

Aus der Klinik für Ophthalmologie
(Direktor: Prof. Dr. med. J. Roider)
im Universitätsklinikum Schleswig-Holstein, Campus Kiel
an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

FUNKTIONELLE UND ANATOMISCHE LANGZEITERGEBNISSE
NACH MAKULACHIRURGIE BEI
IDIOPATHISCHER EPIRETINALER MEMBRAN

Inauguraldissertation
zur
Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

vorgelegt von
NINA WACKER
aus Brühl

Kiel 2011

1. Berichterstatter: PD Dr. med. J. Hillenkamp

2. Berichterstatter: Prof. Dr. med. Ambrosch

Tag der mündlichen Prüfung: 31.08.2011

Zum Druck genehmigt, Kiel, den

gez.

(Vorsitzender der Prüfungskommission)

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Einleitung..... | 3 |
| 1.1 | Anatomie der Netzhaut..... | 5 |
| 1.2 | Anatomie der Makula..... | 7 |
| 1.3 | Idiopathische epiretinale Membran (IEM)..... | 9 |
| 1.3.1 | Terminologie | 9 |
| 1.3.2 | Pathogenese | 9 |
| 1.3.3 | Epidemiologie..... | 9 |
| 1.3.4 | Symptome und Befunde..... | 10 |
| 1.3.5 | Therapie..... | 11 |
| 2 | Material und Methoden | 12 |
| 2.1 | Patienten und Probanden | 12 |
| 2.2 | Patienteninformation und Einverständniserklärung | 14 |
| 2.3 | Operation | 16 |
| 2.4 | Untersuchungsverfahren | 16 |
| 2.5 | Bestimmung der bestkorrigierten Sehschärfe mittels Phoropter | 16 |
| 2.6 | Amsler-Test | 20 |
| 2.7 | Automatische statische Gesichtsfelduntersuchung..... | 21 |
| 2.8 | Optische Kohärenztomographie (OCT) | 22 |
| 2.8.1 | Time-domain OCT (tdOCT) = Stratus OCT | 22 |
| 2.8.2 | Frequency-domain oder Fourier-domain OCT (fdOCT)..... | 24 |
| 2.9 | Vorgehen bei der Aufteilung der Netzhautschichten | 26 |
| 2.10 | Aufteilung der Netzhautschichten | 27 |
| 2.11 | Statistik..... | 29 |
| 3 | Ergebnisse..... | 30 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 3.1 | Bestkorrigiertes Sehvermögen (BCVA)..... | 30 |
| 3.2 | BCVA und die Struktur der Fovea..... | 30 |
| 3.3 | Gesichtsfelduntersuchung | 30 |
| 3.4 | Amsler-Test | 30 |
| 3.5 | Struktur der Fovea..... | 31 |
| 3.6 | Netzhautschichten in der postoperativen Langzeituntersuchung..... | 33 |
| 3.7 | Postoperativer Verlauf der Makuladicke | 38 |
| 4 | Diskussion..... | 39 |
| 5 | Zusammenfassung..... | 43 |
| 6 | Literatur..... | 45 |
| 7 | Anhang | 48 |
| | 7.1 Messergebnisse im Original | 48 |
| 8 | Danksagung | 61 |
| 9 | Lebenslauf..... | 62 |
| 10 | Publikation..... | 63 |

1 Einleitung

Idiopathische epiretinale Membranen (IEM) sind eine Form abnormer Wundheilung im Auge. Sie bestehen aus verschiedenen Zellen und Kollagenfasern und entstehen ohne erkennbare Ursache auf der Oberfläche der zentralen Netzhaut (Makula lutea)¹⁵.

Durch Kontraktion der Membran wird die makuläre Netzhaut in typischen Netzhautfalten zusammengerafft und verdickt. Funktionell führen IEM zu einer Herabsetzung der Sehschärfe und aufgrund der Faltenbildung zu Verzerrtsehen.

Zum Verständnis der morphologischen Veränderungen der Netzhaut bei IEM haben Untersuchungen mit der optischen Kohärenztomographie (OCT) beigetragen. Mit time-domain OCT (tdOCT) wurde bei IEM eine Zunahme der Netzhautdicke im Bereich der Makula gefunden, die nach chirurgischer Entfernung der Membran („Membranpeeling“) signifikant abnahm^(1,10,11,17,19). Kurzfristig postoperativ war die Makula der operierten Augen dünner als präoperativ, jedoch dicker als am gesunden nicht-operierten Partnerauge⁽¹⁹⁾ oder als an gesunden Kontrollaugen⁽¹⁾. Massin et al.⁽¹⁷⁾ fanden, dass die Makula nur bei 3 von 62 operierten Augen postoperativ wieder auf die normale Dicke zurückging. Außerdem beschrieben sie, dass sich nur bei 20 von 62 Augen drei Monate postoperativ die physiologische, trichterförmige Vertiefung in der Mitte der Makula, die foveale Grube, wieder ausbildete. Bildet sich die foveale Grube nicht aus, schließt das postoperativ ein zufriedenstellendes Sehvermögen nicht aus⁽¹⁷⁾. Es zeigte sich aber auch, dass die Ausbildung einer normalen fovealen Grube mit einem guten Sehvermögen drei Monate nach der Operation assoziiert war⁽⁴⁾.

Die funktionelle Besserung und die morphologische Entspannung der makulären Netzhaut erstrecken sich nach chirurgischer Entfernung der IEM meist über einen längeren Zeitraum von mehreren Monaten. Es gibt bisher aber nur mehrere Berichte mit eher kurzer Nachbeobachtungszeit und mit unterschiedlichen Ergebnissen^(1,7,21,23). Zum Beispiel fanden Pesin et al.⁽²¹⁾, dass sich das Sehvermögen innerhalb eines Jahres nach Membranpeeling ständig verbessert. In anderen Studien wurde eine Verbesserung des Sehvermögens während der gesamten Zeit von 24 Monaten⁽⁶⁾ beschrieben, wobei allerdings unklar ist, ob nach 24 Monaten der Endpunkt der postoperativen Sehverbesserung erreicht wurde. In einer retrospektiven Studie an 16 Augen kam es bis zum 109. Tag nach Membranpeeling zu einer Abnahme der Netzhautverdickung⁽¹⁾.

Es gibt keine Langzeitergebnisse oder umfassenden Untersuchungen über funktionelle und anatomische Änderungen oder OCT-Studien bei Patienten, bei denen die Operation schon

länger als ein Jahr zurück liegt. Es ist also nicht bekannt, in wieweit sich die Veränderungen durch die IEM an der Netzhaut Jahre nach einem operativen Peeling zurückbilden, und in welchem Ausmaß eine Annäherung an die normale anatomische Struktur und Funktion der Makula stattfindet.

In neuerer Zeit haben sich insbesondere die Möglichkeiten der Bildgebung zur in-vivo Beurteilung der Netzhaut mit frequency-domain OCT (fdOCT) erheblich verbessert, so dass nun eine in-vivo Bildauflösung bis in den Bereich der Auflösung der Lichtmikroskopie möglich ist. Hood et al.⁽¹¹⁾ haben vor kurzem mit einer ähnliche Methode wie in der vorliegenden Studie die Dicke von einzelnen Netzhautschichten bei Patienten mit Retinitis Pigmentosa untersucht und gefunden, dass die retinale Nervenfaserschicht bei diesen Patienten dicker ist als bei gesunden Personen.

Ziel der vorliegenden Studie war es, eine detaillierte Untersuchung des Verlaufs der visuellen Funktion und der Morphologie der Makula durchzuführen. Dies sollte nach einem Zeitraum von mindestens 24 Monaten nach chirurgischem Membranpeeling stattfinden, um den Langzeiteffekt der chirurgischen Entfernung von IEM besser zu verstehen. Mit Hilfe der erhobenen Daten sollte eine Korrelationsanalyse von funktionellen Endergebnissen und der Morphologie einzelner Netzhautschichten durchgeführt werden. Dafür wurden in dieser Studie bei den operierten Patienten und in einer alterskorrelierten Kontrollgruppe die bestkorrigierte Sehschärfe (BCVA) bestimmt, die Struktur der Fovea analysiert und mit der BCVA verglichen. Außerdem wurden postoperativ die einzelnen Dicken der Netzhautschichten, sowie die Gesamtdicke der Netzhaut mittels fdOCT und prä- sowie postoperativ die Dicke der Makula mit Hilfe von tdOCT und fdOCT gemessen.

1.1 Anatomie der Netzhaut

Die Netzhaut kleidet den hinteren Abschnitt des Augapfels aus und besitzt zwei Arten von Sinneszellen. Erstens ca. 120 Millionen Stäbchen, die das Dämmerungs- und Nachtsehen ermöglichen. Zweitens ca. 6 Millionen Zapfen, die hauptsächlich in einem eng umschriebenen Bereich der zentralen Netzhaut lokalisiert sind und für das Helligkeits- und Farbsehen zuständig sind. Die Netzhaut wird von außen nach innen, zum Glaskörper hin, in zehn Schichten unterteilt (Abb. 1.1):

1. die Pigmentepithelschicht (RPE), die den Stoffaustausch zwischen den darunterliegenden Kapillaren und den Photorezeptorzellen vermitteln und am Umsatz der Rezeptorzellen beteiligt ist,
2. die Schicht der Zapfen und Stäbchen,
3. die äußere Grenzsicht (ELM), die Zellkontakte als Linie darstellt,
4. die äußere Körnerschicht (ONL), die durch die Zellkerne der Rezeptoren gebildet wird und etwa 40 μm dick ist,
5. die äußere plexiforme Schicht (OPL) mit einer Dicke von etwa 20 μm , in der die Synapsen der 1. und 2. Neurone liegen,
6. die innere Körnerschicht (INL) mit einer Dicke von 30 μm , die unter anderem die Zellkerne der 2. Neurone enthält,
7. die innere plexiforme Schicht (IPL), hier liegen die Synapsen der 2. und 3. Neurone und sie ist etwa 50–70 μm dick,
8. die Ganglienzellschicht (RGC) mit einer Dicke von ca. 20-30 μm , in der die Zellkerne der 3. Neurone, den Ganglienzellen, liegen,
9. die Nervenfaserschicht (RNFL) mit einer Dicke von ca. 20-30 μm , die aus den langen, faserartigen Fortsätzen der Ganglienzellen besteht, die zur Papille und zum N. opticus führen, und
10. die innere Grenzsicht, die die Netzhaut zum dahinterliegenden Glaskörper begrenzt und ca. 2-3 μm dick ist.

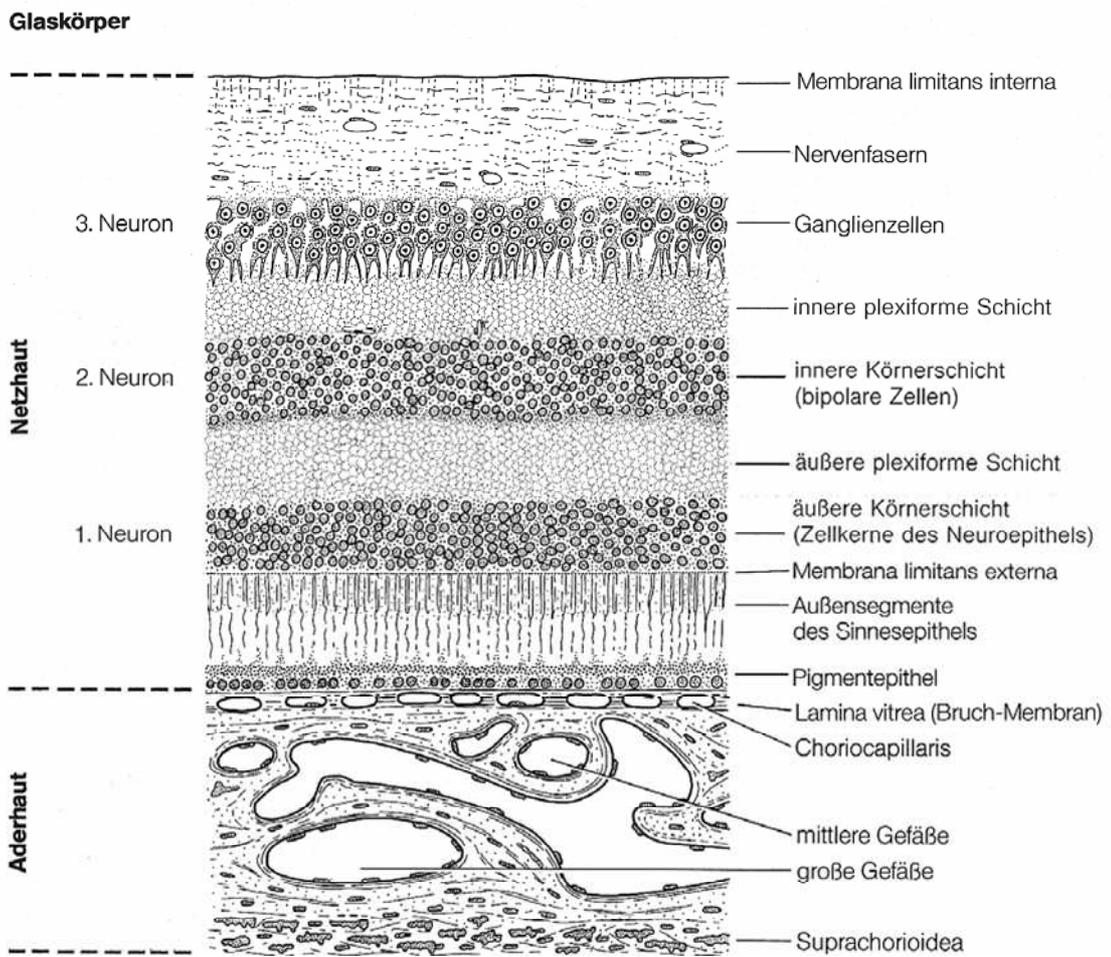


Abbildung 1.1: Schematischer Schnitt durch die Netzhaut ⁽⁵⁾, S.162, umgezeichnet nach Abb. 14.2)

1.2 Anatomie der Makula

Der Bereich genau im Zentrum der Netzhaut mit einem Durchmesser von ca. 6 mm wird als Makula lutea bezeichnet. Sie liegt temporal des Sehnervs und wird auch „Gelber Fleck“ genannt. Die Makula wird von außen nach innen in Perifovea (1,5mm Breite), Parafovea (0,5mm Breite), Fovea centralis/foveale Grube (eine trichterförmige Vertiefung in der Mitte der Makula mit einer Breite von ca. 1,5 mm) und in die Foveola (ein Bereich von 0,2 mm Durchmesser in der Vertiefung)⁽¹⁷⁾ unterteilt (Abb. 1.2). Die Foveola besteht nur aus Zapfenzellen, während die nachgeschalteten Neuronen zur Seite hin verlagert sind (Abb. 1.3, 1.4). Jeder Zapfen ist in der Fovea 1:1 mit einer Ganglienzelle verschaltet, wodurch an dieser Stelle die höchstmögliche Sehschärfe erreicht wird.

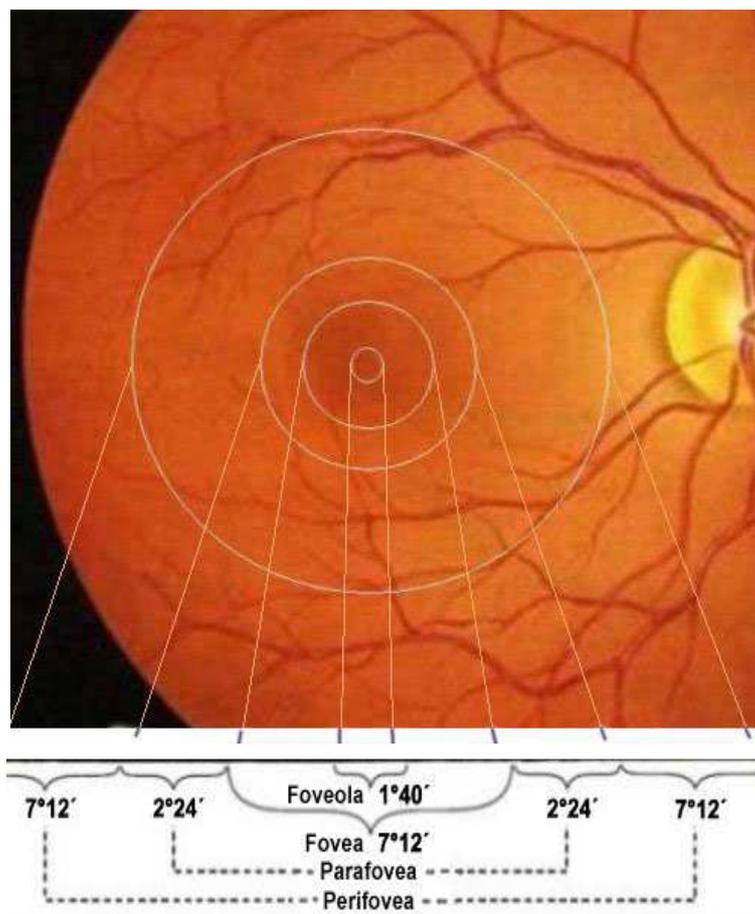


Abbildung 1.2: Einteilung der Makula am Augenhintergrund (umgezeichnet nach http://www.forbestvision.com/wp-content/uploads/2010/02/central_retina_degrees.jpg (am 23.12.2010 heruntergeladen))

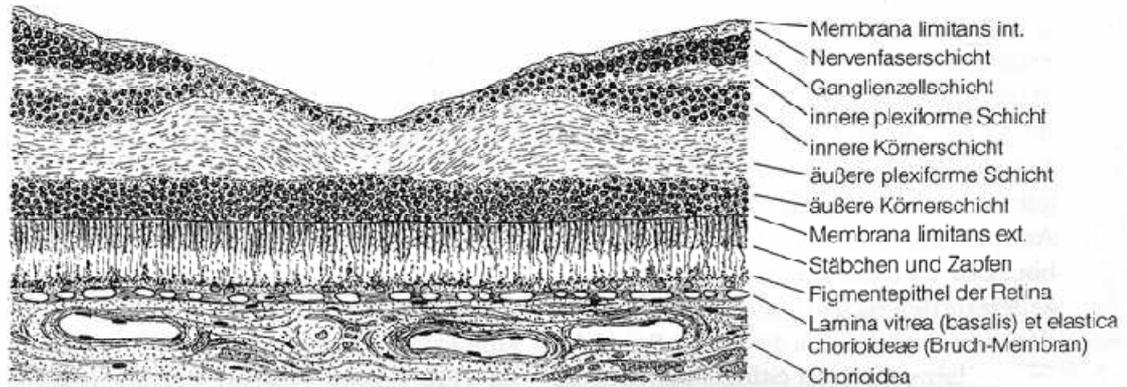


Abbildung 1.3: Schematischer Schnitt durch die Makula ⁽⁵⁾, S.162, umgezeichnet nach Abb. 14.3)

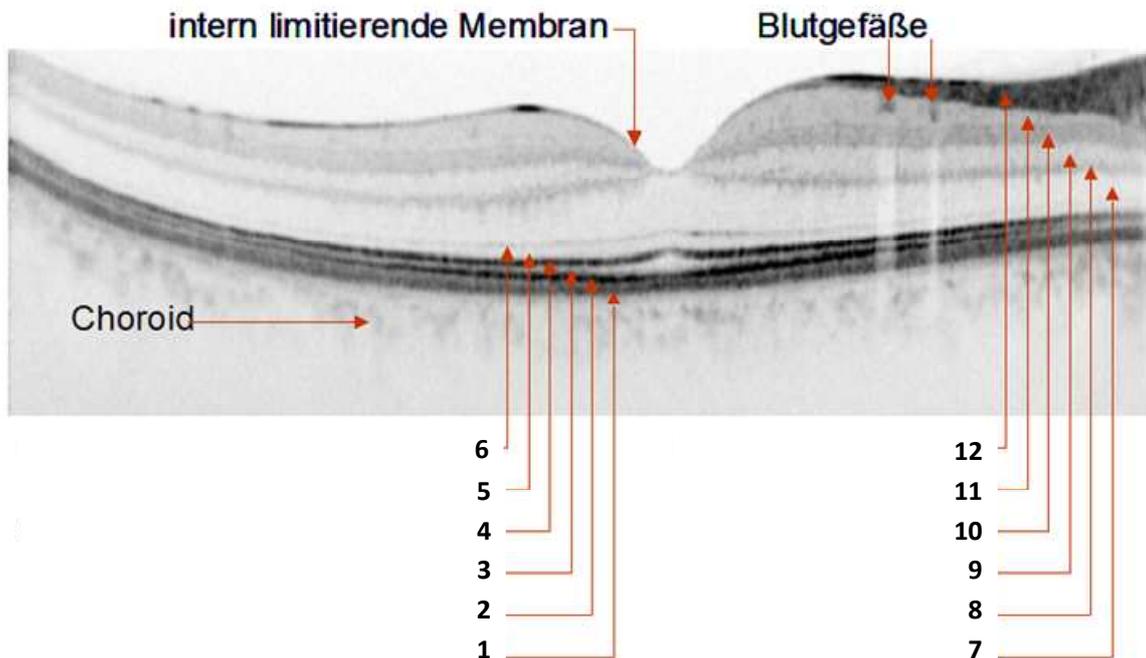


Abbildung 1.4: In-vivo Histologie der Netzhaut im Bereich der Makula mit der frequency-domain OCT (fdOCT), umgezeichnet nach Heidelberg Engineering. 1: Pigmentepithelschicht (RPE), 2-5: Schicht der Zapfen und Stäbchen, 6: äußere Grenzschicht (ELM), 7: äußere Körnerschicht (ONL), 8: äußere plexiforme Schicht (OPL), 9: innere Körnerschicht (INL), 10: innere plexiforme Schicht (IPL), 11: Ganglienzellschicht (RGC), 12: Nervenfaserschicht (RNFL)

1.3 Idiopathische epiretinale Membran (IEM)

Vor fast 150 Jahren wurde die epiretinale Membran das erste Mal beschrieben. 1865 beschrieb Iwanoff mit wenigen Worten die „zwischen dem Glaskörper und der Retina (...) befindlichen Theile“(13), während Parson im Jahr 1905 bereits detaillierter über die fibrozellulären Proliferationen berichtete, die sich in verschiedenen klinischen Situationen an der vitreoretinalen Grenzfläche bilden können⁽²⁰⁾.

