



Aus der Klinik und Poliklinik für Augenheilkunde
des Kopf und Hautzentrums
des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf
Direktor: Prof. Dr. med. Gisbert Richard

**„Vergleich von resorbierbaren und
nicht-resorbierbaren skleralen Implantaten
(SK-Gel und T-Flux) bei der tiefen Sklerektomie mit und ohne
Kombination einer Katarakt-Operation“**

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg vorgelegt von

Elvira Jochim
aus Hamburg

Hamburg 2009

Angenommen von der Medizinischen Fakultät
der Universität Hamburg am: 13.08.09

Veröffentlicht mit Genehmigung der Medizinischen
Fakultät der Universität Hamburg

Prüfungsausschuss, der/die Vorsitzende: Prof. Dr. Maren Klemm

Prüfungsausschuss: 2. Gutachter/in: PD Dr. Oliver Zeitz

Prüfungsausschuss: 3. Gutachter/in: PD Dr. Andrea Hassenstein

Stellv. Mitglied: Prof. Dr. Gisbert Richard

Mündliche Prüfung am 06.11.09 bestanden

Inhaltsverzeichnis

1. Arbeitshypothese und Fragestellung	3
2. Einleitung	4
2.1. Glaukom: Epidemiologie und Definition	4
2.2. Physiologie und Pathophysiologie der Kammerwasserzirkulation	4
2.3. Augeninnendruck	5
2.4. Morphologie der Papillenexkavation	6
2.4.1. Morphologie der normalen Papille	6
2.4.2. Morphologie der glaukomatösen Papille	7
2.5. Visuelle Funktionen bei Glaukom. Das Gesichtsfeld	8
2.6. Klinische Formen und die Ursachen des Glaukoms	9
2.7. Therapiemöglichkeiten	12
2.7.1. Medikamentöse Therapie	12
2.7.2. Chirurgische Therapie	13
3. Material und Methoden	16
3.1. Gruppeneinteilung	16
3.2. Tagesdruckprofil	17
3.3. Visus	18
3.4. Papillenexkavation	18
3.5. Heidelberger Retina Tomographie (HRT)	19
3.6. Gesichtsfelduntersuchung (Perimetrie)	19
3.7. Operationsverlauf	20
3.7.1. Tiefe Sklerektomie	20
3.7.2. Platzhaltersubstanzen	22
3.7.3. Tiefe Sklerektomie kombiniert mit Katarakt-Operation	23
3.8. Post-operative Komplikationen	24
3.9. Folgeoperationen	25
3.10. Statistische Auswertung der erhobenen Parameter	26
4. Ergebnisse	29
4.1. Diagnosen der Patienten	29
4.2. Geschlechtsverteilung der Patienten	30
4.3. Alter der Patienten	30
4.4. Fallzahlstatistik	31

4.5. Statistik der Mittelwerte des Augeninnendrucks	32
4.6. Statistik der Mittelwerte der applizierten Augentropfen	35
4.7. Anzahl der Komplikationen	36
4.8. Anzahl der drucksenkenden Folgeoperationen	37
5. Diskussion	39
5.1. Effizienz der tiefen Sklerektomie hinsichtlich der Augendrucksenkung	39
5.2. Wirksamkeit der tiefen Sklerektomie auf die Augentropfenreduktion	41
5.3. Sicherheit der tiefen Sklerektomie hinsichtlich der Komplikationen	42
5.4. Notwendigkeit der Folgeoperationen bei Therapieversagen	44
5.5. Die Rolle der Implantate für die Effizienz der tiefen Sklerektomie	45
5.6. Ausblick auf die weitere Forschung	46
5.7. Schlussfolgerung	46
6. Zusammenfassung	47
7. Literaturverzeichnis	48
8. Verzeichnis der Abkürzungen	59
Danksagung	60
Lebenslauf	61
Eidesstattliche Versicherung	62

1. Arbeitshypothese und Fragestellung

Bei der Therapie des Glaukoms spielt die Senkung des Augeninnendruckes eine essentielle Rolle. Diese kann entweder medikamentös oder mit Hilfe eines drucksenkenden Eingriffs erreicht werden. Eine neuere Operationsform ist in diesem Zusammenhang die tiefe Sklerektomie, welche es mittels der Verbesserung des Kammerwasserabflusses möglich macht den Augeninnendruck zu senken. Hierbei werden sklerale Implantate verwendet. Häufig wird dabei ein drucksenkender Eingriff mit einer Katarakt- Operation kombiniert, da die betroffenen Patienten in vielen Fällen ebenfalls eine behandlungsbedürftige Linsentrübung aufweisen.

In dieser vorliegenden Arbeit werden die Ergebnisse der tiefen Sklerektomie mit zwei verschiedenen skleralen Implantaten hinsichtlich der Reduktion des Augeninnendruckes, der Anzahl der applizierten Augentropfen sowie der Komplikationen und Folgeoperationen statistisch analysiert und diskutiert. Darüber hinaus wird der Fragestellung nachgegangen, inwieweit eine Kombination der tiefen Sklerektomie mit einer Katarakt-Operation diese Ergebnisse beeinflusst.

2. Einleitung

2.1. Glaukom: Epidemiologie und Definition

Das Glaukom ist die zweithäufigste Erblindungsursache weltweit [33]. Es betrifft ca. 67 Millionen Menschen weltweit [34] wobei die Tendenz steigend ist. Das Vorkommen des Glaukoms unter der Bevölkerung im Alter über 50 Jahre beträgt ungefähr 1,0 Prozent [34]. Diese Rate nimmt mit ansteigendem Alter kontinuierlich zu und liegt bei schwarzen Menschen zusätzlich höher [42]. Bei vielen Menschen bleibt diese gefährliche Augenkrankheit jedoch zumeist unerkannt. Die Erkrankung kann so bereits weit fortgeschritten sein, bevor der Patient aufgrund des damit verbundenen Gesichtsfeldverlustes überhaupt erst darauf aufmerksam wird. In westlichen Ländern sind sich nur ca. 50 Prozent der von einem Glaukom Betroffenen ihrer Krankheit bewusst [35].

Das Glaukom ist eine Erkrankung, die ätiologisch unterschiedlich bedingt sein kann, sich jedoch stets mit einer charakteristischen Schädigung der Papille und des Gesichtsfeldes auswirkt und zur Erblindung des Auges führen kann [3]. Es gibt hierbei mehrere Formen, die sich durch eine jeweils unterschiedliche Pathophysiologie und klinische Symptomatik auszeichnen. Jedoch gibt es drei wichtige Merkmale, die mit einem Glaukom assoziiert sein können: erhöhter Augeninnendruck, Sehnervenschaden und in der Folge Gesichtsfeldverluste.

2.2. Physiologie und Pathophysiologie der Kammerwasserzirkulation

Das Kammerwasser wird vom Ziliarkörper gebildet und in die Hinterkammer des Auges sezerniert. Es fließt weiter durch die Pupille in die Vorderkammer. Das Kammerwasser erfüllt eine metabolische Funktion. Aufgrund des Kammerwassers werden die Linse, die Hornhaut und anliegende Strukturen mit Nährstoffen und Sauerstoff versorgt [5]. Darüber hinaus wird der Abtransport von Metaboliten auf diese Weise gewährleistet. Durch den hohen Ascorbinsäuregehalt wird das Augeninnere detoxifiziert. Das Kammerwasser übernimmt zudem eine Lymphfunktion, was deshalb notwendig ist, da das Augeninnere keine Lymphgefäße enthält. Außerdem ist das Kammerwasser für

die Aufrechterhaltung der Augapfelform verantwortlich [3]. Der Abfluss von Kammerwasser kann auf zwei Wegen erfolgen. Zu circa 85 Prozent fließt das Kammerwasser durch das Trabekelwerk im Kammerwinkel in den so genannten Schlemm-Kanal und ab da über Sammelkanäle in die episkleralen Venen (kanalikulärer oder konventioneller Abfluss). Die restlichen 15 Prozent fließen durch das Gefäßsystem der Chorioidea in den allgemeinen venösen Kreislauf (uveoskleraler oder unkonventioneller Abfluss) [3].

2.3. Augeninnendruck

Der Augeninnendruck wird durch die Rate der Kammerwassersekretion und die Rate des Kammerwasserabflusses bestimmt. Wenn Sekretion und Abfluss mengenmäßig identisch sind, dann entsteht ein Gleichgewicht und der Augeninnendruck bleibt konstant. Die Rate des Kammerwasserabflusses ist vom Widerstand in den Abflusskanälen und der Höhe des episkleralen Venendrucks abhängig. Sie verhält sich proportional zu der Differenz zwischen Augeninnendruck und episkleralem Venendruck. Diese Relation kann wie folgt ausgedrückt werden:

$$F = C (P_o - P_e)$$

F = Rate des Kammerwasserabflusses

C = Leichtigkeit des Kammerwasserabflusses (normal 0,2 μ l/min pro mmHg)

P_o = IOD in mmHg

P_e = episkleraler Venendruck (normal 10 mmHg) [3].

Somit wird der Augeninnendruck durch die Kammerwasserproduktion, den Strömungswiderstand in den Abflussstrukturen und den episkleralen Venendruck reguliert. Eine Behinderung des Kammerwasserabflusses im Trabekelwerk führt dabei zu einem Anstieg des Augeninnendruckes. Langfristig kommt es aufgrund dessen zu einer direkten Schädigung der Axone durch die mechanische Kompression und somit zur Unterbrechung des retrograden Axoplasmtransports und der Versorgung des Zellsomas mit Neurotrophenen. Die Folge davon ist ein Absterben von Optikusfasern, was sich in der so

genannten Papillenexkavation darstellt. Beim weiteren Fortschreiten des Prozesses treten Symptome in Form von Gesichtsfeldausfällen auf [3].

Bei einer Querschnittsuntersuchung der Bevölkerung von Leydhecker et al. im Jahr 1958 wurden 10.000 gesunde Menschen mit dem Schiötz-Tonometer untersucht. Der mittlere Augeninnendruck lag bei einem Durchschnittswert von $15,5 \pm 2,57$ mmHg. Die zweifache Standardabweichung oberhalb des Mittelwertes lag bei 20,5 mmHg, was als die obere Normgrenze bestimmt wurde [36].

Der Augeninnendruck ändert sich allerdings im Laufe des Tages. Am Morgen ist er meistens höher als am Nachmittag und Abend. Bei gesunden Augen können Tagesdruckschwankungen von bis zu 5 mmHg auftreten. Bei vielen Glaukom-Patienten sind diese Tagesdruckschwankungen jedoch signifikant höher [3]. Um diese Tagesdruckschwankungen festzustellen, wird ein Tagesdruckprofil mit mehreren Messungen zu verschiedenen Tageszeiten durchgeführt.

Einen erheblichen Einfluss auf den Augeninnendruck hat das Alter der Patienten. Ab dem 40. Lebensjahr ist das Risiko einen erhöhten Augeninnendruck zu haben deutlich erhöht. Mehrere epidemiologische Studien zeigen mit ihren Resultaten eine stark altersabhängige Prävalenz des Offenwinkelglaukoms auf [43, 44]. Bluthochdruck, Übergewicht, eine diabetische Stoffwechsellage oder eine positive Familienvorgeschichte stellen des Weiteren besondere Risikofaktoren dar [37, 38, 39].

2.4. Morphologie der Papillenexkavationen

2.4.1. Morphologie der normalen Papille

Der Sehnervenkopf, die so genannte Papille, stellt den distalen Anteil des Nervus opticus dar. Sie besteht aus Nervenfasern, die in der Ganglienzellschicht der Netzhaut entspringen und aus allen Richtungen der Netzhaut am Fundus zusammenlaufen. An der Oberfläche der Papille biegen die neuronalen Axone ab und verlassen den Bulbus durch Teil der Sklera, die

so genannte Lamina cribrosa. Die normale Papille erscheint ophthalmoskopisch wie ein vertikales Oval. Der zentrale Papillenanteil weist eine Einbuchtung (die Exkavation), sowie ein Areal der Blässe auf, die einem teilweisen oder völligen Fehlen der Axone in der Papillenmitte entspricht. Diese Einbuchtung, die so genannte physiologische Exkavation, kann in ihrer Form und Größe variieren. Die Größe der Papillenexkavation wird als eine horizontale Relation von Exkavation zu Papille (C/D-Ratio) definiert. Die Werte der physiologischen Exkavation können entsprechend der Untersuchungsmethoden zwischen C/D-Ratio von 0,3 bis 0,7 betragen [5]. In beiden Augen eines Individuums sind die physiologische Exkavationen in der Regel symmetrisch [88, 89].

Die Gewebezone zwischen Exkavation und Papillenrand bezeichnet man als den neuroretinalen Randsaum. Er enthält die meisten Axone und weist aufgrund guter Vaskularisierung eine rötliche Farbe auf. Der normale Randsaum hat eine charakteristische Konfiguration. Am breitesten ist er im inferioren Anteil der Papille, gefolgt von der superioren und nasalen Papillenregion. Am schmalsten ist er am temporalen Papillenrand (ISNT-Regel) [6].

2.4.2. Morphologie der glaukomatösen Papille

Die morphologischen Veränderungen der Papille beim Glaukom sind typischerweise durch Progressivität und Asymmetrie gekennzeichnet. Es kommt hierbei zu einem raschen Verlust von neuroretinalem Gewebe (Atrophie), was wiederum zu einer Vergrößerung der Exkavation führt. Gleichzeitig vollzieht sich eine Ausdünnung des neuroretinalen Randes in verschiedenen Bereichen. Bei einer fokalen Atrophie kommt es häufig zu entsprechenden Verlusten am unteren sowie oberen Papillenpol. Es entsteht also eine vertikale oder schräge Exkavation. Wenn der Verlust temporal beginnt und dann zirkumferent fortschreitet, so entsteht eine konzentrische Atrophie. Diese Veränderungen bei Glaukom sind meistens in den beiden Augen asymmetrisch. Des Weiteren geht der Vergrößerung der Exkavation häufig die Zunahme der zentralen Blässe voraus, wodurch eine Diskrepanz

zwischen dem Grad der Blässe und dem der Exkavation entsteht. Weitere wichtige morphologische Kennzeichen einer glaukomatösen Papille sind Papillenrandblutungen und Nervenfaserbündeldefekte. Die meisten Blutungen sind im unteren Quadranten lokalisiert. Sie können anderen Merkmalen vorausgehen. Diese Gefäßphänomene korrelieren mit einem erhöhten Augeninnendruck und treten überwiegend bei diabetischen Glaukom-Patienten auf. Schließlich kommt es zu einem Verlust von Axonen der Nervenfaserschicht der Netzhaut. Ophthalmoskopisch erscheinen die Nervenfaserbündeldefekte als dunkle Streifen in der peripapillären Region. Dieser Verlust ist in den meisten Fällen diffus oder generalisiert und korreliert mit den auftretenden Gesichtsfeldveränderungen [5].

2.5. Visuelle Funktionen beim Glaukom. Das Gesichtsfeld

Eine Schädigung der visuellen Funktionen ist eine unvermeidliche Konsequenz aller Glaukom-Formen. Schon in den Frühstadien des Glaukoms kann eine Minderung der visuellen Funktion auftreten. Dazu gehört eine Herabsetzung der Farb- sowie Kontrastempfindlichkeit. Die Farbsinndefekte betreffen hauptsächlich die blauempfindlichen Rezeptoren. Sie treten bei Glaukom-Formen mit erhöhtem Augeninnendruck häufiger als bei Normaldruckglaukomen auf, was für die Augeninnendruckabhängigkeit dieser visuellen Läsion spricht [5].

Kontrastempfindlichkeit bedeutet in diesem Kontext, dass zwei benachbarte Sehzeichen als unterschiedlich wahrgenommen werden können. Der Grad der Herabsetzung dieser visuellen Funktionen kann mit psychophysikalischen Untersuchungsmethoden gemessen werden. Diese Untersuchungen bieten zwar eine spezifische Methode der Glaukom-Diagnostik, sind allerdings überaus zeitaufwändig und im Rahmen routinemäßiger Untersuchungen daher nicht praktikabel [5].

