Stadium der Glaukomerkrankung wird anhand des Gesichtsfeldausfalls definiert:

Normalbefund:

- weder absolute noch relative Ausfälle zentral oder in der Peripherie
- blinder Fleck ist nicht vergrößert
- keine nasalen Sprünge
-

1. Stadium:

- relative bis absolute Ausfälle mit erhöhter Häufigkeitsverteilung in der oberen Gesichtsfeldhälfte, nasal häufiger als temporal [20, 27]
- Häufigkeitszunahme von 6° bis 30° vor allem oben und vor allem nasal [25]
- Makula und die Gegend zwischen Makula und blindem Fleck bleiben vorerst ausgespart

2. Stadium:

- absolute Ausfälle im Bjerrum-Bereich ohne Verbindung mit dem blinden Fleck
- vergrößerter blinder Fleck [3, 7, 33]
- nasal oben gelegenes parazentrales Skotom (geht der Vergrößerung des blinden Fleckes voraus) [38]

3. Stadium:

- bogenförmige absolute Defekte mit Verbindung zum blinden Fleck mit oder ohne nasalen Durchbruch zur Peripherie
- parazentral gelegene inselförmigen Skotome fließen zusammen und erreichen den blinden Fleck (Bjerrum-Skotom)

4. Stadium:

- halbring- oder ringförmige Skotome, wobei eine zentrale Insel der Empfindlichkeit erhalten bleibt
- Bogenskotom reicht bis in die Peripherie
- weiterer nasal oberer Gesichtsfeldverlust

5. Stadium:

- die zentrale Insel ist verschwunden, ein temporaler Gesichtsfeldrest ist noch erhalten

Das sog. Bjerrum-Skotom beschreibt einen typischen bogenförmigen Gesichtsfeldausfall, der vom blinden Fleck aus verläuft und auf dem horizontalen Meridian endet. Auch der nasale Sprung, Rönne-Sprung genannt, ist ein für die beginnende Schädigung durch ein Glaukom typischer, umschriebener Gesichtsfeldausfall, bei dem sich die Empfindlichkeit im nasalen Gesichtsfeld im Bereich des horizontalen Meridians sprunghaft ändert. Es kann aber auch eine Empfindlichkeitsherabsetzung an einer Stelle innerhalb des Gesichtsfeldes (z.B. zentrales Skotom) oder eines peripher halbmondförmigen Skotoms bei erhaltenen Außengrenzen auftreten.

Die Ausfälle des Gesichtsfeldes machen sich erst sehr spät im zeitlichen Verlauf der Glaukomerkrankung bemerkbar. Das heute übliche Verfahren zur Dokumentation von Gesichtsfelddefekten ist die Rasterperimetrie. Die frequenzverdoppelnde Technologie kann glaukomatöse Schäden früher erkennen als die konventionelle statische Perimetrie [76].

Als funktionelles Maß für die Schädigung der retinalen Nervenfaserschicht gilt die mittlere Defekttiefe, üblicherweise englisch als Mean Deviation (MD) benannt.

Der Humphrey Field Analyser ist das heute am weitesten verbreitete automatische Perimeter zur Ermittlung von Gesichtsfeldern und deren Defekten auch im zeitlichen Vergleich. Es gibt Übersichtstests, die mit einer überschwelligen Strategie testen, und Schwellentests, die mit der 4 dB – 2 dB Doppeleingabelung arbeiten. In beiden Programmgruppen steht eine große Auswahl verschiedener Prüfungsraster zur Verfügung [73]. Des Weiteren bestehen noch andere mögliche Programme, die ein individuelles angepasstes Vorgehen erlauben.

A.5.2 Laser Scanning Ophthalmoscopy – Heidelberg Retina Tomograph

Der früheste morphologisch erkennbare Schaden beim Glaukom zeigt sich in einer Verdünnung der RNFS [13, 28, 53]. Dies ist als frühdiagnostisches Merkmal sehr wichtig, da ein bereits aufgetretener Schaden irreversibel ist. Zudem ist die Messung der RNFS-Dicke weniger von subjektiven Einflüssen (z.B. Patientenmitarbeit und Erfahrung des Untersuchers) abhängig wie z.B. die Gesichtsfeldprüfung.

Wegen der Problematik der intraindividuellen Schwankungsbreite der Nervenfaserschichtdicke stützt sich die Beurteilung einer eventuellen Progredienz beim Glaukopatienten neben funktionellen Tests, wie z.B. der Perimetrie, auf die Morphologie betreffende Unterstützungsmethoden [61], wie z. B. die Papillentopographie [32, 59, 63] mittels des Heidelberg Retina Tomograph.

Nervenfaserbündeldefekte lassen sich nicht nur durch die Untersuchung im rotfreien Licht [1, 2], sondern auch mit Laserlicht bei Anwendung des konfokalen Untersuchungsprinzips darstellen [42, 70]. Seit einigen Jahren ist mit der Laser- Scanning-Ophthalmoskopie ein Verfahren verfügbar, das durch die Benutzung von monochromatischem Laserlicht und einer konfokalen Optik neue Möglichkeiten der Fundusdokumentation bietet [51]. Durch die Entwicklung der Laser-Scanning-Tomographie ist eine exakte dreidimensionale Quantifizierung bei hoher Reproduzierbarkeit auch für Verlaufsbeobachtungen möglich

geworden [9, 38, 57, 59]. Diese Methode ermöglicht auch eine Dickenbestimmung der retinalen Nervenfaserschicht [10, 60].

Die Arbeit von Airaksinen et al. zeigt, dass Nervenfaserbündeldefekte schon vor dem Auftreten von Gesichtsfeldausfällen entstehen [1]. In einer ähnlichen Studie, die die Reproduzierbarkeit der Nervenfaserschichtdickenmessung mit dem Laser-Scanning-Ophthalmoskop untersuchte, fanden Miglior et al. [44] für verschiedene Untersucher kürzlich sehr gute Übereinstimmung in der Beurteilung vorhandener Nervenfaserschädigungen entsprechend der Klassifikation von Tuulonen und Airaksinen [71].

Es wurde gezeigt, dass die Laser-Scanning Tomography eine genaue und zuverlässige Methode für die Beurteilung der dreidimensionalen Fundustopographie ist [57]. Der Heidelberg Retina Tomograph (HRT) ist ein Gerät, welches auf dem Prinzip der Laser-Scanning Ophthalmoscopy basiert. Der Computer berechnet aus 32 Schichtbildern ein dreidimensionales Bild, das Vertiefungen und Erhabenheiten des Fundus zu erkennen und auszumessen gestattet [29]. Die Genauigkeit und Reproduzierbarkeit des HRT bzw. seines Vorgängers, des Laser Scanning Tomographen (Heidelberg Instruments), ist bereits untersucht worden [15, 16, 38, 58, 64, 74]. Der HRT misst Volumina mit akzeptabler Genauigkeit. Dabei hängt die Genauigkeit nur wenig von der Pupillenweite ab. Zusammenfassend ist festzustellen, dass optimale Messergebnisse bei Pupillenweiten im Bereich von 1,5 bis 4 mm zu erwarten sind, also bei nicht maximal erweiterter Pupille [29]. Es lassen sich Nervenfaserbündeldefekte in den Stadien II und III der Glaukomerkrankung erfassen. Für die Diagnostik von Nervenfaserbündeldefekten im Stadium I der Glaukomerkrankung erreicht die konfokale Untersuchungstechnik bisher nicht die Sensitivität, die für eine Frühdiagnostik erforderlich ist [42].

Die dreifache Messung scheint der optimale Kompromiss zwischen Aufwand und Genauigkeit zu sein. Mehr als drei Messungen beeinflussen die Reproduzierbarkeit nach Aussagen mehrerer Autoren nur noch wenig [29, 41, 75].

A.5.3 Applanationstonometrie

Ein erhöhter Augeninnendruck ist vor allen anderen das Leitsymptom für eine Glaukomerkrankung. Allerdings geht nicht jede Glaukomerkrankung mit einem

kontinuierlich erhöhten IOD einher. Auch intermittierend hohe Drücke können Ursache eines Glaukoms sein.

Die weitverbreitetste Methode den Augeninnendruck zu messen ist heutzutage die Applanationstonometrie. Das Prinzip beruht auf einer Abplattung der Hornhaut. Die Kraft, die hierfür notwendig ist, wird in mmHg angegeben und dem IOD gleichgesetzt [39].

Um die ganze Bandbreite der Druckschwankungen nicht zu übersehen, muss sie mit Hilfe mehrerer Tagesdruckprofile ermittelt werden. Dies ist im Rahmen einer Routineuntersuchung nicht gegeben und erschwert und behindert somit die Diagnosestellung, besonders in der wichtigen Früherkennungsphase.

A.6 Untersuchungsreihenfolge

Die Reihenfolge, in der die beiden Augen eines Patienten untersucht werden, ist in der Glaukomdiagnostik wie bei jeder augenärztlichen Untersuchungsmethode gleich festgelegt. Unabhängig davon, auf welchem Auge die Schädigung zu erwarten ist, wird in der klinischen Routine immer das rechte Auge zuerst geprüft. Erst im Anschluss daran erfolgt die Untersuchung des linken Auges. Diese übliche Reihenfolge verhindert das Auslassen eines Auges bei einer Untersuchung.

A.7 Intraindividuelle Seitenunterschiede

A.7.1 Allgemeine Seitenunterschiede

Die Funktionen der paarigen Körperteile des Menschen können Seitendifferenzen aufweisen. Hierzu gehören neben den Händen auch die Ohren, die Augen und die Füße. Bei den letztgenannten Körperteilen ist eine stark ausgeprägte Seitigkeit wesentlich seltener zu finden als bei den Händen.

Durch verschiedene Tests lassen sich intraindividuelle Seitenunterschiede feststellen [11].

A.7.2 Seitenunterschiede der Hände

Die deutlichsten Unterschiede in der Seitigkeit des Menschen machen sich in der Händigkeit bemerkbar. Bisher ist es nicht gelungen, anatomische oder physiologische Marker für die Bestimmung der Händigkeit zu entdecken.

In einigen Gruppen findet sich eine Häufigkeitsverteilung zugunsten der Linkshänder. Unter ein- und zweieiigen Zwillingen finden sich mehr Linkshänder [69, 55], selten sind jedoch beide linkshändig [11]. Statistisch gesehen sind Blonde doppelt so häufig Linkshänder wie dunkel- oder rothaarige Menschen. Bemerkenswert ist, dass sich Linkshänder im Allgemeinen schneller und besser nach Hirnverletzungen [23] und Schlaganfällen [40] erholen. Dies scheint mit daran zu liegen, dass ihr Gehirn weniger einseitig arbeitet und sich die Hirnfunktionen auf beide Hirnhälften verteilen.

A.7.3 Seitenunterschiede der Augen

Seitenunterschiede morphologischer und funktioneller Parameter der Augen sind bisher selten untersucht worden. Sie sind im Normalkollektiv nur in geringer Zahl zu finden und homogen zwischen dem 6. und dem 85. Lebensjahr verteilt. Es handelt sich dabei stets um nur geringe Differenzen [48]. Es besteht bei Untersuchungen der Augen immer die Gefahr einer Verwechslung von statistischer und klinischer Signifikanz [18]. Dies bezieht sich sowohl auf zeitliche Veränderungen wie auch auf intraindividuelle Seitenunterschiede. Gelegentlich kann man beobachten, dass die Indices beider Augen noch im Normalbereich sind, die Indices eines Auges jedoch konstant und deutlich schlechter sind als diejenigen des anderen Auges (Übersicht, siehe [18]).

Zur Häufigkeit und klinischen Bedeutung intraindividuelle Seitenunterschiede der entoptischen Funktionen und der Interferenzsehstärke liegen keine ausreichenden Untersuchungsergebnisse vor. Patienten ohne Augenleiden haben nur selten und zudem geringe intraindividuelle Seitendifferenzen des Fern- und des Nahvisus [48].

Untersuchungen ergaben, dass bei Jungen in 54,8% und bei Mädchen in 54,5% der Fälle das rechte Auge als das Führungsauge bestimmt wurde [62].

Untersuchungen auf Seitendifferenzen der retinalen Nervenfaserschichtdicke sind noch nicht ausreichend beschrieben oder bekannt.

A.8 Ziel der vorliegenden Untersuchung

Funktionsuntersuchungen im Rahmen der Glaukomdiagnostik basieren in erster Linie auf der Perimetrie mittels des Humphrey Field Analysers. Noch nicht so lange verwendet wird die Laser Scanning Ophthalmoscopy zur Bestimmung der RNFS-Morphologie. Nach Untersuchungen von Klemm [35] lassen die morphologischen Daten, z.B. die Dicke der retinalen Nervenfaserschicht, eine Frühdiagnostik eines Glaukoms zu.

Dabei stellte sie fest, dass es annähernd signifikante Seitenunterschiede zugunsten der linken Augen bei den HRT-Messwerten gibt, ohne dass hierfür eine Erklärung gefunden werden konnte. Daraus ergeben sich Fragen, die Gegenstand der vorliegenden Dissertation sind. Es soll der Nachweis geführt werden, ob funktionelle oder morphologische Untersuchungsergebnisse bei gesunden Augen signifikante Seitenunterschiede zwischen rechts und links aufweisen. Sollte das der Fall sein, so ist zu hinterfragen, ob eine mögliche Ursache in der Reihenfolge der Untersuchung liegt, da die Ergebnisse von Klemm [35] in der üblichen Reihenfolge, nämlich zuerst das rechte und dann das linke Auge, erhoben wurden.

Zusätzlich soll geprüft werden, ob die Zuordnung der Händigkeit oder des Führungsauges Rückschlüsse auf eventuelle Seitenunterschiede der gemessenen Parameter zulassen, da eine Reihe von systemischen Erkrankungen sowohl die Hände als auch die Augen betreffen könnte und so eine Grundlage für sensorische und funktionelle Defizite sein könnte [17].

Von Interesse ist zudem, ob eine Korrelation zwischen der funktionellen Gesichtsfeldprüfung und der morphologischen Messung der retinalen Nervenfaserschichtdicke besteht.

B. Material und Methode

B.1 Material

B.1.1 Probanden

Es wurden 70 Augen von 35 ophthalmologisch gesunden Probanden untersucht. Dabei handelte es sich um 15 männliche und 20 weibliche Probanden im Alter zwischen 18 und 75 Jahren, im Median 33,4 Jahre. Die Altersverteilung der Probandengruppe (Abb.2) zeigt eine deutliche Häufung im Bereich 18-35 Jahre.

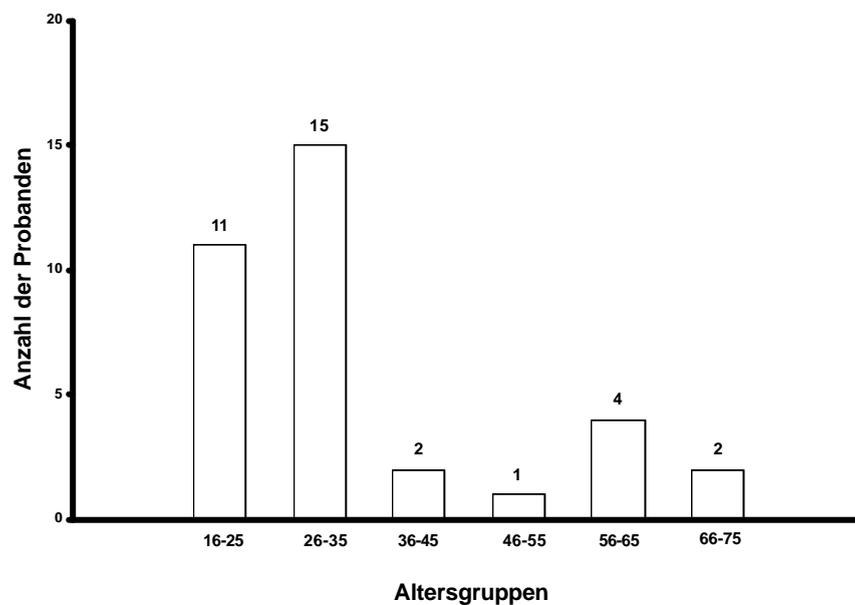


Abb. 2: Altersverteilung der Probanden

Die Einbeziehung von Probanden geschah in jedem einzelnen Fall nach schriftlicher und mündlicher Information und Aufklärung.

Für alle Probanden galten folgende Einschlusskriterien:

- a) kooperativer Proband
- b) klare optische Medien
- c) spielende Pupille, keine Miosis

- d) Visus > 0,8 (Refraktion < +/- 2,5 dpt, obwohl die Länge des Auges keine Rolle spielt, da es sich um Differenzmessungen handelt)
- e) IOD < 21 mmHg appl.
- f) Keine Gesichtsfeldausfälle
- g) Keine Augenerkrankung

Die Ausschlusskriterien wurden folgendermaßen definiert:

- a) ophthalmologische Erkrankungen in der Vorgeschichte
- b) Stoffwechselerkrankungen (Diabetes mellitus), nachgewiesene Arteriosklerose-Zeichen, arteriell Hypertonie, Migräne, M. Parkinson
- c) Nystagmus
- d) Pilocarpin + Cataract
- e) Myopia magna > 11 dpt
- f) Astigmatismus > 2-3 dpt
- g) Schlechter Visus, Oculus ultimus (kein Fixierauge)
- h) Ptosis, Blepharochalasis
- i) Heterotropie, Heterophorie (wanderndes untersuchtes Auge)

B.1.2 Studienprotokoll

Das Studienprotokoll (s. Anhang F.1) umfasste einen Anamnesebogen und ein Versuchsprotokoll.

B.1.2.1 Anamnese

Eine kurze Allgemeinanamnese unter Berücksichtigung spezieller internistischer Erkrankungen wie Diabetes mellitus, arterielle Hypertonie, Kopfschmerzen, Schwindel, Tinnitus sollte mögliche Ursachen eines Glaukoms ausschließen. In der speziellen Anamnese wurde die tägliche Belastung der Augen durch Arbeit am Computer, Lesen

oder Fernsehen sowie Vorerkrankungen der Augen und eventuelle Medikation erfragt (s. Anhang F.1.1).

Außerdem sollten Angaben zur Führungshand und zum Führungsauge gemacht werden. Bei Unsicherheiten bezüglich des Führungsauges entschied ein Test, in welchem die Probanden ein entferntes imaginäres Ziel mittels eines imaginären monookulären Fernrohrs anvisieren mussten. Ein Test zur Findung der Führungshand war nicht nötig.

B.1.2.2 Versuchsprotokoll

Der ophthalmologische Status jedes untersuchten Auges bestand aus der Messung des Krümmungsradius der Cornea für die Einstellung des HRT und einer Visuserhebung für die Wahl eines entsprechenden Korrekturglases und die Einstellung des HFA. Nach Abschluss der Untersuchung wurde zum Ausschluss einer glaukomatösen Erkrankung der IOD gemessen. Alle erhobenen Daten wurden in das Versuchsprotokoll eingetragen (s. Anhang F.1.2).

Bei der Durchführung der Untersuchung war die Reihenfolge der Probanden und die der zuerst gemessenen Augen am HFA und am HRT randomisiert, ebenso bei der Messung des IOD (s. Anhang F.1.3).

B.2 Methode

B.2.1 Technische Verfahren

Die Messungen wurden mit folgenden Geräten durchgeführt:

B.2.1.1 Humphrey Field Analyser (HFA)

Der Humphrey-Field-Analyser ist ein automatisches Perimeter. Er besteht aus einer Perimeterhalbkugel und einem Monitor, von dem aus der Untersucher die Daten der zu untersuchenden Person eingeben und die Untersuchungsprogramme aufrufen und starten kann. Mittels eines Fernrohrs oder einer Videokamera lässt sich die Fixierung des

untersuchten Auges kontrollieren. Die Untersuchungsergebnisse können auf verschiedenen Speichermöglichkeiten gesichert werden oder direkt ausgedruckt werden.

Dem Untersucher stehen mehrere Programme zur Verfügung. Es gibt Übersichtstests und Schwellentests mit einer großen Auswahl verschiedener Prüfpunktraster. Der Ausdruck zeigt bei überschwelligen Tests Symbole bzw. Zahlen bei Defekttiefenmessungen, bei Schwellentests einen Grauton, sowie die numerischen Schwellenwerte und die Defekttiefenwerte [18].

Der Humphrey-Field-Analyzer verwendet ein weißes Umfeld mit 10 cd/m^2 . Alle Stimulusgrößen des Goldmann-Perimeters (ab Modell 610) werden vom Projektionssystem erlaubt, empfohlen wird Stimulusgröße III. Die Stimulusdauer liegt mit $0,2 \text{ s}$ im empfohlenen Bereich. Außer der visuellen Fixationskontrolle mit dem Fernrohr bzw. dem Videobild wird eine automatische Fixationskontrolle durch Stimulusdarbietung im blinden Fleck (Methode nach Heijl u. Krakau [26]) durchgeführt [18].

Die Ergebnisse werden direkt vom HFA in einem statistischen Auswertprogramm, dem STATPAK, verarbeitet. In der STATPAK-Analyse wird neben der mittleren Defekttiefe (MD) und den Schwellenwerten nicht nur die Abweichung der Schwellenwerte von den altersentsprechenden Normalwerten angezeigt, sondern es werden diese Werte auch mit der Häufigkeit von Abweichungen in der Normalbevölkerung verglichen [18].

Der klinisch relevante Parameter Mean Deviation (MD) wird im Ergebnisteil aufgeführt. Die Schwellenwerte, ihre alterskorrigierten und individuell korrigierten Abweichungen sind mit ihrer statistischen Auswertung der Übersicht halber in Anhang F.3 dargestellt.