1.3.1 Terminologie

Es gibt bisher keine einheitliche Bezeichnung für membranöses Gewebe an der Fläche zwischen innerer Grenzmembran und Glaskörperrinde. Unter der Vielzahl synonym verwendeter Begriffe hat sich heute am ehesten die Bezeichnung „epiretinale Membran“ durchgesetzt⁽²⁰⁾. Auch „epiretinale Gliose“^(24,26), „preretinal macular fibrosis“⁽²⁹⁾, „macular pucker“⁽²⁸⁾ und „vitreoretinale Membranen“⁽⁹⁾ finden häufig Verwendung.

1.3.2 Pathogenese

Idiopathische epiretinale Membranen (IEM) entstehen ohne erkennbare Ursache. Es handelt sich um epimakuläres membranöses Gewebe, zusammengesetzt aus verschiedenen Kollagenen, Fibroblasten, sowie Zellen der retinalen Glia und des retinalen Pigmentepithels. Sie sammeln sich auf der inneren Grenzmembran zwischen Netzhaut und Glaskörper an, sind kontraktionsfähig und bilden dort eine verdichtete Schicht, die zur allmählichen Schrumpfung neigt⁽¹⁵⁾.

1.3.3 Epidemiologie

In der Beaver Dam Eye Studie von 1988 bis 1990 wurden insgesamt 4926 Teilnehmer im Alter von 43 bis 84 Jahren untersucht. Es konnte bei 11,8% an beiden und bei 2,4% an nur einem Auge das Auftreten einer epiretinalen Membran unterschiedlicher Ausprägung nachgewiesen werden. Die Prävalenz der Erkrankung liegt bei Patienten unter 60 Jahre bei 2% und bei Patienten über 70 Jahre⁽¹⁾ bei 12%.

1.3.4 Symptome und Befunde

Über der Makula sieht man bei der Funduskopie einen hellen, glitzernden Reflex (Abb. 1.5). In den meisten Fällen bleibt eine epiretinale Membran unbemerkt, denn solange der Bereich der Makula nicht betroffen ist, entwickelt sich keine klinische Symptomatik. Auch bei dünnen, einfachen, epimakulären Membranen können die Symptome ausbleiben. Erst bei Fortschreiten der Krankheit und Ausbildung dickerer, komplexer, epiretinaler Membranen, die zu mehr Kontraktion neigen⁽⁶⁾, werden die Patienten durch Abnahme der Sehschärfe, Verschwommensehen und/oder Verzerrtsehen auffällig. Die Symptomatik variiert von Patient zu Patient, je nachdem wo und wie stark die funktionelle Beeinträchtigung ist. Bei ungünstigem Verlauf schreitet die Kontraktion der Membran sehr selten so weit fort, dass retinale Traktionen mit Netzhautablösung entstehen, die zu Gesichtsfelddefekten und im schlimmsten Fall zur Erblindung führen können.

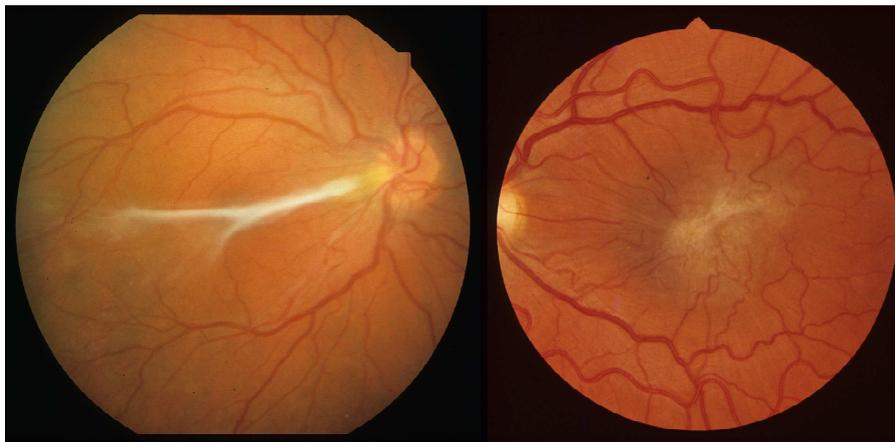


Abbildung 1.5: Fundusfotos von Patienten mit idiopathischer epiretinaler Membran; in der Mitte der Fotos, also im Bereich der Makula, ist im rechten Bild eine feine Membran mit einem cellophan-artigen, leicht glitzernden Reflex und im linken Bild eine dickere, weißliche Membran zu erkennen

1.3.5 Therapie

Das standardisierte Operationsverfahren besteht aus einer 20 Gauge- (= 0,9 mm), 23 Gauge- (0,6mm) oder 25 Gauge-(= 0,5mm) 3-port-Parsplana Vitrektomie mit Induktion einer hinteren Glaskörperabtrennung. Während der Operation wird Kochsalzlösung, (Balanced-Salt-Solution (BSS)), als intravitreale Spüllösung verwendet. Die IEM wird mit einer intraokulären Pinzette erfasst und dann kreisförmig über der gesamten Makula entfernt („Membranpeeling“). Diese Operation löst den tangentialen Zug an der Netzhaut und vermindert somit das Verzerren und führt bei den meisten Patienten zu einer Verbesserung der Sehschärfe^(1,4,7,10,11,17,19,21,23).

2 Material und Methoden

2.1 Patienten und Probanden

In der vorliegenden Kohortenstudie wurden 32 Patienten, die aufgrund einer IEM mit der oben genannten standardisierten Operation behandelt wurden, zur Nachuntersuchung in die Augenklinik der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel einbestellt. Bei der Untersuchung und der Datenerhebung wurden die Grundzüge der Deklaration von Helsinki befolgt. Alle Teilnehmer haben nach einer ausführlichen Aufklärung über die geplanten Untersuchungen und den Zweck der Datenerhebung eine Einverständniserklärung unterschrieben. Vor Beginn der Untersuchung wurde ein Antrag auf Beratung und Stellungnahme im Sinne von § 4 an die Ethikkommission Kiel eingereicht. Die Ethikkommission stimmte den Untersuchungen der vorliegenden Studie zu.

Alle Patienten dieser Studie wurden in dem Zeitraum von 2003 bis 2006 in oben genannter Klinik vom gleichen Operateur (J. Roider) behandelt. Als Kontrollgruppe wurden 29 Patienten gleichen Alters und mit mindestens einem gesunden Auge untersucht. Diese Kontrollpersonen wurden während des Ambulanz- und Stationsalltags durch Akteneinsicht ausgewählt. Alle Patienten waren pseudophak, d.h. bei allen Patienten war eine klare künstliche Intraokularlinse aus Acrylmaterial implantiert (Sensar AR40e, AMO, Abbott Park, IL, USA). Patienten und Kontrollpersonen mit natürlicher Linse wurden ausgeschlossen, ebenso Patienten und Personen die an einer durch Diabetes mellitus hervorgerufene Erkrankung der Netzhaut des Auges litten. Auch Patienten und Personen mit grünem Star, anderen Erkrankungen der Makula oder des Sehnervs, nicht-idiopathischer epiretinale Membran oder einer Fehlsichtigkeit von mehr als ± 6 Dioptrie sphärisch oder ± 2 Dioptrie zylindrisch vor der Kataraktoperation wurden ausgeschlossen. Alle Patienten und Kontrollpersonen wurden einer vollständigen augenärztlichen Untersuchung unterzogen, inklusive Refraktion und Erhebung der bestkorrigierten Sehschärfe (BKVA), Untersuchung des vorderen Augenabschnittes und der indirekten Spiegelung des Augenhintergrundes.

Insgesamt wurden in der Patientengruppe 33 Augen von 32 Patienten untersucht, von denen 18 männlich und 14 weiblich waren. Das Alter der Patienten lag zum Zeitpunkt der Untersuchung im Bereich zwischen 57 und 84 Jahre, Mittelwert 73 ± 6 Jahre (Standardabweichung). Das rechte Auge war bei 12 Patienten und das linke bei 21 Patienten betroffen. Zum Zeitpunkt der Untersuchung waren 25 bis 80 Monate, Mittelwert 46 ± 13 Monate (Standardab-

weichung), nach chirurgischem Membranpeeling vergangen. In der Kontrollgruppe wurden 30 Augen von 29 Personen untersucht, die an dem untersuchten Auge keine Erkrankung aufwiesen. Von den 29 Personen waren 14 weiblich und 15 männlich und das Alter lag zwischen 59 und 85 Jahre, Mittelwert 72 ± 6 Jahre (Standardabweichung). Bei 22 Personen wurde das rechte Auge untersucht und bei 8 Personen das linke Auge.

2.2 Patienteninformation und Einverständniserklärung



UNIVERSITÄTSKLINIKUM Schleswig-Holstein Campus Kiel
Klinik für Ophthalmologie – Hegewischstraße 2 – 24105 Kiel

UNIVERSITÄTSKLINIKUM
Schleswig-Holstein

→ Campus Kiel Klinik für Ophthalmologie
Direktor: Univ.-Prof. Dr. J. Roeder

Information:
Tel.: 0431 / 597-23 66/67 Fax: 0431 / 597-2422
Internet: www.uni-kiel.de/uak

Sprechstunden:

Privat-Sprechstunde: nach Vereinbarung
Tel: 0431/ 597-23 61 Fax: 0431 / 597-2428

E-Mail: roeder@ophthalmol.uni-kiel.de

Poliklinik: Mo. - Fr. 7.30 - 10.30 Uhr (außer Mittwoch)

Mittwoch nur auf Vorbestellung

Tel: 0431 / 597-23 66/67 Fax: 0431 / 597-2422

Refraktive-Sprechstunde: nach Vereinbarung

Tel: 0431/597-2420 Fax: 0431/597-2425

Stationäre Terminvergabe:

Tel: 0431/597-2634 Fax: 0431/597-2637

Cornea Bank Kiel:

Tel: 0431/597-2398 Fax: 0431/597-2423

Orth- und Pleoptik:

☐ Telefon: 0431 / 597-2394 Fax: 0431/597-2397

AZ.: Dokument 1

Datum:

Sehr geehrte Damen und Herren,

Sie sind vor einiger Zeit an unserer Klinik bei dem Krankheitsbild epiretinale Gliose operiert worden.

Wir möchten Sie nun gerne zu einer gründlichen Nachuntersuchung einbestellen. Im Rahmen einer Doktorarbeit soll das Ergebnis der bei Ihnen durchgeführten Operation längere Zeit nach der Operation untersucht werden. Dabei sollen die Sehschärfe in der Ferne und die Lesefähigkeit gemessen werden. Außerdem möchten wir eine Untersuchung mit einem neuen hochauflösenden Gerät (Optische Kohärenztomographie, Spectralis OCT) durchführen. Mit Hilfe dieses neuen Testverfahrens können wir das Operationsergebnis genauer als bisher messen und herausfinden, ob man möglicherweise Ihre Sehschärfe und die Lesefähigkeit noch weiter verbessern kann.

Insgesamt werden Sie dafür etwa eine Stunde bei uns sein. Wir würden für Sie einen gesonderten Termin ohne Wartezeit reservieren. Wir möchten Sie darauf hinweisen, dass Sie zu einer Teilnahme nicht verpflichtet sind.

Frau Nina Wacker, eine Medizinstudentin, wird Sie in nächster Zeit zu Hause anrufen, um mit Ihnen über den Termin zu sprechen, Ihre Fragen zu beantworten und um gegebenenfalls einen Termin zu vereinbaren, falls Sie damit einverstanden sind.

Mit freundlichen Grüßen,

Prof. Dr. Johann Roeder
Direktor der Klinik

PD Dr. Jost Hillenkamp
Leitender Oberarzt

Universitätsklinikum
Schleswig-Holstein
Anstalt des öffentlichen Rechts

Vorstandsmitglieder:
Prof. Dr. Bernd Kremer, Prof. Dr. Dieter
Jocham,
Dipl.-Kfm. Günter Zwilling, Dipl.-Kff. (FH)
Barbara Schulte



Einverständniserklärung

zur Erhebung der Sehschärfe in der Ferne und in der Nähe,
Bestimmung der Lesegeschwindigkeit,
Ermittlung von Verzerrtsehen mit Hilfe des Amsler-Gitter-
Testes,
Gesichtsfelduntersuchung und
Messung der Netzhautdicke mit der
optischen Kohärenztomographie (Stratus und Spectralis OCT)

Vor- und Nachname der Patientin/des Patienten

Ich bin ausreichend in mündlicher und schriftlicher Form über die Ziele und Methoden, die möglichen Risiken und den Nutzen der Studie informiert worden.

Ich hatte ausreichend Gelegenheit, die Studie mit meinem Arzt zu besprechen und Fragen zu stellen. Alle meine Fragen und Bedenken wurden zu meiner Zufriedenheit beantwortet.

Ich weiß, dass meine Studienteilnahme freiwillig ist und dass ich jederzeit ohne Angabe von Gründen meine Zusage zur Teilnahme zurückziehen kann und mir daraus für meine weitere Behandlung keine Nachteile entstehen.

Ich bin damit einverstanden, dass im Rahmen der klinischen Prüfung meine Daten und Krankheitsdaten einschließlich der Daten über Geschlecht und Alter aufgezeichnet und anonymisiert (d.h. ohne Namensnennung) zur Auswertung der Ergebnisse verwendet werden. Alle im Rahmen der Studie erhobenen Daten werden strikt vertraulich gemäß dem Datenschutz behandelt. Einer wissenschaftlichen Auswertung der anonymisierten Daten und einer möglichen Veröffentlichung der Ergebnisse stimme ich zu.

Datum, Unterschrift der Patientin/des Patienten

Datum, Unterschrift der Ärztin/des Arztes

2.3 Operation

Alle Patienten wurden ohne die Zugabe eines Vitalfarbstoffes operiert. Bei der Entfernung der IEM wurde bei allen Augen zusätzlich die Membrana limitans interna (ILM) identifiziert und zusammen mit der IEM entfernt. Vier Patienten hatten zum Zeitpunkt der Operation eine künstliche Linse. Bei 24 der Patienten wurde über einen kleinen, peripheren Einschnitt, der sogenannten Small-Incision, eine Phakoemulsifikation-Katarakt-Operation durchgeführt und mit der Implantation einer Intraokulären Acryllinse (Sensor AR40e, AMO, Abbott Park, IL, USA) kombiniert. Die anderen fünf Patienten unterzogen sich 1-16 Monate nach der Vitrektomie einer Standard-Katarakt-Operation.

2.4 Untersuchungsverfahren

Bei den einbestellten Patienten wurden insgesamt sechs Untersuchungen in einer bestimmten standardisierten Reihenfolge durchgeführt. Als erstes wurden die best-korrigierte Fern- und Nahsehschärfe bestimmt und danach der Amsler-Test durchgeführt. Die vierte Untersuchung war die statische Untersuchung des Gesichtsfeldes. Hatten die Patienten diese Untersuchungen abgeschlossen, wurde die Pupille des betroffenen Auges mit Phenylephrin- (Neosynephrin-POS®5% von Ursapharm) und Tropicamid- (Mydriaticum Stulln® von Pharma Stulln) Augentropfen weit gestellt. Den Patienten wurde vorher mitgeteilt, dass sie mit einer weit gestellten Pupille an diesem Tag nicht mehr mit ihrem Auto fahren durften. War die Pupille vollständig weit und zeigte bei Lichteinfall keine Reaktion mehr, wurden die tdOCT und die fdOCT durchgeführt. Als letzte Untersuchung wurde der Augenhintergrund fotografiert.

2.5 Bestimmung der bestkorrigierten Sehschärfe mittels Phoropter

Bei der Einbestellung wurden die Patienten gebeten, ihre aktuelle Brille mitzubringen, deren Stärke mit dem Lenmeter Carl Zeiss Meditec Humphrey® Lens Analyser 350 (Abb. 2.1) ausgemessen wurde. Daraufhin wurden die Daten für die Fernsicht erst für das rechte und dann für das linke Auge am Phoropter HS Haag-Streit International Modell-Nr.:11625B (Abb. 2.2) eingestellt. Der Phoropter ist ein Gerät, mit dem man alle Refraktionsmethoden durchführen kann. Die Patienten haben, in Anlehnung an die europäische Norm EN ISO 8596, in 5 Metern

Entfernung an einer Projektionsfläche (Abb. 2.3) über den HS Möller-Wedel International M300 Zahlenprojektor (Abb. 2.4) die von ihnen noch erkennbaren Zahlen vorgelesen. Die bestkorrigierte Sehschärfe wurde dann durch Änderung der Werte in der Sphäre, im Zylinder und in der Gradzahl am Phoropter ermittelt. Das gleiche Verfahren wurde verwendet, um die bestkorrigierte Sehschärfe in der Nähe zu bestimmen außer, dass hierfür die Oculus Nahleseprobe (Abb. 2.5) in einem Abstand von 25 bis 30 Zentimetern vorgehalten wurde. Eine Sehschärfestufe galt als richtig erkannt, wenn 60% der Testzeichen dieser Stufe richtig angegeben wurden. Die bestkorrigierte Sehschärfe wurde vor der statistischen Analyse in eine logarithmische Skala (logMAR) umgerechnet. In dieser Skala entspricht 0,00 logMar einer Sehschärfe von 1,0 (20/20) im dezimalen System, negative Werte geben eine höhere Sehschärfe (über 1,0) an und positiven Werte eine geringere (unter 1,0).