Das Gesichtsfeld bezeichnet die Summe aller Richtungen, aus denen ein fixiertes Auge optische Reize wahrnehmen kann. Die Konfiguration des gesunden Gesichtsfeldes entspricht einem horizontalen Oval mit einer flachen

inferionasalen Einbuchtung. Die peripheren Grenzen im gesunden Gesichtsfeld liegen mit einer maximalen Prüfpunkteleuchtdichte etwa bei bis zu 60° oberhalb und nasal, 70-75° nach unten und 100-110° temporal der Fixation [5]. Der Fixationspunkt ist eine Region größter Lichtunterschiedsempfindlichkeit und entspricht der Foveola der Retina. Innerhalb des Gesichtsfeldes befindet sich weiterhin ein kleines physiologisches Skotom, der so genannte blinde Fleck. Dieser blinde Fleck entspricht dem Sehnerveneintritt und weist die geringste Lichtempfindlichkeit auf.

Das Gesichtsfeld kann mittels einer so genannten Perimetrie untersucht werden. Anhand der Perimetrie nachgewiesene charakteristische Gesichtsfeldausfälle erlauben es, das Glaukom schon in den Frühstadien der Erkrankung zu diagnostizieren. Dabei werden die peripheren Begrenzungen der Lichtunterschiedsempfindlichkeit gemessen. Dazu können sowohl kinetische als auch statische Methoden verwendet werden, wobei die dazu benötigten Geräte entweder manuell oder automatisch betrieben werden. Eine ausführliche Gesichtsfelduntersuchung mittels statischer Perimetrie wird im Kapitel 3.6. detaillierter beschrieben, weshalb an dieser Stelle davon abgesehen werden kann.

2.6. Klinische Formen und die Ursachen des Glaukoms

Ätiologisch werden die Glaukome in zwei Gruppen unterteilt. Ein Glaukom kann entwicklungsbedingt (kongenital) oder erworben sein. Kongenital sind jedoch lediglich 1,0 Prozent aller Glaukome. Kongenitale Glaukome entstehen durch die mangelhafte Ausdifferenzierung des Kammerwinkels und des Trabekelwerkes. Die Abflussbehinderung erfolgt im Trabekelwerk, welches auch durch embryonale Gewebe verlegt ist. Diese Form der Erkrankung ist durch große Augen gekennzeichnet (erhöhter Hornhaut-Durchmesser und erhöhte Achsenlänge =Buphthalmus). Die Kinder können sowohl unter übermäßigem Tränenfluss, Hornhauttrübung als auch Lichtscheue leiden. Das kongenitale Glaukom kann zu einer völligen Erblindung des Kindes führen [3].

Erworbene Glaukome unterteilt man dagegen weiter in primäre und sekundäre Glaukome. Die primären Glaukome treten spontan auf, die Augeninnendruckerhöhung ist nicht mit anderen Erkrankungen verbunden. Bei sekundären Glaukomen handelt es sich um die Folgen von anderen Augen- oder Allgemeinerkrankungen. Ausgehend von dem Zustand des Kammerwinkels unterteilt, ergeben sich abermals zwei Formen: Offenwinkelglaukome und Winkelblockglaukome [3].

Über 90 Prozent aller Glaukome machen primär chronische Offenwinkelglaukome (PCOWG) aus. Die darunter leidende Patienten haben jahrelang einen erhöhten Augeninnendruck, ohne es zu bemerken. Das macht diese Form besonders gefährlich. Bei nicht rechtzeitiger Diagnostik und Behandlung kann dieser schleichende Prozess gravierende Folgen hervorrufen. Der Kammerwinkel bei PCOWG ist anatomisch offen, gonioskopisch voll einsehbar und hat unauffällige Strukturen. Die Abflussbehinderung entsteht im Trabekelwerk [3]. Der genaue Pathomechanismus bleibt zwar unerkannt, allerdings gibt es diverse Forschungsarbeiten, die über eine Störung der intrazellulären Homöostase der Ca-2+-Ionen im Trabekelwerkzellen berichten [62]. Diese Dysfunktion kann zu einem unkontrollierten Augendruckanstieg führen. Ebenso wird hinsichtlich einer induzierten Zellapoptose der retinalen Ganglienzellen in den zahlreichen Studien als eine mögliche Ursache von progressiven Schäden an den Axonen diskutiert [63, 64, 65, 66, 67].

Eine Variante des PCOWG ist das Normaldruckglaukom (NDG). Der Augeninnendruck liegt bei dieser Erkrankung zwar im oberen Normbereich oder tiefer, allerdings werden typische Papillenveränderungen sowie Gesichtsfeldausfälle festgestellt. Als wichtiger pathogenetischer Faktor wird eine gestörte Durchblutung genannt [46, 47, 48].

Als eine Sonderform der primären Offenwinkelglaukome werden Pseudoexfoliationsglaukom und Pigmentdispersionsglaukom gesehen. Pseudoexfoliationsglaukom wird durch die Ablagerung von feinfibrillärem Material im Kammerwinkel, auf der Linse und am Pupillarsaum hervorgerufen.

Dieses so genannte PEX-Material wird vom Ziliarepithel gebildet. Pigmentdispersionsglaukom entsteht aufgrund einer Ablagerung von Pigmenten der Iris im Kammerwinkel. Die Rückfläche der Iris schabt hierbei über die Linsenzonulafasern, das Pigment wird abgerieben und lagert sich an Hornhaut und im Kammerwinkel ab.

Der Anteil der primären Winkelblockglaukome unter allen Glaukomen beträgt etwa 5 Prozent. Der Kammerwinkel ist dabei durch Irsgewebe bei anlagemäßig engem Kammerwinkel blockiert und gonioskopisch nicht einsehbar. Es kann entweder als akute Form (Glaukom-Anfall) oder chronisch auftreten. Bei Vorliegen der akuten Form ist das Trabekelwerk durch Irsgewebe verlegt. Bei der chronischen Form kommt die Abflussbehinderung hingegen durch Verklebungen des Kammerwinkels zu Stande. Ein Glaukom-Anfall ist immer als ein Notfall zu betrachten. Der Augeninnendruck kann hierbei auf einen Wert von bis zu 70 mmHg ansteigen. Die Patienten leiden dann unter Schmerzen, Sehstörungen und haben ein Hornhautödem, weshalb sie sofort behandelt werden müssen [3].

Sekundäre Glaukome können des Weiteren als Offenwinkel- und Winkelblockglaukome auftreten. Diese machen 2-4 Prozent aller auftretenden Glaukome aus. Zu ihnen gehören die folgenden Formen:

- Neovaskularisationsglaukom:- entsteht beim Verschluss des Kammerwinkels durch neu gebildete Gefäße, häufig bei Diabetes mellitus oder nach einer Zentralvenenthrombose.
- Kortisonglaukom:- dies ist eine ernste Komplikation der Steroid-Therapie. Sie entsteht durch die Ansammlung von Mukopolysacchariden im Kammerwinkel bei längerfristiger Anwendung von Steroiden. In der Regel sind die Betroffenen junge Erwachsene [45].
- Glaukom durch Entzündung:- diese Form wird durch ein Ödem oder die Ablagerung von Entzündungsproteinen im Kammerwinkel hervorgerufen, zum Beispiel in 18,3 Prozent bei Uveitis [40].
- Glaukom durch Verletzungen:- entsteht durch Zerreißen oder Vernarbung des Trabekelwerks nach okulare Trauma [41].

2.7. Therapiemöglichkeiten

Den durch die Krankheit eingetretenen Schaden in Form von Visusverlust und Gesichtsfeldausfall kann man nicht rückgängig machen, es geht alleine darum, das noch vorhandene Sehvermögen zu erhalten.

Ungeachtet der Anzahl verschiedener Ursachen, die bei der Entstehung des Glaukoms mitwirken können, ist die Senkung des Augeninnendrucks die zurzeit einzige suffiziente und nachgewiesene Therapiemöglichkeit. Es gibt folgende Möglichkeiten:

- Medikamentöse Therapie
- Chirurgische Therapie (unterteilt in filtrierende Operationen als Abflussverbesserung oder Verödung des Ziliarkörpers zur Reduktion der Kammerwasserproduktion)

Begonnen wird meistens mit einer medikamentösen Therapie. Bei Misserfolgen, auftretenden Allergien oder Compliance-Problemen wird eine chirurgische Intervention erforderlich. Im Folgenden soll zunächst aber die medikamentöse Therapie beschrieben werden.

2.7.1. Medikamentöse Therapie

Bei der medikamentösen augendrucksenkenden Therapie können fünf verschiedene Substanzklassen zum Einsatz kommen, einzeln oder in Kombination. Dazu werden die folgenden Wirkstoffe verwendet [5]:

- Betablocker (Timolol, Betaxolol, Carteolol):- hemmen die Kammerwasserproduktion. Die Medikamente dieser Gruppe sind gut verträglich, haben aber einige Kontraindikationen, wie beispielsweise Asthma bronchiale und Bradykardie.
- Sympathomimetika (Clonidin, Apraclonidin, Brimonidin):- sie wirken ebenso über die Drosselung der Kammerwasserproduktion. Darüber hinaus senkt Clonidin den Blutdruck. Apraclonidin wirkt zwar akut, wird jedoch nicht langfristig eingesetzt.

- Karboanhydrasehemmer (Dorzolamid, Brinzolamid):- ihre Wirkung zielt gleichfalls auf eine Drosselung der Kammerwasserproduktion ab. Man vermutet, dass die Herabsetzung der Kammerwasserproduktion durch eine Änderung bei den Ionen transporten erfolgt, die für die Bildung von Kammerwasser relevant sind.
- Prostaglandinderivate (Latanoprost, Brimatoprost, Travoprost):- wurden speziell für die Augenheilkunde entwickelt. Sie erhöhen den uveoskleralen Abfluss und wirken stark drucksenkend. Eine jahrelanger Anwendung kann zwar zu konjunktivaler Hyperämie und zu einer erhöhten Pigmentierung der Lidhaut führen, allerdings sind beide Nebenwirkungen ungefährlich, wenn auch auffällig bei einseitiger Anwendung.
- Parasympathomimetika (Pilocarpin, Karbachol):- verbessern den Abfluss des Kammerwassers in den Schlemm-Kanal, indem sie den Tonus des Ziliarmuskels steigern. Der mechanische Zug spreizt dabei die Maschen des Trabekelwerkes.

2.7.2. Chirurgische Therapie

Bei erfolgloser konservativer Therapie wird eine chirurgische Intervention erforderlich. Grundsätzlich unterscheidet man hierbei zwischen perforierenden und nicht perforierenden Operationsverfahren. Die am häufigsten angewandte Operationsmethode für Offenwinkelglaukome sind die so genannten perforierenden Filtrationseingriffe. Bei diesen wird die Vorderkammer eröffnet, wodurch eine Drainage für das Kammerwasser aus der Vorderkammer in den Subkonjunktivalraum geschaffen wird. Der pathologisch erhöhte Widerstand der Abflusswege wird auf diese Weise umgegangen. Das Kammerwasser fließt durch die chirurgisch geschaffene Filtrationsstelle in die subkonjunktivalen Räume und wird dort abtransportiert. Diese Technik wurde erstmals von Sugar im Jahr 1961 vorgeschlagen und wird seither als Trabekulektomie bezeichnet [7]. Klassischerweise gilt die Trabekulektomie als die chirurgische Methode erster Wahl.

Seit einigen Jahren gewinnen jedoch zunehmend nicht perforierende Operationsmethoden an Relevanz. Der Unterschied liegt darin, dass bei der nicht perforierenden Operationsform die Vorderkammer nicht eröffnet wird. Stattdessen wird das Trabekelwerk soweit ausgedünnt und ca. ein Drittel der Sklera in diesem Bereich reseziert, so dass der Kammerwasserabfluss wieder erleichtert ist. Diese Vorgehensweise stellt eine schonende Alternative zu der Trabekulektomie dar und wird als tiefe Sklerektomie bezeichnet. Schon im Jahr 1989 beschrieben Kozlov et al. die Operationstechnik der tiefen Sklerektomie mit Implantation eines skleralen Platzhalter aus Kollagen [8]. Dabei kann die tiefe Sklerektomie mit einer Katarakt-Operation kombiniert werden. In Anbetracht des nicht penetrierenden Verfahrens wird das Auftreten von post-operative Infektionen im Vergleich zur klassischen Trabekulektomie deutlich verringert [18]. Aufgrund der nicht zu starken Filtrationswirkung kommt es post-operativ ebenso weniger häufig zu starkem Augeninnendruckabfall, der sogenannten Bulbushypotonie. Die filtrierende Wirkung, und damit die Senkung des Augeninnendruckes, ist der Trabekulektomie ähnlich, jedoch fällt die post-operative Komplikationsrate bei der tiefen Sklerektomie geringer aus [9, 10, 11, 12]. Die Kombination der tiefen Sklerektomie mit einer Katarakt-Operation führt zu ähnlich zufriedenstellenden drucksenkenden Ergebnissen wie die Trabekulektomie kombiniert mit der Phakoemulsifikation, ist jedoch weniger komplikationsanfällig [16, 17].

Durch die Sklerektomie entsteht im Bereich der Resektion ein kleiner Hohlraum. Damit diese Kammer nicht kollabiert, werden in der Regel Implantate als Platzhaltsubstanzen auf Höhe des Schlemm-Kanals eingesetzt. Sowohl im Tiermodell als auch am Menschen konnten höhere Erfolgsraten nach tiefer Sklerektomie nachgewiesen werden, wenn ein skleraler Platzhalter aus Silikon oder einem Kopolymer implantiert wurde [13, 14]. Diese Implantate halten über längere Zeit einen intraskleralen Zwischenraum aufrecht und verhindern somit ein Kollabieren des Skleradeckels. Als so genannte Platzhalter werden SK-Gel (hochvernetztes resorbierbares Hyaluronsäure) und T-Flux (nicht resorbierbares Akrylat) Implantate verwendet. Einige, auch langjährige Studien berichten darüber, dass die Verwendung von diesen Implantaten eine hohe Erfolgsrate hinsichtlich der Augendrucksenkung und

geringen Komplikationen aufweist [19, 20]. In letzter Zeit wird ebenso die Verwendung des resorbierbaren Implantats AquaFlow (Staar Surgical Company®) in der Literatur thematisiert [1, 2]. AquaFlow ist ein resorbierbares Kollagen-Implantat, das im Bereich der Resektion implantiert wird und eine Drainage für den überschüssigen Flüssigkeitsabfluss darstellt. Ob ein zusätzlicher Vorteil durch die Verwendung von resorbierbaren Implantaten entsteht, ist noch nicht abschließend geklärt [15]. Auch die Verwendung von anderen Platzhaltersubstanzen wie Healon GV und Healon 5 wird in der Literatur beschrieben. Dabei sind es Viskoelastika mit 1,4 bis- 2,3 Prozent Natrium Hyaluronat, die in die Öffnungen des Schlemm-Kanals injiziert werden, um diesen zu erweitern und früh post-operativ vor einem Kollaps zu schützen.

Eine alternative Möglichkeit den Augeninnendruck zu senken ist jene, die Kammerwasserproduktion mittels einer Laser-Behandlung herabzusetzen. Die Laser-Emissionen führen zu Destruktionen des Ziliarkörpers und in der Folge davon zu verminderter Kammerwasserproduktion. Besonders bei fortgeschrittenen Glaukomen wird anstelle einer filtrierenden Operation oder bei einer solchen erfolglosen Operation eine Zyklophotokoagulation des Ziliarkörpers (CPC) vorgenommen. Die Behandlung wird mit infraroten oder Neodym:YAG-Lasern durchgeführt. Diese sind in der Lage dazu, die Sklera zu durchdringen ohne dabei das Auge eröffnen zu müssen. Zahlreiche Studien haben nachgewiesen, dass die CPC eine erfolgreiche sowie komplikationsarme Methode darstellt, um den Augeninnendruck langfristig zu senken [49, 50, 51].