Die Quadranteneinteilung bei der Perimetrie ist üblicherweise ein nasal oberer und unterer Quadrant sowie ein temporal oberer und unterer Quadrant mit dem Zentrum Makula. Diese Quadranteneinteilung unterscheidet sich von der um 90° gedrehten Einteilung mit dem Zentrum Papille vom im Folgenden beschriebenen HRT [35]. Um die Messdaten des HRT mit denen des HFA vergleichen zu können, musste die perimetrietypische Quadrantenaufteilung um 45° gedreht werden. Bei der Berechnung der Daten wurde das Quadrantenkreuz jedes Auges jedoch um 47° nach nasal gedreht, weil sonst die Zuordnung einer Reihe von Datenpunkten nicht eindeutig möglich wäre. Aus den Daten der so neu entstandenen Quadranten wurde der Mittelwert errechnet. Oben gelegene

Gesichtsfelddefekte entstehen durch RNFS-Defekte in der unteren Netzhauthälfte und umgekehrt. Entsprechend wurden die Regionen gegenübergestellt und ausgewertet. Die Ergebnisse sind ebenfalls in Anhang F.3 dargestellt.

B.2.1.2 Heidelberg Retina Tomograph (HRT)

Der Heidelberg Retina Tomograph ist ein konfokales Laser-Scanning-Mikroskop, welches benutzt wird, um dreidimensionale Bilder des hinteren Segmentes des Auges zu erstellen und zu analysieren. Dieses Gerät ermöglicht eine quantitative Beschreibung der Topographie des Augenhintergrundes und ihrer zeitlichen Veränderungen. Die wichtigste klinische Routineuntersuchung ist die Beschreibung der Morphologie der Papille und Folgen von glaukomatösen Veränderungen.

Um die digitalen konfokalen Bilder zu erstellen, wird ein Laserstrahl mittels oszillierender Spiegel periodisch umgelenkt und durch eine Einlese-Einrichtung und ein Objektiv auf der Retina fokussiert, so dass ein zweidimensionaler Abschnitt der Retina abgelesen wird. Das an jedem Punkt reflektierte Licht wird zurückgeleitet und mit Hilfe einer Linse auf einem lichtsensiblen Detektor fokussiert und dann gemessen. Vor dem Detektor befindet sich eine konfokale Blende, die nur das aus der Fokalebene reflektierte Licht vollständig passieren lässt. Es resultiert ein starkes Messsignal. Das außerhalb der Fokalebene reflektierte Licht passiert die Blende nur als Streustrahlung, und es resultiert ein schwaches Messsignal.

Während des Ablesevorgangs einer Fokalebene wird das Objektiv zeilenweise über das Untersuchungsobjekt bewegt [35]. Dieser Vorgang wird 32 mal wiederholt, wobei die Fokalebene schrittweise zum Objekt hin verschoben wird. Die hierfür vom Untersucher zu wählende Tiefenspanne liegt zwischen 0,5 und 4 mm [35]. Jedes der 32 zweidimensionalen Bilder besteht aus 256 x 256 Messpunkten. Die Größe des Blickfeldes kann auf 10 x 10 Grad, 15 x 15 Grad oder 20 x 20 Grad gesetzt werden.

Das zweidimensionale Bild kann als eine in der Fokalebene liegende Schicht eines untersuchten Objektes verstanden werden. Wenn eine Serie von Schichten der verschiedenen Positionen der Fokalebene übereinander gelegt wird, entsteht ein zusammengesetztes dreidimensionales Bild. Aus der Analyse des Intensitätsverlaufs des

reflektierten Lichtes eines jeden einzelnen Bildpunktes in den 32 hintereinanderliegenden Bildebenen entlang der optischen Achse wird die Höhe der Oberfläche der Retina an jedem Punkt errechnet. Die bildliche Darstellung erfolgt durch eine Farbcodierung der unterschiedlichen Höhen [35]. Dieser Vorgang resultiert in einer Matrix von Höhenmessungen, welche ebenfalls in Form eines topographischen Bildes gezeigt wird. Dieses topographische Bild beinhaltet alle Informationen über die räumliche Gestalt der Retinaoberfläche und wird als quantitative Beschreibung dieses Reliefs benutzt.

Die Laser-Quelle, welche für das Ablesen im Heidelberg Retina Tomograph benutzt wird, ist ein Diodenlaser mit der Wellenlänge von 670 nm. Für die Untersuchung ist es nicht nötig die Pupille des Auges zu erweitern. Das Topographie-Bild, welches aus dem dreidimensionalen Bild errechnet wird, besteht aus 256 x 256 unabhängigen Höhenmessungen, welche, in Übereinstimmung mit den optischen Eigenschaften des untersuchten Auges, absolut skaliert sind.

Die Bedienungssoftware für den Heidelberg Retina Tomograph beinhaltet die folgenden Funktionen für die quantitative Beschreibung der dreidimensionalen Gestalt und der Veränderungen des Reliefs der retinalen und papillären Oberflächen:

- a) interaktive Messungen für festgesetzte Distanzen, Höhenunterschiede und Höhenänderungen
- b) stereometrische Messungen, welche eine Menge von stereometrischen Parametern hervorbringt, um die Papille zu beschreiben und zur Unterstützung von Glaukom-Diagnosen und glaukomatösen Folgerscheinungen
- c) andere Tools zum Aufzeichnen glaukomatöser Veränderungen der Papille einschließlich der Errechnung und Analyse von topographischen Differenz-Bildern.

Eine Messung dauert etwa 0,7 Sekunden. Um eine deutliche Aufnahme gewährleisten zu können, darf sich das Auge während der Aufnahme nicht bewegen. Die Fixierung erfolgt bei dieser Untersuchung mit dem kontralateralen Auge (externe Fixationstechnik) [35].

Um von dem Oberflächenrelief aus die Dicke der retinalen Nervenfaserschicht berechnen zu können, bedarf es einer Referenzebene, die willkürlich gewählt ist [43]. Ausgehend von der Vorstellung, dass die Dicke der RNFS im Bereich des papillomakulären Bündels etwa 50 µm beträgt, wird dieser Wert für die Differenz zwischen Referenzebene und Netzhautoberfläche im Bereich des papillomakulären Bündels festgelegt [8].

B.2.1.3 Applanationstonometer

Das Prinzip des Applanationstonometers beruht darauf, die Hornhaut mittels eines Druckkörperchens mit dem Durchmesser von 3,06 mm auf genau der entsprechenden Fläche, nämlich 7,35 mm², zu applanieren, d.h. abzuflachen. Der dafür notwendige Druck entspricht dem Augeninnendruck [39] und wird in mmHg angegeben.

Durch das Eintropfen eines fluoresceinhaltigen Betäubungsmittels vor der Untersuchung ist eine schmerzfreie Augendruckmessung möglich. Fluorescein ist ein oranger Farbstoff, der die Tränenflüssigkeit anfärbt und bei blauem Licht leuchtet. Bei dem Blick durch die Spaltlampe sind zwei Fluoresceinhalbkreise zu sehen. Der Druck wird dann abgelesen, wenn die beiden Innenmenisci der Halbkreise sich berühren.

B.2.2 Durchführung der Untersuchung

Die Untersuchung der Probanden begann mit dem Ausfüllen des Anamnesebogens (s. Anhang F.1.1). Es folgte die Erhebung des ophthalmologischen Status (s. Anhang F.1.2). Der anschließenden Prüfung des Gesichtsfeldes durch den HFA hing eine Pause von 15 Minuten an. Die Messung der retinalen Nervenfaserschicht mit dem HRT wurde an jedem Auge dreimal wiederholt. Nach einer weiteren viertelstündigen Unterbrechung endete die Untersuchung mit der Erfassung des IOD. Zwischen den Untersuchungen der einzelnen Augen wurde dem Probanden eine Erholungsphase von 10 Minuten gegeben.

B.2.3 Auswertung

B.2.3.1 Ermittlung des Führungsauges und der Händigkeit

Die Angaben der Probanden über die Händigkeit und das Führungsauge wurden durch den Fragebogen (s. Anhang F.1.1) ermittelt. Bei Unsicherheit bezüglich des führenden Auges wurden die Probanden aufgefordert, durch ein imaginäres monookuläres Fernrohr zu schauen. Das hierbei gewählte Auge wurde als Führungsauge deklariert. Ergab auch dieser Test kein eindeutiges Ergebnis, so wurden beide Augen als Führungsauge angegeben.

Da alle Probanden ihre Händigkeit eindeutig angeben konnten, war hier kein weiterer Test notwendig.

B.2.3.2 Mathematische Bearbeitung der Daten

Die Daten des Humphrey Field Analyser wurden so übernommen, wie sie durch die STATPAK-Analyse berechnet wurden.

Von den Werten des HRT war hier die mittlere Dicke der retinalen Nervenfaserschicht [mm], die entlang der Konturlinie gemessen wurde, von Interesse. Diese wurden berechnet, indem die Werte des Oberflächenreliefs in Gestalt einer doppelgipfeligen Kurve von einer Referenzhöhe, welche vom HRT ermittelt und angegeben wird, subtrahiert wurden. Diese Berechnung erfolgte sowohl für die gesamte retinale Nervenfaserschicht als auch für die einzelnen vier Quadranten. Da die Werte des superioren und des inferioren Quadranten nochmals unterteilt waren, wurde für sie der Mittelwert des temporal-superioren und nasal-superioren Abschnitts und der Mittelwert des temporal-inferioren und des nasal-inferioren Abschnitts errechnet.

Die erhobenen und berechneten Daten wurden statistisch weiter ausgewertet.

B.2.3.3 Statistische Verfahren

Die Untersuchungsdaten wurden durch die Kalkulationssoftware Excel 2000 und SigmaStat (Version 2.0) statistisch ausgewertet.

Die statistische Analyse der erhobenen Befunde und Messungen erfolgte nach dem T-Test, dem Wilcoxon Signed Rank Test, dem Fisher Exact Test, dem F-Test und dem χ^2 Test. Diese Tests wurden gewählt, um einen paarweisen Vergleich anzustellen und eventuelle statistisch signifikante Unterschiede bzw. Abhängigkeiten der Ergebnisse und Befunde aufzuzeigen.

C. Ergebnisse

C.1 Ergebnisse der rechten und der linken Augen

C.1.1 Humphrey Field Analyser (HFA) – Seitenvergleich ohne Berücksichtigung der Untersuchungsreihenfolge

Um Aussagen über das Gesichtsfeld bezüglich eines Seitenvergleichs treffen zu können, erfolgt die deskriptive Auswertung der Mean Deviation (MD). Im Anschluss werden die Messwerte der rechten und der linken Augen miteinander verglichen.

C.1.1.1 Mean Deviation (MD)

Die deskriptive Statistik der Mean Deviation der Gesichtsfeldmessung der 35 Augenpaare wird in Tab.1 dargestellt. Die rechten Augen zeigen eine mittlere MD von $-1,20$ dB. Die linken Augen dagegen $-0,95$ dB

Tab. 1: Deskriptive Statistik der Mean Deviation, HFA [dB]; rechtes und linkes Auge

AUGE	N	MW	SD	SE	MAX	MIN	MEDIAN
rechts	35	-1,20	1,660	0,281	1,7	-5,43	-1,08
links	35	-0,95	1,365	0,231	1,23	-5,13	-0,88

Im Seitenvergleich der Mean Deviation der 35 Augenpaare zeigen die Daten der rechten und der linken Augen keine signifikanten Unterschiede ($p > 0,05$). Die statistische Auswertung durch den T-Test nach Student, den Wilcoxon Signed Rank-Test und den F-Test wird in Tab. 2 aufgeführt.

Tab. 2: Seitenvergleich der rechten und der linken Augen;
Mean Deviation des HFA

MD	p
T-Test	0,4893
Wilcoxon-Test	0,446
F-Test	n.s.

Die Mittelwerte der mittleren Defekttiefe des Gesichtsfeldes von $-1,2 \pm 1,67$ dB für das rechte Auge und $-0,95 \pm 1,4$ dB für das linke Auge unterscheiden sich nicht signifikant. Das rechte Auge wird 16-mal zuerst geprüft. Dabei zeigt es 3-mal einen besseren Wert als das linke Auge. Das linke Auge wird 19-mal zuerst geprüft. Es zeigt dabei 7-mal einen besseren Wert als das rechte Auge. Es besteht eine signifikante Abhängigkeit von der Reihenfolge der Untersuchung (χ^2 -Test: $\chi^2=12,6$; $p<0,001$).

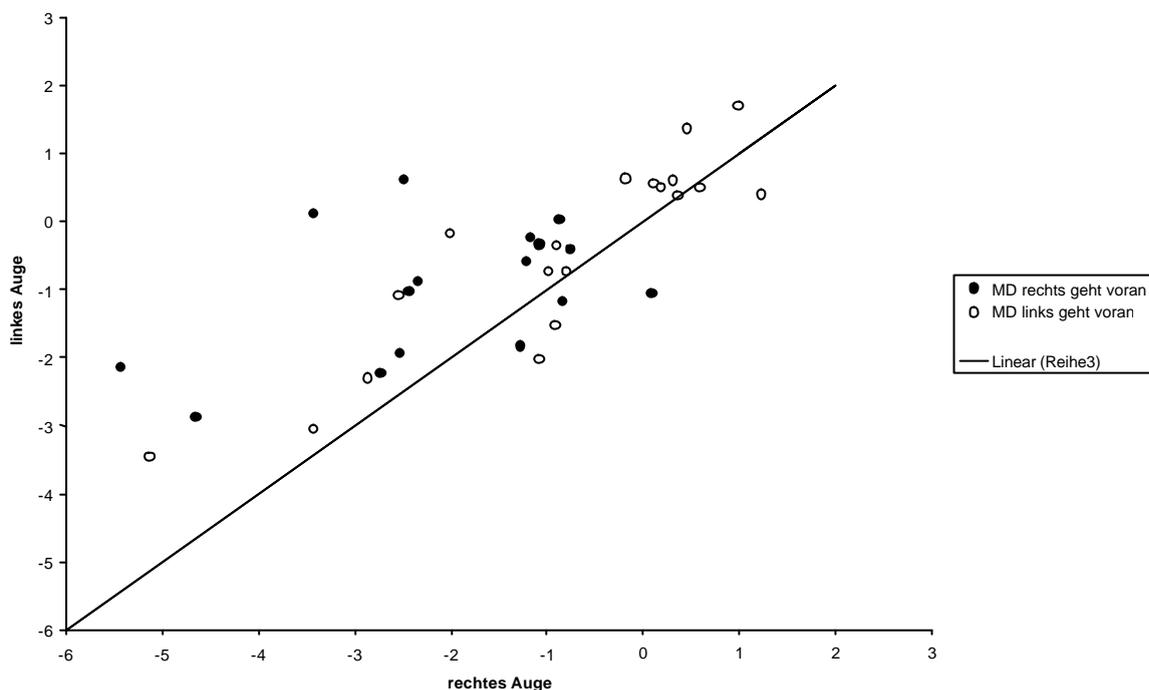


Abb. 3: Mean Deviation, rechtes gegen linkes Auge der einzelnen Probanden

In Abb. 3 ist die Mean Deviation des linken Auges gegen die des rechten Auges der einzelnen Probanden aufgetragen. Für alle Probanden beträgt $r= 0,6549$ ($p?0,005$). Zwar ist links die Mean Deviation etwas weniger negativ ($-0,94 \pm 1,66$), dieser Unterschied ist aber statistisch nicht zu sichern. Die Unterschiede treten stärker hervor, wenn man zusätzlich die Reihenfolge der Untersuchung berücksichtigt. Geht das rechte Auge in der Untersuchung voran, ist seine MD mit $-2,07 \pm 1,49$ deutlich schlechter als die des danach geprüften linken Auges ($-0,99 \pm 0,98$; $n= 16$; $t=-3,2201$; $p?0,005$). Die Korrelation zwischen beiden Augen lässt sich nicht sichern ($t= 2,0158$). Die Streuung ist am rechten Auge signifikant größer als links ($p ?0,01$). Dagegen korrelieren die Werte des rechten und des linken Auges sehr straff ($t= 8,1046$ für die Korrelation; $p?0,05$), wenn das

linke Auge vorangeht. Die linken Augen zeigen mit $-0,87 \pm 1,67$ eine schlechtere MD als die rechten Augen ($-0,46 \pm 1,45$; $t = -2,3654$; $p = 0,02$; $p < 0,05$).

Es fällt auf, dass für die linken Augen kaum ein Unterschied zwischen den zuerst und an zweiter Stelle geprüften Augen besteht ($t = 0,3966$; $p > 0,05$), während die an zweiter Stelle geprüften rechten Augen ein signifikant besseres Ergebnis zeigen als die an erster Stelle geprüften ($t = 3,4922$; $p = 0,002$; $p < 0,005$).

Weder für alle rechten noch für alle linken Augen existiert eine Abhängigkeit der MD vom Alter, was in sofern nicht verwunderlich ist, als alterskorrigierte Werte für die Berechnung benutzt werden. So ist es eher verwunderlich, dass bei den Probanden, bei denen das linke Auge zuerst geprüft wurde, die MD sich mit dem Alter verbessert (linkes Auge: $r = 0,4524$; $n = 19$; $p > 0,05$; rechtes Auge: $r = 0,3330$; n.s.)

C.1.2 Heidelberg Retina Tomograph (HRT) – Seitenvergleich ohne Berücksichtigung der Untersuchungsreihenfolge

Um Aussagen über die RNFS-Dicke treffen zu können, erfolgt zunächst die deskriptive Auswertung der RNFS-Dickenwerte. Anschließend werden die Messwerte der rechten und der linken Augen miteinander verglichen.

Die deskriptive Statistik der RNFS-Dicke der 35 Augenpaare wird sowohl global als auch aufgeteilt in die vier Quadranten in Tab.3 dargestellt. Die rechten Augen zeigen eine mittlere RNFS-Dicke von $228,5 \mu\text{m}$. Die linken Augen liegen mit $245 \mu\text{m}$ darüber. Ähnlich unterscheiden sich rechte und linke Augen in den einzelnen vier Quadranten.

Für den Seitenvergleich der RNFS-Dicken der 35 Augenpaare werden die Daten der rechten Augen denen der linken Augen gegenübergestellt. Aufgeteilt in die Gesamtregion und die einzelnen Quadranten erfolgt die statistische Auswertung durch den T-Test nach Student und den Wilcoxon Signed Rank-Test. Die Ergebnisse werden in Tab.4 aufgeführt. Es zeigen sich keine signifikanten Unterschiede ($p > 0,05$). Auch die Streuungen unterscheiden sich nicht wesentlich.

Tab. 3: Deskriptive Statistik der RNFS-Dicke [μm]; rechtes und linkes Auge

QUADRANT	AUGE	N	MW	SD	SE	MAX	MIN	MEDIAN
superior	rechts	35	269,5	74,8	12,64	433,5	125,5	265,0
	links	35	295,5	64,9	10,97	438,0	133,0	299,0
nasal	rechts	35	261,5	73,9	12,49	432,0	111,0	277,0
	links	35	277,7	66,3	11,20	384,0	121,0	277,0
inferior	rechts	35	297,2	88,5	14,96	492,5	147,0	296,5
	links	35	314,6	74,8	12,64	435,5	144,0	327,0
temporal	rechts	35	82,7	20,5	3,46	122,0	37,0	82,0
	links	35	92,1	21,1	3,56	133,0	41,0	91,0
gesamt	rechts	35	228,5	58,0	9,80	240,0	114,0	236,0
	links	35	245,0	48,6	8,22	333,0	110,0	253,0

Tab. 4: Seitenvergleich der rechten und linken Augen; RNFS-Werte des HRT, aufgeteilt nach Quadranten und der Gesamtregion (p-Werte)

	superior	nasal	inferior	temporal	gesamt
T-Test	0,1194	0,3386	0,3770	0,0618	0,2017
Wilcoxon-Test	0,0514	0,2442	0,4463	0,0504	0,1209

Das rechte Auge wird 17-mal zuerst gemessen. Dabei zeigt es nur 6-mal einen besseren Wert als das linke Auge. Das linke Auge wird 18-mal zuerst gemessen. Dabei zeigt es 11-mal einen besseren Wert als das rechte Auge.

Unabhängig von der Reihenfolge gibt es keinen deutlichen Unterschied im Totalwert zwischen rechts (228,5 +/- 57,96) und links (245 +/- 48,63; $t = -1,5906$). Die Werte der beiden Augen korrelieren schwach miteinander ($r = 0,3485$, $p > 0,05$). Geht das rechte Auge bei der Untersuchung voran (221 +/- 70,8) unterscheidet sich das linke Auge nicht deutlich (247,06 +/- 49,51; $t = -1,6732$), auch die Korrelation lässt sich nicht sichern ($r = 0,4764$; $t = 2,0989$; $n = 17$). Ebenso wenig finden sich Unterschiede zwischen den rechten Augen (235,6 +/- 43,48) und den linken Augen (243,06 +/- 49,15), wenn das linke Auge vorangeht.

Eine Abhängigkeit der HRT-Werte vom Alter lässt sich nicht feststellen. Betrachtet man isoliert nur solche Probanden, bei denen das rechte Auge eindeutig das Führungsauge ist, dann findet man rechts den HRT_{tot} -Wert bei 222,69 +/- 58,78, links dagegen 246,58 +/-

49,32, allerdings lässt sich der Unterschied statistisch nicht sichern, er verschwindet aber, wenn man nur stattdessen die Probanden mit linkem Führungsauge oder unbestimmten Angaben (rechtes Auge: 245,33 +/- 55,22; linkes Auge: 240,44 +/- 49,20) vergleicht. In beiden Gruppen korrelieren die HRT-Werte des rechten und des linken Auges ($p < 0,05$).

C.1.3 Intraokulärer Druck (IOD) - Seitenvergleich ohne Berücksichtigung der Untersuchungsreihenfolge

Die deskriptive Statistik des IOD der 35 Augenpaare wird in Tab.5 dargestellt. Die Betrachtung der rechten Augen zeigt einen mittleren IOD von 10,9 mmHg. Der Wert der linken Augen ist mit 10,9 mmHg gleich.

Tab. 5: Deskriptive Statistik des IOD [mmHg]; rechtes und linkes Auge

AUGE	N	MW	STD AW	STD FEHLER	MAX	MIN	MEDIAN
rechts	35	10,9	2,79	0,472	17,0	6,0	10,0
links	35	10,9	2,88	0,487	19,0	6,0	11,0

Für den Seitenvergleich des IOD der 35 Augenpaare werden die Daten der rechten Augen denen der linken Augen gegenübergestellt. Die statistische Auswertung erfolgt durch den T-Test nach Student und den Wilcoxon Signed Rank-Test. Die Ergebnisse werden in Tab.6 aufgeführt. Es zeigen sich keine signifikanten Unterschiede ($p > 0,05$).

