

**Aus der Augenklinik und Poliklinik
der Ludwig-Maximilians-Universität München**

Vorstand: Prof. Dr. A. Kampik

Erstellung einer Normalwertstudie am Twinfield Oculus Perimeter

Dissertation

zum Erwerb des Doktorgrades der Medizin

an der Medizinischen Fakultät der

Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Bernhard Buchberger

aus

Landshut

2004

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter:	Prof. Dr. K. Ludwig
Mitberichterstatter:	Prof. Dr. I. Rentschler Prof. Dr. F. P. Kolb
Mitbetreuung durch den promovierten Mitarbeiter:	Dr. biol. hum. Markus Schaumberger
Dekan:	Prof. Dr. med. Dr. h.c. K. Peter
Tag der mündlichen Prüfung:	13.05.2004

Inhaltsverzeichnis:

1. Einleitung.....	1
2. Material und Methoden.....	2
2.1. Probanden.....	2
2.1.1. Auswahlkriterien.....	2
2.1.2. Zulassung von Einäugigen.....	3
2.1.3. Allgemeinanamnese.....	3
2.1.4. Studiengruppe.....	4
2.2. Durchführung.....	4
2.2.1. Untersuchungsablauf.....	4
2.2.2. Prüfpunktraster.....	4
2.2.3. Untersuchungsstrategie	5
2.2.4. Auswertung.....	6
3. Ergebnisse.....	7
3.1. Altersverteilung.....	7
3.2. Vergleich Rechts/Links.....	8
3.3. Vergleich Einäugig/Zweiäugig.....	9
3.4. Vergleich Männlich/Weiblich.....	10
3.5. Lerneffekt Gebiet8/Gebiet4.....	10
3.6. Altersabhängigkeit.....	12
3.7. Ortsabhängigkeit.....	14
3.8. Quadranten.....	15
3.9. Exzentrizität.....	16
3.10. Halbringe.....	17
3.11. Abhängigkeit Mittlere Sensitivität und Stimuluszahl.....	19
3.12. Mittlere Sensitivität und Mittlerer Defekt.....	20
3.13. Vergleich der Normalwerte (Selbst-Twinfield).....	21
4. Diskussion.....	23
4.1. Einfluß Einäugig/Zweiäugig	23
4.2. Ortsabhängigkeit	24
4.3. Variabilität.....	25
4.4. Altersabhängigkeit.....	26
4.5. Mittlerer Defekt.....	28
4.6. Einfluß des Lerneffekts.....	29

5. Zusammenfassung..... 30

6. Danksagung..... 31

7. Literatur..... 32

Anhang..... 35

1. Einleitung:

Die Firma Oculus entwickelte im Jahr 1998 das Twinfield Perimeter, eines von vielen automatischen Perimetern, blickt man auf die zurückliegenden 30 Jahre, in denen sich diese Form von Perimetrie weit verbreitete. Die ersten Anfänge der automatischen Perimetrie zeigten sich 1966 durch Dubois-Poulsen und Magis (Auto-Plot Tangent-Screen) und Friedmann (Friedmann Visual-Field-Analyzer Mark I), nachdem von Goldmann die grundsätzlichen Bedingungen für eine exakte Perimetrie festgelegt wurden [12]. Nachdem man sich in den ersten fünfzehn Jahren überwiegend mit dem elektronischen Aufbau der Geräte beschäftigte, zeigen die letzten zehn Jahre überwiegend eine Verbesserung und Ausreifung der Software aller Geräte [12].

Bei der automatischen Perimetrie übernimmt der Computer einen großen Teil der Aufgaben des Perimetristen: er führt eine Messung durch, die primär einem vorgegebenen Schema folgt. Jedoch werden die erhaltenen Ergebnisse während der Untersuchung mit eingearbeitet, was zu individualisierten Abläufen führt. Die Vorteile gegenüber der manuellen Perimetrie sind: ein Rechner arbeitet konstant, zeigt keine Ermüdungserscheinungen und analysiert die gewonnenen Daten in sehr kurzer Zeit [4].

Die Absicht bei einer Gesichtsfelduntersuchung ist das Erkennen von pathologischen Auffälligkeiten sowie deren Veränderungen über einen längeren Zeitraum. Zur Beurteilung, ob die Ergebnisse einer Gesichtsfeldprüfung als „abweichend vom Normalen“ zu betrachten sind, ist die Kenntnis von sogenannten „Normalwerten“ unabdingbar.

Um genaue Erkenntnisse auch über lokalisierte Gesichtsfeldausfälle zu bekommen, ist es nötig über das gesamte Gesichtsfeld Normalwerte zu erstellen, um diese mit der lokalen Lichtunterschiedsempfindlichkeit zu vergleichen.

Ziel dieser Arbeit ist die Ermittlung solcher Normalwerte am Twinfield-Perimeter der Firma OCULUS entsprechend den Vorgaben und in Absprache bzw. Zusammenarbeit mit der Firma OCULUS.

Eine Besonderheit dieses Perimeters ist, daß die Stimulusprojektion nicht über einen fixen Projektor aus der Blickrichtung des Probanden in die Cupula erfolgt, sondern über einen beweglichen Servomotor, der sich an der Rückwand einer matten Halbkugel befindet und durch diese hindurch die Stimuli darbietet (Rückprojektion). Außerdem unterscheidet es sich von anderen in der Anordnung seiner Prüfpunkte. Deren Dichte nimmt von der Peripherie in

Richtung Zentrum immer mehr zu; diese Anordnung erlaubt es kleinere Skotome, die im zentralen Bereich häufiger vorkommen besser zu erkennen.

Bei der Erstellung von Normalwerten muß insbesondere der Alterseinfluß berücksichtigt werden, um pathologische von normalen altersbedingten Veränderungen unterscheiden zu können. Gerade im höheren Alter treten jedoch vermehrt Artefakte aufgrund von z.B. Ptosis, Dermatochalasis, Glasrandartefakte oder mangelhafte Kooperation etc. auf, welche die Erstellung von Normalwerten verfälschen können.

Das Twinfield Perimeter wurde vom Hersteller zwischenzeitlich mit alterskorrigierten Normwerten ausgestattet; diese Werte sollen mit der in dieser Studie ermittelten verglichen werden.

2. Material und Methoden:

2.1. Probanden:

2.1.1. Auswahlkriterien:

Für die Probanden gelten entsprechend den Vorgaben der Fa. OCULUS folgende Einschlußkriterien:

- Ametropie $\leq \pm 3$ dpt sph und $\leq \pm 2$ dpt cyl
- Korrigierter Visus (Ferne: Landolt-Ringe; Nähe: Birkhäuser-Tafel):
 - $\geq 1,0$ für Probanden < 60 Jahre
 - $\geq 0,8$ für Probanden von 60–70 Jahren
 - $\geq 0,7$ für Probanden > 70 Jahre
- Augeninnendruck ≤ 20 mmHg (Untersuchung nach perimetrischer Testung)
- Pupillen isokor, keine relative afferente Pupillenstörung, Durchmesser ≥ 2 mm
- Vordere Augenabschnitte reizfrei und regelrecht; brechende Medien klar, mit Ausnahme einer altersentsprechenden physiologischen Linsenverdichtung (Einschätzung qualitativ; Spaltlampenuntersuchung nach perimetrischer Testung)

- Fundus: altersentsprechend unauffälliger direkter und indirekter Befund von Papille, Makula, Peripherie und Gefäßen (Untersuchung nach perimetrischer Testung)
- Keine schweren Augenverletzungen oder ophthalmologisch operative Eingriffe in der Vorgeschichte
- Lang (II) – Stereotest: alle Figuren erkannt
- Augenstellung: keine manifesten Stellungsabweichungen (Strabismus)
- Augenbeweglichkeit: allseits frei, keine Doppelbildangabe

2.1.2. Zulassung von Einäugigen:

Wird der jeweils erforderliche Visus an einem Auge nicht erreicht (Einäugigkeit), so muß gewährleistet sein, daß die Visusminderung durch streng einseitige Veränderungen ohne denkbare Auswirkungen auf das Sehvermögen am 2. Auge hervorgerufen wird; es sind nur folgende Ursachen der Visusminderung zugelassen:

- Einseitiges Trauma
- Einseitige Amblyopie
- Einseitige Ablatio

2.1.3. Allgemeinanamnese:

- Kein Glaukom oder eine vererbare Augenerkrankung bei Verwandten 1. Grades
- Kein labiler oder medikamentös schlecht eingestellter Hypertonus
- Kein Diabetes mellitus
- Keine Multiple Sklerose
- Keine Schlaganfälle, TIA`s oder dergleichen in der Vorgeschichte
- Keine Anfallsleiden
- Kein Anhalt für Sehbahnläsionen
- Kein Einnahme von zentral-nervös wirkenden Medikamenten (insbesondere Psychopharmaka, Sedativa etc.) bis 24 h vor der Untersuchung
- Mindestens 2 h vor der Messung Alkohol-, Nikotin-, Kaffeekarenz

2.1.4. Studiengruppe:

Es wurden insgesamt 62 Probanden untersucht, wovon 55 für die Studie zulässig waren; die übrigen wurden wegen mangelnder Mitarbeit (Fixationsverlusten), Veränderungen an Fundus (Naevi), Papille (Drusen) und brechenden Medien (Synchisis scintillans) nicht in die Studie mitaufgenommen. Die Studiengruppe setzen sich aus 33 Männern und 22 Frauen zusammen. 28mal wurde das rechte Auge untersucht, 27mal das linke Auge. 22 Probanden kamen von außerhalb der Klinik (Beamte der Polizei und der Feuerwehr München, sowie Personen aus dem Bekanntenkreis des Untersuchers), oder waren Mitarbeiter der Augenklinik München, 33 Probanden waren Patienten der Augenklinik München (sog. Einäugige).

2.2. Durchführung:

2.2.1. Untersuchungsablauf:

Die Untersuchung erfolgte nach einem festen Schema. Zunächst wurde der Visus bzw. die Korrektur mittels eines automatischen Refraktometers überprüft. Daraufhin wurde der Proband in das Gerät eingewiesen, in Position gebracht und das altersentsprechende Korrekturglas ausgewählt. Danach begann der Eingangstest auf Gebiet 4 mit 53 Prüfpunkten (= Lernprogramm), nach mindestens 5-minütiger Pause die volle Schwellentestung auf Gebiet 8 mit 66 Prüfpunkten (= Hauptprogramm). Im Anschluß erfolgte die ophthalmologische Untersuchung, um pathologische Veränderungen auszuschließen.

Die Darbietungszeit des Prüfpunktes (Farbe: weiß) betrug 0,2 sec, die Intervallzeit 0,6 sec. Für die Punktgröße wurde die Goldmanngröße III ausgewählt. Die Umfeldleuchtdichte nach Goldmann-Standard betrug 10 cd/m^2 .

2.2.2. Prüfpunktraster:

Das Prüfpunktraster des OCULUS-TWINFIELD Perimeters ist derart angeordnet, daß sich die Prüfpunkte im Bereich des Zentrums konzentrieren, im Bereich der Peripherie jedoch weiter auseinanderliegen. Mit dieser Anordnung wird den zum Zentrum hin kleiner werdenden rezeptiven Felder (mehrere Rezeptoren werden zu einer Gruppe

zusammengeschaltet) Rechnung getragen. Somit können kleinere Skotome im Zentrumsbereich besser erkannt werden, als bei äquidistanten Rastern. Die Wahrscheinlichkeit ein Skotom mit einem Radius von 3° bei Exzentrizitäten zwischen 0 und 20° zu erkennen, liegt bei 100% [7]. Die horizontale und vertikale Achse sind nicht mit Prüfpunkten versehen; insgesamt stehen 191 Prüfpunkte zur Verfügung.