Abbildung 2.1: Carl Zeiss Meditec Humphrey® Lens Analyser 350

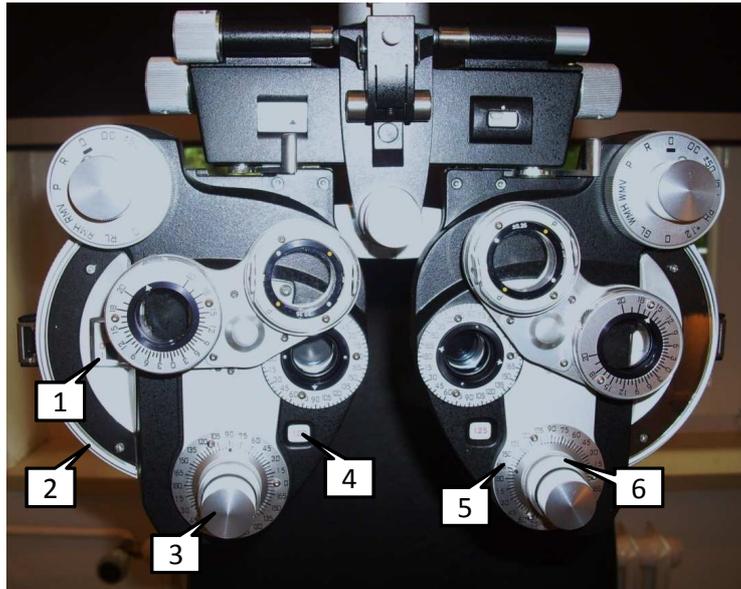


Abbildung 2.2: Phoropter HS Haag-Streit International Modell-Nr.:11625B. 1: Anzeige der sphärischen Werte, 2: Rändelrad zur Sphäreneinstellung (0,25dpt. Schrittweite), 3: Einstellknopf für Zylinderwerte, 4: Anzeige für Zylinderwerte, 5: Skala für Zylinderachse, 6: Einstellknopf für Zylinderachse



Abbildung 2.3: Projektionsfläche in 5 Metern Entfernung



Abbildung 2.4: HS Möller-Wedel International M300 Zahlenprojektor

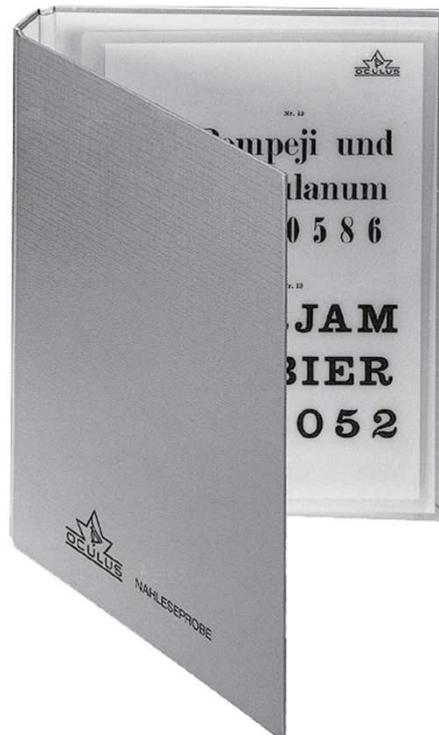


Abbildung 2.5: Nahleseprobe nach Nieden 1-13, im Ringbuch von OCULUS

2.6 Amsler-Test

Der Amsler-Test ist ein einfacher Funktionstest der zentralen Gesichtsfeldareale zur Diagnostik von Verzerrtsehen (Metamorphopsien). Er hat die Funktion einer schnellen Screening-Methode zur groben Ermittlung zentraler Gesichtsfeldausfälle, zum Beispiel bei altersbedingter Makuladegeneration oder anderen exsudativen oder degenerativen Prozessen in der Netzhautmitte. Der Test selbst besteht aus einem etwa 40x40 cm großen viereckigen Rastergitter mit einem Punkt in der Mitte (Abb. 2.6), der während der monokularen Prüfung in 30 cm Entfernung fixiert werden muss. Das jeweils andere Auge wird mit der flachen Hand oder einer Augenklappe vollständig abgedeckt. Patienten mit IEM, beschreiben häufig einen wellenförmigen Verlauf der senkrecht verlaufenden Linien, was als positiver Amsler-Test angegeben wird.

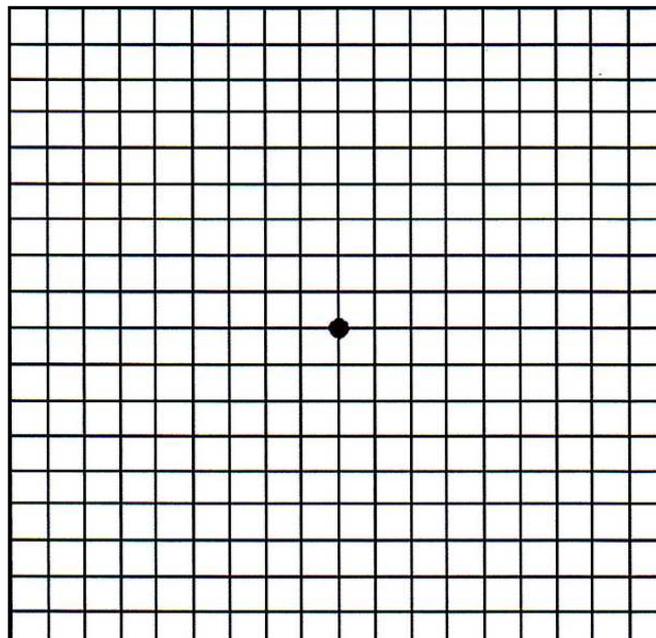


Abbildung 2.6: Amsler-Gitter

2.7 Automatische statische Gesichtsfelduntersuchung

Die automatische statische Gesichtsfelduntersuchung oder statische Perimetrie, misst die Empfindlichkeit der Netzhaut an bestimmten Stellen gegenüber Lichteinstrahlung. Der Proband blickt in ein optisches System, hier eine Halbkugel, über das Lichtpunkte unterschiedlicher Position und Helligkeit rechnergesteuert und in zufälliger Reihenfolge projiziert werden. Während der Patient auf ein Fixierlicht in der Mitte des Schirms in genau 30 cm Entfernung blickt, muss er bei jedem erkannten Stimulus einen Signalknopf betätigen. Erkennt der Patient das Signal nicht, wird zunächst die Lichtintensität gesteigert. Nimmt der Patient den Punkt wieder nicht wahr, registriert der Computer einen Ausfall. Erkennt der Patient allerdings das Signal, wird die Lichtintensität erniedrigt. Auf diese Weise wird die Reizschwelle eines Netzhautortes eingegrenzt. Mit Hilfe eines Computerprogramms, können sowohl die gesamte Ausdehnung des Gesichtsfelds, als auch ausgewählte Areale untersucht werden. Bei der Gesichtsfeldmessung wird nur ein Auge zurzeit getestet, das andere wird solange mit einer Augenklappe abgedeckt. Im Durchschnitt dauert eine Messung ca. 10 Minuten. Die Ergebnisse sind natürlich auch von der Mitarbeit des Patienten abhängig.

Bei den einbestellten Patienten wurden zuerst mit der Humphrey Zeiss HFA II 750 Perimeter (Abb. 2.7) die zentralen 30° des Gesichtsfeldes an dem nicht operierten Auge auf ihre Lichtempfindlichkeit geprüft, danach die zentralen 30° an dem operierten Auge. Als letzte Gesichtsfelduntersuchung wurden die zentralen 10° getestet.



Abbildung 2.7: Humphrey Zeiss HFA II 750 Perimeter

2.8 Optische Kohärenztomographie (OCT)

2.8.1 Time-domain OCT (tdOCT) = Stratus OCT

Mit time-domain OCT (Stratus OCT; Zeiss, Jena, Deutschland) wird ohne Kontakt des Gerätes mit dem Auge ein zwei- oder dreidimensionales Bild vom Augenhintergrund erstellt. Die Untersuchung kann in sehr kurzer Zeit und ohne Pupillenerweiterung durchführen werden. Das Funktionsprinzip der tdOCT ähnelt dem des Ultraschalls, wobei statt Schallwellen Licht mit einer Wellenlänge von 820 nm verwendet wird. Die Untersuchung hat keine gesundheitlichen Risiken. Die realen Schnittbilder durch die Netzhaut können so in einer sehr guten Auflösung von bis zu 10 µm erzeugt werden. Die hohe Auflösung erlaubt exakte Angaben über die Dicke der Netzhaut. So können eine Vielfalt von Netzhauterkrankungen und deren Verlauf beobachtet und genauer als bisher beurteilt werden.

Bei den Patienten wurde mit dem Stratus OCT 3 von Zeiss (Abb. 2.8) präoperativ und an verschiedenen Zeitpunkten bis zu 80 Monate postoperativ eine Dickenmessung der Makula durchgeführt. Es wurde ein Schnellprogramm, das Fast Macular Thickness Programm, zur Messung der Makuladicke verwendet. Dieses Programm entwirft algorithmisch eine Karte der Netzhaut. Die Karte entsteht aus sechs radiären Querschnitt-Scans, die je 6 mm lang sind und einen Kreis ergeben. Der Bereich der Fovea ist im Zentrum der Karte als Fläche von 1 mm Durchmesser dargestellt. Superior, nasal, inferior und temporal der fovealen Zone sind ringförmig die Teilfelder der betreffenden Netzhautbereiche abgebildet. Die Karte besteht aus zwei konzentrischen Ringen, der erste mit 3 mm Durchmesser und der zweite mit 6 mm Durchmessern (Abb. 2.9). Die neun OCT-Zonen werden auch ETDRS (Early Treatment Diabetic Retinopathy Study)-Typ Regionen genannt, da sie Ähnlichkeit zu Standard-Funfufotos haben, die in der ETDRS verwendet wurden⁸. In der vorliegenden Studie wurden nur das Zentrum und der erste Ring ausgewertet (Abb. 3.1 F). Der Durchschnitt der Netzhautdicke in den fünf Teilfeldern wurde von einem Computerprogramm berechnet.



Abbildung 2.8: Stratus OCT 3 von Zeiss

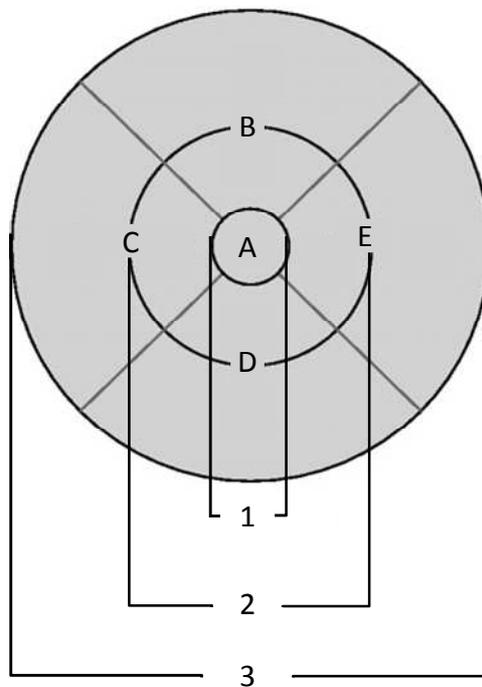


Abbildung 2.9: Die neun Teilfelder des Fast Macular Thickness Programms. A: zentrales Teilfeld, B: superiore Teilfelder, C: nasale Teilfelder, D: inferiore Teilfelder, E: temporale Teilfelder. 1: 1 mm Durchmesser, 2: 3 mm Durchmesser, 3: 6 mm Durchmesser

2.8.2 Frequency-domain oder Fourier-domain OCT (fdOCT) = Spectralis OCT

Der fdOCT (Abb. 2.10) stellt im Vergleich zum tdOCT eine technische Weiterentwicklung mit wesentlich besserer Auflösung dar. Dabei werden verschiedene Lichtquellen zur simultanen Aufnahme zweier diagnostischer Bilder verwendet. Ein Laserstrahl tastet kontinuierlich den Fundus ab, beobachtet dessen Bewegungen und dient somit als Referenz, um den zweiten Strahl zur Aufnahme des OCT Schnittbildes präzise an die richtige Stelle zu setzen. Bildlich gesprochen „friert“ der Aktive Eye Tracker den OCT-Scan auf dem Fundusbild ein und hält ihn auch bei Augenbewegungen stets exakt an der gewünschten Position. Mit der Eye-Tracking-Technologie werden mehrere Bilder von genau der gleichen Position aufgenommen. Diese Bilder werden miteinander verglichen und kombiniert, wobei das Zufallsrauschen aus dem endgültigen Bild herausgefiltert wird. Dies ist besonders für 3D Volumen-Scans unabdingbar, da hier Augenbewegungen leicht Bildartefakte verursachen können. Außerdem werden mit der Fourier-Transformation bei der fdOCT alle Wellenlängen des zurückgeworfenen Lichts gleichzeitig analysiert, so dass mehr Daten in kürzerer Zeit erfasst werden. Die Fourier-Transformation ist eine Integraltransformation, die einer gegebenen Funktion eine andere Funktion zuordnet. Sie wird dazu verwendet, um für zeitliche Signale das Frequenzspektrum zu berechnen. Die fdOCT verzichtet auf den beweglichen Referenzspiegel, der im tdOCT noch benötigt wird. Hierdurch wird eine 100mal höhere Abtastrate ermöglicht, was den Bereich, in dem mehrere Objekte eindeutig voneinander unterschieden werden können, erhöht. Die Abtastrate im Frequenzbereich ist über die Fourier-Transformation mit der Messtiefe verknüpft.

Um die anatomische Struktur der Fovea und die Dicke der einzelnen Netzhautschichten zu beurteilen, wurde bei jedem Patienten und bei jeder Person der Kontrollgruppe ein Scan mit dem fdOCT unter Nutzung der Eye-Tracking-Technologie durchgeführt. Die hochauflösenden Volumen-Scans der Makula entstanden durch 19 horizontale 6 mm B-Scans (1536 A-Scans pro B-Scan) mit einem Abstand von 240 μm . Jeder B-Scan wurde aus dem Durchschnitt von 51 automatisierten Echtzeit-Scans ermittelt. Bei jedem Patienten und jeder Kontrollperson wurde mindestens ein horizontaler Scans durch die Fovea angefertigt. Gab es mehrere Scans, wurde der mit der besten Qualität ausgewählt. Um zu garantieren, dass jeder benötigte Scan bei allen Personen in der gleichen Region erstellt, und dass der Sehnerv nicht mit aufgenommen wird, wurde die Länge der Scans auf 6 mm festgelegt (± 3 mm von der fovealen Grube) (Abb. 2.11). Das Vorhandensein einer fovealen Grube wurde definiert als eine

innere, retinale Vertiefung ohne eine eindeutige Abgrenzbarkeit der retinalen Nervenfaserschicht, der Ganglienzellschicht (GCL) und der inneren plexiformen Schicht (IPL) im Zentrum des Scans.



Abbildung 2.10: Spectralis HRA+OCT; Heidelberg Engineering, Heidelberg, Deutschland

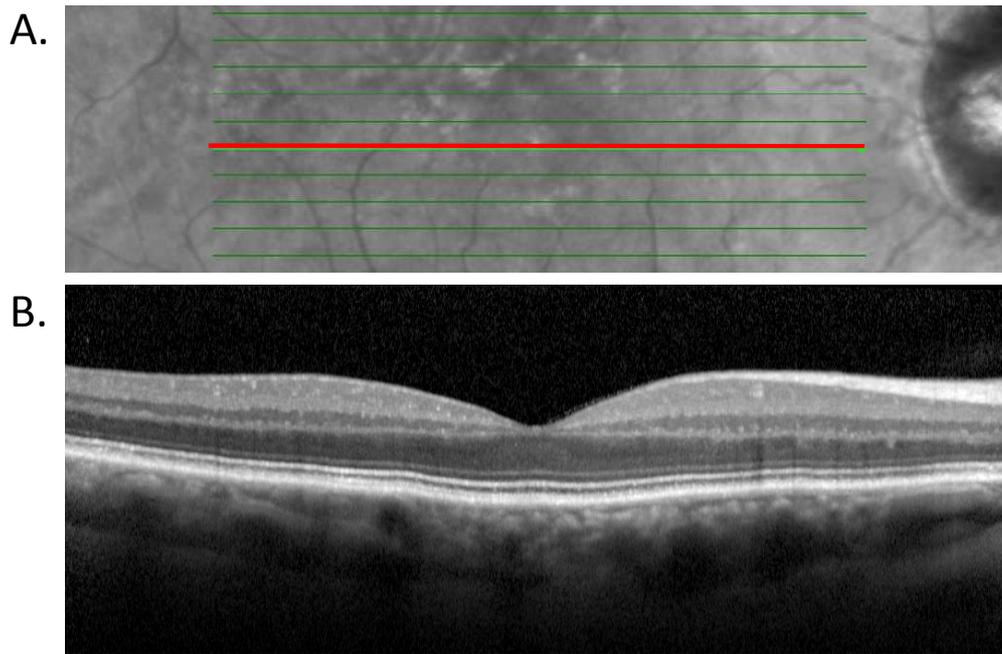


Abbildung 2.11: Aufteilung der Netzhaut. A.: frequency-domain OCT-Abbildung des Augenhintergrundes, dass eine 6 mm lange horizontale Einzelscanlinien zeigt; der rote Scan durch die Fovea wurde für die Untersuchungen ausgewählt. B.: der horizontale Scan des Kontrollauges zeigt die normale Anatomie der Netzhautschichten

2.9 Vorgehen bei der Aufteilung der Netzhautschichten

Es wurde ein digitales Bild des Scans der Fovea aus dem Analysefenster des fdOCT-Gerätes exportiert und die Aufteilung der einzelnen Netzhautschichten per Hand vorgenommen (unterstützt durch ein eigenes Computerprogramm geschrieben in C++, mit Nutzung der wx Widgets und der SQLite). Die Begrenzung der benötigten Schichten wurde durch zwei geübte Bediener (Nina Wacker und Felix Treumer) vorgenommen, indem sie die Linien durch einzelne Punkte markierten. Durch das Programm wurde dann eine lineare Kurve durch die einzelnen Punkte einer Schicht erstellt (Abb. 2.12). Nach einer gewissen Übungsphase, in der die beiden Bediener anhand mehrerer Scans mit Hilfe eines erfahrenen Retinologen (Jost Hillenkamp) die Begrenzung der einzelnen Schichten identifizierten, markierten sie unabhängig voneinander die Grenzen. Hierbei wurde eine gute Übereinstimmung zwischen den beiden Bedienern erzielt.

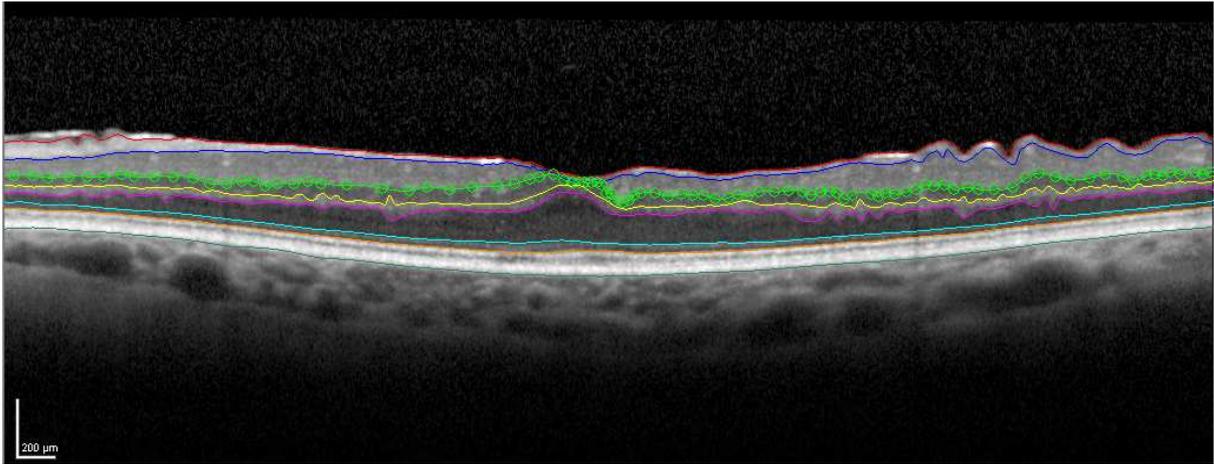


Abbildung 2.12: Exportiertes Bild aus dem frequency-domain OCT-Gerät; Setzen einzelner Punkte (hier grün) und lineare Verbindung der einzelnen Punkte zu einer Kurve

2.10 Aufteilung der Netzhautschichten

Es wurden acht Grenzen A bis G in der Netzhaut festgelegt (Abb. 2.13), die wie folgt benannt wurden:

- Grenze A: Glaskörper/ retinale Nervenfaserschicht (RNFL),
- Grenze B: RNFL/ retinale Ganglienzellschicht (RGC),
- Grenze C: Innere plexiforme Schicht (IPL) / innere Körnerschicht (INL),
- Grenze D: INL/ äußere plexiforme Schicht (OPL),
- Grenze E: OPL/ äußere Körnerschicht (ONL),
- Grenze F: ONL/ äußere Grenzmembran (ELM),
- Grenze G: Bruch'sche Membran/Aderhaut.

Mit Hilfe der Lokalisation dieser Grenzen wurden sieben Schichten bestimmt, sechs Netzhautschichten und die Gesamtdicke der Netzhaut. Diese Schichten wurden wie folgt benannt:

- Schicht 1: Die Gesamtdicke der Netzhaut ist der Abstand zwischen Grenze A und G,
- Schicht 2: Die RNFL ist der Abstand zwischen Grenze A und B,
- Schicht 3: Die RGC und die IPL ist der Abstand zwischen Grenze B und C,
- Schicht 4: Die INL ist der Abstand zwischen Grenze C und D,
- Schicht 5: Die OPL ist der Abstand zwischen Grenze D und E,
- Schicht 6: Die ONL ist der Abstand zwischen Grenze E und F,
- Schicht 7: Die Photorezeptorinnenschicht (IS) und Photorezeptoraußenschicht (OS) mit dem Pigmentepithel bis zur Bruch'schen Membran (IS/OS+RPE) ist der Abstand zwischen Grenze F und G.

Die Dicken der sechs einzelnen Schichten und der Netzhautdicke wurden von einer Computersoftware errechnet, die die Grenzlinie an 100 gleich weit voneinander entfernten Punkten auswertet und den senkrechten Abstand der nachfolgenden Grenze errechnet.