Tab. 6: Seitenvergleich der rechten und linken Augen; IOD

IOD	p
T-Test	0,5023
Wilcoxon-Test	0,1187

C.1.4 Vergleich der Morphologie (HRT) mit der Funktion (HFA) der rechten und der linken Augen

Um Aussagen über den Vergleich der morphologischen Werte des HRT mit den funktionellen Befunden des HFA für das rechte und das linke Auge treffen zu können, werden die deskriptiv ausgewerteten Daten analysiert. Die Daten des HRT werden jeweils mit den Werten der Mean Deviation (MD) in Korrelation gesetzt. Die Korrelationskoeffizienten der rechten und linken Augen werden gegenüber gestellt.

C.1.4.1 Korrelation der RNFS-Daten (HRT) mit der Mean Deviation (HFA) für die rechten und die linken Augen

Die Korrelationskoeffizienten werden in Tab.7 dargestellt. Der Vergleich der Gesamtregionen zeigt für die rechten Augen einen positiven Korrelationskoeffizienten von 0,31. Der Korrelationskoeffizienten der linken Augen ist mit -0,02 negativ.

Tab. 7: Korrelation der RNFS (HRT) und der Mean Deviation (HFA);
rechtes und linkes Auge

Koeffizient	rechts	links
HRT ges/ MD	0,31	-0,02

Die Korrelation zwischen der gesamten RNFS und der Mean Deviation wird für die rechten Augen in Abb. 4 und für die linken Augen in Abb. 5 graphisch dargestellt.

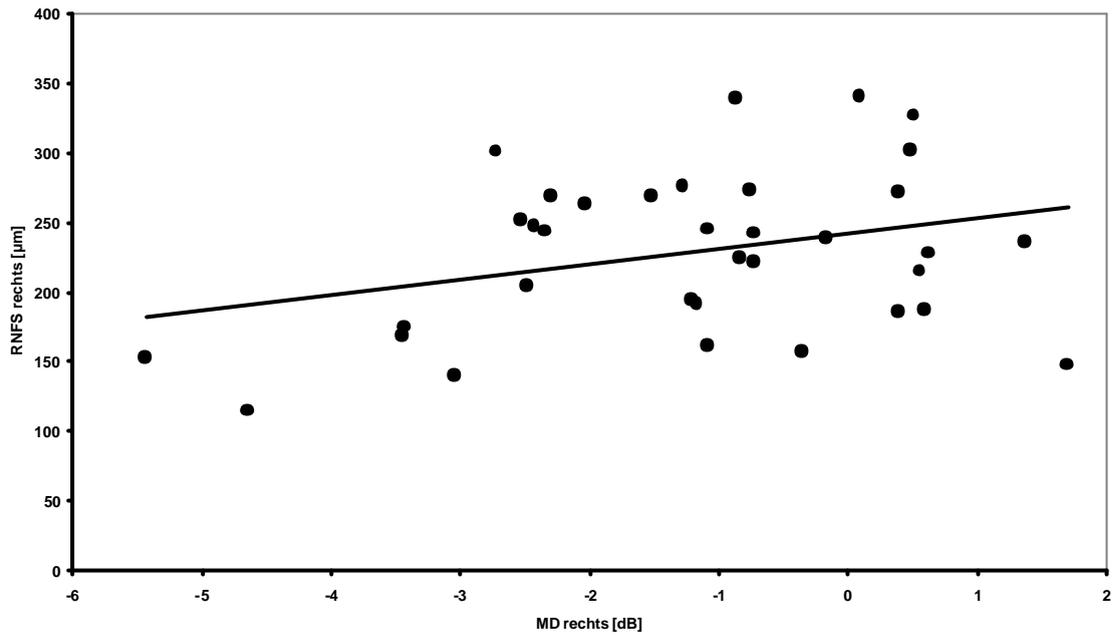


Abb. 4: Korrelation der retinalen Nervenfaserschicht (HRT) mit der Mean Deviation (HFA); rechtes Auge

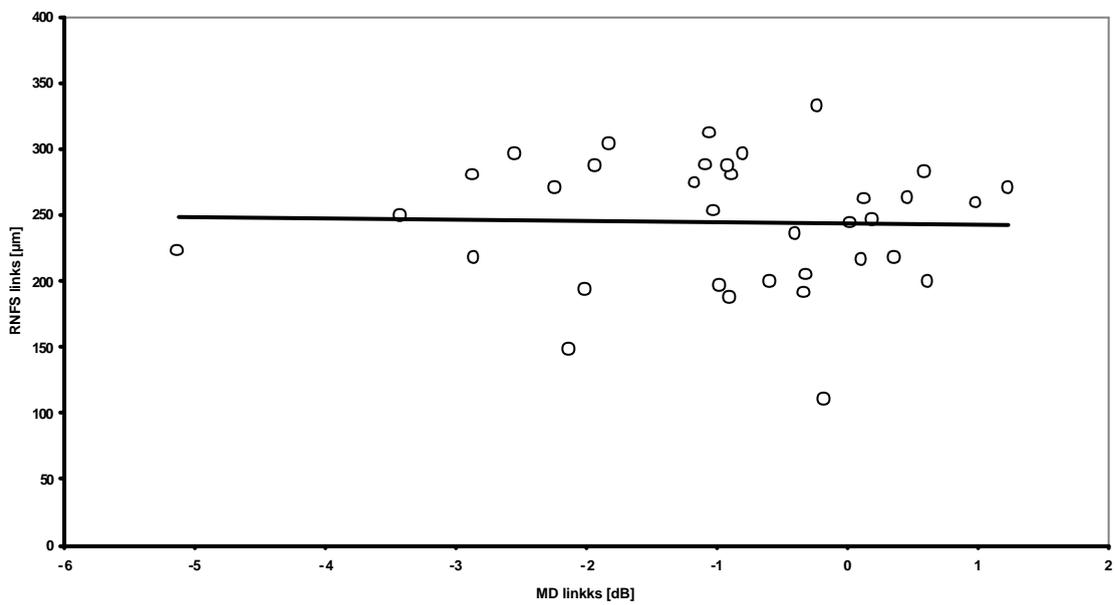


Abb. 5: Korrelation der retinalen Nervenfaserschicht (HRT) mit der Mean Deviation (HFA); linkes Auge

C.2 Ergebnisse der erst- und zweitgemessenen Augen

C.2.1 Humphrey Field Analyser (HFA) –Vergleich der erstgemessenen mit den zweitgemessenen Augen ohne Berücksichtigung der Seite

Um Aussagen über das Gesichtsfeld bezüglich der Untersuchungsreihenfolge treffen zu können, erfolgt nun die Darstellung der deskriptiven Auswertung der Mean Deviation. Die Schwellenwerte, die alterskorrigierten und individuell korrigierten Defekttiefenwerte sind in Anhang F.2 dargestellt. Im Anschluss werden die Werte der erstgemessenen und der zweitgemessenen Augen miteinander verglichen.

C.2.1.1 Mean Deviation

Die deskriptive Statistik der Mean Deviation der Gesichtsfeldmessung der 35 Augenpaare wird in Tab. 8 dargestellt. Die Betrachtung der ersten Augen zeigt eine mittlere MD von –1,42 dB. Der Wert der zweiten Augen liegt mit –0,70 dB darüber.

Tab. 8: Deskriptive Statistik der Mean Deviation, HFA [dB]; erstes und zweites Auge

AUGE	N	MW	STD AW	STD FEHLER	MAX	MIN	MEDIAN
erstes	35	-1,42	1,679	0,284	1,23	-5,43	-1,08
zweites	35	-0,70	1,269	0,215	1,7	-3,45	-0,59

Für den Seitenvergleich der Mean Deviation der 35 Augenpaare werden die Daten der ersten Augen denen der zweiten Augen gegenübergestellt. Die statistische Auswertung erfolgt durch den T-Test nach Student und den Wilcoxon Signed Rank-Test. Die Ergebnisse werden in Tab. 9 aufgeführt. Es zeigt sich ein signifikanter Unterschied ($p < 0,05$).

Tab. 9: Vergleich der Untersuchungsreihenfolge; Mean Deviation des HFA

MD	p
T-Test	0,0481
Wilcoxon-Test	0,001
F-Test	? 0,05

C.2.2 Heidelberg Retina Tomograph (HRT) – Vergleich der erstgemessenen mit den zweitgemessenen Augen ohne Berücksichtigung der Seite

Um Aussagen über die RNFS-Dicke bezüglich der Untersuchungsreihenfolge treffen zu können, erfolgt zunächst die deskriptive Auswertung der RNFS-Dickenwerte in der Reihenfolge der Untersuchung. Anschließend werden die Werte der erstgemessenen und der zweitgemessenen Augen miteinander verglichen.

Die deskriptive Statistik der RNFS-Dicke der 35 Augenpaare wird sowohl global als auch in die vier Quadranten aufgeteilt in Tab. 10 dargestellt. Die Betrachtung der Gesamtregion zeigt für die erstgemessenen Augen eine mittlere RNFS-Dicke von 232,3 µm. Der Wert der zweitgemessenen Augen liegt mit 241,2 µm leicht darüber. Dieser Unterschied zeigt sich auch für die einzelnen vier Quadranten.

Für die Untersuchungsreihenfolge der 35 Augenpaare wurden im Vergleich der RNFS-Dicken die Daten der ersten Augen denen der zweiten Augen gegenübergestellt. Die statistische Auswertung der Gesamtregion und der einzelnen Quadranten erfolgte durch den T-Test nach Student, den Wilcoxon Signed Rank-Test und den F-Test. Die Ergebnisse werden in Tab. 11 aufgeführt. Es zeigen sich keine signifikanten Unterschiede ($p > 0,05$). Für die Gesamtregion unterscheidet sich die Streuung geringfügig ($p = 0,05$).

Tab.10: Deskriptive Statistik der RNFS-Dicke des HRT [µm]; erstes und zweites Auge

QUADRANT	AUGE	N	MW	STD AW	STD FEHLER	MAX	MIN	MEDIAN
superior	erstes	35	274,7	78,5	13,27	433,5	125,5	295,5
	zweites	35	290,8	62,2	10,52	438,0	198,5	286,5
nasal	erstes	35	263,9	73,1	12,36	384,0	120,0	277,0
	zweites	35	275,4	67,6	11,43	432,0	111,0	280,0
inferior	erstes	35	302,4	91,1	15,39	492,5	144,0	305,0
	zweites	35	309,5	72,5	12,26	435,5	162,0	318,0
temporal	erstes	35	82,7	19,9	3,36	115,0	41,0	81,0
	zweites	35	92,1	21,6	3,66	133,0	37,0	92,0
gesamt	erstes	35	232,3	60,8	10,27	340,0	110,0	244,0
	zweites	35	241,2	46,2	7,80	339,0	147,0	244,0

Tab. 11: Vergleich der Untersuchungsreihenfolge; RNFS-Dicken des HRT, aufgeteilt nach Quadranten und der Gesamtregion

	superior	nasal	inferior	temporal	gesamt
T-Test	0,3463	0,4953	0,7183	0,0635	0,4960
Wilcoxon-Test	0,2689	0,9673	0,9412	0,1338	0,6942
F-Test	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	?0,05

C.2.3 Intraokulärer Druck (IOD) - Vergleich der erstgemessenen mit den zweitgemessenen Augen ohne Berücksichtigung der Seite

Die deskriptive Statistik des IOD der 35 Augenpaare wird in Tab. 12 dargestellt. Die Betrachtung der ersten Augen zeigt einen mittleren IOD von 10,5 mmHg. Der Wert der zweiten Augen ist mit 10,9 mmHg etwas höher.

Tab. 12: Deskriptive Statistik des IOD [mmHg]; erstes und zweites Auge

AUGE	N	MW	STD AW	STD FEHLER	MAX	MIN	MEDIAN
erstes	35	10,5	2,86	0,484	17,0	6,0	11,0
zweites	35	10,9	2,82	0,476	19,0	6,0	10,0

Für die Untersuchungsreihenfolge der 35 Augenpaare wurden im Vergleich des IOD die Daten der ersten Augen denen der zweiten Augen gegenübergestellt. Die statistische Auswertung erfolgt durch den T-Test nach Student und den Wilcoxon Signed Rank-Test.. Die Ergebnisse werden in Tab. 13 aufgeführt. Es zeigen sich keine signifikanten Unterschiede ($p > 0,05$).

Tab. 13: Vergleich der Untersuchungsreihenfolge des IOD

IOD	p
T-Test	0,6151
Wilcoxon-Test	0,0725

C.2.4 Vergleich der Morphologie (HRT) mit der Funktion (HFA) der erst- und zweitgemessenen Augen

Um Aussagen über den Vergleich der morphologischen Werte des HRT mit den funktionellen Befunden des HFA für das erste und das zweite Auge treffen zu können, werden die deskriptiv ausgewerteten Daten analysiert. Die Daten des HRT werden jeweils mit den Werten der Mean Deviation (MD) korreliert. Die Korrelationskoeffizienten der ersten und zweiten Augen werden gegenüber gestellt.

C.2.4.1 Korrelation der RNFS-Daten (HRT) mit der Mean Deviation (HFA) für die erst- und zweitgemessenen Augen

Die Korrelationskoeffizienten werden in Tab. 14 dargestellt. Der Vergleich der Gesamtregionen zeigt für die ersten Augen einen positiven Korrelationskoeffizienten von 0,37. Der Korrelationskoeffizienten der zweiten Augen ist mit -0,25 negativ.

Tab. 14 : Korrelation der RNFS (HRT) und der Mean Deviation (HFA);
erstes und zweites Auge

Koeffizient	erstes	zweites
HRT ges/ MD	0,37	-0,25

Die Korrelation zwischen der gesamten RNFS und der Mean Deviation wird für die erstgemessenen Augen in Abb. 6 und für die zweitgemessenen Augen in Abb. 7 graphisch dargestellt.

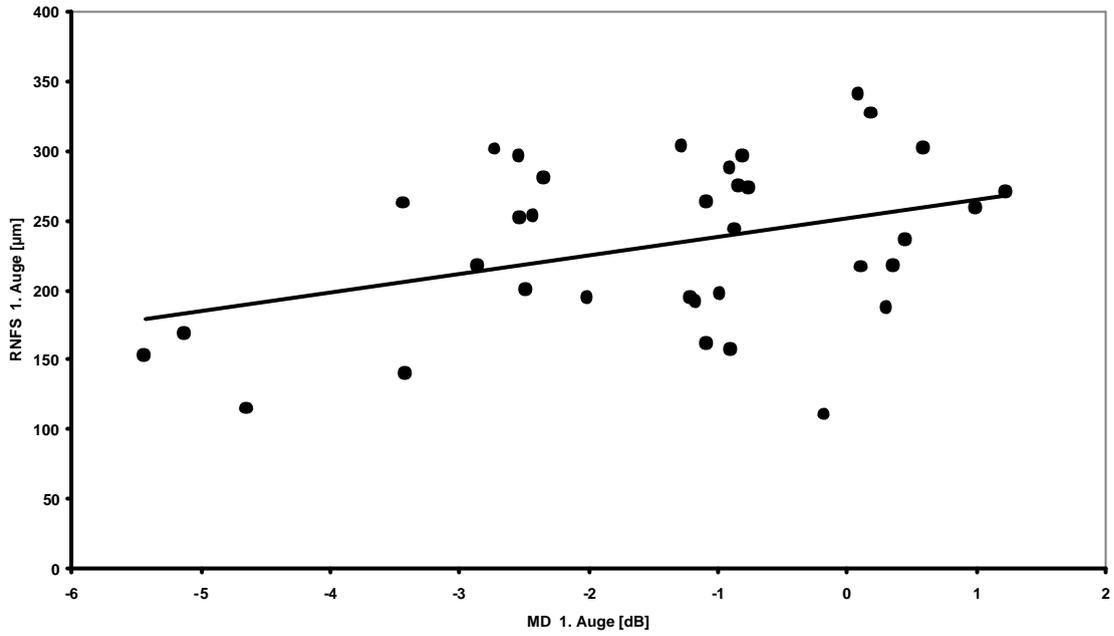


Abb. 6: Korrelation der retinalen Nervenfaserschicht (HRT) mit der Mean Deviation (HFA); erstes Auge

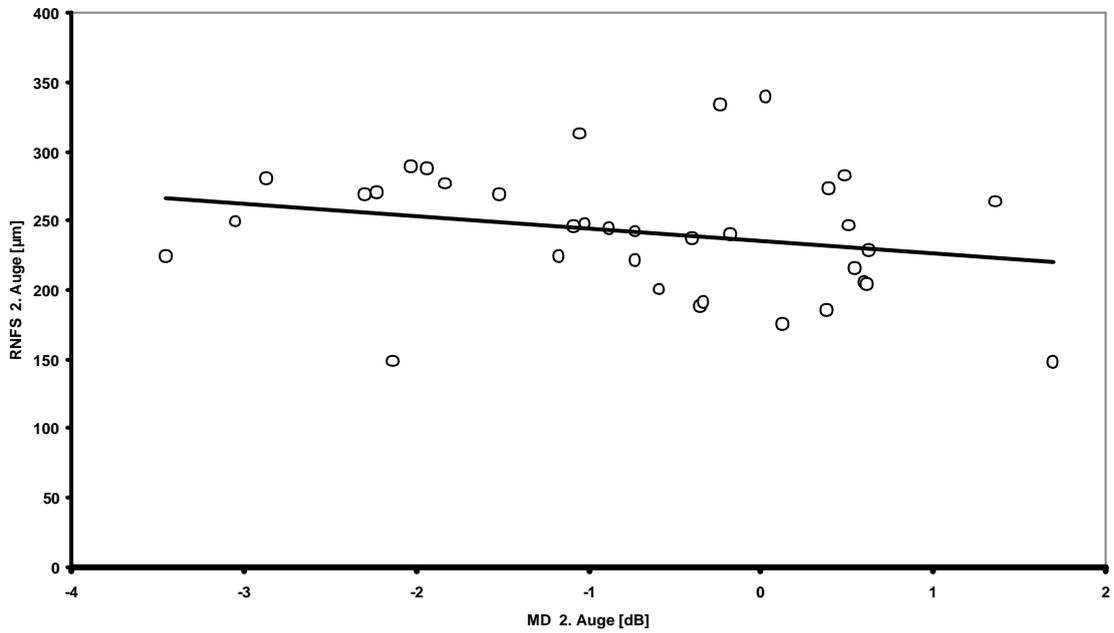


Abb. 7: Korrelation der retinalen Nervenfaserschicht (HRT) mit der Mean Deviation (HFA); zweites Auge

C.3 Ergebnisse der Führungshand

Die deskriptive Auswertung erfolgte anhand der Angaben auf dem Fragebogen (s. Anhang F.1.1.) und wird in Abb. 8 dargestellt. Von den 35 Probanden gaben 29 die rechte Hand als Führungshand an. 5 Probanden bezeichneten die linke Hand als ihre Führungshand. Für einen Probanden konnte keine eindeutige Führungshand ermittelt werden.

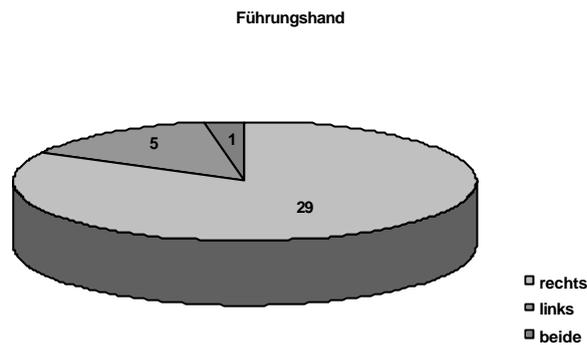


Abb. 8: Verteilung der Führungshand

C.4 Ergebnisse des Führungsauges

Die deskriptive Auswertung erfolgte auch hier anhand der Angaben auf dem Fragebogen (s. Anhang F.1.1.) und wird in Abb. 9 dargestellt. Von den 35 Probanden gaben 26 das rechte Auge als das Führungsauge an. 4 Probanden bezeichneten das linke Auge als das Führungsauge. Für 5 Probanden konnte ein Führungsauge nicht eindeutig ermittelt werden.

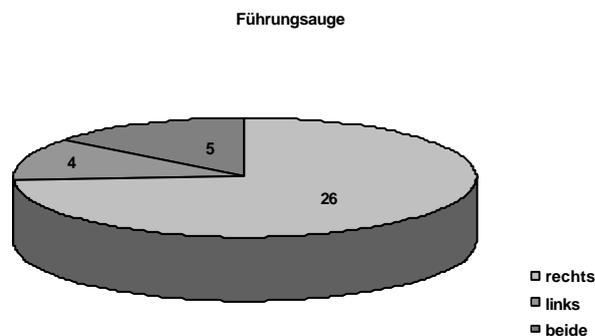


Abb. 9: Verteilung der Führungsauges

C.5 Vergleich der Händigkeit mit dem Führungsauge

Für die Bestimmung der Abhängigkeit der Händigkeit vom Führungsauge werden die erhobenen Befunde in Tab. 15 als Kreuztabelle dargestellt. In die Wertung gehen nur die eindeutig bestimmten Führungsäugen ein.

Die statistische Auswertung erfolgte durch den Fisher Exact Test und wird ebenfalls in Tab. 36 aufgeführt.

Tab. 15: Kreuztabelle Händigkeit/Führungsauge

n=29		Führungshand	
		rechts	links
Führungsauge	rechts	23x	3x
	links	2x	1x
Fisher Exact Test: p=0,454			

Es lässt sich keine Abhängigkeit zwischen der Führungshand und dem Führungsauge finden ($p > 0,05$).