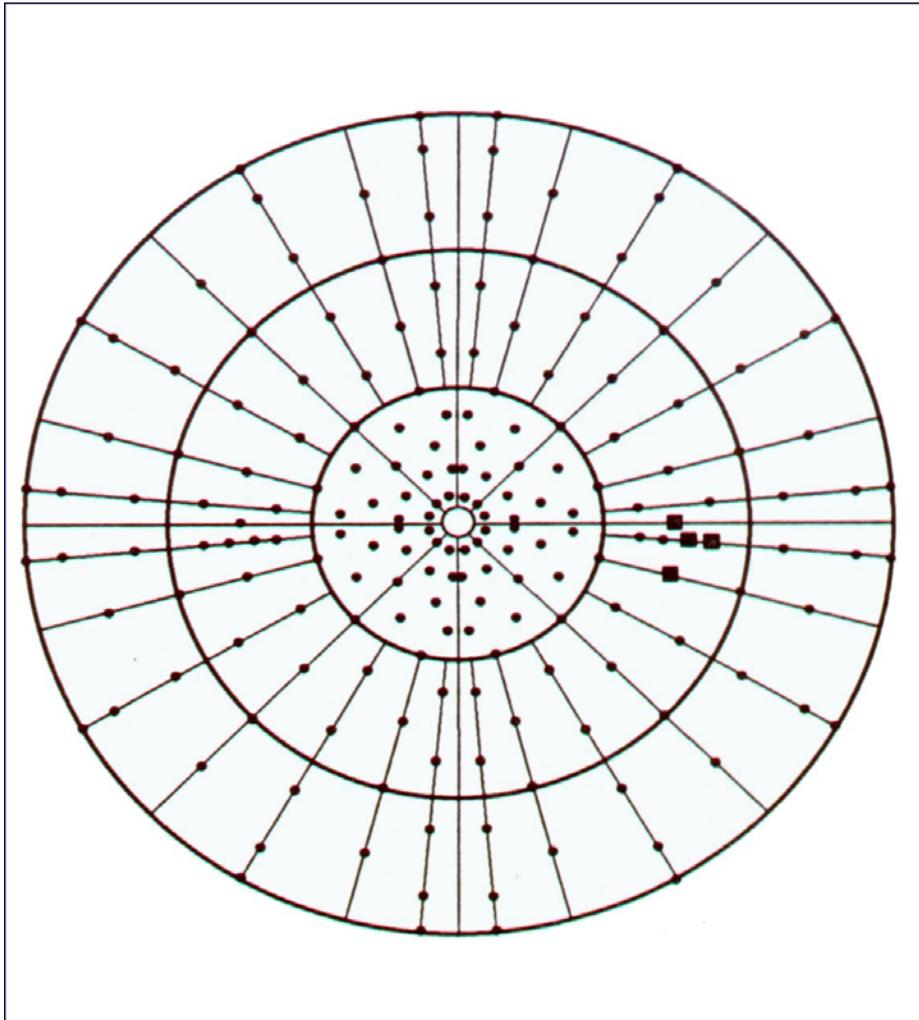


Abb. 1: Prüfpunktraster des Oculus-Twinfield Perimeters (Rechtes Auge/Gebiet 8)

2.2.3. Untersuchungsstrategie:

Die Leuchtdichteunterschiedsempfindlichkeit (LUE) wird mit diesem Gerät wie folgt gemessen:

Zuerst wird die individuelle Leuchtdichteklasse des jeweiligen Patienten festgestellt. Dies geschieht über die Bestimmung der zentralen Schwelle; der Computer wählt dann automatisch diejenige Leuchtdichteklasse aus, die dem gefundenen Empfindlichkeitsniveau am nächsten liegt [8]. Voraussetzung hierfür ist eine intakte Makula. Ist ein Defekt in der Makula zu erwarten, werden 4 Schwellenwerte bei einer Exzentrizität von 15° auf den 45° bzw. 135° Meridianen gemessen, um die geeignete Leuchtdichteklasse zu ermitteln.

Ist dieser Vorgang abgeschlossen, bietet das Gerät an jedem Punkt des Prüfpunktrasters einen Stimulus mit einer Leuchtdichte an, die sich aus der eingestellten Leuchtdichteklasse und der Exzentrizität des Prüfpunktes ergibt.

Wird die erwartete Leuchtdichte nicht gesehen, bietet das Gerät die maximale Leuchtdichte von 1000 cd/m² an. Falls die Antwort wieder negativ ausfällt, wird ein absoluter Defekt registriert, andernfalls wird auf einen relativen Defekt hin untersucht. Das heißt, nach Erkennung der maximalen Leuchtdichte, wird nochmals die eigentlich zu erwartende Leuchtdichte angeboten; wird diese erkannt, ist die Untersuchung wiederum an diesem Punkt beendet, da nun die erwartete Empfindlichkeit erreicht wurde. Wird die angebotene zu erwartende Leuchtdichte erneut nicht erkannt, wird über eine stufenweise Annäherung (Eingabelung) an die Schwelle die dem Patienten spezifische Defekttiefe (relativer Defekt) ermittelt. Dabei wird dieser 3. Untersuchungsschritt erst dann durchgeführt, wenn bei jedem zu prüfenden Punkt der 2. Untersuchungsschritt beendet ist, da nach Anbieten der hellsten Leuchtdichte aufgrund der Lokaladaption der Netzhaut nicht sofort ein schwächerer Lichtreiz folgen darf.

Somit ergeben sich auch die unterschiedlichen Zahlen an Stimulusdarbietungen. Das Eingabelungsverfahren stellt die effektivste Methode zur Bestimmung der individuellen Lichtunterschiedsempfindlichkeit dar [5]. Die Kombination aus zeitlichem Aufwand und systematischem Fehler sind am günstigsten [10].

2.2.4. Auswertung:

Die Auswertung und statistische Analyse erfolgte mit SPSS 10.0 für Windows und Excel 97. Von einem signifikanten Ergebnis wird gesprochen, wenn der p-Wert kleiner 0,05 ist; liegt er zwischen 0,05 und 0,1 wird von einer Tendenz gesprochen. Die gesammelten Werte am linken Auge wurden vor der Auswertung vertikal gespiegelt, so daß diese Werte auf den

entsprechenden Orten der rechten Augen zuliegen kamen. Alle Lokalisationsangaben in dieser Arbeit beziehen sich also auf rechte Augen.

3. Ergebnisse

3.1. Altersverteilung:

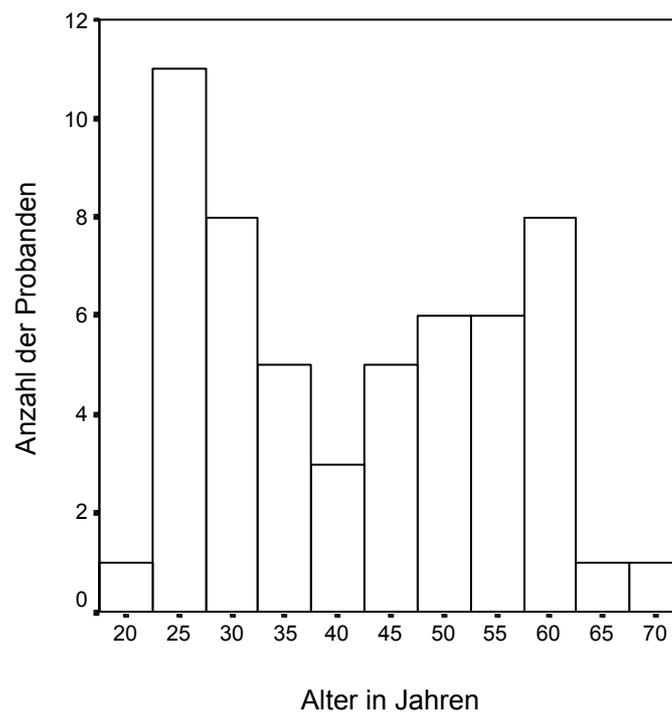


Abb. 2: Altersverteilung der Probanden

	1. Alters- gruppe	2. Alters- gruppe	3. Alters- gruppe	4. Alters- gruppe	5. Alters- gruppe
Altersbereich in Jahren	20-29	30-39	40-49	50-59	60-69
Anzahl	13	13	10	13	6

Tab. 1: Einteilung der Probanden in Altersgruppen und deren jeweilige Anzahl

Abbildung 2 und Tabelle 1 zeigen die Anzahl der Probanden in den jeweiligen Altersgruppen bzw. die Altersverteilung insgesamt. Die vom Hersteller erwünschte Anzahl von Probanden pro Altersdekade konnte nur zum Teil erfüllt werden. Die Altersgruppe der 60-Jährigen mit 6 Probanden liegt deutlich unter den geforderten Werten von 12 Probanden pro Altersgruppe.

3.2. Vergleich Rechtes/Linkes Auge:

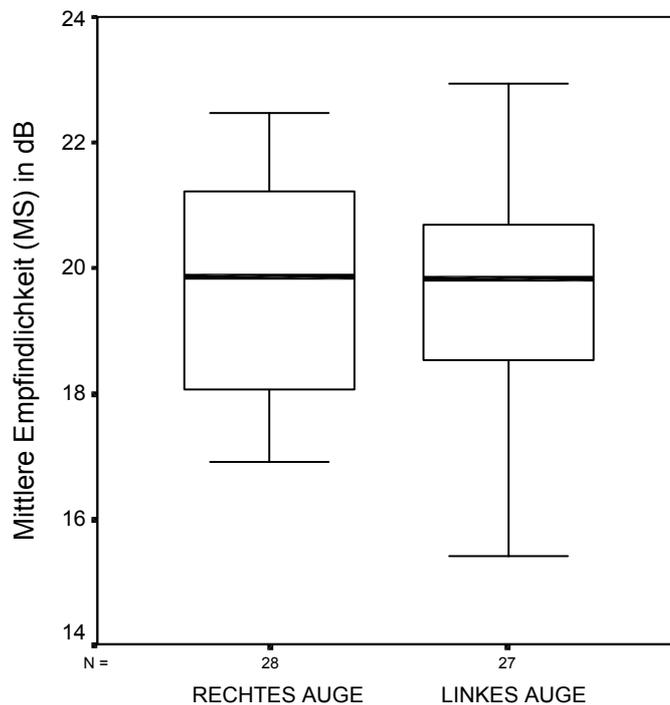


Abb. 3: Vergleich der Mittleren Empfindlichkeit (MS) der rechten und linken Augen

Beim Vergleich der Mittleren Empfindlichkeit zwischen rechtem und linkem Auge zeigt sich kein signifikanter Unterschied, weshalb die oben genannte Spiegelung der linken Augen erlaubt ist.

3.3. Vergleich der MS-Werte von Ein- und Zweiäugigen:

Abbildung 4 zeigt die mittlere Empfindlichkeit bei den sog. Einäugigen und Zweiäugigen. Der Mittelwert bei den Zweiäugigen liegt bei 20,2 dB, die Standardabweichung bei 1,6 dB. Bei den Einäugigen ergeben sich folgende Werte: Mittelwert: 19,3 dB, Standardabweichung: 1,8 dB. Bei Zweiäugigen ist demnach eine höhere Mittlere Sensitivität zu finden. Der Unterschied der beiden Mediane liegt bei 0,8 dB. Bei Anwendung des Wilcoxon-Tests zeigt sich mit einem p-Wert von 0,114 (s. auch unten) kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen.

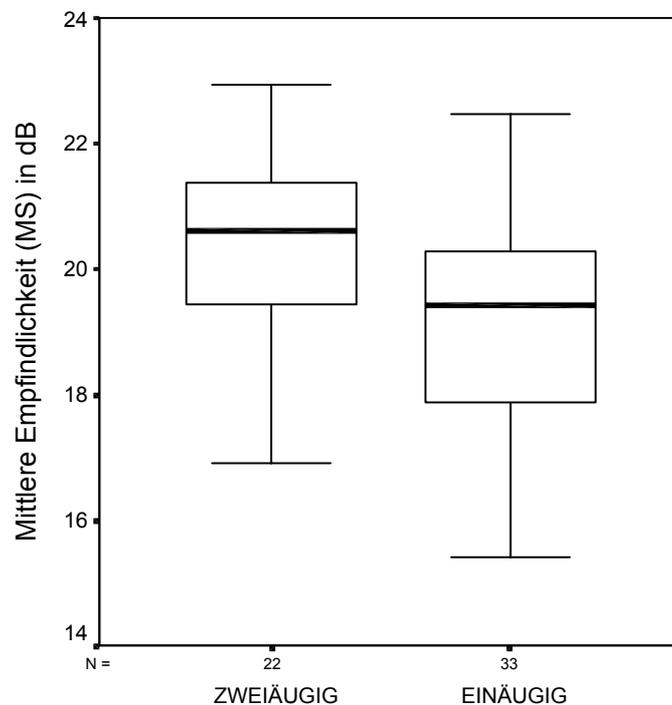


Abb. 4: Boxplot-Darstellung der Mittleren Empfindlichkeit (MS) für sog. Ein- bzw. Zweiäugige

3.4. Geschlechter -Vergleich der MS-Werte:

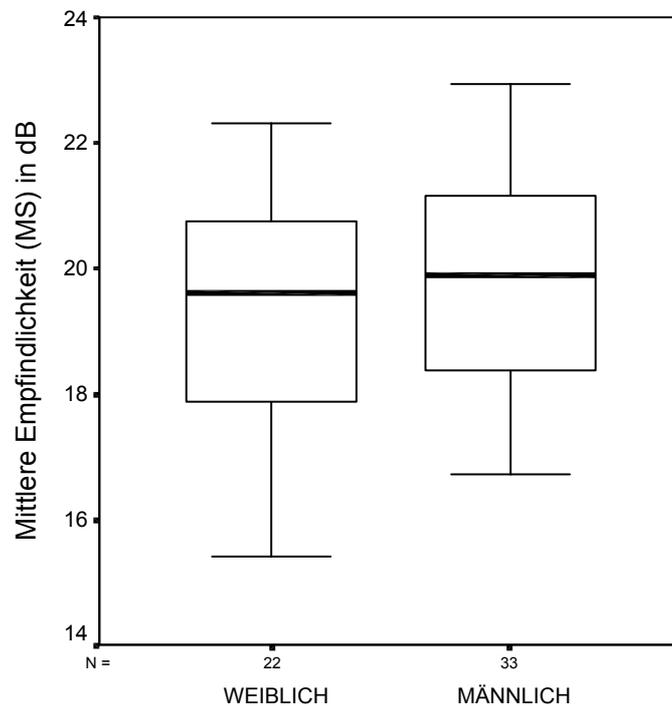


Abb. 5: Boxplot-Darstellung der Mittleren Empfindlichkeit (MS) getrennt nach Geschlecht

Beim Vergleich der MS-Werte mittels des Wilcoxon-Tests zwischen den Geschlechtern zeigt sich kein signifikanter Unterschied.

Somit können die Untersuchungsergebnisse für Männer und Frauen, für rechte und linke Augen, und für Einäugige und Zweiäugige gemeinsam analysiert werden.

3.5. Lerneffekt zwischen Lernprogramm (Gebiet 4) und Hauptprogramm (Gebiet 8):

Vor der Hauptuntersuchung am Twinfield Perimeter wurden 45 Probanden mit dem Lernprogramm (Gebiet 4) getestet, um im Vergleich zur Hauptuntersuchung (Gebiet 8) einen möglichen Lerneffekt erkennen zu können. Das Lernprogramm weist 49 + 4 (blinder Fleck) Prüfpunkte auf.

