

Aus der Augenklinik  
der Medizinischen Fakultät  
der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg  
(Direktor: Prof. Dr. med. Thieme)

# **Vergleich der mikroinzipionalen Kataraktchirurgie mit der Kleinschnittkataraktchirurgie bei trabekulektomierten Patienten**

## **DISSERTATION**

zur Erlangung des Doktorgrades

Dr. med.  
(doctor medicinae)

an der Medizinischen Fakultät

der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

vorgelegt von  
Julia Anette Böpple

aus Stuttgart

Magdeburg 2016

Bibliographische Beschreibung:

Böpple, Julia Anette:

Vergleich der mikroinzisionalen Kataraktchirurgie mit der Kleinschnittkataraktchirurgie bei trabekulektomierten Patienten.

2016. – 98 Bl., 19 Abb., 10 Tab.

Kurzreferat:

Die vorliegende Studie untersucht zwei Operationsverfahren zur Kataraktextraktion bei Glaukompatienten mit vorangegangener Trabekulektomie. Sie wertet die Daten von insgesamt 140 Patienten der Augenklinik Mainz aus den Jahren 2008 bis 2011 im Hinblick auf Operationserfolg bzw. Misserfolg aus. Zielparameter sind dabei der Augeninnendruck, drucksenkende Re-Operationen und die Gabe chronischer Antiglaukomatosa. Sekundäre Messdaten sind Visus, postoperative Verfahren, Komplikationen und Nachstarrate.

**Schlüsselwörter:**

Kataraktchirurgie

Trabekulektomie

Katarakt

Glaukom

Mikroinzision

*Die Linse ähnelt einem Baum,  
bei dem die Jahresringe seine  
Lebensgeschichte erzählen.*

*(François 1981)*

# INHALTSVERZEICHNIS

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....	4
<b>1 EINFÜHRUNG .....</b>	<b>5</b>
1.1 Einleitung.....	5
1.2 Definition Katarakt .....	6
1.3 Epidemiologie der Katarakt .....	6
1.4 Einteilung der Katarakt .....	8
1.5 Anatomie der Linse.....	10
1.6 Kataraktchirurgie .....	12
1.7 MICS .....	17
1.8 Glaukom .....	20
1.8.1 Augeninnendruck (IOD) .....	21
1.8.2 Einteilung der Glaukome .....	21
1.8.3 Therapie des Glaukoms/Glaukomchirurgie.....	23
1.9 Kataraktchirurgie in glaukomatösen Augen .....	29
<b>2 PATIENTEN UND METHODEN .....</b>	<b>34</b>
2.1 Rahmenbedingungen .....	34
2.2 Studienkriterien.....	36
2.3 Studiengruppen .....	36
2.4 Trabekulektomie vor Kataraktoperation.....	36
2.5 Kataraktoperation .....	38
2.5.1 Untersuchung präoperativ .....	38
2.5.2 Operationsvorbereitung .....	38
2.5.3 Operationsvorgang .....	39
2.5.4 Intraokularlinsen .....	41
2.5.5 Postoperative Medikamentenversorgung .....	44
2.6 Erfasste Daten der Patienten .....	44
2.7 Statistische Methodik.....	45
2.8 Graphische Darstellung der Daten .....	46

3	ERGEBNISSE .....	47
3.1	Charakteristika der Patienten .....	47
3.2	Primäre Endpunkte der Arbeit .....	49
3.2.1	Kriterium 1: Augeninnendruck (IOD) $\geq 17\text{mmHg}$ .....	53
3.2.2	Kriterium 2: Re-Operationen .....	53
3.2.3	Kriterium 3: Chronische Antiglaukomatosa postoperativ .....	53
3.3	Sekundäre Zielgrößen .....	55
3.3.1	Augeninnendruck (IOD) .....	55
3.3.1.1	IOD-Verlauf.....	55
3.3.1.2	Durchschnittliche IOD-Differenz.....	56
3.3.1.3	Maximaler IOD im postoperativen Verlauf .....	58
3.3.2	Visus.....	60
3.3.3	Postoperative Verfahren .....	62
3.3.4	Komplikationen intraoperativ .....	63
3.3.5	Komplikationen postoperativ.....	64
3.3.6	Nachstarrate und YAG-Laser-Anwendung .....	65
4	DISKUSSION .....	66
4.1	Einleitung.....	66
4.2	Augeninnendruck (IOD).....	67
4.3	Re-Operationen und chronische Antiglaukomatosa .....	69
4.4	Visus.....	69
4.5	Postoperative Verfahren .....	70
4.6	Intra- und postoperative Komplikationen .....	70
4.7	Nachstarrate und YAG-Laser-Anwendung .....	70
4.8	Limitationen der Arbeit und Ausblick .....	71
5	ZUSAMMENFASSUNG.....	73
6	ABSTRACT .....	75
7	LITERATURVERZEICHNIS.....	77

8	ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....	89
9	DANKSAGUNGEN .....	91
10	EHRENERKLÄRUNG.....	92
11	LEBENS LAUF .....	93

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

5-FU	5-Fluorouracil
ALT	Argon-Laser-Trabekuloplastik
B-MICS	Bimanual microincision cataract surgery
CDR	Cup-Disc Ratio
C-MICS	Coaxial microincision cataract surgery
EWG	Engwinkelglaukom
IOD	Intraokulärer Druck
IOL	Intraokularlinse
MICS	Microincision Cataract Surgery
MIOL	Multifokale Intraokularlinse
MMC	Mitomycin C
OCT	Optische Kohärenztomographie
PCO	posteriore Kapselopazifikation
PEX	Pseudoexfoliation
PMMA	Polymethylmethacrylat
POWG	Primäres Offenwinkelglaukom
SA	Standardabweichung
SICS	Small Incision Cataract Surgery
SLT	Selektive Laser Trabekuloplastik
YAG-Laser	Yttrium-Aluminium-Granat-Laser

# 1 EINFÜHRUNG

## 1.1 Einleitung

Im Zuge der Bevölkerungsentwicklung steigt die Koinzidenz von Katarakt und Glaukom an. Beide zählen zu den Hauptursachen von Erblindung.

Die Trabekulektomie zählt heutzutage zum Goldstandard in der operativen Therapie des Glaukoms, wenn der medikamentöse Ansatz zur Augeninnendrucksenkung nicht ausreicht. Sie hat sich von den 60er Jahren bis heute in vielerlei Hinsicht weiterentwickelt: die intraoperative Anwendung von Antimetaboliten, das präoperative sowie das postoperative Management wurden über die Jahre optimiert und erzielten demnach immer bessere Ergebnisse.

Die Kataraktchirurgie zählt zu den am meisten durchgeführten chirurgischen Eingriffen überhaupt und unterliegt daher einer rasanten Weiterentwicklung bis hin zu hochstandardisierter Technik. Die Kleinschnittkataraktchirurgie mit Phakoemulsifikation wurde zum Standardverfahren in industrialisierten Ländern. Mit zunehmender Bedeutung wird der Trend zur Mikroinzision immer dringlicher. Entscheidend für die Reduktion der Schnittgröße ist die Weiterentwicklung der drei größtenbestimmenden Elemente: Phakotechnologie, Implantationstechnik und intraokuläres Linsendesign. Die Motivation hinter diesen Technikverbesserungen sind die mit einer kleineren Schnittgröße einhergehenden Vorteile wie eine schnellere visuelle Rehabilitation mit verbesserter Wundstabilität und geringerem Astigmatismus. Kleine Inzisionen implizieren ebenfalls ein geringeres Trauma und damit eine mildere Entzündungsreaktion sowie reduziertes Endophthalmitisrisiko. Während die herkömmliche Kleinschnittkataraktchirurgie („standard small incision cataract surgery“, SICS) mit Öffnungsweiten von bis zu 3,2 mm einhergeht, wird die mikroinzisionale Kataraktchirurgie („microincision cataract surgery“, MICS) mit einer Inzisionsöffnung einschließlich Intraokularlinsen (IOL)-Implantation von  $\leq 2\text{mm}$  definiert.

Für die Ausbildung eines funktionierenden Sickerkissens und damit für eine erfolgreiche Trabekulektomie spielt die Wundheilung eine entscheidende Rolle. Bei

jeder Form von zusätzlichem Entzündungsreiz besteht ein erhöhtes Risiko für eine Vernarbung des Sickerkissens verbunden mit einer Einschränkung seiner Funktion und der Wirksamkeit der Trabekulektomie. Daher könnte die fortschrittliche mikroinvasive Kataraktchirurgie eine erfolgversprechende Strategie für Patienten mit Katarakt und funktionierender Trabekulektomie darstellen.

### **1.2 Definition Katarakt**

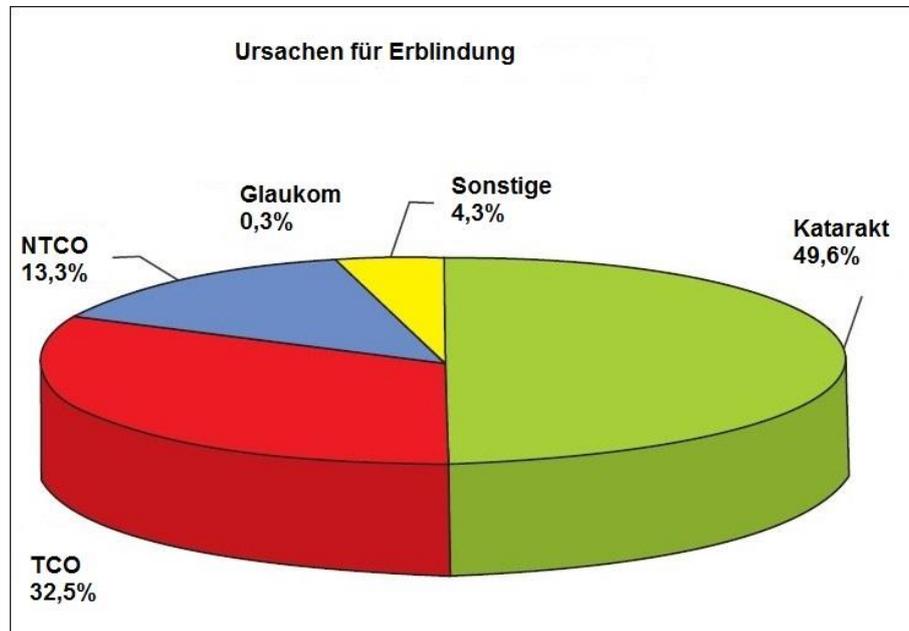
Im Normalfall ist die Linse des menschlichen Auges transparent (1). Ihre Aufgabe besteht darin, das einfallende Licht auf der Retina zu bündeln (2). Optische Inhomogenitäten der Linse, zu denen Brechungsunregelmäßigkeiten ebenso gehören wie Trübungen, bezeichnet man als Katarakt oder umgangssprachlich auch als grauer Star. Hierbei ist die Durchsichtigkeit der Linse unter Umständen so stark reduziert, dass der Patient eine Beeinträchtigung seiner Sicht wahrnimmt. Die Beeinträchtigung des Visus ist abhängig von der Lokalisation und Ausdehnung der Linsentrübung. Das griechische Wort Katarakt bedeutet ursprünglich „Wasserfall“ (katarrhaktes = herabstürzen) und hat sich eingebürgert, weil man früher glaubte, dass es sich bei der Katarakt um eine Art Flüssigkeit handelt, die aus dem Gehirn vor die Linse fließt (3) oder sich hinter der Pupille ergießt (4). Durch den auffallend starren Blick, den Erkrankte aufwiesen, fand der Ausdruck „grauer Star“ im Deutschen immer mehr Verwendung (4-6).

### **1.3 Epidemiologie der Katarakt**

Die Kataraktoperation gilt als eine der weltweit am häufigsten durchgeführten Operationen, da der graue Star eine oft vorkommende Erkrankung ist (7). Insgesamt sind etwa 20 Millionen Menschen an einer Katarakt erblindet, somit stellt sie die häufigste Ursache vermeidbarer Erblindung dar (8). In Amerika, Afrika und Asien ist diese Tatsache vor allem begründet durch unzureichende Versorgung (2, 9).

Abbildung 1 zeigt die Hauptursachen von Erblindung in einer Population von über 60-jährigen im Verwaltungsbezirk Nizwa im Oman (9).

**Abb. 1:** Hauptursachen von Erblindung in einer Population von über 60jährigen im Bezirk Nizwa im Oman (9)



Die Abbildung zeigt die unterschiedlichen Erblindungsursachen von über 60jährigen im Oman. Dabei weist die Katarakt mit 49,6% vor TCO (Trachomatous corneal opacity), NTCO (Non-trachomatous corneal opacity), Glaukom und sonstigen Ursachen den größten Anteil auf.

Ein Hauptrisikofaktor für die Entstehung einer Katarakt ist ein fortgeschrittenes Alter, somit nimmt die Prävalenz mit fortschreitendem Alter zu. Die Alterskatarakt macht ca. 90% aller Katarakte aus (10). Im Rahmen der Beaver-Dam-Eye-Study in den USA wurde festgestellt, dass 14,3 % der Männer und 23,5 % der Frauen im Alter von 65-74 Jahren eine klinisch relevante Alterskatarakt haben. Im Alter ab 75 sind 38,8 % der Männer und 45,9 % der Frauen betroffen (11). Bei 95 % aller Personen über 65 Jahren sind sichtbare Linsentrübungen vorhanden (12).

Neben dem Alter wurden noch weitere Faktoren erforscht, die die Entstehung einer Katarakt begünstigen. Dazu zählen zum Beispiel frühere Augenverletzungen, Strahleneinwirkung (Röntgen-, UV-Strahlung), Rauchen, über einen längeren Zeitraum eingenommene Medikamente wie Kortison, chronische Entzündungen oder systemische Erkrankungen wie Diabetes mellitus. Häufige genetische Ursachen sind beispielsweise die familiäre kongenitale Katarakt, Galaktosämie, Trisomie 21, Trisomie 13 oder das Lowe-Syndrom (13).

Eine Metaanalyse von 2015 zeigt, dass die Einnahme von Nahrungsergänzungsmitteln in Form von Vitamin E eventuell das Risiko für die Entstehung einer Alterskatarakt signifikant senken könnte. Sowohl eine Ernährungsumstellung auf Vitamin-E-haltige Lebensmittel, wie eine zusätzliche Supplementierung mit Vitamin-E-haltigen Nahrungsergänzungsmitteln und ein hoher Tocopherol-Spiegel im Blut waren signifikant assoziiert mit einem niedrigeren Risiko für die Alterskatarakt. Das durchschnittliche relative Risiko reduzierte sich bei einer Einnahmemenge von 7 mg pro Tag (14). Es existiert aber noch keine ausreichende medikamentöse Therapie und so bleibt die operative Entfernung der getrübbten Linse und die Implantation einer künstlichen IOL die einzige Therapie (15).

### **1.4 Einteilung der Katarakt**

Katarakte lassen sich allgemein differenzieren nach der Lage der Trübung, wie zum Beispiel, ob sie im Kern oder der Schale lokalisiert ist, und ihrer Entstehungsart, also ob es sich um eine angeborene (kongenitale), altersbedingte (senile) oder traumatisch erworbene Form handelt. Angeborene Katarakte sind entweder genetisch bedingt oder Folge einer frühembryonalen transplazentaren Schädigung (16). Im Gegensatz zu diesen insgesamt eher selten auftretenden angeborenen Katarakten sind die weitaus meisten erworben. Dabei machen die senilen Katarakte mit 90% den größten Teil aus und treten überwiegend beidseits auf (17, 18). Senile Katarakt meint die physiologische Alterung mit Eintrübung der Linse und Zunahme der Linsendicke und ist multifaktoriell bedingt. Ihre Primärinzidenz und ihre Entwicklung sind individuell unterschiedlich und können sich über Monate oder auch über Jahre erstrecken (19, 20).

**Abb. 2: Senile Katarakt (21)**



Ansicht auf das rechte Auge durch die Spaltlampe. Die deutliche Trübung der Linse ist anhand der gräulichen Färbung klar erkennbar.

**Formen der senilen Katarakt**

Es gibt drei typischen Formen der **Cataracta senilis**. Die häufigste Form ist der Rindenstar (cataracta corticalis) und breitet sich entweder als graue radiäre Keile, Speichen oder Wasserspalten aus. Durch langsames Fortschreiten und die speichenartige Anordnung, die optisch freie Räume ermöglicht, kann es zeitweise zu einer Verbesserung der Sehschärfe kommen.

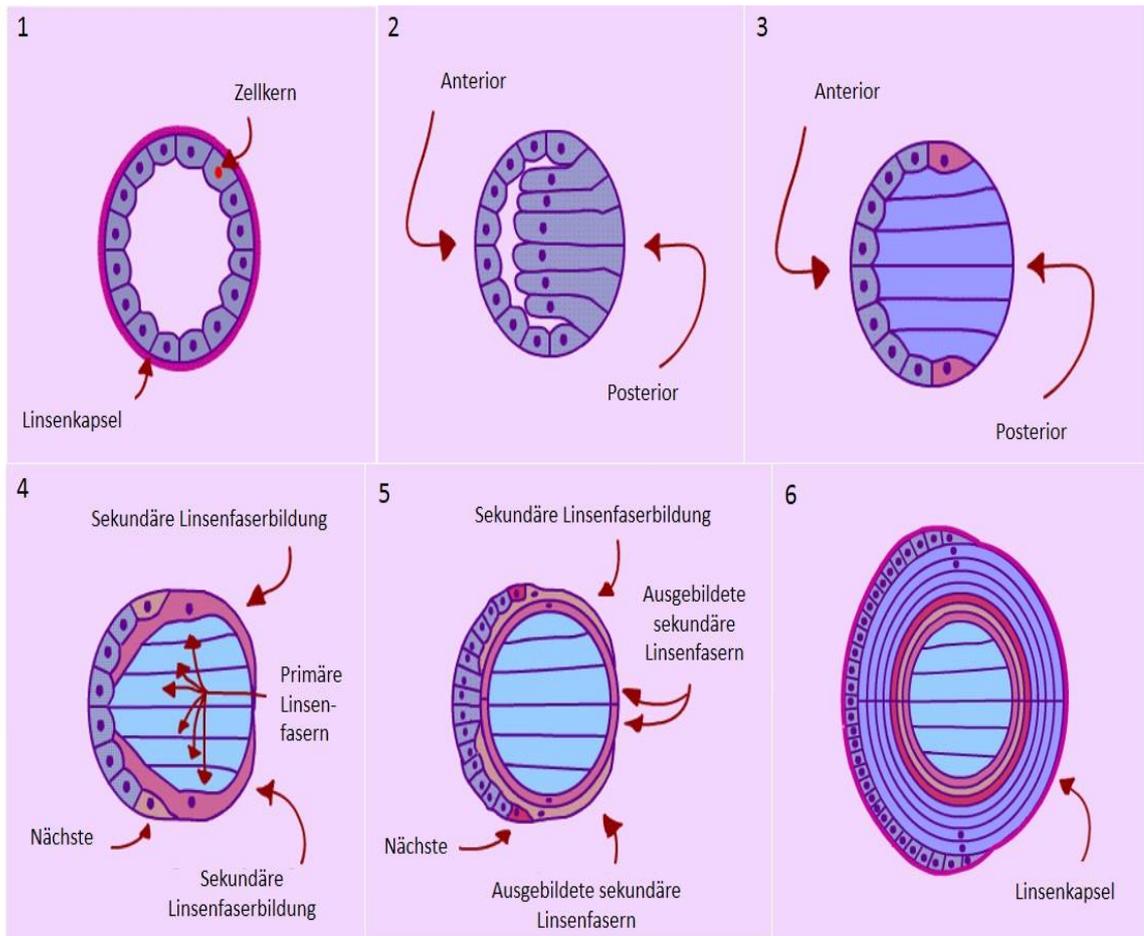
Die zweithäufigste Form, die hintere Schalen­trübung (cataracta subcapsularis posterior), sitzt der Hinterkapsel scheibenförmig auf und schreitet schnell fort. Durch die Nahmiosis und die vor allem zentral gelegene Trübung ist der Nahvisus oft schlechter als der Fernvisus. Bei Dämmerung kann der Patient wegen der Dunkelmydriasis oft besser sehen, da er an der Linsentrübung vorbeischaute (Nyktalopie, Tagesblindheit).

Als dritte typische Form gilt die Kernkatarakt (cataracta nuclearis). Diese ist meist homogen und kann eine bräunliche (cataracta brunescens) oder schwärzliche (cataracta nigra) oder selten rote (cataracta rubra) Färbung aufweisen. Der farbige Kern führt zu einer Zunahme der Brechkraft des Auges, was eine Linsenmyopie zur Folge hat mit einer zeitweiligen Verbesserung des Nahsehens. Ebenso wie bei der

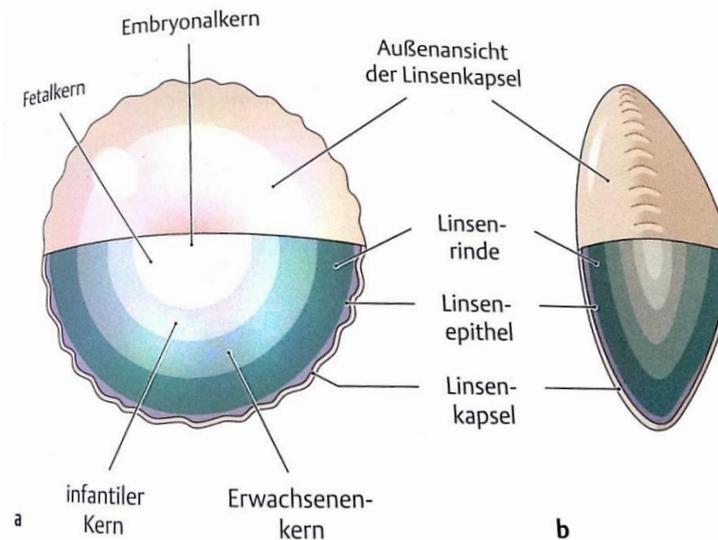
hinteren Schalentrübung tritt Tagesblindheit auf, allerdings schreitet die Kernkatarakt sehr langsam fort (22).