C.6 Vergleich der Händigkeit und des Führungsauges mit der Dicke der retinalen Nervenfaserschicht

Für die Bestimmung der Abhängigkeit zwischen der Händigkeit und der Seitenprävalenz der retinalen Nervenfaserschichtdicke wurden die erhobenen Befunde in Tab. 16 als Kreuztabelle dargestellt. Dabei gingen aber nur die eindeutig bestimmten Führungshände in die Wertung ein.

Die statistische Auswertung erfolgte durch den Fisher Exact Test und wird ebenfalls in Tab. 16 aufgeführt.

Tab. 16: Kreuztabelle Händigkeit/RNFS-Dicke

n=34		Führungshand	
		rechts	links
RNFS-Dicke	rechts	10x	3x
	links	19x	2x

Fisher Exact Test:
p=0,274

Es besteht keine Abhängigkeit zwischen der Führungshand und der Seitenprävalenz der retinalen Nervenfaserschichtdicke ($p > 0,05$).

Für die Bestimmung der Abhängigkeit zwischen dem Führungsauge und der Seitenprävalenz der retinalen Nervenfaserschichtdicke wurden die erhobenen Befunde in Tab. 17 als Kreuztabelle dargestellt. Dabei gingen aber nur die eindeutig bestimmten Führungsaugen in die Wertung ein.

Die statistische Auswertung erfolgte durch den Fisher Exact Test und wird ebenfalls in Tab. 17 aufgeführt.

Tab. 17: Kreuztabelle Führungsaug/RNFS-Dicke

n=30		Führungsaug	
		rechts	links
RNFS-Dicke	rechts	9x	2x
	links	17x	2x

Fisher Exact Test:
p=0,470

Es besteht keine Abhängigkeit zwischen dem Führungsaug und der Seitenprävalenz der retinalen Nervenfaserschichtdicke ($p > 0,05$).

C.7 Datenentwicklungen im Verlauf der Untersuchungen

Bei der Betrachtung der Messdaten der retinalen Nervenfaserschicht, gemessen mit dem HRT (siehe Anhang F.2; Tab. IV), fällt auf, dass die Werte der ersten Hälfte der Probanden merklich schlechter waren als die der zweiten Hälfte. Im Folgenden wird diese Unregelmäßigkeit genauer beschrieben und statistisch ausgewertet. Zur Gegenüberstellung schließt sich die gleiche Auswertung der Daten des HFA an.

C.7.1 Heidelberg Retina Tomograph (HRT)

Die deskriptive Statistik der RNFS-Werte der rechten und der linken Augen, eingeteilt in Hälften, wird in Tab. 18 dargestellt. Für die rechten Augen zeigt die erste Hälfte (n=18) einen Mittelwert von 210,06 +/- 52,63 μm und die zweite Hälfte (n=17) einen Mittelwert von 248,06 +/- 58,36 μm . Die Werte der Probanden, mit denen die Messungen begonnen worden sind, fallen deutlich schlechter aus als jene, die im Schlussteil gemessen wurden. Auch für die linken Augen zeigt sich diese Differenz in den Mittelwerten der ersten Hälfte, 228,89 +/- 50,91 μm , und der zweiten Hälfte, 262,06 +/- 40,88 μm .

Tab. 18: Deskriptive Statistik der RNFS [μm]; erste und zweite Hälfte der Probanden

SEITE	HÄLFTE	N	MW	STD AW	STD FEHLER	MAX	MIN	MEDIAN
rechts	1.	18	210,06	52,626	12,40	339	140	199
rechts	2.	17	248,06	58,359	14,15	340	114	263
links	1.	18	228,89	50,914	12,00	333	110	220
links	2.	17	262,06	40,876	9,91	312	148	270

Für einen Vergleich wurden die RNFS-Daten der ersten Hälfte denen der zweiten Hälfte gegenübergestellt. Die statistische Auswertung erfolgte durch den T-Test nach Student und wird in Tab. 19 dargestellt. Es zeigt sich für die rechte Seite ein fast signifikanter Unterschied ($p = 0,05$). Die Abweichung der linken Seite ist gerade signifikant ($p = 0,04$).

Tab. 19: Vergleich der Hälften der rechten und der linken Augen;

RNFS-Werte des HRT

	1. Hälfte vs. 2. Hälfte	
T-Test	rechts	links
	0,05	0,04

Diese beidseitige signifikante Ungleichheit der Hälften zeigt, dass die Werte der Probanden zu Beginn der Messungen signifikant schlechter sind als die Daten der Probanden, welche zum Ende hin gemessen wurden. In Abb. 10 ist der deutliche Anstieg der RNFS-Werte im Verlauf der Untersuchungen gut zu erkennen.

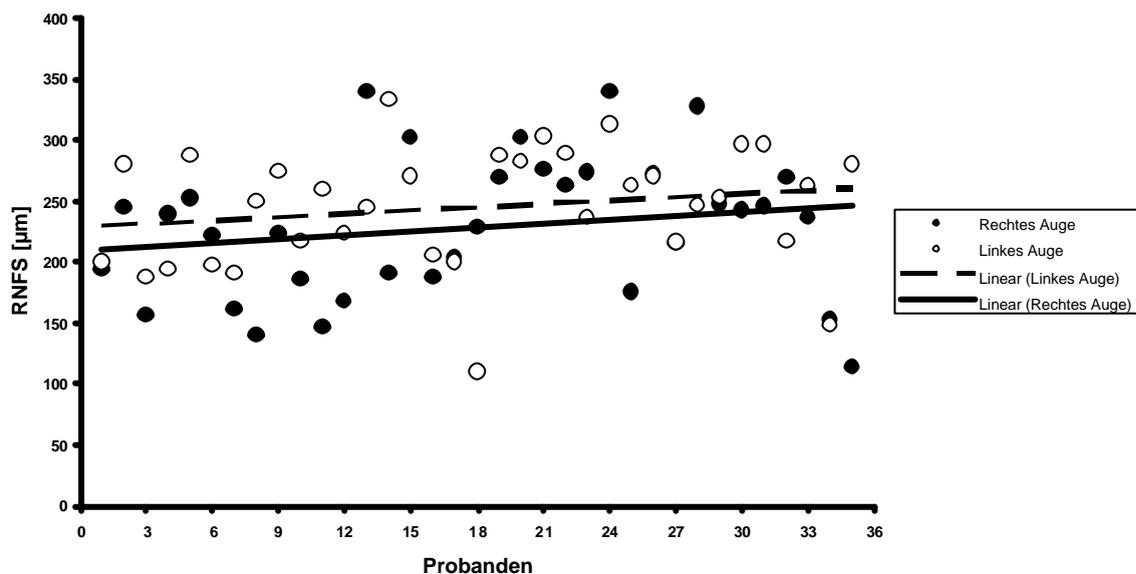


Abb. 10: RNFS-Werte beider Augen im Untersuchungsverlauf

C.7.2 Humphrey Field Analyser (HFA)

Die deskriptive Statistik der Mean Deviation der rechten und der linken Augen, eingeteilt in Hälften, wird in Tab. 20 dargestellt. Für die rechten Augen zeigt die erste Hälfte (n=18) einen Mittelwert von $-1,09 \pm 1,44$ dB und die zweite Hälfte (n=17) einen Mittelwert von $-1,31 \pm 1,91$ dB. Die Mittelwerte der linken Augen liegen für die erste Hälfte bei $-1,02 \pm 1,5$ dB und für die zweite Hälfte bei $-0,87 \pm 1,25$ dB.

Tab 20: Deskriptive Statistik der MD [dB]; erste und zweite Hälfte der Probanden

SEITE	HÄLFTE	N	MW	STD AW	STD FEHLER	MAX	MIN	MEDIAN
rechts	1.	18	-1,09	1,4372	0,3387	1,70	-3,45	-0,955
rechts	2.	17	-1,31	1,9071	0,4625	1,37	-5,43	-1,08
links	1.	18	-1,02	1,4993	0,3534	0,99	-5,13	-0,735
links	2.	17	-0,87	1,2495	0,3030	1,23	-2,87	-0,91

Die Daten der Mean Deviation (MD) zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen der ersten und der zweiten Hälfte der Probanden ($p \geq 0,05$).

Tab 21: Vergleich der Hälften der ersten und der zweiten Augen;

MD des HFA

			1. Hälfte vs. 2. Hälfte	
T-Test			rechts	links
			0,71	0,76

Die Verteilung der Werte ist in Abb. 11 graphisch dargestellt und ist nicht durch die Abfolge der einzelnen Untersuchungen der Probanden beeinflusst.

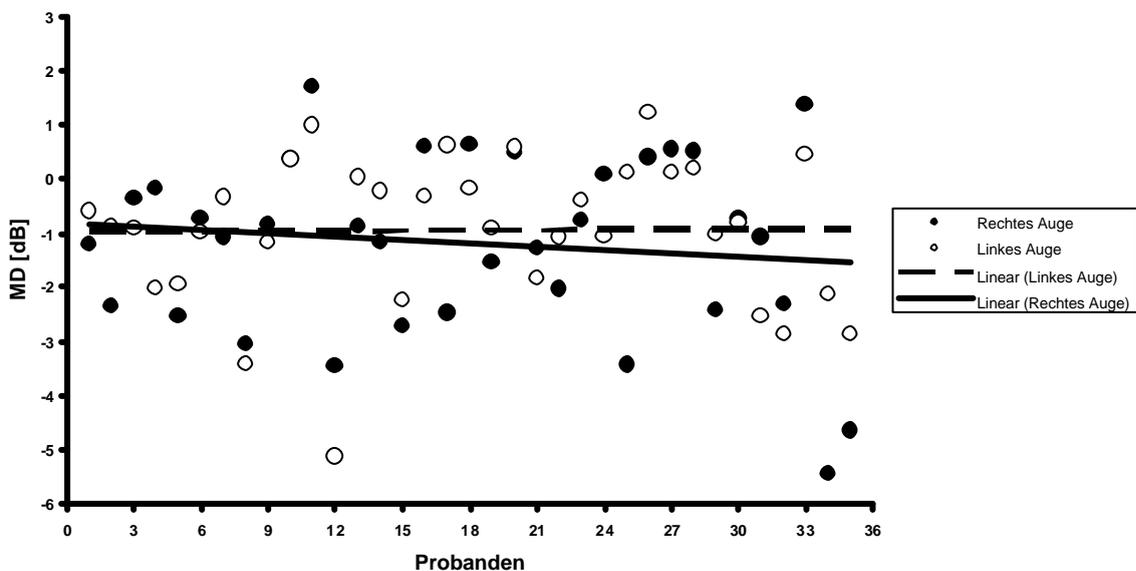


Abb. 11: MD-Werte im Untersuchungsverlauf

D. Diskussion

In der Glaukom-Diagnostik besitzen die Methoden der Messung der Nervenfaserschichtdicke in der Retina und die computerisierte Perimetrie einen hohen Stellenwert. Trotz ihrer großen technischen Perfektionierung erfordert ihre Anwendung am menschlichen Auge die aktive Mitarbeit des Patienten. In beiden Fällen muss, wenn auch bei der Messung der Nervenfaserschichtdickenmessung nur kurz, ein bestimmter Punkt fixiert werden, bei der Perimetrie muss der Patient darüber Auskunft geben, ob er den Reiz auch wahrgenommen hat. Insofern muss mit Übungs- und Ermüdungseffekten gerechnet werden.

Üblicherweise wird in der ophthalmologischen Diagnostik mit den Messungen am rechten Auge begonnen. Der Grund ist leicht einsichtig: In der Hektik des Routine-Betriebes soll nicht ein Auge übergangen werden. Die Patienten sind oft nicht in der Lage, auf das Vergessen der Untersuchung an einem Auge aufmerksam zu machen. Diese Reihenfolge birgt die Gefahr systematischer Fehler, die möglicherweise anatomische und physiologische rechts-links Unterschiede verbergen oder umgekehrt solche Unterschiede erzeugen könnten. Es liegt also nahe zu prüfen, ob durch die Variation der Reihenfolge gewisse Aussagen über systematische Abweichungen der an beiden Augen erhaltenen Messergebnisse möglich sind. Dabei wurde der klinikübliche Untersuchungsgang bis auf die Reihenfolge der untersuchten Augen eingehalten. Nach der Erhebung des ophthalmologischen Status folgte die Gesichtsfeldprüfung mit dem Humphrey-Field-Analyser. Anschließend wurde die Messung der retinalen Nervenfaserschichtdicke pro Auge dreimal durchgeführt. Zum Abschluss erfolgte die Messung des IOD mit dem Tonometer. Zwischen den einzelnen Untersuchungen wurde den Probanden Zeit zur Erholung gegeben.

Es handelt sich hier bei dem vorgestellten Kollektiv um Probanden, denen selbst keine Augenerkrankungen bei sich bekannt sind. Bei allen Probanden liegt der intraokulare Druck im Normbereich, zwischen den rechten und den linken Augen gibt es keine größeren Differenzen, auch beeinflusst die Reihenfolge der Messungen die Werte nicht.

Anders liegen die Verhältnisse beim Gesichtsfeld. In allen Quadranten und auch für das gesamte Gesichtsfeld unterscheiden sich die Schwellenwerte des linken und des rechten Auges nicht, jedoch ist die Streuung rechts größer als links, in einigen Quadranten lässt sich dieser Unterschied auch statistisch sichern (siehe Anhang F.3).

Nach Alters- und individueller Korrektur zeigen die linken Augen in allen Quadranten und auch für das gesamte Gesichtsfeld kleinere Defekttiefenwerte, auch die Streuungen sind stets links kleiner (Ausnahme: individuell korrigierte Defekttiefe, nasaler Quadrant), in einigen Quadranten sogar deutlich ($p < 0,05$). (Im Ergebnisteil ist nur auf die MD eingegangen, die anderen Parameter sind in Anhang F.3 aufgelistet.)

Gewisse Unterschiede in den Mittelwerten der untersuchten Parameter lassen sich feststellen, wenn man das jeweils zuerst untersuchte Auge mit dem anderen vergleicht. Die korrigierten Defekttiefen sind fast immer am erstuntersuchten Auge größer, auch die Streuungen sind am erstuntersuchten Auge vielfach größer (siehe Anhang F.3).

Die Auswertungen im Ergebnisteil beziehen der besseren Übersicht halber ausschließlich den klinisch wesentlicheren Wert der Mean Deviation (siehe B.2.1.1) ein. Die linken Augen zeigen, wenn sie vorangehen, eine größere negative Mean Deviation als die dann folgenden rechten Augen, aber der Unterschied ist deutlich kleiner, als wenn die rechten Augen in der Untersuchung vorangehen. Dann zeigen die rechten Augen wesentlich negativere Werte als die linken Augen. Auch besteht zwischen der Mean Deviation der rechten und der linken Augen unabhängig von der Reihenfolge nur ein kleiner Unterschied und die Mean Deviation der beiden Augen korrelieren miteinander ($r = 0,6456$; $n = 35$; $p < 0,005$). Die Korrelation wird aber straffer, wenn das linke Auge vorangeht ($r = 0,8912$; $n = 19$; $p < 0,001$), es gibt jedoch keine eindeutige Korrelation mehr, wenn das rechte Auge vorangeht ($r = 0,4743$; $n = 16$; $p < 0,05$).

Aus diesen Befunden ergibt sich eindeutig, dass die Reihenfolge der Untersuchung das Ergebnis beeinflusst. Es besteht offensichtlich ein Übungseffekt. Wann der Übungseffekt vollendet ist - d.h. eine weitere Gesichtsfeldprüfung könnte ja ein noch besseres Ergebnis bringen - und ob und nach wie vielen Untersuchungen er in einen Ermüdungseffekt übergeht, lässt sich hier nicht sagen. Dafür hätten weitere Gesichtsfeldprüfungen in zufälliger Reihenfolge des rechten und des linken Auges aufeinander folgen müssen, was aber dann die weiteren Untersuchungen der retinalen Nervenfaserschichtdicke wohl möglich beeinflusst hätte. Die durchgeführten Messungen sollten sich ja gerade in ihrem Ablauf an der Praxis orientieren.

Die Unterschiede zwischen den beiden Augen rühren nun keineswegs nur aus der Reihenfolge der Untersuchung her. Für das linke Auge findet sich nur ein kleiner Unterschied in Abhängigkeit von der Untersuchungsreihenfolge, während er für das rechte Auge wesentlich größer ist. Vernachlässigen wir diesen kleinen Unterschied bei den linken Augen und nehmen weiterhin an, dass die Untersuchungsreihenfolgen unserer Probanden

rein zufällig verteilt worden sind, dann lässt sich dieser Befund folgendermaßen interpretieren: Zwischen rechtem und linkem Auge existieren bei gesunden Menschen keine deutlichen Unterschiede hinsichtlich des Gesichtsfeldes, nur, wenn das rechte Auge zuerst geprüft wird, kommt es zu Unsicherheiten beim Probanden. Das rechte Auge ist bei der überwiegenden Zahl der Probanden das Führungsaugen. Dies aber bedeutet, dass der Proband besonders dann Schwierigkeiten hat, wenn das Führungsaugen vorangeht. Unabhängig von der Reihenfolge zeigt das Führungsaugen schlechtere Werte, allerdings ist der Unterschied größer, wenn es voran geht. Dies spricht für eine funktionelle Besonderheit. Es könnte möglich sein, dass das Führungsaugen mehr auf das zentrale Sehen ausgerichtet ist und parafoveal unsicher ist. Es könnten allerdings auch strukturelle Veränderungen oder gar Schädigungen vorliegen, z.B. bedingt dadurch, dass das Führungsaugen bei Lichtreizen wie hellen Lampen oder der Sonne, die plötzlich aus dem Schatten auftaucht, ungeschützt vorangeht.

Strukturelle Veränderungen sollten sich auch in der retinalen Nervenfaserschichtdicke bemerkbar machen. Zwischen rechtem und linkem Auge besteht kein statistischer Unterschied, aber die Mittelwerte für das linke Auge sind immer etwas größer als die für das rechte Auge, unabhängig davon, welches Auge in der Untersuchung voranging. Insofern besteht auch hier ein Hinweis für eine Seitendifferenzierung. Dieser Befund liegt in der gleichen Richtung wie die Abhängigkeit des Gesichtsfeldes. Man sollte also eine Korrelation zwischen HRT-Werten und MD erwarten können. Sie tritt tatsächlich für das rechte Auge auf ($r = 0,31$), für das linke dagegen nicht ($r = -0,02$).

Es kann hier nicht die Ursache für den angedeuteten Seitenunterschied in der retinalen Nervenfaserschichtdicke festgestellt werden. Wie beim Gesichtsfeld könnten Schädigungen diskutiert werden. Obwohl deutliche Differenzierungen besonders bei Berücksichtigung der Führungsaugen auftraten, muss trotzdem gefragt werden, ob die Messmethode zuverlässig ist. Die Streuung unserer gesunden Probanden ist erheblich. Wenn diese Methode für klinische Beobachtungen angewandt wird, fragt man sich, wo die Normalwerte angesiedelt werden. Auch lässt sich ein Einfluss der Häufigkeit der Untersuchungen auf das Ergebnis nicht ausschließen. Schließlich stieg nach 20 Voruntersuchungen im Probandenkollektiv der Mittelwert mit der Anzahl der Untersuchungen an. Dies kann Zufall sein.

Obwohl vor Start der Messserie an den 35 Probanden 20 Probeläufe durchgeführt wurden, tritt in den Messungen der retinalen Nervenfaserschichtdicke mit dem Heidelberg Retina Tomograph eine systematische Veränderung der Messdaten auf. Bei den später

gemessenen Probanden ist die retinale Nervenfaserschichtdicke deutlich stärker als bei der ersten Hälfte des Probandenkollektivs. Der Unterschied verdeutlicht sich, wenn die Probanden Nr. 34 und Nr. 35 nicht berücksichtigt werden, da beide sehr niedrige Werte haben. Was diese systematische Veränderung der Messwerte verursacht, kann aus den vorgelegten Ergebnissen nicht eindeutig geschlossen werden. Tatsächlich kann sie zufällig aus der Probandenauswahl herrühren. Eine andere Ursache könnte eine systematische Veränderung im Auswertverfahren sein.

Aufgrund der geringen Anzahl von Probanden, deren Werte eine große Normvarianz aufweisen, ist die Aussage unserer Untersuchung eingeschränkt. Auch die ungleichmäßige Verteilung des Alters der Probanden, welches ebenso die Ergebnisse beeinflusst, kann eine konkrete Aussage und Beurteilung verzeichnen.

Datenabweichungen können außerdem durch die verwendeten Geräte verursacht sein. Schon kleinste Unterschiede im Untersuchungsablauf können zu Aberrationen der Ergebnisse führen.

Die Gesichtsfeldprüfung mit dem HFA ist eine subjektive Funktionsprüfung und somit stark von der Compliance der Probanden abhängig. Abgesehen von der Tagesform der untersuchten Probanden führt die relativ lange Dauer der Untersuchung zu Ermüdungserscheinungen und beinhaltet aber auch einen gewissen Lerneffekt.

Der Gebrauch des HRT sollte desgleichen kritisch betrachtet werden. Trotz einer dreifachen Wiederholungsmessung, welche vom Gerät selber jeweils als brauchbar oder nicht brauchbar angegeben wird, kann es durch die Neuplatzierung des Scanners zu einer Verschiebung des Messortes und damit zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen. Eine weitere Folge dieser Neuansetzung ist das daraus resultierende unterschiedliche Auftreffen des Messstrahls auf die Netzhaut, was zu ungleichen Messergebnissen führt. Um von dem durch das HRT erstellten Oberflächenreliefs aus die Dicke der RNFS berechnen zu können, bedarf es einer Referenzebene, die willkürlich festgelegt wird [8, 43]. Die Differenzberechnung von Oberflächenrelief und Referenzebene kann einen methodischen Fehler beinhalten. Obwohl die Reproduzierbarkeit von Messungen mit dem HRT nach Klemm [35] trotz einer gewissen Streuung sehr hoch ist, unterliegt die Genauigkeit der Auswertung der HRT-Ergebnisse letztendlich doch der Konturverlaufslinie. Diese verläuft

im Idealfall exakt am Rand des Elschnig'schen Skleralringes. Da sie manuell am Monitor zu erstellen ist, kann es durch eine undeutliche Darstellung der Papille zu Abweichungen der Ideallinie kommen. Selbst kleine Änderungen der Linienführung können so deutliche Unterschiede in der Bemessung der RNFS-Dicke bewirken.