Beim Vergleich wurden von Gebiet 8 nur die Prüfpunkte berücksichtigt, die sich mit Gebiet 4 decken. Die Verteilung der Differenz der mittleren Empfindlichkeit zwischen Lernprogramm und Hauptuntersuchung zeigt Abbildung 6.

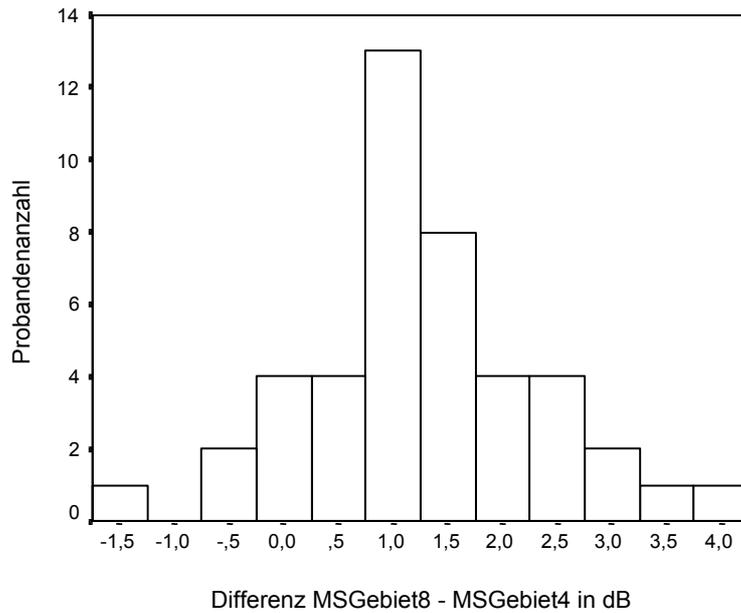


Abb. 6: Differenz zwischen Mittlerer Empfindlichkeit (MS) von Gebiet 8 und Gebiet 4

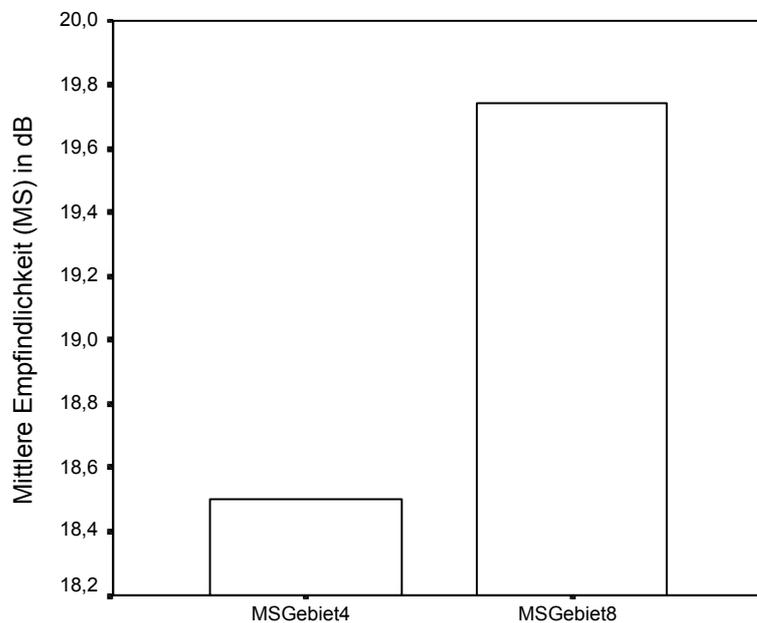


Abb. 7: Mittelwerte der Mittleren Empfindlichkeiten von Gebiet 4 und Gebiet 8

Beim Vergleich der MS-Werte mittels des Wilcoxon-Tests zeigt sich ein signifikanter Unterschied zwischen Lernprogramm (Gebiet 4) und Hauptprogramm (Gebiet 8) (p-Wert = 0,001); (bei 40 Probanden ergab sich ein höherer MS-Wert im Gebiet 8 als im zuvor

getesteten Gebiet 4, bei 4 Probanden lagen die MS-Werte im Gebiet 4 höher als in Gebiet 8, und in einem Fall stellte sich kein Unterschied zwischen beiden Untersuchungen ein); die Regressionsanalyse ergibt einen Korrelationskoeffizienten von $r = 0,85$ und nach Spearman ergibt sich ein p-Wert von 0,001.

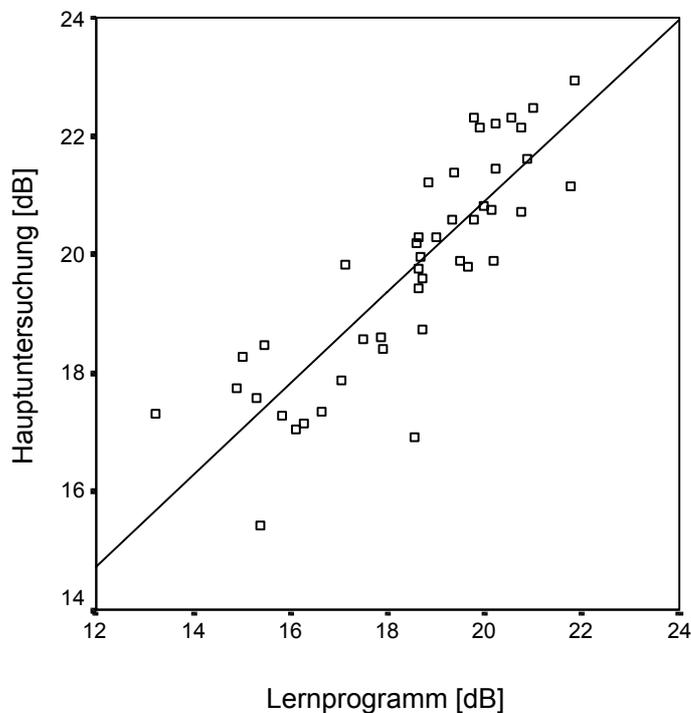


Abb. 8: Korrelation der Mittleren Empfindlichkeit (MS) zwischen Hauptuntersuchung (Gebiet 8) und Lernprogramm (Gebiet 4)

3.6. Altersabhängigkeit:

Das Alter ist ein entscheidender Faktor, der die Höhe der gemessenen Lichtunterschiedsempfindlichkeit mitbeeinflusst.

Die Mittlere Empfindlichkeit in Abhängigkeit vom Alter zeigt Abbildung 9. Abbildung 10 zeigt die 10., 25., 75. Perzentile und den Median in Abhängigkeit vom Alter. In Tabelle 2 finden sich die einzelnen Altersgruppen mit entsprechenden Werten der Mediane und Perzentile. Mediane und Perzentile nehmen mit zunehmenden Alter ab. Bei Anwendung der Spearmanschen Rangkorrelation ergibt sich ein Korrelationkoeffizient von $r = -0,726$ bei einem p-Wert von 0,001.

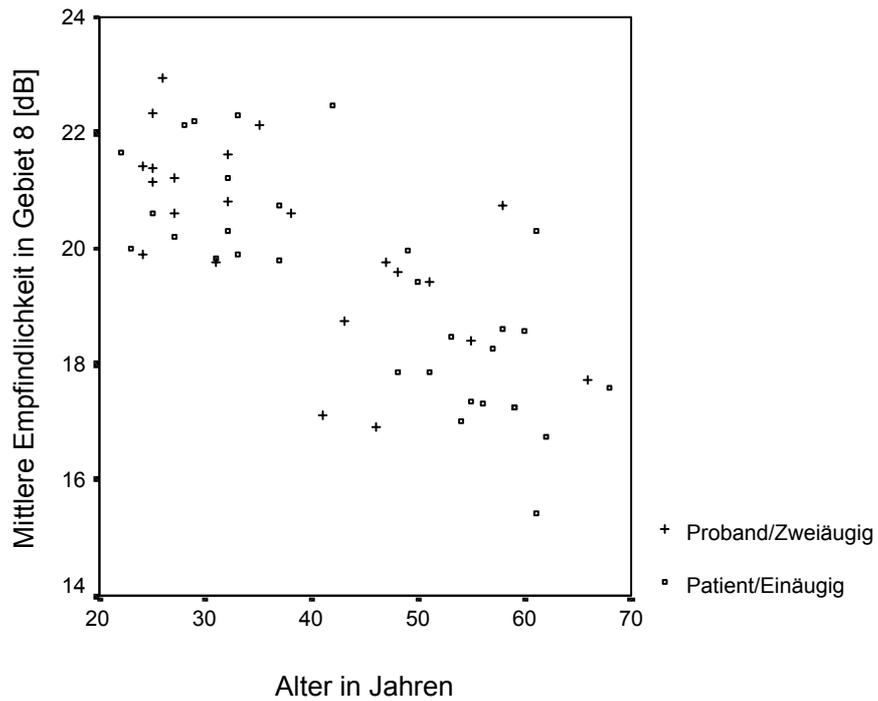


Abb. 9: Abhängigkeit der Mittleren Empfindlichkeit (MS) vom Alter der Probanden nach Status getrennt für Ein- und Zweiäugige

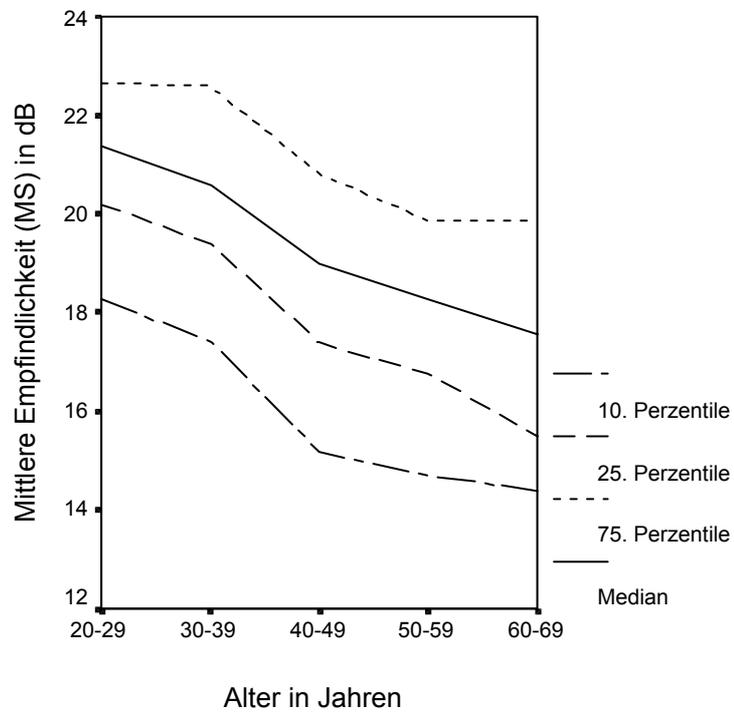


Abb. 10: Median der Mittleren Empfindlichkeit; 10., 25., 75. Perzentile in dB in den verschiedenen Altersgruppen

	Median [dB]	10.Perzentile [dB]	25.Perzentile [dB]	75.Perzentile [dB]
20 – 29 Jahre	21,39	18,26	20,20	22,65
30 – 39 Jahre	20,60	17,42	19,41	22,60
40 – 49 Jahre	19,00	15,17	17,39	20,81
50 – 59 Jahre	18,27	14,70	16,76	19,87
60 – 69 Jahre	17,58	14,39	15,50	19,86

Tab. 2: Mediane der Mittleren Empfindlichkeit, 10., 25., 75. Perzentile in den einzelnen Altersgruppen

3.7. Ortsabhängigkeit:

Zur Untersuchung der Abhängigkeit der Lichtunterschiedsempfindlichkeit von der Lokalisation wurde das Gesichtsfeld in unterschiedliche Bereiche aufgeteilt.

Bezüglich der Einteilung wurde wie folgt vorgegangen:

1. Aufteilung der Fläche in Halbfelder, wobei eine Trennlinie horizontal, die andere vertikal durch das Zentrum (= Fovea) gelegt wurde. Daraus entstanden vier Quadranten (Quadrant 1 = nasal oben, Quadrant 2 = temporal oben, Quadrant 3 = temporal unten, Quadrant 4 = nasal unten).
2. Aufteilung des 30°-Gesichtsfeldes in drei konzentrische Kreise im Abstand von jeweils 10 Grad. Dabei wurde noch jeweils ein oberer und unterer Halbkreis unterschieden.

3.8. Quadranten:

Altersgruppe der 20Jährigen		Altersgruppe der 30Jährigen	
Quadrant 1	20,58 dB	Quadrant 1	20,40 dB
Quadrant 2	21,04 dB	Quadrant 2	20,19 dB
Quadrant 3	21,76 dB	Quadrant 3	21,27 dB
Quadrant 4	21,53 dB	Quadrant 4	20,37 dB
p	0,001	p	0,014

Altersgruppe der 40Jährigen		Altersgruppe der 50Jährigen	
Quadrant 1	18,32 dB	Quadrant 1	17,97 dB
Quadrant 2	18,53 dB	Quadrant 2	17,61 dB
Quadrant 3	19,71 dB	Quadrant 3	18,68 dB
Quadrant 4	19,11 dB	Quadrant 4	18,55 dB
p	0,002	p	0,001

Altersgruppe der 60Jährigen		Gesamtkollektiv	
Quadrant 1	18,32 dB	Quadrant 1	18,86 dB
Quadrant 2	18,53 dB	Quadrant 2	19,04 dB
Quadrant 3	19,71 dB	Quadrant 3	21,76 dB
Quadrant 4	19,11 dB	Quadrant 4	19,74 dB

Tab. 3: Mittelwerte in dB über die einzelnen Quadranten im Gesamtkollektiv und den jeweiligen Altersgruppen und Signifikanz im Friedmann – Test

Untersucht werden die in Tabelle 3 angeführten Mittelwerte über den jeweiligen Quadranten und die Signifikanz eines möglichen Unterschieds zwischen den Quadranten im Friedmann-Test. Zwischen den Quadranten der selbst erstellten Mittelwerte bei den jeweils 20-, 30-, 40- und 50jährigen ist ein signifikanter Unterschied feststellbar. Die Altersgruppe der 60jährigen ist aufgrund der nur 6 vorhandenen Probanden nicht sinnvoll auf Signifikanz testbar.