3. Material und Methoden

3.1. Gruppeneinteilung

Im Rahmen dieser vorliegenden retrospektiven Arbeit wurden insgesamt 116 operierte Augen von 89 Patienten analysiert und verglichen. Einige Patienten wurden an beiden Augen operiert. Für die statistische Auswertung in dieser Arbeit wurde jedoch jedes einzelne Auge als Individuum betrachtet. Alle Patienten litten unter Glaukom-Formen, die medikamentös nicht eingestellt werden konnten. Jeder von ihnen erhielt in einem Zeitraum von zwei Jahren (2004 bis 2006) eine tiefe Sklerektomie als augeninnendrucksenkende Maßnahme. Unter anderem wurde die tiefe Sklerektomie als Folgeoperation nach nicht mehr wirksamer Goniotripanation, Trabekulektomie oder Zyklophotokoagulation durchgeführt. Bei einigen Patienten wurde als visusverbessernde Maßnahme eine kombinierte Operation mit zusätzlicher Phakoemulsifikation und dem Einsetzen der Hinterkammerlinse vollzogen (Phako/HKL). Sämtliche operative Eingriffe wurden von Frau Prof. Dr. Maren Klemm in der Augenklinik des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf durchgeführt. Die Patienten wurden in vier Gruppen (zwei Hauptgruppen mit jeweils einer Untergruppe) klassifiziert. In der ersten Gruppe erhielten die Patienten bei der tiefen Sklerektomie ein resorbierbares SK-Gel-Implantat, während bei der dazugehörigen Untergruppe zusätzlich eine kombinierte Katarakt-Operation durchgeführt wurde. Die zweite Hauptgruppe umfasst die Patienten mit nicht resorbierbarem T-Flux-Implantat. Bei den Patienten der zweiten Untergruppe wurde darüber hinaus zusätzlich zu einer tiefen Sklerektomie mit T-Flux-Implantat eine kombinierte Katarakt-Operation angesetzt.

Die Patientendaten wurden zu den verschiedenen Zeitpunkten analysiert. Diese Zeitpunkte wurden analog zu den ohnehin notwendigen Kontrollterminen ausgewählt. Die Kontrolluntersuchungen erfolgten direkt prä-operativ (1-2 Tage), direkt post-operativ (1-4 Tage), und 12 Monate post-operativ. Die Patienten wurden ebenfalls nach 6 Wochen und 6 Monaten post-operativ untersucht. Diese Ergebnisse stellen allerdings lediglich die Zwischenbefunde

der Verlaufskontrolle dar, und sind daher nicht als Endergebnisse zu werten. Die Befunde dieser Untersuchungen werden in den Ergebnissen mit aufgeführt.

3.2. Tagesdruckprofil

Vor jedem operativen Eingriff wurden bei allen Patienten Augeninnendruckmessungen durchgeführt und darauf aufbauend wurde ein Tagesdruckprofil erstellt.

Die Augeninnendruckmessung erfolgte hierbei mit einem Goldmann-Tonometer, das an eine Spaltlampe angebracht war. Die Messung wurde im Sitzen durchgeführt. Als Lokalanästhetikum wurden Fluorescein-haltige Augentropfen (Thilorbin® Alcon Pharma GmbH) angewandt. Mit dem zylindrischen Applanationsprisma (Messkörper, Tonometer) wird die Hornhaut vorsichtig applaniert. An der Stelle des Hornhautkontaktes mit dem Messkörper entsteht bei dieser Methode ein kreisförmiger Flüssigkeitsmeniskus, der durch die Prismen in zwei Halbkreise zerlegt wird. Diese Halbkreise werden durch das Bildteilungsprisma betrachtet und der Druck wird so lange gesteigert bis sich die inneren Halbkreisflächen gerade berühren. Die dazu notwendige Kraft wird in Millimeter Quecksilbersäule (mmHg) gemessen und auf dem Messkörper abgelesen. Dieser Wert entspricht dann dem Augeninnendruckmesswert [5]. Die Augeninnendruckmessungen erfolgten um 8 Uhr, 12 Uhr, 16 Uhr, 20 Uhr und 24 Uhr. Auf Basis der hier gewonnen Messwerte wurde das Tagesdruckprofil erstellt. Ein Durchschnittswert wurde anschließend in die Statistik aufgenommen. Das Tagesdruckprofil wurde direkt nach der Operation erneut erstellt und auch der Durchschnittswert wieder ermittelt. Die Patienten wurden nach einem Zeitraum von je 6 Wochen, 6 Monaten und 12 Monaten im Rahmen eines Recall-Programms stationär aufgenommen. Zu diesen Zeitpunkten wurde jeweils auch ein Tagesdruckprofil erstellt und der Durchschnittswert ermittelt. Somit wurde bei jedem Patient zu jedem untersuchten Zeitpunkt ein IOD-Durchschnittswert ermittelt, dieser in die statistische Auswertung aufgenommen und anschließend analysiert.

3.3. Visus

Bei allen Patienten erfolgte eine routinemäßige Sehschärfebestimmung im Rahmen der Aufnahmeuntersuchung. Visus oder eine anguläre Sehschärfe (Minimum separabile) definiert man als die Fähigkeit eines Auges, zwei nahe beieinander liegende Punkte noch als zwei voneinander getrennte Punkte wahrnehmen zu können. Der minimale Winkel zwischen diesen beiden Punkten ist die Auflösungsschwelle. Sein Kehrwert ist das Maß für die Sehschärfe. Die 100-prozentige Sehschärfe entspricht damit einem Visus von 1,0. Die Sehschärfe wurde mit dem Landolt-Ring und einem Sehwinkel ermittelt. Der Landolt-Ring ist ein Kreis mit quadratischer Öffnung, die dem Auge in acht Richtungen angeboten wird, wobei die Öffnung unter dem zu messenden Sehwinkel erscheint. Der Kehrwert des in Winkelminuten gemessenen kleinsten Sehwinkels, den das geprüfte Auge noch erkennt, wurde dann als Visus-Wert bestimmt [4].

3.4. Papillenexkavation

Ein Zeichen der glaukomatösen Veränderung ist eine Exkavation der Papille die durch einen Schwund von Nervenfaserbündeln bedingt wird. Dabei ist nicht nur die Exkavationsgröße selbst, sondern ebenso die Form der Exkavation von großer diagnostischer Bedeutung. Die Papillen aller untersuchten Patienten wurden bei der Aufnahme durch eine Funduskopie mittels eines Drei-Spiegel-Kontaktglases oder einer 90-Dioptrien-Lupe an der Spaltlampe beurteilt. Dabei konnte lediglich die geschätzte Exkavationsgröße in die Statistik aufgenommen werden. Der Grad der Papillenexkavation wurde in vertikalen und horizontalen Achsen (Cup/Disk-Ratio) beurteilt. Die weiteren Merkmale, wie etwa die Exkavationsform, Lage und Größe von Kerben im Nervenfasersaum, Nervenfaserverdefekte, die Struktur der Lamina cribrosa, Papillenrandblutungen etc. wurden hingegen nicht erhoben.

3.5. Heidelberger Retina Tomographie (HRT)

Die so genannte Heidelberger Retina Tomographie ist eine moderne bildgebende Diagnostikmethode. Sie dient zur dreidimensionalen Vermessung des Sehnervenkopfes (Papille) mittels eines Lasers. Dieser erzeugt je Messebene 147.000 Messpunkte und verfügt damit über eine enorme Präzision. Bei allen Patienten wurde die Papillenexkavation mittels HRT prä-operativ gemessen. Diese Untersuchung erfolgte mit dem HRT II (Heidelberg Engineering in Heidelberg) im Sitzen und ohne Anästhesie. Die Größe der Papillenexkavation wird als die horizontale Relation von Exkavationsgröße zur Papillengröße (Cup/Disc-Ratio) ausgedrückt. In die Statistik wurden dann allein die prä-operativen Werte des HRT aufgenommen. Die anderen beurteilbaren Merkmale, wie zentrale Papillenblässe oder Randblutungen etc. konnten in der Darstellung nicht berücksichtigt werden.

3.6. Gesichtsfelduntersuchung (Perimetrie)

Alle Patienten wurden prä-operativ einer Perimetrie (Gesichtsfelduntersuchung) unterzogen. Das Gesichtsfeld ist die Summe aller Richtungen, aus denen ein fixiertes Auge optische Reize wahrnimmt. Mit der Perimetrie wird die Verteilung der Empfindlichkeit im Gesichtsfeld für diese Reize bestimmt. Die Gesichtsfelduntersuchung erfolgte mit einem statischen computergesteuerten Humphrey Field Analyzer, Model 750 mit 30-2 Programm (von Humphrey Instruments A Division of Carl Zeiss, Inc. Made in USA). Der Patient wird in einer bequemen Sitzposition vor dem Gerät platziert und das nicht untersuchte Auge mit einer schwarzen Klappe abgedeckt. Das zu untersuchende Auge wird hingegen zentriert und die richtige Kopfposition kontrolliert. Über das optische System werden dann Lichtpunkte von verschiedener Helligkeit und Position computergesteuert projiziert. Beim Wahrnehmen des Prüfpunktes drückt der Patient auf den Antwortknopf. Sämtliche Test-Orte werden in einer vorbestimmten, annähernd verwürfelten Reihenfolge abgesucht. Für jeden statischen Prüfpunkt findet ein Abgleich mit altersadaptierten Normwerten statt. Das Ergebnis wurde in Form einer topographischen Wiedergabe mit Graustufendarstellung aufgearbeitet und vom

Augenarzt analysiert. Die durchschnittliche Defekttiefe (MD für Mittleren Defekt) stellt das Mittel der Defektabweichung von den alterskorrigierten Normalwerten dar. Dieser Index zeigt eine Herabsetzung der Empfindlichkeit.

3.7. Operationsverlauf

3.7.1. Tiefe Sklerektomie

Die tiefe Sklerektomie wird im Hamburger Universitätsklinikum wie im Folgenden beschrieben durchgeführt:

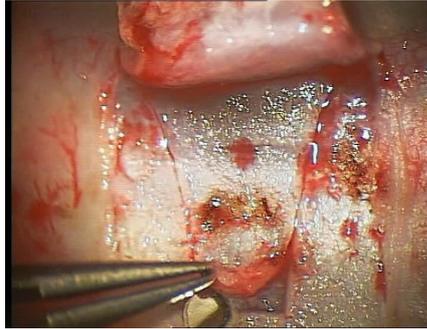
Die Operation erfolgt unter Intubationsnarkose (ITN). Der Zustand des Patienten wird des Weiteren über EKG, Blutdruckmessgerät und Pulsoxymetrie überwacht. Es folgt ein steriles Abdecken des Patienten und das Einsetzen des Lidsperrers. Bindehaut und Tenon werden zwischen 11 und 1 Uhr eröffnet. Danach wird ein etwa 4 mal 5 mm großer oberflächlicher Skleradeckel bis in die klare Hornhaut präpariert (Abbildung 1).

Abbildung 1:



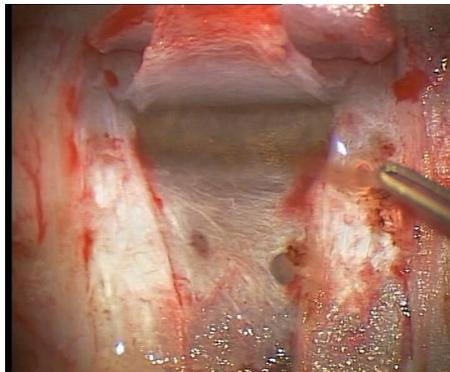
Darunter erfolgt die Präparation eines tiefen Skleradeckels (Abbildung 2).

Abbildung 2:



In einem weiteren Schritt wird der Schlemm-Kanal eröffnet und das Deszemetfenster dargestellt. Es erfolgt dann ein Peeling des Trabekelmaschenwerkes (Abbildung 3).

Abbildung 3:



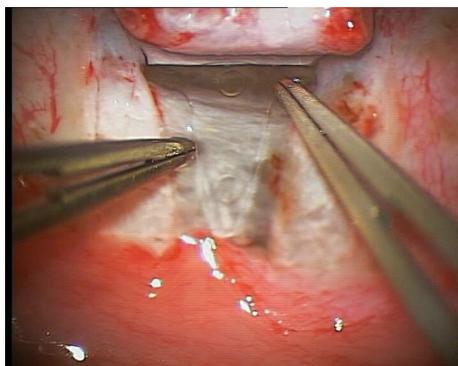
Die tiefe Sklerektomie wird am kornealen Rand des tiefen Skleradeckels vorgenommen (Abbildung 4).

Abbildung 4:



Nach dem vorsichtigen Erweitern der Ostien des Schlemm-Kanals mittels eines Spatels wird ein skleraler Platzhalter implantiert: T-Flux (Abbildung 5) oder SK-Gel.

Abbildung 5:



Zum Abschluss wird der Skleradeckel mittels vier Einzelknopfnähten adaptiert. Es erfolgt der Bindehaut- und Tenonverschluss.

3.7.2. Platzhaltersubstanzen

Im Zuge der Sklerektomie entsteht ein Hohlraum. Dies erhöht den Effekt der Operation, da der Kammerwasserabfluss auf diese Weise deutlich erleichtert wird. Um jedoch ein Kollabieren dieses geschaffenen Hohlraumes zu vermeiden, werden Platzhaltersubstanzen, so genannte Implantate, eingesetzt.

Das Implantat fungiert dabei als Platzhalter für ein Flüssigkeitsreservoir, womit man post-operativ einen starken Druckabfall vermeidet. Bei allen im Universitätsklinikum Eppendorf Hamburg operierten Patienten wurden resorbierbare hochvernetzte Hyaluronsäure- (SK-Gel) oder nicht resorbierbare Akrylat-(T-Flux) Implantate appliziert.

Das SK-Gel-Implantat besteht aus einer biodegradierbaren hochvernetzten Hyaluronsäure (CORNEAL, Frankreich). Die dreieckige Form des SK-Gel-Implantats wird komplett unter die aufgeklappte Sklera platziert, um den chirurgisch erstellten Platz beizubehalten. Dadurch wird der uveosklerale Kammerwasserabfluss verbessert.

Das T-Flux-Implantat (IOLTECH, Frankreich) wird ebenso im Bereich der tieferen Skleraexzision eingesetzt. Die beiden seitlichen Stifte werden dabei in den Schlemm-Kanal eingeführt und die Platte spannt den intraskleralen Raum auf.

3.7.3. Tiefe Sklerektomie kombiniert mit Katarakt-Operation

Die Narkose, Überwachung und Desinfektion erfolgen wie oben beschrieben. Nach der Präparation des tiefen Skleradeckels beginnt eine standardmäßige Katarakt- Operation. Die Linse wird hierbei zunächst einmal freigelegt. Sie besteht aus einem harten Kern sowie einer weichen Rinde und befindet sich in einem Kapselsack. Es erfolgt dann eine zirkuläre Kapsulorrhexis. Der Linsenkern und die Rindenmasse werden angespült. Der harte Anteil der Linse wird mit Ultraschall zerkleinert und mit dem I/A-Ansatz abgesaugt (Phakoemulsifikation). Die hintere Kapsel wird poliert. Eine neue künstliche Linse wird in den Kapselsack eingesetzt. Die eingesetzte Linse muss die Brechkraft der entfernten Linse ersetzen. Die dazu notwendige Berechnung erfolgt noch vor der Operation. Anschließend wird die tiefe Sklerektomie wie oben beschrieben weiter fortgesetzt.