Ein intraindividueller Seitenvergleich der Augen ist bisher nur selten untersucht worden. Nach Mörsch und Höh (1996) sind Seitenunterschiede im Normalkollektiv nur selten, jedoch in allen Altersgruppen zu finden, und homogen zwischen dem 6. und dem 85. Lebensjahr verteilt. Es handelt sich dabei stets um geringe Differenzen [48]. Es besteht bei Untersuchungen der Augen immer die Gefahr einer Verwechslung von statistischer und klinischer Signifikanz [18]. Dies bezieht sich sowohl auf zeitliche Veränderungen wie auch auf intraindividuelle Seitenunterschiede. Gelegentlich kann man beobachten, dass die Indices beider Augen noch im Normalbereich sind, die Indices eines Auges jedoch konstant und deutlich schlechter sind als diejenigen des anderen Auges [18].

Aussagen bezüglich der intraindividuellen Untersuchungsreihenfolge der Augen konnten in der Literatur nicht gefunden werden.

Eine weitere mögliche Fehlerquelle liegt beim Untersucher selber. Die notwendige Erfahrung des Fotografen bei Aufnahme und Vergrößerung haben erheblichen Einfluss auf die Bildqualität und damit die nötige Aussagefähigkeit [2, 49, 68]. Dies setzt also eine gewisse Übung des Untersuchers voraus, was im Falle der hier vorliegenden Untersuchung durch 20 Probeuntersuchungen gewährleistet sein sollte.

Die Werte des IOD unterliegen physiologischen Tagesschwankungen und können durch eine Vielzahl von Faktoren beeinflusst werden und sind deshalb mit Vorsicht zu beurteilen [39]. Dies spielt aber hier keine wesentliche Rolle, weil die Werte aller Probanden mit einem arithmetischen Mittel für die rechten Augen von $10,9 \pm 2,79$ mmHg und für die linken Augen von $10,9 \pm 2,88$ mmHg im Normalbereich liegen. Es sind keine signifikanten Seitenunterschiede zu finden ($p > 0,05$).

Auch die Reihenfolge der Untersuchung zeigt keine Besonderheiten zwischen den erst- und zweitgemessenen Augen.

Das Gesichtsfeld stellt den Funktionszustand der retinalen Nervenfasern dar. Dies lässt vermuten, dass das Gesichtsfeld eine Abhängigkeit von der Zahl der Nervenfasern, und damit auch von der Dicke der RNFS, aufweist. Befunde von Gesunden und Patienten mit beginnendem Glaukomschaden sprechen für die Annahme, dass die Verfahren zur RNFS-Dickenbestimmung ein Glaukom bedingt früher erkennen lassen als die Perimetrie [36].

Nach Klemm [35] lassen sich zwischen dem HFA und dem HRT sehr gute Korrelationen finden. Dies bezieht sich aber nur auf glaukomekrankte Augen, da im Normalkollektiv die mittlere Defekttiefe als Maß für den Gesichtsfeldschaden um den Nullpunkt liegt. Außerdem konnten Nervenfaseratrophien klinisch entdeckt werden, bevor glaukombedingte Gesichtsfelddefekte auftraten [66]. Trotzdem ist nach Angaben der Literatur [42, 43] die Sensitivität der Aussagen zu pathologischen Veränderungen der Nervenfaserschicht mittels konfokaler Lasertechnik im Stadium I für eine Früherkennung der Glaukomekrankung bei Anwendung von derzeit 32 Schichtbildern leider nicht ausreichend.

Da in die Bewertung einer Abhängigkeit der Seitenprävalenz der retinalen Nervenfaserschichtdicke von der Führungshand und dem Führungsauge nur eindeutige Befunde eingingen, verkleinerte sich der Pool der berechneten Daten. Aus unseren Auswertungen ergeben sich keine signifikanten Zusammenhänge ($p > 0,05$). Dies gilt sowohl für den Vergleich der Führungshand mit dem Führungsauge als auch für den Vergleich der RNFS-Dicke mit der Führungshand oder dem Führungsauge.

Es lassen sich also keine Rückschlüsse von der Angabe der Führungshand oder des Führungsauges auf eine Seitenprävalenz der RNFS-Dicke ziehen.

Unsere Ergebnisse belegen, dass die hier untersuchten intraindividuellen Seitenprävalenzen keine signifikanten Unterschiede aufweisen. Es zeigt sich bei der morphologischen Untersuchung der RNFS mit dem HRT aber, dass die RNFS des linken Auges tendenziell dicker ist als die des rechten Auges. Dies bestätigt die Untersuchungsergebnisse von Klemm [35]. Wird das linke Auge in der Untersuchung zuerst gemessen, dann ist der Unterschied zum rechten Auge sogar signifikant.

Es konnte aber im Rahmen unserer Untersuchung gezeigt werden, dass die intraindividuelle Untersuchungsreihenfolge der Augen nicht die Ursache für einen höheren RNFS-Wert des linken Auges ist.

Für die Gesichtsfeldprüfung mit dem HFA ergibt sich aus unseren Auswertungen eine signifikante Abhängigkeit der Ergebnisse von der Untersuchungsreihenfolge. Eine intraindividuelle Seitenprävalenz gibt es hier nicht.

Im Alltag in der ophthalmologischen Praxis der Glaukomdiagnostik kann also für den HRT die Untersuchungsreihenfolge der Augen, nämlich zuerst das rechte und dann das linke Auge zu messen, beibehalten werden, ohne dass es hier zu einer Verschiebung der Ergebnisse kommt. Bei der Auswertung der Ergebnisse sollte aber beachtet werden, dass es physiologische intraindividuelle Differenzen geben kann, die gegen pathologische Veränderungen abzugrenzen sind. Bei der Prüfung des Gesichtsfeldes sollte auf eine Probeuntersuchung nicht verzichtet werden, da es sonst durch den Lerneffekt zu erheblichen Ergebnisabweichungen kommen kann. Die intraindividuelle Reihenfolge der Messung des IOD ist nach unseren Ergebnissen nicht relevant und kann in der Reihenfolge, erst rechts, dann links, beibehalten werden.

Für eine präzise Auswertung und Beurteilung der Glaukomparameter und für den Vergleich der morphologischen Messungen der RNFS mit den funktionellen Prüfungen des Gesichtsfeldes sind Langzeitstudien dringend zu empfehlen, da sich Werte, die für eine Glaukomerkrankung sprechen, nicht unbedingt mit einer einmaligen Untersuchung erfassen lassen, bedingt durch die große Streuung zwischen den Probanden. Diese sind erst im Verlauf der Erkrankung zu erkennen. Dies ist insbesondere für die außerordentlich wichtige Frühdiagnose entscheidend, da sich bei beginnender Krankheit Auswirkungen des Gesichtsfeldes durch leichte RNFS-Defekte nicht messen lassen.

E. Zusammenfassung

In der Glaukombehandlung ist die Frühdiagnostik von großer Wichtigkeit, da ein bereits bestehender Glaukomschaden irreversibel ist. Der glaukomatöse Prozess lässt sich durch eine Reihe von Parametern messen. Die retinale Nervenfaserschichtdicke (RNFS) wird als die erste geschädigte anatomische Struktur bei Glaukomen angesehen [13, 28, 53]. Mit Hilfe der Laser-Scanning-Tomographie ist es möglich, die Dicke der RNFS zu bestimmen und zeitliche Veränderungen festzustellen. Diese werden beim Glaukom durch einen kontinuierlichen oder intermittierenden ansteigenden intraokulären Druck (IOD) verursacht [35, 38] und machen sich durch Gesichtsfeldausfälle relativ spät bemerkbar. Mittels der Perimetrie lassen sich diese Defekte und deren Tiefe (Mean Deviation, MD) messen.

Thema der vorliegenden Arbeit ist der intraindividuelle Seitenvergleich der morphologischen und funktionellen Parameter der Glaukomdiagnostik. Basierend auf den Ergebnissen von Klemm et al., wonach aus nicht ersichtlichen Gründen das linke Auge tendenziell höhere Werte aufweist als das rechte Auge, wurden im Rahmen der Untersuchung 35 Augenpaare gesunder Probanden mit dem Humphrey Field Analyser (HFA), dem Heidelberg Retina Tomograph (HRT) und dem Applanationstonometer geprüft und gemessen. Die durchgeführten Untersuchungen orientieren sich in ihrem Ablauf an der ophthalmologischen Praxis, nur die übliche intraindividuelle Untersuchungsreihenfolge, erst rechts, dann links, wurde randomisiert. Eventuelle Seitenunterschiede des Gesichtsfeldes, der RNFS-Dicke und des IOD zwischen dem rechten und dem linken Auge wurden beurteilt und auf eine Abhängigkeit der Untersuchungsreihenfolge geprüft. Die Befunde der Gesichtsfelder wurden mit denen der RNFS verglichen. Außerdem wurde eine eventuelle Abhängigkeit der RNFS von der Führungshand und dem Führungsauge untersucht.

Während sich die Befunde des IOD auch unabhängig von der Untersuchungsreihenfolge im Normbereich bewegen (rechts: 10,9 mmHg; links; 10,9mmHg) zeigen die des Gesichtsfeldes (MD) unter Berücksichtigung der Untersuchungsreihenfolge Unterschiede (erstgemessenes Auge: -1,42; zweitgemessenes Auge: -0,70), die sich statistisch sichern lassen ($p < 0,05$). Es besteht offensichtlich ein Übungseffekt. Eine intraindividuelle Seitenprävalenz besteht hier nicht (rechts: -1,20; links: -0,95; $p > 0,05$). Zudem zeigen sich bei den Führungsaugen generell schlechtere Werte, wenn sie zuerst gemessen werden. Dies spricht für eine funktionelle Besonderheit, die wahrscheinlich auf eine alltäglich stärkere

Beanspruchung des Führungsauges zurückzuführen ist. Die RNFS-Daten zeigen ebenfalls Hinweise für eine Seitendifferenzierung (rechts: 228,5 μm ; links: 245 μm), diese läßt sich statistisch zwar nicht signifikant nachweisen ($p > 0,05$), stehen aber mit den MD-Daten zumindest für das rechte Auge in Korrelation (rechts: $r = 0,31$; links $r = -0,02$). Auch unter Berücksichtigung der Untersuchungsreihenfolge (erstgemessenes Auge: 232,3 μm ; zweitgemessenes Auge: 241,2 μm) ergeben sich keine signifikanten Unterschiede ($p > 0,05$). Hier ist allerdings die erhebliche Streuung zwischen unseren gesunden Probanden zu bemerken. Hervorzuheben ist zudem eine Datenentwicklung der RNFS-Dicke im Verlauf der Untersuchung, die einen annähernd signifikanten Unterschied ($p = 0,05$) zwischen den Mittelwerten der ersten Hälfte der Probanden (rechts: 210,06 μm ; links: 228,89 μm ; $n=18$) und der zweiten Hälfte der Probanden (rechts: 248,06 μm ; links: 262,06 μm ; $n=17$) aufweist. Eine Abhängigkeit zwischen der Seitenprävalenz der RNFS-Dicke und der Führungshand oder dem Führungsauge ist statistisch nicht zu erkennen ($p > 0,05$).

Unsere Untersuchungen bestätigen insoweit die o.g. Ergebnisse von Klemm et al., das nämlich das rechte Auge eine von der Reihenfolge der Untersuchung unabhängige, statistisch angedeutete dünnere RNFS-Dicke aufweist. Es konnte aber gezeigt werden, dass die Untersuchungsreihenfolge nicht die Ursache dieses Befundes ist. Des Weiteren kann für den HRT und den IOD die übliche Untersuchungsreihenfolge beibehalten werden, physiologische intraindividuelle Differenzen sind beim HRT aber gegen pathologische Veränderungen abzugrenzen. Bei Untersuchungen mit dem HFA sollten Probemessungen durchgeführt werden, da hier der Lerneffekt zu erheblichen Abweichungen der Befunde führen könnte. Auch andere Einflüsse wie Altersverteilung, Ermüdungserscheinungen und Patientencompliance können die konkrete Aussage und Beurteilung verzeichnen. Besonders bei der Nutzung des HRT können neben der o.g. Datenentwicklung geringste Abweichungen in der Bearbeitung und Auswertung der erstellten Tomographiebilder zu deutlichen Unterschieden in der Bemessung der RNFS-Dicke führen. Es sind in jedem Fall Langzeitstudien dringend zu empfehlen, da pathologische Befunde die entscheidende Frühdiagnose erst im Verlauf der Erkrankung ermöglichen.

F. Anhang

F.1 Studienprotokoll

F.1.1 Anamnese

Fragebogen

(Zutreffendes bitte ankreuzen und ausfüllen)

I. Name: _____ Geburtsdatum: _____

Größe: _____ Gewicht: _____

Rechtshänder

Linkshänder

II: Beruf: _____

a) Arbeiten Sie viel am Computer? Ja, ca. ____ Stunden am Tag.
 Nein.

b) Lesen Sie viel? Ja, ca. ____ Stunden am Tag.
 Nein.

c) Schauen Sie viel Fernsehen? Ja, ca. ____ Stunden am Tag.
 Nein.

III. Leiden Sie an einer Grunderkrankung? wenn Ja, welche: _____
(z.B. Diabetes, Hepatitis, etc.) Nein.

Nehmen Sie z.Z. Medikamente? wenn Ja, welche: _____
 Nein.

IV. Hatten Sie schon einmal Probleme mit den Augen?

Ja, _____

Nein.

Tragen Sie eine Brille oder Kontaktlinsen?

Ja, Stärke _____

Nein.

Haben Sie ein „Führungsauge“?

Ja, rechts oder links

__ Nein.

Datum: _____

F.1.2 Untersuchungsprotokoll

Untersuchungsbogen

Name: _____

Datum: _____

Reihenfolge der Untersuchungen:

	<u>1. Auge</u>	<u>2. Auge</u>
1. Krümmungsradius	Rechts	Links
2. Sphäre/Zylinder	Rechts	Links
3. HFA	_____	_____
4. HRT	_____	_____
5. IOD	_____	_____

1. Krümmungsradius:

Rechtes Auge:
____; Grad ____
____; Grad ____

Linkes Auge:
____; Grad ____
____; Grad ____

2. Sphäre/Zylinder:

	Rechts	Links
Sphäre:	_____	_____
Zylinder:	_____	_____

3. HFA:

Daten siehe Ausdruck des HFA

4. HRT:

Daten siehe Ausdruck des HRT

5. IOD:

Rechts: _____ mmHg

Links : _____ mmHg

F.1.3

Protokoll der Untersuchungsreihenfolge

Nr.	Proband	Sex	Alter	Krümmungsradius	Sphäre/Zylinder		HFA		HRT		Augendruck		
1.	I.H.	w	20	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
2.	B.L.	w	28	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
3.	S.K.	w	32	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
4.	T.G.	m	18	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
5.	J.K.	m	27	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
6.	E.R.	m	61	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
7.	S.D.	m	29	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
8.	M.K.	w	20	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
9.	U.G.	m	25	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
10.	H.E.L.	w	20	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
11.	R.H.	w	32	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
12.	B.S.	w	26	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
13.	J.M.	m	26	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
14.	A.D.	w	25	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
15.	E.S.	w	18	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
16.	H.B.	w	30	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
17.	T.B.	w	30	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
18.	S.L.	w	31	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
19.	R.M.	m	37	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
20.	H.-D.J.	m	59	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
21.	D.K.	m	27	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
22.	A.T.	m	25	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
23.	T.C.	m	29	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
24.	S.P.	w	40	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
25.	E.K.	w	49	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
26.	A.N.	m	59	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
27.	D.N.	w	24	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
28.	U.M.-J.	w	27	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
29.	S.S.	m	25	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
30.	B.S.	w	23	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
31.	M.M.	w	22	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
32.	I.O.	w	28	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
33.	J.O.	m	56	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
34.	G.H.	m	66	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
35.	I.L.	w	75	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links

F.2

Tabellen

Tab. I Humphrey Field Analyser – Schwellenwerte [dB]
Messdaten der rechten und der linken Augen ohne Berücksichtigung der Reihenfolge

Nr.	Proband	Sex	Alter	GF_SUP		GF_NAS		GF_INF		GF_TEM		GF_TOT	
				rechts	links								
1.	I.H.	w	20	29,95	30,58	28,95	29,75	30,63	31,26	32,16	31,16	30,42	30,68
2.	B.L.	w	28	26,95	27,84	28,21	28,55	28,89	28,47	28,05	30,95	28,03	28,95
3.	S.K.	w	32	28,37	29,53	27,68	28,05	30,05	28,11	30,47	30,16	29,14	28,96
4.	T.G.	m	18	29,21	28,79	29,89	26,95	30,16	30,00	30,79	29,79	30,01	28,88
5.	J.K.	m	27	28,68	29,16	28,42	28,47	28,74	28,26	25,60	29,53	27,86	28,86
6.	E.R.	m	61	27,53	26,63	26,79	26,05	28,47	28,32	27,84	27,63	27,66	27,16
7.	S.D.	m	29	26,16	28,16	29,53	29,58	30,37	31,32	29,68	29,74	28,98	29,70
8.	M.K.	w	20	26,42	27,21	27,89	26,47	28,42	28,05	28,26	27,84	27,75	27,39
9.	U.G.	m	25	28,63	26,26	29,47	28,74	30,16	30,63	30,58	30,32	29,71	28,99
10.	H.E.L.	w	20	31,21	30,58	31,26	29,74	32,11	32,37	32,36	31,53	31,74	31,03
11.	R.H.	w	32	32,26	31,79	31,84	30,58	32,89	31,58	32,47	31,05	32,37	31,25
12.	B.S.	w	26	22,47	23,58	26,63	24,16	27,37	22,32	25,11	26,89	25,40	24,24
13.	J.M.	m	26	29,79	30,68	29,32	29,95	30,47	31,11	30,74	31,26	30,08	30,75
14.	A.D.	w	25	29,42	29,58	27,84	30,00	30,47	31,68	29,11	31,16	28,19	30,61
15.	E.S.	w	18	25,74	27,58	28,47	28,53	29,95	29,00	28,58	29,74	28,19	28,71
16.	H.B.	w	30	29,53	28,53	29,16	28,42	31,74	31,21	30,74	29,84	30,29	29,50
17.	T.B.	w	30	26,95	30,26	27,32	30,42	28,42	30,42	28,21	30,74	27,73	30,46
18.	S.L.	w	31	30,05	29,21	31,74	29,47	31,32	29,68	30,05	30,74	30,79	29,78
19.	R.M.	m	37	28,95	28,16	25,53	26,74	28,32	30,05	28,84	29,37	27,91	28,58
20.	H.-D.J.	m	59	26,68	27,95	25,58	27,95	29,68	29,84	30,00	28,79	27,99	28,63
21.	D.K.	m	27	27,32	23,63	28,26	26,58	30,63	30,84	28,00	29,84	28,55	27,72
22.	A.T.	m	25	28,16	27,42	27,42	29,58	28,37	29,37	27,42	27,63	27,84	28,50
23.	T.C.	m	29	27,42	29,84	24,63	29,21	30,84	31,11	27,89	30,00	27,70	30,04
24.	S.P.	w	40	28,74	23,84	26,58	26,79	30,16	31,16	29,05	29,16	28,63	27,74
25.	E.K.	w	49	24,37	27,33	25,74	27,26	24,58	29,05	22,00	29,32	24,17	28,24
26.	A.N.	m	59	23,95	26,42	27,32	28,53	29,53	29,11	29,32	29,58	27,53	28,41
27.	D.N.	w	24	29,95	28,95	29,84	30,74	32,42	32,11	32,89	31,84	31,28	30,91
28.	U.M.-J.	w	27	29,89	30,21	29,74	29,37	31,37	29,84	31,89	31,16	30,72	30,15
29.	S.S.	m	25	27,32	28,95	26,79	29,00	29,05	30,00	29,21	30,63	28,09	29,65
30.	B.S.	w	23	29,58	29,63	29,53	27,79	30,42	30,53	31,11	30,63	30,16	29,65
31.	M.M.	w	22	26,26	21,84	28,16	26,32	30,63	28,68	30,00	29,00	28,76	26,46
32.	I.O.	w	28	26,89	26,05	27,89	27,89	28,84	28,11	28,84	27,63	28,12	27,42
33.	J.O.	m	56	28,00	26,89	28,42	28,00	31,32	29,53	29,42	29,32	29,29	28,44
34.	G.H.	m	66	23,32	24,00	23,16	23,32	18,68	26,95	17,79	26,84	20,74	25,28
35.	I.L.	w	75	14,05	19,97	19,68	23,53	24,26	25,58	22,58	23,37	20,14	23,11

**Tab. II Humphrey Field Analyser – Alterskorrigierte Defekttiefen [dB]
Messdaten der rechten und linken Augen ohne Berücksichtigung der Reihenfolge**