Beim Vergleich der einzelnen Quadranten untereinander im Gesamtkollektiv zeigt sich zwischen den Quadranten 2 und 3 bzw. 3 und 4 bzw. 1 und 3 ein signifikanter Unterschied mit einem p-Wert von 0,001 bei Anwendung des Wilcoxon-Tests. Bei Vergleich der übrigen Quadranten untereinander findet sich kein signifikanter Unterschied (unter Berücksichtigung der Bonferoni-Korrektur).

3.9. Exzentrizität:

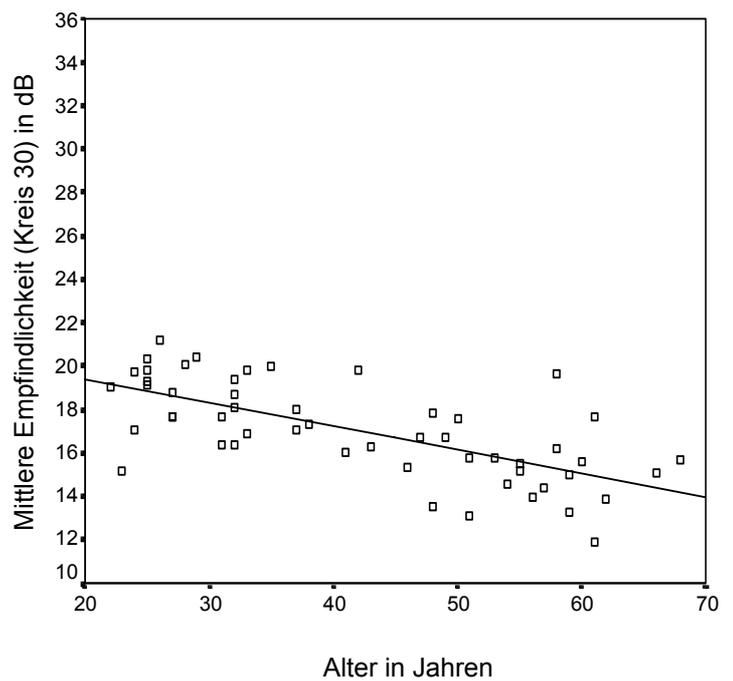
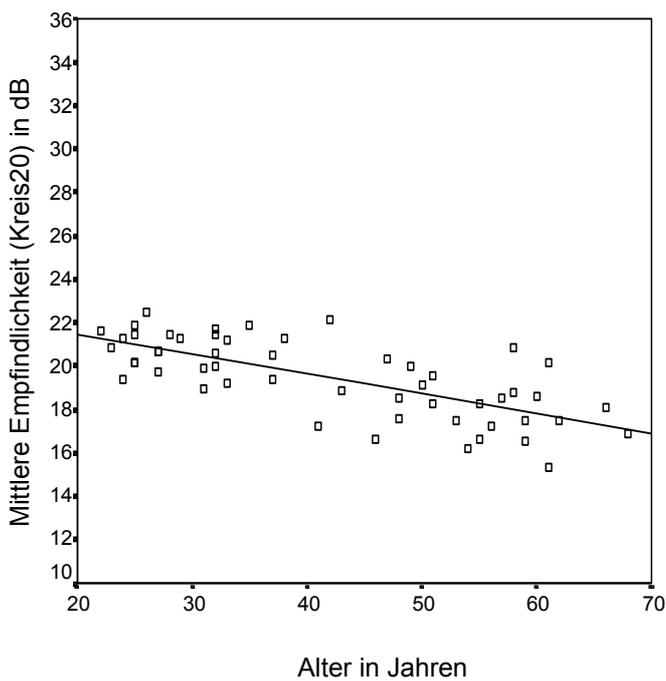
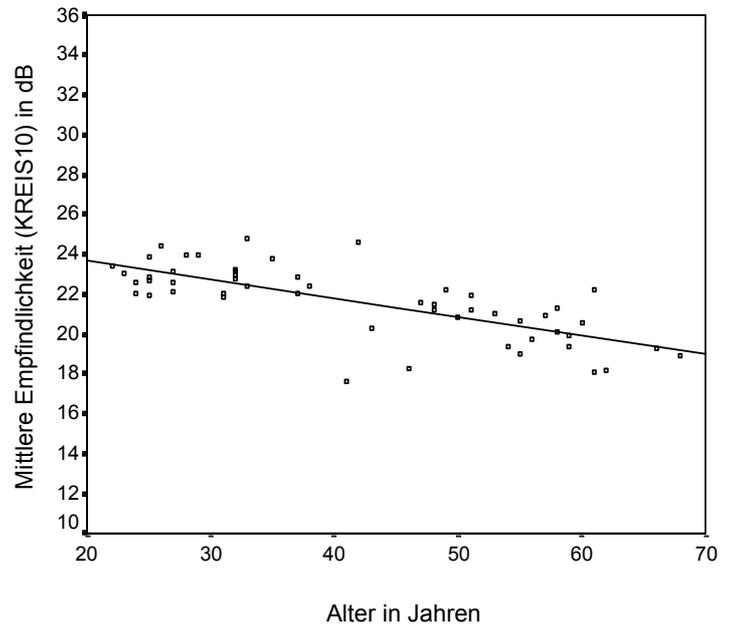
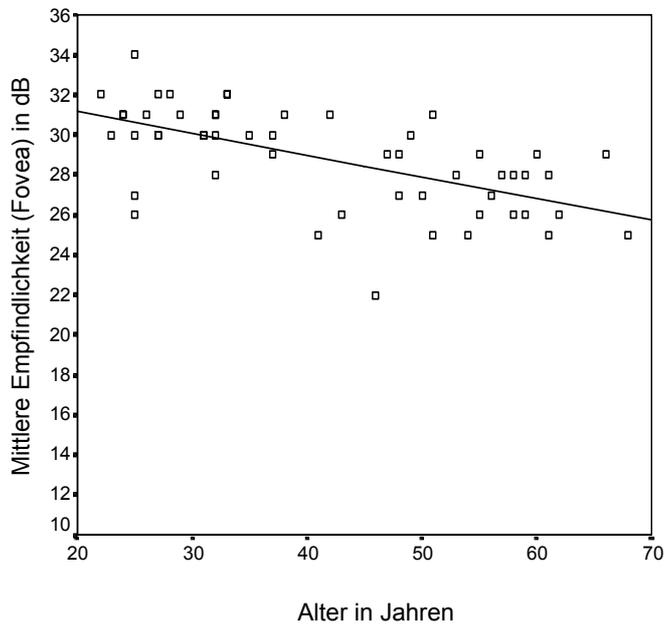


Abb. 11: Altersabhängigkeit der Mittleren Empfindlichkeit für verschiedene Exzentrizitäten (Fovea, Kreis 10, Kreis 20, Kreis 30)

In allen konzentrischen Ringen zeigt sich eine Abnahme der Mittleren Empfindlichkeit mit Zunahme des Alters. Die Mittlere Empfindlichkeit ist dabei in jedem Alter im Bereich der Fovea höher als in der Peripherie.

Der Mittelwert der Empfindlichkeit im Bereich der Fovea beträgt 28,8 dB, im Kreis bis 10 Grad Exzentrizität 21,6 dB, im Gebiet zwischen 10 und 20 Grad 19,2 dB und im äußersten Kreisgebiet (zwischen 20 und 30 Grad) 16,8 dB. Ein deutlicher Abfall zeigt sich bei Vergleich der Empfindlichkeit an der Fovea und Mittleren Empfindlichkeit bis 10 Grad: hier ergibt sich ein Unterschied von 7,1 dB. Viel schwächer fällt die Differenz bei Vergleich der anderen Exzentrizitäten untereinander aus: Mittlere Empfindlichkeit Kreis 10 verglichen mit Kreis 20: 2,4 dB, Kreis 20 im Vergleich mit Kreis 30: 2,5 dB. Ein Vergleich der Werte der Fovea und den übrigen Ringbereichen mit Hilfe des Wilcoxon-Tests liefert für alle Kombinationen hochsignifikante Ergebnisse (p-Wert < 0,001). Alle Grafiken zeigen eine deutliche Abnahme der Mittleren Empfindlichkeit bei Alterszunahme.

3.10. Halbringe:

		Mittelwert
Kreis 10	oben	21,1 dB
	unten	21,7 dB
	p	0,016

		Mittelwert
Kreis 20	oben	18,6 dB
	unten	19,8 dB
	p	0,036

		Mittelwert
Kreis 30	oben	16,2 dB
	unten	17,4 dB
	p	0,285

Tab. 4: Mittelwerte der Empfindlichkeiten der einzelnen Halbkreise und Signifikanz des Wilcoxon-Tests

Beim Vergleich der Mittleren Empfindlichkeit in den oberen und unteren Halbringen lassen sich bei Kreis 10 und 20 signifikante Unterschiede feststellen; kein signifikanter Unterschied zeigt sich in Kreis 30.

	Standardabweichung
Fovea	2,5 dB
Kreis 10	1,8 dB
Kreis 20	1,8 dB
Kreis 30	2,2 dB

Tab. 5: Varianz und Standardabweichung der Mittleren Empfindlichkeit in den einzelnen Exzentrizitätskreisen gemessen in dB

Messbereiche	Median [dB]	5. Perzentile [dB]	10. Perzentile [dB]	25. Perzentile [dB]	75. Perzentile [dB]
Fovea	29,0	25,0	25,0	27,0	31,0
Kreis10 (3°-10°)	22,0	18,1	19,0	20,5	22,9
Kreis20 (10°-20°)	19,8	16,4	16,7	18,2	21,0
Kreis30 (20°-30°)	17,1	13,2	13,9	15,4	19,1
Quadrant 1 (nasal oben)	19,1	15,9	16,3	17,7	20,8
Quadrant 2 (temporal oben)	19,5	16,5	16,9	18,1	20,6
Quadrant 3 (temporal unten)	20,7	17,5	18,1	19,5	21,8
Quadrant 4 (nasal unten)	19,9	16,4	17,2	18,3	21,2

Tab. 6: Mediane, 5., 10., 25., und 75. Perzentile der Mittleren Empfindlichkeit in unterschiedlichen Gebieten des Gesichtsfeldes in dB

Tabelle 5 zeigt die Standardabweichung der Mittleren Empfindlichkeit von allen Probanden über die einzelnen Exzentrizitätskreise verteilt. Dabei sind die Werte im Bereich der Fovea am höchsten, nehmen im Bereich der ersten Exzentrizitätskreise (Exzentrizität bis 20°) gleichbleibend ab, um dann in Kreis 30 (Exzentrizität zwischen 20° und 30°) wieder leicht anzusteigen. Der Wilcoxon-Test liefert zwischen Fovea und Kreis 10, zwischen Kreis 10 und Kreis 20, ebenso zwischen Kreis 20 und Kreis 30 hochsignifikante Unterschiede mit einem p-Wert von jeweils 0,001.

In Tabelle 6 sind die Mediane sowie das 5., 10., 25. und 75. Perzentil in den jeweiligen Exzentrizitätskreisen und Quadranten aufgeführt. Die Mediane nehmen mit Ausnahme eines größeren Sprungs zwischen Fovea und Kreis 10 (7 dB) mehr oder weniger kontinuierlich ab

(Differenz zwischen Kreis 10 und Kreis 20: 2,2 dB; Differenz zwischen Kreis 20 und Kreis 30: 2,7 dB).

In allen Quadranten zeigt sich bzgl. des Medians und des Perzentilenabstands ein mehr oder weniger einheitliches Bild.

Der Perzentilenabstand (5.-75.Perzentil) von Fovea bis Kreis 30 nimmt kontinuierlich zu.