3.8. Post-operative Komplikationen

Die Anzahl und Arten der Komplikationen wurden bei allen operierten Patienten zu jedem Zeitpunkt erfasst und statistisch analysiert. Es ergaben sich in den vorliegenden Fällen die folgenden post-operativen Komplikationen:

- **Bulbushypotonie:**- eine post-operative Bulbushypotonie ist ein sehr niedriger (unter oder gleich 6 mmHg) oder nicht messbarer Augeninnendruck, der häufig in einer frühen post-operativen Phase nach einem Eingriff eintritt.
- **Nahtnachlegung:**- eine solche Maßnahme erfolgt bei Wunddehiszenz und positivem Seideltest zu, meist wenige Tage nach dem Eingriff.
- **Implantatentfernung:**- sie wird aufgrund des Durchdringens des Implantats durch die Deszemetmembran in den vorderen Raum durchgeführt.
- **Induzierte Katarakt:**- eine Kataraktentwicklung kann möglicherweise mit dem relativ höheren Alter der Patienten oder einem Operationstrauma zusammenhängen.
- **Nachstar (Eintrübung der hinteren Linsenkapsel):**- diese Komplikation kann über eine YAG-Kapsulotomie behoben werden. Dabei handelt es sich um eine zusätzliche Laser-Behandlung, bei der mit dem Laserstrahl ein Loch in die hintere Linsenkapsel geschossen wird [52].
- **Spülung (Lavage):**- die Notwendigkeit einer post-operativen therapeutischen Spülung der Vorderkammer ergibt sich als Folge von Nachblutungen.

3.9. Folgeoperationen

Die am häufigsten auftretende Spätfolge ist das Nachlassen der augeninnendrucksenkenden Wirkung. Diese kann sich zu den unterschiedlichsten Zeitpunkten nach einer zunächst erfolgreichen Operation einstellen. In einigen Fällen ist schließlich ein anderer operativer Eingriff notwendig. Als Folgeoperationen sind die nachstehenden drucksenkenden Maßnahmen angewandt worden: YAG-Laser Goniopunktion, Goniotrepationen, Zyklphotokoagulationen und Zyklodykryokoagulationen.

Die YAG-Goniopunktion ist eine Laserbehandlung der Trabekulo-Deszemetischen Membran im Bereich der tiefen Sklerektomie ab interno. Diese Laserbehandlung kann zusätzlich im Anschluss an die tiefe Sklerektomie angewandt werden, um die gewünschte Drucksenkung zu erreichen. Bei YAG-Lasergeräten sind die Neodymatome in ein Yttrium-Aluminium-Granulat (YAG) Kristall eingebettet und werden über eine Xenonblitzlampe angeregt. Die Goniopunktion selbst wird mittels eines YAG-Lasers und einem Gonioskop durchgeführt. Dabei wird die Energie von ca. 2 mJ auf die Stelle der tiefen Sklerektomie von „innen“ appliziert. Es werden hierbei ungefähr zehn Herde angewandt. Auf Basis dieses Vorgehens werden der Kammerwasserabfluss optimiert und der zuvor festgelegte Zieldruck erreicht.

Die Goniotrepation stellt eine gängige filtrierende OP-Methode dar, bei der durch eine limbusklerale Trepation (Perforation) eine Eröffnung der Vorderkammer durchgeführt wird. Auf diese Weise wird ein Abfluss des Kammerwassers nach außen unter die Bindehaut realisiert, wodurch die pathologische Widerstandserhöhung der physiologischen Abflusswege umgangen wird [5].

Die Zyklphotokoagulation (CPC) ist hingegen eine zyklodestruktive Laserbehandlung für Glaukom-Augen mit einem drucksenkenden Effekt. Mehrere Langzeitstudien haben bereits gezeigt, dass die CPC eine hochwirksame sowie unbedenkliche Laserbehandlung für die verschiedenen Glaukom-Arten ist [56, 50, 58, 59]. Dabei wird der Ziliarkörper, der

Kammerwasser produziert, mit dem Neodym:YAG-Laser behandelt. Zunächst wird das Ziliarkörperband diaphanoskopisch dargestellt. Im Anschluss daran werden die Zyklphotokoagulationsherde in festem Limbusabstand im Bereich der unteren Zirkumferenz appliziert. Die Laser-Leistung beträgt hierbei 2000 mWatt und die Expositionszeit liegt bei 2000 msec. pro Herd. Das Drüsengewebe des Ziliarkörpers wird verödet und dadurch dauerhaft zerstört, wodurch weniger Kammerwasser produziert werden kann.

Die Zyklokryokoagulation (CKC) stellt ebenfalls eine zyklodestruktive Methode für die Behandlung des fortgeschrittenen, nicht ausreichend kontrollierten Glaukoms dar [53, 54, 55]. Bei dieser Methode wird der Ziliarkörper durch eine Kältequelle geschädigt. Als Medium wird entweder CO₂ oder N₂ verwendet, wobei mit dem N₂ Kryokoagulation etwas bessere Resultate erzielen konnten [53]. Die Kryosonde weist einen Durchmesser von 2,5 mm auf und wird mit drei bis vier Kryoherden pro Quadrant bei einer Temperatur von -60° bis -80° Celsius über einen Zeitraum von 60 Sekunden hinweg appliziert [4].

Anzahl als auch die jeweiligen Arten der Folgeoperationen wurden erfasst, wobei die Anzahl der Goniopunktionen separat aufgenommen wurde.

3.10. Statistische Auswertung der erhobenen Parameter

Die Datenerfassung erfolgte unter Einverständnis der betroffenen Patienten mittels des „Hamburger Glaukomregisters“. Diese von der Arbeitsgruppe entwickelte Datenbank arbeitet auf der Basis von Microsoft Access. Um die Patientengruppen statistisch miteinander vergleichen zu können, wurden im Rahmen der vorliegenden Arbeit folgenden Parameter erhoben:

- Augeninnendruck der Patienten
- Anzahl der lokal applizierten antiglaukomatösen Augentropfen
- post-operative Komplikationen und notwendige Folgeoperationen

Diese Parameter wurden kontinuierlich direkt vor der Operation (1-2 Tage), direkt nach der Operation (1-4 Tage), 6 Wochen nach der Operation, 6 Monate nach der Operation und 12 Monate danach erhoben und ausgewertet.

Primäre Endpunkt dieser Auswertung bildet eine Augeninnendrucksenkung durch tiefe Sklerektomie 12 Monate nach der Operation. Dabei wurden die beide Hauptgruppen SK-Gel und T-Flux miteinander statistisch verglichen. Darüber hinaus wurde die Augeninnendrucksenkung in den Hauptgruppen und jeweiligen Untergruppen (SK-Gel+Phako und T-Flux+Phako) analysiert. Die Augeninnendruckmessung und Ermittlung IOD-Durchschnittswerten ist im Kapitel 3.2. ausführlich beschrieben.

Weitere Endpunkt dieser Arbeit stellt die Reduktion der applizierten Augentropfen 12 Monate post-operativ in den beiden Hauptgruppen (SK-Gel und T-Flux) dar. Die Anzahl der Augentropfen wurde bei jedem Patient zu jeweiligen Untersuchungszeitpunkt ermittelt und in die statistische Auswertung aufgenommen. Präparate mit einer Kombination aus zwei Wirkstoffen wurden dabei als zwei Augentropfen gewertet.

Darüber hinaus wurde die Rate der möglichen Komplikationen und notwendigen drucksenkenden Folgeoperationen im Gruppenvergleich (SK-Gel und T-Flux) nach den ersten 12 Monaten ermittelt.

Andere Parameter, die für die Glaukom-Diagnostik relevant sind, wurden ebenfalls bei der Aufnahme der Patienten erfasst. In Hinblick auf die Beantwortung der hier verfolgten Fragestellung konnten diese Daten aber nicht berücksichtigt werden, da hier lediglich die prä-operativen Werte erhoben wurden. Dazu gehörten:

- Visus
- Papillenexkavation der funduskopischen Untersuchung
- die Cup/Disk-Ratio der Heidelberger Retina Tomographie (HRT)
- die funktionelle Defekttiefe der Gesichtsfelduntersuchung mittels statischer Computerperimetrie

Die Werte der Untersuchungen bezüglich Visus, Papillenexkavationsgröße, HRT und Gesichtsfeld werden im Sinne der Vollständigkeit zusammenfassend in der Tabelle 5 im Ergebnisteil dargestellt.

Die erhobene Daten wurden im Datenbank auf der Basis von Microsoft Access archiviert und in der Folge einer weiteren statistischen Analyse unterzogen. Die sich anschließende Auswertung der Daten erfolgte mit dem SPSS 10.0 Programm. Sofern es im Folgenden der vorliegenden Arbeit nicht anders vermerkt ist, sind alle Daten als Mittelwert \pm Standardabweichung angegeben. Die Unterschiede zwischen wiederholten Messungen und den OP-Arten wurden mittels eines univariaten ANOVA-Modells untersucht. Als post-hoc-Test wurde der so genannte Tukey-HSD-Test für ungepaarte Stichproben herangezogen. Als statistisch signifikant wurde dabei $p < 0,05$ angesehen.

4. Ergebnisse

4.1. Diagnosen der Patienten

Bei allen Patienten wurden die Diagnosen aufgenommen. 83 Patienten litten unter einem primär chronischen Offenwinkelglaukom (PCOWG). Dies entspricht einem prozentualen Anteil von 71,55 Prozent der insgesamt 116 untersuchten Patienten. 11 Patienten (9,48 Prozent) hatten ein Engwinkelglaukom (EWG) und 8 Patienten (6,89 Prozent) ein Normaldruckglaukom (NDG). Bei 7 Patienten (6,03 Prozent) wurde ein Pseudoexfoliationsglaukom (PEX) diagnostiziert. 4 Patienten (3,44 Prozent) hatten ein Sekundärglaukom, 2 Patienten (1,72 Prozent) litten unter einem dysgenetischen und 1 Patient (0,86 Prozent) litt unter einem spätjuvenilen Glaukom. Die exakte Verteilung der jeweiligen Diagnosen hinsichtlich dieser vier Gruppen ist in der nachstehenden Tabelle 1 aufgeführt:

	SK-Gel (n=28)	SK-Gel+ Phako (n=7)	T-Flux (n=39)	T-Flux+ Phako (n=42)	Gesamt (n=116)
PCOWG	23 (82,14%)	4 (57,14%)	27 (69,23%)	29 (69,04%)	83 (71,55%)
EWG	1 (3,57%)	1 (14,28%)	1 (2,56%)	8 (19,04%)	11 (9,48%)
NDG	1 (3,57%)	2 (28,57%)	4 (10,25%)	1 (2,38%)	8 (6,89%)
PEX	1 (3,57%)	0	2 (5,12%)	4 (9,52%)	7 (6,03%)
Sekundäre	1 (3,57%)	0	3 (7,69%)	0	4 (3,44%)
Dysgen.	1 (3,57%)	0	1 (2,56%)	0	2 (1,72%)
Spätjuven.	0	0	1 (2,56%)	0	1 (0,86%)

Tabelle 1: Diagnosen der Patienten

4.2. Geschlechtsverteilung der Patienten

Unter den insgesamt 116 Patienten befanden sich 68 Frauen und 48 Männer. In der SK-Gel-Gruppe bestehend aus 28 Patienten waren 17 weibliche und 11 männliche Patienten. In der SK-Gel+Phako-Gruppe waren von den insgesamt 7 Patienten 6 weiblich und 1 männlich. In der T-Flux-Gruppe, die aus 39 Patienten bestand, waren 22 Patienten weiblich und 17 männlich. In der letzten Gruppe mit insgesamt 42 Patienten waren schließlich 23 weiblich und 19 männlich. Die folgende Tabelle 2 stellt diese Geschlechtsverteilung innerhalb der Gruppen nochmals anschaulich dar.

	SK-Gel (n=28)	SK-Gel+ Phako (n=7)	T-Flux (n=39)	T-Flux+ Phako (n=42)	Gesamt (n=116)
Weibl. Patienten n=	17 (60,71 %)	6 (85,71 %)	22 (56,41 %)	23 (54,76 %)	68 (58,62 %)
Männl. Patienten n=	11 (39,28 %)	1 (14,28 %)	17 (43,58 %)	19 (45,23 %)	48 (41,37 %)

Tabelle 2: Geschlechtsverteilung der Patienten

4.3. Alter der Patienten

Das Durchschnittsalter aller 116 Patienten beträgt 63,79 Jahre. In der SK-Gel-Gruppe beläuft sich das Durchschnittsalter auf 65,17 Jahre. Das Durchschnittsalter in der T-Flux-Gruppe ist 63,19 Jahre. Die folgende Tabelle 3 stellt diese Verteilung in einem Überblick zusammen.

	SK-Gel (n=28)	SK-Gel+ Phako (n=7)	T-Flux (n=39)	T-Flux+ Phako (n=42)	Gesamt (n=116)
Alter (Jahre)	64,07± 10,52	69,57± 7,32	59,33± 16,11	66,79± 16,41	63,79± 14,92

Tabelle 3: Durchschnittsalter der Patienten

(Mittelwert ± Standardabweichung)

4.4. Fallzahlstatistik

Es konnten die Daten von insgesamt 116 Patienten prä-operativ, 116 Patienten direkt post-operativ, 92 Patienten nach 6 Wochen post-operativ, 55 Patienten nach 6 Monate post-operativ, und 116 Patienten nach 12 Monaten post-operativ erfasst werden. Die exakte Verteilung ist in der folgenden Tabelle 4 wiedergegeben:

Zeitpunkt	SK-Gel-Gruppe n=	T-Flux-Gruppe n=	Gesamt n=
prä-OP (1-10 Tage)	35	81	116
post-OP (1-10 Tage)	35	81	116
6 Wochen post-OP	29	63	92
6 Monate post-OP	15	40	55
12 Monate post-OP	35	81	116

Tabelle 4: Gruppeneinteilung der Patienten (n=)

Die in Kapitel 3.10. beschriebene Werte der prä-operativen diagnostischen Untersuchungen von allen Patienten wie Visus, Papillenexkavationsgröße, HRT und Gesichtsfeld werden nunmehr in der unten aufgeführten Tabelle 5 zusammengefasst:

	Visus prä-operativ	Visus post-operativ	Papillenexkavation	MD	C/D Ratio
SK-Gel	0,83±0,27	0,81±0,25	0,8±0,21	-8,17± 5,91	0,49±0,18
SK-Gel+ Phako	0,6±0,32	0,87±0,15	0,76±0,32	-9,63± 9,58	0,41±0,27
T-Flux	0,85±0,21	0,82±0,42	0,8±0,28	-9,24± 1,47	0,35±0,01
T-Flux+ Phako	0,75±0,32	0,81±0,30	0,87±0,17	-9,75± 8,47	0,51±0,20

Tabelle 5: Überblick über die diagnostischen Parameter

C/D Ratio = Cup/Disc-Ratio gemessen durch die HRT II

MD = mittlere Defekttiefe in der Gesichtsfeldprüfung die das 30-2 Programm auf dem Humphrey Field Analyzer, Modell 750 verwendet.

4.5. Statistik der Mittelwerte des Augeninnendrucks

Das Druckprofil wurde in der Art erstellt, wie es bereits in Kapitel 3.2. beschrieben wurde. Hierbei wurde der Mittelwert ermittelt und in die Statistik aufgenommen. Die dabei generierten Ergebnisse sind in der unten aufgeführten Tabelle 6 dargestellt:

Zeitpunkt	SK-Gel	T-Flux	Gesamt
prä-OP	20,1 ± 7,6	17,8 ± 4,9	18,4 ± 5,7
post-OP	10,4 ± 5,4*	9,2 ± 5,1*	9,5 ± 5,2*
6 Wo. post-OP	12,0 ± 3,3*	12,4 ± 2,9*	12,3 ± 3,0*
6 Mo. post-OP	14,0 ± 2,7*	12,6 ± 2,2*	13,1 ± 2,4*
12 Mo. post-OP	12,8 ± 2,1*	12,7 ± 2,2*	12,8 ± 2,3*

Tabelle 6: Mittelwerte des Augeninnendrucks in mmHg

*= signifikante Augeninnendruckreduktion post-OP gegenüber prä-OP

Innerhalb der SK-Gel-Gruppe wurde die höchste Reduktion des IOD direkt post-operativ festgestellt. Ihr Wert lag hier bei 48,2 Prozent bei vollständigen Patientenzahl. Der niedrigste Wert (30,3 Prozent) lag dagegen bei Patienten 6 Monate nach der tiefen Sklerektomie. Zu diesem Zeitpunkt konnten 42,8 Prozent (15 von 35) der Patienten untersucht werden. Bei der Kontrolle, die 12 Monate nach dem Eingriff vorgenommen wurde, lag die Reduktion des Augeninnendrucks bei 36,3 Prozent.