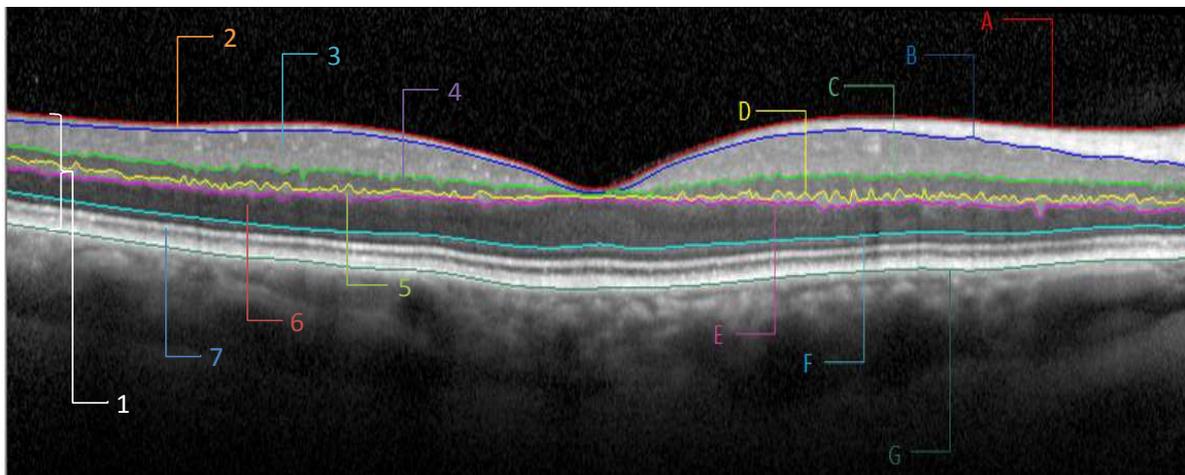


Abbildung 2.13: Aufteilung der Netzhautschichten und -grenzen für die Untersuchung. Frequency-domain OCT-Abbildung einer 6 mm langen horizontalen Einzelscanlinie des Kontrollauges, dass eine normale Anatomie zeigt; A: Glaskörper/retinale Nervenfaserschicht (RNFL), B: RNFL/retinale Ganglienzellschicht (RGC), C: innere plexiforme Schicht (IPL)/ innere Körnerschicht (INL), D: INL/äußere plexiforme Schicht (OPL), E: OPL/äußere Körnerschicht (ONL), F: ONL/ äußere Grenzmembran (ELM), G: Bruch'sche Membran/Aderhaut; 1: Gesamtdicke der Netzhaut, 2: RNFL, 3: RGC+IPL, 4: INL, 5: OPL, 6: ONL, 7: IS/OS+RPE

2.11 Statistik

Die Referenzwerte für die gesunden Augen der Kontrollgruppe wurden durch Quantile (3%, 50%, 97%) (Abb. 3.3, 3.4) dargestellt. Die Abmessung der Dicke der einzelnen Netzhautschichten bei den operierten Patienten und den Kontrollpersonen wurden durch den Median mit 95% Konfidenzintervall dargestellt. Differenzen der Netzhautdicke wurden in Bereichen, in denen es keine Überschneidung mit dem Konfidenzintervall gab, als signifikant erachtet (Abb. 3.5). Die Daten der Netzhautdicke, die vor und bis zu 48 Monate nach der Operation für jedes Teilfeld mit Hilfe des tdOCT Fast Macular Thickness Programm erhoben wurden, wurden mit einem nich-linearen gemischten Regressionsmodell analysiert. Das Referenzintervall (Abb. 3.1) wurde von der Box-Whisker-Plot-Darstellung (Median und der höchste/niedrigste Wert innerhalb des 1,5-fachen Interquartilbereiches der niedrigsten/höchsten Quartile) der gesunden Kontrollaugen abgeleitet (Abb. 3.3). Die Ergebnisse wurden mit SPSS Software (17.0; SPSS Inc., Chicago, Il, USA) und R Software (R2.10)⁽²²⁾ einschließlich nlme Software⁽¹⁴⁾ für nicht lineare gemischte Modelle ausgewertet.

3 Ergebnisse

3.1 Bestkorrigiertes Sehvermögen (BCVA)

Die bestkorrigierte Sehschärfe der Kontrollgruppe war logMAR (Dezimalsehschärfe) 0,1 (20/25) oder besser. Die BCVA lag bei den Patienten präoperativ zwischen 0,2 (20/32) und 1,3 (20/400), Mittelwert 0,5 (20/63) \pm 0,2 (Standardabweichung). Postoperativ verbesserte sich die BCVA nach 1-3 Monaten auf Werte zwischen 0,1 (20/25) und 0,7 (20/100), Mittelwert 0,2 (20/32) \pm 0,2 (Standardabweichung) und nach 46 Monaten auf Werte zwischen 0,0 (20/20) und 0,7 (20/100), Mittelwert 0,1 (20/25) \pm 0,1 (Standardabweichung).

3.2 BCVA und die Struktur der Fovea

Die höchste BCVA lag zwischen logMAR 0,05 (20/22,5) und 0,0 (20/20). Diese Werte wurden in der letzten Nachuntersuchung bei vier Augen erhoben, bei denen eine foveale Grube ausgebildet war und bei acht Augen ohne foveale Grube. Weitere ausgeprägte anatomische Abweichungen der Netzhautschichten wurden bei 5 Augen mit einem BCVA zwischen 0,18 (20/30) und 0,4 (20/50) bei der letzten Nachuntersuchung gefunden.

3.3 Gesichtsfelduntersuchung

Die Gesichtsfelduntersuchung ergab bei allen Patienten im 10°-Modus, dass es nach der Operation zu keinen Gesichtsfeldausfällen gekommen war. Im 30°-Modus waren lediglich unspezifische, altersentsprechende Veränderungen zu erkennen.

3.4 Amsler-Test

Präoperativ ist bei allen, bis auf bei einem Patienten, der Amsler-Test positiv ausgefallen. 3-6 Monate postoperativ war der Test bei 28 Patienten positiv, und nach der gesamten Nachuntersuchungszeit wurde bei 24 der Patienten ein positiver Amsler-Test erhoben. Allerdings berichteten alle Patienten, dass das Verzerrtsehen nach der Operation stetig weniger wurde.

3.5 Struktur der Fovea

Einzelscans des präoperativ durchgeführte tdOCT Fast Macular Thickness Programms zeigten, dass bei keinem der Patienten eine anatomisch normale foveale Grube bestand, und dass die Netzhaut bei allen Patienten diffus verdickt war (Abb. 3.1A-E). Bei der letzten Nachuntersuchung war bei 12 von 33 Augen im horizontalen Meridian des angefertigten fdOCT-Scans wieder eine foveale Grube zu erkennen. Die Photorezeptorschicht und die Grenzzone zwischen Photorezeptorinnen- und Photorezeptoraußenschicht waren bei allen Patienten intakt. Die Netzhautschichten zwischen der RNFL und der äußeren Körnerschicht erscheinen bei 27 von 33 Augen unregelmäßig gestaltet und/oder in unterschiedlichem Ausmaße verdickt (Abb. 3.2). Bei den Untersuchungen wurde bei einem Auge ein zystoides Makulaödem temporal der Fovea 25 Monate nach der Operation festgestellt, während bei allen anderen Augen kein Makulaödem im Sinne einer exzessiven intraretinalen Ansammlung von Flüssigkeit bestand. Bei zwei Augen wurden minimale, exzentrisch gelegene, persistierende oder rezidivierende IEM gefunden. Abbildung 3.4 und 3.5 zeigen, dass bei den meisten Augen die veränderte Form der Fovea und der einzelnen Netzhautschichten auch Monate nach chirurgischem Membranpeeling persistierten.

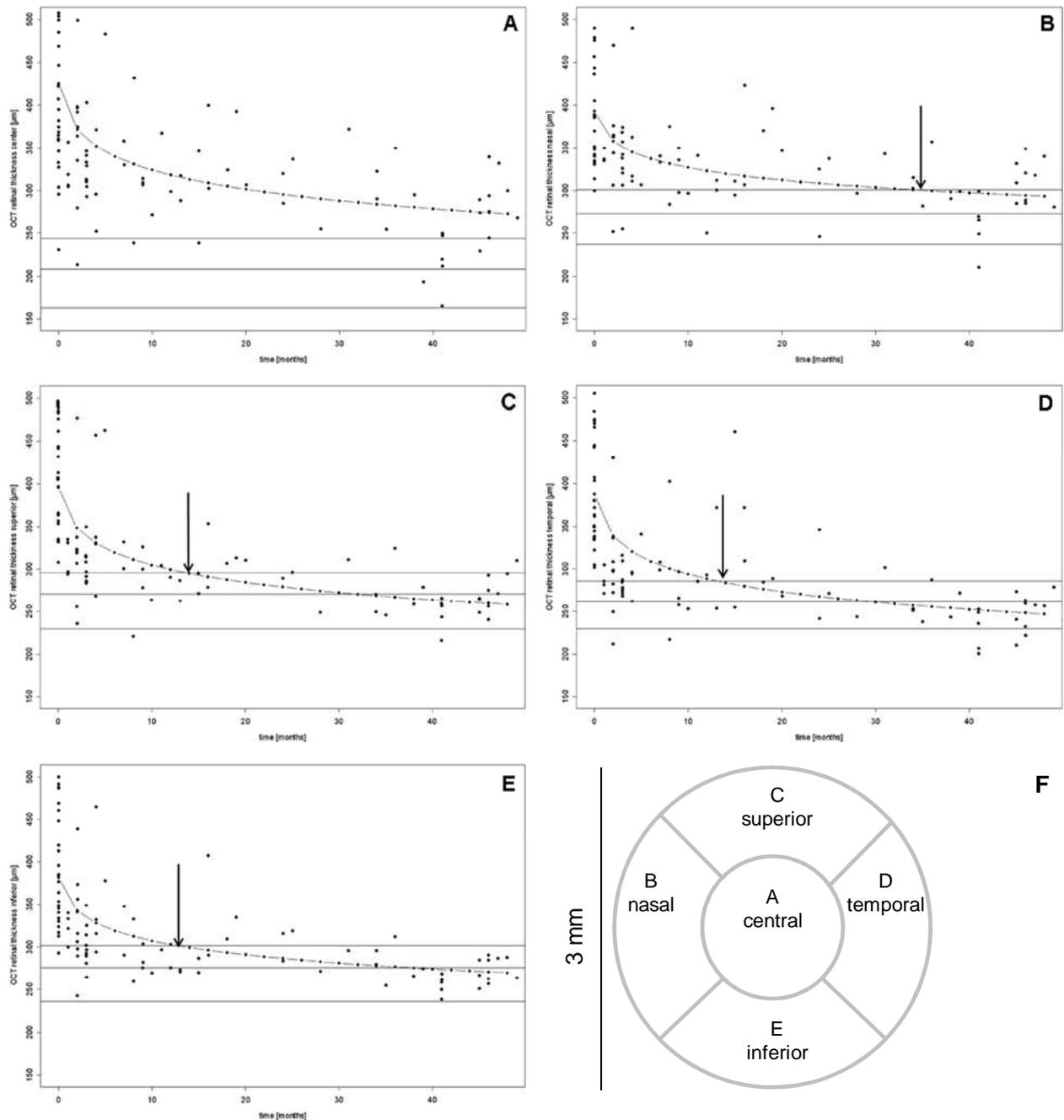


Abbildung 3.1: Längsschnittdaten des time-domain OCT (tdOCT) Fast Macular Thickness Programms vor und nach dem Membranpeeling; die Längsschnittdaten der Netzhautdicke wurden in jedem Teilfeld mit dem nichtlinearen gemischten Regressionsmodell vor (0 Monate) und nach der Operation ausgewertet; horizontale Linien: Referenzintervall abgeleitet von dem Box-Whisker-Plot der normalen Kontrollaugen (Medianwert und der höchste/niedrigste Wert innerhalb der 1,5-fachen Interquartile im Bereich der höchsten/niedrigsten Quartile); Pfeil: Zeitpunkte, als die Rückbildung in das Referenzintervall eintritt; A: die Netzhautdicke des zentralen Teilfeldes kehrt innerhalb der gesamten Nachuntersuchungszeit nicht auf Normalwerte zurück, B: die Netzhautdicke des nasalen Teilfeldes trat 36 Monaten nach der Operation in das Referenzintervall ein, obwohl einige Augen bei der gesamten Nachuntersuchungszeit verdickt blieben; C-E: die Netzhautdicke der superioren, temporalen und inferioren Teilfelder traten 12-14 Monaten nach der Operation in das Referenzintervall ein und kehrten in den nachfolgenden Monaten auf Normalwerte zurück; F: die fünf Teilfelder des Fast Macular Thickness Programms

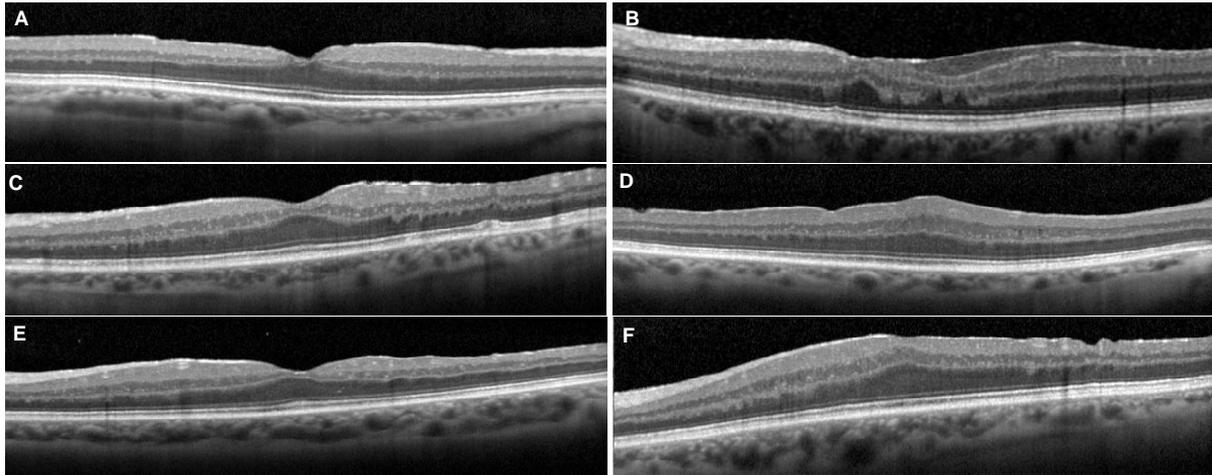


Abbildung 3.2: Beispiele für die Struktur der Fovea langfristig nach dem chirurgischen Membranpeeling. A: 77 Jahre alte Frau, 80 Monate nach der Operation, bestkorrigierte Sehschärfe (BCVA) 20/25, die foveale Grube ist wieder ausgebildet, äußere Körnerschicht (ONL) ist in der Fovea leicht deformiert; B: 66 Jahre alter Mann, 71 Monate nach der Operation, BCVA 20/32, keine foveale Grube, ONL und Ganglienzellschicht (GCL) sind unregelmäßig geformt; C: 69 Jahre alter Mann, 45 Monate nach der Operation, BCVA 20/20, die foveale Grube ist wieder ausgebildet, unregelmäßige Form der Netzhautschichten zwischen RNFL und ONL und umschriebene Unregelmäßigkeiten der Photorezeptorschichten temporal der Fovea; D: 75 Jahre alter Mann, 54 Monate nach der Operation, BCVA 20/20, keine foveale Grube; E: 74 Jahre alte Frau, 46 Monate nach der Operation, BCVA 20/22.5, die foveale Grube ist wieder ausgebildet, leichte Unregelmäßigkeiten der Netzhautschichten temporal der Fovea; F: 75 Jahre alter Mann, 25 Monate nach der Operation, BCVA 20/20, keine foveale Grube

3.6 Netzhautschichten in der postoperativen Langzeituntersuchung

Abbildung 3.3 zeigt die Dicke der sechs Netzhautschichten und die Gesamtdicke der Netzhaut für die 30 Augen der Kontrollgruppe, ausgemessen und algorithmisch aufgetragen mit der angepassten Software. Alle fdOCT-Scans wurden so angepasst, als wären sie vom linken Auge aufgenommen, das heißt, die Ergebnisse der rechten Augen wurden nicht von temporal nach nasal, sondern von nasal nach temporal aufgetragen, um sie den Ergebnissen der linken Augen anzupassen. In den Abbildungen 3.3 - 3.5 liegt die nasale Netzhaut (nahe dem Sehnerv) links und die temporale Netzhaut rechts, das Zentrum der Fovea befindet sich an der Nullstelle der x-Achse ($x=0$).

Die für die Kontrollaugen erhobenen Daten stimmen mit der bekannten Anatomie der Netzhaut überein, das heißt, dass die RNFL temporal dünn ist und die Dicke der Schicht nach nasal zunimmt, wenn sie sich dem Sehnerv annähert. Außerdem werden die RGC+IPL und die INL zur Fovea hin immer dünner und sind im Zentrum der Fovea nicht mehr vorhanden, während der IS/OS+RPE-Komplex in diesem Bereich an Dicke zunimmt.

Die Daten der einzelnen Patientenaugen sind in Abbildung 3.4 dargestellt. Die fett gedruckten schwarzen Kurven stellen die Quantilen (3%, 50%, 97%) der Kontrollaugen dar. Abbildung 3.4 zeigt außerdem die Hauptergebnisse. Die IS/OS+RPE- und die RNFL-Kurven der meisten Patienten weichen nicht von den Grenzen der 3% und 97% Quantilen ab. Dagegen sind die Gesamtdicke, die ONL, die OPL, die INL und die RGC+IPL im Bereich der Fovea signifikant dicker als normal, mit einer maximalen Dicke an der nasalen Seite der Fovea. Am deutlichsten ist der Unterschied in der ONL und in der INL zu erkennen, hier liegen die meisten Kurven oberhalb der Grenze der 97% Quantile.

Die Abbildung 3.3 zeigt die Median-Kurven für die Kontrollgruppe, die in Abbildung 3.5 als zentrale blaue Linien dargestellt sind. Die zusätzlichen blauen Linien über und unterhalb der zentralen blauen Linien repräsentieren das 95% Konfidenzintervall. Der Median und das 95% Konfidenzintervall für die Patientengruppe sind als rote Kurven dargestellt. Die Gesamtdicke der Netzhaut nimmt in der Fovea und im Bereich nasal der Fovea zu, was mit den Ergebnissen aus dem Fast Macular Thickness Programm, welche ebenfalls zentrale und nasale Verdickungen zeigen (Abb. 3.1), übereinstimmt.

Von Bedeutung sind die verzogene Form der zentralen Fovea und die Maximaldicke der Netzhaut in der nasalen Fovea (Abb. 3.5G). Interessant sind auch die Auswertungen der einzelnen Netzhautschichten. Hierbei gibt es in der IS/OS+RPL und der RNFL der Patientengruppe keinen signifikanten Unterschied im Vergleich zu der Kontrollgruppe. Allerdings sind die Fovea, die ONL, die OPL, die INL und die RGC+IPL signifikant dicker, mit einem Maximum auf der nasalen Seite der Fovea. Auch im Bereich der nasalen Parafovea ist die INL signifikant dicker als normal (Abb. 3.5). Der Median der RGC+IPL ist bei den operierten Patienten an der temporalen Seite der Fovea dünner als bei den Kontrollpersonen (Abb. 3.5B). Dieser Effekt ist wahrscheinlich durch eine Abnahme der Schichtdicken in bestimmten Bereichen der temporalen Seite der Fovea begründet, die bei 13 von 33 Augen in unterschiedlichem Ausmaß beobachtet wurde (Abb. 3.2D, 3.2F).