3.11. Abhängigkeit Mittlere Sensitivität und Stimuluszahl:

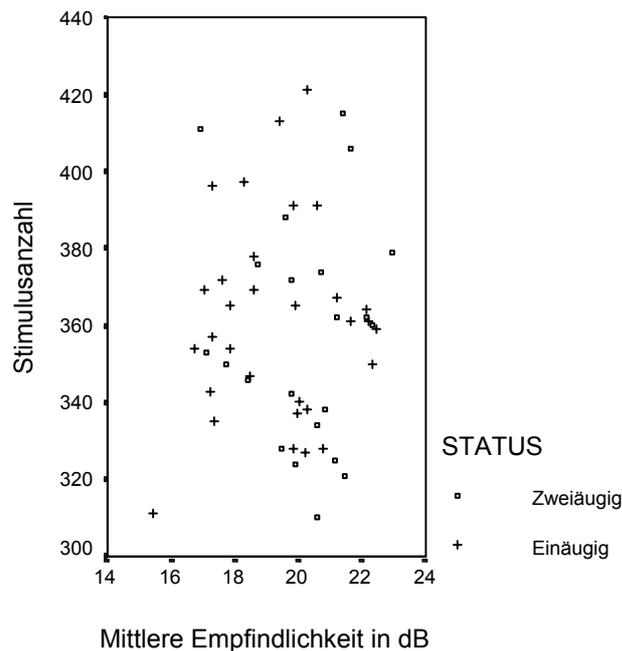


Abb. 13: Mittlere Empfindlichkeit in Abhängigkeit von Stimuluszahl getrennt nach Ein- und Zweiäugigen

Abbildung 13 zeigt die dargebotene Anzahl der Stimuli im Zusammenhang mit der jeweiligen Mittleren Empfindlichkeit. Ist die Mittlere Empfindlichkeit bei einem Probanden hoch, so ist eine tendenziell niedrigere Stimuluszahl zu finden; daraus ist auch abzuleiten: je höher die Mittlere Empfindlichkeit und je niedriger die dazu benötigte Stimuluszahl, desto schneller wurde das Programm absolviert. In der Spearman-Rangkorrelation zwischen Anzahl der Stimuli und der Mittleren Empfindlichkeit der Einäugigen ergibt sich ein p-Wert von 0,9 und ein Korrelationskoeffizient von $r = -0,022$. Die entsprechenden Werte der Zweiäugigen sind ein p-Wert von 0,818 und ein Korrelationskoeffizient von 0,052.

Die durchschnittliche Anzahl der Anzahl der Stimuli im Gesamtkollektiv beträgt 360, der Maximalwert 421, der Minimalwert 310.

3.12 Mittlere Sensitivität und Mittlerer Defekt:

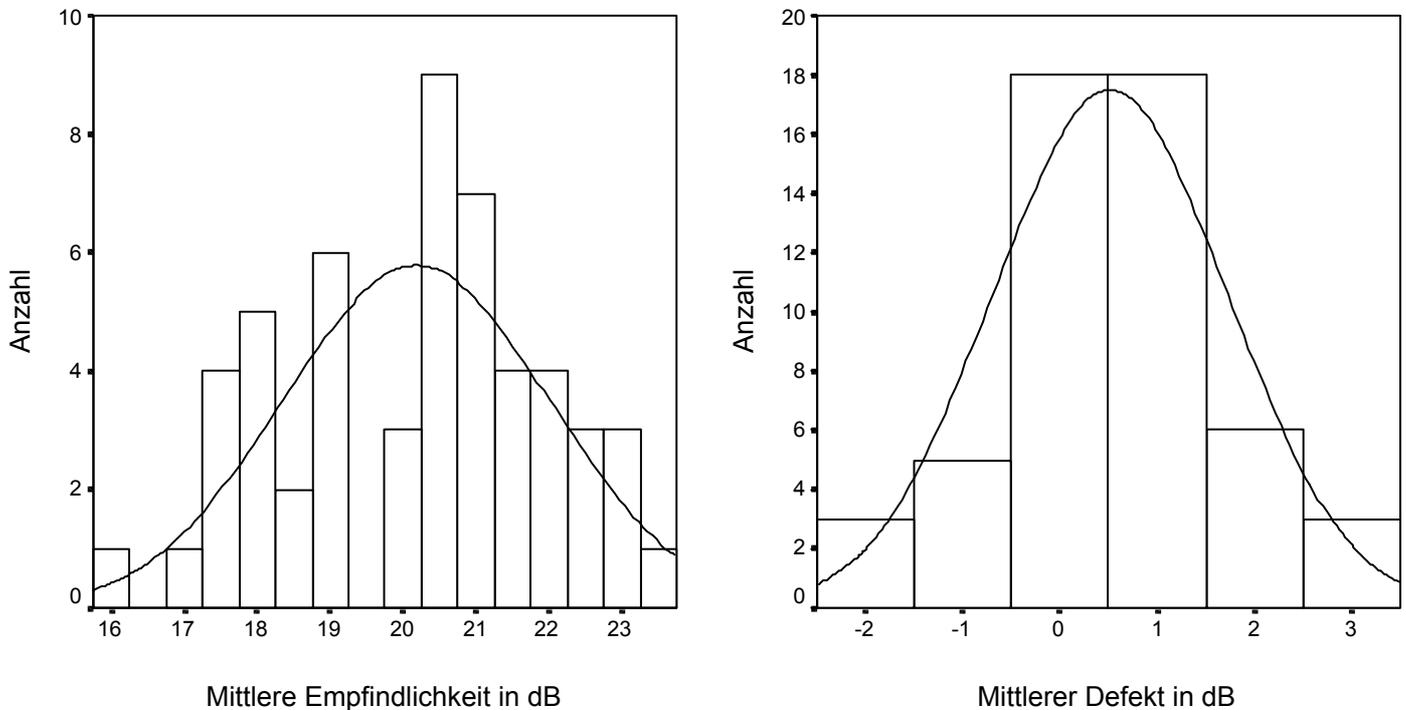


Abb. 14: Mittlerer Defekt und Mittlere Empfindlichkeit mit zugehörigen Normalverteilungskurven

In den oben dargestellten Abbildungen weisen Mittlere Empfindlichkeit und Mittlerer Defekt Unterschiede zur Normalverteilung auf. Kurtosis und Skewness der Mittleren Empfindlichkeit liegen beide im negativen Bereich bei $-0,8$ bzw. $-0,2$; Kurtosis und Skewness des Mittleren Defekts liegen bei $0,07$ bzw. $-0,2$. Die Kolmogoroff-Smirnow –Testung auf Normalverteilung der Mittleren Empfindlichkeit und des Mittleren Defekts ergibt: $p = 0,7$ bzw. $p = 0,5$.

3.13. Vergleich der Normalwerte (Selbst-Twinfield):

	Anzahl
Selbst20 < Twin20	37
Selbst20 > Twin20	16
Selbst20 = Twin20	9
Signifikanz	p=0,003

Ränge	Anzahl
Selbst30 < Twin30	37
Selbst30 > Twin30	17
Selbst30= Twin30	8
Signifikanz	p=0,003

Ränge	Anzahl
Selbst40 < Twin40	34
Selbst40 > Twin40	13
Selbst40 = Twin40	15
Signifikanz	p=0,007

Ränge	Anzahl
Selbst50 < Twin50	27
Selbst50 > Twin50	19
Selbst50 = Twin50	16
Signifikanz	p=0,310

	Anzahl
Selbst60 < Twin60	22
Selbst60 > Twin60	26
Selbst60 = Twin60	14
Signifikanz	p=0,394

Tab. 7: Vergleich zwischen selbsterstellten Normalwerten und im Oculus Twinfield installierten Werten; Signifikanz aus Wilcoxon-Test

Bei der Erstellung von den in dieser Studie bestimmten Normalwerten wurde wie folgt vorgegangen: Die Probanden wurden nach Altersgruppen geordnet und die Mittlere Empfindlichkeit jedes Probanden für jeden Punkt im Prüfpunktraster notiert. In jeder Altersgruppe wurde daraus für jeden Prüfpunkt Median, 5., 10. und 25. Perzentile bestimmt. Beim Vergleich der selbsterstellten Normalwerte und der von der Firma Oculus vorgegebenen Normalwerten zeigen sich deutliche Unterschiede. In den Altersgruppen der 20- bis 40-Jährigen zeigt sich im Wilcoxon-Test ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden

Arten von Normalwerten. Dabei liegen die selbsterstellten Werte unter den Oculus -Werten. In den Altersgruppen der 50- und 60-Jährigen liegen im Wilcoxon-Test mit p-Werten von über 0,3 keine signifikanten Unterschiede vor.

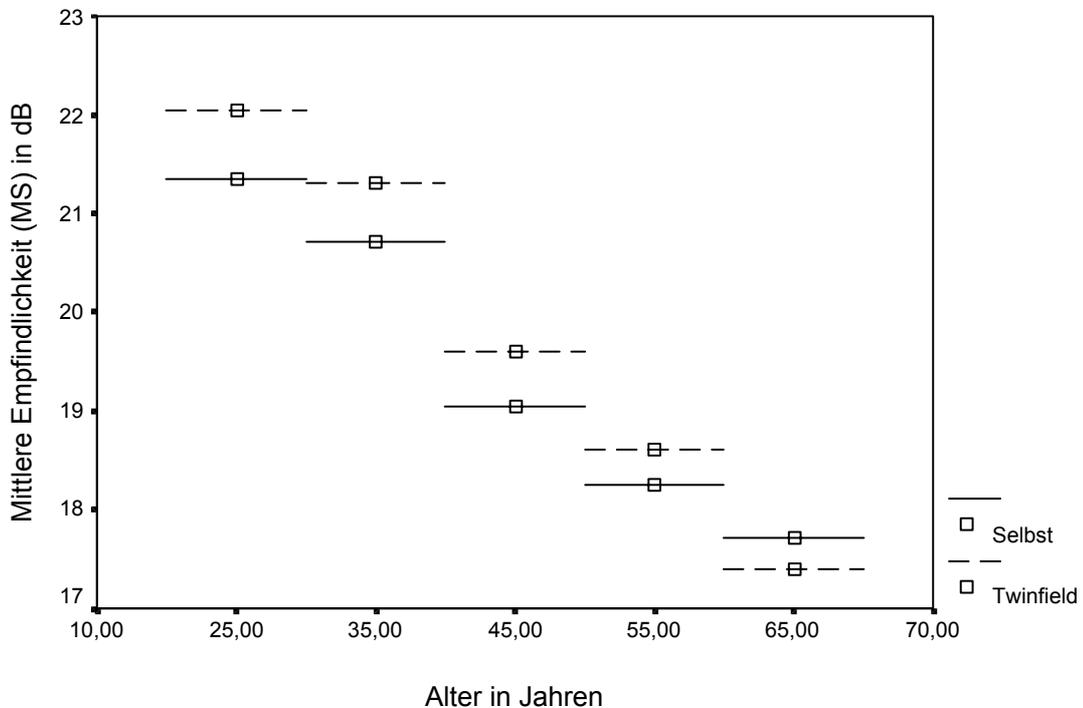


Abb. 15: Mittlere Sensitivität der selbsterstellten Normalwerte und der von Oculus vorgegebenen Werte

Abbildung 15 beschreibt die Abhängigkeit zwischen Mittlerer Empfindlichkeit und Alter bezüglich der von Oculus vorgegebenen Normalwerte und der selbsterstellten Normalwerte. Wie oben beschrieben liegen die selbsterstellten Normalwerte unterhalb der Oculus-Normalwerte mit Ausnahme der Altersgruppe der 60 – Jährigen.

4. Diskussion:

Soll ein neues Perimeter eingesetzt werden, ist es für die objektive Auswertung der Meßergebnisse einer perimetrischen Untersuchung wichtig, daß ein Vergleich mit gerätespezifischen und altersbezogenen Normalwerten stattfindet. Nur dadurch können pathologische Befunde von Normalbefunden unterschieden werden, somit Erkrankungen erkannt und Verlaufskontrollen erstellt werden.

Bei der Erstellung von Normalwerten sind folgende Schwierigkeiten zu berücksichtigen: Es besteht das Problem „normal“ zu definieren; z. B. können ältere Probanden eine leichte Cataracta, eine beginnende Makuladegeneration oder auch periphere Netzhautdegenerationen aufweisen, die eigentlich als pathologisch zu bewerten sind. Jedoch ist in der Praxis jederzeit von derartigen Veränderungen auch bei sogenannten gesunden älteren Probanden/Patienten auszugehen. Die Frage, die sich stellte war, inwieweit diese Veränderungen bei den jeweiligen Probanden fortgeschritten waren, und ob deswegen eine Aufnahme in die Studie noch möglich war. Zur Klärung dieser Fragestellung wurde ein Facharzt der Universitäts-Augenklinik München hinzugezogen.

Hinzu kommen sog. inter- bzw. intraindividuelle Variationen, d. h. es ist anzunehmen, daß die Ergebnisse der Probanden untereinander bzw. beim Vergleich von Gebiet 4 (Lernprogramm) und Gebiet 8 (Hauptprogramm) ein und desselben Probanden deutliche Unterschiede aufweisen können.

Darüberhinaus sind Normalwerte natürlich auch abhängig von Exzentrizität und Alter. Die Normalwerte wurden in dieser Studie mittels Mediane und Perzentilen beschrieben, da die Messwerte keiner Normalverteilung folgen und somit eine Berechnung mittleres Mittelwert und Standardabweichung weniger geeignet erscheint.

4.1. Einfluß von Einäugigen und Zweiäugigen:

Aufgrund der Zusammensetzung des Probandenkollektivs war ein möglicher Unterschied zwischen Einäugigen und Zweiäugigen zu untersuchen. Mit einem p-Wert von 0,114 (Wilcoxon –Test) zeigt sich kein signifikanter Unterschied. Es bestehen somit keine Einwände bei einer gemeinsamen Analyse, obwohl die Anzahl der Einäugigen mit 33 gegenüber 22 Zweiäugigen innerhalb des Probandenkollektivs überwiegt.

Somit ist davon auszugehen, daß die verschiedenen ophthalmologischen Erkrankungen des einen Auges entsprechend der Einschlußkriterien der einäugigen Probanden keinen Einfluß auf das zweite gesunde Auge hatten.