Bezüglich der T-Flux-Gruppe zeigte sich Folgendes: die höchste Drucksenkung wurde innerhalb dieser Gruppe ebenfalls direkt post-operativ festgestellt. Eine durchschnittliche IOD-Senkung liegt bei 48,3 Prozent. Bei der post-operativen Kontrolle, die 12 Monate nach der tiefen Sklerektomie durchgeführt wurde, lag die Reduktion des IOD bei 28,6 Prozent.

Der augeninnendrucksenkende Effekt der tiefen Sklerektomie ist demnach signifikant und betrug bei allen untersuchten Patienten nach 12 Monaten im Vergleich zu den Ausgangswerten ca. 30 Prozent. Es fanden sich jedoch keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Augeninnendruckreduktion zwischen diesen beiden Gruppen.

Die folgende Grafik (Abbildung 6) zeigt in diesem Zusammenhang, wie sich der Mittelwert des Augeninnendrucks im Verlauf der Zeit verändert hat:

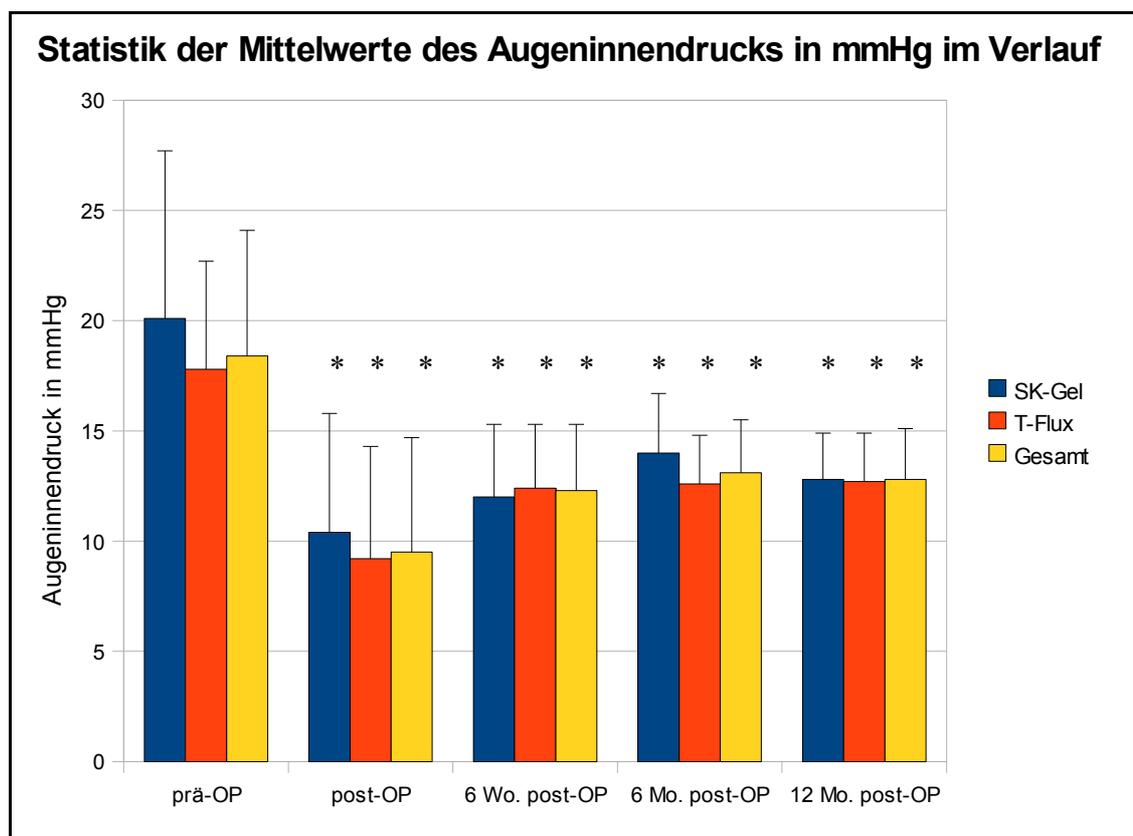


Abbildung 6: Grafische Darstellung der Mittelwerte des Augendrucks in mmHg im Verlauf

*= signifikante Augeninnendruckreduktion post-OP gegenüber prä-OP

Die IOD-Reduktion lag bei den kombinierten Eingriffen (tiefe Sklerektomie mit zusätzlicher Katarakt-OP) bei 30,9 Prozent innerhalb der SK-Gel+Phako-Gruppe und bei 29,06 Prozent bei der T-Flux+Phako-Gruppe im Zeitraum von 12 Monate nach der Operation. Somit fanden sich in dieser Hinsicht ebenfalls keine signifikante Unterschiede bezüglich des Augeninnendrucks zwischen diesen beiden Gruppen und denen ohne Katarakt-Operation.

Sämtliche Mittelwerte des Augeninnendrucks in den jeweiligen Untergruppen (tiefe Sklerektomie ggf. mit Katarakt-Operation) sind in der folgenden Tabelle 6a in einem übersichtlichen Vergleich zusammengefasst worden:

Zeitpunkt	SK-Gel	SK-Gel+ Phako	T-Flux	T-Flux+ Phako	Gesamt
prä-OP	20,8±8,2	17,1±3,6	18,4±5,7	17,2±4,0	18,4±5,7
post-OP	10,2±5,5*	10,8±5,3*	7,6±4,0*	10,7±5,6*	9,5±5,2*
6 Wochen post-OP	12,5±3,4*	10,2±2,1*	12,9±3,3*	12,1±2,5*	12,3±3,0*
6 Monate post-OP	14,6±2,8*	13,1±2,1*	12,7±2,7*	12,5±1,8*	13,1±2,4*
12 Monate post-OP	13,4±2,5*	11,8±1,9*	13,2±2,2*	12,2±2,0*	12,8±2,3*

Tabelle 6a: Mittelwerte ± Standardabweichung des Augendrucks in den Untergruppen in mmHg

*= signifikante Augeninnendruckreduktion post-OP gegenüber prä-OP

4.6. Statistik der Mittelwerte der applizierten Augentropfen

Die exakte Anzahl der verabreichten antiglaukomatösen Augentropfen wurde wie in Kapitel 3.10 beschrieben ermittelt. Die sich daraus ergebenden Resultate sind in der folgenden Tabelle 7 zu betrachten:

Zeitpunkt	SK-Gel	T-Flux	Gesamt
direkt prä-OP	2,6 ± 1,2	2,3 ± 1,3	2,4 ± 1,3
direkt post-OP	0,2 ± 0,6*	0,1 ± 0,3*	0,1 ± 0,4*
6 Wochen post-OP	0,2 ± 0,5*	0,3 ± 0,6*	0,2 ± 0,6*
6 Monate post-OP	0,5 ± 0,7*	0,3 ± 0,6*	0,3 ± 0,6*
12 Monate post-OP	0,4 ± 0,8*	0,3 ± 0,8*	0,3 ± 0,8*

Tabelle 7: Mittelwerte ± Standardabweichung der verabreichten antiglaukomatösen Augentropfen zum jeweiligen Untersuchungszeitpunkt

*= signifikante Verringerung der Augentropfen post-OP gegenüber prä-OP

Bei der SK-Gel-Gruppe wurde die Zahl der Augentropfen pro Auge von ursprünglich durchschnittlich 2,6 auf 0,4 innerhalb 12 Monate nach der Operation gesenkt. Es macht eine Medikamentenreduktion von 84,6% aus. Bei der T-Flux-Gruppe war die Ausgangsmedikation etwas niedriger angesetzt (2,3) und fiel nach 12 Monate auf 0,3. Auch in dieser Gruppe ist die Medikamentenreduktion bedeutend hoch und beträgt 86,9%. Die Unterschiede zwischen den beiden Gruppen sind aber nicht signifikant.

Unabhängig von der vorgenommenen Gruppenverteilung wurden antiglaukomatöse Augentropfen insgesamt am häufigsten prä-operativ appliziert. Der Mittelwert betrug diesbezüglich 2,4 Augentropfen pro Auge. Nach einem Jahr lag der Mittelwert bei 0,3 Augentropfen pro Auge. In der Gesamtstatistik liegt eine Reduktion der Augentropfen bei 87,5% und kann somit als signifikant angesehen werden.

Um die Unterschiede bei der Medikamenteneinnahme im Verlauf sowie innerhalb der beiden Hauptgruppen besser miteinander in Relation setzen zu können, wurde das unten stehende Grafik (Abbildung 7) erarbeitet:

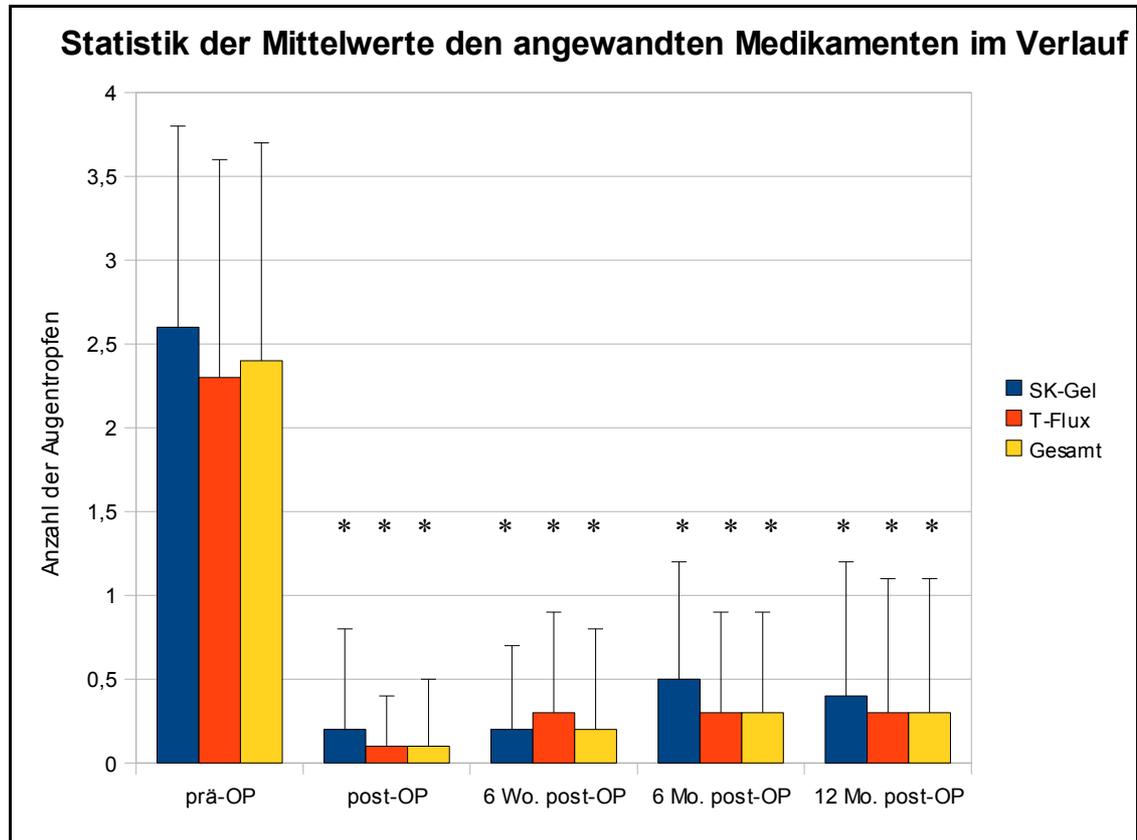


Abbildung 7: Grafische Darstellung der Mittelwerte der angewandten Medikamente im Verlauf

*= signifikante Verringerung der Augentropfen post-OP gegenüber prä-OP

4.7. Anzahl der Komplikationen

In Bezug auf die Anzahl der post-operativen Komplikationen ist anzuführen, dass unter Betrachtung aller durchgeführten Eingriffen die folgenden festgestellt wurden:

SK-Gel-Gruppe:

Es wurden innerhalb der SK-Gel-Gruppe insgesamt vier Nahtnachlegungen direkt post-operativ durchgeführt.

Außerdem wurde je eine Implantat-Entfernung aus der Vorderkammer direkt post-operativ sowie 6 Wochen nach der Operation durchgeführt.

Als weitere Komplikationen ergaben sich zwei YAG-Kapsulotomien, einmal nach 6 Wochen und dann nochmals nach 12 Monaten post-operativ.

Bulbushypotonie trat bei zehn Patienten direkt post-operativ auf, was einem Wert von 28,5 Prozent entspricht.

T-Flux-Gruppe:

Bei einem Auge dieser Gruppe trat 6 Monate post-operativ eine induzierte Katarakt auf. Als Folgeeingriff wurde angesichts dessen dann eine Phakoemulsifikation durchgeführt.

In der T-Flux-Gruppe wurde je eine Vorderkammerspülung direkt post-operativ und 6 Monate nach der Operation vorgenommen.

Darüber hinaus wurde eine Pars plana Vitrektomie (bei Amotio retinae) nach 12 Monaten vollzogen.

Als eine weitere Komplikation erfolgten in der T-Flux-Gruppe zwei YAG-Kapsulotomien 6 Wochen bzw. 6 Monate nach dem Eingriff.

Eine vorübergehende Bulbushypotonie, die sich ohne notwendigen Folgeeingriff innerhalb von 4-5 Tagen spontan selbst zurückbildete, trat bei 26 (32,09 Prozent) Patienten der T-Flux-Gruppe auf.

4.8. Anzahl der drucksenkenden Folgeoperationen

Direkt nach der Operation benötigte keiner der Patienten eine Goniopunktion. Innerhalb der SK-Gel-Gruppe lag die jeweilige Goniopunktion-Rate nach 6 Wochen bzw. 6 Monate bei 13,79 Prozent bzw. 13,33 Prozent. Die Goniopunktion-Raten zu den entsprechenden Zeitpunkten bei der T-Flux-Gruppe lagen dagegen bei 7 Prozent bzw. 15 Prozent. Der Prozentsatz von

YAG-Goniopunktionen nach 12 Monaten betrug 48,57 Prozent innerhalb der Gruppe 1 (SK-Gel-Gruppe) und 30,86 Prozent bei der Gruppe 2 (T-Flux-Gruppe). Insgesamt benötigten 36,2 Prozent (42 von 116) aller Patienten eine Goniopunktion im Anschluss an die ersten 12 Monate nach der Operation.

Direkt nach der Operation war die Folgeoperationsrate am geringsten. Es kam demnach lediglich einmal zu einer Folgeoperation in der T-Flux-Gruppe. Im Zeitraum von 6 Wochen nach der Operation wurden in der SK-Gel-Gruppe zwei (6,89 Prozent) drucksenkende Folgeeingriffe erforderlich. In der T-Flux-Gruppe waren es dagegen fünf (7,93 Prozent) Folgeeingriffe. 6 Monate postoperativ betrug die Folgeeingriffsrate weiterhin 6,66 Prozent in der SK-Gel-Gruppe (ein Eingriff) und 5 Prozent in der T-Flux-Gruppe (zwei Eingriffe). Nach Ablauf eines Jahrs wurde darüber hinaus zwei (5,71 Prozent) in der SK-Gel-Gruppe und fünf (6,17 Prozent) in der T-Flux-Gruppe Folgeoperationen notwendig. Insgesamt mussten somit sieben (6,03 Prozent) versagende Therapien nach den ersten 12 Monaten festgestellt werden.