### 1.5 Anatomie der Linse

Die Linse sitzt hinter der Iris und vor dem Glaskörper. Sie hat eine bikonvexe Form und ist physiologisch glasklar. Sie besteht aus einer Kapsel, einer Rinde, einem Linsenkern und besitzt weder Nerven noch Gefäße. Am Linsenäquator, direkt unter der Linsenkapsel, befindet sich ein einschichtiges Linsenepithel. Dieses bildet im Laufe des Lebens neue Linsenfasern, die sich durch appositionelles Wachstum den älteren Linsenfasern von außen her auflegen, sodass sich die jüngsten Zellen immer an der Oberfläche, die ältesten in der Mitte der Linse befinden (siehe Abb. 3). Die Linsenfasern stellen die Linsenrinde dar. Der Linsenkern eines Erwachsenen besteht aus mehreren Schalen, die man von innen nach außen als embryonalen, infantilen, juvenilen und adulten Kern bezeichnet (siehe Abb. 4). Verbunden mit dem lebenslangen Wachstum neuer Linsenfasern nimmt durch Wasserabgabe und Verdichtungen der Anteil der Linsenreste stetig ab, während der Anteil des Linsenkerns zunimmt. Diesen Vorgang bezeichnet man als Linsensklerosierung. Aufgrund dessen verliert die Linse einen Teil ihrer Fähigkeit zur Formveränderung. So kann sie in der Jugend fast eine Kugelform annehmen und somit ihre Brechkraft erhöhen, im höheren Alter hingegen ist ihre Form nahezu starr (3). Die dynamische Anpassung der Brechkraft des Auges nennt man Akkommodation. Das Ziel ist es dabei Objekte in unterschiedlicher Entfernung scharf auf der Netzhaut abzubilden. Der Nah- und der Fernpunkt beschreiben den nächstmöglichen und den weitest entfernten Punkt, wo dies noch möglich ist. Durch den natürlichen Prozess der Linsensklerosierung verliert das Auge mit steigendem Alter die Fähigkeit zur Nahakkommodation. Diesen altersbedingten Funktionsverlust nennt man „Altersweitsichtigkeit“ oder „Presbyopie“. Der maximale Nahpunkt rückt immer weiter in die Ferne, was ab einem gewissen Grad das Lesen ohne Hilfsmittel unmöglich werden lässt.

**Abb. 3: Linsenentwicklung**

Schematische Darstellung der Linsenentwicklung mit Bildung sekundärer Linsenfasern von außen. Im Inneren der Linsenkapsel befinden sich Epithelzellen (1), die sich zunächst zu primären Linsenfasern entwickeln (2). Um die primären Linsenfasern lagern sich im Laufe des Lebens mehr und mehr sekundäre Linsenfasern an (3, 4, 5). Somit befinden sich die ältesten Linsenfasern im Kern, außen liegen die jüngeren Linsenfasern (6).

**Abb. 4: Wachstum der Linse**

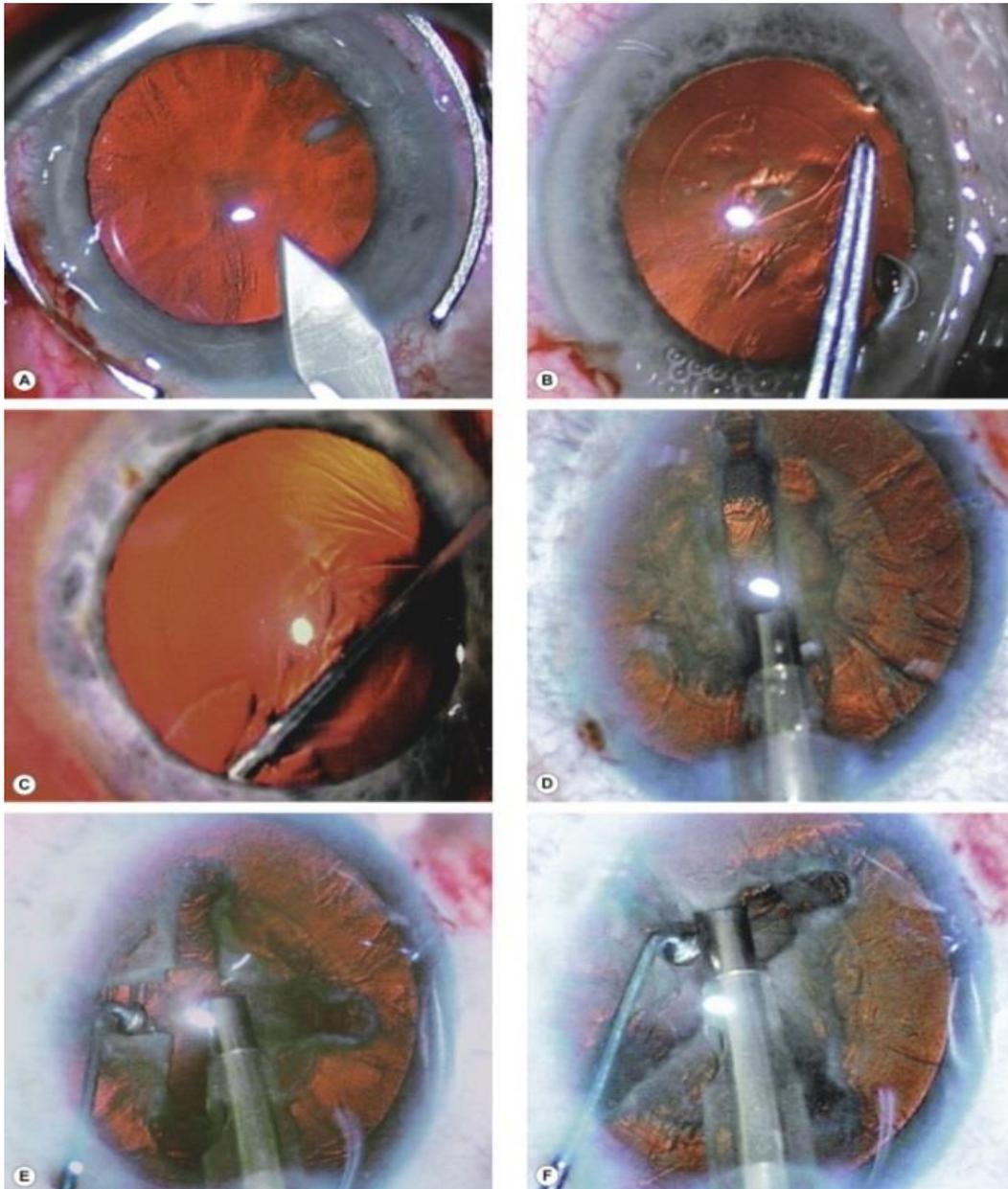
Schematische Darstellung der Anatomie der Linse mit Vorderansicht (a) und Seitenansicht (b). Im Zentrum ist der Embryonalkern sichtbar, der durch Wachstum der primären Linsenfasern gebildet wird. Er wird umschlossen vom Fetalkern (Bildung mit der Geburt abgeschlossen), dem infantilen Kern (erste und zweite Lebensdekade) und dem Erwachsenen-kern (dritte Lebensdekade). Die Linsen-kapsel bildet die äußerste Schicht, die einen Zellverlust verhindert, wodurch es über die Jahre und die fortdauernde Faserbildung im Innern zu einer Gewebeverdichtung kommt.

**1.6 Kataraktchirurgie**

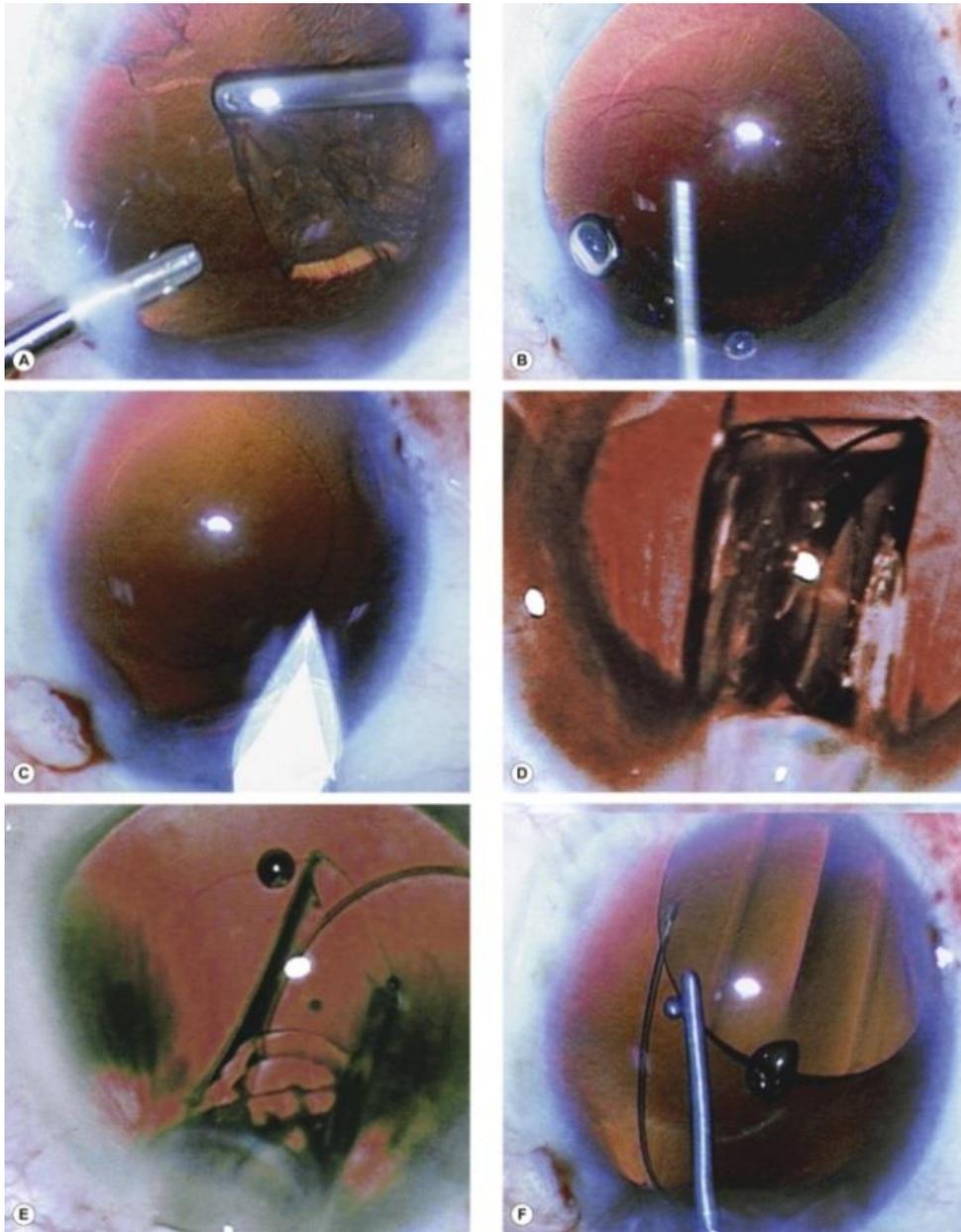
Eine chirurgische Intervention sollte bei bestehender Katarakt vorgenommen werden, wenn das Sehvermögen und damit die Lebensqualität stark eingeschränkt sind. Der Verzicht könnte laut einer australischen Studie nicht nur die Lebensqualität senken, sondern auch die Sterblichkeit erhöhen. Die Kohortenstudie umfasste 354 Teilnehmer in einem Alter von 49 Jahren oder älter mit bestehender Katarakt, die nach einer Beobachtungszeit von 5 und 10 Jahren kontrolliert wurden. Am Ende des Beobachtungszeitraums hatten sich 191 Teilnehmer operieren lassen, 163 hatten keine Operation vornehmen lassen (23). Obwohl die Unterschiede zunächst nicht klar ersichtlich waren, zeigte sich bei Berücksichtigung von Alter, sonstigem Gesundheitszustand, Lebensweise und vielem mehr eine deutlich erhöhte Sterblichkeit bei den Patienten, die die Operation trotz starken

Visuseinschränkungen verweigerten. Gründe für die erhöhte Sterblichkeit könnten neben vermehrtem Risikoverhalten bei geringerer Lebensqualität Fehler in der Medikamenteneinnahme und Stürze sein. In der Kataraktchirurgie werden heute zur Vorbeugung von intraoperativen Komplikationen und zur Erzielung postoperativer Wundstabilität meist selbstdichtende, nahtlose Tunnelschnitte angewandt. Diese können entweder als korneale oder als sklerale Inzisionen durchgeführt werden (24). Bei der Kleinschnittkataraktchirurgie (SICS) handelt es sich um korneale Stichinzisionen von  $\leq 3,2\text{mm}$ . Nach Anlage eines korneoskleralen oder „clear cornea“-Tunnels wird eine gebogene Kanüle in das Auge eingeführt, über deren Spitze während der Operation ein Viskoelastikum wie Hyaluronsäure zum Füllen der vorderen Augenkammer gefüllt wird. Zur Entfernung der Linse muss nun der Kapselsack möglichst kontinuierlich bogenförmig eröffnet werden. Diese sogenannte Kapsulorhexis (siehe auch Abb. 5.1) kann entweder mit einem Zystosom, einer gebogenen Nadel und/oder einer Kapselpinzette ausgeführt werden. Im nächsten Schritt wird der Tunnelschnitt mittels einer Phakolanze vergrößert, um weitere Instrumente ins Auge einführen zu können. Anschließend wird die trübe Linse aus dem Auge entfernt. Hierfür gilt die **Phakoemulsifikation** heutzutage als Standardverfahren. Dabei wird mittels eines sogenannten Phako-Tips der Linsenkern durch Ultraschallwellen zertrümmert. Nach erfolgreicher Phakoemulsifikation des Linsenkerns werden die verbliebenen Cortex-Reste mittels Saug-Spül-Verfahren abgesaugt (siehe Abb. 5.2). Je sauberer die Linsenreste entfernt werden, desto weniger postoperative Komplikationen sind zu erwarten. Um dem Nachstar als häufigste postoperative Komplikation entgegenzuwirken, wird nach der Phakoemulsifikation die Hinterkapsel noch mit einer Kanüle poliert.

Als Vorbereitung für das Einsetzen der Kunstlinse wird der Kapselsack mit einem Viskoelastikum gefüllt. Zwei kleine Bügel an der Kunstlinse werden in den Kapselsack eingespannt und führen so zu einem guten Sitz der Linse. Die endgültige Positionierung wird durch leichte Rotation ermöglicht. Danach erfolgt das Absaugen des Viskoelastikums aus der vorderen Augenkammer und die Abdichtung der Stichinzisionen mittels eines Kochsalzstrahls zur Erzielung eines Hornhautstromaödems. Der korneale Tunnel ist in der Regel selbst-abdichtend.

**Abb. 5.1: Phakoemulsifikation**

Abfolge der Phakoemulsifikation. Zunächst wird ein Hornhautschnitt durchgeführt (A), danach wird die vordere Linsenkapsel eröffnet (Kapsulorhexis) (B) und eine Trennung von Linsenkern und Linsenkapsel durch Wassereinspritzung (Hydrodissektion) (C) vorgenommen. Im Anschluss findet eine Rindenbildung im Kern (D) und dessen Fragmentierung (E) statt. Im nächsten Schritt wird jedes Kernviertel emulsifiziert und aspiriert (F).

**Abb. 5.2: Phakoemulsifikation**

Nach Zerlegung des Linsenkerne werden die verbliebenen Linsenreste aspiriert und abgesaugt (A), in den Kapselsack wird Viskoelastikum injiziert (B). Als Vorbereitung zum Einführen der Kunstlinse wird der Tunnel erweitert (C) und anschließend die Kartusche mit der IOL vorsichtig eingeführt (D). Die IOL wird langsam in das Augeninnere injiziert (E) und bei Bedarf durch Rotation in die richtige Position gebracht (F).

Mögliche intraoperative Komplikationen sind eine Zonunolyse, Glaskörperprolaps, Druckveränderungen, Irisprolaps oder Einriss des Kapselsacks mit eventueller Subluxation der IOL (25). Eine Kapselruptur kann mit Blutungen, Verlust von Linsenmaterial in den Hinterabschnitt und mit Glaskörperverlust einhergehen.

Eine ernstzunehmende postoperative Komplikation ist die Endophthalmitis, die glücklicherweise durch gute antiseptische Maßnahmen und kleine Schnitte mit circa 0,05% selten geworden ist (26).

Eine prospektive, randomisierte Multicenterstudie zeigte, dass zusätzliche intrakamerale Antibiotikaapplikation das Auftreten einer postoperativen Endophthalmitis nach Kataraktoperation signifikant reduziert (27). Weitere Komplikationen können eine allergische Bindehautreaktion, Druckschwankungen, Hornhautödem, Astigmatismus oder den hinteren Augenabschnitt betreffend ein Makulaödem oder Netzhautveränderungen sein. Zu den häufigsten Komplikationen zählt der Nachstar, bei dem es durch Zelleinwanderung in die Hinterkapsel zu einer erneuten Eintrübung in der optischen Achse kommt. Ursachen solcher Trübungen können zum einen eine Fibrosierung der Hinterkapsel sein oder durch Regeneration vom Linsenepithel aus zurückgebliebenen Epithelzellen des Kapseläquators bedingt sein (28). Durch Weiterentwicklung der Operationstechniken und Einführen moderner faltbarer Linsen konnte die Nachstarrate in den letzten Jahren stark gesenkt werden (29). Durch das scharfe Hinterkantendesign der IOLs wird das unerwünschte Einwandern der Zellen in die hintere Kapsel verhindert (30). Therapeutisch kann man den Nachstar mit einem sogenannten YAG-Laser (Yttrium-Aluminium-Granat-Laser) behandeln. Bei der YAG-Kapsulotomie wird die hintere Linsenkapsel eröffnet. Es gilt heutzutage als sicheres und erfolgsversprechendes Standardverfahren zur Behandlung des Nachstars, dennoch kann es zu ernsthaften Komplikationen, die das Sehvermögen einschränken können, kommen. Hierbei zu nennen sind vor allem die Gefahr einer Netzhautablösung und eines Makulaödems, die laut einer Studie von Raza 2007 mit einer Häufigkeit von 2% und 3% der Fälle nach YAG auftreten. Weitere Komplikationen können ein Anstieg des intraokulären Drucks (IOD) in 27% und eine Uveitis in 7% der Fälle sein (31).

Das Design und Material der IOLs hat sich über die Jahre stark weiterentwickelt. Generell besteht eine IOL aus einer Optik und der Haptik. Während die Optik das zentrale refraktive Element darstellt, stellt die Haptik mit ihren Schlaufen den sicheren Sitz und die genaue Zentrierung im Auge sicher. Unterschieden werden

harte Polymethylmethacrylat (PMMA)-IOL und faltbare Silikon- oder Acrylat-IOL. Der Vorteil der faltbaren Linsen besteht in den wesentlich kleineren Inzisionen, die für die Implantation nötig sind. So können moderne MICS-Intraokularlinsen durch Inzisionen von unter 2mm injiziert werden. Nach Injektion entfalten oder entrollen sie sich dann im Auge. Multifokale Intraokularlinsen (MIOL) ermöglichen dem Patienten ein Sehen in der Nähe und in der Ferne durch zwei oder mehrere Brennpunkte. Ohne zusätzliche optische Korrektur soll so vor allem das Problem der Altersweitsichtigkeit kompensiert werden. Sie können noch in refraktive (lichtbrechende) Linsen, diffraktive (lichtbeugende) Linsen und Linsen mit einer Kombination aus beiden Optiken unterteilt werden (32, 33).

Durch die Innovation faltbarer Linsen, immer kleinere Schnittführung und Perfektionierung der Phakoemulsifikation (34) wird die Kataraktoperation zunehmend atraumatischer und noch verträglicher für den Patienten.

### **1.7 MICS**

Die Perfektionierung herkömmlicher Kleinschnittkataraktchirurgie (SICS) stellt die im Jahre 2008 eingeführte mikroinzisionale Kataraktchirurgie (MICS) dar. Diese mikroinvasive Operationstechnik ist definiert als Kataraktextraktion mit IOL-Implantation durch einen Schnitt  $\leq 2\text{mm}$  (35). Generell beeinflusst die Inzisionsgröße das postoperative Ergebnis erheblich. Eine Schnittgröße von bis zu 7mm, die z.B. bei der extrakapsulären Operationstechnik nötig ist, kann am operierten Auge einen Astigmatismus induzieren, der bis zu 3 Dioptrien erreichen kann. Dadurch wird das Visusergebnis stark beeinträchtigt. Diese Schwierigkeiten werden durch kleinere Inzisionen minimiert, auch weitere Komplikationen wie Blutungen, Infektionen und Vorderkammerinstabilität können reduziert werden (36). Durch den kleineren Schnitt verläuft außerdem die Wundheilung schneller, die visuelle Rehabilitation geht rascher vonstatten und es wird später ein besseres visuelles Ergebnis erzielt. Zudem kann der postoperative Augeninnendruck positiv beeinflusst werden.

Aufgrund dieser Vorteile konzentrierte man sich in den letzten Jahren auf die weitere Verkleinerung der Inzisionen. Eine neue operative Methode zur Entfernung einer getrübbten Linse stellt die biaxiale Phakoemulsifikation (B-MICS) dar, die die Katarakt-Operation mittels zweier kleiner Inzisionen einer Größe von 1,5mm und weniger durchführt.

Die Technik der biaxialen Phakoemulsifikation geht auf Shearing et al. 1985 zurück (37). Der damalige Stand der Technik verhinderte jedoch die Anwendung und Weiterführung seiner Idee (38). Voraussetzung für die Weiterentwicklung des Ansatzes war die technische Möglichkeit für die Trennung von Irrigation und Phakoaspiration. Bei der bisher durchgeführten koaxialen Phakoemulsifikation (C-MICS) waren Irrigation und Aspiration in der Phakonadel integriert. Das ermöglichte die Kühlung der Aspirationsnadel durch die Irrigation, um zu starke Erhitzung während der Operation und Verbrennungen der Hornhaut zu vermeiden.

Die Entwicklung von kurzgepulsten Ultraschallgeräten ermöglichte dann die Trennung von Irrigation und Aspiration. Durch die sogenannten „Cool Phaco“-Programme in den Geräten werden die Phakotips mit kurzen Ultraschall-Impulsen versorgt, so dass es zwischen den einzelnen Impulsen zur Abkühlung kommen kann. Die Irrigation kann jetzt mit einem separaten Instrument, einem modifizierten Chopper über eine Parazentese, durchgeführt werden, da sie zur Kühlung nicht mehr notwendig ist. Das führt auch dazu, dass durch das fehlende „Sleeve“, die Irrigationskanüle, der Phakotip verkleinert werden und die Inzisionsgröße reduziert werden kann. Zeitgleich zur Irrigation verflüssigt der Phakotip die Linse und saugt sie anschließend ab.