4.2. Ortsabhängigkeit der Meßergebnisse:

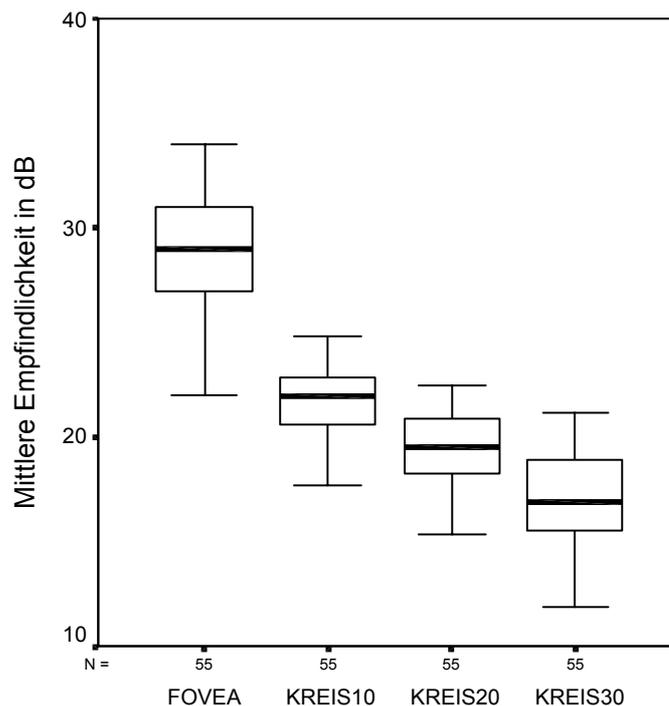


Abb. 15: Boxplots von Fovea und den Ringbereichen von 10° – 30° der Mittleren Empfindlichkeit (MS)

In der Regel ist mit einem Abfall der Mittleren Empfindlichkeit von zentral nach peripher zu rechnen [42, 17, 6, 18, 19, 23, 27, 28, 33]. Diese Charakteristik findet sich auch in dieser Studie wieder. Bei genauerer Betrachtung fällt ein steilerer Abfall der Mittleren Empfindlichkeit beim Übergang der Fovea in die umgebende Peripherie des Gebiets von Kreis 10 auf. Die Differenz der Mittleren Empfindlichkeit zwischen diesen beiden Bereichen liegt im Mittel bei 7,1 dB. Ein viel flacherer Abfall ist bei Vergleich der darauffolgenden Kreise zu finden. Diese Eigenschaften, welche typisch für Lichtsinnperimeter sind, beschreiben auch [30, 32]. Die Unterschiede zwischen den einzelnen Untersuchungsbereichen waren hochsignifikant.

Beim Vergleich der Quadranten ist folgendes Ergebnis festzustellen:

Betrachtet man die Mittlere Empfindlichkeit der Quadranten über die gesamten Altersklassen, so finden sich bei Vergleich der Quadranten 1 (nasal oben) mit 3 (temporal unten), 2 (temporal oben) mit 3 (temporal unten) und 3 (temporal unten) mit 4 (nasal unten) signifikante

Unterschiede mit einem p-Wert von 0,001. Bei Vergleich der übrigen Quadranten findet sich unter Berücksichtigung einer Bonferoni-Korrektur kein signifikanter Unterschied.

Die Werte der Streubreite liegen in einem Bereich von 2,6 dB (Quadrant 3) bis 3,6 dB (Quadrant 4).

Die durchschnittlich höchste Empfindlichkeit wurde im Quadranten 3 gemessen (temporal unten), gefolgt von Quadrant 4 (nasal unten).

Beim Vergleich zwischen oberem und unterem bzw. nasalem und temporalem Halbfeld ergeben sich keine statistisch signifikanten Unterschiede.

4.3. Variabilität der Meßwerte:

Auch bei der Untersuchung gesunder Probanden zur Erstellung von Normalwerten ist mit gewissen Schwankungen zu rechnen [24; 41]. Schwankungen können generell zwischen verschiedenen Probanden auftreten, oder auch zwischen zeitlich verschiedenen Messungen ein und desselben Personen. Eine Reihe von Arbeiten [12; 18; 27; 35; 37; 31] berichten von einem Anstieg der Variabilität bei Zunahme der Exzentrizität. Dies ist in dieser Studie tendenziell ähnlich; so zeigen sich bei Vergleich der Varianz der Kreise 10 und 20 kaum meßbare Unterschiede; erst in Kreis 30 kommt es zu einer Zunahme. Im Bereich der Fovea ist die Varianz am größten.

Ähnliche Verhältnisse finden sich bei Berechnung des Perzentilenabstands: Er ist im parazentralen Bereich am kleinsten und steigt mit zunehmender Exzentrizität weiter an; im Bereich der Fovea ist er am größten. Dies hängt damit zusammen, daß in der Fovea zu Beginn selbst nur ein Prüfpunkt getestet wird, in den Vergleichsgebieten jedoch mehrere Prüfpunkte verrechnet werden müssen.

[17] berichten von einer Zunahme der Variabilität bei steigendem Alter, was ebenfalls tendenziell bestätigt werden kann. Zwischen den Altersgruppen der 30–50Jährigen finden sich jedoch nur marginale Unterschiede.

Auch bei Prüfung der Variabilität zwischen dem Lernprogramm (Gebiet 4) und dem reduzierten Hauptprogramm (Gebiet 8) zeichnen sich deutliche Unterschiede ab. In jeder Altersgruppe finden sich höhere Variabilitäten in den Werten des Lernprogramms im Vergleich zu denen des reduzierten Hauptprogramms. Bei einer Testung auf einen signifikanten Unterschied mittels des Wilcoxon-Tests ergibt sich ein p-Wert von 0,043. Dies deutet auf einen Lerneffekt, wie weiter unten ausgeführt (siehe Kapitel 4.6.) hin.

4.4. Altersabhängigkeit:

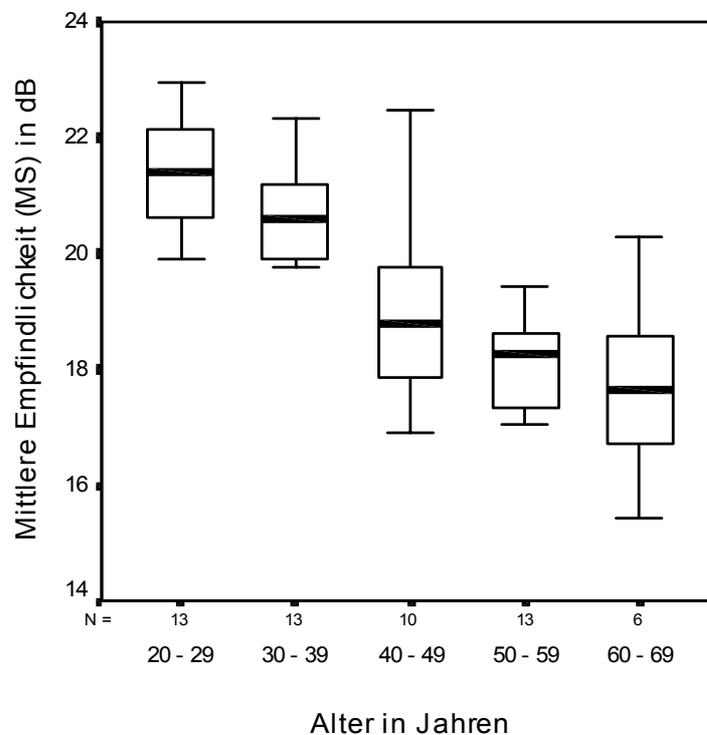


Abb. 16: Mittlere Empfindlichkeit (MS) bezogen auf Altersgruppen

Wie in anderen Normalwertstudien und in der Literatur vorbeschrieben, so findet sich auch in dieser Studie eine generelle Abnahme der Mittleren Empfindlichkeit mit Zunahme des Alters [6; 17; 2; 9; 41].

Im Vergleich der Altersgruppen untereinander zeigt sich keine konstante Abnahme der Mittleren Empfindlichkeit mit Zunahme des Alters. Die höchste Empfindlichkeit zeigen erwartungsgemäß die Ergebnisse der Altersgruppe der 20- bis 30-Jährigen auf. Der

Unterschied der Mittleren Empfindlichkeit zwischen den beiden Gruppen liegt bei knapp 1 dB. Die Altersgruppen der 40- bis 60-Jährigen liegen auf einem niedrigeren Niveau. Zwischen den 30- und 40-Jährigen liegt bereits ein Empfindlichkeitsverlust von 1,7 dB, zwischen 40- und 50-Jährigen ein Unterschied von 0,8 dB und zwischen 50- und 60-Jährigen 0,6 dB. Es ist festzustellen, daß in dieser Studie unter Annahme des bilinearen Modells der stärkste Abfall der Mittleren Sensitivität ab einem Alter von 54 Jahren auftritt; es zeigt sich ein sog. „Altersknick“, wie von einigen Autoren, die einen nichtlinearen Verlauf der Empfindlichkeitsabnahme dargestellt haben, beschrieben. Dieser wird unterschiedlich festgesetzt: so berichtet [22] von einem größten Empfindlichkeitsverlust zwischen 35 und 44 Jahren, mit einem Altersknick bei 37,4 Jahren, [32] von einem Altersknick zwischen 50 und 60 Jahren, sowie [25] von einer Abnahme der Mittleren Empfindlichkeit erst ab 55 Jahren. Da aber unter Anwendung des Programms von Ouzley kein signifikanter Unterschied zum einfach-linearen Modell auszumachen ist, kann die Betrachtungsweise eines bilinearen Modells vernachlässigt werden.

In der Literatur wird aber auch eine lineare Abnahme der Mittleren Sensitivität beschrieben. Innerhalb eines Alterszeitraums von 20–60 Jahren nimmt diese bei [1; 6] um 0,6 dB pro Dekade ab oder um 0,7 dB bis 0,9 dB bei [23]. Andere Autoren [39] beschreiben lineare, bilineare als auch nichtlineare Zusammenhänge zwischen Alter und Mittlerer Sensitivität, wobei die nichtlineare Methode den Zusammenhang zwischen beiden Komponenten am besten charakterisiert. Nach Meinung derer würde eine durchgehend lineare Beschreibung normale Altersveränderungen bei jüngeren Probanden überbewerten und somit frühzeitige pathologische Veränderungen vernachlässigen. Dagegen würde man in den höheren Altersklassen dortige normale altersbedingte Veränderungen unterschätzen; ein pathologischer Sensitivitätsverlust in dieser Gruppe wäre in Wirklichkeit geringer. Letztendlich wird in dieser Studie das Modell der Altersgruppenmediane in Dekaden angewendet; dies vermeidet die Probleme bei der Auswahl einer geeigneten Anpassungsfunktion. Dafür nimmt man eine vergrößerte Einteilung in Dekaden in Kauf, die beim Alterswechsel von z.B. 39 auf 40 Jahre eventuell Sprünge in den Normalwerten zur Folge hat.

4.5. Mittlerer Defekt:

Der Mittlere Defekt ist definiert als der Wert, der aus der Differenz von tatsächlich gefundenen individuellen Werten und den alterskorrigierten Normalwerten berechnet wird [14] .

	20-Jährige	30-Jährige	40-Jährige	50-Jährige	60-Jährige
Mittelwert [dB]	-0,70	-0,66	-0,49	-0,34	0,30
Standardabweichung[dB]	1,94	1,39	1,28	1,27	1,61

Tab. 8: Mittelwerte des Mittleren Defekts über die verschiedenen Altersgruppen basierend auf den von der Firma Oculus eingegeben Normalwerten

	20-Jährige	30-Jährige	40-Jährige	50-Jährige	60-Jährige
Mittelwert [dB]	-0,12	-0,20	-0,02	-0,11	0,06
Standardabweichung [dB]	0,68	1,46	0,68	0,82	0,78

Tab. 9: Mittelwerte des Mittleren Defekts über die verschiedenen Altersgruppen basierend auf den in dieser Studie erstellten Normalwerten

Betrachtet man die oben angeführten Tabellen, so können Unterschiede bei der Berechnung des Mittleren Defekts aus selbsterstellten Normalwerten und den von OCULUS-TWINFIELD eingegebenen Normalwerten festgestellt werden.

Im Bereich der 20-60-Jährigen liegen die durchschnittlichen Mittleren Defektwerte basierend auf den selbsterstellten Normalwerten unter den von der Firma Oculus eingegebenen Werten. Allerdings zeigt ein Vergleich der Mittleren Defekte nur innerhalb der 20-40-Jährigen unter Anwendung des Wilcoxon-Tests signifikante Unterschiede ($p \leq 0,01$). Innerhalb der 50 und 60-Jährigen ergeben sich keine signifikanten Unterschiede ($p = 0,31$ bzw. $0,39$).

Die Standardabweichung nimmt bei den über die internen Normalwerte berechneten Mittleren Defektwerte kontinuierlich ab, bis sie wieder in der Altersgruppe der 60-Jährigen zunimmt. Sie ist im Vergleich zu den über die selbsterstellten Normalwerte errechneten Mittleren Defekt-Werten höher (mit Ausnahme der Altersgruppe der 30-Jährigen) und zeigt die Tendenz einer Geraden.

Bei der Gegenüberstellung der beiden Mittleren Defekt-Gruppen über alle Altersgruppen ergibt die Spearman-Rangkorrelation einen Korrelationskoeffizienten von $-0,02$ und einen p-Wert von $0,73$.

4.6. Einfluß des Lerneffekts:

In der täglichen Praxis werden sowohl erfahrene, als auch unerfahrene Patienten zu Gesichtsfelduntersuchungen einbestellt. Um dieser Tatsache gerecht zu werden, wurden auch in dieser Studie Probanden mit unterschiedlichen Erfahrungswerten herangezogen. Es wurde aber vor Ablauf des Hauptprogramms ein Probedurchgang durchgeführt (Gebiet 4), um diese in gewisser Weise auszugleichen und evtl. Lerneffekte zu erfassen.