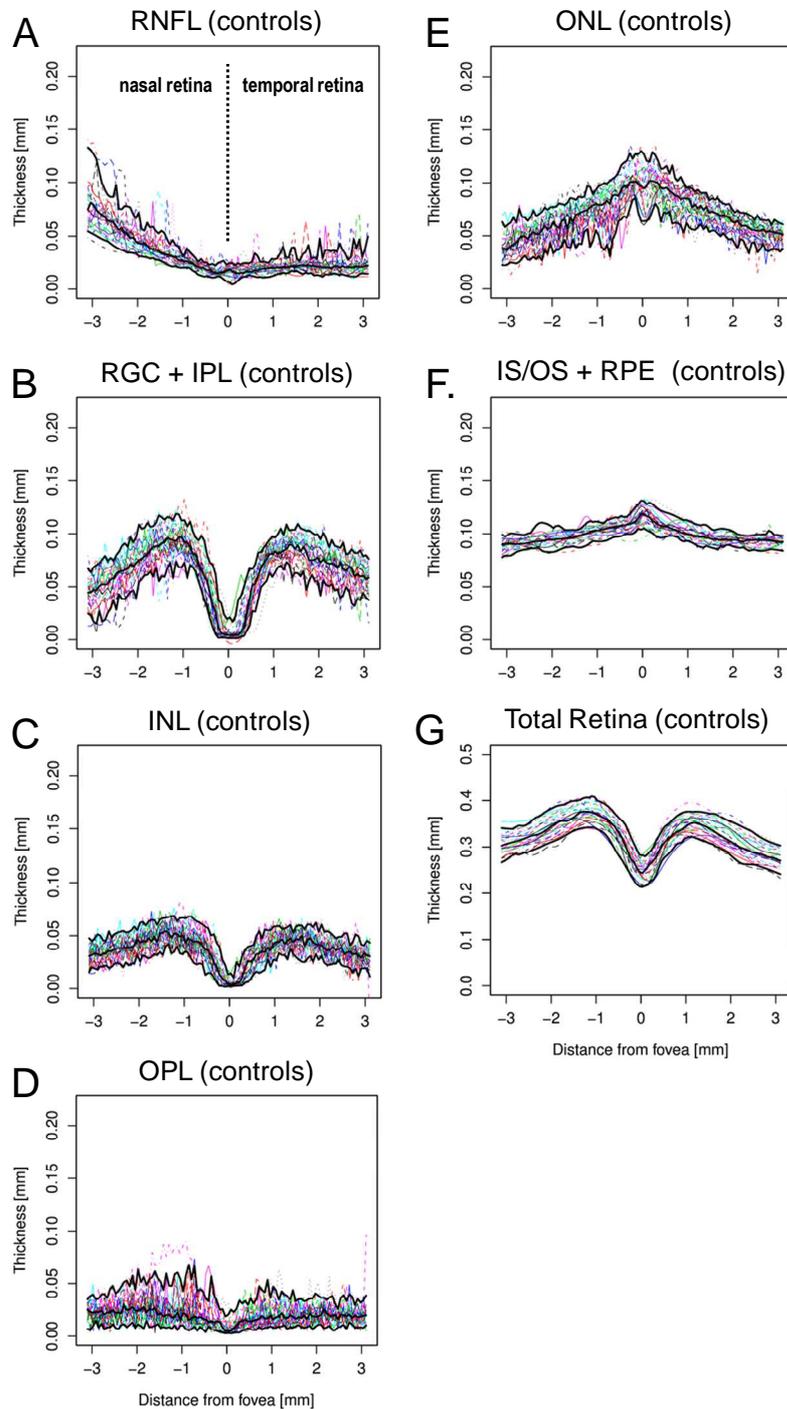


Abbildung 3.3: Dicke der Netzhautschichten der normalen Kontrollgruppe. A: RNFL (retinale Nervenfaserschicht), B: RGC/IPL (retinale Ganglienzellschicht/innere plexiforme Schicht), C: INL (innere Nervenfaserschicht), D: OPL (äußere plexiforme Schicht), E: ONL (äußere Körnerschicht), F: IS/OS+RPE (Photorezeptorinnen-/ Photorezeptoraußenschicht+ Pigmentepithel), G: Gesamtdicke der Netzhaut; bunte Linien: Dickenkurven, die von 30 normalen Kontrollaugen dargestellt wurden; die fettgedruckten Linien stellen die 3%, 50% und 97% Quantilen dar

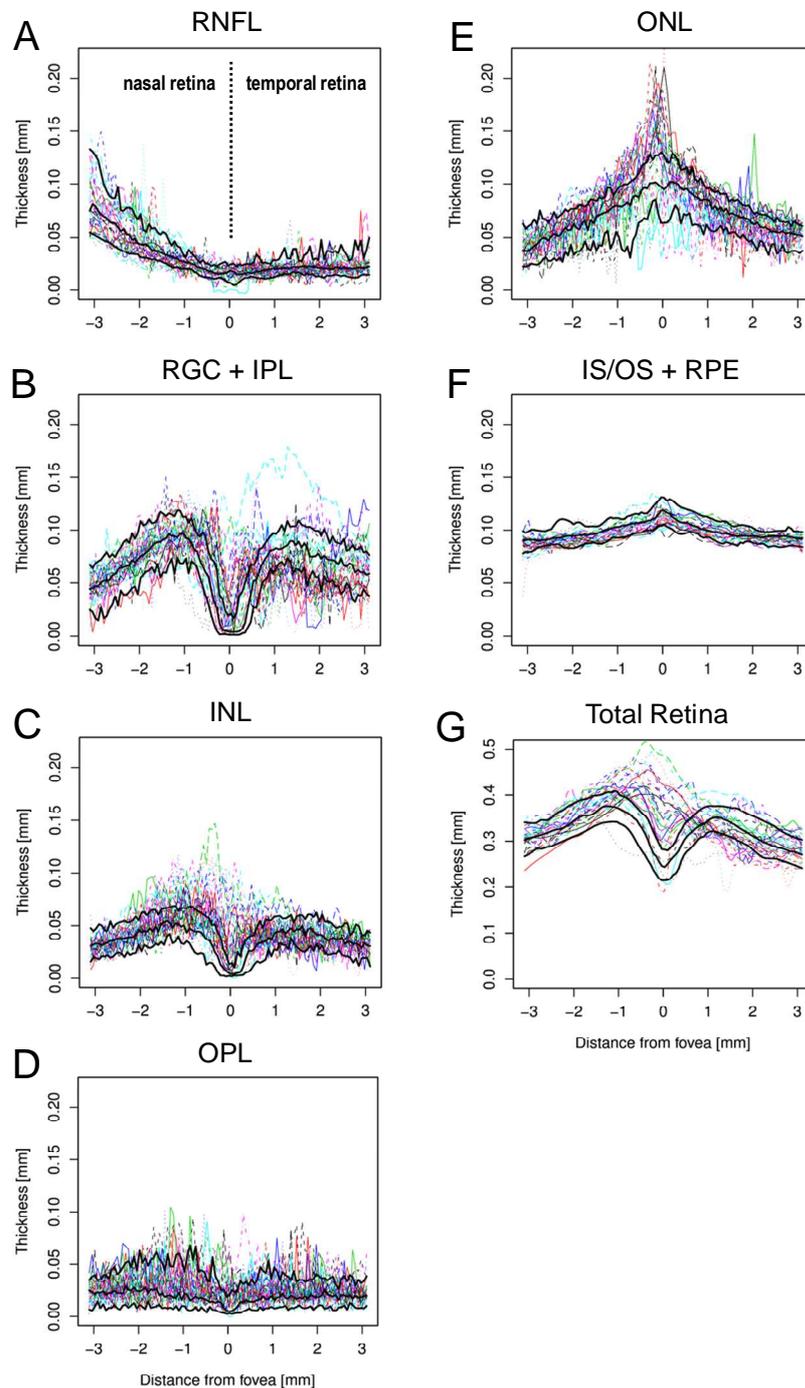


Abbildung 3.4: Dicke der Netzhautschichten der Patientenaugen. **A:** RNFL (retinale Nervenfaserschicht), **B:** RGC/IPL (retinale Ganglienzellschicht/innere plexiforme Schicht), **C:** INL (innere Nervenfaserschicht), **D:** OPL (äußere plexiforme Schicht), **E:** ONL (äußere Körnerschicht), **F:** IS/OS+RPE (Photorezeptorinnen-/Photorezeptoraußenschicht+ Pigmentepithel), **G:** Gesamtdicke der Netzhaut; bunte Linien: Dickenkurven, die von 33 Patientenaugen dargestellt wurden; zum Vergleich: die fettgedruckten Linien sind die 3%, 50% und 97% Quantilen der normalen Kontrollaugen aus Abbildung 3

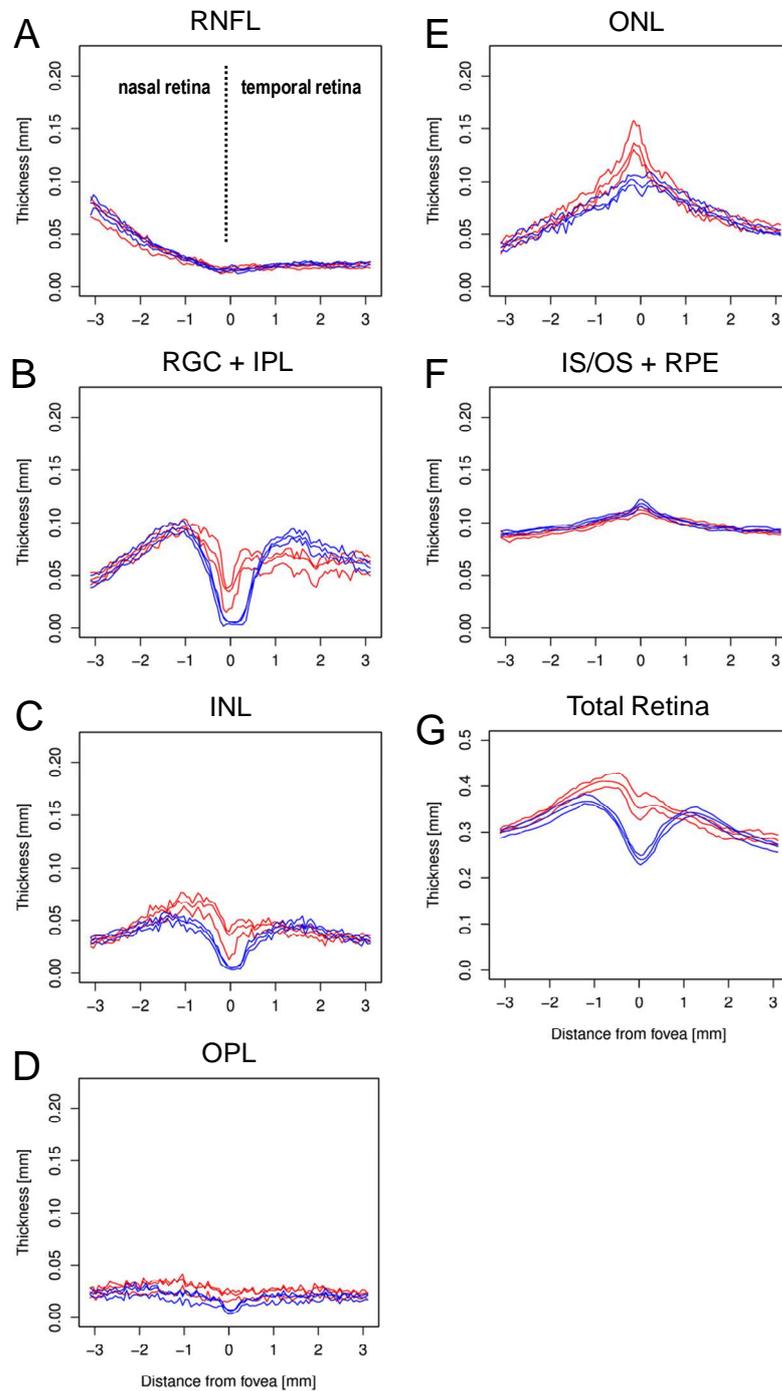


Abbildung 3.5: Mittlere Dicke der Netzhautschichten der Kontrollaugen und der Patienten. Blaue Linien: Median \pm 95% Konfidenzintervall der 30 normalen Kontrollaugen aus Abbildung 3; rote Linien: Median \pm 95% Konfidenzintervall der 33 Patientenaugen aus Abbildung 4; A: RNFL (retinale Nervenfaserschicht), B: RGC/IPL (retinale Ganglienzellschicht/innere plexiforme Schicht), C: INL (innere Nervenfaserschicht), D: OPL (äußere plexiforme Schicht), E: ONL (äußere Körnerschicht), F: IS/OS+RPE (Photorezeptorinnen-/Photorezeptoraußenschicht+ Pigmentepithel), G: Gesamtdicke der Netzhaut

3.7 Postoperativer Verlauf der Makuladicke

Die fünf Teilfelder des tdOCT Fast Macular Thickness Programms waren bei allen Patienten präoperativ verdickt (Abb. 3.1A-E, 0 Monate). Die Dicke der Netzhaut nahm postoperativ in allen Feldern nichtlinear ab. In dem nicht-linearen, uneinheitlichen Rückbildungsmuster ist die Netzhautdicke des zentralen Teilfeldes während der gesamten Nachuntersuchungszeit nicht auf die normale Dicke zurückgegangen. Die Regression der Netzhautdicke des nasalen Teilfeldes lag 35 Monate nach der Operation im Referenzintervall der normalen Kontrollaugen, obwohl die nasale Verdickung der Netzhaut bei einigen Augen auch während der gesamten Nachuntersuchungszeit noch vorhanden war. Die Regression der Netzhautdicke der superioren, temporalen und inferioren Teilfelder lag ab 12-14 Monate postoperativ im Bereich des Referenzintervalls. Alle Augen erreichten in den darauf folgenden Monaten eine normale Dicke. Die Ergebnisse der Kontrollaugen stimmten mit der bekannten normalen Anatomie überein (Abb. 3.1).

4 Diskussion

Der morphologische Langzeiteffekt der chirurgischen Entfernung von IEM („Membranpeeling“) wird bis jetzt nur teilweise verstanden. Bisherige Untersuchungen wurden nur relativ kurzfristig nach der Operation durchgeführt, und der postoperative Verlauf der Netzhautdicke wurde bisher auch noch nicht im Langzeitverlauf genau gemessen. Im Langzeitverlauf persistierende morphologische Veränderungen wurden bisher zudem nicht genau lokalisiert, weder innerhalb des Bereiches der Makula, noch als Vergleich der einzelnen Netzhautschichten^(4,10,11,17,19,21,23).

Ein wesentliches Ergebnis der vorliegenden Studie ist die persistierende, asymmetrische Verdickung der Netzhaut im Bereich der Makula. Es wurde eine altersentsprechende Kontrollgruppe gewählt, weil eine altersbedingte Verdünnung der Netzhaut, gemessen mit tdOCT, bei normalen Augen beschrieben wurde⁽³⁾. Die Ergebnisse der Untersuchungen mit dem tdOCT Fast Macular Thickness Programm zeigen, dass die Dicke der Netzhaut in allen Teilfeldern postoperativ über einen langen Zeitraum kontinuierlich nicht-linear abnimmt. Die Messungen der Netzhautdicke bei den operierten Augen ermöglichen durch statistische Analyse eine Beobachtung einer Entwicklungstendenz.

Bei der Langzeituntersuchung nach Membranpeeling fiel auf, dass sich die Netzhautdicke der Makula im superioren, inferioren und temporalen Teilfeld normalisierte, während das Zentrum der Makula eindeutig verdickt blieb. Im Vergleich zu den anderen exzentrischen Teilfeldern war die Abnahme der Dicke des nasalen Teilfeldes der Makula in Richtung normale Werte unvollständig und verzögert (Abb. 3.1). Die Ergebnisse der postoperativen Makuladicke über einen langen Zeitraum zeigen, dass die morphologische Erholung in den einzelnen Teilfeldern der Makula unterschiedlich schnell verläuft, und dass die Erholung insgesamt deutlich länger dauert als bisher angenommen⁽¹⁾.

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie stehen im Gegensatz zu den Ergebnissen anderer Untersucher⁽¹⁾, bei denen innerhalb von 109 Tagen der Endwert der postoperativen Fovea- und Makuladicke durch das tdOCT Fast Macular Thickness Programm errechnet wurde. Der Unterschied zwischen unseren und anderen Ergebnissen könnte darauf zurückzuführen sein, dass zum Beispiel bei der Arbeit von Aso et al. eine Regressionsanalyse bei deutlich kleinerer Fallzahl (n=16) durchgeführt wurde, und dass die Nachbeobachtungszeit mit 360 Tagen deutlich kürzer war. Zudem haben die Autoren bei den Messungen der Fovea- und Makuladicke nicht zwischen einzelnen Teilfeldern differenziert⁽¹⁾.

Um die Morphologie der Netzhaut in den einzelnen Teilfeldern der Makula noch genauer untersuchen zu können, und um die Struktur der Fovea mit hoher Auflösung darzustellen, wurden von der horizontalen Mittellinie fdOCT-Scans angefertigt. Die fdOCT zeigte, in Übereinstimmung mit den Ergebnissen des tdOCT Fast Macular Thickness Programms, dass langfristig nach einer Operation die Netzhautdicke entlang der horizontalen Mittellinie im Bereich der Fovea und der nasale Parafovea verdickt blieb. Wir haben hierbei exakt die maximale Netzhautdicke der Makula in der nasalen Fovea gemessen (Abb. 3.4G, 3.5G).

Die einzelnen Netzhautschichten waren in der Fovea zwischen ONL und RGC + IPL signifikant dicker als normal, während die Dicke des RPE mit Photorezeptorschichten, sowie RNFL nicht von der normalen Anatomie abwich (Abb. 3.5). Bei den meisten, aber nicht allen Augen, wich die Dicke der Schichten zwischen der ONL und der RGC + IPL von dem Median des Konfidenzintervall der Kontrollaugen ab (Abb. 3.4). Die Differenz der Gesamtdicke der Netzhaut der Fovea zwischen den Patienten und der Kontrollgruppe ist hauptsächlich dadurch begründet, dass eine normale Struktur der fovealen Grube bei den meisten Patienten fehlte (Abb. 3.4, 3.5). Die verdickte Netzhaut dürfte hauptsächlich durch die persistierende Verdickung der INL bedingt sein (Abb. 3.4C, 3.5C). Allerdings müssen kleine Unterschiede bei der Dickenmessung der einzelnen Netzhautschichten mit Vorsicht gedeutet werden. Durch eine geringe Abweichung des fdOCT-Scans von der exakten, anatomischen, horizontalen Mittellinie könnten kleine Fehler entstanden sein.

Der Median der RGC+ IPL war an der temporalen Seite der Fovea kleiner als normal (Abb. 3.5B). Dieses Ergebnis ist wahrscheinlich durch die Verdünnung oder Vertiefung in umschriebenen Bereichen dieser Schichten auf der temporalen Seite der Fovea begründet, was in verschiedenem Ausmaß bei 13 von 33 Augen beobachtet wurde (Abb. 3.2D, 3.2F). Die umschriebenen Vertiefungen in der RGC könnten intraoperativ mechanisch während des Membranpeelings entstanden sein.

Interessanterweise schließt die persistierende Verdickung der Netzhaut und die leicht unregelmäßige Form der Netzhautschichten zwischen RNFL und ONL, sowie, in Übereinstimmung mit anderen Studien^(17,18), das Nichtvorhandensein einer fovealen Grube ein gutes Sehvermögen langfristig nach der Operation nicht aus (Abb. 3.2). In anderen Studien wurde beschrieben, dass Defekte in der Verbindung von Photorezeptoraußen- und Photorezeptorinnenschicht nach dem chirurgischen Peeling einer IEM⁽⁴⁾ mit einem schlechten funktionellen Ergebnis korreliert. Wir haben in der vorliegenden Studie keine solchen

Defekte beobachtet. Insgesamt besserte sich in dieser Studie die Sehschärfe kontinuierlich nach der Operation und erreichte bei der letzten Nachuntersuchung bei den meisten Patienten sehr gute Werte.

Historisch wurden Messungen der parafovealen Netzhautdicke an histologischen horizontalen Querschnitten der Makula gesunder menschlicher Augen durchgeführt. Diese Messungen ergaben eine gleichmäßige Verdickung der nasalen und temporalen Parafovea von 0,23mm⁽²⁷⁾. Im Gegensatz dazu ist nach unseren Ergebnissen die normale Parafovea nasal etwas dicker als temporal (Abb. 3.3G, 3.5G). Unser Ergebnis stimmt mit UltraHigh Resolution OCT-Studien⁽²⁾ und anderen fdOCT-Studien⁽¹²⁾ überein. Dass die Netzhaut an der nasalen Seite der Fovea physiologisch geringfügig dicker ist, liegt hauptsächlich an der hier etwas dickeren RNFL und wohl auch zu einem kleinen Teil an der hier etwas dickeren RGC+IPL, INL und OPL (Abb. 3.3, 3.5).

Es ist unklar, warum die nasale, parafoveale Netzhaut langfristig nach chirurgischem Membranpeeling verdickt bleibt (Abb. 3.1, 3.4G, 3.5G), während die Dicke der superioren, inferioren und temporalen Makula auf Normalwerte zurückgeht (Abb. 3.1). Die durchschnittliche Nachbeobachtungszeit betrug in der vorliegenden Studie 46 Monaten und war damit deutlich länger als bei anderen Berichten^(1,4,7,10,11,17,19,23). Eine weitere, wesentliche postoperative Abnahme der zentralen und nasalen Makuladicke im Anschluss an die lange Nachbeobachtungszeit dieser Studie kann zwar nicht ausgeschlossen werden, erscheint aber als unwahrscheinlich.

Bis heute gibt es nach unserem Wissen keine experimentellen Daten, die die Reaktion von Netzhautgewebe auf mechanische Traktion bzw. Scherspannung beschreiben. Uns sind auch keine Daten bekannt, die beschreiben, wie sich das Gewebe nach Lösung einer mechanischen Traktion erholt. Wegen des Verlaufes der Nervenfasern in Richtung des Sehnervs liegen Ganglionzellen und andere Netzhautzellen auf der nasalen Seite der Fovea sehr dicht gepackt, möglicherweise dichter als in anderen Bereichen der Parafovea. So könnte es sein, dass die Netzhaut auf der nasalen Seite der Fovea auf mechanische Traktionen und Scherspannung, die durch die IEM ausgeübt werden, empfindlicher reagiert und sich deshalb nach der Operation langsamer und insgesamt nur unvollständig erholt. Es könnte auch sein, dass sich die nasal dickere RNFL weniger entspannen kann und, dass sie wegen ihrer grösseren Dicke postoperativ nie wieder ihren normalen Dehnungszustand erreicht. Es ist mit den vorliegenden Daten nicht möglich, zwischen dieser Hypothese und anderen möglichen Ursa-

chen unserer Beobachtung zu unterscheiden.