Die Entwicklung dünner, rollbarer Intraokularlinsen stellt einen weiteren Schritt hin zu immer kleineren Schnitten am Auge und damit zu minimal-invasiven Operationstechniken dar. Die Linsen können durch Schnitte, die mit 1,58 bis 1,8mm kleiner als die bisherigen 3 mm sind, zusammengerollt mit Hilfe eines Injektors in das Auge eingeführt werden und entfalten sich dort spontan ohne weiteres Eingreifen.

Bei den kleinsten Schnitten wird die Kartusche direkt unter den Wundrand platziert und nicht mehr in das Auge eingeführt. Somit dient der Inzisionstunnel als Verlängerung des Injektors. Die IOL kann so langsam durch die Kartusche und den Tunnel in die Hinterkapsel eingeführt werden, wodurch sich die Manipulation sehr gering halten lässt (siehe Abb. 6).

**Abb. 6: Injektion IOL (MICS)**

Abbildung der Injektion der IOL. Ansatz der Kartusche direkt unter den Wundrand (Fig. 5) und Einführung der IOL ins Augeninnere durch den Inzisionstunnel (Fig. 6). Fig. 7 zeigt die Position der IOL im Auge.

Daraus ergibt sich für die Hersteller von IOLs eine große Herausforderung, um die zum Rollen notwendige Flexibilität möglich zu machen. Es gibt verschiedene Hersteller, die entsprechende Linsen produzieren. Einen Überblick bietet die folgende Auflistung (39).

Name der Linse	Hersteller	Schnittgröße
Zeiss MICS IOLs family	Zeiss, Berlin, Deutschland	1,8mm
Akreos AO Micro Incision MI60	Bausch & Lomb, Rochester, NY, USA	1,8mm
MicroSlim, SlimFlex IOL	PhysIOL, Liège, Belgien	1,8mm
Hoya Y-60 H MICS IOL	Hoya Corp., Tokio, Japan	1,7mm
Miniflex IOL	Mediphacos Ltda., Minas Gerais, Brasilien	1,8mm
Presbysmart.plus	MTO, Sion, Schweiz	1,5mm
Seit 2013: Incise® IOL	Bausch & Lomb, Rochester, NY, USA	1,4mm

Der ursprünglich in der refraktiven Chirurgie angewandte Femtolaser findet seit 2008 auch Anwendung in der Kataraktchirurgie. Durch Infrarotlichtimpulse im Bereich von Femtosekunden ( $1\text{fs} = 0,000.000.000.000.001\text{s}$ ) können sowohl präzisere Hornhautschnitte gesetzt, als auch die Eröffnung der Kapsel optimiert werden.

Zudem verhindern kurze Wechselwirkungszeiten thermische Schäden, wodurch das Gewebe geschont wird. Es wird an zuvor genau berechneten Stellen durch zahlreiche Luftbläschen aus Wasser und Kohlendioxid, die gebildet werden durch die hohe Energiedichte, getrennt, womit Verletzungen und Schädigungen vermieden werden können. Der Eingriff wird von der optischen Kohärenztomografie (OCT), die ultraschallähnliche Bilder produziert, unterstützt. Dadurch können die Strukturen des Auges wie Linse und Hornhaut im Mikrometerbereich dargestellt und so die Einwirkung des Lasers genau beobachtet und geführt werden (40). Der Femtolaser verspricht weniger Komplikationen und einen schonenderen Eingriff mit besserer Wundheilung, niedrigerem Infektionsrisiko, schnellerem Visusanstieg und weniger Astigmatismus. In der frühen postoperativen Phase ist im Vergleich zur herkömmlichen Phakoemulsifikation eine geringere Hornhautschwellung und weniger Endothelzellverlust zu beobachten (41, 42). Allerdings sind die Operationszeiten länger und die Anwendung begrenzt sich auf bestimmte Patientengruppen. Bei Patienten mit Hornhautirregularitäten oder einer nicht ausreichend erweiterbaren Pupille ist die Laseranwendung erschwert, mit zusätzlichen Komplikationen verbunden und absolut kontraindiziert. Des Weiteren müssen die hohen Kosten berücksichtigt werden, die eine Femtolaser-Operation mit sich bringt (43, 44). Diese Arbeit wird sich allerdings auf SICS und MICS begrenzen.

### **1.8 Glaukom**

Bei einem Glaukom handelt es sich um eine neurodegenerative Erkrankung des Sehnervs unterschiedlicher Ursache bei der typische Schädigungen der Papille und des Gesichtsfeldes auftreten können. Als größter Risikofaktor gilt ein zu hoher Augeninnendruck (45, 46), welcher durch Ganglienzellverlust den Sehnerv schädigt und folglich zu bestimmten Gesichtsfelddefekten führen kann (47). Man unterscheidet spontan auftretende primäre Glaukome von sekundären Glaukomen, die durch Allgemeinerkrankungen oder andere Augenerkrankungen hervorgerufen werden (46, 48). Das primäre Glaukom ist mit ungefähr 90% viel häufiger als das sekundäre Glaukom, das nur in circa 10% der Fälle auftritt (49). Als prädisponierende Faktoren gelten unter anderem ein erhöhter IOD, das Lebensalter, afrokaribische Abstammung, positive Familienanamnese, weibliches Geschlecht, Myopie >4dpt., hoher Blutdruck und niedriger Blutdruck sowie kardiovaskuläre Erkrankungen, Migräne, Vasospasmen, Raynaud-Syndrom, rheologische Parameter,

Steroideinnahme, Schlaf-Apnoe-Syndrom und genetische Grunderkrankungen (z.B. Down-Syndrom) sowie Nikotin- und Alkoholgenuss. Diabetes mellitus wird als Risikofaktor für ein POWG kontrovers diskutiert (50-53). Mit über 4 Millionen Menschen ist das Glaukom die zweithäufigste Erblindungsursache nach der Katarakt (48). Nach fundierten Schätzungen wird es im Jahre 2020 weltweit etwa 11,2 Millionen Glaukomblinde und etwa 79,6 Millionen an Glaukom Erkrankte mit Gesichtsfelddefekten geben (54). Die Häufigkeit des Glaukoms nimmt mit dem Lebensalter zu und beträgt bei über 65-jährigen ca. 2-4% (8).

### 1.8.1 Augeninnendruck (IOD)

Der intraokuläre Druck wird sowohl durch die Sekretion als auch den Abflusswiderstand des Kammerwassers sowie den episkleralen Venendruck bestimmt und hat eine zentrale Bedeutung in der Pathogenese, Diagnostik und Therapie des Glaukoms (55). Die Konstanz des Augeninnendrucks ist notwendig für eine stabile Augapfelform, die ihrerseits für die Optik des Auges bedeutsam ist. Der mittlere Normaldruck bei Applanationstonometer-Messung liegt in der Allgemeinbevölkerung zwischen 10 und 21mmHg. Grundsätzlich gelten Werte über 21mmHg als verdächtig. Neben erhöhten Druckwerten gibt es noch weitere Faktoren, die für die Entwicklung von Glaukomschäden wichtig sind, wie zum Beispiel Durchblutungsstörungen oder fehlerhafte Zusammensetzung der Kollagene der Lamina cibrosa (56, 57). Das Normaldruckglaukom stellt eine Ausnahme dar, hierbei kann es schon bei Werten unter 21mmHg zu Glaukomschäden kommen. Im Gegensatz dazu können Patienten mit okulärer Hypertension unbeschadet Werte bis 30mmHg tolerieren (58).

### 1.8.2 Einteilung der Glaukome

Neben der Einteilung in primäre und sekundäre Glaukome findet sich in Abhängigkeit von dem Kammerwinkelbefund eine weitere Einteilung. Bei einem offenen Kammerwinkel liegt ein Offenwinkelglaukom vor, während es sich bei einem verlegten Kammerwinkel um ein Engwinkelglaukom handelt (59). Der primäre Engwinkelblock macht weltweit gesehen bis zu 50% der Fälle aus (58). Ein Glaukom kann angeboren oder erworben sein (45).

### Die Primären Glaukome

#### 1. Das primäre Offenwinkelglaukom

Das primäre Offenwinkelglaukom (POWG), das auch als chronisch einfaches Glaukom bezeichnet werden kann, tritt meistens beidseits und spontan auf (60). Das POWG ist die Glaukomform mit der höchsten Prävalenz (58). Es liegt bei 60–90% der Glaukopatienten in Europa vor (61) und wird mit zunehmendem Alter häufiger (62). Es beginnt meist symptomarm und mit langsamer Progredienz. Charakteristisch ist neben einem IOD über 21mmHg ein offener Kammerwinkel und ein glaukomatöser Papillenschaden, der zu charakteristischen Gesichtsfelddefekten führen kann (63, 64). Der erhöhte intraokuläre Druck ist bedingt durch einen verminderten Abfluss des Kammerwassers im Trabekelwerk und im Schlemmschen Kanal (64, 65). Neben dem erhöhten Augendruck gibt es noch weitere Risikofaktoren, die zur Entstehung eines POWG beitragen können, wie vaskuläre Erkrankungen, ethnische Herkunft (Dunkelhäutige signifikant häufiger), Familienanamnese und das Alter (58). Vor allem im späteren Verlauf der Erkrankung kann es zu irreparablen Schädigungen des Sehnervs kommen (66), so ist sie bspw. in Nordamerika und Großbritannien in ca. 12% der Fälle Grund für Erblindungen (64). Die meisten erblinden jedoch im Verlauf ihres Lebens nicht daran. Älteren Studien zufolge erblinden bei einer Nachbeobachtungszeit von 20 Jahren 25% der Patienten einseitig und 10% beidseitig. Neuere Daten geben Hinweise darauf, dass nur in 15% der Fälle das schlechtere Auge des Patienten erblindet. Fortschritte im Management werden die Zahlen wohl noch weiter sinken lassen (67).

#### 2. Das Engwinkelglaukom

Beim Engwinkelglaukom (EWG) kommt es zum primären Verschluss des Kammerwinkels durch enge anatomische Verhältnisse im vorderen Augenabschnitt. Die periphere Iris steht mit dem Trabekelwerk in Kontakt und behindert so den Kammerwinkelabfluss, was einen Anstieg des intraokularen Drucks zur Folge hat. Häufig liegt beim EWG eine Weitsichtigkeit vor, da die engen Kammerwinkelverhältnisse durch eine kurze Achsenlänge bedingt sind. Definitionsgemäß liegt nur dann ein primäres Engwinkelglaukom vor, wenn es durch die Abflussstörung bereits zu einer Sehnervenschädigung gekommen ist (68).

### Das Sekundärglaukom

Sekundärglaukome sind Glaukome, die auf andere Augenerkrankungen oder Allgemeinerkrankungen zurückzuführen sind. Neben der nötigen Therapie der Allgemeinerkrankung ist es das Auge betreffend auch hier das höchste Ziel, den Augeninnendruck niedrig zu halten, um Sehnervenschädigungen zu verhindern (69).

#### 1. Das Pseudoexfoliativglaukom

Das Pseudoexfoliationssyndrom (PEX-Syndrom) ist eine relativ häufige Ursache für ein chronisches Offenwinkelglaukom. Beim PEX-Syndrom kommt es zu einer generalisierten Produktion abnormaler Mikrofibrillen, die sich an verschiedenen Orten, wie der Linsenkapsel oder den Zonulafasern oder gar dem Trabekelwerk ablagern, und so zu einem sekundären Trabekelblock führen können, was dann als PEX-Glaukom bezeichnet wird (70-72). Bei Männern ist das Risiko höher ein Glaukom zu entwickeln, obwohl PEX bei Frauen häufiger ist. Besonders häufig ist die Erkrankung in Skandinavien. Eine genetische Komponente ist die Mutation im LOXL1-Gen, mit welcher ein hohes Risiko für die Entwicklung von PEX und PEX-Glaukom einhergeht. Das kumulative Risiko für Glaukomaugen mit PEX beträgt 5% nach 5 Jahren und 15% nach 10 Jahren (72). Beim Vorliegen eines PEX ist zum einen zu beachten, dass die Linsenkapsel dünner und dadurch weniger stabil ist. Andererseits liegt eine Schwäche der Zonulafasern und eine Rigidität der Pupille vor, was bei einer Kataraktoperation die Pupillenerweiterung erschwert (73, 74). Es kommt deshalb häufiger zu operativen Komplikationen wie etwa Kapselruptur, Zonuladefekt oder Glaskörperprolaps. Bei einer präoperativen Diagnostik und entsprechenden vorbeugenden Maßnahmen, wie mechanischer Pupillenvergrößerung oder dem Einführen eines Kapselspannrings, ist es der modernen Kataraktchirurgie möglich, auch bei Vorliegen eines PEX gute Ergebnisse zu erzielen (75).

#### 1.8.3 Therapie des Glaukoms/Glaukomchirurgie

Der primäre Therapieansatz in der Glaukomtherapie ist die Senkung des IOD auf einen individuellen Zieldruckwert, wodurch die Progredienz eines Gesichtsfelds- und Sehverlustes verzögert und eventuell sogar abgewendet werden kann. Der Hauptrisikofaktor für die Sehnervenschädigung beim Glaukom ist der erhöhte Augeninnendruck. Einige Studien belegen, dass die Senkung des IODs das Fortschreiten der Erkrankung verhindern oder verlangsamen kann (57, 76, 77).

Therapeutisch stehen drei Behandlungsarten zur Senkung des erhöhten IODs zur Verfügung. Die erste Möglichkeit ist die medikamentöse IOD-Senkung mittels beta-Blocker, alpha-2 Agonisten, Karboanhydrasehemmer und Sympathomimetika, die zu einer Drosselung der Kammerwasserproduktion führen. Prostaglandine verbessern den uveoskleralen und trabekulären Abfluss, Parasympathomimetika den trabekulären Abfluss. Die zweite Möglichkeit ist die Laserbehandlung, genauer die Argon-Laser-Trabekuloplastik (ALT), die selektive-Laser-Trabekuloplastik (SLT) und die Zyklphotokoagulation (78). Die dritte Behandlungsmöglichkeit ist eine fistulierende (Trabekulektomie, Goniotrepanation) oder nicht perforierende Operation. Sie ist indiziert in Fällen, in denen nicht-invasive Therapieansätze nicht erfolgreich sind. Operationsindikation stellt die European Glaucoma Society bei Patienten, bei denen aufgrund mangelnder Compliance die regelmäßige Anwendung von Antiglaukomatosa nicht gewährleistet ist und in Fällen, in denen weder durch eine medikamentöse noch durch eine Argon Laser Trabekuloplastik die gewünschte Drucksenkung erreicht werden kann oder von vorn herein unwahrscheinlich ist (47, 79-83). Die fistulierende Operation (Trabekulektomie) besitzt hierbei den stärksten drucksenkenden Effekt. In einer großen randomisierten Studie zeigte sich, dass im Beobachtungszeitraum nach zwei bis neun Jahren das durch Glaukomchirurgie erreichbare Augendruckniveau signifikant tiefer (15mmHg) war als bei medikamentöser Behandlung (17,2mmHg) (84).

Die **Trabekulektomie** ist heute der Goldstandard beim POWG (47, 85). Die klassische Trabekulektomie ist eine fistulierende Operation mit einem fornixbasalen Zugang durch die Konjunktiva (siehe Kap. 2.4 dieser Arbeit). Fistulierende Operationen schaffen einen neuen Kammerwasserabflussweg von der Vorderkammer unter die Bindehaut. Über dieser Fistel bildet sich bei erfolgreicher Operation ein sogenanntes Sickerkissen aus, welches Anschluss an die episkleralen Lymphgefäße und Venen besitzt. Somit funktioniert der neu geschaffene Kammerabflussweg als eine Art „Bypass“, mit dem der erhöhte IOD erheblich gesenkt werden kann. Das präparierte Sickerkissen übernimmt die Funktion eines Überdruckventils, wodurch das Auftreten von ausgeprägten intraokularen Hyper- wie Hypotonien vermindert werden kann. Ein langfristig drucksenkender Erfolg wird nicht allein durch eine gelungene Operationstechnik erreicht, sondern wesentlich durch den Heilungsprozess des subkonjunktivalen Gewebes in der Folge der Entwicklung des Sickerkissens in den ersten postoperativen Wochen (60).

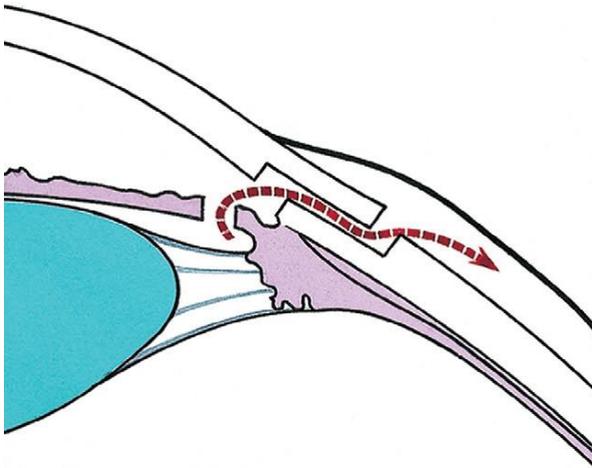
**Abb. 7.1 u. 7.2: Prinzip der klassischen Trabekulektomie**

Abb. 7.1: Weg des Kammerwassers nach der Trabekulektomie

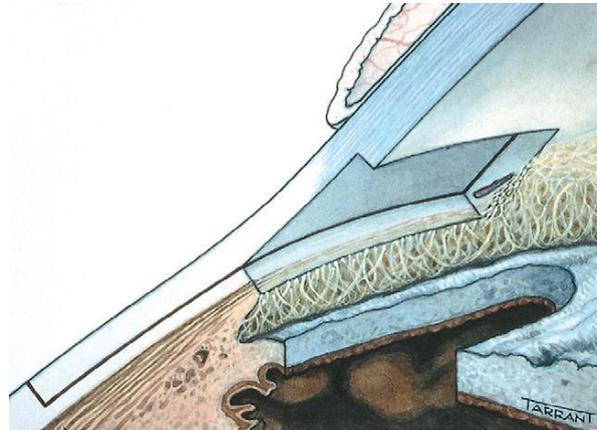


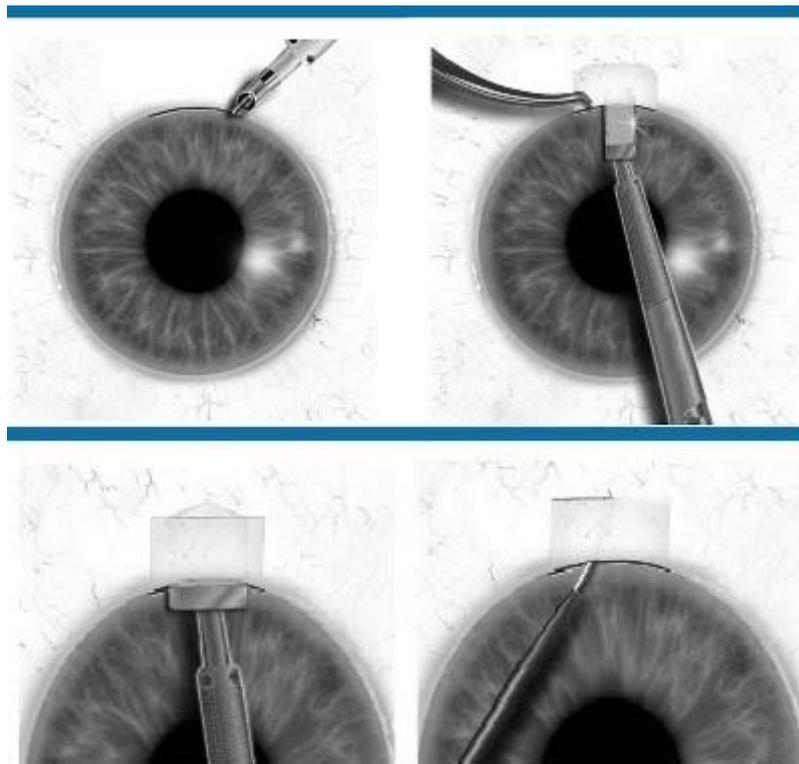
Abb. 7.2: Blick in das Augeninnere bei Operationsende

Die Trabekulektomie wurde 1968 von Cairns eingeführt und ist seitdem kontinuierlich weiterentwickelt worden (86). In der klassischen Trabekulektomie werden zwei verschiedene Typen von Lappen verwendet, ein limbus- und ein fornixbasierter konjunktivaler Lappen. Bei beiden Methoden muss jedoch eine große Fläche der Sklera freigelegt werden, was das episklerale Gewebe im Bereich des Filterkissens schädigen und zu Vernarbungen des Filterkissens führen kann. Die Vernarbungen können die Filterfunktion beeinträchtigen und damit weitere Eingriffe notwendig machen. Cairns entwickelte deshalb sein Verfahren zu einem Eingriff weiter, bei dem die Tenonkapsel und die Konjunktiva nicht verletzt wurden. Dies sollte die Vernarbung reduzieren. Diese Variante der Trabekulektomie nannte er „Clear Cornea Trabeculectomy“ (87). Dabei wird ein kornealer Zugang ohne konjunktivale Inzision geschaffen, der in der Vorderkammer endet ohne dabei Tenonkapsel und Konjunktiva zu irritieren. Eine sklerale Tasche wird freigelegt und in den subkonjunktivalen Raum eröffnet um einen Zugang unter die Konjunktiva zu schaffen. Anschließend werden durch Rotation des Schnittwerkzeugs noch die Größe und Länge der Tasche erweitert (siehe Abb. 8). Den gleichen Zugangsweg wählt Lerner in der „Small Incision Trabeculectomy“ nur mit kleineren Schnitten von weniger als 2,5mm im Gegensatz zu den herkömmlichen 3-4mm großen Schnitten. So können die operative Irritation und damit der Stimulus für die Einwanderung von Entzündungszellen und die daraus resultierende Vernarbung des Sickerkissens

verringert werden (88). In dieser Studie wurde ein fornixbasaler Zugang durch die Konjunktiva angewendet, um danach eine Bindehauttasche mit Basis am Fornix zu schaffen. Dabei wird die Bindehaut auf eine Breite von 6mm geöffnet, was die Applizierung von MMC darunter ermöglicht. Dem anschließenden Spülen mit NaCl-Lösung folgt die Kerbenanlage am Limbus und Skleradeckel-Präparation von 3x3mm auf halbe Skleradicke. Der tiefe Flap wird auf eine Größe von 0,5x0,5mm präpariert, danach folgt eine chirurgische Iridektomie.