Nr.	Proband	Sex	Alter	GF_SUP AW		GF_NAS AW		GF_INF AW		GF_TEM AW		GF_TOT AW	
				rechts	links								
1.	I.H.	w	20	-0,58	0,26	-1,29	0,24	-1,42	-1,11	-1,47	-0,79	-1,19	-0,35
2.	B.L.	w	28	-2,47	-1,37	-1,68	-1,35	-2,16	-1,32	-2,89	-0,05	-2,30	-1,02
3.	S.K.	w	32	-0,26	-0,05	-0,05	-1,00	-0,74	-1,21	-0,26	-0,68	-0,33	-0,74
4.	T.G.	m	18	0,21	-1,53	-0,65	-2,53	-0,58	-2,16	0,53	-2,16	-0,12	-2,10
5.	J.K.	m	27	-0,74	-0,53	-1,47	-1,35	-2,42	-4,05	-4,00	-1,58	-2,16	-1,88
6.	E.R.	m	61	-0,79	-0,05	-1,41	0,82	-0,21	-0,32	-0,63	-0,74	-0,76	-0,07
7.	S.D.	m	29	-1,47	-1,00	-1,18	-1,00	-0,95	0,00	-1,37	-0,16	-1,24	-0,54
8.	M.K.	w	20	-3,26	-2,89	-3,12	-3,94	-3,37	-3,58	-3,42	-2,94	-3,29	-3,34
9.	U.G.	m	25	-1,21	-2,16	-0,82	-1,24	-1,37	-1,05	-0,68	-1,94	-1,02	-1,60
10.	H.E.L.	w	20	-1,16	0,47	-0,06	-0,35	0,32	0,68	0,42	-0,26	-0,12	0,14
11.	R.H.	w	32	2,32	2,95	1,41	2,00	0,68	1,84	0,37	1,42	1,20	2,05
12.	B.S.	w	26	-5,26	-6,00	-3,12	-4,76	-2,31	-9,00	-6,21	-4,21	-4,23	-5,99
13.	J.M.	m	26	0,11	1,00	-1,00	-0,18	-0,89	-0,32	-0,68	0,00	-0,62	0,13
14.	A.D.	w	25	-0,32	-0,26	-2,05	-0,35	-1,00	0,00	-1,11	-0,11	-1,12	-0,18
15.	E.S.	w	18	-4,42	-3,05	-2,82	-2,00	-2,32	-3,32	-3,05	-2,00	-3,15	-2,59
16.	H.B.	w	30	0,47	-0,89	1,29	0,24	-0,63	0,26	0,16	-1,16	0,32	-0,39
17.	T.B.	w	30	-2,32	0,95	-2,18	1,18	-2,95	0,89	-2,74	-0,21	-2,55	0,70
18.	S.L.	w	31	0,95	0,05	1,35	-0,94	1,11	0,42	0,21	-0,32	0,91	-0,20
19.	R.M.	m	37	0,11	-0,89	-1,82	-0,88	-1,26	-0,52	-1,53	-0,89	-1,13	-0,80
20.	H.-D.J.	m	59	0,00	1,21	0,29	0,94	0,89	1,05	0,78	0,26	0,49	0,87
21.	D.K.	m	27	-4,47	-2,21	-3,24	-1,41	-0,42	-0,63	-1,21	-1,42	-2,34	-1,42
22.	A.T.	m	25	-0,95	-1,21	-2,29	-0,24	-2,00	-0,52	-2,68	-2,42	-1,98	-1,10
23.	T.C.	m	29	-0,95	0,47	-1,29	-0,41	-1,11	-0,26	-0,52	-1,00	-0,97	-0,30
24.	S.P.	w	40	0,11	-2,47	-0,88	-2,06	1,11	0,37	-0,21	-1,05	0,03	-1,30
25.	E.K.	w	49	-2,74	-0,26	-2,29	-0,76	-4,89	0,53	-7,11	-0,05	-4,26	-0,14
26.	A.N.	m	59	-3,16	0,89	1,00	1,33	0,42	1,58	0,68	1,05	-0,27	1,21
27.	D.N.	w	24	0,21	-0,89	-0,29	0,41	0,89	0,37	1,05	0,26	0,47	0,04
28.	U.M.-J.	w	27	0,26	0,47	-0,12	0,00	0,16	0,16	0,79	-0,05	0,27	0,15
29.	S.S.	m	25	-2,21	-0,63	-3,53	-0,88	-2,16	-1,26	-2,21	-1,05	-2,53	-0,96
30.	B.S.	w	23	-0,11	-0,42	-0,94	-1,65	-1,26	-0,84	-0,68	-1,16	-0,75	-1,02
31.	M.M.	w	22	-0,58	-1,79	-0,47	-2,47	-0,89	-2,89	-1,74	-1,58	-0,92	-2,18
32.	I.O.	w	28	-2,65	-3,32	-2,82	-3,37	-2,42	-3,16	-2,05	-1,71	-2,49	-2,89
33.	J.O.	m	56	0,89	-0,47	1,41	-0,29	2,26	-0,53	0,11	0,42	1,17	-0,22
34.	G.H.	m	66	-2,84	-2,42	-3,35	-1,37	-8,89	-1,47	-9,16	-3,71	-6,06	-2,24
35.	I.L.	w	75	-11,3	-6,58	-5,53	-2	-3,26	-1,74	-4	-3,79	-6,01	-3,53

**Tab. III Humphrey Field Analyser – Individuellkorrigierte Defekttiefen [dB]
Messdaten der rechten und linken Augen ohne Berücksichtigung der Reihenfolge**

Nr.	Proband	Sex	Alter	GF_SUP kAW		GF_NAS kAW		GF_INF kAW		GF_TEM kAW		GF_TOT kAW	
				rechts	links								
1.	I.H.	w	20	-1,00	-0,32	-1,88	-0,82	-1,74	-1,73	-1,89	-1,42	-1,63	-1,07
2.	B.L.	w	28	-2,89	-2,16	-2,35	-2,06	-2,47	-2,00	-3,53	-0,89	-2,81	-1,78
3.	S.K.	w	32	-0,74	-0,89	-1,29	-1,94	-2,00	-2,05	-1,58	-1,53	-1,40	-1,60
4.	T.G.	m	18	-1,00	-0,95	-2,00	-1,94	-1,68	-1,58	-0,79	-1,63	-1,37	-1,53
5.	J.K.	m	27	-0,95	-0,84	-1,53	-1,71	-2,47	-3,26	-3,35	-2,42	-2,12	-2,06
6.	E.R.	m	61	-0,37	-1,11	-2,59	-1,88	-1,42	-1,37	-1,79	-1,89	-1,54	-1,56
7.	S.D.	m	29	-2,84	-2,58	-2,47	-2,53	-2,16	-1,32	-2,58	-1,26	-2,51	-1,92
8.	M.K.	w	20	-2,11	-1,63	-2,21	-2,94	-2,32	-2,42	-2,26	-2,79	-2,21	-2,45
9.	U.G.	m	25	-2,47	-2,79	-2,12	-1,94	-2,26	-1,79	-2,11	-1,63	-2,24	-2,04
10.	H.E.L.	w	20	-0,74	-2,58	-2,06	-3,35	-1,53	-2,32	-1,58	-3,26	-1,48	-2,88
11.	R.H.	w	32	-0,74	-0,79	-1,94	-1,88	-2,00	-2,32	-2,47	-2,63	-1,79	-1,91
12.	B.S.	w	26	-5,21	-4,68	-2,82	-3,47	-2,26	-7,74	-5,95	-2,89	-4,06	-4,70
13.	J.M.	m	26	-0,63	-0,89	-1,88	-2,11	-1,84	-2,26	-1,47	-1,84	-1,46	-1,78
14.	A.D.	w	25	-0,53	-1,47	-2,41	-1,71	-1,21	-1,32	-1,53	-1,53	-1,42	-1,51
15.	E.S.	w	18	-4,47	-2,89	-2,88	-1,88	-2,32	-3,21	-3,18	-2,00	-3,21	-2,50
16.	H.B.	w	30	-1,89	-2,53	-0,94	-1,35	-1,63	-1,32	-2,11	-2,84	-1,64	-2,01
17.	T.B.	w	30	-1,32	-1,53	-1,24	-1,24	-2,11	-1,58	-1,74	-2,63	-1,60	-1,75
18.	S.L.	w	31	-1,74	-1,11	-1,24	-2,00	-1,42	-0,79	-2,37	-1,74	-1,69	-1,41
19.	R.M.	m	37	-2,63	-0,68	-2,24	-0,89	-1,74	-0,74	-1,89	-1,16	-2,13	-0,87
20.	H.-D.J.	m	59	-2,00	-1,11	-1,71	-1,12	-1,16	-1,21	1,21	-1,89	-1,52	-1,33
21.	D.K.	m	27	-3,00	-4,74	-2,24	-3,53	-1,58	-0,63	-2,32	-1,42	-2,29	-2,58
22.	A.T.	m	25	-1,11	-2,00	-2,47	-0,94	-2,11	-1,37	-2,74	-3,11	-2,11	-1,86
23.	T.C.	m	29	-2,63	-1,11	-2,76	-1,82	-2,26	-1,47	-2,26	-2,42	-2,48	-1,71
24.	S.P.	w	40	-1,68	-3,63	-2,59	-3,35	-0,74	-0,95	-1,74	-2,16	-1,69	-2,52
25.	E.K.	w	49	-3,05	-2,42	-2,35	-2,82	-5,00	-1,53	-7,32	-2,26	-4,43	-2,26
26.	A.N.	m	59	-5,84	-2,32	-1,65	-1,59	-2,37	-1,63	-1,95	-2,21	-2,95	-1,94
27.	D.N.	w	24	-2,00	-2,53	-2,53	-1,18	-1,32	-1,37	-0,89	-1,16	-1,69	-1,56
28.	U.M.-J.	w	27	-1,53	-1,58	-2,00	-2,06	-1,74	-1,95	-1,11	-2,11	-1,60	-1,93
29.	S.S.	m	25	-2,26	-1,53	-3,47	-1,82	-2,11	-2,21	-2,11	-1,89	-2,46	-1,86
30.	B.S.	w	23	-0,74	-1,42	-1,76	-2,59	-2,21	-1,84	-1,26	-2,21	-1,49	-2,02
31.	M.M.	w	22	-1,21	-0,79	-0,94	-1,47	-1,68	-1,89	-2,29	-1,74	-1,53	-1,47
32.	I.O.	w	28	-2,16	-1,79	-2,41	-0,82	-1,79	-1,63	-1,74	-2,05	-2,03	-1,57
33.	J.O.	m	56	-2,42	-2,47	-1,94	-1,65	-0,79	-1,47	-6,78	-1,11	-2,98	-1,68
34.	G.H.	m	66	-1,84	-2,53	-2,35	-3,53	-8,00	-1,63	-8,16	-1,42	5,09	2,28
35.	I.L.	w	75	-9,63	-7,00	-3,94	-2,47	-1,26	-2,05	-2,68	-4,11	-4,38	3,91

**Tab. IV Heidelberg Retina Tomograph –Retinale Nervenfaserschichtdicke [μm]
Messdaten der rechten und der linken Augen ohne Berücksichtigung der Reihenfolge**

Nr.	Proband	Sex	Alter	HRT_SUP		HRT_NAS		HRT_INF		HRT_TEM		HRT_TOT	
				rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links	rechts	links
1.	I.H.	w	20	218	228	219	233	250	254	92	86	194	200
2.	B.L.	w	28	344	330,5	285	260	357,5	377	87	103	244	280
3.	S.K.	w	32	171,5	290	178	163	219,5	218	57	78	156	187
4.	T.G.	m	18	226,5	200,5	282	201	364,5	305	89	66	239	194
5.	J.K.	m	27	315,5	327	328	325	303	376,5	62	123	252	287
6.	E.R.	m	61	286,5	233	276	274	223,5	197	94	89	221	197
7.	S.D.	m	29	230	263,5	181	201	188	224	44	76	161	191
8.	M.K.	w	20	159	246	174	360	147	317	77	75	140	249
9.	U.G.	m	25	265	364	214	277	318	359	93	103	224	274
10.	H.E.L.	w	20	215	243,5	225	258	231	278,5	69	80	185	217
11.	R.H.	w	32	209,5	357,5	111	208	181	376,5	92	99	147	259
12.	B.S.	w	26	164	333	207	273	222	204,5	81	95	168	223
13.	J.M.	m	26	391	276	432	303	413,5	315,5	122	76	339	244
14.	A.D.	w	25	221	411	210	348	257,5	435,5	75	132	191	333
15.	E.S.	w	18	301,5	320,5	329	353	473	388	94	112	301	270
16.	H.B.	w	30	194	198,5	188	257	288	273	68	73	187	205
17.	T.B.	w	30	202,5	218	214	270	289,5	238,5	106	67	204	200
18.	S.L.	w	31	252,5	133	335	121	296,5	144	37	41	228	110
19.	R.M.	m	37	359,5	355,5	306	318	336,5	378,5	75	99	269	287
20.	H.-D.J.	m	59	323,5	329,5	350	347	412	332	96	112	302	282
21.	D.K.	m	27	351,5	357	322	363	339,5	393	93	96	276	303
22.	A.T.	m	25	268,5	340	326	319	350,5	394,5	100	95	263	288
23.	T.C.	m	29	333	238,5	296	261	360,5	356	105	91	273	236
24.	S.P.	w	40	433,5	438	317	282	492,5	410,5	115	112	340	312
25.	E.K.	w	49	236	330	199	318	211,5	327	53	73	175	262
26.	A.N.	m	59	293,5	307	351	330	340	343,5	104	91	272	270
27.	D.N.	w	24	209,5	213,5	269	290	243,5	287	82	62	215	216
28.	U.M.-J.	w	27	382,5	286,5	345	251	447,5	364,5	80	85	327	246
29.	S.S.	m	25	272,5	299	280	296	330,5	327,5	104	88	247	253
30.	B.S.	w	23	234,5	315,5	297	371	306,5	363,5	77	115	242	296
31.	M.M.	w	22	306	365	313	384	287,5	330,5	73	100	245	296
32.	I.O.	w	28	357,5	295,5	251	201	347	256	109	112	269	217
33.	J.O.	m	56	358	353	277	265	256	293,5	52	133	236	263
34.	G.H.	m	66	221,5	273,5	147	126	162,5	162	78	65	152	148
35.	I.L.	w	75	125,5	287	120	313	155,5	411	58	120	114	280

Tab. V Humphrey Field Analyser – Schwellenwerte [dB]
Messdaten der erstgemessenen und zweitgemessenen Augen ohne Berücksichtigung der Seite

Nr.	Proband	Sex	Alter	GF_SUP		GF_NAS		GF_INF		GF_TEM		GF_TOT	
				1. Auge	2. Auge								
1.	I.H.	w	20	29,95	30,58	28,95	29,75	30,63	31,26	32,16	31,16	30,42	30,69
2.	B.L.	w	28	26,95	27,84	28,21	28,55	28,89	28,47	28,05	30,95	28,03	28,95
3.	S.K.	w	32	29,53	28,37	28,05	27,68	28,11	30,05	30,16	30,47	28,96	29,14
4.	T.G.	m	18	28,79	29,21	26,95	29,89	30,00	30,16	29,79	30,79	28,88	30,01
5.	J.K.	m	27	28,68	29,16	28,42	28,47	28,74	28,26	25,60	29,53	27,86	28,86
6.	E.R.	m	61	26,63	27,53	26,05	26,79	28,32	28,47	27,63	27,84	27,16	27,66
7.	S.D.	m	29	26,16	28,16	29,53	29,58	30,37	31,32	29,68	29,74	28,94	29,70
8.	M.K.	w	20	27,21	26,42	26,47	27,89	28,05	28,42	27,84	28,26	27,39	27,75
9.	U.G.	m	25	28,63	26,26	29,47	28,74	30,16	30,63	30,58	30,32	29,71	28,99
10.	H.E.L.	w	20	30,58	31,21	29,74	31,26	32,37	32,11	31,53	32,36	31,06	31,74
11.	R.H.	w	32	31,79	32,26	30,58	31,84	31,58	32,89	31,05	32,47	31,25	32,37
12.	B.S.	w	26	23,58	22,47	24,16	26,63	22,32	27,37	26,89	25,11	24,24	25,40
13.	J.M.	m	26	29,79	30,68	29,32	29,95	30,47	31,11	30,74	31,26	30,08	30,75
14.	A.D.	w	25	29,42	29,58	27,84	30,00	30,47	31,68	29,11	31,16	29,21	30,61
15.	E.S.	w	18	25,74	27,58	28,47	28,53	29,95	29,00	28,58	29,74	28,19	28,71
16.	H.B.	w	30	28,53	29,53	28,42	29,16	31,21	31,74	29,84	30,74	29,50	30,29
17.	T.B.	w	30	26,95	30,26	27,32	30,42	28,42	30,42	28,21	30,74	27,73	30,46
18.	S.L.	w	31	29,21	30,05	29,47	31,74	29,68	31,32	30,74	30,05	29,78	30,79
19.	R.M.	m	37	28,16	28,95	26,74	25,53	30,05	28,32	29,37	28,84	28,58	27,91
20.	H.-D.J.	m	59	27,95	26,68	27,95	25,58	29,84	29,68	28,79	30,00	28,63	27,99
21.	D.K.	m	27	27,32	23,63	28,26	26,58	30,63	30,84	28,00	29,84	28,55	27,72
22.	A.T.	m	25	27,42	28,16	29,58	27,42	29,37	28,37	27,63	27,42	28,50	27,84
23.	T.C.	m	29	27,42	29,84	24,63	29,21	30,84	31,11	27,89	30,00	27,70	30,04
24.	S.P.	w	40	28,74	23,84	26,58	26,79	30,16	31,16	29,05	29,16	28,63	27,74
25.	E.K.	w	49	24,37	27,33	25,74	27,26	24,58	29,05	22,00	29,32	24,17	28,24
26.	A.N.	m	59	26,42	23,95	28,53	27,32	29,11	29,53	29,58	29,32	28,41	27,53
27.	D.N.	w	24	28,95	29,95	30,74	29,84	32,11	32,42	31,84	32,89	30,91	31,28
28.	U.M.-J.	w	27	30,21	29,89	29,37	29,74	29,84	31,37	31,16	31,89	30,15	30,72
29.	S.S.	m	25	27,32	28,95	26,79	29,00	29,05	30,00	29,21	30,63	28,09	29,65
30.	B.S.	w	23	29,63	29,58	27,79	29,53	30,53	30,42	30,63	31,11	29,65	30,16
31.	M.M.	w	22	21,84	26,26	26,32	28,16	28,68	30,63	29,00	30,00	26,46	28,76
32.	I.O.	w	28	26,05	26,89	27,89	27,89	28,11	28,84	27,63	28,84	27,42	28,12
33.	J.O.	m	56	26,89	28,00	28,00	28,42	29,53	31,32	29,32	29,42	28,44	29,29
34.	G.H.	m	66	23,32	24,00	23,16	23,32	18,68	26,95	17,79	26,84	20,74	25,28
35.	I.L.	w	75	14,05	19,97	19,68	23,53	24,26	25,58	22,58	23,37	20,14	23,11

Tab. VI Humphrey Field Analyser – Alterskorrigierte Defekttiefen [dB]
Messdaten der erstgemessenen und zweitgemessenen Augen ohne
Berücksichtigung der Seite

Nr.	Proband	Sex	Alter	GF_SUP AW		GF_NAS AW		GF_INF AW		GF_TEM AW		GF_TOT AW	
				1.Auge	2.Auge								
1.	I.H.	w	20	-0,58	0,26	-1,29	0,24	-1,42	-1,11	-1,47	-0,79	-1,19	-0,35
2.	B.L.	w	28	-2,47	-1,37	-1,68	-1,35	-2,16	-1,32	-2,89	-0,05	-2,30	-1,02
3.	S.K.	w	32	-0,05	-0,26	-1,00	-0,05	-1,21	-0,74	-0,68	-0,26	-0,74	-0,33
4.	T.G.	m	18	-1,53	0,21	-2,53	-0,65	-2,16	-0,58	-2,16	0,53	-2,10	-0,12
5.	J.K.	m	27	-0,74	-0,53	-1,47	-1,35	-2,42	-4,05	-4,00	-1,58	-2,16	-1,88
6.	E.R.	m	61	-0,05	-0,79	0,82	-1,41	-0,32	-0,21	-0,74	-0,63	-0,07	-0,76
7.	S.D.	m	29	-1,47	-1,00	-1,18	-1,00	-0,95	0,00	-1,37	-0,16	-1,24	-0,54
8.	M.K.	w	20	-2,89	-3,26	-3,94	-3,12	-3,58	-3,37	-2,94	-3,42	-3,34	-3,29
9.	U.G.	m	25	-1,21	-2,16	-0,82	-1,24	-1,37	-1,05	-0,68	-1,94	-1,02	-1,60
10.	H.E.L.	w	20	0,47	-1,16	-0,35	-0,06	0,68	0,32	-0,26	0,42	0,14	-0,12
11.	R.H.	w	32	2,95	2,32	2,00	1,41	1,84	0,68	1,42	0,37	2,05	1,20
12.	B.S.	w	26	-6,00	-5,26	-4,76	-3,12	-9,00	-2,31	-4,21	-6,21	-5,99	-4,23
13.	J.M.	m	26	0,11	1,00	-1,00	-0,18	-0,89	-0,32	-0,68	0,00	-0,62	0,13
14.	A.D.	w	25	-0,32	-0,26	-2,05	-0,35	-1,00	0,00	-1,11	-0,11	-1,12	-0,18
15.	E.S.	w	18	-4,42	-3,05	-2,82	-2,00	-2,32	-3,32	-3,05	-2,00	-3,15	-2,59
16.	H.B.	w	30	-0,89	0,47	0,24	1,29	0,26	-0,63	-1,16	0,16	-0,39	0,32
17.	T.B.	w	30	-2,32	0,95	-2,18	1,18	-2,95	0,89	-2,74	-0,21	-2,55	0,70
18.	S.L.	w	31	0,05	0,95	-0,94	1,35	0,42	1,11	-0,32	0,21	-0,20	0,91
19.	R.M.	m	37	-0,89	0,11	-0,88	-1,82	-0,52	-1,26	-0,89	-1,53	-0,80	-1,13
20.	H.-D.J.	m	59	1,21	0,00	0,94	0,29	1,05	0,89	0,26	0,78	0,87	0,49
21.	D.K.	m	27	-4,47	-2,21	-3,24	-1,41	-0,42	-0,63	-1,21	-1,42	-2,34	-1,42
22.	A.T.	m	25	-1,21	-0,95	-0,24	-2,29	-0,52	-2,00	-2,42	-2,68	-1,10	-1,98
23.	T.C.	m	29	-0,95	0,47	-1,29	-0,41	-1,11	-0,26	-0,52	-1,00	-0,97	-0,30
24.	S.P.	w	40	0,11	-2,47	-0,88	-2,06	1,11	0,37	-0,21	-1,05	0,03	-1,30
25.	E.K.	w	49	-2,74	-0,26	-2,29	-0,76	-4,89	0,53	-7,11	-0,05	-4,26	-0,14
26.	A.N.	m	59	0,89	-3,16	1,33	1,00	1,58	0,42	1,05	0,68	1,21	-0,27
27.	D.N.	w	24	-0,89	0,21	0,41	-0,29	0,37	0,89	0,26	1,05	0,04	0,47
28.	U.M.-J.	w	27	0,47	0,26	0,00	-0,12	0,16	0,16	-0,05	0,79	0,15	0,27
29.	S.S.	m	25	-2,21	-0,63	-3,53	-0,88	-2,16	-1,26	-2,21	-1,05	-2,53	-0,96
30.	B.S.	w	23	-0,42	-0,11	-1,65	-0,94	-0,84	-1,26	-1,16	-0,68	-1,02	-0,75
31.	M.M.	w	22	-1,79	-0,58	-2,47	-0,47	-2,89	-0,89	-1,58	-1,74	-2,18	-0,92
32.	I.O.	w	28	-3,32	-2,65	-3,37	-2,82	-3,16	-2,42	-1,71	-2,05	-2,89	-2,49
33.	J.O.	m	56	-0,47	0,89	-0,29	1,41	-0,53	2,26	0,42	0,11	-0,22	1,17
34.	G.H.	m	66	-2,84	-2,42	-3,35	-1,37	-8,89	-1,47	-9,16	-3,71	-6,06	-2,24
35.	I.L.	w	75	-11,3	-6,58	-5,53	-2	-3,26	-1,74	-4	-3,79	-6,01	-3,53