Die vorliegenden Daten zeigen, dass zur genaueren Beurteilung der morphologischen Rückbildung der Makula nach Lösen von mechanischem Stress längere Nachbeobachtungszeiten erforderlich sind als bisher angenommen. Die vorliegenden Ergebnisse können für künftige morphologische Untersuchungen über die Wirkung von neuen makulachirurgischen Operationsmethoden, von neuen potentiell gewebsschädigenden energiereichen chirurgischen Lichtquellen oder von potentiell toxischen Vitalfarbstoffen hilfreich sein. Des weiteren können die vorliegenden Ergebnisse bei zukünftigen Untersuchungen zur Korrelation von Morphologie und visueller Funktion nach makulachirurgischen Eingriffen, zum Beispiel bei der genaueren Untersuchung des Effektes des Entferns der Membrana limitans interna (ILM), von Nutzen sein.

5 Zusammenfassung

Idiopathische epiretinale Membranen (IEM) sind eine Form abnormer Wundheilung im Auge. Sie bestehen aus verschiedenen Zellen und Kollagenfasern und entstehen ohne erkennbare Ursache auf der Oberfläche der zentralen Netzhaut (Makula lutea). Durch Kontraktion der Membran wird die makuläre Netzhaut in typischen Falten zusammengerafft und verdickt. Funktionell führen IEM zu einer Herabsetzung der Sehschärfe und aufgrund der Faltenbildung zu Verzerrtsehen.

Die morphologischen Veränderungen der Makula bei IEM und der Effekt der chirurgischen Entfernung von IEM („Membranpeeling“) sind bisher mit optischer Kohärenztomographie (OCT) untersucht worden. Es gibt allerdings keine genauen postoperativen morphologischen Langzeituntersuchungen.

Ziel der aktuellen Studie war eine genaue Untersuchung der Struktur der Makula und der einzelnen Netzhautschichten im postoperativen Langzeitverlauf mit hochauflösender OCT. Zusätzlich wurde bei 33 operierten Augen und 30 Augen einer alterskorrelierten Kontrollgruppe die bestkorrigierte Sehschärfe (BCVA) bestimmt und das Verzerrtsehen untersucht. Nach chirurgischem Membranpeeling wurde der Verlauf der Netzhautdicke mit time-domain OCT (tdOCT) gemessen. Lange postoperativ (Mittel 46 ± 13 Monate) wurde die Dicke der einzelnen Netzhautschichten mit frequency-domain OCT (fdOCT) gemessen, sowie die Struktur der Fovea analysiert und mit der bestkorrigierten Sehschärfe verglichen.

Präoperativ war bei allen Augen die gesamte Makula diffus verdickt und die foveale Grube verstrichen. Lange postoperativ blieb die Dicke aller Netzhautschichten zwischen der äußeren Körnerschicht (ONL) und der Ganglionzellschicht (RGC) mit innerer plexiformer Schicht (IPL), im horizontalen Meridian, in der Fovea und der nasalen Parafovea verdickt. Die Dicke des retinalen Pigmentepithels (RPE) mit den Photorezeptoren und der retinalen Nervenfaserschicht waren allerdings normal. 12 von 33 Augen hatten eine normale makuläre Anatomie mit fovealer Grube, wobei insgesamt, im Median, die foveale Kontur aller operierten Augen verzogen war. Das Zentrum der Makula blieb im Langzeitverlauf verdickt, während sich die Dicke auf der nasalen Fovea nur verzögert (35 Monate postoperativ) und unvollständig zurück bildete. Die superiore, inferiore und temporale Netzhautdicke der Fovea war ab 12-14 Monate postoperativ normal.

Die Ursache dieser Asymetrie ist bisher unklar. Die funktionellen Langzeitergebnisse waren insgesamt sehr gut, wobei das Fehlen einer fovealen Grube eine sehr gute Sehschärfe nicht

ausschluss. Insgesamt geben die vorliegenden Ergebnisse im Vergleich zu bisherigen Untersuchungen genaueren Aufschluss über den Langzeiteffekt der chirurgischen Entfernung von IEM. Zur präzisen Untersuchung der morphologischen Erholung der Netzhaut von mechanischem Stress sind längere Nachbeobachtungszeiträume erforderlich als bisher angenommen.

Die Ergebnisse können für künftige Untersuchungen des morphologischen Effekts neuer makulachirurgischer Operationsmethoden, zum Beispiel potentiell toxischer chirurgischer Lichtquellen oder potenziell toxischer Vitalfarbstoffe, sowie für Untersuchungen der Korrelation von Morphologie und visueller Funktion nach makulachirurgischen Eingriffen hilfreich sein.

6 Literatur

1. Aso H, Iijima H, Imai M, Gotoh T. Temporal changes in retinal thickness after removal of the epiretinal membrane. *Acta Ophthalmol.* 2009; 87: 419–423.
2. Drexler W, Morgner U, Ghanta RK, Kartner FX, Schuman JS, Fujimoto JG. Ultrahigh-resolution ophthalmic optical coherence tomography. *Nat Med.* 2001; 7: n502–507.
3. Eriksson U, Alm A. Macular thickness decreases with age in normal eyes: a study on the macular thickness map protocol in the Stratus OCT. *Br J Ophthalmol.* 2009; 93: 1448–1452.
4. Falkner-Radler CI, Glittenberg C, Hagen S, Benesch T, Binder S. Spectral-domain optical coherence tomography for monitoring epiretinal membrane surgery. *Ophthalmology.* 2010;117:798–805.
5. Grehn F, Leydhecker W (1995) Augenheilkunde 26.Auflage Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, ISBN 3-540-59296-2
6. Grierson J, Mazure A, Hogg P, Hiscott P, Sheridan C, Wong D. Non-vascular vitreoretinopathy: the cells and the cellular basis of contraction. *Eye* 1996; 10: 651-652
7. Hasegawa T, Emi K, Ikeda T, Watanabe M, Takaoka G. [Long-term prognosis of internal limiting membrane peeling for idiopathic epiretinal membrane]. *Nippon Ganka Gak kai Zasshi.* 2004; 108: 150–156.
8. Hee MR, Puliafito CA, Duker JS, et al. Topography of diabetic macular edema with optical coherence tomography. *Ophthalmology.* 1998; 105: 360–370.
9. Heidenkummer HP. *Vitreoretinale Membranen; Untersuchungen zu Pathogenese und Therapie.* Habilitationsschrift, Würzburg, 1992

-
10. Hillenkamp J, Saikia P, Gora F, et al. Macular function and morphology after peeling of idiopathic epiretinal membrane with and without the assistance of indocyanine green. *Br J Ophthalmol*. 2005; 89: 437–443.
 11. Hillenkamp J, Saikia P, Herrmann WA, Framme C, Gabel VP, Sachs HG. Surgical removal of idiopathic epiretinal membrane with or without the assistance of indocyanine green: a randomised controlled clinical trial. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2007; 245: 973–979.
 12. Hood DC, Lin CE, Lazow MA, Locke KG, Zhang X, Birch DG. Thickness of receptor and post-receptor retinal layers in patients with retinitis pigmentosa measured with frequency-domain optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2009; 50: 2328– 2336.
 13. Iwanoff A. Beiträge zu normalen und pathologischen Anatomie des Auges. *Archiv f Ophthalmol* 1865; 11: 135-170
 14. Jose Pinheiro, Douglas Bates, Saikat DebRoy, Deepayan Sarkar, and the R Core team (2009). *NLME: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models*. R package version 3.1–96. <http://www.R-project.org>. Accessed July 13, 2010.
 15. Kritzenberger M, Junglas B, Framme C, Helbig H, Gabel VP, Fuchshofer R, Tamm ER, Hillenkamp J. Different collagen types define two types of idiopathic epiretinal membranes. *Histopathology im Druck*
 16. Marmor MF, Choi SS, Zawadzki RJ, Werner JS. Visual insignificance of the foveal pit: reassessment of foveal hypoplasia as fovea plana. *Arch Ophthalmol*. 2008; 126: 907–913.
 17. Massin P, Allouch C, Haouchine B, et al. Optical coherence tomography of idiopathic macular epiretinal membranes before and after surgery. *Am J Ophthalmol*. 2000; 130: 732–739.
 18. Mitchell P, Smith W, Chey T, Wang JJ, Chang A. Prevalence and associations of epiretinal membranes: the Blue Mountains Eye Study, Australia. *Ophthalmology*. 1997; 104: 1033–1040.

-
19. Niwa T, Terasaki H, Kondo M, Piao CH, Suzuki T, Miyake Y. Function and morphology of macula before and after removal of idiopathic epiretinal membrane. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2003; 44: 1652–1656.
 20. Parsons JH. *The pathology of the eye.* Vol.2, Hodder and Stoughten, London, 1905, pp. 542-600.
 21. Pesin SR, Olk RJ, Grand MG, et al. Vitrectomy for premacular fibroplasia: prognostic factors, long-term follow-up, and time course of visual improvement. *Ophthalmology.* 1991; 98: 1109–1114.
 22. R Development Core Team. *R: A Language and Environment for Statistical Computing.* Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing; <http://www.R-project.org>. Accessed July 13, 2010.
 23. Schadlu R, Tehrani S, Shah GK, Prasad AG. Long-term follow-up results of ILM peeling during vitrectomy surgery for premacular fibrosis. *Retina.* 2008; 28: 853–857.
 24. Sidd RJ, Fine SL, Owens SL, Patz A. Idiopathic preretinal gliosis. *Am J Ophthalmol* 1982; 94: 44-48
 25. Spitznas M. [Normal ophthalmoscopic and histologic findings of the macular area and its variations]. *Ber Zusammenkunft Dtsch Ophthalmol Ges.* 1975; 73: 26 –37.
 26. Spitznas M, Lenenberger R. Die primäre epiretinale Gliose. *Klin Mbl Augenheilk* 1977; 171: 410
 27. Straatsma BR, Foos RY, Spencer LM. The retina: topography and clinical correlations. In: *New Orleans Academy of Ophthalmology: Symposium on Retina and Retinal Surgery.* St. Louis, MO; WD Cockerham: 1969; 1–26.
 28. Tannenbaum HL, Schepens CL, Ilzeneiny I. Macular pucker following retinal detachment surgery. *Arch Ophthalmol* 1979; 83:286-293
 29. Wise GN. Clinical features of idiopathic preretinal macular fibrosis. Schoenberg Lecture. *Am J Ophthalmol* 1975a; 79: 349-357

7 Anhang

7.1 Messergebnisse im Original

| Patienten-Nr. | Alter | Geschlecht | Auge | OP-Termin | Zugabe | Farbstoff | Linse | OP-follow-up in Monaten |
|--------------------|-------|------------|--------|------------|--------|-----------|-------------------|-------------------------|
| 24 | 77 | w | rechts | 23.01.2003 | Luft | nein | 16 Monate post-OP | 80 |
| 32 | 66 | m | links | 21.10.2003 | Luft | nein | 1 Monat post-OP | 71 |
| 19 | 69 | w | rechts | 14.09.2004 | Luft | nein | zur OP | 60 |
| 30 | 71 | m | links | 23.11.2004 | Luft | nein | zur OP | 58 |
| 14 | 79 | m | rechts | 29.09.2004 | / | nein | zur OP | 60 |
| 3 | 73 | m | rechts | 16.11.2004 | / | nein | 14 Monate post-OP | 59 |
| 7 | 81 | m | links | 12.11.2004 | / | nein | 13 Monate post-OP | 59 |
| 10 | 79 | w | links | 25.11.2004 | Luft | nein | ? Monate prä-OP | 58 |
| 26 | 75 | m | rechts | 05.04.2005 | / | nein | zur OP | 54 |
| 23 | 70 | m | rechts | 29.11.2005 | Luft | nein | zur OP | 46 |
| 21 | 66 | m | links | 06.12.2005 | Luft | nein | zur OP | 46 |
| 5 | 68 | m | links | 08.12.2005 | Luft | nein | zur OP | 46 |
| 4 | 75 | m | links | 10.03.2005 | / | nein | zur OP | 55 |
| 13 | 79 | w | links | 30.08.2005 | Luft | ICG | zur OP | 50 |
| 15 | 69 | m | links | 18.10.2005 | / | nein | zur OP | 45 |
| 31 | 76 | m | links | 19.09.2005 | Luft | nein | 21 Monate prä-OP | 48 |
| 18 | 84 | w | links | 12.05.2005 | / | nein | 56 Monate prä-OP | 53 |
| 2 | 69 | m | rechts | 10.01.2006 | Gas | nein | zur OP | 46 |
| 6 | 70 | w | rechts | 20.06.2006 | Gas | nein | zur OP | 42 |
| 16 | 69 | m | rechts | 13.06.2006 | / | nein | zur OP | 42 |
| 8 | 71 | m | links | 29.08.2006 | Luft | nein | 5 Monate prä-OP | 39 |
| 11 | 69 | w | rechts | 22.06.2006 | Gas | nein | zur OP | 42 |
| 9 | 69 | w | links | 31.01.2006 | / | nein | zur OP | 45 |
| 17 | 74 | w | links | 17.01.2006 | / | nein | zur OP | 46 |
| 20 | 71 | w | links | 01.12.2006 | Luft | nein | 36 Monate prä-OP | 35 |
| 28 | 76 | w | links | 11.08.2006 | / | nein | zur OP | 39 |
| 27 | 66 | w | links | 07.02.2006 | / | nein | 12 Monate post-OP | 45 |
| 29 | 70 | m | links | 28.02.2006 | Luft | nein | zur OP | 44 |
| 1 | 73 | m | rechts | 27.11.2007 | Luft | nein | zur OP | 24 |
| 12 | 69 | w | links | 22.05.2007 | / | nein | zur OP | 30 |
| 22 | 82 | w | links | 22.02.2007 | Gas | nein | zur OP | 33 |
| 25 | 75 | m | links | 15.11.2007 | / | nein | zur OP | 25 |
| 33 | 57 | m | rechts | 01.11.2007 | Gas | nein | zur OP | 25 |
| Median | 71 | | | | | | | 46 |
| Mittelwert | 72 | | | | | | | 47 |
| Standardabweichung | 6 | | | | | | | 13 |

Tabelle 1: Nummer, Alter und Geschlecht der Patienten dieser Studie; Seite des operierten Auges; Zugabe von Stoffen während der Operation; Verwendung von Farbstoffen während der Operation; Zeitpunkte des Ersatzes der natürlichen Linse durch eine künstliche Linse; Zeitraum der letzten Nachuntersuchung in Monaten nach der Operation

| Patienten-Nr. | Amsler-Test präop | Amsler-Test nach 3-6 Monaten | Amsler-Test jetzt |
|---------------|-------------------|------------------------------|-------------------|
| 24 | positiv | positiv | positiv |
| 32 | positiv | positiv | negativ |
| 19 | positiv | positiv | positiv |
| 30 | positiv | positiv | positiv |
| 14 | positiv | positiv | positiv |
| 3 | positiv | positiv | positiv |
| 7 | positiv | positiv | positiv |
| 10 | positiv | positiv | positiv |
| 26 | positiv | negativ | negativ |
| 23 | positiv | positiv | positiv |
| 21 | positiv | positiv | positiv |
| 5 | positiv | positiv | positiv |
| 4 | negativ | negativ | negativ |
| 13 | positiv | positiv | positiv |
| 15 | positiv | negativ | negativ |
| 31 | positiv | positiv | positiv |
| 18 | positiv | positiv | positiv |
| 2 | positiv | negativ | negativ |
| 6 | positiv | positiv | positiv |
| 16 | positiv | positiv | positiv |
| 8 | positiv | positiv | positiv |
| 11 | positiv | positiv | positiv |
| 9 | positiv | positiv | positiv |
| 17 | positiv | positiv | positiv |
| 20 | positiv | positiv | negativ |
| 28 | positiv | positiv | positiv |
| 27 | positiv | positiv | positiv |
| 29 | positiv | positiv | positiv |
| 1 | positiv | positiv | negativ |
| 12 | positiv | positiv | positiv |
| 22 | positiv | positiv | positiv |
| 25 | positiv | positiv | positiv |
| 33 | positiv | positiv | negativ |

Tabelle 2: Patientennummer in dieser Studie; Ergebnisse des Amsler-Tests präoperativ, 3-6 Monate nach der Operation und bei der letzten Nachuntersuchung

| Patienten-Nr. | Visus prä-OP | Visus prä-OP MAR | Visus prä-OP log(MAR) |
|---------------|----------------------------------|------------------|-----------------------|
| 24 | csc:+1.25/-0.5/75 \approx 0,5 | 2,0 | 0,3 |
| 32 | csc:-0.75/-0.25/89 \approx 0,5 | 2,0 | 0,3 |
| 19 | csc:+0.5/-1.0/170 \approx 0,4 | 2,5 | 0,4 |
| 30 | cc:+1.5/-0.0/180 \approx 0,6 | 1,7 | 0,2 |
| 14 | csc:+1.0/-0.75/56 \approx 0,5 | 2,0 | 0,3 |
| 3 | csc:-1.0/-1.75/94 \approx 0,7 | 1,4 | 0,2 |
| 7 | csc:+3.75/-0.75/75 \approx 0,3 | 3,3 | 0,5 |
| 10 | csc:+1.5/-0.75/105 \approx 0,2 | 5,0 | 0,7 |
| 26 | csc:+1.5/-0.25/57 \approx 0,4 | 2,5 | 0,4 |
| 23 | cc:+2.0/-1.0/69 \approx 0,3 | 3,3 | 0,5 |
| 21 | csc:-1.0/-0.25/144 \approx 0,3 | 3,3 | 0,5 |
| 5 | csc:+0.75/-1.0/133 \approx 0,3 | 3,3 | 0,5 |
| 4 | csc:+1.5/-0.75/48 \approx 0,5 | 2,0 | 0,3 |
| 13 | csc:+3.75/-0.5/57 \approx 0,4 | 2,5 | 0,4 |
| 15 | csc:-1.5/-0.5/11 \approx 0,2 | 5,0 | 0,7 |
| 31 | csc:+0.75/-0.25/56 \approx 0,2 | 5,0 | 0,7 |
| 18 | csc:+1.5/-2.0/89 \approx 0,5 | 2,0 | 0,3 |
| 2 | cc:+3.75/-1.0/70 \approx 0,05 | 20,0 | 1,3 |
| 6 | csc:+5.75/-0.5/15 \approx 0,3 | 3,3 | 0,5 |
| 16 | csc:-1.5/-1.0/165 \approx 0,3 | 3,3 | 0,5 |
| 8 | cc:-1.0/-1.25/130 \approx 0,2 | 5,0 | 0,7 |
| 11 | csc:-5.5/-0.5/134 \approx 0,2 | 5,0 | 0,7 |
| 9 | cc:+0.75/-1.0/50 \approx 0,3 | 3,3 | 0,5 |
| 17 | csc:+0.25/-0.5/8 \approx 0,5 | 2,0 | 0,3 |
| 20 | cc:+0.75/-0.75/98 \approx 0,3 | 3,3 | 0,5 |
| 28 | csc:+3.75/-1.0/60 \approx 0,4 | 2,5 | 0,4 |
| 27 | csc:-6.0/-0.0/180 \approx 0,3 | 3,3 | 0,5 |
| 29 | cc:-6.75/-0.0/180 \approx 0,4 | 2,5 | 0,4 |
| 1 | csc:+1.0/-1.0/90 \approx 0,4 | 2,5 | 0,4 |
| 12 | sc:0,2 | 5,0 | 0,7 |
| 22 | cc:-6.0/-3.0/5 \approx 0,3 | 3,3 | 0,5 |
| 25 | csc:+0.75/-1.25/81 \approx 0,4 | 2,5 | 0,4 |
| 33 | csc:-4.75/-0.0/180 \approx 0,2 | 5,0 | 0,7 |
| Median | | 3,3 | 0,5 |
| Mittelwert | | 3,7 | 0,5 |