Der Vorteil des fornixbasalen Zugangs gegenüber dem kornealen Zugang liegt in der besseren Sickerkissenmorphologie, seltenerem Auftreten von Bindehautvernarbung und Blebitis (89, 90).

**Abb. 8: Clear Cornea Trabekulektomie**



Grafische Darstellung der Clear Cornea Trabekulektomie. Nach kornealer Inzision (4mm) (Bild 1) wird eine sklerale Tasche freigelegt um einen Zugang unter die Bindehaut (Konjunktiva) zu schaffen (Bild 2 u. 3), mit anschließender Erweiterung und Eröffnung der skleralen Tasche in den subkonjunktivalen Raum (Bild 4).

Die Patienten müssen auf mögliche intra- und postoperative Komplikationen einer Trabekulektomie hingewiesen werden. Zu den intraoperativen Komplikationen zählen suprachoroidale Blutungen, konjunktivale Löcher, Flapsriss, tiefe Skleraperforation über dem Ziliarkörper oder Iriskarzeration (91). Auch postoperativ auftretende Komplikationen am operierten Bereich erhöhen die Wahrscheinlichkeit für ein Scheitern einer primär erfolgreichen Operation (92, 93). Postoperativ kann sich das Sickerkissen infizieren und ohne entsprechende Behandlung bis zu einer Endophthalmitis und Erblindung führen. Die Wahrscheinlichkeit im ersten Jahr nach einer Glaukomoperation zu erblinden, ist gerade im Hinblick auf einen nicht therapierten Verlauf der Glaukomerkrankung als sehr gering einzuschätzen und liegt für die primäre Trabekulektomie bei circa 0,4% (94). Weitere Komplikationen stellen Hypertonie und Vernarbung dar. Durch unzureichende Filtration wird der Kammerwasserfluss reduziert und als Folge steigt der IOD. Die Häufigkeit von Vernarbungserscheinungen schwankt in der Literatur zwischen 12% und 48% (95, 96). Wenn die Filtration sehr gut funktioniert spricht man von einer Überfiltration was zu einem zu geringen Augeninnendruck (intraokuläre Hypotonie) führt und infolgedessen einen Visusabfall nach sich ziehen kann. Es gibt keine einheitliche Definition von Hypotonien, weswegen die Zahlen in der Literatur differieren. Shigeeda et al. definieren diese als IOD unter 5mmHg für mindestens drei Monate, wozu allerdings nicht die ersten drei postoperativen Monate zählen (97). Bei Luke et al. gilt ein IOD unter 6mmHg als Hypotonie (98). In 8% bis 30% der Fälle traten Hypotonien auf (97-99). Bei anhaltender Hypotonie kann es durch den Druckgradienten zwischen Choroidalgefäßen und Kammerwasserdruck zu einer Aderhautschwellung kommen. Diese kann nach einiger Zeit zu einer Faltenbildung in der Retina bis hin zur Netzhautablösung führen. Ein Ödem oder Falten der Makula führen zu einer starken Einschränkung des Visus (100). Durch Manipulation wie Spülstrom während der Operation kann die Kataraktentstehung begünstigt werden. Ihre Entstehung kann zudem durch postoperative Komplikationen wie Hypotonie und Entzündung ausgelöst werden (101). Die postoperativ beschleunigte Progression der senilen Katarakt tritt in 2-26% der Fälle auf mit einem erhöhten Risiko nach intraoperativer Gabe von Mitomycin, in Augen mit vorbestehendem Katarakt und Augen mit einer flachen Vorderkammer nach Trabekulektomie (91, 102, 103).

Um eine zu starke Wundheilung zu verhindern werden pharmakologische Therapien in Form von Steroiden und Antimetaboliten wie das 5 – Fluorouracil und Mitomycin C

eingesetzt. 5 – Fluorouracil (5 – FU) wird nach Abschluss des chirurgischen Eingriffs oder in der postoperativen Periode subkonjunktival gegeben. Im Allgemeinen werden 0,1ml mit 5mg 5-FU subkonjunktival am ersten oder zweiten postoperativen Tag injiziert (104). 5 – Fluorouracil hemmt die Fibroblastenproliferation und damit die Narbenbildung. Eines der Hauptprobleme des 5 - FU ist seine toxische Wirkung auf das Hornhautepithel. Alternativ steht Mitomycin C (MMC) 0,02% zur Verfügung, welches stärker die Fibroblastenproliferation hemmt, allerdings toxischer als 5 – FU wirkt (104),(103),(105). MMC wird mit einem Schwamm intraoperativ appliziert. Eines der Probleme des Mitomycin C ist die Ausbildung relativ avaskulärer Filterkissen. Demzufolge sind auch diese Therapien mit einer erhöhten Inzidenz von Komplikationen, wie der Leckage, der Ausbildung einer Katarakt, einer Hypotonie oder einer Endophthalmitis behaftet. Aufgrund dieser möglichen Komplikationen empfehlen einige Autoren den Gebrauch von intraoperativem MMC nur bei einigen wenigen Patienten mit passendem Risikoprofil (85). Eine große Review zeigte, dass intraoperatives MMC einen niedrigeren IOD-Wert 1 Jahr nach Trabekulektomie erzielte als der Placebo, ohne ausreichenden Anhaltspunkt für häufige und ernste Nebenwirkungen abgesehen von der Zunahme einer Kataraktentstehung (103). Eine prospektive randomisierte Untersuchung verglich 5-FU und MMC bei Ersttrabekulektomien und fand heraus, dass bei Patienten mit geringem Risiko für Filterkissenversagen intraoperatives 5-FU (50mg/ml) für 5 Minuten eine gleiche Wirksamkeit hat wie intraoperatives low-dose MMC (0,2mg/ml) für 2 Minuten (106), auch längerfristig über 12 Monate gesehen (107). Im Allgemeinen ist MMC in Bezug auf die Regulation der Wundheilung wirksamer als 5-FU, was verschiedene Tier- und In-vitro-Studien anhand der Hemmung des Fibroblastenwachstums und der Proliferation mit MMC zeigten (104). In der letzten Zeit zeigten postoperative subkonjunktivale MMC Injektionen (0,02mg) vielversprechende Ergebnisse, wenn auch Langzeitbeobachtungen fehlen (108).

Neben den topischen Antimetaboliten gibt es weitere postoperative Verfahren um den Langzeiterfolg der Trabekulektomie zu erhöhen (47, 85, 104, 109) und der Fibroseentwicklung entgegen zu wirken, wie zum Beispiel die Anwendung topischer Kortikosteroide, Massage und Lasersuturolyse. Die Lasersuturolyse ermöglicht es, die Spannung der Sklerafäden in den ersten postoperativen Tagen soweit zu lösen, dass hohe postoperative Druckwerte moduliert werden können. Das ist wichtig für

den Funktionserhalt des Filterkissens und der Vorbeugung von Vernarbung (110, 111).

Die Langzeitaussichten der Glaukom-Operation sind laut der European Society of Glaucoma als durchaus positiv zu bewerten. Zwar musste sich ein Teil der Patienten postoperativ mit zusätzlichen Medikamenten behandeln lassen oder sich Re-Interventionen unterziehen, dennoch sind die Erfolgsraten von bis zu 90% innerhalb von 2 Jahren in nicht voroperierten Augen vielversprechend. Demzufolge ist die moderne Trabekulektomie für Patienten, bei denen medikamentöse Behandlung oder Laserinterventionen nicht anwendbar sind oder nicht erfolgreich waren, eine wirksame Methode zur Drucksenkung (47, 112).

### **1.9 Kataraktchirurgie in glaukomatösen Augen**

Aufgrund der demographischen Entwicklung und dem erhöhten Risiko von Glaukompatienten, eine Katarakt zu entwickeln, kommt es immer häufiger zum gemeinsamen Auftreten von **Glaukom und Katarakt**. Prinzipiell gibt es für diese Fälle drei Möglichkeiten der chirurgischen Therapie, die kontrovers diskutiert werden können. Zum einen bietet sich die alleinige Kataraktoperation an, ein zweizeitiges Vorgehen der Kataraktoperation und Trabekulektomie oder ein kombinierter einzeitiger Ansatz beider Operationen. Die Entscheidung welche Therapie bei einem Patienten angewendet werden soll, bedarf sorgfältiger Überlegungen. Neben dem Ausprägungsgrad der Katarakt und den damit einhergehenden Einschränkungen des Patienten im Alltagsleben, spielt ebenso die Glaukomart eine Rolle. Zusätzlich müssen das Ausmaß der bereits vorhandenen Glaukomschäden am Sehnerv und das Anschlagen der medikamentösen Therapie berücksichtigt werden.

Eine alleinige Kataraktextraktion ist indiziert bei einer signifikanten Verschlechterung des Visus in Verbindung mit einer okulären Hypertension oder einem nicht allzu ausgeprägten Glaukomschaden bei guter medikamentöser Einstellung. Bei diesen Patienten kann die Kataraktoperation Vorteile in Form einer Drucksenkung von durchschnittlich 2mmHg erbringen (113, 114).

Poley zeigt in seiner retrospektiven Studie mit 588 Patienten ohne Glaukom, dass der IOD-Abfall proportional zu dem präoperativen Wert ist. Je höher dieser ist, desto stärker fällt er postoperativ ab, während präoperativ niedrige Werte keine signifikanten IOD-Veränderungen zeigten (115).

In einer Studie von 2009 ließ sich derselbe Effekt in 124 glaukomatösen Augen feststellen. Nach Phakoemulsifikation ergab sich eine durchschnittliche IOD-Reduktion von 2,7mmHg ( $\pm 4,3$  Standardabweichung, SA). Es wurden 5 Gruppen gebildet, eingeteilt nach den präoperativen IOD-Werten unter Glaukommedikation, und es zeigte sich, dass der IOD-Abfall proportional zu den präoperativen Werten ist. Nach einer durchschnittlichen Beobachtungszeit von 4,5 Jahren ( $\pm 2,4$  SA) war die durchschnittliche IOD Absenkung 8,5  $\pm$  4,3mmHg (34%) in der Gruppe mit Werten von 29 bis 23mmHg, 4,6  $\pm$  2,5mmHg (22%) in der Gruppe mit vorherigen 22 bis 20mmHg, 3,4  $\pm$  2,6mmHg (18%) in der Gruppe mit Werten von 19 bis 18mmHg und 1,1  $\pm$  2,3mmHg (10%) in der Gruppe mit 17 bis 15mmHg. Patienten mit präoperativen Werten von 14 bis 5mmHg zeigten sogar einen kleinen Anstieg (= 1,7  $\pm$  3,6mmHg, 15%). In den Fällen, in denen der IOD-Wert nach 6 bis 10 Jahren noch erfasst wurde, war der Abfall genau so groß oder sogar größer als nach einem Jahr. Die Anzahl an Glaukommedikamenten reduzierte sich von durchschnittlich 1,3 präoperativ auf 1,0 postoperativ. Der Autor folgerte daraus, dass die alternde Linse die Hauptursache für Hypertension ist und dass die Phakoemulsifikation eine wertvolle Option ist, um den IOD zu kontrollieren, vor allem in Augen mit IOD Werten von >20mmHg und ohne besonders niedrige Zieldruckwerte (116). Leider differenziert diese Studie nicht die verschiedenen Glaukomarten.

Einen signifikanten durchschnittlichen IOD-Abfall von 5mmHg nach 2 Jahren berichtet Hayashi bei Patienten mit einem POWG. Medikamente wurden nur in 15% der Fälle benötigt (117).

Am meisten profitieren aber Patienten mit einem EWG, einer flachen Vorderkammer oder auch einer dicken Linse von einer Phakoemulsifikation. Hayashi fand bei 74 EWG-Patienten einen durchschnittlichen IOD-Abfall von 7mmHg nach 2 Jahren und 40% der Patienten benötigten keine medikamentöse Behandlung (117).

Eine große retrospektive Studie, die 1122 Augen mit Pseudoexfoliativsyndrom oder pseudoexfoliativem Glaukom umfasste, zeigte eine wesentliche Drucksenkung von 1,5mmHg ein Jahr nach Phakoemulsifikation. Dies wurde sowohl in der Gruppe der Patienten mit Pseudoexfoliativsyndrom als auch bei den Patienten mit pseudoexfoliativem Glaukom beobachtet (118). Die Kataraktoperation schien zusätzlich einen protektiven Effekt zu haben, denn sowohl die postoperative Glaukomentstehung als auch die Progressionsrate waren sehr gering. In beiden Gruppen waren höhere präoperative IODs assoziiert mit einer größeren

Drucksenkung nach Kataraktoperation. Interessanterweise haben auch ein paar Glaukommedikamente einen drucksenkenden Effekt proportional zum Basisdruckwert (119).

Eine einzeitige oder zweizeitige Trabekulektomie und Kataraktextraktion werden bei Patienten verwendet, bei denen bereits mittelmäßig bis schwere Gesichtsfeldausfälle vorliegen oder die Kontrolle des Augeninnendrucks nur durch mehrere Medikamente erzielt werden kann und eine klinisch relevante Eintrübung der Linse vorliegt. Einzeitige, also kombinierte Verfahren, eignen sich vor allem bei Patienten, deren Gesundheitszustand gegen eine zusätzliche zweite Operation spricht. Allerdings sind diese Operationen technisch anspruchsvoller und zum Teil mit einem höheren Komplikationsrisiko verbunden (120, 121).

Wird die filtrierende Operation nach der Kataraktextraktion vorgenommen, sind die zellulären Reaktionen und Vernarbung durch die Inzisionen der Bindehaut erfolgsbeeinflussende Faktoren. Shingleton untersuchte 12 pseudophake Augen mit intakter Konjunktiva und 35 Augen mit vorangegangener Operation. Die Trabekulektomie mit Mitomycin C hatte in der ersten Gruppe Erfolgsraten von 83,4% und 85,3% in der zweiten Gruppe. Erfolg definierte er als kein Gebrauch weiterer Operationen (122). Fontana berichtet über Erfolgsraten einer Trabekulektomie mit Mitomycin in pseudophaken Augen von 87% nach einem Jahr und einem Abfall nach zwei Jahren auf 67%, wobei Erfolg einen IOD unter 18mmHg bedeutete (123).

In dieser Arbeit soll vor allem das Vorgehen dargestellt werden, welches eine Trabekulektomie mit anschließender Kataraktextraktion umfasst. Diese Maßnahme ist mit dem Risiko eines Sickerkissenversagens verbunden (114). Viele Studien in den letzten Jahren haben dieses Problem untersucht. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Augeninnendruck im Durchschnitt um 2mmHg ansteigt (113, 124-129). Viele Patienten benötigen zusätzliche Medikamente, manche sogar weitere antiglaukomatöse Interventionen. Gabe von Antimetaboliten, intraoperative Irismanipulation und die Zeit zwischen den beiden Operationen scheinen eine Rolle für Erfolg oder Versagen zu spielen (130). Eine retrospektive Vergleichsstudie untersuchte 5-FLU als Prophylaxe gegen Sickerkissenvernarbung. Alle Patienten wurden mindestens 12 Monate vor der Clear-Cornea-Phakoemulsifikation trabekulektomiert. Die eine Gruppe erhielt direkt nach erfolgreicher Phakoemulsifikation einmalig 5-FLU subkonjunktival über dem bestehenden Filterkissen in einer Konzentration von 0,2 ml 5-FLU (25mg / ml), die andere erhielt

kein 5-FLU. Beide Gruppen zeigten nach einem Jahr etwa gleiche IOD Werte. Signifikant geringer war jedoch die Anzahl drucksenkender Medikamente in der 5-FLU-Gruppe (131). Die Zeit zwischen der Trabekulektomie und der Kataraktextraktion als Einflussfaktor wurde in einer Kohortenstudie mit 178 Patienten untersucht. Hierbei wurde die Phakoemulsifikation als temporale SICS mit 2,4 bis 3,0 mm großen Inzisionen durchgeführt. Der primäre Endpunkt A war ein postoperativer IOD  $\geq 21$ mmHg oder weitere antiglaukomatöse Interventionen mit oder ohne Medikation und B ein postoperativer IOD  $\geq 18$ mmHg oder weitere antiglaukomatöse Interventionen mit oder ohne Medikation. Phakoemulsifikation innerhalb eines Jahres nach Trabekulektomie war ein signifikanter Risikofaktor für Kondition B. Dagegen war der Abstand über ein Jahr kein signifikanter Risikofaktor (132). Shields begründet diese Tatsache damit, dass das Sickerkissen einige Zeit benötigt um sich zu entwickeln und damit voll funktionsfähig zu sein. Wenn dieser Punkt erreicht ist, hat die spätere Phakoemulsifikation keinen negativen Einfluss mehr darauf (133). In der Literatur findet man eine Zeitangabe von 1 bis 2 Jahren zur Stabilisierung (124, 126). In den ersten postoperativen Tagen nach Phakoemulsifikation ist eine vermehrte Durchblutung des Sickerkissens und die Ausbildung von Korkenziehergefäßen zu beobachten, was für die Fibroblastenaktivität und beginnende Vernarbung spricht. Im Verlauf wird das Filterkissen kleiner und senkt sich ab (113, 128, 129). Zudem wirkt sich ein hoher IOD vor der Trabekulektomie negativ auf deren Operationserfolg aus (132).

Studien zeigen, dass es auch bei der Clear-Cornea-Phakoemulsifikation zu einem postoperativen Druckanstieg von 2-3mmHg im Mittel in zuvor erfolgreich trabekulektomierten Augen kommt (113, 128, 129). In zwei prospektiven Studien wurde die temporale SICS an gut funktionierenden Sickerkissen durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass es nach der Phakoemulsifikation nicht nur zu einem postoperativen Druckanstieg kam, sondern auch mehr postoperative Antiglaukomatosa nötig waren (113, 128). Ein Jahr nach der SICS hatten 50% der Patienten einen Druckanstieg von  $>2$ mmHg und 10% einen IOD  $>21$ mmHg und benötigten medikamentöse Therapie. In einer retrospektiven Studie von Rebolleda et. al. konnte 2002 gezeigt werden, dass in 31,8% und 44,3% der Fälle ein oder zwei Jahre nach der Phakoemulsifikation antiglaukomatöse Medikamente oder weitere Glaukomoperationen notwendig wurden (128). Den erhöhten Bedarf von Antiglaukomatosa beziehungsweise eine modifizierte Therapie bestätigten weitere

Studien für 20 bis 40% der filtrierend voroperierten Augen nach Phakoemulsifikation (134).

Ein wichtiger Faktor für den Operationserfolg ist, die Entzündungsreaktion durch operative Manipulation so gering wie möglich zu halten. Daher stellt sich die Frage, ob die minimal invasive Kataraktchirurgie bessere Erfolgchancen bei trabekulektomierten Patienten hat als die herkömmliche SICS. Bei MICS kommt es zu einem geringeren Endothelzellverlust. Ältere Studien berichten bei SICS einen Verlust von 8 bis 10% und laut neueren Studien liegt dieser für MICS bei 4,5 bis 8% (135-138). Bei der MICS sind sowohl die Ultraschallenergie niedriger als auch die tatsächliche Phakoemulsifikationszeit kürzer, was sich beides positiv auf die Entzündungsreaktion und das Gewebetrauma auswirkt (139, 140). Weniger Gewebetrauma und kleinere Schnitte können sich auch positiv auf postoperative „Spikes“ auswirken. Diese sind kurz anhaltende Druckspitzen und ein bekanntes Problem bei der Kataraktchirurgie in glaukomatösen Augen. Sie kommen in 10% bis 37% der Fälle nach Phakoemulsifikation vor (134). Selbst wenn der präoperative Augendruck gut reguliert ist, kommt es bei Patienten mit terminalem glaukomatösen Papillenschaden und anamnestisch hohen IOD-Werten zu deutlichen Augeninnendruckspitzen über 30mmHg in der frühen postoperativen Phase (141). Die Wahrscheinlichkeit, dass diese Druckspitzen bereits in den ersten 4 postoperativen Stunden auftreten, ist bei Patienten mit Offenwinkelglaukom oder Pseudoexfoliativglaukom höher (142). Weitere Risikofaktoren für das Auftreten von Spikes sind der Bedarf mehrerer Antiglaukomatosa präoperativ, Vitrektomie oder intraoperative Pupillenmanipulation (130). Durch geringeres intraoperatives Trauma könnte die Mikroinzisionskataraktchirurgie eine gute Alternative zur herkömmlichen Kleinschnittkataraktchirurgie darstellen, vor allem bei gleichzeitig bestehenden Glaukom und Katarakt.

## 2 PATIENTEN UND METHODEN

### 2.1 Rahmenbedingungen

Die Datenerhebung dieser retrospektiven Studie fand an der Augenklinik der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz statt. Es handelt es sich um im Rahmen der üblichen Nachsorge standardmäßig erfasste Daten, die nicht speziell für die vorliegende Studie erhoben wurden.

Im ersten Schritt wurden anhand der Operationsbücher der zwei Operateure Operateur 1 (B-MICS) und Operateur 2 (temporale SICS) die Patienten herausgefiltert, an welchen primär eine Trabekulektomie und darauf folgend eine Kataraktoperation durchgeführt wurde. Die Datenerhebung begann ab dem Jahre 2008, da das neuere B-MICS-Verfahren seitdem angewendet wurde. Es wurden Name und Geburtsdatum aus den jeweiligen OP-Berichten notiert. Daraus ergaben sich für das MICS Verfahren vorerst 148 Patienten, was sich aber im Laufe der weiteren Datenerhebung anhand der Krankenakten aus dem Archiv aufgrund der Ein- und Ausschlusskriterien (siehe unten), fehlender Daten oder weil der Patient in der Beobachtungszeit verstarb, auf 70 Patienten minimierte. Die Vergleichsgruppe, welche nach dem SICS Verfahren operiert wurde, wurde dieser Anzahl angepasst auf ebenfalls 70 Patienten.

Somit ergab sich in der Vergleichsstudie ein Patientenkollektiv von 140 Patienten, die sich von 2008 bis 2011 in der Augenklinik einer Kataraktoperation nach TE unterzogen haben. Die Patientendaten wurden nicht verblindet und nicht randomisiert erhoben.