5. Diskussion

5.1. Effizienz der tiefen Sklerektomie hinsichtlich der Augeninnendrucksenkung

In der vorliegenden Studie erreicht die tiefe Sklerektomie die in der Literatur beschriebenen augeninnendrucksenkenden Effekte von 27 Prozent bis zu 52 Prozent nach Ablauf von 12 Monaten [27,59 Prozent [21], 29,96 Prozent [22], 52,3 Prozent [23]]. Den Ergebnissen dieser Studie zufolge führt die tiefe Sklerektomie nach 12 Monaten insgesamt zu einer durchschnittlichen IOD-Reduktion von 30,43 Prozent. Andere Untersuchungen über einen längeren Zeitraum hinweg belegen außerdem, dass der IOD zumeist auch nach einer Zeit von bis zu sechs Jahren post-operativ noch immer stabil im nach 12 Monaten erreichten Bereich liegt [22, 24, 19]. In einer Langzeitstudie wurde so etwa über eine IOD-Reduktion von 55,9 Prozent nach einem Zeitraum von 60 Monate berichtet [76].

Der IOD-senkende Effekt ist, zufolge von zahlreichen Studien, bei der tiefen Sklerektomie ausreichend und mit den Ergebnissen der Trabekulektomie zu vergleichen [9, 10, 77, 78]. In einer Langzeitstudie wurden einmal diese beiden operativen Eingriffe hinsichtlich ihres Erfolges bei der Augeninnendruckreduktion in Relation zueinander gesetzt. Nach einem langen Zeitraum von 48 Monate lag die IOD-Senkung bei 16,1 Prozent (TS) und 15,2 Prozent (TE) [75]. Somit stellt die schonendere Methode der nicht-penetrierenden Operation eine gute Alternative zur Trabekulektomie dar.

Beim Vergleich der beiden Implantate hinsichtlich der IOD-Reduktion, konnte in der Gruppe mit SK-Gel-Implantat eine geringfügig höhere Augeninnendruckreduktion (36,3 Prozent) erreicht werden, als es in der T-Flux-Gruppe der Fall war. Hier lag die IOD-Senkung 12 Monate nach der Operation bei 28,6 Prozent (die Differenz ist somit statistisch nicht signifikant). Dieser geringfügige Unterschied findet sich ebenfalls in einer anderen Studie, die über 12 Monate lief wieder. Bei dieser lagen die Werte der IOD-Senkung in der SK-Gel-Gruppe bei 39,1 Prozent und in der T-Flux-Gruppe bei 35,7 Prozent [86]. Um daher eine gültige Aussage zu Gunsten des einen oder anderen

Implantates machen zu können, müssen zunächst einmal noch weitere über 12 Monate hinausgehende Untersuchungen durchgeführt werden, da erst nach mehr als einem Jahr das SK-Gel-Implantat resorbiert sein sollte.

Viele Glaukom-Patienten haben zusätzlich eine Begleiterkrankung in Form einer Katarakt und brauchen deshalb eine entsprechende Katarakt-Operation. Die kombinierte Operation (TS+Phako) bietet damit ein einzeitiges chirurgisches Verfahren. Die jüngsten Berichte über die Verwendung nicht-penetrierender Techniken in Kombination mit Phakoemulsifikation haben diesbezüglich positive Ergebnisse veröffentlicht [60]. Eine Kombination der tiefen Sklerektomie mit einer Katarakt-Operation zeigt im Rahmen dieser Studie einen ebenso augeninnendrucksenkenden Effekt (30,9 Prozent bei SK-Gel+Phako und 29,06 Prozent bei T-Flux+Phako) 12 Monate post-operativ. Damit erreicht der kombinierte Eingriff ähnliche Ergebnisse wie die tiefe Sklerektomie allein. In zwei prospektiven Studien wurde des Weiteren die kombinierte tiefe Sklerektomie (TS+Phako) mit einer kombinierten Trabekulektomie (TE+Phako) verglichen. Auf Basis der dort gelieferten Endergebnisse führt die Kombination der tiefen Sklerektomie mit einer Katarakt-Operation zu ähnlich zufriedenstellenden drucksenkenden Ergebnissen wie sie die Trabekulektomie kombiniert mit der Phakoemulsifikation erreicht [16, 74]. Die IOD-Reduktion bei kombinierter tiefer Sklerektomie betrug laut einer anderen Studie 45,6 Prozent direkt post-operativ. Bei der kombinierten Trabekulektomie lag der Wert der IOD-Senkung bei 53,5 Prozent ebenso direkt nach der Operation, was auf den ersten Blick ein besseres Ergebnis zu sein scheint. Allerdings bietet über einen längeren Zeitraum von 12 Monate die kombinierte tiefe Sklerektomie eine Erfolgsquote der IOD-Reduktion von 50 Prozent, wohingegen die kombinierte Trabekulektomie im Vergleich dazu bei 20 Prozent liegt [74].

Somit kann auch bei der nicht penetrierenden Glaukom-Chirurgie die Kombinationsoperation mit einer Katarakt-Operation durchgeführt werden, ohne dass dabei die IOD-senkenden Effekte der tiefen Sklerektomie beeinträchtigt werden. Eine Kombination der tiefen Sklerektomie mit einer Katarakt-Operation übt in Anbetracht der Resultate der vorliegenden

Untersuchung sowie anderen langjährigen Studien keine signifikante Wirkung auf diese Endergebnisse aus [25, 61]. Diese Operation stellt vielmehr klar ein solches Verfahren dar, das zur sicheren Reduktion des Augeninnendrucks eingesetzt werden kann und diesen dann auch über einen längeren Zeitraum hinweg stabil niedrig hält. Daher ist anzunehmen, dass die tiefe Sklerektomie eine hervorragende Alternative zur Trabekulektomie darstellt. Auch eine Kombination der tiefen Sklerektomie mit einer Katarakt-Operation beeinträchtigt nicht die Effizienz der Augeninnendrucksenkung.

5.2. Wirksamkeit der tiefen Sklerektomie auf die Augentropfenreduktion

Zahlreiche Glaukom-Patienten sind über Jahre auf die lokal applizierten Augentropfen angewiesen. Sowohl die konsequente Anwendung als auch die gute Compliance der Patienten sind für den Therapieerfolg von großer Bedeutung. Leider ist eben dies nicht immer gegeben, da die Mitarbeit der Patienten häufig nach und nach abnimmt, weshalb die Nicht-Einhaltung der Medikation recht weit verbreitet ist. Am häufigsten werden Vergesslichkeit, das Fehlen von Augentropfen oder die Schwierigkeiten bei der Anwendung als Gründe für die Nicht-Einhaltung der Medikation angeführt [71, 72, 73]. Eine Reduktion der Anzahl der Augentropfen ist auch deshalb wichtig und sicherlich anzustreben, da mit den Jahren die Pharmaka an Wirkung verlieren. Darüber hinaus treten in der Folge häufiger Nebenwirkungen und allergische Reaktionen auf. Die Anwendung von Betablockern, wie zum Beispiel Timolol, ist bei Patienten mit Asthma bronchiale und Herzinsuffizienz kontraindiziert, da sie zu nicht vorhersehbaren Konstriktionen führen kann [80]. Aber auch bei ansonsten völlig gesunden Patienten kann eine langfristige Betablocker-Anwendung zu einer subklinischen bronchialen Reaktivität führen, die nicht vollständig reversibel ist [83]. Lange Verwendung von Pilocarpin führt zu Akkomodationsstörungen sowie Nachtsichtproblemen. Prostaglandinderivate wie etwa Bimatoprost und Travoprost rufen Rötungen, Juckreiz und konjunktivale Hyperämie als mögliche Nebenwirkungen hervor [82]. Andere Medikamente, wie Alphagan können Reizungen durch die Konservierungsmittel und Veränderungen der Bindehaut hervorrufen [81].

Mit der vorliegenden Studie wurde die signifikante Reduktion der lokal applizierten antiglaukomatösen Augentropfen nachgewiesen. Die Gesamtbetrachtung der Resultate führt dabei zu einem zufriedenstellenden Ergebnis. Es ist offensichtlich, dass in den meisten Fällen mittels der tiefen Sklerektomie ein Zieldruck erreicht wird, der mit viel weniger oder gar keiner Medikation erhalten werden kann. Bei der Ausgangsmedikation von 2,4 Augentropfen pro Auge wurde eine Reduktion auf durchschnittlich 0,3 nach Ablauf eines Jahres ermittelt. Diese Reduktion der lokalen Antiglaukomatosa liefert damit ein ähnliches Endergebnis wie es schon in vergleichbaren Studien erreicht werden konnte [0,4 [14], 0,4 [15], 0,8 [22]]. Somit spielt die tiefe Sklerektomie nicht nur bei der Reduktion von nicht beherrschbaren Augeninnendrücken eine große Rolle, sondern gleichermaßen bei der Behandlung von Unverträglichkeiten, Allergien und Nebenwirkungen der applizierten Pharmaka, sowie bei Compliance-Problemen.

5.3. Sicherheit der tiefen Sklerektomie hinsichtlich der Komplikationen

Die post-operativen Komplikationen traten in der vorgelegte Studie lediglich in seltenen Fällen auf. Hierbei hat sich herausgestellt, dass in der SK-Gel-Gruppe die meisten Komplikationen direkt nach oder 6 Wochen nach der Operation auftraten. Damit werden bei der SK-Gel-Implantation fast ausschließlich frühe post-operative Komplikationen festgestellt. Es mussten vier Nahtnachlegungen wegen Wunddehiszenz und eine Implantat-Entfernung wegen des Durchdringens des Implantats durch die Deszemetmembran in die Vorderkammer durchgeführt werden. Bezüglich der T-Flux-Gruppe fielen Art und Aufteilung der Komplikationen dagegen etwas anders aus. Die meisten Komplikationen erfolgten hier 6 Monate post-operativ. Dazu gehörten eine Nachblutung in die Vorderkammer mit daran anschließender Spülung, Katarakt-Entwicklung mit folgender Phakoemulsifikation und Nachtrübung der Linse. Vor diesem Hintergrund kann man schließen, dass die tiefe Sklerektomie mit beiden Implantaten komplikationsarm verläuft, allerdings aufgrund schwieriger Applikation von SK-Gel zu mehr frühen post-operativen

Komplikationen führt. Die T-Flux-Implantation neigt dazu die späteren post-operativen Komplikationen zu verursachen.

Als eine der häufigsten Komplikationen im Bereich der Glaukom-Chirurgie in der frühen post-operativen Phase tritt eine Bulbushypotonie (Augeninnendruckabfall < 6 mmHg) auf. Von allen 116 post-operativ untersuchten Patienten hatten 36 Patienten direkt nach dem Eingriff eine solche Bulbushypotonie, was 31 Prozent entspricht. Diese Werte sind im Vergleich zu anderen Studie geringfügig höher als bei der Trabekulektomie [26]. Die Bulbushypotonie war aber innerhalb einer Woche spontan rückläufig und der Augeninnendruck stabilisierte sich im weiteren Verlauf von allein. Diese Patienten benötigten demnach keinen zusätzlichen chirurgischen Eingriff. Bei der klassischen Trabekulektomie benötigt laut einer Studie dagegen ca. die Hälfte aller dort untersuchten Patienten sehr wohl eine solche zusätzliche chirurgische Intervention [26]. Wiederum vergleicht eine jüngst prospektiv angelegte Studie diese beiden Operationsmethoden miteinander und belegt dabei eine geringere Anzahl von Hypotonien bei der tiefen Sklerektomie [75]. Offensichtlich gibt es bis jetzt aber noch keine eindeutigen Aussagen, weshalb weitere langfristige Untersuchungen unabdingbar sind. Aufgrund des nicht-penetrierenden Verfahrens ist die tiefe Sklerektomie ein weniger invasiver Eingriff als die Trabekulektomie, denn die Vorderkammer muss hierbei nicht eröffnet werden. Aus diesem Grund ist das Infektionsrisiko deutlich vermindert, außerdem treten kaum Blutungen und lang anhaltende Bulbushypotonien auf [84, 85, 1]. Im Vergleich zur klassischen Trabekulektomie treten ebenso andere frühe post-operative Komplikationen, wie etwa Hyphäma und Netzhautablösung bei tiefer Sklerektomie zu 50 Prozent weniger auf [9]. Ebenso kann die Sklerektomie in Kombination mit einer Katarakt-Operation als eine sichere Methode angesehen werden [31]. Im Vergleich zu einer kombinierten Phakotrabekulektomie treten gleichfalls grundsätzlich weniger post-operative Komplikationen auf [32].

Somit stellt die tiefe Sklerektomie mit beiden skleralen Implantaten sowie einer Kombination von tiefer Sklerektomie mit Katarakt-Eingriff eine sichere operative Behandlungsmethode dar. Der drucksenkende Effekt ist dabei dem Erfolg von

penetrierenden chirurgischen Interventionen vergleichbar, wohingegen die Komplikationsrate deutlich geringer ausfällt. Eine Bestätigung dieser Aussage findet sich auch in zahlreichen anderen Studien wieder [9, 16, 10].

5.4. Notwendigkeit der Folgeoperationen bei Therapieversagen

Die Rate der Folgeoperationen zeigt ein zufriedenstellendes Ergebnis. Nach einem Zeitraum von 12 Monate waren die Raten der jeweiligen Folgeeingriffe in den beiden Untersuchungsgruppen sehr ähnlich. In der SK-Gel-Gruppe wurde in 5,71 Prozent und bei der T-Flux-Gruppe in 6,17 Prozent der Fälle eine zusätzliche drucksenkende operative Maßnahme nötig um den IOD ausreichend senken zu können. Als Folgeoperationen wurden dabei Goniotrepationen, Zyklphotokoagulationen und Zyklokryokoagulationen angesetzt. Somit ist die Rate der Therapieversagen bei insgesamt 6,03 Prozent, was in einem ähnlichen Bereich wie in einer vergleichbaren, langjährigen Studie liegt [22].

Als zusätzlicher drucksenkender Eingriff bei nicht ausreichender Drucksenkung durch tiefe Sklerektomie wurde, wie es in Kapitel 3.8. bereits beschrieben wurde, eine YAG-Goniopunktion angewandt. Die YAG-Goniopunktion ist dabei als eine wirkungsvolle Alternative zu einem Folgeeingriff bzw. dem Wiederansetzen von topischen Therapien zu betrachten. Dadurch gelingt es den Druck dauerhaft zu senken, was außerdem schnell, schmerzlos und minimal invasiv durchgeführt werden kann [19, 87]. Die meisten Goniopunktionen wurden 12 Monate post-operativ vorgenommen. Der Anteil der insgesamt post-operativ durchgeführten Goniopunktionen nach 12 Monaten lag bei 36,2 Prozent. Dieser Wert befindet sich also unterhalb des in der Literatur beschriebenen Bereichs von 40-50 Prozent über einen vergleichbaren Zeitraum hinweg [22, 27]. In den Fällen, bei denen die Drucksenkung durch tiefe Sklerektomie nicht ausreicht, ist der Einsatz der Goniopunktion gerechtfertigt. Durch dieses Laser-Verfahren kann der Augeninnendruck langfristig wieder gesenkt werden und die Patienten sind danach auf weniger oder gar keine Augenmedikation mehr angewiesen.

5.5. Die Rolle der Implantate für die Effizienz der tiefen Sklerektomie

Es wird angenommen, dass die Verwendung der oben genannten skleralen Platzhalter im Zusammenhang der tiefen Sklerektomie verbesserte Ergebnisse bei der IOD-Senkung erzielt. Im Vergleich der tiefen Sklerektomie mit und ohne Kollagen-Implantat bestätigen einige Studien, dass die Verwendung von Kollagen-Implantaten eine höhere Erfolgsquote sowie eine verminderte Notwendigkeit für post-operative Medikation sichert [79, 57]. Eine Verwendung eines skleralen Platzhalters aus autologem Skleragewebe bewirkt im Gegensatz dazu jedoch keine signifikante Veränderungen gegenüber dem Eingriff ohne irgendeine Implantation [28, 29]. Um den chirurgisch gebildeten Hohlraum innerhalb der Sklera aufrecht erhalten zu können, sollte im optimalen Fall ein solches Material gewählt werden, welches nicht schnell abgebaut werden kann.