Tabelle 3: Patientennummer in dieser Studie; bestkorrigierte Sehschärfe präoperativ

| Patienten-Nr. | Visus post-OP | Visus post-OP MAR | Visus post-OP log(MAR) |
|--------------------|--------------------------|-------------------|------------------------|
| 24 | csc:+1.25/-0.5/75°=0,3 | 3,3 | 0,5 |
| 32 | cc:-1.25/-0.25/89°=0,3 | 3,3 | 0,5 |
| 19 | sc:1/20 Metertafel | 20,0 | 1,3 |
| 30 | sc:Handbewegung | 100,0 | 2,0 |
| 14 | csc:+1.0/-0.75/56°=0,3 | 3,3 | 0,5 |
| 3 | sc:1/15 Metertafel | 15,8 | 1,2 |
| 7 | csc:+3.75/-0.75/75°=0,05 | 20,0 | 1,3 |
| 10 | sc:1/20 Metertafel | 20,0 | 1,3 |
| 26 | csc:+1.5/-0.25/57°=0,2 | 5,0 | 0,7 |
| 23 | sc:Handbewegung | 100,0 | 2,0 |
| 21 | sc:Handbewegung | 100,0 | 2,0 |
| 5 | sc:Handbewegung | 100,0 | 2,0 |
| 4 | sc:1/20 Metertafel | 20,0 | 1,3 |
| 13 | sc:Handbewegung | 100,0 | 2,0 |
| 15 | cc:+0.75/-4.75/46°=0,5 | 2,0 | 0,3 |
| 31 | sc:Handbewegung | 100,0 | 2,0 |
| 18 | sc:Handbewegung | 100,0 | 2,0 |
| 2 | sc:Handbewegung | 100,0 | 2,0 |
| 6 | cc:+1.0/-0.5/15°=0,4 | 2,5 | 0,4 |
| 16 | sc:1/10 Metertafel | 10,0 | 1,0 |
| 8 | sc:Handbewegung | 100,0 | 2,0 |
| 11 | cc:-1.25/-1.25/175°=0,4 | 2,5 | 0,4 |
| 9 | cc:+1.5/-2.5/85°=0,5 | 2,0 | 0,3 |
| 17 | cc:-1.0/-0.0/180°=0,2 | 5,0 | 0,7 |
| 20 | sc:1/15 Metertafel | 15,8 | 1,2 |
| 28 | cc:+1.5/-0.0/180°=0,2 | 5,0 | 0,7 |
| 27 | sc:1/35 Metertafel | 31,6 | 1,5 |
| 29 | sc:Handbewegung | 100,0 | 2 |
| 1 | sc:Fingerzählen | 79,4 | 1,9 |
| 12 | cc:+1.5/-3.75/50°=0,2 | 5,0 | 0,7 |
| 22 | sc:Handbewegung | 100,0 | 2,0 |
| 25 | cc:-0.5/-0.75/130°=0,3 | 3,3 | 0,5 |
| 33 | sc:Handbewegung | 100,0 | 2,0 |
| Median | | 20,0 | 1,3 |
| Mittelwert | | 44,7 | 1,3 |
| Standardabweichung | | 44,6 | 0,7 |

Tabelle 4: Patientenummer in dieser Studie; bestkorrigierte Sehschärfe postoperativ

| Patienten-Nr. | Visus nach 3-6 Monaten | Visus nach 3-6 Monaten MAR | Visus nach 3-6 Monaten log(MAR) |
|--------------------|-----------------------------------|----------------------------|---------------------------------|
| 24 | csc:-0,5/-0.5/121 \approx 0,7 | 1,4 | 0,2 |
| 32 | csc:-1.25/-0.75/153 \approx 0,6 | 1,7 | 0,2 |
| 19 | cc:-0.25/-0.5//180 \approx 0,8 | 1,3 | 0,1 |
| 30 | cc:-0.25/-0.0/180 \approx 0,4 | 2,5 | 0,4 |
| 14 | csc:+1.0/-0.75/56 \approx 0,6 | 1,7 | 0,2 |
| 3 | csc:+1.0/-0.75/94 \approx 0,8 | 1,3 | 0,1 |
| 7 | cc:-0.5/-0.0/180 \approx 0,5 | 2,0 | 0,3 |
| 10 | csc:+2.0/-1.75/96 \approx 0,3 | 3,3 | 0,5 |
| 26 | csc:+1.5/-0.5/100 \approx 0,5 | 2,0 | 0,3 |
| 23 | cc:+1.0/-1.0/100 \approx 0,8 | 1,3 | 0,1 |
| 21 | csc:-2.0/-0.25/86 \approx 0,2 | 5,0 | 0,7 |
| 5 | csc:+0.75/-1.0/133 \approx 1,0 | 1,0 | 0,0 |
| 4 | cc:+0.5/-1.75/66 \approx 0,5 | 2,0 | 0,3 |
| 13 | cc:+2.0/-0.5/148 \approx 0,4 | 2,5 | 0,4 |
| 15 | csc:-1.25/-0.25/37 \approx 0,9 | 1,1 | 0,0 |
| 31 | csc:+1.25/-0.5/97 \approx 0,6 | 1,7 | 0,2 |
| 18 | csc:+1.5/-2.0/89 \approx 0,5 | 2,0 | 0,3 |
| 2 | csc:+2.25/-1.75/108 \approx 0,2 | 5,0 | 0,7 |
| 6 | csc:+1.25/-0.5/125 \approx 0,8 | 1,3 | 0,1 |
| 16 | csc:-0.25/-3.0/15 \approx 0,3 | 3,3 | 0,5 |
| 8 | cc:-2.25/-0.25/130 \approx 0,3 | 3,3 | 0,5 |
| 11 | cc:-1.75/-0.75/165 \approx 0,7 | 1,4 | 0,2 |
| 9 | csc:-0.5/-0.75/18 \approx 0,7 | 1,4 | 0,2 |
| 17 | csc:-0.75/-1.75/48 \approx 0,8 | 1,3 | 0,1 |
| 20 | cc:+1.0/-1.0/93 \approx 0,6 | 1,7 | 0,2 |
| 28 | cc:+1.0/-1.5/75 \approx 0,8 | 1,3 | 0,1 |
| 27 | csc:-6.0/-0.0/180 \approx 0,5 | 2,0 | 0,3 |
| 29 | cc:-1.75/-0.25/165 \approx 0,8 | 1,3 | 0,1 |
| 1 | cc:-1.25/-1.0/88 \approx 0,7 | 1,4 | 0,2 |
| 12 | cc:+0.25/-0.25/70 \approx 0,6 | 1,7 | 0,2 |
| 22 | cc:-1.5/-0.75/5 \approx 0,8 | 1,3 | 0,1 |
| 25 | csc:-0.25/-1.25/85 \approx 0,8 | 1,3 | 0,1 |
| 33 | cc:-2.75/-1.75/175 \approx 0,5 | 2,0 | 0,3 |
| Median | | 1,7 | 0,2 |
| Mittelwert | | 2,0 | 0,2 |
| Standardabweichung | | 1,0 | 0,2 |

Tabelle 5: Patientennummer in dieser Studie; bestkorrigierte Sehschärfe 3-6 Monate nach der Operation

| Patienten-Nr. | Fernvisus jetzt | Frenvisus MAR | Fernvisus log(MAR) |
|--------------------|----------------------------------|---------------|--------------------|
| 24 | cc:-1.0/-0.0/180 \approx 0,8 | 1,3 | 0,1 |
| 32 | cc:-1,5/-0.0/180 \approx 0,7 | 1,4 | 0,2 |
| 19 | cc:-0.5/-0.25/152 \approx 1,0 | 1,0 | 0,0 |
| 30 | cc:-0.5/-0.0/180 \approx 0,7 | 1,4 | 0,2 |
| 14 | cc:+0.75/-0.75/141 \approx 1,0 | 1,0 | 0,0 |
| 3 | cc:+2.0/-0.25/39 \approx 0,8 | 1,0 | 0,0 |
| 7 | cc:+1.0/-1.5/82 \approx 0,6 | 1,7 | 0,2 |
| 10 | cc:+1.5/-1.75/108 \approx 0,5 | 2,0 | 0,3 |
| 26 | cc:+1.5/-0.5/86 \approx 1,0 | 1,0 | 0,0 |
| 23 | cc:+1.0/-0.75/95 \approx 1,0 | 1,0 | 0,0 |
| 21 | cc:-1.0/-1.0/102 \approx 0,5 | 2,0 | 0,3 |
| 5 | cc:-0.0/-0.75/122 \approx 1,0 | 1,0 | 0,0 |
| 4 | cc:-0.5/-2.25/73 \approx 0,7 | 1,4 | 0,2 |
| 13 | cc:+2.25/-0.75/103 \approx 0,8 | 1,3 | 0,1 |
| 15 | cc:-1.0/-0.5/48 \approx 1,0 | 1,0 | 0,0 |
| 31 | cc:+1.25/-1.0/91 \approx 0,4 | 2,5 | 0,4 |
| 18 | cc:+2.25/-2.0/94 \approx 0,6 | 1,7 | 0,2 |
| 2 | cc:+2.0/-1.0/95 \approx 0,2 | 5,0 | 0,7 |
| 6 | cc:-3.25/-0.5/148 \approx 0,7 | 1,4 | 0,2 |
| 16 | cc:-0.5/-0.5/167 \approx 0,8 | 1,3 | 0,1 |
| 8 | cc:-2.0/-1.0/148 \approx 0,7 | 1,4 | 0,2 |
| 11 | cc:-2.0/-0.0/180 \approx 0,7 | 1,4 | 0,2 |
| 9 | cc:-1.0/-0.25/171 \approx 0,7 | 1,4 | 0,2 |
| 17 | cc:-0.75/-1.25/48 \approx 0,9 | 1,1 | 0,0 |
| 20 | cc:+1.25/-1.0/82 \approx 0,9 | 1,1 | 0,0 |
| 28 | cc:+1.0/-2.0/67 \approx 1,0 | 1,0 | 0,0 |
| 27 | cc:-2.75/-0.0/180 \approx 0,8 | 1,3 | 0,1 |
| 29 | cc:-2.25/-0.5/160 \approx 0,8 | 1,3 | 0,1 |
| 1 | cc:-1.25/-1.0/94 \approx 0,9 | 1,1 | 0,0 |
| 12 | cc:+3.0/-0.25/51 \approx 1,0 | 1,0 | 0,0 |
| 22 | cc:-1.5/-0.5/14 \approx 0,8 | 1,3 | 0,1 |
| 25 | cc:-0.0/-1.5/87 \approx 1,0 | 1,0 | 0,0 |
| 33 | cc:-2.75/-1.5/172 \approx 0,7 | 1,4 | 0,2 |
| Median | | 1,3 | 0,1 |
| Mittelwert | | 1,4 | 0,1 |
| Standardabweichung | | 0,7 | 0,1 |

Tabelle 6: Patientenummer in dieser Studie; bestkorrigierte Sehschärfe zum Zeitpunkt der letzten Nachuntersuchung

| Patienten-Nr. | Nahvisus jetzt | Nahvisus MAR | Nahvisus log(MAR) | Zeit bis Endvisus in Monaten |
|--------------------|-------------------------|--------------|-------------------|------------------------------|
| 24 | cc:+1.75/-0.0/180°=0,8 | 1,3 | 0,1 | 19 |
| 32 | cc:+1.75/-0.0/180°=0,3 | 3,3 | 0,5 | 2 |
| 19 | cc:+1.0/-0.25/152°=0,8 | 1,3 | 0,1 | 12 |
| 30 | cc:+3.5/-0.0/180°=0,6 | 1,7 | 0,2 | 13 |
| 14 | cc:+3.25/-0.75/141°=0,8 | 1,3 | 0,1 | 9 |
| 3 | cc:+6.5/-0.25/39°=0,4 | 2,5 | 0,4 | 2 |
| 7 | cc:+3.75/-1.5/82°=0,4 | 2,5 | 0,4 | 13 |
| 10 | cc:+5.25/-1.75/86°=0,4 | 2,5 | 0,4 | 10 |
| 26 | cc:+4.0/-0.5/86°=0,7 | 1,4 | 0,2 | 13 |
| 23 | cc:+3.0/-0.75/95°=1,0 | 1,0 | 0,0 | 5 |
| 21 | cc:+2.0/-1.0/102°=0,2 | 5,0 | 0,7 | 26 |
| 5 | cc:+2.5/-0.75/121°=0,5 | 2,0 | 0,3 | 2 |
| 4 | cc:+3.0/-2.25/73°=0,5 | 2,0 | 0,3 | 3 |
| 13 | cc:+4.25/-0.75/103°=0,4 | 2,5 | 0,4 | 15 |
| 15 | cc:+0.75/-0.5/48°=0,9 | 1,1 | 0,0 | 9 |
| 31 | cc:+3.5/-1.0/91°=0,4 | 2,5 | 0,4 | 3 |
| 18 | cc:+5.5/-2.0/94°=0,3 | 3,3 | 0,5 | 48 |
| 2 | cc:+4.25/-1.0/95°=0,2 | 5,0 | 0,7 | 13 |
| 6 | cc:+1.25/-0.5/148°=0,6 | 1,7 | 0,2 | 2 |
| 16 | cc:+0.75/-1.0/167°=0,5 | 2,0 | 0,3 | 7 |
| 8 | cc:+0.75/-0.75/103°=0,5 | 2,0 | 0,3 | 13 |
| 11 | cc:+2.75/-0.0/180°=0,5 | 2,0 | 0,3 | 8 |
| 9 | cc:+2.25/-0.5/29°=0,6 | 1,7 | 0,2 | 3 |
| 17 | cc:+2.0/-1.25/48°=0,7 | 1,4 | 0,2 | 3 |
| 20 | cc:+3.5/-1.0/82°=0,5 | 2,0 | 0,3 | 20 |
| 28 | cc:+2.25/-2.0/67°=0,7 | 1,4 | 0,2 | 6 |
| 27 | cc:-1.75/-0.0/180°=0,6 | 1,7 | 0,2 | 12 |
| 29 | cc:+0.25/-0.5/160°=0,7 | 1,4 | 0,2 | 9 |
| 1 | cc:+1.25/-1.0/90°=0,8 | 1,3 | 0,1 | 24 |
| 12 | cc:+2.5/-0.0/180°=0,5 | 2,0 | 0,3 | 24 |
| 22 | cc:+1.0/-0.5/14°=0,6 | 1,7 | 0,2 | 3 |
| 25 | cc:+3.0/-1.5/87°=0,9 | 1,1 | 0,0 | 26 |
| 33 | cc:-0.5/-1.5/172°=0,4 | 2,5 | 0,4 | 24 |
| Median | | 2,0 | 0,3 | 10 |
| Mittelwert | | 2,1 | 0,3 | 12 |
| Standardabweichung | | 1,0 | 0,2 | 10 |

Tabelle 7: Patientennummer in dieser Studie; bestkorrigierter Nahsehstärke zum Zeitpunkt der letzten Nachuntersuchung

| Patienten-Nr. | GF-Ausfälle | Membranrezidiv | Struktur Fovea im OCT | Foveal pit |
|---------------|-------------|----------------|--|------------|
| 24 | nein | nein | normal, sehr gut | ja |
| 32 | nein | ja | verzogene äussere Körnerschicht, parafoveolär gespaltene Nervenfaserschicht | nein |
| 19 | nein | nein | innere Körnerschicht in der Fovea verdickt, sonst gut | ja |
| 30 | nein | nein | minimal verdickte innere Körnerschicht | ja |
| 14 | nein | ja | unregelmässige äussere Körnerschichtdicke, sehr gut | ja |
| 3 | nein | nein | Ganglienschicht verdickt in Fovea, sonst gut | nein |
| 7 | nein | ja | unregelmässige äussere Körnerschichtdicke, Ganglienschicht verdickt in Fovea | nein |
| 10 | ja | nein | unregelmässige äussere Körnerschicht nasal parafoveolär | ja |
| 26 | nein | nein | verdickte innere Körner, innere plexiforme, Ganglienzellschicht | nein |
| 23 | nein | nein | verdickte innere Körner, innere plexiforme, Ganglienzellschicht | nein |
| 21 | nein | nein | IS/OS und OS blurred | nein |
| 5 | nein | nein | unregelmässige äussere Körnerschicht | nein |
| 4 | nein | nein | innere Körnerschicht in der Fovea verdickt | nein |
| 13 | nein | nein | OS hochreflektiv | ja |
| 15 | nein | nein | minimal verdickte innere Körnerschicht, insgesamt sehr gut | ja |
| 31 | nein | nein | minimal verdickte innere Körnerschicht | nein |
| 18 | nein | nein | minimal verdickte innere Körnerschicht, nasal Membran | nein |
| 2 | nein | nein | minimal verdickte innere Körnerschicht | nein |
| 6 | nein | nein | minimal verdickte innere Körnerschicht, umschriebene RPE-verdickung | ja |
| 16 | nein | nein | nasal Membran, sonst normal | ja |
| 8 | nein | nein | alles normal | ja |
| 11 | nein | nein | äussere Körnerschicht unregelmässig, sonst normal | ja |
| 9 | nein | nein | minimal verdickte innere Körnerschicht | nein |
| 17 | nein | nein | minimal verdickte innere Körnerschicht, sonst normal | ja |
| 20 | nein | nein | verdickte innere Körner, innere plexiforme, Ganglienzellschicht | nein |
| 28 | nein | nein | verdickte innere Körner, innere plexiforme, Ganglienzellschicht | nein |
| 27 | nein | nein | minimal verdickte innere Körnerschicht | nein |
| 29 | nein | nein | äussere und innere Körnerschicht verdickt | nein |
| 1 | nein | nein | verdickte innere Körner, innere plexiforme, Ganglienzellschicht | nein |
| 12 | ja | nein | verdickte innere Körner, innere plexiforme, Ganglienzellschicht | nein |
| 22 | nein | nein | alle Schichten innerhalb der äusseren Körnerschicht verzogen | nein |
| 25 | nein | nein | verdickte innere Körner, innere plexiforme, Ganglienzellschicht | nein |
| 33 | nein | nein | minimal verdickte innere Körner, CMÖ temporal der Fovea | nein |

Tabelle 8: Patientennummer in dieser Studie; Auftreten von Gesichtsfeldausfällen (GF-Ausfälle); Bildung eines Rezidivs der idiopathischen epiretinalen Membran; anatomische Struktur im frequency-domain OCT; Ausbildung einer fovealen Grube

| Patienten-Nr. | follow-up(Monate) | Auge | Str. OCT 1 | Str. OCT 2 | Str. OCT 3 | Str. OCT 4 | Str. OCT 5 |
|----------------------------|-------------------|--------|------------|------------|------------|------------|------------|
| operierte Patienten | | | | | | | |
| 24 | 15 | rechts | 239 | 272 | 255 | 270 | 295 |
| | 80 | | | | | | |
| 32 | 71 | links | | | | | |
| 19 | 0 | rechts | 499 | 462 | 475 | 516 | 490 |
| | 4 | | 371 | 337 | 296 | 332 | 363 |
| | 36 | | 350 | 324 | 288 | 312 | 357 |
| | 62 | | 329 | 303 | 267 | 304 | 340 |
| 30 | 0 | links | 395 | 357 | 322 | 385 | 437 |
| | 58 | | | | | | |
| 14 | 0 | rechts | 304 | 332 | 322 | 317 | 335 |
| | 4 | | 252 | 329 | 294 | 316 | 317 |
| | 60 | | | | | | |
| 3 | 0 | rechts | 317 | 303 | 233 | 327 | 270 |
| | 0 | | 422 | 405 | 380 | 340 | 370 |
| | 59 | | | | | | |
| 7 | 0 | links | 424 | 413 | 344 | 384 | 332 |
| | 59 | | | | | | |
| 10 | 0 | links | 369 | 334 | 336 | 330 | / |
| | 2 | | 214 | 256 | 250 | 243 | 252 |
| | 41 | | 165 | 260 | 249 | 259 | 249 |
| | 60 | | 170 | 212 | 215 | 220 | 216 |
| 26 | 0 | rechts | 508 | 444 | 470 | 469 | 437 |
| | 4 | | 597 | 457 | 516 | 465 | 490 |
| | 52 | | | | | | |
| 23 | 0 | rechts | 535 | 483 | 505 | 419 | 405 |
| | 2 | | 375 | 322 | 283 | 298 | 344 |
| | 46 | | | | | | |
| 21 | 0 | links | 447 | 476 | 407 | 377 | 444 |
| | 2 | | 499 | 477 | 430 | 439 | 470 |
| | 16 | | 400 | 354 | 309 | 407 | 423 |
| | 19 | | 393 | 313 | 289 | 335 | 396 |
| | 46 | | | | | | |
| 5 | 0 | links | 508 | 485 | 473 | 461 | 479 |
| | 2 | | 397 | 337 | 298 | 307 | 358 |
| | 11 | | 368 | 304 | 286 | 297 | 341 |
| | 47 | | 332 | 272 | 258 | 287 | 318 |
| 4 | 0 | links | 407 | 332 | 362 | 396 | 370 |
| | 3 | | 333 | 284 | 288 | 293 | 321 |
| | 55 | | | | | | |
| 13 | 2 | links | 392 | 322 | 308 | 341 | 376 |
| | 9 | | 314 | 300 | 266 | 282 | 350 |
| | 50 | | | | | | |
| 15 | 0 | links | 361 | 354 | 334 | 354 | 349 |
| | 1 | | 357 | 335 | 305 | 333 | 350 |
| | 7 | | 330 | 332 | 308 | 291 | 333 |
| | 9 | | 308 | 326 | 297 | 276 | 298 |
| | 49 | | 269 | 310 | 279 | 264 | 281 |
| 31 | 2 | links | 335 | 323 | 273 | 316 | 365 |
| | 18 | | 324 | 307 | 285 | 309 | 370 |
| | 20 | | 307 | 310 | 269 | 292 | 347 |
| | 48 | | | | | | |
| 18 | 0 | links | 327 | 354 | 364 | 345 | 352 |
| | 1 | | 307 | 294 | 272 | 300 | 337 |
| | 28 | | 255 | 249 | 244 | 272 | 297 |
| | 41 | | 250 | 244 | 236 | 262 | 270 |
| | 53 | | | | | | |
| 2 | 0 | rechts | 650 | 492 | 564 | 500 | 537 |
| | 1 | | 319 | 297 | 286 | 322 | 337 |
| | 4 | | 296 | 269 | 262 | 294 | 311 |
| | 13 | | 289 | 263 | 254 | 274 | 301 |
| | 46 | | 245 | 241 | 222 | 257 | 289 |
| 6 | 0 | rechts | 469 | 485 | 466 | 317 | 387 |
| | 3 | | 313 | 308 | 269 | 265 | 307 |
| | 41 | | 247 | 266 | 201 | 239 | 211 |