Für die postoperative Verlaufskontrolle wurden außerdem die weiterbetreuenden Augenärzte schriftlich mit einem speziellen Fragebogen (s.S. 34) oder telefonisch um Mitteilung aller vorliegenden postoperativ gemessenen Augendruck- und Visuswerte, chronisch antiglaukomatösen Medikamente sowie Komplikationen bzw. eventuell postoperativ zusätzlich durchgeführten Eingriffe am operierten Auge gebeten.

Bei den erfassten Patientendaten handelt es sich demnach um rein retrospektive Daten. Sie sind Teil der allgemeinen Nachsorge, waren somit ohnehin vorhanden und wurden nicht extra für diese Studie erhoben.

Direktor/Leiter:  
Prof. Dr. med. N. Pfeiffer

Frau Julia Böpple  
Studentin, Doktorandin  
Telefon: +49 176/47716926  
Telefax: +49 6131 / 17-6620  
E-Mail: juliajuni15@yahoo.de

Mainz, 28.12.2012

Sehr geehrte Damen und Herren,

wir führen derzeit eine retrospektive Datenerhebung unserer Patienten durch, welche zuerst eine Trabekulektomie und später eine Kataraktoperation erhalten haben.

Hier fehlen uns Daten von folgendem gemeinsamen Patient:  
geb.:

Datum: Antiglaukomatosa	Visus RA LA	Tensio RA LA
Datum: Antiglaukomatosa	Visus RA LA	Tensio RA LA
Datum: Antiglaukomatosa	Visus RA LA	Tensio RA LA
Datum: Antiglaukomatosa	Visus RA LA	Tensio RA LA

Komplikationen/Anmerkungen:

Über die Zusendung der fehlenden Daten (wenn vorhanden) würden wir uns sehr freuen.

Fax bitte an folgende Faxnummer: **0049/ 711 6070347**

Mit freundlichen Grüßen und bestem Dank,

Julia Böpple (betreut von Fr. Dr. Giulia Renieri)  
Studentin, Doktorandin

## 2.2 Studienkriterien

### Einschlusskriterien:

- Patienten mit einer filtrierenden Trabekulektomie als auch darauf folgend eine Kataraktoperation (mit mind. 6 Monaten zeitlichem Abstand)
- Patienten mit primärem Offenwinkelglaukom (POWG), primärem Engwinkelglaukom (EWG) sowie Patienten mit pseudoexfoliativem Glaukom (PEX)
- Erfolgreiche Trabekulektomie d.h. funktionierendes Sickerkissen, IOD < 18mmHg ohne chronisch antiglaukomatöse Medikation, ohne Re-Operationen (Re-TE)

### Ausschlusskriterien:

- Patienten unter antiglaukomatöser Therapie trotz der ersten Trabekulektomie
- Alle anderen sekundären Glaukomformen außer PEX
- Nur ein Auge pro Patient (zuerst operiertes Auge)
- Patienten mit anderen Voroperationen an dem Auge außer TE

## 2.3 Studiengruppen

Gruppe 1: Patienten bei denen eine erfolgreiche Trabekulektomie durchgeführt wurde und welche mindestens 6 Monate danach per **temporaler SICS** am grauen Star operiert wurden.

Gruppe 2: Patienten bei denen eine erfolgreiche Trabekulektomie durchgeführt wurde und welche mindestens 6 Monate danach per **B-MICS** am grauen Star operiert wurden.

## 2.4 Trabekulektomie vor Kataraktoperation

Alle Patienten erhielten die gleiche **Trabekulektomie**-Operationsmethode mit derselben Vorbereitung und Nachbehandlung.

Nach Einleitung eines geeigneten Anästhesieverfahrens (Vollnarkose oder Retrobulbäranästhesie) wurde das Operationsfeld steril abgedeckt, ein Lidsperrer eingelegt und der Konjunktivalsack mit Polividon-Iod ausgespült.

Schritt 1: Anschlingen des Musculus rectus superior mit einer 4x0 Seidennaht um Zugang zur Präparation zu erlangen.

Schritt 2: Fornixbasaler Zugang durch Konjunktiva.

Schritt 3: Danach Schaffung einer Bindehauttasche mit Basis am Fornix sowie Präparation der Bindehaut und der Tenon-Faszie mit einer Federschere.

Schritt 4: Anbringung eines etwa 7x7 mm großen Merocel®-Schwämmchens (Firma Medtronic), das mit 0,1 ml (0,02mg) Mitomycin C getränkt wurde, in die Tasche, Parazentese in der Vorderkammer.

Schritt 5: Nach einer Einwirkzeit von meistens 5min erfolgte eine Spülung in der Bindehaut-Tenon-Tasche mit 30ml Kochsalz.

Schritt 6: Präparation eines Skleradeckels mit der Größe von 3-4 x 3-4 mm und einer Dicke von der Hälfte der gesamten Skleradicke.

Schritt 7: Entfernung eines Stückes des trabekulären Maschenwerkes von ca. 0,5x1,5mm im Bereich des Schlemmschen Kanals.

Schritt 8: Basale Iridektomie, um einen Irisprolaps in den Trabekulektomiespalt zu verhindern und Aufstellung der Vorderkammer mit balancierter Salzlösung (BSS) um Fistulation zu überprüfen.

Schritt 9: Refixierung des geschaffenen Skleradeckels mit zwei versenkten Einzelknopfnähten an den Ecken sowie zwei relativ fest gezogenen Flankenfäden (10x0 Nylon).

Schritt 10: Überprüfung des Ergebnisses durch Stellung der Vorderkammer mit BSS.

Schritt 11: Stellen des so geschaffenen Sickerkissens und Schließung der Bindehaut mit einer fortlaufenden Schlossnaht durch einen 10x0 Nylonfaden.

Schritt 12: Palpatorische Überprüfung des Augeninnendruckes und Injektion von Dexamethason subkonjunktival, anschließend Verband mit Gentamycin- oder Ofloxazin-Salbe.

Das anschließend medikamentöse Standardschema beinhaltet:

1. 3x täglich Atropin 1% Augentropfen für etwa 1 Woche
2. 3x täglich Gentamycin Augentropfen 5 Tage
3. 6x täglich Prednisolacetat (Inflanefran®, Pharm-Allergan GmbH)
4. Zur Nacht Prednisolopivalat (Ultracortenol AS®, Novartis Ophthalmics)

3. und 4. wurden bis über die stationäre Entlassung hinaus verordnet und konnten ausschleichend nach etwa 4-6 Wochen abgesetzt werden. Je nach Entzündungszustand wurde das Schema individualisiert.

## **2.5 Kataraktoperation**

### 2.5.1 Untersuchung präoperativ

Zum umfassenden ophthalmologischen Untersuchungsgang gehören standardmäßig die Bestimmung des Visus, Spaltlampenuntersuchung und Augeninnendruckmessung.

#### Visus

Anhand von Zahlentafeln wurde der Visus, die zentrale Sehschärfe, untersucht.

#### Spaltlampenuntersuchung

Mit einem Spaltlampenmikroskop wurde die Bindehaut inklusive Sickerkissen, Hornhaut, Augenvorderkammer, Linse, Kammerwinkel (Gonioskopie) und Augenhintergrund (Funduskopie) morphologisch untersucht.

#### Bestimmung des Augendruckes

Mit Hilfe der Methode von Goldmann wurde der Intraokulardruck durch Applanationstonometrie bestimmt. Am jeweiligen Untersuchungstermin wurden dabei die gemessenen Höchstwerte der Einzelmessungen oder Tensiotagesdruckprofile protokolliert.

#### Bestimmung der Hornhautdicke

Die Dicke der Hornhaut (Pachy) wurde anhand des Tomey Pachy Meter AL 3000 (Tomey GmbH, Erlangen, Deutschland) erfasst.

### 2.5.2 Operationsvorbereitung

Alle Patienten erhielten eine Standarddosis von Gentamycin 0,3% Augentropfen drei Mal am präoperativen Tag als Infektionsprophylaxe.

Die Pupillen wurden vor der Operation erweitert mit einem Tropfen Tropicamid 0,5%, Phenylephrin 0,5% und Scopolamin 0,3%, gefolgt von einem Tropfen Diclofenac 0,1% um die Pupillenerweiterung während der Operation aufrecht zu erhalten.

Die meisten Patienten erhielten eine Retrobulbäranästhesie (Xylocain 2%, Carbostesin 0,5%, Hylase) mit Lidblockinjektion (Bupivacain 0,5% und Lidocain 2%). Allgemeinanästhesie wurde nur angewendet in Fällen von Claustrophobie, starker Kurzsichtigkeit, auf Wunsch des Patienten oder bei sehr fortgeschrittenen Sehnervenschäden.

### 2.5.3 Operationsvorgang

Nach Desinfektion der Lider und sterilem Abdecken, Einsetzen des Lidsperrers und Ausspülen des Bindehautsackes mit Polividon-Jod.

#### Temporale SICS

Schritt 1: Vorlegen eines 2,8 mm kornealen temporalen Stufenschnittes mit 2 mm langem Tunnel und zwei korneale Parazentesen.

Schritt 2: Eingabe von Viskoelastikum aus Hyaluronsäure (Healon®) in die Vorderkammer zum Schutz der intraokularen Gewebe.

Schritt 3: Kapsulorhexis über eine Parazentese mit der gebogenen Kanüle und Erweiterung des Schnittes mit der Phakolanze bis auf 2,8 mm.

Schritt 4: Hydrodissektion.

Schritt 5: Phakoemulsifikation des Linsenkerne.

Schritt 6: Bimanuelles Absaugen von Rindenresten und Politur der Hinterkapsel und Vorderkapsel.

Schritt 7: Implantation der Linse (AMO AR40e) unter Healon in den Kapselsack.

Schritt 8: Absaugen von Healon® und Verengen der Pupille mit Acetylcholin (Miochol®, Novartis AG).

Schritt 9: Stellen der Vorderkammer mit BSS und Abdichten der Parazentese.

Schritt 10: Überprüfung der Schnittdichte.

#### B-MICS

Schritt 1: Anlegen zweier 1,53mm messenden Parazentesen in der 10 und 2 h-Position.

Schritt 2: Eingabe von Healon® in die Vorderkammer, gefolgt von zirkulärer Kapsulorhexis mit zurechtgebogener Kanüle.

Schritt 3: Hydrodissektion, Hydrodelineation sowie Rotation des Kerns.

Schritt 4: Phakoemulsifikation mit den bimanuellen Ansätzen.

Schritt 5: Polieren der Kapsel mit BSS.

Schritt 6: Erweiterung der Parazentese auf 1,8mm mit der Lanze, Andocken des Linseninjektors am Limbus (siehe Abb. 9).

Schritt 7: Implantation der IOL (Bausch&Lomb MI60) mit dem Injektor-System unter Zuhilfenahme eines Irismanipulators in den Kapselsack.

Schritt 8: Absaugen des Viskoelastikums vor und hinter der Linse und Verengen der Pupille mit Acetylcholin (Miochol®, Novartis AG).

Schritt 9: Die Parazentesen werden durch Eingabe von BSS in das Hornhautstroma geschlossen.

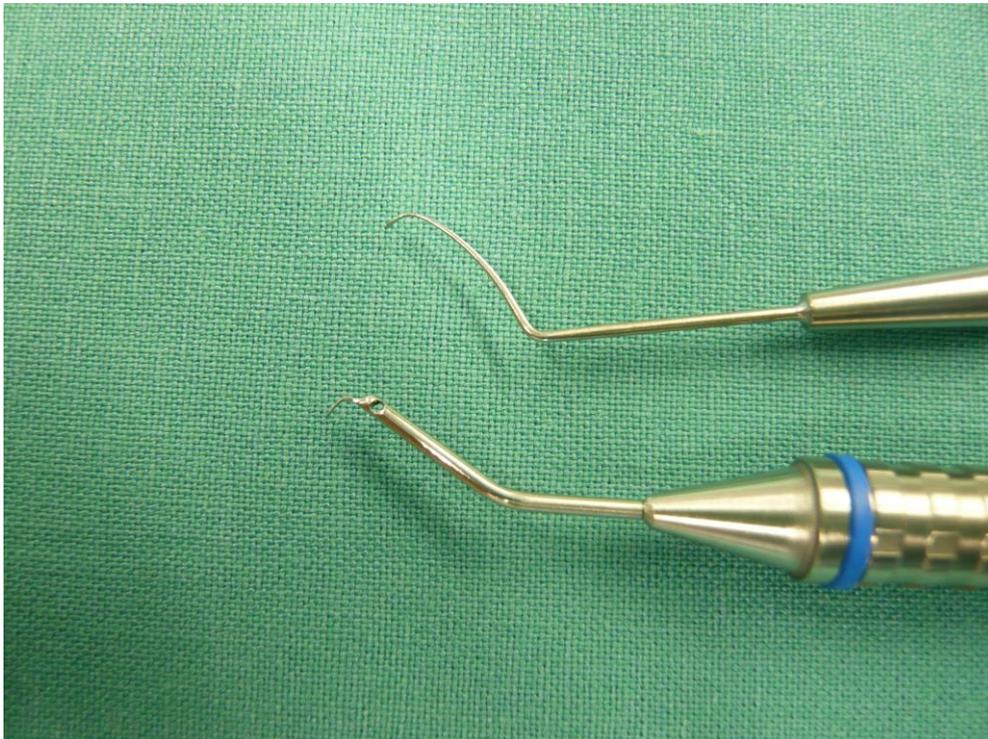
Schritt 10: Überprüfung der Schnittdichte.

**Abb. 9:** B-MICS mit 1,8mm Inzisionen bei 10 und 2 Uhr und Implantation einer IOL MI60 (39)



Abbildung der Implantation einer IOL durch biaxiale Phakoemulsifikation (B-MICS) mit einer Schnittgröße von 1,8mm.

**Abb. 10: Operationsgeräte der Phakoemulsifikation**



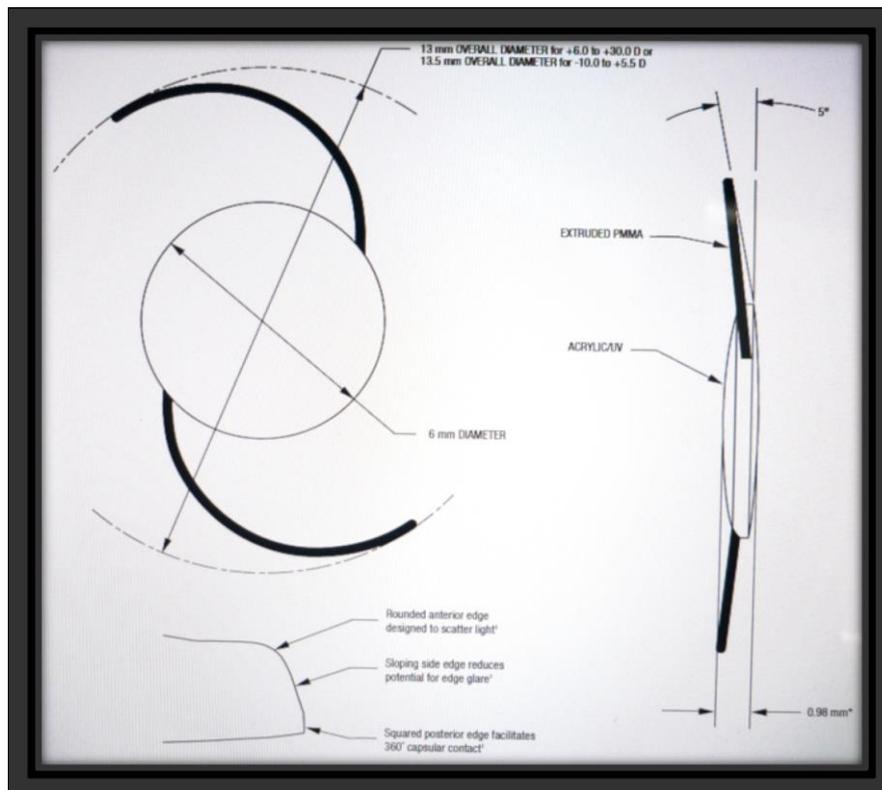
Im Bild unten der Chopper für die B-MICS mit integrierter Spülung, darüber der Chopper für die temporale Phakoemulsifikation (ohne Irrigation)

Beide Gruppen erhielten am Ende der Operation subkonjunktival Dexaflam® N (Lichtenstein), Floxal-AS, Monokulus.

#### 2.5.4 Intraokularlinsen

Die meisten Patienten, die nach dem SICS-Verfahren operiert wurden, erhielten eine IOL AR40e (AMO). Hierbei handelt es sich um eine für SICS geeignete, faltbare dreiteilige, bikonvexe, hydrophobe IOL (Abb. 11). Die Haptiken sind um 5° gewinkelt und aus polymethylmethacrylatem Monofilament, während die Optik aus Acryl besteht. Zur besseren Streuung des Lichts ist der vordere Rand der Optik rund, während der hintere Rand rechtwinkelig ist um 360° Kapselkontakt zu ermöglichen und so die Entstehung von posteriorer Kapselopazifikation (PCO) zu reduzieren. Die AR40e hat eine Länge von 13 mm und ist von +6 bis +30 Dioptrien erhältlich. Die Linse wurde für das Unfolder® Emerald Series Cartridge entworfen, das einen Durchmesser von 2,8 mm hat.

**Abb. 11:** Zeichnungen der AR40e (AMO).



Zeichnung einer AR40e Linse, links in Vorderansicht, rechts in Seitenansicht. Zu sehen ist die zentrale runde Optik (6mm Durchmesser) und daran die halbkreisförmigen Haptiken.

Darunter Detailansicht der Optik, mit abgerundeter Vorderkante zur Lichtstreuung (oberer Pfeil), geneigter Seitkante (mittlerer Pfeil) und rechteckiger Hinterkante. Sie ermöglicht durch ihr scharfkantiges Design durchgängigen Linsenkapselkontakt.

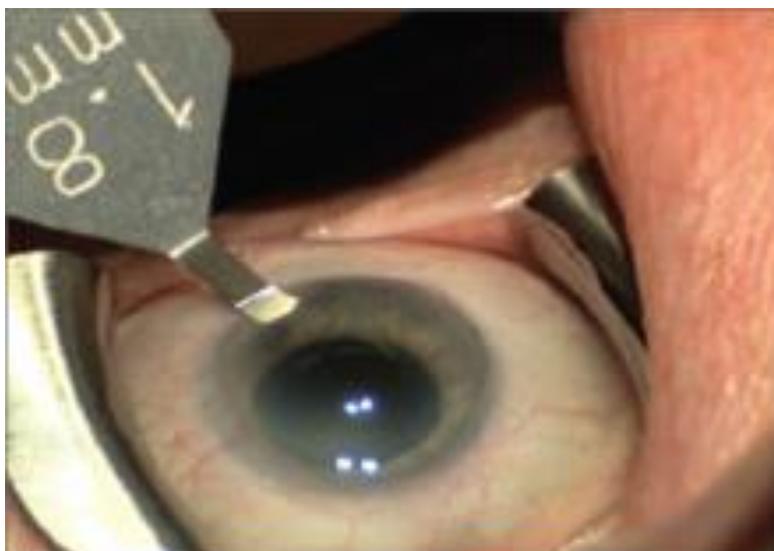
Eine IOL Akreos MI160 (Bausch&Lomb) kam bei den Patienten zum Einsatz, die nach dem B-MICS-Verfahren operiert wurden. Dabei handelt es sich um eine einteilige, binkonvexe, hydrophile Acryllinse mit einem Brechungsindex von 1,46. Wie Abbildung 12.1 zeigt, hat die Linse eine zentrale Optik und vier flexible Haptiken. Ein Winkel von ca.  $11^\circ$  an den Haptiken verbessert die Stabilität in der Kapseltasche. Rechtwinklige Ränder an den Haptiken und der Optik schaffen eine kontinuierliche  $360^\circ$  Barriere entlang der Linse und reduzieren dadurch das Entstehen von PCO. Die Akreos MI160 ist von +10 bis +30 Dioptrien mit drei möglichen Linsendurchmessern (10,5; 10,7 und 11,0), abhängig von der Stärke, erhältlich. Die Linse wurde für B-MICS entwickelt und kann mit 1.8 Viscoglide Cartridge oder mit dem Viscoject

Linseninjektionssystem (Medical AG) implantiert werden. Beide eignen sich für Kornealschitte von 1,8 mm.

**Abb. 12.1:** Die Akreos MI60 (Bausch & Lomb) für B-MICS



**Abb. 12.2:** Schnitt für Akreos MI60 (Bausch & Lomb) Linse



### 2.5.5 Postoperative Medikamentenversorgung

Die postoperative Nachsorge bestand aus topischen Antibiotika (Gentamycin 0,3%) und Dexamethason drei Mal täglich für alle Patienten. Topische Antibiotika wurden über 5 Tage verabreicht und Dexamethason ausschleichend über 4 Wochen.

## 2.6 Erfasste Daten der Patienten

Aus den **Krankenakten** wurden erhoben:

- **Stammdaten** des Patienten (Name, Alter, Geschlecht)
- Zeitpunkt der **Trabekulektomie**
- Zeitpunkt der **Kataraktoperation**
- **OP-Verfahren** (SICS oder MICS)
- **Glaukomdiagnose** (Primäres Offenwinkelglaukom, Pseudoexfoliativglaukom, Engwinkelglaukom)
- **IOD-** (in mmHg) und **Visuswerte** (0,03; 0,05; 0,07; 0,125; 0,10; 0,2; 0,32; 0,4; 0,5; 0,63; 0,8; 1,0) präoperativ, postoperativ sowie nach 1 Monat, 3 Monaten, 6 Monaten, 12 Monaten.

Die Messzeiträume wurden folgendermaßen festgelegt:

- Präoperativ: am Aufnahmetag d.h. 1 Tag vor OP
  - Postoperativ: erste Kontrollmessung nach OP
  - 1 Monat: +/- 1 Woche
  - 3 Monate: +/- 2 Wochen
  - 6 Monate: +/- 8 Wochen
  - 12 Monate: +/- 10 Wochen
- **Komplikationen intraoperativ** (Synechiolyse, Kapselruptur, Zonulolyse)

- **Komplikationen postoperativ** (IOD-Peak, HH-Ödem, Hyphaema, Fibrinreaktion, epiretinale Gliose, VK-Reizung, Erosio cornea, zystisches Sickerkissen, Hornhaut-Astigmatismus, Synechien)
- Entwicklung von **Nachstar** postoperativ (Ja/Nein)
- Anwendung von **YAG-Laser** (Ja/Nein)
- chronisch **Antiglaukomatosa** postoperativ (0, 1, 2 oder 3)
- **Re-Operationen** (Re-TE)
- **postoperative Verfahren** (Needling, LSL, 5-Fluouracil)
- **Narkoseart** (Retrobulbäranästhesie, Vollnarkose, Tröpfchenanästhesie)
- **Pachymetrie** (Hornhautdicke)
- Cup-Disc-Ratio, **CDR** (Glaukomschaden: 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1,0). Der CDR beschreibt das Verhältnis von Exkavationsdurchmesser zum Papillendurchmesser.