**Tab. VII Humphrey Field Analyser –Individuell korrigierte Defekttiefen [dB]
Messdaten der erstgemessenen und zweitgemessenen Augen ohne
Berücksichtigung der Seite**

Nr.	Proband	Sex	Alter	GF_SUP kAW		GF_NAS kAW		GF_INF kAW		GF_TEM kAW		GF_TOT kAW	
				1. Auge	2. Auge								
1.	I.H.	w	20	-1,00	-0,32	-1,88	-0,82	-1,74	-1,73	-1,89	-1,42	-1,63	-1,07
2.	B.L.	w	28	-2,89	-2,16	-2,35	-2,06	-2,47	-2,00	-3,53	-0,89	-2,81	-1,78
3.	S.K.	w	32	-0,89	-0,74	-1,94	-1,29	-2,05	-2,00	-1,53	-1,58	-1,60	-1,40
4.	T.G.	m	18	-0,95	-1	-1,94	-2,00	-1,58	-1,68	-1,63	-0,79	-1,53	-1,37
5.	J.K.	m	27	-0,95	-0,84	-1,53	-1,71	-2,47	-3,26	-3,35	-2,42	-2,12	-2,06
6.	E.R.	m	61	-1,11	-0,37	-1,88	-2,59	-1,37	-1,42	-1,89	-1,79	-1,56	-1,54
7.	S.D.	m	29	-2,84	-2,58	-2,47	-2,53	-2,16	-1,32	-2,58	-1,26	-2,51	-1,92
8.	M.K.	w	20	-1,63	-2,11	-2,94	-2,21	-2,42	-2,32	-2,79	-2,26	-2,45	-2,21
9.	U.G.	m	25	-2,47	-2,79	-2,12	-1,94	-2,26	-1,79	-2,11	-1,63	-2,24	-2,04
10.	H.E.L.	w	20	-2,58	-0,74	-3,35	-2,06	-2,32	-1,53	-3,26	-1,58	-2,88	-1,48
11.	R.H.	w	32	-0,79	-0,74	-1,88	-1,94	-2,32	-2,00	-2,63	-2,47	-1,91	-1,79
12.	B.S.	w	26	-4,68	-5,21	-3,47	-2,82	-7,74	-2,26	-2,89	-5,95	-4,70	-4,06
13.	J.M.	m	26	-0,63	-0,89	-1,88	-2,11	-1,84	-2,26	-1,47	-1,84	-1,46	-1,78
14.	A.D.	w	25	-0,53	-1,47	-2,41	-1,71	-1,21	-1,32	-1,53	-1,53	-1,42	-1,51
15.	E.S.	w	18	-4,47	-2,89	-2,88	-1,88	-2,32	-3,21	-3,18	-2,00	-3,21	-2,50
16.	H.B.	w	30	-2,53	-1,89	-1,35	-0,94	-1,32	-1,63	-2,84	-2,11	-2,01	-1,64
17.	T.B.	w	30	-1,32	-1,53	-1,24	-1,24	-2,11	-1,58	-1,74	-2,63	-1,60	-1,75
18.	S.L.	w	31	-1,11	-1,74	-2,00	-1,24	-0,79	-1,42	-1,74	-2,37	-1,41	-1,69
19.	R.M.	m	37	-0,68	-2,63	-0,89	-2,24	-0,74	-1,74	-1,16	-1,89	-0,87	-2,13
20.	H.-D.J.	m	59	-1,11	-2,00	-1,12	-1,71	-1,21	-1,16	-1,89	-1,21	-1,33	-1,33
21.	D.K.	m	27	-3,00	-4,74	-2,24	-3,53	-1,58	-0,63	-2,32	-1,42	-2,29	-2,58
22.	A.T.	m	25	-2,00	-1,11	-0,94	-2,47	-1,37	-2,11	-3,11	-2,74	-1,86	-2,11
23.	T.C.	m	29	-2,63	-1,11	-2,76	-1,82	-2,26	-1,47	-2,26	-2,42	-2,48	-1,71
24.	S.P.	w	40	-1,68	-3,63	-2,59	-3,35	-0,74	-0,95	-1,74	-2,16	-1,69	-2,52
25.	E.K.	w	49	-3,05	-2,42	-2,35	-2,82	-5,00	-1,53	-7,32	-2,26	-4,43	-2,26
26.	A.N.	m	59	-2,32	-5,84	-1,59	-1,65	-1,63	-2,37	-2,21	-1,95	-1,94	-2,95
27.	D.N.	w	24	-2,53	-2,00	-1,18	-2,53	-1,37	-1,32	-1,16	-0,89	-1,56	-1,69
28.	U.M.-J.	w	27	-1,58	-1,53	-2,06	-2,00	-1,95	-1,74	-2,11	-1,11	-1,93	-1,60
29.	S.S.	m	25	-2,26	-1,53	-3,47	-1,82	-2,11	-2,21	-2,11	-1,89	-2,46	-1,86
30.	B.S.	w	23	-1,42	-0,74	-2,59	-1,76	-1,84	-2,21	-2,21	-1,26	-2,02	-1,49
31.	M.M.	w	22	-0,79	-1,21	-1,47	-0,94	-1,89	-1,68	-1,74	-2,29	-1,47	-1,53
32.	I.O.	w	28	-1,79	-2,16	-0,82	-2,41	-1,63	-1,79	-2,05	-1,74	-1,57	-2,03
33.	J.O.	m	56	-2,47	-2,42	-1,65	-1,94	-1,47	-0,79	-1,11	-6,78	-1,68	-2,98
34.	G.H.	m	66	-1,84	-2,53	-2,35	-3,53	-8,00	-1,63	-8,16	-1,42	5,09	2,28
35.	I.L.	w	75	-9,63	-7,00	-3,94	-2,47	-1,26	-2,05	-2,68	-4,11	-4,38	3,91

**Tab. VIII Heidelberg Retina Tomograph –Retinale Nervenfaserschichtdicke [μm]
Messdaten der erstgemessenen und zweitgemessenen Augen ohne
Berücksichtigung der Seite**

Nr.	Proband	Sex	Alter	HRT_SUP		HRT_NAS		HRT_INF		HRT_TEM		HRT_TOT	
				1. Auge	2. Auge	1. Auge	2. Auge	1. Auge	2. Auge	1. Auge	2. Auge	1. Auge	2. Auge
1.	I.H.	w	20	218	228	219	233	250	254	92	86	194	200
2.	B.L.	w	28	330,5	344	260	285	377	357,5	103	87	280	244
3.	S.K.	w	32	171,5	290	178	163	219,5	218	57	78	156	187
4.	T.G.	m	18	200,5	226,5	201	282	305	364,5	66	89	194	239
5.	J.K.	m	27	315,5	327	328	325	303	376,5	62	123	252	287
6.	E.R.	m	61	233	286,5	274	276	197	223,5	89	94	197	221
7.	S.D.	m	29	230	263,5	181	201	188	224	44	76	161	191
8.	M.K.	w	20	159	246	174	360	147	317	77	75	140	249
9.	U.G.	m	25	364	265	277	214	359	318	103	93	274	224
10.	H.E.L.	w	20	243,5	215	258	225	278,5	231	80	69	217	185
11.	R.H.	w	32	357,5	209,5	208	111	376,5	181	99	92	259	147
12.	B.S.	w	26	164	333	207	273	222	204,5	81	95	168	223
13.	J.M.	m	26	276	391	303	432	315,5	413,5	76	122	244	339
14.	A.D.	w	25	221	411	210	348	257,5	435,5	75	132	191	333
15.	E.S.	w	18	301,5	320,5	329	353	473	388	94	112	301	270
16.	H.B.	w	30	194	198,5	188	257	288	273	68	73	187	205
17.	T.B.	w	30	218	202,5	270	214	238,5	289,5	67	106	200	204
18.	S.L.	w	31	133	252,5	121	335	144	296,5	41	37	110	228
19.	R.M.	m	37	355,5	359,5	318	306	378,5	336,5	99	75	287	269
20.	H.-D.J.	m	59	323,5	329,5	350	347	412	332	96	112	302	282
21.	D.K.	m	27	357	351,5	363	322	393	339,5	96	93	303	276
22.	A.T.	m	25	268,5	340	326	319	350,5	394,5	100	95	263	288
23.	T.C.	m	29	333	238,5	296	261	360,5	356	105	91	273	236
24.	S.P.	w	40	433,5	438	317	282	492,5	410,5	115	112	340	312
25.	E.K.	w	49	330	236	318	199	327	211,5	73	53	262	175
26.	A.N.	m	59	307	293,5	330	351	343,5	340	91	104	270	272
27.	D.N.	w	24	213,5	209,5	290	269	287	243,5	62	82	216	215
28.	U.M.-J.	w	27	382,5	286,5	345	251	447,5	364,5	80	85	327	246
29.	S.S.	m	25	299	272,5	296	280	327,5	330,5	88	104	253	247
30.	B.S.	w	23	315,5	234,5	371	297	363,5	306,5	115	77	296	242
31.	M.M.	w	22	365	306	384	313	330,5	287,5	100	73	296	245
32.	I.O.	w	28	295,5	357,5	201	251	256	347	112	109	217	269
33.	J.O.	m	56	358	353	277	265	256	293,5	52	133	236	263
34.	G.H.	m	66	221,5	273,5	147	126	162,5	162	78	65	152	148
35.	I.L.	w	75	125,5	287	120	313	155,5	411	58	120	114	280

**Tab.IX Humphrey Field Analyser – Mean Deviation [dB]
Tonometer – IOD [mmHg]
Messdaten rechten und der linken Augen
Messdaten der erstgemessenen und der zweitgemessenen Augen**

Nr.	Proband	Sex	Alter	GF_MD		GF_MD		IOD		IOD	
				rechts	links	1. Auge	2.Auge	rechts	links	1. Auge	2. Auge
1.	I.H.	w	20	-1,21	-0,59	-1,21	-0,59	11	12	11	12
2.	B.L.	w	28	-2,34	-0,88	-2,34	-0,88	14	15	14	15
3.	S.K.	w	32	-0,35	-0,9	-0,9	-0,35	13	16	13	16
4.	T.G.	m	18	-0,17	-2,01	-2,01	-0,17	10	10	10	10
5.	J.K.	m	27	-2,53	-1,93	-2,53	-1,93	9	9	9	9
6.	E.R.	m	61	-0,73	-0,98	-0,98	-0,73	11	11	11	11
7.	S.D.	m	29	-1,08	-0,33	-1,08	-0,33	9	11	11	9
8.	M.K.	w	20	-3,05	-3,42	-3,42	-3,05	8	10	8	10
9.	U.G.	m	25	-0,84	-1,17	-0,84	-1,17	10	11	10	11
10.	H.E.L.	w	20	0,39	0,36	0,36	0,39	15	15	15	15
11.	R.H.	w	32	1,7	0,99	0,99	1,7	9	9	9	9
12.	B.S.	w	26	-3,45	-5,13	-5,13	-3,45	9	9	9	9
13.	J.M.	m	26	-0,87	0,03	-0,87	0,03	7	6	6	7
14.	A.D.	w	25	-1,17	-0,23	-1,17	-0,23	14	13	13	14
15.	E.S.	w	18	-2,73	-2,23	-2,73	-2,23	6	6	6	6
16.	H.B.	w	30	0,6	-0,31	0,31	0,6	12	12	12	12
17.	T.B.	w	30	-2,48	0,62	-2,48	0,62	12	13	12	13
18.	S.L.	w	31	0,63	-0,18	-0,18	0,63	8	7	7	8
19.	R.M.	m	37	-1,52	-0,91	-0,91	-1,52	15	19	15	19
20.	H.-D.J.	m	59	0,49	0,59	0,59	0,49	9	7	7	9
21.	D.K.	m	27	-1,28	-1,83	-1,28	-1,83	11	11	11	11
22.	A.T.	m	25	-2,03	-1,08	-1,08	-2,03	7	9	7	9
23.	T.C	m	29	-0,76	-0,4	-0,76	-0,4	8	14	14	8
24.	S.P.	w	40	0,09	-1,05	0,09	-1,05	9	10	9	10
25.	E.K.	w	49	-3,43	0,13	-3,43	0,13	11	11	11	11
26.	A.N.	m	59	0,4	1,23	1,23	0,4	12	11	11	12
27.	D.N.	w	24	0,55	0,11	0,11	0,55	17	12	17	12
28.	U.M.-J.	w	27	0,51	0,19	0,19	0,51	10	11	11	10
29.	S.S.	m	25	-2,43	-1,02	-2,43	-1,02	7	8	8	7
30.	B.S.	w	23	-0,73	-0,8	-0,8	-0,73	8	7	7	8
31.	M.M.	w	22	-1,08	-2,54	-2,54	-1,08	7	10	7	10
32.	I.O.	w	28	-2,3	-2,86	-2,86	-2,3	9	10	9	10
33.	J.O.	m	56	1,37	0,46	0,46	1,37	14	13	13	14
34.	G.H.	m	66	-5,43	-2,13	-5,43	-2,13	15	14	15	14
35.	I.L.	w	75	-4,65	-2,87	-4,65	-2,87	11	11	11	11

Tab. X Führungsauge und Führungshand

Nr.	Proband	Sex	Alter	Führungsauge		Führungshand	
				rechts	links	rechts	links
1.	I.H.	w	20	X		X	
2.	B.L.	w	28	X		X	
3.	S.K.	w	32	X		X	
4.	T.G.	m	18	X			X
5.	J.K.	m	27	X		X	
6.	E.R.	m	61	X		X	
7.	S.D.	m	29	X		X	
8.	M.K.	w	20	X		X	
9.	U.G.	m	25	X		X	
10.	H.E.L.	w	20	X		X	
11.	R.H.	w	32	X			X
12.	B.S.	w	26	X			X
13.	J.M.	m	26	X		X	
14.	A.D.	w	25	X		X	
15.	E.S.	w	18	X	X		X
16.	H.B.	w	30	X	X	X	
17.	T.B.	w	30	X		X	
18.	S.L.	w	31	X		X	
19.	R.M.	m	37	X		X	
20.	H.-D.J.	m	59	X		X	
21.	D.K.	m	27	X	X	X	
22.	A.T.	m	25	X		X	
23.	T.C.	m	29	X		X	
24.	S.P.	w	40	X		X	
25.	E.K.	w	49	X		X	
26.	A.N.	m	59	X		X	
27.	D.N.	w	24		X	X	
28.	U.M.-J.	w	27	X	X	X	
29.	S.S.	m	25	X		X	
30.	B.S.	w	23	X		X	
31.	M.M.	w	22	X	X	X	
32.	I.O.	w	28		X		X
33.	J.O.	m	56		X	X	X
34.	G.H.	m	66		X	X	
35.	I.L.	w	75	X		X	

F.3 Statistik der Schwellenwerte, der alterskorrigierten Abweichung und der individuell korrigierten Abweichung des Humphrey Field Analysers

F.3.1 Deskriptive Statistik der rechten und linken Augen

Tab. 22: Deskriptive Statistik der Schwellenwerte des HFA [dB]; rechtes und linkes Auge

QUADRANT	AUGE	N	MW	SD	SE	MAX	MIN	MEDIAN
superior	rechts	35	27,43	3,180	0,5376	32,26	14,05	28,00
	links	35	27,63	2,684	0,4537	31,79	19,97	28,16
nasal	rechts	35	27,85	2,360	0,3989	31,84	19,68	28,16
	links	35	28,07	1,874	0,3168	30,74	23,32	28,47
inferior	rechts	35	29,42	2,621	0,4431	32,89	18,68	30,16
	links	35	29,59	1,969	0,3328	32,37	22,32	29,84
temporal	rechts	35	28,77	3,107	0,5252	32,89	17,79	29,21
	links	35	29,55	1,702	0,2877	31,84	23,37	29,79
gesamt	rechts	35	28,34	2,566	0,4337	32,37	20,14	28,19
	links	35	28,71	1,8495	0,3126	31,25	23,11	28,88

Tab. 23: Deskriptive Statistik der alterskorrigierten Defekttiefenwerte des HFA [dB];
rechtes und linkes Auge

QUADRANT	AUGE	N	MW	SD	SE	MAX	MIN	MEDIAN
superior	rechts	35	-1,44	2,406	0,407	2,32	-11,26	-0,79
	links	35	-0,99	1,897	0,321	2,95	-6,58	-0,63
nasal	rechts	35	-1,29	1,621	0,274	1,41	-5,53	-1,29
	links	35	-0,90	1,456	0,246	2,00	-4,76	-0,88
inferior	rechts	35	-1,26	2,009	0,340	2,26	-8,89	-1,00
	links	35	-0,95	2,004	0,339	1,84	-9,00	-0,52
temporal	rechts	35	-1,61	2,330	0,394	1,05	-9,16	-1,11
	links	35	-1,02	1,308	0,221	1,42	-4,21	-0,89
gesamt	rechts	35	-1,40	1,828	0,309	1,20	-6,06	-1,02
	links	35	-0,97	1,525	0,258	2,05	-5,99	-0,74

Tab. 24: Deskriptive Statistik der individuell korrigierten Defekttiefenwerte des HFA [dB];
rechtes und linkes Auge

QUADRANT	AUGE	N	MW	STD AW	STD FEHLER	MAX	MIN	MEDIAN
superior	rechts	35	-2,21	1,808	0,306	-0,37	-9,63	-1,89
	links	35	-2,04	1,358	0,230	-0,32	-7,00	-1,63
nasal	rechts	35	-2,15	0,640	0,108	-0,94	-3,94	-2,21
	links	35	-2,01	0,793	0,134	-0,82	-3,53	-1,88
inferior	rechts	35	-2,08	1,248	0,211	-0,74	-8,00	-1,84
	links	35	-1,88	1,175	0,199	-0,63	-7,74	-1,63
temporal	rechts	35	-2,52	1,865	0,315	1,21	-8,16	-2,11
	links	35	-2,04	0,699	0,118	-0,89	-4,11	-1,89
gesamt	rechts	35	-1,97	1,480	0,250	5,09	-4,43	-1,79
	links	35	-1,64	1,359	0,230	3,91	-4,70	-1,78

F.3.2 Seitenvergleich der rechten und linken Augen

Tab. 25: Seitenvergleich der rechten und linken Augen; Schwellenwerte des HFA,
aufgeteilt nach Quadranten und der Gesamtregion

	superior	nasal	inferior	temporal	gesamt
T-Test	0,7814	0,6631	0,7611	0,1999	0,4942
Wilcoxon-Test	0,422	0,614	0,909	0,210	0,512

Tab. 26: Seitenvergleich der rechten und linken Augen; alterskorrigierten Defekttiefen des
HFA, aufgeteilt nach Quadranten und der Gesamtregion

	superior	nasal	inferior	temporal	gesamt
T-Test	0,3829	0,3026	0,5171	0,1942	0,2829
Wilcoxon-Test	0,187	0,204	0,289	0,147	0,132

Tab. 27: Seitenvergleich der rechten und linken Augen; individuell korrigierte
Defekttiefen des HFA, aufgeteilt nach Quadranten und der Gesamtregion

	superior	nasal	inferior	temporal	gesamt
T-Test	0,6563	0,4284	0,5080	0,1522	0,3400
Wilcoxon-Test	0,3870	0,3601	0,4511	0,5660	0,2950

F.3.3 Korrelation der RNFS-Daten (HRT) mit den Werten des HFA

Tab. 28 : Korrelation der RNFS (HRT) und der Schwellenwerte (HFA);
rechtes und linkes Auge

Koeffizient	rechts	links
HRT sup/ HFA inf	0,22	-0,08
HRT nas /HFA nas	0,20	-0,05
HRT inf /HFA sup	0,28	-0,07
HRT temp/HFAtemp	0,16	-0,23
HRT ges/ HFA ges	0,31	-0,07

Tab. 29: Korrelation der RNFS (HRT) und der alterskorrigierten
Defekttiefenwerte (HFA); rechtes und linkes Auge

Koeffizient	rechts	links
HRT sup/ HFA inf	0,32	-0,10
HRT nas /HFA nas	0,23	-0,07
HRT inf /HFA sup	0,23	-0,03
HRT temp/HFA temp	0,14	-0,05
HRT ges/ HFA ges	0,37	-0,03

Tab. 30: Korrelation der RNFS (HRT) und der individuell korrigierten
Defekttiefenwerte (HFA); rechtes und linkes Auge

Koeffizient	rechts	links
HRT sup/ HFA inf	0,20	-0,10
HRT nas /HFA nas	0,18	0,05
HRT inf /HFA sup	0,11	-0,17
HRT temp/HFA temp	0,35	-0,06
HRT ges/ HFA ges	-0,04	-0,13