In der vorliegenden Studie konnten in einem Beobachtungsraum von 12 Monaten keine signifikanten Unterschiede zwischen dem Implantat aus resorbierbarer hochvernetzter Hyaluronsäure (SK-Gel) und hydrophilem Acryl (T-Flux) in Hinsicht auf IOD und die Reduktion der lokal applizierten Antiglaukomatosa festgestellt werden. Ausgehend davon liegt der Verdacht nahe, dass die Zusammensetzung der verwendeten künstlichen Implantate keine bedeutende Rolle einnimmt. Es liegen hierzu jedoch noch keine Ergebnisse aus einem Beobachtungsraum von mehr als einem Jahr vor- einem Zeitraum, in dem das SK-Gel-Implantat resorbiert sein sollte. Deshalb sind nun längerfristige Nachbeobachtungen der Patienten zwingend erforderlich. Gleichfalls müssen hier die Geschicklichkeit sowie persönliche Erfahrung des Chirurgen berücksichtigt werden. Der T-Flux ist formstabiler und zeichnet sich nach dem Einsetzen durch einen guten Halt aus, da er mit den Flügelchen in den Schlemm-Kanal eingeführt wird. Das kann auch darauf hindeuten, dass in der T-Flux-Gruppe weniger direkt post-operative Komplikationen als bei der SK-Gel-Implantation festzustellen waren.

5.6. Ausblick auf die weitere Forschung

Die Ergebnisse der vorgestellten Auswertung haben die Effizienz wie auch die Sicherheit der tiefen Sklerektomie zweifellos nachgewiesen. Eine ausreichende Drucksenkung, geringere Komplikationsrate aufgrund des nicht-penetrierenden Verfahrens und die Reduzierung der Medikation sichern eine positive Prognose. Der Einsatz von künstlichen skleralen Implantaten für den garantierten Erfolg scheint obligat zu bleiben. Jedoch sind dennoch längerfristige Beobachtungen des resorbierbaren SK-Gel-Implantats notwendig. Ebenso muss der Frage nachgegangen werden, ob langfristig die penetrierende Trabekulektomie durch eine komplikationsärmere tiefe Sklerektomie ersetzt werden kann.

5.7. Schlussfolgerung

In der vorliegenden Studie präsentiert sich die tiefe Sklerektomie mit zwei verschiedenen skleralen Implantaten (SK-Gel und T-Flux) als eine effiziente und zugleich sichere Operationsmethode. Die beiden Implantatarten haben des Weiteren zu vergleichbaren Endergebnissen geführt und können damit als gleichwertig bezeichnet werden. Durch die tiefe Sklerektomie mit diesen skleralen Implantaten konnte eine deutliche Reduktion des intraokularen Drucks und der Anzahl der post-operativ applizierten antiglaukomatösen Augentropfen erzielt werden. Hinsichtlich der Anzahl der post-operativen Komplikationen und drucksenkenden Folgeoperationen zeigt sich die tiefe Sklerektomie beim Glaukom darüber hinaus als eine komplikationsarme sowie suffiziente Operationsmethode. Die Kombination der tiefen Sklerektomie mit einer Katarakt-Operation hat dabei keinen Einfluss auf die Endergebnisse hinsichtlich des intraokularen Augeninnendrucks und kann dementsprechend als genauso effizient bewertet werden.

6. Zusammenfassung

Hintergrund: In der vorliegenden Arbeit wurde der Einfluss von zwei unterschiedlichen skleralen Platzhaltern (T-Flux und SK-Gel) auf die Augeninnendrucksenkende Wirkung der tiefen Sklerektomie teils in Kombination mit Katarakt-Operation untersucht und analysiert.

Material und Methoden: In dieser retrospektive Studie wurden insgesamt 116 operierte Augen von 89 Patienten eingeschlossen. Einige Patienten wurden an beiden Augen operiert. Für die statistische Auswertung wurde jedoch jedes einzelne Auge als Individuum betrachtet. Dabei handelte es sich um Glaukom-Patienten, deren individueller Zieldruck medikamentös nicht erreicht werden konnte. Alle Patienten erhielten eine tiefe Sklerektomie als drucksenkende Operation. Es wurden 35 Patienten mit einem SK-Gel Implantat versorgt, 81 Patienten erhielten ein T-Flux Platzhalter implantiert. Bei einigen Patienten wurde als visusverbessernde Maßnahme eine kombinierte Operation mit zusätzlicher Phakoemulsifikation und dem Einsetzen der Hinterkammerlinse vollzogen. Es wurden folgende Parameter erhoben: Mittelwerte des Augeninnendrucks (IOD), Mittelwerte der applizierten Augentropfen, Anzahl der Komplikationen und drucksenkenden Folgeoperationen. Die Patientenuntersuchungen erfolgten direkt prä- und post-operativ, sowie nach 12 Monaten.

Ergebnisse: IOD prä-operativ: 20,8±8,2 mmHg (SK-Gel), 17,1±3,6 mmHg (SK-Gel+Phako), 18,4±5,7 mmHg (T-Flux), 17,2±4 mmHg (T-Flux+Phako). IOD 12 Monate post-operativ: 13,4±2,5 mmHg (SK-Gel), 11,8±1,9 mmHg (SK-Gel+Phako), 13,2±2,2 mmHg (T-Flux), 12,2±2 mmHg (T-Flux+Phako). Anzahl der lokalen Antiglaukomatosa: prä-operativ 2,6±1,2 (SK-Gel) und 2,3±1,3 (T-Flux), 12 Monate post-operativ 0,4±0,8 (SK-Gel) und 0,3±0,8 (T-Flux). Komplikationen: SK-Gel (n=35): 28,5% Bulbushypotonie, 4 Nahtnachlegungen, 2 Implantatentfernungen und 2 YAG-Kapsulotomien. T-Flux (n=81): 32,09% Bulbushypotonie, 1 induzierte Katarakt, 2 Vorderkammerspülungen, 1 Pars plana Vitrektomie, 2 YAG-Kapsulotomien. Drucksenkende Folgeoperationen nach 12 Monate: 48,57% Goniopunktionen und 5,71% weitere Eingriffe in der SK-Gel-Gruppe, 30,86% Goniopunktionen und 6,17% weitere Eingriffe in der T-Flux-Gruppe.

Diskussion: Die tiefe Sklerektomie mit Implantation eines skleralen Platzhalters führt zu einer anhaltenden Senkung des Augeninnendruckes. Dabei sind T-Flux und SK-Gel-Implantate gleich wirkungsvoll. Die Kombination mit einer Katarakt-Operation hat keinen Einfluss auf das OP-Ergebnis.

7. Literaturverzeichnis

[1] Drolsum L. Conversion from trabeculectomy to deep sklerektomy. Prospective study of the first 44 cases. J Cataract Refract Surg. 2003 Jul;29(7):1378-84

[2] Demeter S, Hailey D. Non-penetrating glaucoma surgery using AquaFlow (TM) collagen implants. Issues Emerg Health Technol. 2001 Aug;(22):1-4

[3] Kanski. Lehrbuch der klinischen Ophthalmologie. Thieme, Stuttgart New York 1996, 2.,überarbeitete Auflage

[4] W. Straub, P. Kroll, H. J. Kühle. Augenärztliche Untersuchungsmethoden. Enke, Stuttgart 1995

[5] M.B. Schields, G.K. Krieglstein. Glaukom. Grundlagen, Differentialdiagnose, Therapie. Springer, Berlin Heidelberg New York 1993

[6] Jonas JB, Gusek GC, Naumann GOH. Optic disc, cup and neuroretinal rim size, configuration and correlations in normal eyes. Invest Ophthalmol VisSci29:1151,1988

[7] Sugar HS. Experimental trabeculectomy in glaucoma. Ophthalmology51:623,1961

[8] Kozlov VI, Bagrov SN, Anisinova SY, Osipov AV, Mogilevtsev VV, Non penetrating deep sclerektomy with collagen. IRTC Eye Microsurgery. Moscow: RSFSR Ministry of Public Health, 1989:44-6

- [9] Ambresin A, Shaarawy T, Mermoud A. Deep sclerectomy with collagen implant in one eye compared with trabeculectomy in the other eye of the same patient. *J Glaucoma*. 2002 Jun;11(3):214-20
- [10] El Sayyad F, Helal M, El-Kholify H, Khalil M, El-Maghraby A. Nonpenetrating deep sclerectomy versus trabeculectomy in bilateral primary open-angle glaucoma. *Ophthalmology*. 2000 Sep;107(9):1671-4
- [11] Mermoud A, Schnyder CC, Sickenberg M, Chiou AG, Hediguer SE, Faggioni R. Comparison of deep sclerectomy with collagen implant and trabeculectomy in open-angle glaucoma. *J Cataract Refract Surg*. 1999 Mar;25(3):323-31
- [12] Chiselita D. Non-penetrating deep sclerectomy versus trabeculectomy in primary open-angle glaucoma surgery. *Eye*. 2001 Apr;15(Pt 2):197-201
- [13] Erkilic K, Ozkiris A, Evereklioglu C, Kontas O, Guler K, Dogan H. Deep sclerectomy with various implants: an experimental and histopathologic study in a rabbit model. *Ophthalmologica*. 2004 Jul-Aug;218(4):264-9
- [14] Shaarawy T, Mermoud A. Deep sclerectomy in one eye vs deep sclerectomy with collagen implant in the contralateral eye of the same patient: long-term follow-up. *Eye*. 2005 Mar;19(3):298-302
- [15] Ravinet E, Bovey E, Mermoud A. T-Flux implant versus Healon GV in deep sclerectomy. *J Glaucoma*. 2004 Feb;13(1):46-50
- [16] Gianoli F, Schnyder CC, Bovey E, Mermoud A. Combined surgery for cataract and glaucoma: phacoemulsification and deep sclerectomy compared with phacoemulsification and trabeculectomy. *J Cataract Refract Surg*. 1999 Mar;25(3):340-6
- [17] Funnell CL, Clowes M, Anand N. Combined cataract and glaucoma surgery with mitomycin C: phacoemulsification-trabeculectomy compared to phacoemulsification-deep sclerectomy. *Br J Ophthalmol*. 2005 Jun;89(6):694-8

- [18] Chiou AG, Mermoud A, Jewelewicz DA. Post-operative inflammation following deep sclerectomy with collagen implant versus standard trabeculectomy. *Graefes Arch Clin Exp Ophtalmol*. 1998 Aug;236(8):593-6
- [19] Galassi F, Giambene B. Deep sclerectomy with SkGel implant: 5-year results. *J Glaucoma*. 2008 Jan-Feb;17(1):52-6
- [20] Detry-Morel M, Detry MB. Five-year experience with non penetrating deep sclerectomy. *Bull Soc Belge Ophtalmol*. 2006;(299):83-94
- [21] Kozobolis VP, Christodoulakis EV, Tzanakis N, Zacharopoulos I, Pallikaris IG. Primary deep sclerectomy versus primary deep sclerectomy with the use of mitomycin C in primary open-angle glaucoma. *J Glaucoma*. 2002 Aug;11(4):287-93
- [22] Lachkar Y, Neverauskiene J, Jeanteur-Lunel MN, Gracies H, Berkani M, Ecoffet M, Kopel J, Kretz G, Lavat P, Lehrer M, Valtot F, Demailly P. Nonpenetrating deep sclerectomy: a 6-year retrospective study. *Eur J Ophthalmol*. 2004 Jan-Feb;14(1):26-36
- [23] Jehn AB, Bohnke M, Mojon DS. Deep sclerectomy with collagen implant: initial experience. *Ophthalmologica*. 2002 Jul-Aug;216(4):235-8
- [24] Shaarawy T, Karlen M, Schnyder C, Achache F, Sanchez E, Mermoud A. Five-year results of deep sclerectomy with collagen implant. *J Cataract Refract Surg*. 2001 Nov;27(11):1770-8
- [25] Cillino S, Di Pace F, Casuccio A, Calvaruso L, Morreale D, Vadalà M, Lodato G. Deep sclerectomy versus punch trabeculectomy with or without phacoemulsification: a randomized clinical trial. *J Glaucoma*. 2004 Dec;13(6):500-6
- [26] Picht G, Mutsch Y, Grehn F. Follow-up of trabeculectomy. Complications and therapeutic consequences. *Ophthalmologe*. 2001 Jul;98(7):629-34

- [27] Mermoud A, Karlen ME, Schnyder CC, Sickenberg M, Chiou AG, Hediguer SE, Sanchez E. Nd:Yag goniopuncture after deep sclerectomy with collagen implant. *Ophthalmic Surg Lasers*. 1999 Feb;30(2):120-5
- [28] Mousa AS. Preliminary evaluation of nonpenetrating deep sclerectomy with autologous scleral implant in open-angle glaucoma. *Eye*. 2007 Sep;21(9):1234-8. Epub 2006 Oct 6
- [29] Devloo S, Deghislage C, Van Malderen L, Goethals M, Zeyen T. Non-penetrating deep sclerectomy without or with autologous scleral implant in open-angle glaucoma: medium-term results. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2005 Dec;243(12):1206-12. Epub 2005 Jul 8
- [30] Marek R, Joanna W, Lewczuk K, Siemiatkowska A, Stankiewicz A. Efficacy and safety of deep sclerectomy and phacoemulsification and deep sclerectomy in clinical material of Military Health Service Institute-yearly observations. *Klin Oczna*. 2006;108(10-12):385-91
- [31] Yuen NS, Chan OC, Hui SP, Ching RH. Combined phacoemulsification and nonpenetrating deep sclerectomy in the treatment of chronic angle-closure glaucoma with cataract. *Eur J Ophthalmol*. 2007 Mar-Apr;17(2):208-15
- [32] Jurowski P, Goś R. Effectiveness of the combined surgical treatment for glaucoma and cataract. *Klin Oczna*. 2005;107(4-6):212-6. Polish
- [33] Quigley HA, Broman AT. The number of people with glaucoma worldwide in 2010 and 2020. *Br J Ophthalmol* 2006 Mar, 90(3):262-7
- [34] Rouland JF, Berdeaux G, Lafuma A. The economic burden of glaucoma and ocular hypertension: implications for patient management:a review. *Drugs Aging* 2005;22(4):315-21
- [35] Quigley HA. Number of people with glaucoma worldwide. *Br J Ophthalmol* 1996 May;80(5):389-93

- [36] Leydhecker W, Akiyama K, Neumann HG. Der intraokulare Druck gesunder menschlicher Augen. *Klin. Monatsbl. Augenheilkd.* 133:662, 1958
- [37] Leske MC, Conell AM, Wu SY, Hyman LG, Schachat AP. Risk factors for open-angle glaucoma. The Barbados Eye Study. *Arch Ophthalmol.* 1995 Juli;113(7):918-24
- [38] Chopra V, Varma R, Francis BA, Wu J, Torres M, Azen SP. Type 2 diabetes mellitus and the risk of open-angle glaucoma the Los Angeles Latino Eye study. *Ophthalmology* 2008 Feb;115(2):227-232.e1. Epub 2007 Aug 22
- [39] Tielsch JM, Katz J, Sommer A, Quigley HA, Javitt JC. Hypertension, perfusion pressure, and primary open-angle glaucoma. A population-based assessment. *Arch Ophthalmol* 1995;113:216-21
- [40] Takahashi T, Ohtani S, Miyata K, Miyata N, Shirato S, Mochizuki M. A clinical evaluation of uveitis-associated secondary glaucoma. *Jpn J Ophthalmol.* 2002 Sep-Oct;46(5):556-62
- [41] Ozer PA, Yalvac IS, Satana B, Eksioğlu U, Duman S. Incidence and risk factors in secondary glaucoma after blunt and penetrating ocular trauma. *J Glaucoma* 2007 Dec;16(8):685-90
- [42] Ellong A, Mvogo CE, Bella-Hiag AL, Mouney EN, Ngosso A, Litumbe CN. Prevalence of glaucoma in a Black Cameroonian population. *Sante* 2006 Apr-Jun;16(2):83-8
- [43] Dielemans I, Vingerling JR, Wolfs RC, Hoffman A, Grobbee DE, de Jong PT. The prevalence of primary open-angle glaucoma in a population study in The Netherlands. The Rotterdam Study. *Ophthalmology* 1994 Nov;101(11):1851-5