In der Literatur existieren verschiedene Meinungen in Bezug auf den Lerneffekt. So beschreiben [28; 34; 15] keinen Lerneffekt, während [36] in Ihren Untersuchungen signifikante Lerneffekte vorfinden. Generell ist nach Durchführung eines Lernprogramms von erhöhten Werten der Mittleren Empfindlichkeit auszugehen [3; 19; 41; 42]. Je nach Lokalisation fällt die Zunahme der Mittleren Empfindlichkeit unterschiedlich aus. [42; 18] beschreiben einen größeren Lerneffekt in den oberen äußeren Bereichen; ebenso [3] mit Ausnahme des oberen temporalen Quadranten. [29] berichten von einer Abnahme des Mittleren Defekts, sowie von schärfer abgegrenzten Gesichtsfelddefekten (falls vorhanden) bei Patienten mit Glaukomverdacht.

In dieser Studie zeigen sich, ähnlich wie bei [42; 18], im temporal oberen Quadranten ($2,7$ dB), gefolgt vom nasal oberen Quadranten ($2,1$ dB) die größten Lerneffekte; mit Abstand folgen nasal und temporal unterer Quadrant ($1,5$ bzw. $1,1$ dB).

Bei Betrachtung des Lerneffekts bezogen auf die Exzentrizität ist eine Zunahme von zentral nach peripher festzustellen (Kreis 10: $0,8$ dB; Kreis 20: $2,0$ dB; Kreis 30: $2,6$ dB). Diesen Effekt der Zunahme der Mittleren Empfindlichkeit v.a. in der Peripherie (außerhalb des 30° -Kreises) bei Erstuntersuchungen, bei vorangegangener konzentrischer Einschränkung findet sich bei [42; 18], sowie bei [39] außerhalb des 20° -Kreises.

Natürlich ist zu berücksichtigen, daß bei den Angaben über Lerneffekte die unterschiedliche Zeitdauer zwischen erster und zweiter Untersuchung eine entscheidende Rolle bei der Auswertung spielt.

Im Fall dieser Studie vergingen ca. 15 min zwischen Lern- und Hauptprogramm, so daß der hochsignifikante Lerneffekt nicht verwundert, während bei anderen Autoren eine Zeitspanne

von Wochen oder sogar Monaten zwischen den Untersuchungen lagen, was nicht vorhandene Lerneffekte erklärt. Generell existieren sehr unterschiedliche Meinungen darüber, wie lange ein Lerneffekt anhält. [18] fanden 12 Monate, gelegentlich Jahre; [40] berichten von 5–15 Monaten nach einer Untersuchungsserie von 3 Untersuchungen an drei aufeinander folgenden Tagen; jedoch fand sich kein zusätzlicher Lerneffekt nach einer weiteren Untersuchungsserie 12 Tage später.

5. Zusammenfassung:

55 Probanden wurden in dieser Studie auf ihre Normalwerte am Oculus Twinfield-Perimeter untersucht. Das Probandenkollektiv wurde so ausgewählt, daß Gesichtsfeldbeeinträchtigungen durch Lidrandartefakte, Lerneffekte, fortgeschrittenes Alter etc., wie sie in der tagtäglichen Perimetriepraxis auftreten und deshalb auch keinen Ausschlußgrund darstellen, in vertretbaren Maßen in diese Studie miteingegangen sind.

Aufgrund der Tatsache, daß die gewonnenen Werte keiner Normalverteilung folgen, wurde bei der Erstellung von Normalwerten Mediane und Perzentile berechnet.

Bei der Auswertung der Ergebnisse gab es keine Unterschiede zwischen rechten und linken Augen, männlichen und weiblichen Probanden, sog. ein- und zweiäugigen Probanden.

Bei den Probanden mit vorangegangenem Lernprogramm konnte ein signifikanter Lerneffekt registriert werden.

Mit zunehmendem Alter der Probanden und zunehmender Exzentrizität des Gesichtsfeldes nimmt die Mittlere Empfindlichkeit erwartungsgemäß ab, die Variabilität der Mittleren Empfindlichkeit nimmt zu.

Die Mittlere Empfindlichkeit der selbsterstellten Normalwerte liegt unter der von OCULUS-TWINFIELD angegebenen Normalwerten.

6. Danksagung:

Ich möchte folgenden Personen meinen Dank aussprechen:

Herrn Prof. Dr. med. Ludwig, Frau Doris Oepke, Herrn Dr. med. Bernhard Roesen, Herrn Dr. biol. hum. Markus Schaumberger, Herrn Wolfgang Schütz.

7. Literatur:

1. *Adams C.W., Bullimore M.A., Wall M., Fingeret M., Johnson C.A.* : Normal aging effects for frequency doubling technology perimetry. *Optom Vis. Sci.* 1999;76:582-7
2. *Aulhorn E. Lüddecke H.*: Das periphere Gesichtsfeld. *Ber. Zusammenkunft Dtsch. Ophthalmol. Ges.* 74 (1977): 33-42
3. *Autzen T., Work K.*: The effect of learning and age on short term-fluctuation and mean sensitivity of automated static perimetry. *Acta Ophthalmol. Copenh.* 68 (1990) 327-330
4. *Bebie H., Frankhauser F., Spahr J.*: Static perimetry: Strategies. *Acta Ophthalmol. (Copenh)* 1976;54:325-38
5. *Brenton R.S., Phelps C.D.*: The normal visual field on the Humphrey field analyzer. *Ophthalmologica* 1986;193:56-74
6. *Brenton R.S., Phelps C.D., Rojas P., Woollsen R.F.*: Interocular differences of the visual field in normal subjects. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 1986;27:799-805
7. *Dorner-Schandl F., Durst W., Kolling G., Leo-Kottler B.*: Handbuch: Rasterperimetrie mit dem Tübinger Automatik Perimeter 1993, S.11-12
8. *Drance S. M., Berry V., Hughes A.*: Studies on the effects of age on the central and peripheral isopter of the visual fields in normal subjects. *Am. J. Ophthalmol.* 63 (1967): 1667-72
9. *Flammer J.*: Fluctuations in the visual field. In: *Drance S.M., Anderson D.* (Hrsg.), *Automatic perimetry in glaucoma: practical guide.* Grune und Stratton Inc. 1985
10. *Flammer J.; Drance S.M.; Frankhauser F.; Augustiny L.*: Differential light threshold in automated static perimetry. Factors influencing short-term fluctuation. *Arch. Ophthalmol.* 1984; 102: 876-9
11. *Funkhouser A., Frankhauser F.*: The effects of weighting the "mean defect" visual field index according to threshold variability in the central and midperipheral visual field. *Graefe's Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* 229 (1991)228-231
12. *Gloor B., Nauman G.O.H., Rochels R.*: Perimetrie mit besonderer Berücksichtigung der Automatischen Perimetrie; Enke Verlag Stuttgart 1993, S. 5-6
13. *Gloor B., Nauman G.O.H., R. Rochels R.*: Perimetrie mit besonderer Berücksichtigung der Automatischen Perimetrie; Enke Verlag Stuttgart 1993, S. 257-65
14. *Gloor B., Nauman G.O.H., Rochels R.*: Perimetrie mit besonderer Berücksichtigung der Automatischen Perimetrie; Enke Verlag Stuttgart 1993, S. 276
15. *Gloor B., Gloor E.*: Die Erfäßbarkeit glaukomatöser Gesichtsfeldausfälle mit dem automatischen Perimeter Octopus. *Klin. Mbl. Augenheilk.* 188 (1986) 33-38

16. Haas A., Flammer J., Schneider U.: Influence of age on the visual fields of normal subjects. *Am. J. Ophthalmol.* 101 (1986): 199 – 203
17. Heijl A., Lindgren A., Olsson J.: Normal variability of static perimetric threshold values across the central visual field. *Arch. Ophthalmol.* 1987;105;1544-9
18. Heijl A., Lindgren A., Olsson J.: The effect of perimetric experience in normal subjects. *Arch. Ophthalmol.* 107 (1989) 81-86
19. Heuer D.K., Anderson D.R., Feuer W.J., Gressel M.G.: The influence of decreased retinal illumination on automated perimetric threshold measurements. *Am. J. Ophthalmol.* 1989;108:643-50
20. Hiller J.: Automatisierte Perimetrie am Flimmerperimeter PC Flip, Tübinger Automatik TAPcc und Humphrey Field Analyzer: Normalwertstudie S.29
21. Iwase A., Kitazawa Y., Ohno Y.: On age-related norms of the visual field. *Jpn. Ophthalmol.* 32(1988):429-437
22. Jaffe G.J., Alvarado J.A., Juster R.P.: Age-related changes of the normal visual field. *Arch. Ophthalmol.* 1986;104:1021-5
23. Jakobs N.A., Petterson I.H.: Variability of the hill of vision and its significance in automated perimetry. *Br. J. Ophthalmol.* 69 824-26
24. Johnson M. A., Choy D.: On the definition of age-related norms for visual testing. *Applied Optics* 26 (1987): 1449 – 1454
25. Joson P.J., Kamantigue M.E., Chen P.P.: Learning effects among novices in frequency doubling technology perimetry; *Ophthalmology* 2002;109:757-60
26. Katz J., Sommer A.: Asymmetry and variation in the normal hill of vision. *Arch. Ophthalmol.* 104(1986):65-68
27. Katz J., Sommer A.: A longitudinal study of the age-adjusted variability of automated visual fields. *Arch. Ophthalmol.* 105(1987) 1083-1086
28. Konareva-Kostianeva M.; Atanassov M.: Learning effect in automated static perimetry with Dicon TKS 4000 computed perimeter. *Folia Med(Plovdiv)* 1998;40:34-7
29. Lachenmayr B.: Perimetry today and yesterday. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 1988; 193: 80-92
30. Lachenmayr B. J., Vivell P.M.O.: Perimetrie. Georg Thieme Verlag, Stuttgart – NewYork (1992)
31. Lachenmayr B.J., Angstwurm K., Bachmayer B., Kojetinsky S., Schaumberger M.: The normal visual field in light-sense, flicker and resolution perimetry. In: *Mills R.P.* (Hrsg.). *Perimetry Update (1992/93)*. Proceedings of the Xth International Perimetric Society Meeting Kyoto, Japan 1992. Kugler Publications, Amsterdam – New York (1993): 429-433

32. *Lewis R. A., C. A. Johnson, J. L., Keltner et al:* Variability of quantitative automated perimetry in normal observers. *Ophthalmology* 1986;93:878 – 881
33. *Marra G., Flammer J.:* The learning and fatigue effect in automated perimetry. *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* 229 (1991) 501-504
34. *Okuyama S., Matsumoto C., Uyama K., Otori T.:* Reappraisal of normal values of the visual field using Octopus 1–2-3. In R.P. Mills: Perimetry update 1992/93. Proceedings of the Xth International Perimetric Society Meeting Kyoto, Japan, October 20-23, 1992. Kugler Publications. Amsterdam - NewYork (1993) 359-63
35. *Olsson J., Asman P., Heijl A.:* A perimetric learner`s index. *Acta Ophthalmol Scand* 1997; 75:665 – 8
36. *Parrish R.K., Schiffman I., Anderson D.R.:* Static and kinetic visual field testing: Reproducibility in normal volunteers.
37. *Rutishauser C., Flammer J., Haas A.:* The distribution of normal values in automated perimetry. *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* 1989;227:513-7
38. *Spry P.G., Johnson C.A.:* Senescent changes of the normal visual field: an age-old problem. *Optom Vis Sci* 2001;78:436-41
39. *Werner E.B., Krupin T., Adelson A., Feitl M.E.:* Effect of patient experience on the results of automated perimetry in glaucoma suspect patients. *Ophthalmology* 1990;97:44-8
40. *Wild J.M., Dengler-Harles M., Searle A.E., O`Neill E.C., Crews S.J.:* The influence of the learning effect on automated perimetry in patients with suspected glaucoma. *Acta Ophthalmol. Copenh.* 67 (1989):537-545
41. *Wohlrab T.M., Erb C., Rohrbach J.M., Thiel H.J.:* Alterskorrigierte Normalwerte am Tübinger Automatikperimeter TAP 2000 CC. *Ophthalmologie* 1996;93:428-32
42. *Wood J.M., Wild J.M., Hussey M.K., Crews S.J.:* Serial examination of the normal visual field using Octopus automated projection perimetry: evidence for a learning effect. *Acta Ophthalmol.* 65 (1987) 326 – 333

Anhang:

Tab.I: Altersgruppe 1
(20-29 Jahre)
Median, 5.,10. und 25. Perzentile (in dB)

Prüfpunkt	Median	5. Perzentile	10. Perzentile	25. Perzentile
1	31	26	26	30
2	24	23	23	24
3	24	22	22	24
4	24	22	22	24
5	24	22	22	24
6	23	21	21	21
7	23	18	19	22
8	23	21	21	23
9	23	20	20	23
10	23	21	22	23
11	23	22	22	23
12	23	21	21	22
13	23	21	21	22
14	23	22	22	23
15	24	19	20	23
16	23	21	21	23
17	23	19	20	22
18	22	19	19	20
19	21	19	19	21
20	23	19	19	21
21	23	21	21	22
22	23	20	20	21
23	23	20	20	21
24	23	21	21	21
25	23	21	21	21
26	21	17	18	20
27	21	19	19	20
28	20	18	18	20
29	22	19	19	20
30	22	21	21	21
31	21	20	20	21
32	22	18	18	20
33	23	18	19	22
34	20	18	19	20
35	20	16	17	19
36	18	16	16	18
37	20	18	18	18
38	20	17	17	18
39	22	18	19	21
40	22	18	18	20
41	22	19	19	20