Als **Misserfolg/primärer Endpunkt** wurde das Eintreffen eines der folgenden Kriterien definiert:

- **IOD  $\geq$  17mmHg**
- **Re-Operation** (Eingriffe wie Needling, Suturolyse oder YAG-Kapsulotomie wurden nicht als OP betrachtet)
- Gabe von **chronischen Antiglaukomatosa** postoperativ

## 2.7 Statistische Methodik

Die statistische Auswertung erfolgte in Zusammenarbeit mit dem Institut für Medizinische Biometrie, Epidemiologie und Informatik (IMBEI) der Universitätsmedizin Mainz, insbesondere mit Herrn Prof. Berres.

Die Daten der Patienten wurden in einer eigens erstellten Excel-Datenbank zusammengetragen. Nach dem Ende der Datenerhebung wurde die bestehende

Datei zur Auswertung in eine SPSS-Datei konvertiert. Die Auswertung erfolgte mit dem Programm SPSS 20.0 für Windows.

Im Rahmen dieser retrospektiven Studie wurde statistisch getestet, ob sich die zwei Operationsmethoden bezüglich der erfassten Parameter (siehe 2.6.) unterscheiden. Folgende Testverfahren wurden in Abhängigkeit der untersuchten Parameter durchgeführt:

- Mann-Whitney-Tests für den Gruppenvergleich der IOD- und Visuswerte und der durchschnittlichen IOD-Differenz
- Chi-Quadrat-Test zur Signifikanzprüfung des Misserfolges in beiden Gruppen

Alle Tests sind zweiseitig mit Signifikanzniveau 5 Prozent.

## **2.8 Graphische Darstellung der Daten**

Die Graphiken wurden mittels SPSS erstellt, wobei stetige Zielgrößen in Form von nichtparametrischen Boxplots und kategoriale Zielgrößen in Form von Balkendiagrammen dargestellt sind.

### 3 ERGEBNISSE

#### 3.1 Charakteristika der Patienten

Für die **geschlechtliche Verteilung** des Gesamtkollektivs von 140 Patienten handelt es sich um 85 Frauen (60%) und 55 Männer (40%), welche zwischen 2008 und 2011 am grauen Star operiert wurden. In *Gruppe 1* (Trabekulektomie gefolgt von SICS) waren 44 weiblich und 26 männlich, in *Gruppe 2* (Trabekulektomie gefolgt von MICS) waren 41 weiblich und 29 männlich.

Zum Zeitpunkt der Kataraktoperation hatten von den 140 Patienten 24 (17,1%) ein **Alter** von unter 65 und 116 (82,9%) über 65 Jahre. In *Gruppe 1* waren 12 unter 65 (17,1%) und 58 über 65 (82,9%) und in *Gruppe 2* waren 12 unter 65 (17,1%) und 58 über 65 Jahre alt (82,9%). Der jüngste Patient in *Gruppe 1* war 56 Jahre, der älteste Patient 90 Jahre alt. In *Gruppe 2* hatte der jüngste Patient ein Alter von 50 und der älteste Patient ein Alter von 93 Jahren.

Die Verteilung der **Glaukomformen** war im Gesamtkollektiv 109 (77,9%) primäre Offenwinkelglaukome, 29 (20,7%) Pseudoexfoliativglaukome und 2 (1,4) Engwinkelglaukome und in Bezug auf die OP-Verfahren hatten in *Gruppe 1* 50 POWG, 20 PEX und in *Gruppe 2* 59 POWG, 9 PEX und 2 EWG.

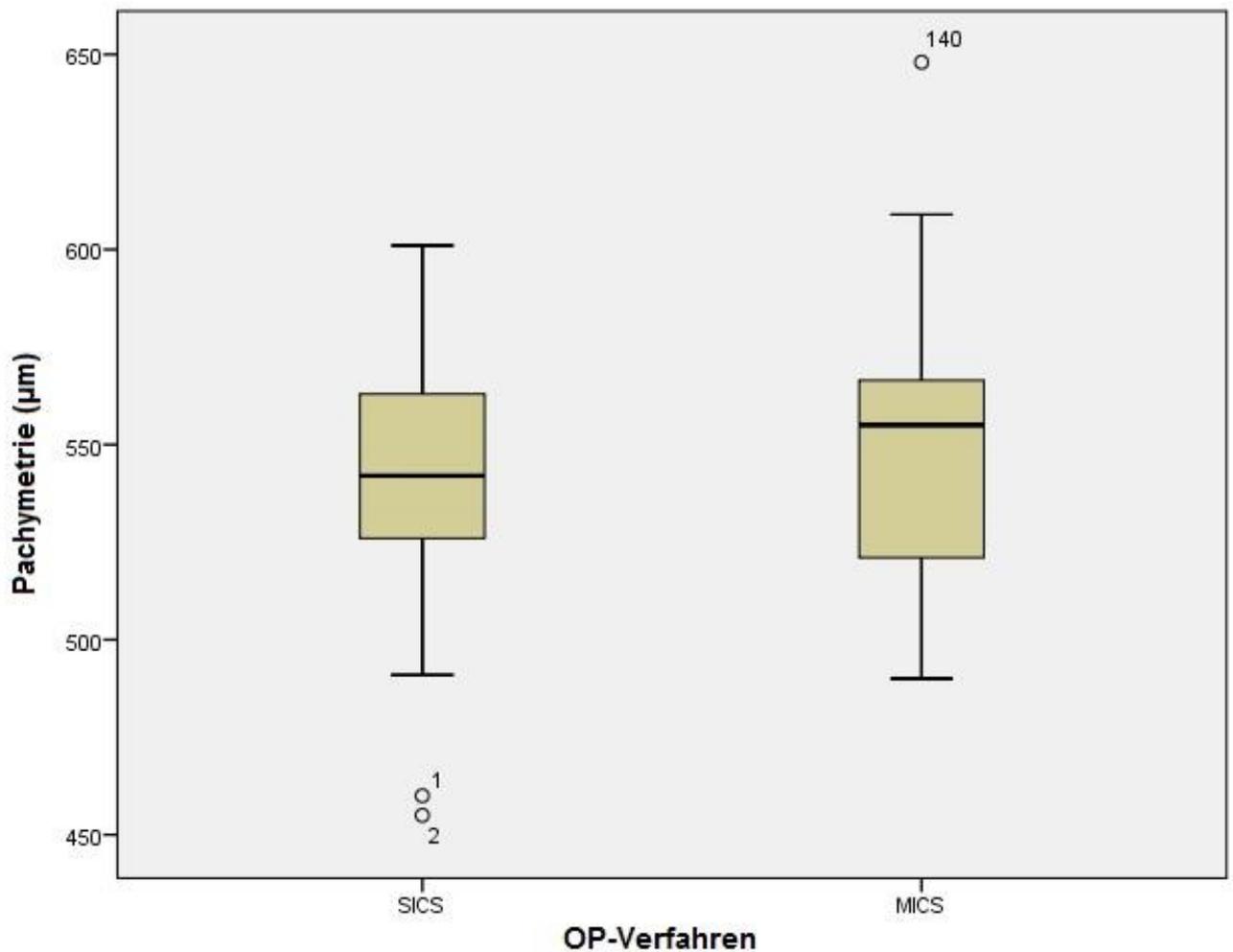
Die **Narkoseart** war bei den insgesamt 140 Eingriffen 120 (85,7%) Mal eine Retrobulbäranästhesie, 19 (13,6%) Mal eine Vollnarkose und 1 (0,7%) Mal lokal mittels Tropfanästhesie. Bei dem SICS-Verfahren wurde 57 Mal eine Retrobulbäranästhesie und 13 Mal eine Vollnarkose gemacht. Für das MICS-Verfahren waren es 63 Retrobulbäranästhesien, 6 Vollnarkosen und eine topische Anästhesie.

Das Ausmaß des bestehenden Glaukomschadens anhand des **CDR-Wertes** wurde bei 111 Patienten wie folgt dokumentiert:

**Tabelle 1: CDR-Werte im Gruppenvergleich**

	CDR						Gesamt
	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	
<b>OP-Verfahren</b> SICS	0	3	15	21	12	2	53
MICS	1	7	10	20	17	3	58
Gesamt	1	10	25	41	29	5	111

Die **Hornhautdicke (Pachymetrie)** wurde von 84 Patienten ermittelt. Bei 56 Patienten waren keine Werte vorhanden. Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die Pachy-Werte in den zwei verschiedenen Gruppen.

**Abb. 13:** Pachymetrie-Werte im Gruppenvergleich

Das Boxplot-Diagramm stellt die Verteilung der Hornhautdicken-Werte (Pachymetrie) (Y-Achse) innerhalb der beiden Gruppen (X-Achse) dar. Die Werte sind in beiden Gruppen ähnlich verteilt, wobei in der MICS-Gruppe eine minimal größere Spannweite zu beobachten ist.

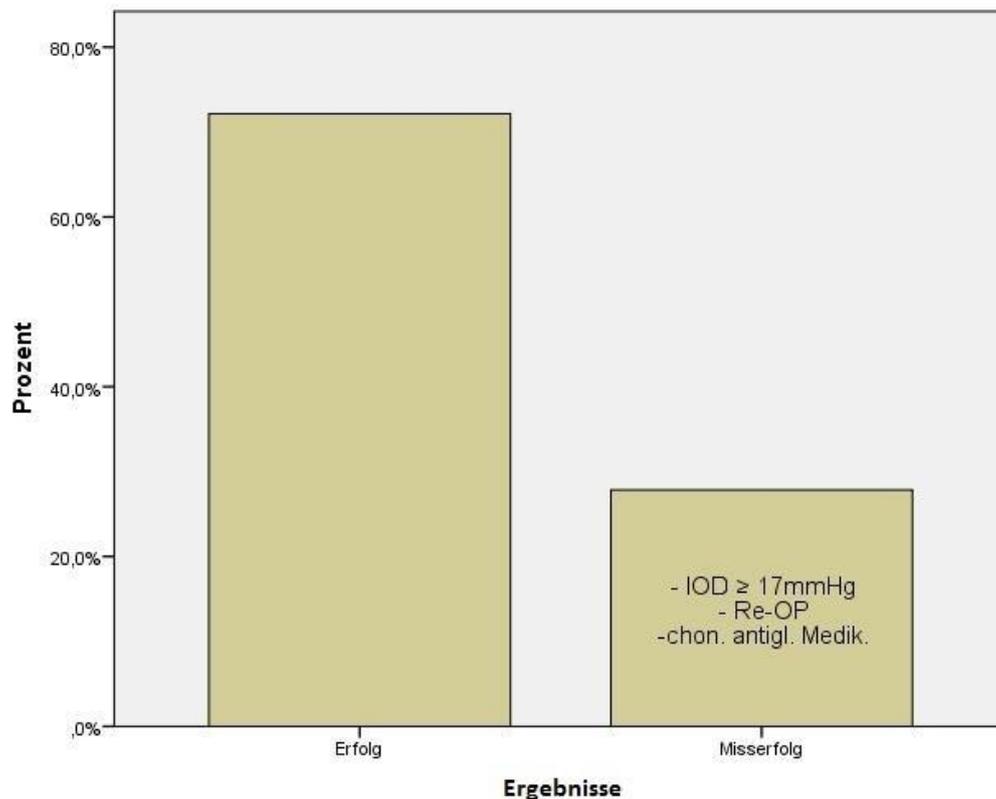
### 3.2 Primäre Endpunkte der Arbeit

In dieser Studie kam es zu keinem signifikanten Unterschied ( $p=0,706$ ) zwischen den beiden OP-Verfahren bezüglich des Misserfolges, wobei Misserfolg definiert ist als  $\text{IOD} \geq 17\text{mmHg}$ , Notwendigkeit von chronischen Antiglaukomatosa oder Re-Operation. Hierbei wurde nicht differenziert, wann innerhalb des Messzeitraums eines dieser Kriterien eintrat. Festgelegt wurden 6 Messzeitpunkte (1 Tag Prä-OP, erster Messzeitpunkt Post-OP, 1 Monat, 3 Monate, 6 Monate, 12 Monate Post-OP). Insgesamt kam es nach einem Beobachtungszeitraum von 12 Monaten bei 39 Patienten im Gesamtkollektiv (27,9%) zum Misserfolg und 101 (72,1%) waren

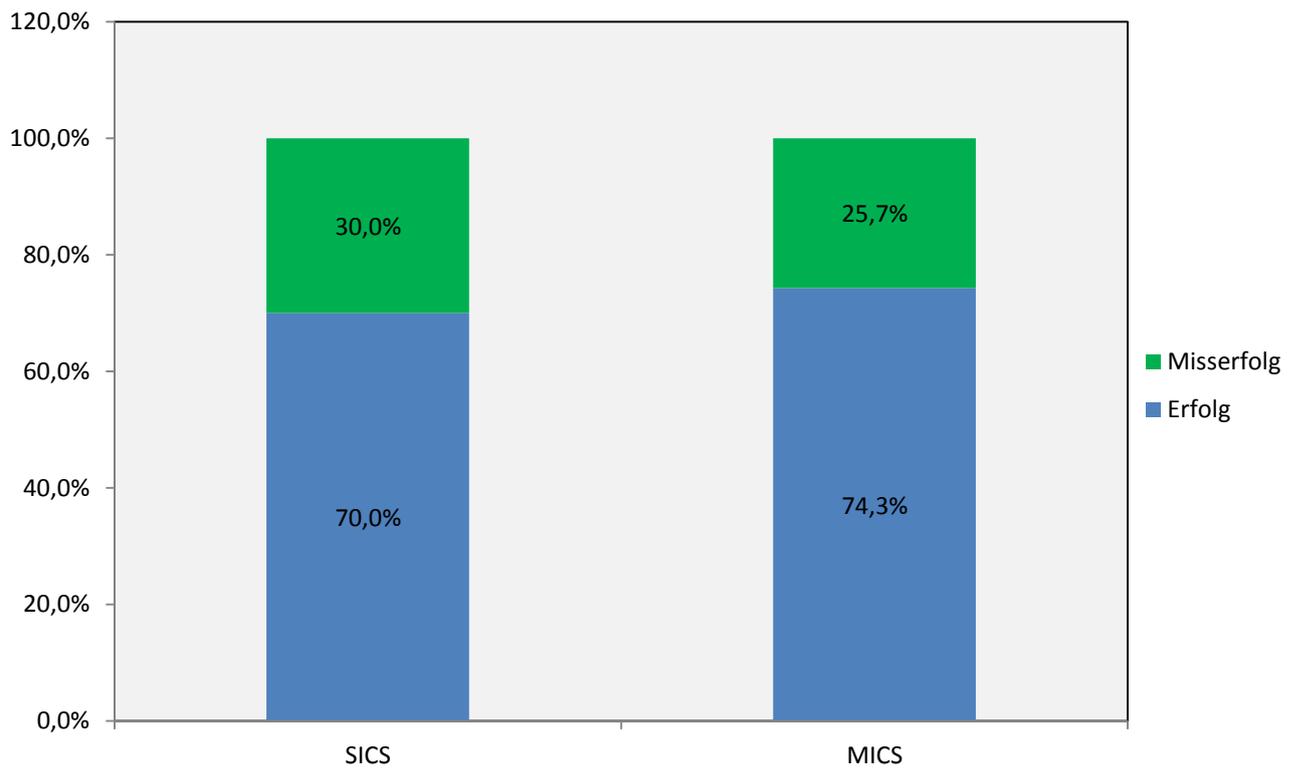
erfolgreich (siehe Abb. 14). Von den erfolgreichen waren 20 unter 65 Jahre alt (19,8%) und 81 (80,2%) über 65 Jahre alt. Beim Misserfolg waren 4 unter 65 (10,3%) und 35 über 65 Jahre alt (89,7%). Von den 101 erfolgreichen war der Abstand zwischen Trabekulektomie und Kataraktoperation bei 32 (31,7%) unter einem Jahr und bei 69 (68,3%) über einem Jahr. Bei dem Misserfolg war der Abstand bei 5 (12,8%) unter einem Jahr und bei 34 (87,2%) über einem Jahr. Von den 39 Misserfallsfällen hatten 30 ein primäres Offenwinkelglaukom und 9 ein primäres Pseudoexfoliativglaukom. Erfolgreich waren 79 POWGs, 20 PEXS und 2 Engwinkelglaukome.

Betrachtet man die Erfolgsraten der beiden Gruppen (siehe Abb. 15) liegen im Fall der SICS-Gruppe 21 Misserfolge vor, womit die Erfolgsrate bei 70,0% (49 Patienten) liegt. In der MICS-Gruppe gab es 18 Misserfolge, damit liegt die Erfolgsrate bei 74,3% (52 Patienten).

**Abb. 14:** Erfolgs- und Misserfolgsrate in der Studie gesamt



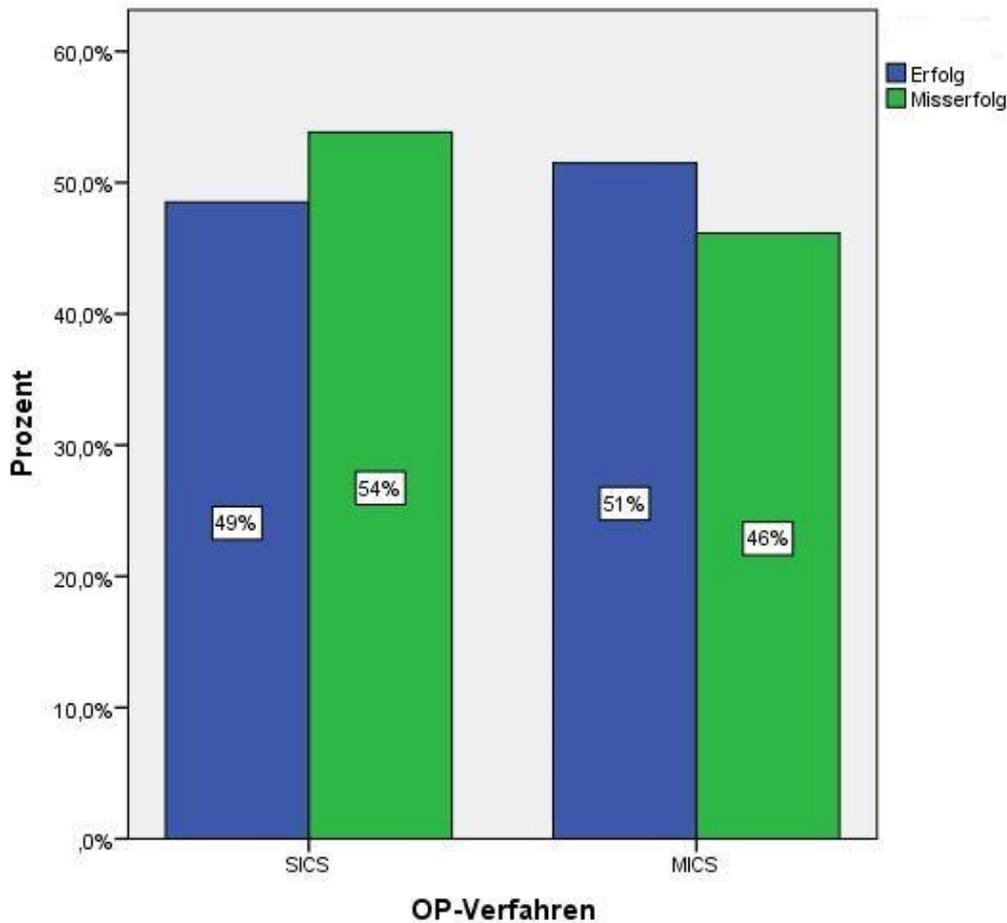
Darstellung der Erfolgs- und Misserfolgsraten (X-Achse) in Prozent (Y-Achse) im Hinblick auf die Gesamtpatientenzahl als Balkendiagramm. Es ist ein Gesamterfolg von 72,1% im Gegensatz zu 27,9% Misserfolg ablesbar.

**Abb. 15:** Erfolgs- und Misserfolgsrate in der Studie nach Gruppen

Die Erfolgs- und Misserfolgsraten (Y-Achse) verteilt auf die Gruppen (X-Achse) als Balkendiagramm. Es wird deutlich, dass die Erfolgsrate der MICS-Gruppe mit 74,3% etwas höher als die der SICS-Gruppe mit 70,0% liegt.

Der Gesamterfolg von 72,1% (101 Patienten) verteilt sich mit 49% auf die SICS- und mit 51% auf die MICS-Gruppe, der Misserfolg fällt mit 54% auf die SICS- und mit 46% auf die MICS-Gruppe (siehe Abb. 16).

**Abb.16:** Erfolgs- und Misserfolgsrate im Gruppenvergleich,  $p=0,706$  (Chi-Quadrat nach Pearson)



Verteilung der Gesamterfolgs- und Gesamtmisserfolgsrate auf die beiden OP-Verfahren als Balkendiagramm. Von allen erfolgreichen Operationen entfielen 49% auf das SICS, 51% auf das MICS-Verfahren, die Misserfolge verteilten sich mit 54% auf SICS, mit 46% auf MICS.

### 3.2.1 Kriterium 1: Augeninnendruck (IOD) $\geq$ 17mmHg

In *Gruppe 1* kam es 20 (28,6 %) Mal zu Druckwerten über 17mmHg und in *Gruppe 2* 16 (22,9%) Mal. Im Gesamtkollektiv kam es also 36 Mal (25,7%) zu IOD-Werten über 17mmHg.

**Tabelle 2:** Intraokularerdruck  $\geq$  17mmHg im Gruppenvergleich

			IOD		Gesamt
			bis 16	17 +	
<b>OP-Verfahren</b>	<b>SICS</b>	Anzahl	50	20	70
	<b>MICS</b>	Anzahl	54	16	70
Gesamt		Anzahl	104	36	140

### 3.2.2 Kriterium 2: Re-Operationen

In dem Gesamtkollektiv kam es im Beobachtungszeitraum von 12 Monaten zu keiner drucksenkenden Re-Operation. Im Anschluss an das MICS-Verfahren erfolgte zweimal eine Vorderkammer-Revision. In beiden Fällen ergaben postoperative Antiglaukomatosa keine angemessene Drucksenkung. Bei Fall 1 lag ein POWG vor mit einem postoperativen IOD von 32mmHg. Da zusätzliche hintere Synechien bestanden, wurde intraoperativ eine Synechiolyse durchgeführt. In Fall 2 bestand ein PEX-Glaukom mit postoperativen Druckwerten von 17mmHg. In beiden Fällen wurde die Vorderkammer-Revision innerhalb des Beobachtungszeitraums von 12 Monaten vollzogen.