- [44] Mitchell P, Smith W, Attebo K, Healey PR. Prevalence of open-angle glaucoma in Australia. The Blue mountains Eye Study. *Ophthalmology* 1996 Oct;103(10):1661-9
- [45] El Afrit MA, Mazlout H, Trojet S, Larguech L, Megaieth K, Belhaj S, Khemiri N, Kraiem A. Cortisone glaucoma: epidemiological, clinical and therapeutic study. *J Fr Ophtalmol* 2007 Jan;30(1):49-52
- [46] Plange N, Kaup M, Remky A, Arend KO. Prolonged retinal arteriovenous passage time is correlated to ocular perfusion pressure in normal tension glaucoma. *Graefes Arch Clin Exp Ophtalmol* 2008 Apr 2
- [47] Arend O, Remky A, Redbrake C, Arend S, Wenzel M, Harris A. Retinal hemodynamics in patients with normal pressure glaucoma. Qualification with digital laser scanning fluorescein angiography. *Ophtalmologie* 1999 Jan;96(1):24-9
- [48] Kondo Y, Niwa Y, Yamamoto T, Sawada A, Harris A, Kitazawa Y. Retrobulbar hemodynamics in normal-tension glaucoma with asymmetric visual field change and asymmetric ocular perfusion pressure. *Am J Ophtalmol* 2000 Oct;130(4):454-60
- [49] Grueb M, Rohrbach JM, Bartz-Schmidt KU, Schlote T. Transscleral diode laser cyclophotocoagulation as primary and secondary surgical treatment in primary open-angle and pseudoexfoliative glaucoma. Long-term clinical outcomes. *Graefes Arch Clin Exp Ophtalmol* 2006 Oct;244(10):1293-9. Epub 2006 Mar 21
- [50] Iliev ME, Gerber S. Long-term outcome of trans-scleral diode laser cyclophotocoagulation in refractory glaucoma. *Br J Ophtalmol* 2007 Dec;91(12):1631-5. Epub 2007 May 10

- [51] Puska PM, Tarkkanen AH. Transscleral red cyclophotocoagulation for treatment of therapy-resistant inflammatory glaucoma. *Eur J Ophthalmol* 2007 Jul-Aug;17(4):550-6
- [52] J.F.Collins, A.J.Augustin. *Augenheilkunde*, Springer Verlag
- [53] Klemm M, Harbeck W, Kohlhaas M. Cyclocryocoagulation in treatment of spezial types of glaucoma. *Ophtalmologie* 1995 Aug;92(4):556-9
- [54] Meyer JH, Soriano JM, Janknecht P, Funk J. Results of cyclocryocoagulation. *Klin Monatsbl Augenheilkd*. 1994 Jul;205(1):14-8
- [55] Nicaeus T, Derse M, Schlote T, Erb C, Rohrbach JM, Thiel HJ. Cyclocryocoagulation in treatment of therapy refractory glaucoma: a retrospective analysis of 185 cryocoagulation procedures. *Klin Monatsbl Augenheilkd*. 1999 Apr;214(4):224-30
- [56] Ansari E, Gandhewar J. Long-term efficacy visual acuity following transscleral diode laser photocoagulation in cases of refractory and non-refractory glaucoma. *Eye* 2007 Jul;21(7):936-40. Epub 2006 Apr 21
- [57] Hondur A, Onol M, Hasanreisoglu B. Nonpenetrating glaucoma surgery: meta-analysis of recent results. *J Glaucoma*. 2008 Mar;17(2):139-46
- [58] Schlote T, Grüb M, Kynigopoulos M. Long-term results after transscleral diode laser cyclophotocoagulation in refractory posttraumatic glaucoma and glaucoma in aphakia. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2008 Mar;246(3):405-10. Epub 2007 Oct 27
- [59] Grueb M, Rohrbach JM, Bartz-Schmidt KU, Schlote T. Transscleral diode laser cyclophotocoagulation as primary and secondary surgical treatment in primary open-angle and pseudoexfoliative glaucoma. Long-term clinical outcomes. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2006 Oct;244(10):1293-9. Epub 2006 Mar 21

- [60] Ramón y Cajal Hospital (García-Pérez, Rebolleda, Muñoz-Negrete), Madrid, and Alcalá University (Rebolleda, Muñoz-Negrete), Alcalá de Henares, Spain. Intraocular pressure on the first postoperative day as a prognostic indicator in phacoemulsification combined with deep sclerectomy. *J Cataract Refract Surg.* 2008 Aug;34(8):1374-8
- [61] Marek R, Joanna W, Lewczuk K, Siemiatkowska A, Stankewicz A. Efficacy and safety of deep sclerectomy and phakoemulsifikation and deep sclerectomy in clinical material of Military Health Service Institute yearly observations. *Klin Oczna* 2006; 108(10-12):385-91
- [62] He Y, Ge J, Tombran-Tink J. Mitichondrial Defects and Dysfunktion in Calcium Regulation in Glaucomatosus Trabecular Meshwork Cells. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2008 Jul 9
- [63] Abu-Amero KK, Morales J, Bosley TM. Mitichondrial abnormalities in patients with primary open-angle glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2006 Jun; 47(6):2533-41
- [64] Choi J, Miller AM, Nolan MJ, Yue BY, Thotz ST, Clark AF, Aggaral N, Knepper PA. Soluble CD44 is cytotoxic to trabecular meshwork and retinal ganglion cells in vitro. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2005 Jan;46(1):214-22
- [65] Cao Y, Wei H, Pfaffl M, Da B, Li Z. Apoptosis of human trabecular meshwork cells induced by transforming growth factor-beta2 in vitro. *J huazhong Univ Sci Technolog Med Sci.* 2004;24(1):87-9, 94
- [66] Ziangirowa GG, Antonova OV. Lipid peroxidation in the pathogenesis of primary open-angle glaucoma. *Vestn Ophthalmol.* 2003 Jul-Aug;119(4):54-5
- [67] Agarwal R, Talati M, Lambert W, Clark AF, Wilson SE, Agarwal N, Wordinger RJ. Fas-activated apoptosis and apoptosis mediators in human trabecular meshwork cells. *Exp Eye Res.* 1999May;68(5):583-90

[68] Wagenfeld L, Klemm M, Schwarzer H, Wiermann A, Galambos P, Richard G, Zeitz O. Cyclophotocoagulation: Dose-response relationship in healthy rabbits. University Medical-Centre Hamburg-Eppendorf, Department of Ophthalmology, Hamburg, Germany

[69] Wishart MS, Shergill T, Porooshani H. Visco canalostomy and phacovisco canalostomy: long-term results. *J Cataract Refract Surg.* 2002 May;28(5):745-51

[70] Uretmen O, Ates H, Güven S, Andac K. Comparison of outcomes of visco canalostomy and phacovisco canalostomy. *Can J Ophthalmol.* 2003 Dec;38(7):580-6

[71] Olthoff CM, Hoevenaars JG, van den Borne BW, Webers CA, Schouten JS. Prevalence and determinants of non-adherence to topical hypotensive treatment in Dutch glaucoma patients. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2008 Sep 19.

[72] Friedman DS, Hahn SR, Gelb L, Tan J, Shah SN, Kim EE, Zimmermann TJ, Quigley HA. Doctor-patient communication, health-related beliefs, and adherence in glaucoma results from the Glaucoma Adherence and Persistency Study. *Ophthalmology.* 2008 Aug;115(8):1320-7,1327.e1-3. Epub 2008 Mar 5

[73] Kholdebarin R, Campbell RJ, Jin YP, Buys YM. Multicenter study of compliance and drop administration in glaucoma. *Can J Ophthalmol.* 2008 Aug;43(4):454-61

[74] Lücke C, Dietlein TS, Lücke M, Konen W, Kriegelstein GK. A prospective trial of phaco-trabeculotomy combined with deep sclerectomy versus phaco-trabeculectomy. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2008 Aug;243(8):1163-8. Epub 2008 Apr 15

- [75] Cillino S, Di Pace F, Casuccio A, Cillino G, Lodato G. Deep sclerectomy versus trabeculectomy with low-dosage mitomycin C: four-year follow-up. *Ophthalmologica*. 2008;222(2):81-7. Epub 2008 Feb 22
- [76] Shaarawy T, Flammer J, Smits G, Mermoud A. Low first postoperative day intraocular pressure as a positive prognostic indicator in deep sclerectomy. *Br J Ophthalmol*. 2004 May;88(5):658-61
- [77] Schwenn O, Springer C, Troost A, Yun SH, Pfeiffer N. Deep sclerectomy using a hyaluronate implant versus trabeculectomy. A comparison of two glaucoma operations using mitomycin C. *Ophthalmologe*. 2004 Jul;101(7):696-704
- [78] Cillino S, Di Pace F, Casuccio A, Lodato G. Deep sclerectomy versus punch trabeculectomy: effect of low-dosage mitomycin C. *Ophthalmologica*. 2005 Sep-Oct;219(5):281-6
- [79] Shin IH, Nah YS, Hong YJ, Kim CY. Comparison of surgical outcomes between small collagen and chromic catgut implants in deep sclerectomy. *Korean J Ophthalmol*. 2002 Dec;16(2):75-81
- [80] Worth H. Beta receptor blockers in patients with obstructive respiratory diseases-risk and alternatives. *Pneumologie*. 2005 Dec;59(12):858-61
- [81] Bowmann RJ, Cope J, Nischal KK. Ocular and systemic side effects of brimonidine 0,2% eye drops (Alphagan) in children. *Eye*. 2004 Jan;18(1):24-6
- [82] Alagöz G, Bayer A, Boran C, Serin D, Kükner A, Elcioglu M. Comparison of ocular surface side effects of topical travoprost and bimatoprost. *Ophthalmologica*. 2008;222(3):161-7. Epub 2008 May 22
- [83] Gandolfi SA, Chetta A, Cimino L, Mora P, Sangermani C, Tardini MG. Bronchial reactivity in healthy individuals undergoing long-term topical treatment with beta-blockers. *Arch Ophthalmol*. 2005 Jan;123(1):35-8

- [84] Chiou AG, Mermoud A, Jewelewicz DA. Post-operative inflammation following deep sclerectomy with collagen implant versus standard trabeculectomy. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 1998 Aug;236(8):593-6
- [85] Gianoli F, Mermoud A. Cataract-glaucoma combined surgery: comparison between phacoemulsification combined with deep sclerectomy, or trabeculectomy. *Klin Monatsbl Augenheilkd*. 1997 May;210(5):256-60
- [86] Rekas M, Wierzbowska J, Lewczuk K, Siemiatkowska A, Stankiewicz A. The effectiveness of phacodeepsclerectomy performed with implantation sk-gel and t-flux 12 months observations. *Klin Oczna*. 2008;110(4-6):145-50
- [87] Wishart PK, Wishart MS, Choudhary A, Grierson I. Long-term results of viscocanalostomy in pseudoexfoliative and primary openangle glaucoma. *Clin Experiment Ophthalmol*. 2008 Mar;36(2):148-55
- [88] Armaly MF. Genetic determination of cup/disc ratio of the optic nerve. *Arch Ophthalmol*. 1967;78:35
- [89] Schwartz JT, Reuling FH, Garrison RJ. Acquired cupping optic nerve head in normotensive eyes. *Br J Ophthalmol*. 1975;59:216

8. Verzeichnis der Abkürzungen

IOD:	Intraokulare Druck
mm Hg:	Millimeter Quecksilber
C/D-Ratio:	Cup/Disc-Ratio
PCOWG:	Primär chronische Offenwinkelglaukom
NDG:	Normaldruckglaukom
PEX:	Pseudoexfoliationsglaukom
EWG:	Engwinkelglaukom
ALT:	Argon-Laser-Trabekuloplastik
YAG:	Yttrium-Aluminium-Granulat
SK-Gel:	Implantatbezeichnung
T-Flux:	Implantatbezeichnung
TS:	tiefe Sklerektomie
TE:	Trabekulektomie
GP:	Goniopunction
Phako:	Phakoemulsifikation
HKL:	Hinterkammerlinse
HRT:	Heidelberger Retina Tomographie
PpV:	Pars plana Vitrektomie
dpt:	Dioptrie
MD:	Mittlere Defekt
ITN:	Intubationsnarkose
EKG:	Elektrokardiogramm
I/A:	Ultraschallansatz
mm:	Millimeter
mJ:	Millijoule
mWatt:	Milliwatt
msec:	Millisecunde
n:	Patientenzahl
OP:	Operation
prä-OP:	prä-operativ
post-OP:	post-operativ
SPSS:	Statistik-Programmsystem
Tukey-HSD-Test:	Tukey Honestly Significant Difference Test

Danksagung

Mein ganz besonderer Dank gebührt Frau Prof. Dr. Maren Klemm, der Leitenden Oberärztin der Klinik und Poliklinik für Augenheilkunde der Universität Hamburg für die freundliche Betreuung dieser Dissertation. Danke für die ausführliche Erklärungen bei der Live Operation.

Mein großer und herzlichster Dank geht an Frau Dr. Anne Wiermann für Ihre ausgeprägte Hilfsbereitschaft bei dieser Dissertation, ihre Motivationsvermögen und Geduld, die für mich eine enorme Rolle gespielt haben.

Großer Dank gilt Herrn PD Dr. Oliver Zeitz für liebenswürdige Unterstützung und Hilfe bei der Auswertung der erhobenen Daten.

Den Herrn Bergs danke ich für seine freundliche Unterstützung im Archiv.

Herzlich danke ich Herrn Prof. Dr. Gisbert Richard, dem Direktor der Klinik, der mir die Möglichkeit gab, meine Arbeit in seiner Klinik durchzuführen und abzuschließen.

Lebenslauf

Persönliche Daten

Name: Elvira Jochim
Wohnort: Einhausring 2
21079 Hamburg
Tel.: 040 7 63 54 17
E-Mail: elvirajochim@gmx.de
Geburtsdatum: 16.09.1975
Geburtsort: Balchasch/Kasachstan
Familienstand: Verheiratet, 1 Tochter

Berufstätigkeit

07/2008-heute Niedergelassene Zahnärztin in Hamburg
11/2006-06/2008 Assistenz Zahnärztin in Hamburg
07/2006-11/2006 Assistenz Zahnärztin in Stade
11/2005-11/2009 Promotion, UKE Hamburg
09/2005-11/2005 Assistenz Zahnärztin in Hamburg
08/2005-09/2005 Suche nach einer Stelle als Assistenz Zahnärztin
04/2001-07/2005 Studium der Zahnmedizin an der Universität Hamburg;
Approbationsurkunde
03/2000-03/2001 Kinderbetreuung
06/1998-02/2000 Angestellte als Krankenschwester im Allgemeinen
Krankenhaus Harburg
03/1998-05/1998 Suche nach einer Stelle als Krankenschwester
08/1997-02/1998 Praktikum für die Anerkennung der Berufsbezeichnung
Krankenschwester im Allgemeinen Krankenhaus Harburg;
Urkunde
05/1997-07/1997 Praktikumssuche zur Anerkennung eines ausländischen
Diploms als Krankenschwester
12/1996-04/1997 Deutsch- Sprachkurs bei der EURO-Schule Hamburg
10/1996-11/1996 Suche eines Sprachkurses, Integrationszeit in Deutschland
08/1992-09/1996 Studium der Humanmedizin an der Staatlichen
Medizinischen Hochschule in Kasachstan; Akademische
Bescheinigung; zusätzlich Krankenschwester-Diplom

Schulbildung

09/1981-06/1992 Besuch der Mittelschule-Gymnasium in
Kasachstan

Eidesstattliche Versicherung

Ich versichere ausdrücklich, dass ich die Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die aus den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen einzeln nach Ausgabe (Auflage und Jahr des Erscheinens), Band und Seite des benutzten Werkes kenntlich gemacht habe.

Ferner versichere ich, dass ich die Dissertation bisher nicht einem Fachvertreter an einer anderen Hochschule zur Überprüfung vorgelegt oder mich anderweitig um Zulassung zur Promotion beworben habe.

Hamburg, den 2009

Elvira Jochim