F.3.4 Deskriptive Statistik der erst- und zweitgemessenen Augen

Tab. 31: Deskriptive Statistik der Schwellenwerte, HFA [dB]; erstes und zweites Auge

QUADRANT	AUGE	N	MW	STD AW	STD FEHLER	MAX	MIN	MEDIAN
superior	erstes	35	27,26	3,139	0,5306	31,79	14,05	27,42
	zweites	35	27,80	2,708	0,4578	32,26	19,97	28,16
nasal	erstes	35	27,58	2,204	0,3725	30,74	19,68	28,00
	zweites	35	28,34	1,987	0,3359	31,84	23,32	28,53
inferior	erstes	35	29,00	2,735	0,4624	32,37	18,68	29,84
	zweites	35	30,01	1,662	0,2809	32,89	25,58	30,42
temporal	erstes	35	28,56	2,892	0,4889	32,16	17,79	29,11
	zweites	35	29,76	1,938	0,3275	32,89	23,37	30,00
gesamt	erstes	35	28,10	2,469	0,4173	31,25	20,14	28,55
	zweites	35	28,98	1,896	0,3205	32,37	23,11	28,99

Tab. 32: Deskriptive Statistik der alterskorrigierten Defekttiefen, HFA [dB];
erstes und zweites Auge

QUADRANT	AUGE	N	MW	STD AW	STD FEHLER	MAX	MIN	MEDIAN
superior	erstes	35	-1,49	2,442	0,413	2,95	-11,26	-0,89
	zweites	35	-0,94	1,838	0,311	2,32	-6,58	-0,53
nasal	erstes	35	-1,47	1,708	0,289	2,00	-5,53	-1,29
	zweites	35	-0,72	1,274	0,215	1,41	-3,12	-0,76
inferior	erstes	35	-1,53	2,414	0,408	1,84	-9,00	-1,00
	zweites	35	-0,68	1,378	0,233	2,26	-4,05	-0,63
temporal	erstes	35	-1,69	2,132	0,360	1,42	-9,16	-1,16
	zweites	35	-0,94	1,577	0,267	1,05	-6,21	-0,63
gesamt	erstes	35	-1,54	1,933	0,327	2,05	-6,06	-1,10
	zweites	35	-0,82	1,327	0,224	1,20	-4,23	-0,54

Tab. 33: Deskriptive Statistik der individuell korrigierten Defekttiefen, HFA [dB];
erstes und zweites Auge

QUADRANT	AUGE	N	MW	STD AW	STD FEHLER	MAX	MIN	MEDIAN
superior	erstes	35	-2,12	1,657	0,280	-0,53	-9,63	-1,79
	zweites	35	-2,13	1,544	0,261	-0,32	-7,00	-1,89
nasal	erstes	35	-2,10	0,774	0,131	-0,82	-3,94	-2,00
	zweites	35	-2,06	0,668	0,113	-0,82	-3,53	-2,00
inferior	erstes	35	-2,19	1,599	0,270	-0,74	-8,00	-1,84
	zweites	35	-1,77	0,559	0,095	-0,63	-3,26	-1,73
temporal	erstes	35	-2,51	1,460	0,247	-1,11	-8,16	-2,11
	zweites	35	-2,12	1,245	0,210	-0,79	-6,78	-1,89
gesamt	erstes	35	-1,94	1,509	0,255	5,09	-4,70	-1,91
	zweites	35	-1,66	1,333	0,225	3,91	-4,06	-1,78

F.3.5 Vergleich der erst- und zweitgemessenen Augen

Tab. 34: Vergleich der Untersuchungsreihenfolge; Schwellenwerte des HFA, aufgeteilt nach Quadranten und der Gesamtregion

	superior	nasal	inferior	temporal	gesamt
T-Test	0,4451	0,1312	0,0677	0,0457	0,1003
Wilcoxon-Test	0,065	0,008	0,001	0,000	0,001

Tab. 35: Vergleich der Untersuchungsreihenfolge; alterskorrigierten Defekttiefen des HFA, aufgeteilt nach Quadranten und der Gesamtregion

	superior	nasal	inferior	temporal	gesamt
T-Test	0,294	0,0435	0,0745	0,0986	0,0728
Wilcoxon-Test	0,016	0,005	0,061	0,016	0,003

Tab. 36: Vergleich der Untersuchungsreihenfolge; individuell korrigierte Defekttiefen des HFA, aufgeteilt nach Quadranten und der Gesamtregion

	superior	nasal	inferior	temporal	gesamt
T-Test	0,9727	0,8126	0,1546	0,2262	0,4160
Wilcoxon-Test	0,7996	0,7260	0,5282	0,0636	0,3010

F.3.6 Korrelation der RNFS-Daten (HRT) mit Werten des HFA

Tab. 37 : Korrelation der RNFS (HRT) und der Schwellenwerte (HFA);
erstes und zweites Auge

Koeffizient	erstes	zweites
HRT sup/ HFA inf	0,30	-0,23
HRT nas /HFA nas	0,26	-0,06
HRT inf /HFA sup	0,32	-0,10
HRT temp/HFA temp	0,08	-0,13
HRT ges/ HFA ges	0,32	-0,18

Tab. 38: Korrelation der RNFS (HRT) und der alterskorrigierten Defekttiefenwerte
(HFA); erstes und zweites Auge

Koeffizient	erstes	zweites
HRT sup/ HFA inf	0,32	-0,15
HRT nas /HFA nas	0,28	-0,20
HRT inf /HFA sup	0,29	-0,16
HRT temp/HFA temp	0,13	-0,06
HRT ges/ HFA ges	0,37	-0,19

Tab. 39: Korrelation der RNFS (HRT) und der individuell korrigierten Defekttiefenwerte
(HFA); erstes und zweites Auge

Koeffizient	erstes	zweites
HRT sup/ HFA inf	0,17	0,05
HRT nas /HFA nas	0,26	0,10
HRT inf /HFA sup	0,14	-0,17
HRT temp/HFA temp	0,02	-0,32
HRT ges/ HFA ges	-0,09	-0,15

G. Literaturverzeichnis

Nr.	Autor	Literatur
1	Airaksinen PJ, Tuulonen A, Werner EB	Clinical evaluation of the optic head and retinal nerve fiber layer. In: Ritch R, Shields MB, Krupin T (eds) The Glaucomas Mosby, St. Louis (1996)
2	Airaksinen PJ, Nieminen H	Retinal nerve fiber photography in glaucoma. Ophthalmology (1985) 92:877-879
3	Aulhorn E, Harms H	Early visual field defects in glaucoma. In: Glaucoma, Symp. Tutzing Castle (1966) Karger, Basel, New York (1967), p. 151
4	Balazs Ag, Rootman J, Drance SM	The effect of age on the nerve fiber population of the human optic nerve. Am J Ophthalmol (1984); 7:335-340
5	Bille JF, Dreher A, Reiter K, Weinreb NR	Nerve Fiber Layer Thickness measurements with the LTS laser tomographic scanner. Invest Ophthalmol Vis Sci (1988); 90:355
6	Bjerrum JP	Om en Tilfojelse til den sadvanlige Syns-felt undersoegelse samt om Syns-felt ved Glaukom. Nord Ophthal. (1889); T.2:144
7	Brusini P, Della Mea G, Tosoni C	Pericoecal light sensivity in suspected glaucoma and in early primary open angle glaucoma. Glaucoma Society meeting, Turin 11-14 th May 1986 In: "Perimetrie", Ferdinand Enke Verlag Stuttgart (1993), p:295
8	Burk ROW	Reference plane for three dimensional topographic optic disc analysis with the Heidelberg Retina Tomograph. Invest. Ophtalmol. Vis Sci (1995) ; 36: 627
9	Burk ROW, Rohrschneider K, Völcker HE	Dreidimensionale Biomorphometrie der Papille mittels der Laser- Scanning-Tomographie. In: Kampik A (Hrsg) Jahrbuch der Augenheilkunde 1992. Laser. Biermann, Zülpich, p. 55-67

- 10 Burk ROW,
Tuulonen A, Airaksinen
PJ Analysis of the three-dimensional topography of retinal nerve fiber layer defects by laser scanning tomography.
Invest Ophthalmol Vis Sci (1993); 34:762
- 11 Coren S The left-hander syndrome: The causes and consequences of left-handedness.
Vintage, New York 1993
- 12 Davanger M, Ringvold
A,
Blika S The frequency distribution of glaucoma tolerance limit.
Acta Ophthalmol Copenh. (1991); 69:782-785
- 13 Diehl D, Quigley H,
Miller N, Sommer A,
Burney E Prevalance and significance of optic disc hemorrhage in a longitudinal study of glaucoma.
Arch Ophthalmol(1990); 108:545-550
- 14 Dolman CL,
McCormick AQ,
Drance SM Aging of the optic nerve.
Arch Ophthalmol (1980); 98:2053-2058
- 15 Dreher AW,
Weinreb RN Accuracy of topographic measurements in a model eye with the laser tomographic scanner.
Invest Ophthalmol Vis Sci (1991); 32:2992-2996
- 16 Dreher AW,
Tso PC,
Weinreb RN Reproducibility of topographic measurements of the Normal and glaucomatous optic nerve head with laser tomographic scanner.
Am J Ophthalmol (1991); 111:221-229
- 17 Filan SL,
Rumball KM,
Tonkin MA The hand and the eye.
J Hand Surg [Br] (1997); 22(3):293-8
- 18 Gloor B "Perimetrie"
Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart 1993
- 19 Gramer E Automatische Perimetrie beim Glaukom ohne Hochdruck.
(1993) In: Gloor B (Hrsg) Perimetrie mit besonderer Berücksichtigung der automatischen Perimetrie
Ferdinand Enke, Stuttgart

- 20 Gramer E, Gerlach R, Krieglstein GK, Leydhecker W Zur Topographie früher glaukomatöser Gesichtsfeldausfälle bei der Computerperimetrie. Klin. Mbl. Augenheilk. (1982); 180:203
- 21 Grasl M DFP Online; Fortbildungsarbeit; Ärztemagazin (2002); 5-6
- 22 Grehn F, Mackensen G Die Glaukome. Kohlhammer, Stuttgart (1993)
- 23 Hardyck C, Petrinovich LF Left handedness. Psychological Bulletin May (1977); 84:385-404
- 24 Harju M, Vesti E Scanning laser ophthalmoscopy of the optic nervehead in exfoliation glaucoma and ocular hypertension with exfoliation syndrome. Br J Ophthalmol 2001; 85:297-303
- 25 Hart WM, Becker B The onset and evaluation of glaucomtous visual field defects. Ophthalmology 89 (1982); 268
- 26 Heijl A, Krakau C An automatic static perimeter for glaucoma visual field screening and control. Construction and clinical cases. v. Graefes Arch. Klin. Exp. Ophthalmol. (1975); 197:13
- 27 Heijl A, Lundqvist L The frequency distribution of earliest glaucomatous visual field defects, documented by automatic perimetry. Acta ophthalmol (Copenh.) (1984) 658
- 28 Hoyt WF, Newman NM The earliest observable defect in glaucoma. Lancet. (1972); 1:692-693
- 29 Janknecht P, Funk J Heidelberg-Retina-Tomograph: Reproduzierbarkeit und Messfehler bei unterschiedlicher Pupillenweite am Modellauge. Klin Monatsbl Augenheilkd (1994); 205:98-102
- 30 Job, OM Das Auge - der Blick ins Hirn. Schweiz Rundsch Med Prax (2001); 90:1711-1714

- 31 Jonas J, Muller-Bergh J, Schlotzer-Schrehardt U, Naumann GO
Histomorphometry of the human optic nerve.
Invest Ophthalmol Vis Sci (1990); 31: 736-744
- 32 Jonas JB
Biomorphometrie des Nervus opticus.
(1989) Ferdinand Enke, Stuttgart
- 33 Jonas JB, Gusek GC, Fernandez MC
Correlation of the blind spot size to the area of the optic disc and parapapillary atrophy.
Am J Ophthalmol (1991); 111:559-565
- 34 Jonas JB, Schmidt Am Muller-Bergh JA, Schlotzer-Schrehart U, Naumann GO
Human optic nerve fiber count and optic disc size.
Invest Ophthalmol Vis Sci (1992); 33:2012-2018
- 35 Klemm M, Rumberger E, Walter A, Richard G
Quantification of retinal nerve fiber thickness. A comparison of laser scanning ophthalmoscopy, polarimetry and optical coherence tomography in healthy and glaucomatous eyes.
Ophthalmologie 2001; 98:832-43.
- 36 Klemm M, Rumberger E, Schwarz R, Knospe V
Vergleich von RNFS-und Perimetriedaten bei gesunden Probanden und Glaukompatienten ohne Gesichtsfelddefekte
Spektrum Augenheilkd (2001); 15:181-184
- 37 Krumpaszky HG, Klauf V
Zeittrends bei Erblindungsursachen.
Klin Monatsbl Augenheilk (1997); 210:aA9-aA16
- 38 Kruse FE, Burk ROW, Völcker H-E, Zinser G, Harbarth U
Reproducibility of topographic measurements of the optic nerve head with laser tomographic scanner.
Ophthalmology (1989); 96:1320-1324
- 39 Lang GK
Augenheilkunde.
Thieme Verlag, Stuttgart (2000)
- 40 Lurija AR
Traumatic Aphasia.
Mouton, Den Haag (1970)

- 41 Lusk M, Morsman D, Bartsch DU, Weinreb RN Effect of repetitive imaging on topographic measurements of the optic nerve head. Invest Ophthalmol Vis Sci (1993); 34:1507
- 42 Maier H, Serguhn S, Gramer E Sensitivität und Spezifität des Heidelberger Retina-Tomographen für die Darstellung von Nervenfaserbündeldefekten bei Glaukompatienten mit lokalisierten Gesichtsfeldausfällen. Ophthalmologie (1995); 92:521-525
- 43 Maier H, Siebert M, Gramer E, Kampik A Eine Maßzahl für die Nervenfaserschichtdicke. Messungen mit dem Laser-Tomographic-Scanner In: Gramer E (Hrsg) Glaukom-Diagnostik und Therapie Ferdinand Enke, Stuttgart (1990)
- 44 Miglior S, Rossetti L, Brigatti L, Bujtaar E, Orzalesi N Reproducibility of retinal nerve fiber layer evaluation by dynamic scannino laser ophthalmoscopy (SLO, Rodenstock). Invest Ophthalmol Vis Sci (1993); 34:1505
- 45 Mikelberg FS, Drance SM, Schulzer M, Yidegiligne HM, Weis MM The normal human optic nerve. Axon count and axon diameter distribution. Ophthalmology (1991); 98:60-63
- 46 Mikelberg FS, Yidegiligne HM, White VA, Schulzer M Relation between optic nerve axon number and axon diameter to scleral canal area. Ophthalmology (1991); 98: 60-63
- 47 Minckler D The organization of nerve fiber bundles in the primate optic nerve head Arch Ophthalmol (1980); 98:1630-1636
- 48 Mörsch C, Höh HR Häufigkeit von intraindividuellen Seitenunterschieden der Interferenzsehstärke und der entoptischen Funktionen und ihre prognostische Aussagekraft im Hinblick auf Seitenunterschiede der Optotypensehstärke. Ophthalmologie (1996) 93: 404-412
- 49 Peli E, Hedges TR III, McInnes T, Hamlin J, Schwartz B Nerve fiber layer photography. A comparative study. Acta Ophthalmol (Copenh) (1987); 65:71-80

- 50 Pfeiffer N Review of glaucoma research.
Klin Monatsbl Augenheilkd (1993); 203:1-9
- 51 Plesch A, Klingbeil U, Bille J Digital laser scanning fundus camera.
Appl Opt 2(1987); 6:1480-1486
- 52 Quigley H Addicks E Quantitative studies of retinal nerve fiber layer defects.
Arch Ophthalmol (1982); 100:808-814
- 53 Quigley HA, Addicks EM, Green WR Optic nerve damage in human glaucoma: III. Quantitative correlation of nerve fiber loss and visual field defect in glaucoma, ischemic neuropathy, papilledema and toxic neuropathy.
Arch Ophthalmol (1982); 100:135-146
- 54 Radius R, Anderson D Thickness of the retina nerve fiber layer in primate eyes.
Arch Ophthalmol (1980); 98:1625-1629
- 55 Reiß D Zur Lateralität bei Zwillingen.
Z Morph Anthropol (1996); 81:141-155.
- 56 Repka M, Quigley H The effect of age on normal human optic nerve fiber number and diameter.
Ophthalmology (1989); 96:26-31
- 57 Rohrschneider K, Burk ROW, Kruse FE, Völcker HE Reproducibility of the Optic Nerve Head Topography with a New Laser Tomographic Scanning Device.
Ophthalmology (1994); 101:1044-1049
- 58 Rohrschneider K, Burk ROW, Völcker HE Reproducibility of topometric data acquisition in normal and glaucomatous optic nerve heads with the laser tomographic scanner.
v. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol (1993); 231:457-464
- 59 Rohrschneider K, Burk ROW, Völcker HE Verlaufsuntersuchung zur Veränderung der Papillenmorphologie mittels Laser Scanning Tomographie.
Ophthalmologie (1994); 91:811-819
- 60 Rohrschneider K, Kruse FE, Burk ROW, Völcker HE Darstellungsmöglichkeiten der retinalen Nervenfaserschicht mit dem Scanning-Laser-Ophtalmoskop.
Ophthalmologie (1995); 92:515-520

- 61 Sanchez-Galena C, Bowd C, Blumentahl EZ, Gokhale PA, Zangwill LM, Weinreb RN Using optical imaging summary data to detect glaucoma. *Ophthalmology* (2001); 108:1812-1818
- 62 Schmid M, Largo RH Visual acuity and stereopsis between the ages of 5 and 10 years. A cross-sectional study. *Eur J Pediatr* (1986); 145:475-479
- 63 Schwartz B New technique for the examination of the optic disc and their clinical application. *Trans Am Acad Ophthalmol OTolaryngol* (1976); 81:227-231
- 64 Shafranov G, Schumer RA, Lustgarten JS, Podos SM Variability of optic nerve head parameters using the Heidelberg retinal tomograph. *Invest Ophthalmol Vis Sci* (1993); 34:1505
- 65 Shields MB, Krieglstein GK *Glaukom: Grundlagen, Differentialdiagnose, Therapie.* Springer Verlag Berlin Heidelberg 1993.
- 66 Sommer A, Katz J, Quigley H et al. Clinically detectable nerve fiber atrophy precedes the onset of glaucomatous field loss. *Arch Ophthalmol* (1991); 109:77-83
- 67 Sommer A, Miller NR, Pollak I, Maumenee AE, George T The nerve fiber layer in the diagnosis of glaucoma. *Arch Ophthalmol* (1977); 95:2149-2156
- 68 Sommer A, Quigley HA, Robin AL, Miller NR, Katz J, Arkell S Evaluation of nerve fiber assessment. *Arch Ophthalmol* (1984); 102:1766-1771
- 69 Springer SP, Searlman A Lefthandness in twins. Herron Jeannine (Hrsg.) : *Neuropsychologie of left-handeness* Academic Press, New York, London (1980), pp.139-158

- 70 Thiel A, Bräung J, Frohn A Cup volume measurements by confocal or stereoparallactical means. Invest ophthalmol Vis Sci (1993); 34:1506
- 71 Tuulonen A, Airaksinen PJ Initial glaucomatous optic disc and retinal nerve fiber layer abnormalities and their progression. Am J Ophthalmol (1991); 111:485-490
- 72 Varma R, Quigley H, Pease M Changes in optic disc characteristics and the number of nerve fibers in experimental glaucoma. Am J Ophthalmol (1992); 111: 554-559
- 73 Weber J Geräteübersicht
I : Gloor B (Hersg.): Perimetrie mit besonderer Berücksichtigung der Automatischen Perimetrie;
Bücherei des Augenarztes, Band 110 2. Auflage
Ferdinand Enke, Stuttgart; (1993) pp.75-76
- 74 Weinreb RN, Dreher AW Reproducibility and accuracy of topographic measurements of the optic nerve head with laser tomographic scanner.
In: Nasemann JE, Burg ROW (Eds): Scanning Laser Ophthalmoscopy and Tomography Quintessenz München 1990
- 75 Weinreb RN, Lusky M, Bartsch DU, Morsman D Effect of repetitive imaging on topographic measurements of the optic nerve head. Arch Ophthalmol (1993); 111:636-638
- 76 Wu LL, Suzuki Y, Kunimatsu S, Araie M, Iwase A, Tomita G Frequency doubling technology and confocal scanning ophthalmoscopic optic disc analysis in open-angle glaucoma with hemifield defects. J Glaucoma (2001); 10:256-260

H. Danksagung

Meinen Betreuern, Frau Priv.-Doz. Dr. M. Klemm und Herrn Prof. Dr. E. Rumberger, danke ich ganz herzlich für die Überlassung des Themas, ihre stete Unterstützung und besonders für ihre außerordentliche Geduld.

I. Lebenslauf

Thomas Jüde

Wendloher Weg 5

20251 Hamburg/Deutschland

(040) 46 29 98

PERSÖNLICHE DATEN:

Geburtsdatum: 10. September 1973

Geburtsort: Würzburg

AUSBILDUNG

1979-1981 Volksschule in Theilheim

1981-1983 Parkschule in Hamburg, Sasel

1983-1992 Gymnasium Sankt-Ansgar-Schule in Hamburg, Abitur, 1992

1994-1999 Universität Hamburg, Studium der Zahnmedizin, Staatsexamen und
Approbation, 2000

2001-2003 Universität Hamburg, Studium der Humanmedizin

ZIVILDIENTST

1992-1993 Ev. Amalie-Sieveling-Krankenhaus e.V., Pflegehelfer

BERUF

2000-2002 Auszubildender Assistenzarzt,
Zahnärztliche Gemeinschaftspraxis Dr. Knigge u. Gawellek

2002-2005 Weiterbildungsassistent,
Praxis für Mund-Kiefer-Gesichtschirurgie Dr. Dr. Hintz.

Hamburg, 2005