### 3.2.3 Kriterium 3: Chronische Antiglaukomatosa postoperativ

Im Gesamtkollektiv wurden 129 (92,1%) keine Medikamente postoperativ verabreicht. In 4 Fällen (2,9%) wurden zwei Medikamente und in 1 Fall (0,7%) drei Medikamente verabreicht. Bei dem SICS-Verfahren wurden 65 (92,9%) keine Medikamente verabreicht, in 2 Fällen (2,9%) ein Medikament, in 2 Fällen (2,9%) zwei und in 1 Fall (1,4%) drei Medikamente verabreicht. Dabei lagen die Operationen in 4

Fällen über ein Jahr auseinander, in 1 Fall unter einem Jahr. Bei 3 Patienten kam es zu erhöhten postoperativen Druckwerten von 32, 30 und 25mmHg. Bei dem MICS-Verfahren wurden in 64 Fällen (91,4%) keine Medikamente postoperativ gegeben, in 2 Fällen (2,9 %) eins, in 4 Fällen (5,7%) zwei Medikamente und nie drei Medikamente verabreicht. Die Operationen lagen in 2 Fällen unter einem Jahr auseinander, in 1 Fall davon kam es zu Druckerhöhungen von 19 und 25mmHg nach 3 und 6 Monaten. In den anderen Fällen war der Abstand zwischen den Operationen über ein Jahr, davon hatte ein Patient am ersten postoperativen Tag einen Peak von 32mmHg und ein anderer Patient einen präoperativen IOD von 17mmHg.

Bei keinem der Fälle wurden intraoperative Komplikationen gelistet, die die Medikamentenverabreichung begründen könnten.

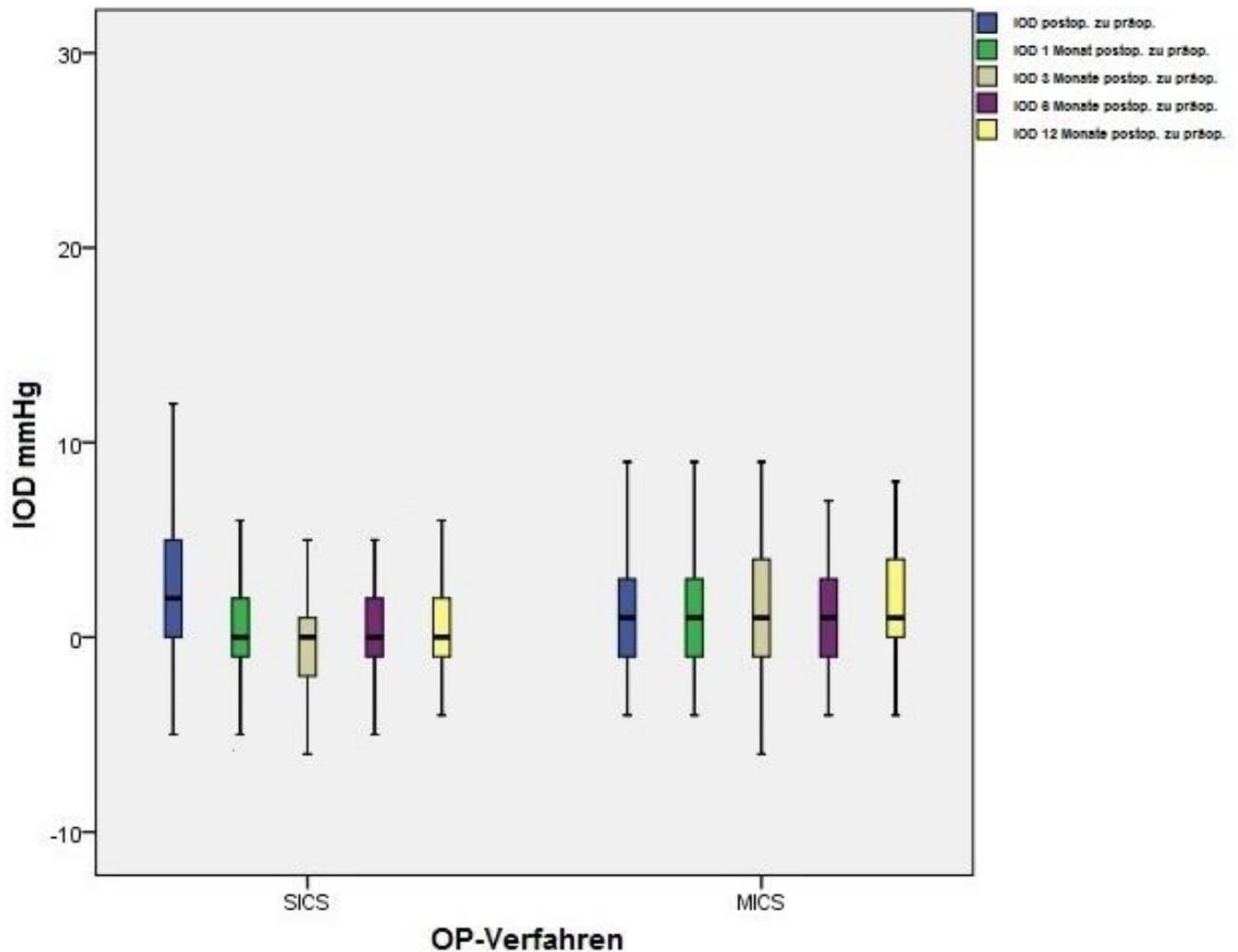
### 3.3 Sekundäre Zielgrößen

#### 3.3.1 Augeninnendruck (IOD)

##### 3.3.1.1 IOD-Verlauf

Der IOD-Verlauf in den 12 postoperativen Monaten in Bezug auf den präoperativen IOD-Wert ist in der folgenden Abbildung dargestellt.

**Abb. 17:** IOD-Verlauf



Darstellung der IOD-Veränderung in mmHg im postoperativen Verlauf bezogen auf die präoperativen Werte (Y-Achse) unterteilt nach Operationsverfahren (X-Achse) als Boxplotdiagramm. Die einzelnen Messzeitpunkte in Monaten sind farblich unterschieden und jeweils als einzelner Boxplot dargestellt.

In *Gruppe 1* sind in der ersten postoperativen Messung im Vergleich zu präoperativ höhere Werte zu erkennen als in *Gruppe 2*, die insgesamt einen etwas konstanteren postoperativen Verlauf aufweist. In der SICS-Gruppe kam es dreimal zu

postoperativen Spikes in Höhe von 2 Mal 32mmHg und 1 Mal 30mmHg, in der MICS Gruppe einmal bei einem Wert von 32mmHg. Dabei handelt es sich durchweg um primäre Offenwinkelglaukome, bis auf einen Patienten in der SICS-Gruppe mit PEX (32mmHg).

### *3.3.1.2 Durchschnittliche IOD-Differenz*

Die folgende Tabelle stellt die IOD-Differenz (mmHg) von präoperativ zu 6 und 12 Monaten postoperativ dar. Im Mittel veränderten sich in der SICS-Gruppe die IOD-Werte um 0,43mmHg (4,07% Anstieg zu IOD-Mittelwert präoperativ) nach 6 und um 0,33mmHg (3,12%) nach 12 Monaten. In der MICS-Gruppe lagen die Veränderungen im Mittel bei 1,50mmHg (16,48%) nach 6 und 1,73mmHg (19,01%) nach 12 Monaten. Der höchste Anstieg des IOD in der SICS-Gruppe lag nach 6 Monaten postoperativ bei 11mmHg (im konkreten Fall von 9 auf 20mmHg), nach 12 Monaten bei 10mmHg (von 9 auf 19mmHg). Das größte Absinken in der SICS-Gruppe lag bei 6mmHg sowohl 6 Monate postoperativ wie auch 12 Monate postoperativ (von 16 auf 10mmHg und von 17 auf 11mmHg). In der MICS-Gruppe lag der höchste Anstieg nach 6 Monaten postoperativ bei 12mmHg (von 13 auf 25mmHg) und nach 12 Monaten postoperativ bei 14mmHg (von 4 auf 18mmHg). Das größte Absinken lag hier nach 6 und 12 Monaten postoperativ jeweils bei 4mmHg (von 16 auf 12mmHg).

**Tabelle 3:** Durchschnittliche IOD-Differenz im Gruppenvergleich

OP-Verfahren		IOD präop. zu 6 Mon. postop. (in mmHg)	IOD präop. zu 12 Mon. postop.(in mmHg)
SICS	Mittelwert	,4286	,3286
	N	70	70
	SA	2,94673	2,61944
	Median	,0000	,0000
	Minimum	-6,00	-6,00
	Maximum	11,00	10,00
MICS	Mittelwert	1,5000	1,7286
	N	70	70
	SA	3,05861	3,13892
	Median	1,0000	1,0000
	Minimum	-4,00	-4,00
	Maximum	12,00	14,00
Insgesamt	Mittelwert	,9643	1,0286
	N	140	140
	SA	3,04028	2,96489
	Median	,5000	,0000
	Minimum	-6,00	-6,00
	Maximum	12,00	14,00

Im Vergleich der IOD-Differenzen mit dem U-Test zeigte sich eine statistische Signifikanz zwischen den beiden Gruppen mit p-Werten von 0,032 und 0,005.

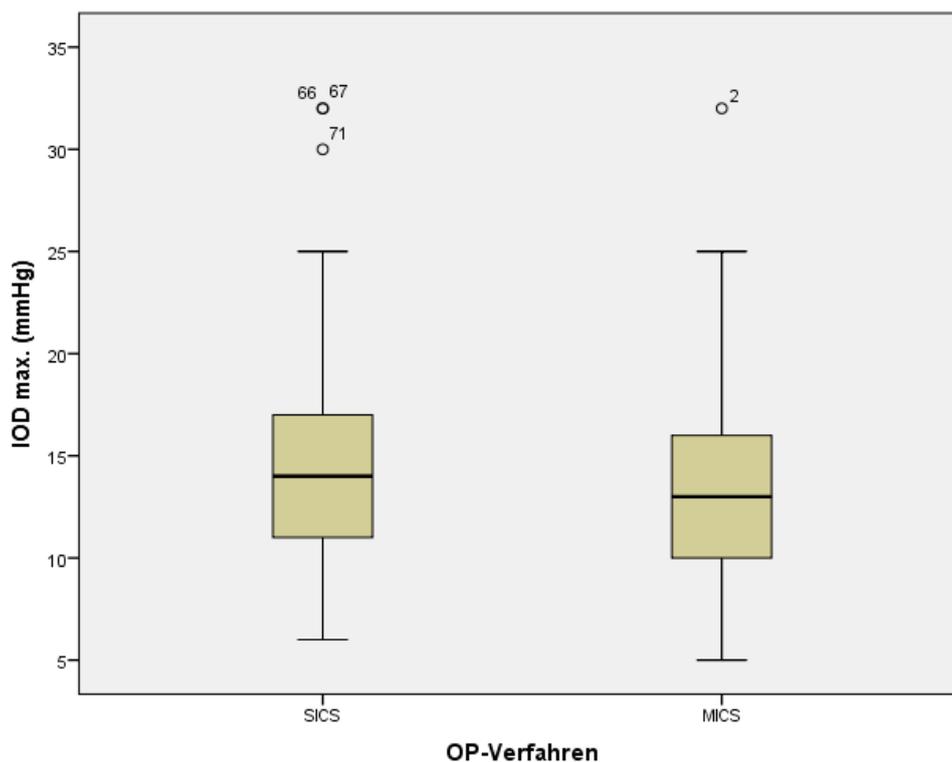
**Tabelle 4:** U-Test: Durchschnittliche IOD-Differenz im Gruppenvergleich

	IOD präop. zu 6 Mon. postop.	IOD präop. zu 12 Mon. postop.
Mann-Whitney-U	1938,000	1776,000
Wilcoxon-W	4423,000	4261,000
Z	-2,149	-2,839
Asymptotische Signifikanz (2-seitig)	,032	,005

### 3.3.1.3 Maximaler IOD im postoperativen Verlauf

Im Schnitt war der maximale IOD in *Gruppe 1* im ganzen postoperativen Jahr mit einem Medianwert von 14mmHg etwas höher als in *Gruppe 2* mit einem Medianwert von 13mmHg. Der niedrigste gemessene Augeninnendruckwert war in *Gruppe 1* 6mmHg und in *Gruppe 2* 5mmHg. Der höchste gemessene Wert betrug in beiden Gruppen 32mmHg.

**Abb. 18:** IOD max.



Darstellung der maximalen IOD-Werte in mmHg (Y-Achse) innerhalb der 12 postoperativen Monate unterteilt nach OP-Verfahren (X-Achse) als Boxplotdiagramm. Klar sichtbar ist, dass der Medianwert in beiden Gruppen mit 14mmHg in der SICS- und 13mmHg in der MICS-Gruppe keine großen Unterschiede aufweist.

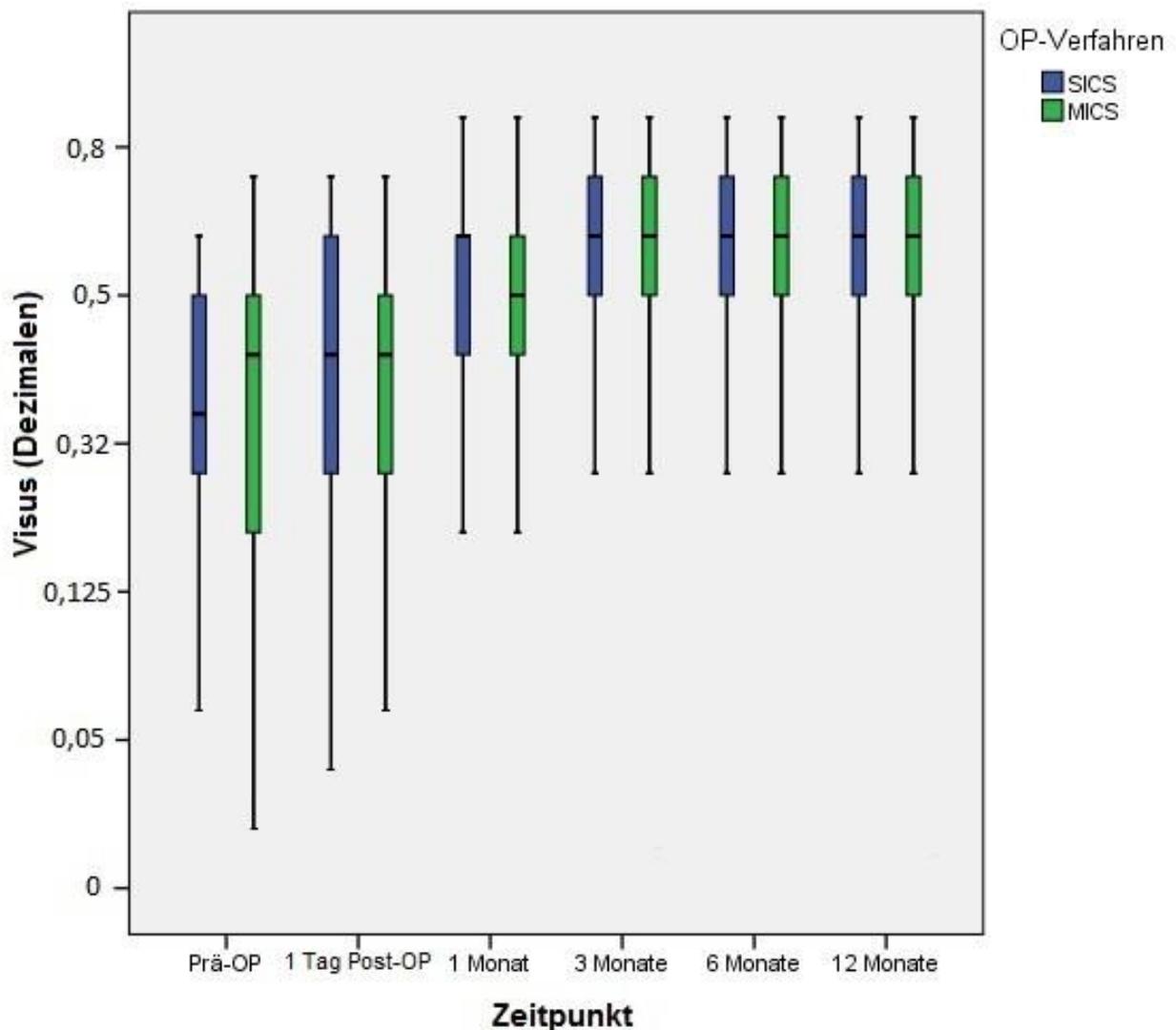
**Tabelle 5: IOD max.**

<b>SICS</b>	N	Gültig	70
		Fehlend	0
	<b>Median</b>		<b>14,00mmHg</b>
	Spannweite		26mmHg
	Minimum		6mmHg
	Maximum		32mmHg
	Perzentile	25	11,00mmHg
		50	14,00mmHg
		75	17,00mmHg
	<b>MICS</b>	N	Gültig
Fehlend			0
<b>Median</b>			<b>13,00mmHg</b>
Spannweite			27mmHg
Minimum			5mmHg
Maximum			32mmHg
Perzentile		25	10,00mmHg
		50	13,00mmHg
	75	16,00mmHg	

## 3.3.2 Visus

Die folgende Abbildung zeigt den Visusverlauf in beiden Gruppen von präoperativ bis 12 Monate postoperativ an.

**Abb. 19:** Visus-Verlauf



Darstellung der Visuswerte (Y-Achse) zu festgelegten Messzeitpunkten bis 12 Monate postoperativ (X-Achse) in beiden Gruppen. Die Boxplots der beiden Gruppen sind farblich unterschieden. In beiden Gruppen lässt sich allgemein im Mittel eine Verbesserung des Visus innerhalb der Beobachtungszeit erkennen.

Von allen Patienten hatten sich 12 Monate postoperativ im Vergleich zu präoperativ die Visus-Werte bei 122 verbessert (87,14%). Gleichbleibend war der Visus bei 14 Patienten (10%), verschlechtert hatte er sich in 4 Fällen (2,86%). 6 Monate

postoperativ waren 125 Verbesserungen (89,29%) zu beobachten, während der Visus in 12 Fällen gleichgeblieben (8,57%) war und sich in 3 Fällen (2,14%) verschlechtert hatte.

Um die Vergleichbarkeit der beiden Verfahren zu ermöglichen, wurden 6 Stufen (0,05; 0,125; 0,32; 0,5; 0,8; 1) des Visus-Wertes festgelegt, wobei die Patienten dann hinsichtlich verschlechtertem, gleichgebliebenem oder um unter einer Stufe verbessertem, 1 Stufe verbessertem, 2 Stufen verbessertem sowie 3 und mehr Stufen verbessertem Visuswert verglichen wurden.

In der SICS-Gruppe waren insgesamt 63 Verbesserungen (90%) nach 6 Monaten zu beobachten, davon 14 Verbesserungen unter 1 Stufe (20%), 27 Verbesserungen von 1 Stufe (38,57%), 18 Verbesserungen von 2 Stufen (25,71%) und 4 Verbesserungen von 3 und mehr Stufen (5,71%). Damit hatten sich die Visus-Werte bei 49 um mindestens 1 Stufe verbessert (70%). Verschlechterungen waren nach 6 Monaten in 3 Fällen (4,29%) zu beobachten, gleichbleibend waren 4 Werte (5,71%).

Nach 12 Monaten hatten sich in der SICS-Gruppe insgesamt 65 Werte verbessert (92,86%). Davon hatten sich unter 1 Stufe 14 (20%) verbessert, um 1 Stufe 26 (37,14%), um 2 Stufen 18 (25,71%) und um 3 und mehr Stufen 7 (10%). Damit lagen Verbesserungen um mindestens 1 Stufe in 51 Fällen (72,86%) vor. Insgesamt 2 Werte hatten sich verschlechtert (2,86%), 3 sind gleichgeblieben (4,29%).

Im MICS Verfahren hatten sich nach 6 Monaten 62 Werte verbessert (88,57%). Unter 1 Stufe verbesserte sich der Visus bei 13 (18,57%) Patienten, um 1 Stufe bei 24 (34,29%), um 2 Stufen bei 17 (24,29%) und um 3 und mehr Stufen bei 8 (11,43%), damit lagen wie bei SICS 49 Verbesserungen um mehr als 1 Stufe vor (70%). Verschlechterungen gab es nach 6 Monaten keine, gleichgeblieben sind 8 Werte (11,43%).

Nach 12 Monaten hatten sich in der MICS-Gruppe unter 1 Stufe 6 Werte verbessert (8,57%), um 1 Stufe 22 (31,43%), um 2 Stufen 18 (25,71%) und um 3 und mehr Stufen 11 (15,71%). Insgesamt sind das 57 Verbesserungen (81,43%) nach 12 Monaten, davon 51 um mindestens 1 Stufe (72,86%). Verschlechterungen waren in 2 (2,86%) Fällen zu beobachten, gleichgeblieben waren 11 Werte (15,71%).

### 3.3.3 Postoperative Verfahren

Insgesamt haben 136 Patienten keine postoperativen Verfahren (Laser-Suturolyse, Needling, 5-Fluouracil-Gabe) benötigt. In 4 Fällen wurden folgende angewendet:

#### Laser-Suturolyse (LSL)

In dem Gesamtkollektiv benötigte 1 Patient von *Gruppe 1* in den 12 postoperativen Beobachtungsmonaten eine Suturolyse plus 5-Fluouracil-Gabe. In *Gruppe 2* benötigte keiner eine Suturolyse.

#### Needling

In *Gruppe 1* wurde in den 12 postoperativen Monaten kein Needling gemacht. In *Gruppe 2* wurde bei einem Patienten geneedelt und bei 2 Patienten ein Needling plus 5-Fluouracil-Gabe durchgeführt.