Tabelle 9: Patientennummer in dieser Studie; Zeitraum der letzten Nachuntersuchung in Monaten nach der Operation; Seite des operierten Auges; gemessene Dicken der Netzhaut in den verschiedenen Teilfeldern, angegeben in μm ; Str. OCT= time-domain OCT; 1: zentrales Teilfeld, 2: superiores Teilfeld, 3: temporales Teilfeld, 4: inferiores Teilfeld, 5: nasales Teilfeld

| Patienten-Nr. | follow-up(Monate) | Auge | Str. OCT 1 | Str. OCT 2 | Str. OCT 3 | Str. OCT 4 | Str. OCT 5 |
|---------------------------------------|-------------------|--------|------------|------------|------------|------------|------------|
| operierte Patienten | | | | | | | |
| 16 | 0 | rechts | 231 | 308 | 302 | 324 | 314 |
| | 1 | | 305 | 331 | 282 | 340 | 335 |
| | 41 | | 212 | 257 | 253 | 269 | 300 |
| 8 | 0 | links | 665 | 494 | 595 | 488 | 476 |
| | 39 | | 194 | 279 | 272 | 275 | 299 |
| 11 | 0 | rechts | 333 | 308 | 305 | 324 | 332 |
| | 2 | | 280 | 236 | 212 | 290 | 307 |
| | 8 | | 239 | 221 | 217 | 260 | 284 |
| | 41 | | 220 | 216 | 207 | 250 | 266 |
| 9 | 0 | links | 382 | 366 | 372 | 313 | 331 |
| | 3 | | 293 | 292 | 316 | 290 | 255 |
| | 12 | | 299 | 291 | 293 | 276 | 250 |
| | 45 | | | | | | |
| 17 | 0 | links | 375 | 407 | 364 | 349 | 386 |
| | 3 | | 305 | 315 | 285 | 281 | 357 |
| | 46 | | 276 | 293 | 263 | 291 | 321 |
| 20 | 0 | links | 365 | 364 | 351 | 348 | 340 |
| | 3 | | 346 | 285 | 273 | 302 | 326 |
| | 34 | | | | | | |
| 28 | 0 | links | 359 | 357 | 350 | 293 | 331 |
| | 38 | | 295 | 259 | 244 | 266 | 291 |
| 27 | 0 | links | 485 | 442 | 474 | 487 | 389 |
| | 3 | | 310 | 297 | 276 | 297 | 338 |
| | 10 | | 272 | 264 | 253 | 270 | 297 |
| | 35 | | 255 | 246 | 238 | 255 | 282 |
| | 45 | | 230 | 249 | 211 | 251 | 309 |
| 29 | 0 | links | 296 | 335 | 338 | 334 | 349 |
| | 3 | | 329 | 286 | 278 | 314 | 342 |
| | 9 | | 309 | 278 | 258 | 304 | 336 |
| | 45 | | 290 | 266 | 241 | 285 | 332 |
| 1 | 0 | rechts | 527 | 496 | 466 | 448 | 300 |
| | 3 | | 341 | 314 | 288 | 325 | 369 |
| | 24 | | 320 | 290 | 242 | 284 | 246 |
| - | 0 | rechts | 265 | 316 | 263 | 311 | 279 |
| | 0 | | 625 | 523 | 445 | 532 | 648 |
| | 5 | | 483 | 463 | 340 | 378 | 307 |
| | 8 | | 432 | 311 | 402 | 333 | 375 |
| | 13 | | 318 | 287 | 372 | 271 | 312 |
| | 15 | | 346 | 295 | 461 | 287 | 311 |
| | 16 | | 303 | 279 | 372 | 291 | 307 |
| | 24 | | 286 | / | 346 | 316 | 325 |
| 12 | 0 | links | 521 | 396 | 443 | 413 | 457 |
| | 3 | | 403 | 350 | 309 | 349 | 374 |
| | 31 | | 372 | 311 | 302 | 296 | 343 |
| 22 | 0 | links | 504 | 489 | 484 | 492 | 518 |
| | 2 | | 398 | 307 | 336 | 373 | 358 |
| | 34 | | 291 | 271 | 251 | 280 | 303 |
| 25 | 0 | links | 346 | 432 | 403 | 364 | 342 |
| | 2 | | 364 | 319 | 299 | 356 | 363 |
| | 7 | | 358 | 301 | 299 | 348 | 340 |
| | 25 | | 337 | 296 | 272 | 319 | 338 |
| Median prä-OP | | | 423 | 407 | 380 | 377 | 378 |
| Median 1-3 Monate post-OP | | | 335 | 315 | 288 | 316 | 342 |
| Median jetzt | | | 286 | 271 | 252 | 277,5 | 301,5 |
| Mittelwert prä-OP | | | 439,5 | 410,2069 | 400,3871 | 393,75862 | 402,48148 |
| Mittelwert 1-3 Monate post-OP | | | 350,25926 | 32388889 | 300,62963 | 323,51852 | 344,92593 |
| Mittelwert jetzt | | | 273,05556 | 270,05882 | 252,55556 | 275,16667 | 296 |
| Standardabweichung prä-OP | | | 120,71587 | 81,229377 | 94,1689 | 75,024687 | 86,106077 |
| Standardabweichung 1-3 Monate post-OP | | | 86,928711 | 64,79353 | 67,754789 | 63,938829 | 58,623067 |
| Standardabweichung jetzt | | | 47,806673 | 37,463518 | 51,418612 | 31,54878 | 40,53903 |

Tabelle 10: Medianwerte, Mittelwerte und Standardabweichung für die verschiedenen Untersuchungszeitpunkte; sonst wie Tabelle 9

| Patienten-Nr. | Alter | Auge | Str. OCT 1 | Str. OCT 2 | Str. OCT 3 | Str. OCT 4 | Str. OCT 5 |
|---------------------------|-----------|--------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Kontrollgruppe | | | | | | | |
| 30 | 71 | rechts | | | | | |
| 26 | 68 | rechts | | | | | |
| 24 | 60 | rechts | | | | | |
| 11 | 79 | rechts | | | | | |
| 18 | 71 | rechts | | | | | |
| 4 | 77 | rechts | | | | | |
| 10 | 59 | links | | | | | |
| 1 | 71 | rechts | | | | | |
| 29 | 72 | rechts | | | | | |
| 27 | 66 | rechts | 212 | 249 | 243 | 265 | 255 |
| 20 | 59 | rechts | 209 | 254 | 247 | 255 | 263 |
| 12 | 80 | rechts | 179 | 258 | 254 | 254 | 263 |
| 13 | 79 | rechts | 163 | 251 | 235 | 255 | 252 |
| 16 | 69 | links | 229 | 282 | 265 | 282 | 286 |
| 5 | 70 | links | 189 | 230 | 235 | 236 | 238 |
| 15 | 74 | rechts | 191 | 287 | 265 | 282 | 283 |
| 28 | 70 | rechts | 177 | 276 | 263 | 273 | 268 |
| 9 | 71 | rechts | 210 | 282 | 272 | 279 | 278 |
| 8 | 70 | rechts | | | | | |
| 25 | 66 | rechts | | | | | |
| 2 | 69 | links | 235 | 288 | 283 | 292 | 297 |
| 7 | 72 | rechts | 206 | 267 | 257 | 270 | 269 |
| 19 | 82 | rechts | 236 | 293 | 274 | 280 | 289 |
| 14 | 82 | links | 223 | 272 | 262 | 275 | 282 |
| 3 | 70 | links | 221 | 268 | 236 | 277 | 268 |
| 23 | 73 | rechts | | | | | |
| 22 | 73 | links | | | | | |
| 21 | 75 | rechts | 227 | 291 | 286 | 292 | 299 |
| 6 | 85 | links | 226 | 271 | 268 | 278 | 283 |
| 17 | 75 | rechts | 199 | 252 | 242 | 254 | 258 |
| Median | 71 | | 210 | 271 | 262 | 275 | 269 |
| Mittelwert | 72 | | 207,76471 | 268,88235 | 258,05882 | 270,52941 | 272,41176 |
| Standardabweichung | 6 | | 21,816076 | 17,730209 | 16,318971 | 15,252531 | 16,692284 |

Tabelle 11: Nummer und Alter der Personen in dieser Studie; Seite des operierten Auges; gemessene Dicken der Netzhaut in den verschiedenen Teilfeldern, angegeben in μm ; Str. OCT= time-domain OCT; 1: zentrales Teilfeld, 2: superiores Teilfeld, 3: temporales Teilfeld, 4: inferiores Teilfeld, 5: nasales Teilfeld; Medianwerte, Mittelwerte und Standardabweichung

| Patienten-Nr. | follow-up(Monate) | Auge | Sp. OCT 1 | Sp. OCT 2 | Sp. OCT 3 | Sp. OCT 4 | Sp. OCT 5 |
|----------------------------|-------------------|--------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| operierte Patienten | | | | | | | |
| 24 | 80 | rechts | 333 | 337 | 320 | 337 | 361 |
| 32 | 71 | links | 296 | 365 | 358 | 341 | 352 |
| 19 | 62 | rechts | 412 | 379 | 350 | 370 | 398 |
| 30 | 58 | links | 371 | 303 | 305 | 381 | 362 |
| 14 | 60 | rechts | 305 | 380 | 326 | 369 | 371 |
| 3 | 59 | rechts | 347 | 336 | 311 | 335 | 369 |
| 7 | 59 | links | 383 | 341 | 360 | 364 | 375 |
| 10 | 60 | links | 244 | 276 | 257 | 286 | 292 |
| 26 | 52 | rechts | 445 | 350 | 358 | 363 | 379 |
| 23 | 46 | rechts | 407 | 349 | 328 | 325 | 355 |
| 21 | 46 | links | 362 | 330 | 300 | 347 | 418 |
| 5 | 47 | links | 411 | 344 | 331 | 349 | 391 |
| 4 | 55 | links | 374 | 333 | 326 | 334 | 364 |
| 13 | 50 | links | 342 | 326 | 309 | 349 | 378 |
| 15 | 49 | links | 346 | 381 | 339 | 330 | 344 |
| 31 | 48 | links | 368 | 368 | 325 | 350 | 409 |
| 18 | 53 | links | 326 | 313 | 305 | 322 | 365 |
| 2 | 46 | rechts | 327 | 309 | 299 | 340 | 363 |
| 6 | 41 | rechts | 364 | 328 | 314 | 327 | 355 |
| 16 | 41 | rechts | 289 | 331 | 319 | 335 | 369 |
| 8 | 39 | links | 265 | 334 | 334 | 338 | 361 |
| 11 | 41 | rechts | 311 | 268 | 306 | 314 | 356 |
| 9 | 45 | links | 343 | 338 | 342 | 329 | 354 |
| 17 | 46 | links | 343 | 353 | 322 | 352 | 382 |
| 20 | 34 | links | 391 | 323 | 321 | 358 | 384 |
| 28 | 38 | links | 369 | 327 | 311 | 326 | 353 |
| 27 | 45 | links | 318 | 306 | 299 | 318 | 341 |
| 29 | 45 | links | 362 | 322 | 305 | 353 | 398 |
| 1 | 24 | rechts | 395 | 358 | 309 | 344 | 403 |
| 33 | 24 | rechts | 368 | 343 | 467 | 340 | 372 |
| 12 | 31 | links | 433 | 372 | 354 | 365 | 404 |
| 22 | 34 | links | 352 | 319 | 310 | 318 | 357 |
| 25 | 25 | links | 409 | 363 | 340 | 374 | 400 |
| Median | | | 362 | 336 | 321 | 340 | 369 |
| Standardabweichung | | | 45,38207 | 26,987284 | 33,249166 | 20,418973 | 24,515774 |

Tabelle 12: Patientennummer in dieser Studie; Zeitraum der letzten Nachuntersuchung in Monaten nach der Operation; Seite des operierten Auges; gemessene Dicken der Netzhaut in den verschiedenen Teilfeldern, angegeben in μm ; Sp. OCT= frequency-domain OCT; 1: zentrales Teilfeld, 2: superiores Teilfeld, 3: temporales Teilfeld, 4: inferiores Teilfeld, 5: nasales Teilfeld; Medianwert und Standardabweichung

| Patienten-Nr. | Alter | Auge | Sp. OCT 1 | Sp. OCT 2 | Sp. OCT 3 | Sp. OCT 4 | Sp. OCT 5 |
|---------------------------|-----------|--------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| Kontrollgruppe | | | | | | | |
| 30 | 71 | rechts | 267 | 345 | 336 | 349 | 351 |
| 26 | 68 | rechts | 288 | 362 | 338 | 353 | 355 |
| 24 | 60 | rechts | 276 | 369 | 347 | 363 | 366 |
| 11 | 79 | rechts | 312 | 353 | 350 | 364 | 370 |
| 18 | 71 | rechts | 290 | 323 | 324 | 331 | 329 |
| 4 | 77 | rechts | 252 | 305 | 300 | 300 | 306 |
| 10 | 59 | links | 301 | 358 | 335 | 355 | 364 |
| 1 | 71 | rechts | 260 | 348 | 331 | 358 | 353 |
| 29 | 72 | rechts | 286 | 314 | 311 | 308 | 323 |
| 27 | 66 | rechts | 275 | 307 | 302 | 326 | 315 |
| 20 | 59 | rechts | 284 | 326 | 316 | 323 | 336 |
| 12 | 80 | rechts | 250 | 318 | 314 | 317 | 327 |
| 13 | 79 | rechts | 231 | 322 | 300 | 316 | 323 |
| 16 | 69 | links | 301 | 351 | 332 | 347 | 354 |
| 5 | 70 | links | 265 | 302 | 306 | 306 | 312 |
| 15 | 74 | rechts | 267 | 348 | 325 | 350 | 354 |
| 28 | 70 | rechts | 253 | 347 | 335 | 340 | 343 |
| 9 | 71 | rechts | 286 | 321 | 334 | 341 | 329 |
| 8 | 70 | rechts | 266 | 355 | 329 | 343 | 350 |
| 25 | 66 | rechts | 263 | 317 | 303 | 331 | 321 |
| 2 | 69 | links | 310 | 354 | 348 | 357 | 365 |
| 7 | 72 | rechts | 282 | 324 | 319 | 332 | 331 |
| 19 | 82 | rechts | 299 | 344 | 331 | 340 | 348 |
| 14 | 82 | links | 280 | 330 | 320 | 328 | 340 |
| 3 | 70 | links | 287 | 329 | 329 | 341 | 323 |
| 23 | 73 | rechts | 269 | 325 | 309 | 314 | 323 |
| 22 | 73 | links | 264 | 313 | 298 | 301 | 315 |
| 21 | 75 | rechts | 303 | 355 | 358 | 364 | 369 |
| 6 | 85 | links | 293 | 348 | 328 | 337 | 342 |
| 17 | 75 | rechts | 320 | 295 | 305 | 293 | 319 |
| Median | 71 | | 281 | 329,5 | 326,5 | 338,5 | 338 |
| Mittelwert | 72 | | 279,33333 | 333,6 | 323,76667 | 334,26667 | 338,53333 |
| Standardabweichung | 6 | | 20,708708 | 20,095633 | 16,487578 | 20,424686 | 18,840041 |

Tabelle 13: Personennummer in dieser Studie; Seite des operierten Auges; gemessene Dicken der Netzhaut in den verschiedenen Teilfeldern, angegeben in μm ; Sp. OCT= frequency-domain OCT; 1: zentrales Teilfeld, 2: superiores Teilfeld, 3: temporales Teilfeld, 4: inferiores Teilfeld, 5: nasales Teilfeld; Medianwert, Mittelwert und Standardabweichung

8 Danksagung

Ich bedanke mich bei allen, die mich beim Zustandekommen dieser Arbeit unterstützt haben.

Bedanken möchte ich mich bei Herrn **Prof. Dr. med. J. Roider**, dem Direktor der Klinik für Augenheilkunde der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, der es mir ermöglichte, meine Arbeit in der Kieler Augenklinik zu schreiben.

Ganz besonders möchte ich mich bei meinem Doktorvater Herrn **PD. Dr. J. Hillenkamp** bedanken, für die Aufgabenstellung dieser Arbeit und die Unterstützung in vielfältiger Hinsicht, u.a. für den stetigen und anregenden Meinungsaustausch im gesamten Verlauf der Studie und die guten Ratschläge rund um die Arbeit.

Ich bedanke mich auch bei **Dr. F. Treumer**, der mir während der gesamten Studienphase mit Rat und Tat zur Seite stand und mich beim Vorankommen meiner Arbeit sehr unterstützt hat.

Mein Dank gilt auch den Patienten und Probanden, die sich zur Teilnahme an der Studie bereit erklärt haben.

Desweiteren danke ich Herrn **Dipl.-Inform. J. Hedderich** und **Olaf Jung** aus dem Institut für medizinische Informatik und Statistik der Christian-Albrechts-Universität für die Hilfe bei der Auswertung der Daten und für die Programmierung des digitize-Programms.

Bedanken möchte ich mich auch bei zahlreichen Mitarbeitern der Augenklinik, vor allem dem Ambulanzteam und der Fotoabteilung, die mir die Untersuchungen der Probanden während des Klinikalltags ermöglicht haben.

Von Herzen danke ich meinem Freund, Ron Christiansen, meiner ganzen Familie, besonders meinen Eltern, Ursula und Helmut Wacker, und meinen Freunden, die mich während der gesamten Zeit aushalten mussten und mich unterstützt haben, wo sie konnten.

9 Lebenslauf

Am 08.10.1980 wurde ich, Nina Wacker, in Brühl bei Köln als viertes von fünf Kindern geboren. Ich wohne in der Schleswiger Str. 46, in 24986 Satrup. Ich bin ledig und habe keine Kinder.

Von 1987 bis 1991 besuchte ich die Grund- und Hauptschule und von 1991 bis 2000 das Bernstorff-Gymnasium in Satrup, an dem ich im Juni 2000 mein Abitur bestand.

Im September 2000 machte ich eine Ausbildung zur Krankenschwesternhelferin bei der Johanniter-Unfall-Hilfe und absolvierte dann von September 2000 bis August 2001 ein Jahrespraktikum auf der allgemeinchirurgischen Station an der Ev.-Luth. Diakonissenanstalt Flensburg.

Die Ausbildung zur Gesundheits- und Krankenpflegerin an der Ev.-Luth. Diakonissenanstalt Flensburg, im Ökumenischen Bildungszentrum für Berufe im Gesundheitswesen gGmbH, begann ich im Oktober 2001 und schloss diese am 17.09.2004 mit dem Examen zur Gesundheits- und Krankenpflegerin ab.

Im Oktober 2004 begann ich mit dem Studium der Humanmedizin an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel und absolvierte am 23.08.2006 den ersten Abschnitt der ärztlichen Prüfung. Mein praktisches Jahr von August 2009 bis August 2010 begann ich mit meinem Wahlfach Ophthalmologie am Universitätsklinikum Schleswig-Holstein zu Kiel. Mein zweites Tertial absolvierte ich in der Chirurgie an der Ev.-Luth. Diakonissenanstalt Flensburg und am Malteser-Krankenhaus St. Franziskus Hospital. Das letzte Tertial verbrachte ich in der inneren Medizin an der Ev.-Luth. Diakonissenanstalt Flensburg und am Malteser-Krankenhaus St. Franziskus Hospital. Am 01.12.2010 schloss ich mein Medizinstudium an der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel mit der ärztlichen Prüfung ab.

Meine Doktorarbeit begann ich im Oktober 2008 an der Klinik für Ophthalmologie des Universitätsklinikums Schleswig Holstein in Kiel. Ein Artikel über die vorliegende Studie wird in "Investigative Ophthalmology & Visual Science" veröffentlicht.

10 Publikation