Fortsetzung Tab.I

42	22	18	19	21
43	20	18	18	18
44	20	16	17	19
45	20	16	18	20
46	20	16	17	20
47	19	2	6	14
48	15	11	12	13
49	18	11	11	14
50	21	15	16	19
51	23	19	19	21
52	22	19	20	21
53	21	15	17	19
54	21	10	14	19
55	18	15	15	17
56	18	13	14	17
57	19	15	15	19
58	19	17	17	19
59	19	7	10	16
60	19	11	13	17
61	19	15	15	16
62	17	2	6	15

Tab.II: Altersgruppe 2
(30-39 Jahre)

Median, 5.,10. und 25. Perzentile (in dB)

Prüfpunkt	Median	5. Perzentile	10. Perzentile	25. Perzentile
1	30	28	28	30
2	24	22	22	24
3	24	23	23	24
4	24	18	20	24
5	24	22	22	24
6	23	21	21	22
7	23	21	21	22
8	22	20	20	21
9	23	19	20	21
10	23	20	21	23
11	23	21	21	23
12	23	21	21	22
13	23	17	19	22
14	23	21	21	22
15	23	21	22	23
16	23	21	21	23
17	23	21	21	22
18	21	17	18	21

Fortsetzung Tab.II

19	21	19	19	20
20	21	19	19	21
21	21	19	20	21
22	21	20	20	21
23	22	19	19	21
24	23	21	21	22
25	21	21	21	21
26	21	18	18	20
27	21	17	18	20
28	20	16	16	18
29	22	16	17	20
30	23	16	16	22
31	21	20	20	21
32	22	10	14	20
33	22	19	19	20
34	20	16	18	20
35	18	16	16	17
36	18	14	16	18
37	20	18	18	18
38	18	16	16	18
39	21	18	18	20
40	20	16	16	17
41	20	18	18	19
42	20	18	18	19
43	20	16	16	17
44	20	16	16	18
45	20	18	18	20
46	19	12	12	12
47	16	13	13	14
48	15	5	6	9
49	18	13	13	15
50	19	16	17	19
51	20	17	18	19
52	23	19	19	19
53	21	15	15	19
54	19	15	15	18
55	19	14	15	17
56	15	11	11	13
57	18	13	14	17
58	19	13	13	13
59	16	11	12	15
60	19	11	12	17
61	19	15	15	16
62	17	9	10	15

Tab.III: Altersgruppe 3
 (40-49 Jahre)
 Median, 5.,10. und 25. Perzentile (in dB)

Prüfpunkt	Median	5. Perzentile	10. Perzentile	25. Perzentile
1	28	22	22	25
2	23	18	18	20
3	22	17	17	18
4	23	18	18	19
5	23	17	17	20
6	20	16	16	18
7	21	17	17	19
8	20	17	17	19
9	20	16	16	18
10	21	17	17	19
11	22	17	17	20
12	21	18	18	19
13	22	16	16	16
14	21	18	18	19
15	22	16	16	20
16	21	18	18	19
17	22	17	17	19
18	19	15	15	17
19	20	12	12	18
20	20	17	17	19
21	21	20	20	20
22	22	17	17	20
23	21	18	18	19
24	21	17	17	19
25	21	18	18	19
26	19	15	15	17
27	19	13	13	16
28	18	15	15	16
29	19	17	17	18
30	19	14	14	19
31	20	17	17	18
32	21	16	16	19
33	19	18	18	19
34	19	14	14	16
35	18	14	14	17
36	18	9	9	17
37	19	15	15	18
38	20	17	17	17
39	18	16	16	17
40	17	14	14	17
41	18	15	15	16
42	19	16	16	17
43	18	13	13	15

Fortsetzung Tab.III

44	17	15	15	16
45	19	15	15	18
46	18	14	14	15
47	13	10	10	10
48	13	10	10	10
49	15	11	11	12
50	18	17	17	18
51	22	17	17	18
52	20	14	14	16
53	18	12	12	16
54	19	10	10	17
55	17	14	14	14
56	17	11	11	14
57	18	14	14	15
58	15	10	10	14
59	16	13	13	14
60	16	14	14	15
61	17	6	6	14
62	13	11	11	11

Tab.IV: Altersgruppe 4
(50-59 Jahre)
Median, 5.,10. und 25. Perzentile (in dB)

Prüfpunkt	Median	5. Perzentile	10. Perzentile	25. Perzentile
1	27	25	25	27
2	23	18	19	22
3	21	17	19	21
4	21	18	19	21
5	23	19	19	21
6	20	16	18	20
7	20	16	18	20
8	22	18	18	20
9	20	17	18	20
10	20	18	20	20
11	22	18	20	22
12	20	18	18	20
13	20	16	17	20
14	22	19	20	21
15	22	18	18	22
16	21	18	18	20
17	20	18	18	20
18	18	16	17	18
19	18	15	16	18
20	20	15	16	20

Fortsetzung Tab.IV

21	20	15	18	20
22	20	16	16	20
23	20	17	18	20
24	20	18	19	20
25	20	18	18	20
26	18	15	15	18
27	17	14	15	17
28	19	13	15	17
29	17	16	17	19
30	20	16	16	19
31	20	17	18	19
32	19	15	15	19
33	19	16	18	19
34	19	15	15	19
35	17	12	13	16
36	17	11	13	17
37	17	15	17	17
38	18	16	17	17
39	19	17	17	18
40	19	14	15	17
41	17	15	17	17
42	19	15	17	18
43	16	11	14	16
44	15	11	14	16
45	19	14	15	18
46	17	12	12	17
47	10	7	10	11
48	10	7	9	10
49	14	10	10	13
50	14	11	14	17
51	18	13	16	18
52	18	14	16	18
53	18	11	14	16
54	16	13	14	16
55	16	10	12	15
56	14	9	11	14
57	17	14	14	16
58	14	10	12	14
59	17	11	12	14
60	14	11	12	14
61	16	9	10	14
62	15	9	10	13

Tab.V: Altersgruppe 5
 (60-69 Jahre)
 Median, 5.,10. und 25. Perzentile (in dB)

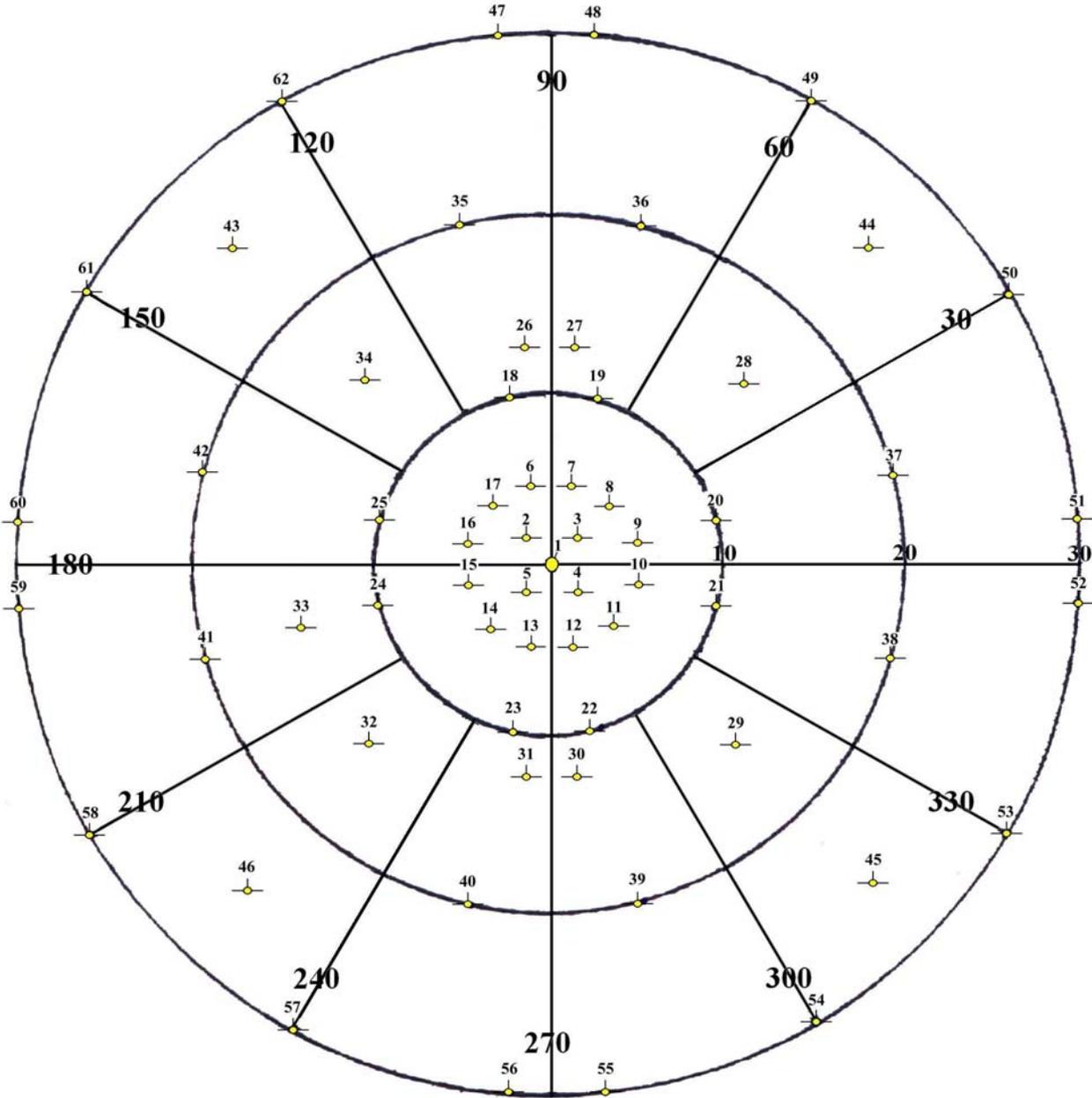
Prüfpunkt	Median	5. Perzentile	10. Perzentile	25. Perzentile
1	27	25	25	25
2	20	17	17	17
3	21	17	17	19
4	21	17	17	19
5	21	19	19	19
6	18	16	16	16
7	17	16	16	16
8	18	18	18	18
9	19	18	18	18
10	20	18	18	20
11	22	20	20	22
12	18	18	18	18
13	20	16	16	18
14	21	20	20	20
15	20	18	18	18
16	20	18	18	18
17	20	18	18	18
18	19	16	16	18
19	16	14	14	16
20	16	14	14	14
21	17	12	12	15
22	19	14	14	16
23	19	16	16	18
24	21	18	18	20
25	20	18	18	20
26	15	14	14	14
27	15	13	13	14
28	17	13	13	13
29	19	15	15	18
30	20	15	15	16
31	19	18	18	18
32	19	15	15	15
33	19	19	19	19
34	20	15	15	17
35	15	9	9	12
36	15	11	11	11
37	17	13	13	15
38	18	17	17	17
39	18	13	13	16
40	19	13	13	15
41	18	13	13	15
42	19	15	15	17
43	16	11	11	13

Fortsetzung Tab.V

44	15	11	11	11
45	18	11	11	14
46	16	13	13	13
47	13	10	10	10
48	14	8	8	13
49	13	10	10	10
50	17	12	12	15
51	18	14	14	16
52	20	14	14	16
53	17	14	14	14
54	18	14	14	16
55	11	10	10	10
56	16	8	8	13
57	15	10	10	13
58	13	6	6	11
59	13	12	12	12
60	13	12	12	12
61	14	10	10	12
62	13	10	10	12

Anhang:

Nummerierung der Prüfpunkte im Twinfield Gesichtsfeld für das rechte Auge



Lebenslauf

Persönliche Angaben

Name Bernhard Buchberger
Geburtsdatum 14.10.1974
Geburtsort Landshut
Familienstand ledig
Anschrift Vitztumstr.11
85368 Moosburg
Telefon 08761/8479

Schule

1980 - 1984 Grundschule Moosburg
1984 - 1991 Karl-Ritter von Frisch Gymnasium Moosburg
1991 - 1993 Camerloher Gymnasium Freising (Abiturnote 1,8)

Studium

1994 - 1996 Studium der Humanmedizin an der Universität Leipzig
1996 Ärztliche Vorprüfung (Note 3,0)
1996 - 2000 Studium an der Ludwig-Maximilians-Universität München
August 1997 Erster Teil der Ärztlichen Prüfung (Note 4,0)
August 1999 Zweiter Teil der Ärztlichen Prüfung (Note 3,0)
seit April 2000 Praktisches Jahr am Klinikum Landshut für Innere Med./Chirurgie
2. Tertial Augenheilkunde Augenklinik München Mathildenstraße

Famulaturen

1997 Chirurgie Klinikum Landshut (4 Wochen)
1997/98 Chirurgie Praxis Dr. Holzer (8 Wochen)
1997 Augenheilkunde Augenklinik München Mathildenstr. (4 Wochen)

AiP

Jul. 2001 – Jul. 2002 Augenklinik Augsburg
Aug. 2002 - Jan. 2003 Praxis Prof.Dr.Dr. Lachenmayr München

Assistenzarzt

Feb.2003 - Jul. 2004 Praxis Prof.Dr.Dr. Lachenmayr München

Promotion

Erstellung einer Normalwertstudie am Twinfield – Perimeter der Firma OCULUS;

Sprachkenntnisse

Englisch : gut in Wort und Schrift
Französisch : Grundkenntnisse

Hobbies

Schach, Angeln, Tischtennis, Motorradfahren