**Tabelle 6: Anwendung postoperativer Verfahren im Gruppenvergleich**

			OP-Verfahren		Gesamt
			SICS	MICS	
<b>Postop. Verfahren</b>	Keine	Anzahl	69	67	136
		% innerhalb von OP-Verfahren	98,6%	95,7%	97,1%
	Needling	Anzahl	0	1	1
		% innerhalb von OP-Verfahren	0,0%	1,4%	0,7%
	LSL und 5-Fluo	Anzahl	1	0	1
		% innerhalb von OP-Verfahren	1,4%	0,0%	0,7%
	5-Fluo und Needling	Anzahl	0	2	2
		% innerhalb von OP-Verfahren	0,0%	2,9%	1,4%
<b>Gesamt</b>		Anzahl	70	70	140
		% innerhalb von OP-Verfahren	100,0%	100,0%	100,0%

### 3.3.4 Komplikationen intraoperativ

In dem Gesamtkollektiv kam es in 11 Fällen zu Komplikationen intraoperativ und 129 verliefen komplikationslos.

Von den möglichen zuvor genannten Komplikationen traten in unseren Untersuchungen drei Stück auf. Es handelt sich dabei um die Kapselruptur, Zonunolyse und die Synechiolyse, wobei die Synechiolyse vielmehr als Komplikation der vorangegangenen Trabekulektomie zu werten ist, jedoch bei der Kataraktoperation zu einer erschwerten Ausgangssituation führen kann. Aus diesem Grund wird sie in der vorliegenden Studie zu den intraoperativen Komplikationen gezählt.

Intraoperative **Synechiolyse** war im Gesamtkollektiv 7 Mal notwendig, eine davon in *Gruppe 1* und 6 in *Gruppe 2*.

Bei *Gruppe 1* trat keine **Zonunolyse** intraoperativ auf und in *Gruppe 2* eine.

Zur **Kapselruptur** kam es im Gesamtkollektiv dreimal. Davon traten zwei in *Gruppe 1* auf und eine in *Gruppe 2*.

**Tabelle 7:** Komplikationen intraoperativ im Gruppenvergleich

		OP-Verfahren		Gesamt
		SICS	MICS	
<b>Kompl. intraop.</b>	Keine	67	62	129
	Synechiolyse	1	6	7
	Zonunolyse	0	1	1
	Kapselruptur	2	1	3
Gesamt		70	70	140

### 3.3.5 Komplikationen postoperativ

Im Gesamtkollektiv kam es 41 Mal zu postoperativen Komplikationen und 99 Mal verlief die postoperative Zeit komplikationslos. In *Gruppe 1* kam es 48 Mal zu keinen Komplikationen und in *Gruppe 2* 51 Mal. Die genaue Aufteilung der Komplikationen stellt sich in folgender Tabelle dar:

**Tabelle 8:** Komplikationen postoperativ im Gruppenvergleich

	OP-Verfahren		Gesamt
	SICS	MICS	
<b>Kompl. postop.</b> Keine	48	51	99
Fibrinreaktion	1	1	2
IOD-Erhöhung bei erster Messung nach OP	10	5	15
HH-Ödem	6	6	12
epiretinale Gliose	0	2	2
VK-Reizung	2	2	4
Erosio corneae	1	0	1
zystisches Sickerkissen	0	2	2
HH-Astigmatismus	1	0	1
Makulaödem	0	1	1
Hyphaema	1	0	1
<b>Gesamt</b>	<b>70</b>	<b>70</b>	<b>140</b>

### 3.3.6 Nachstarrate und YAG-Laser-Anwendung

In den beiden Vergleichsgruppen kam es in den 12 postoperativen Beobachtungsmo-  
naten zu derselben Nachstarrate. In beiden Gruppen entwickelte  
sich innerhalb des Beobachtungszeitraums bei 7 Patienten ein Nachstar.

**Tabelle 9:** Nachstar

	OP-Verfahren		Gesamt
	SICS	MICS	
<b>Nachstar</b> nein	63	63	126
ja	7	7	14
Gesamt	70	70	140

In beiden Gruppen kam es in 2 Fällen zu einer YAG-Laser-Anwendung wegen des  
Nachstars. Das heißt insgesamt wurden von 140 Patienten 4 einer YAG-Laser-  
Anwendung unterzogen.

**Tabelle 10:** YAG-Laser

	OP-Verfahren		Gesamt
	SICS	MICS	
<b>YAG-L.</b> keine	68	68	136
eine	2	2	4
Gesamt	70	70	140

## 4 DISKUSSION

### 4.1 Einleitung

Diese Studie vergleicht die biaxiale mikroinzisionale Kataraktchirurgie mit der konventionellen Kleinschnittkataraktchirurgie bei Patienten mit Glaukom und erfolgreicher Trabekulektomie. Das Ziel war herauszufinden, ob die kleinere Schnittführung der MICS zu besseren Ergebnissen in Hinblick auf den postoperativen Augeninnendruckverlauf, Anwendung von Re-Operationen und von postoperativen Antiglaukomatosa im Vergleich zur SICS führen kann in Augen mit funktionierendem Sickerkissen.

Das Anliegen, die Schnittgröße in der Kataraktchirurgie zu verkleinern, besteht schon seit längerer Zeit und ist daher auch ein vieldiskutiertes Thema in der Forschung. Grundsätzlich erhofft man sich, durch kleinere Schnitte die Häufigkeit des Auftretens von Komplikationen minimieren und so bessere Ergebnisse erzielen zu können. Bisherige Studien kommen in allgemeinen Vergleichen beider Methoden zu dem Schluss, dass das MICS-Verfahren eine gute Alternative darstellt (143), in einigen Fällen sogar bessere Ergebnisse liefert. So konnten bereits 2005 Alió et al. zeigen, dass das MICS-Verfahren neben einer kürzeren Phakozeit zu weniger Astigmatismus führt (144), was spätere Untersuchungen von Dick et al. und Yu et al. jeweils 2012 bestätigen konnten (145, 146). Kurz et al. 2006 konnten zwar im Hinblick auf Astigmatismus keinen signifikanten Unterschied im Vergleich beider Methoden feststellen, dafür jedoch eine schnellere Visusrehabilitation nachweisen (147), die sich von Dick et al. 2012 bestätigen ließ (145), der außerdem weniger Endothelzellverlust im MICS-Verfahren beobachtete.

Eine Metaanalyse von Chen et al. 2014, die 14 Einzelstudien berücksichtigt, kann einzelne Ergebnisse vorheriger Studien bestätigen, weicht aber in anderen Punkten von früheren Studien ab. So werden weniger Astigmatismus und eine kürzere Phakozeit bestätigt. Die Vorteile des SICS-Verfahrens liegen hingegen in einer schnelleren Operationszeit und weniger Auftreten von Hornhautödemen. Keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Methoden konnte die Metaanalyse im Hinblick auf Visus sowie intra- und postoperative Komplikationen feststellen (140).

Allerdings gilt für all diese Studien, dass sie nur unkomplizierte Patientengruppen eingeschlossen haben. Es stellt sich daher die Frage, wie sich ein Vergleich der

beiden Verfahren im Hinblick auf bestimmte Patientengruppen mit Risikoprofil gestaltet. Kurz et al. haben 2010 einen Methodenvergleich unter besonderer Berücksichtigung von Patienten mit erhöhtem Risiko für Komplikationen vorgenommen. Eingeschlossen wurden Patienten mit Pseudoexfoliativsyndrom, Uveitis, Synechien, Phakodonesis oder einer maximal acht Wochen zurückliegenden Augenoperation. Dabei zeigte sich, dass selbst im Hinblick auf Risikopatienten das neue Verfahren als gleichgute Alternative gelten kann und keine schlechteren Ergebnisse hinsichtlich intra- und postoperativer Komplikationen erzielt (148).

Wie aber unterscheiden sich die beiden Verfahren bei Patienten mit vorangegangener Trabekulektomie? Wie sind die Auswirkungen auf den postoperativen Augeninnendruck und die anschließende Glaukomtherapie?

Genau das sollte in der vorliegenden Studie beleuchtet werden. Neben den Hauptzielgrößen Augeninnendruck, Re-Operation und postoperative Antiglaukomatosa wurden noch weitere Punkte wie Visus, postoperative Verfahren, Komplikationen und Nachstarrate in der Studie berücksichtigt.

#### **4.2 Augeninnendruck (IOD)**

Hinsichtlich des Augeninnendrucks konnten in unserer Studie keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Verfahren festgestellt werden, weder bezüglich der absoluten Tensiwerte noch des IOD-Verlaufs in den 12 postoperativen Monaten in Bezug auf die präoperativen Werte.

Dennoch zeigten sich minimale Differenzen in der direkt postoperativen Phase, die auf eine geringfügig bessere Auswirkung der MICS-Methode auf den Verlauf des Augeninnendrucks hindeuten. So kam es in der SICS Gruppe dreimal zu postoperativen Spikes, in der MICS Gruppe nur einmal. Diese Spikes definieren sich als Druckwerte  $\geq 30$ mmHg. In der SICS-Gruppe wurden Werte von 2 Mal 32mmHg und 1 Mal 30mmHg gemessen, in der MICS-Gruppe hingegen nur 1 Mal 32mmHg.

Zudem kam es am ersten postoperativen Tag im Vergleich zu präoperativ nach dem SICS-Verfahren zu erhöhten Druckwerten in 10 Fällen, die sich dann spontan bis zur zweiten postoperativen Messung nach einem Monat wieder normalisierten. Als erhöhte Druckwerte galten am ersten postoperativen Tag Erhöhungen, die 30mmHg nicht überschritten, dennoch im Vergleich zu präoperativ einen deutlichen Anstieg darstellten.

Dies wurde in unserer Studie bei den postoperativen Komplikationen gelistet. In der MICS-Gruppe trat diese Komplikation 5 Mal auf. Die direkt postoperativen Druckspitzen sind ein geläufiges Problem der Kataraktchirurgie in glaukomatösen Augen und kommen in 10 bis 37% der Fälle nach Phakoemulsifikation vor (141). Neben den bekannten Risikofaktoren hierfür wie intraoperativer Pupillenmanipulation, Vitrektomie oder präoperativer Bedarf mehrerer Antiglaukomatosa könnte die Schnittgröße also auch eine Rolle spielen. Unsere Beobachtungen lassen somit vermuten, dass sich ein geringeres Trauma, wie es bei dem MICS-Verfahren der Fall ist, wohl als positive Auswirkung auf die Entstehung postoperativer Spikes darstellt.

Der maximal gemessene Tensiowert lag in beiden Gruppen identisch bei 32mmHg, der Median in der MICS-Gruppe bei 13mmHg, in der SICS-Gruppe bei 14mmHg, die Minimalwerte lagen bei 5mmHg (MICS) und 6mmHg (SICS). In Gruppe 1 kam es in 55,6% der Fälle zu postoperativen Druckwerten innerhalb eines Jahres von über 17mmHg, in Gruppe 2 in 44,4% der Fälle.

Die durchschnittliche IOD-Differenz zwischen prä- und 6 und 12 Monaten postoperativ in den beiden Gruppen zeigte eine niedrigere Differenz in der SICS-Gruppe nach 6 Monaten von 0,43mmHg bzw. 4,07% und nach 12 Monaten von 0,33mmHg bzw. 3,12%. Dagegen lagen die Veränderungen in der MICS-Gruppe im Mittel bei 1,50mmHg (16,48%) nach 6 und 1,73mmHg (19,01%) nach 12 Monaten, also etwas höher. Zwar kommt es also, wie oben beschrieben, beim MICS-Verfahren direkt postoperativ, also am ersten postoperativen Tag, seltener zu Spikes bzw. erhöhten Druckwerten, die beobachteten Werte über einen längeren Zeitraum zeigen jedoch, dass sich SICS mit einem geringeren Anstieg des IOD positiver darstellt. Der hier beobachtete Unterschied ist signifikant ( $p=0,032$  und  $p=0,005$ ) und sollte anhand einer größeren Stichprobe überprüft werden.

Auch spielt der zeitliche Abstand zwischen den beiden Operationen eine wichtige Rolle für den postoperativen Druckverlauf (133, 149). In unserer Studie betrug die durchschnittliche Zeitspanne zwischen Trabekulektomie und Kataraktextraktion in Gruppe 1 22,91 Monate und in Gruppe 2 32,75 Monate, der Erfolg lag in Gruppe 1 bei 70,0% und in Gruppe 2 bei 74,3%. Von den insgesamt 101 erfolgreichen Operationen lag der Abstand zwischen Trabekulektomie und Kataraktextraktion bei 32 (31,7%) unter einem Jahr und bei 69 (68,3%) bei über einem Jahr. Beim gesamten Kollektiv lagen mindestens 6 Monate zwischen den beiden Operationen.

Chen berichtet, dass ein Intervall von 6 Monaten oder weniger zwischen Trabekulektomie und Kataraktextraktion einen signifikanten Zusammenhang mit Re-Operationen aufweist (124). Auch die Ergebnisse unserer Studie deuten darauf hin, dass eine größere Zeitspanne zwischen den beiden Operationen sich positiv auf den Erfolg auswirkt. In der Literatur wird beschrieben, dass das Sickerkissen zwischen 1 und 2 Jahren benötigt, um sich zu entwickeln und voll funktionsfähig zu sein (124, 126). Damit lässt sich erklären, wieso in unserer Studie Gruppe 2 mit einer durchschnittlichen Zeitspanne von 33 Monaten noch etwas erfolgreicher war als Gruppe 1 mit 23 Monaten, da hier das Sickerkissen vollständig entwickelt war. Außerdem lässt sich damit auch die deutlich höhere Erfolgsrate von 68,3% bei den Fällen, bei denen mehr als 1 Jahr zwischen den Operationen lag, begründen.

#### **4.3 Re-Operationen und chronische Antiglaukomatosa**

In unserer Studie kam es innerhalb des Beobachtungszeitraumes zu keiner drucksenkenden Re-Operation. In Gruppe 1 wurden bei 5 Patienten und in Gruppe 2 bei 6 Patienten postoperativ chronische Antiglaukomatosa notwendig.

Aus diesen Punkten lässt sich schließen, dass die B-MICS auch bei Patienten mit Glaukom in der Vorgeschichte (Zustand nach Trabekulektomie) sicher durchzuführen und eine zumindest gleichwertige Alternative ist. Eine klare Überlegenheit gegenüber dem SICS-Verfahren konnte somit zwar nicht festgestellt werden, wenngleich sich anhand der Erfolgsrate von 74,3% in der MICS-Gruppe gegenüber der SICS-Gruppe mit 70,0% eine leicht positivere Tendenz feststellen lässt.

Damit bestätigen unsere Ergebnisse weitgehend die oben skizzierten Ergebnisse allgemeiner Vergleichsstudien beider Verfahren.

#### **4.4 Visus**

Was die weiteren Beobachtungsparameter betrifft, konnte festgestellt werden, dass es zu einer signifikanten postoperativen Visusverbesserung in beiden Gruppen kam, die 12 Monate postoperativ bei 87,14% lag, ohne dabei signifikante Unterschiede zwischen den Behandlungsgruppen aufzuweisen. In beiden Gruppen verbesserten sich die Visuswerte bei 51 Patienten (72,86%) um mindestens 1 Stufe nach 12 Monaten und nach 6 Monaten bei jeweils 49 Patienten (70%). Generell ist der Visus

von vielen Faktoren abhängig, wie der Tageszeit und der Tagesform des Patienten, seiner Motivation, dem Untersucher und anderen, den Visus beeinflussenden Erkrankungen, wie Glaukom oder Diabetes, die hier nicht berücksichtigt wurden. Die Vergleichbarkeit der Ergebnisse des Visus steht im Einklang mit bisherigen Studien, die ebenfalls keinen Unterschied zwischen den beiden Methoden herausstellen konnten (143, 144).

#### **4.5 Postoperative Verfahren**

Postoperative Verfahren zur Erhaltung der Filterkissenfunktion wie Laser-Suturolyse, Needling und 5-FU-Gabe wurden ähnlich häufig in beiden Gruppen angewendet. In Gruppe 1 erhielt ein Patient eine Laser-Suturolyse, in Gruppe 2 bekamen 3 Patienten ein Needling, 2 davon mit 5-FU-Gabe.

#### **4.6 Intra- und postoperative Komplikationen**

Diskutiert wurden auch weitere Punkte wie die intra- und postoperativen Komplikationen. In unserer Studie traten intraoperativ in 4 Fällen, postoperativ in 41 Fällen Komplikationen auf. Es zeigten sich zwischen den Gruppen sowohl intraoperativ als auch postoperativ keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Häufigkeit von Komplikationen. Intraoperativ kam es 2 Mal zu einer Kapselruptur bei SICS, in der MICS Gruppe 1 Mal. Das ist vergleichbar mit der Literatur, in der in circa 2% der Fälle bei Phakoemulsifikation eine Kapselruptur beobachtet wurde (150).

Keine Unterschiede ließen sich zwischen beiden Gruppen bezüglich postoperativ aufgetretener Fibrinreaktion, Hornhautödem und Vorderkammerreizung beobachten. Astigmatismus trat nur in der SICS-Gruppe 1 Mal auf.

Damit können die oben beschriebenen Ergebnisse von Studien ohne Risikopatienten auch für kompliziertere Fälle bestätigt werden.

#### **4.7 Nachstarrate und YAG-Laser-Anwendung**

Zu den häufigsten Komplikationen der Kataraktchirurgie zählte der Nachstar, weshalb er auch in dieser Studie mituntersucht wurde, obgleich er durch das neue Linsendesign seltener geworden ist (29). Es kam in beiden Gruppen in 10% der Fälle zu einer Nachstarbildung, die entsprechende Therapie mittels YAG-Laser wurde

jeweils 2 Mal (2,9%) angewandt. Kritisch zu sehen ist in diesem Fall die Beobachtungszeit von 12 Monaten. Da der Nachstar eine Langzeitkomplikation ist, sollte man eventuell einen längeren Zeitraum mit einschließen. In einem Vergleich des Auftretens von Nachstar bei verschiedenen Linsen in einem Zeitraum von 24 Monaten kommen Gangwani et al. 2011 zu dem Ergebnis, dass die Rate bei der MICS-Linse (Idea 613 XC) geringfügig höher ist als bei der Standardlinse (Acrysof SA60AT) mit 2.6 zu 1.9 ( $P=0,005$ ) (151). Als Grund für die höhere Rate könnten Unterschiede im Linsendesign der MICS-Linse in Frage kommen. Diskutiert wird, ob die MICS-Linsen zu dünn sind und es durch eine vermehrte Epithelzellwanderung zu einer erhöhten Nachstarrate kommt (152). Grundsätzlich scheinen Linsen mit scharfen Kanten seltener zu Nachstar zu führen als Linsen mit runden Kanten (153), was darauf schließen lässt, dass nicht das Verfahren, sondern das Linsendesign für die Nachstarrate von Bedeutung ist. So weist auch eine Studie mit einer 3jährigen Beobachtungszeit von Hirnschall et al. keine signifikanten Unterschiede in der Nachstarrate bei beiden Verfahren auf (154). In der vorliegenden Studie wurden mit der IOL AR40e (AMO) bei SICS und der IOL Akreos MI160 (Bausch & Lomb) jeweils Linsen mit rechtwinkligen hinteren Rändern verwendet um die Entstehung von Nachstar zu reduzieren. Vermutlich durch dieses vergleichbare Linsendesign konnten in der Nachstarrate keine signifikanten Unterschiede zwischen SICS und MICS festgestellt werden.

#### **4.8 Limitationen der Arbeit und Ausblick**

Da die SICS auch bisher schon als komplikationsarm bekannt war, stellt sich die Frage, ob eine relevante statistisch signifikante Verbesserung bezüglich der Komplikationshäufigkeit überhaupt erreichbar ist. Möglicherweise ließe sich durch Betrachtung einer deutlich höheren Fallzahl und eine strengere Auswahl des Patientenguts eine Differenz zwischen den Operationsmethoden erkennen.

Dies ist durchaus als Schwäche dieser Studie anzusehen. Eine Fallzahl von 70 Patienten pro Gruppe ist auf jeden Fall erweiterungsfähig, auch der Beobachtungszeitraum könnte mit einem Jahr für die Beobachtung von Langzeitveränderungen zu kurz bemessen sein.

Des Weiteren ist bei der Datenerhebung dieser Studie kritisch zu betrachten, dass die Erhebung der Daten befunderabhängig ist und somit klinisch wie apparativ differieren kann. Zudem ist zu berücksichtigen, dass die Dokumentationsweisen

voneinander abweichen. Dieser Punkt betrifft vor allem den niedergelassenen Bereich, an den die Fragebögen geschickt wurden. Es ist davon auszugehen, dass die Geräteausstattung, Therapie- und Nachsorgezyklen nicht einheitlich sind. Außerdem war beim Rücklauf der Fragebögen auffällig, dass sie in Bezug auf Komplikationen mit unterschiedlicher Ausführlichkeit und Sorgfalt ausgefüllt worden sind, wobei davon auszugehen ist, dass Patienten mit schweren Komplikationen im Glaukomzentrum der Universitätsklinik vorstellig geworden und somit berücksichtigt worden wären. Allgemein zu beachten ist daher die Compliance der Patienten.

Ein weiterer kritischer Punkt unserer Studie ist die retrospektive Datenerfassung. Durch den ausschließlichen Rückgriff auf bereits vorliegende Daten hat man keinen Einfluss auf Vollständigkeit und Präzision der Datensätze und kann nicht, wie in einer prospektiven Studie, Daten gezielt erheben oder Patienten randomisieren. Wünschenswert für weitere Forschungen wäre daher ein prospektiver Vergleich der beiden Operationsmethoden. Dadurch könnten sich zusätzlich gehaltvolle Informationen für die Optimierung der Patientenversorgung gewinnen lassen.

Insgesamt wären auch eine höhere Patientenzahl sowie ein längerer Beobachtungszeitraum erstrebenswert, um noch aussagekräftigere Ergebnisse zu erhalten und zudem erweiterte Langzeitbeobachtungen vornehmen zu können.

Ebenso wäre es sinnvoll, die Fallauswahl auf Patienten mit Offenwinkelglaukomen zu beschränken, um eine bessere Vergleichbarkeit der Daten gewährleisten und so die Aussagekraft der Studie erhöhen zu können.

Trotz weiter bestehender Fragen lässt die vorliegende Studie doch den Schluss zu, dass die biaxiale Mikroinzisionschirurgie eine sichere und alternative Methode zur Kleinschnittchirurgie ist. Besonders in komplizierteren Fällen wie bei vorbestehendem Glaukom bietet sie große Möglichkeiten, sich durch stetige Weiterentwicklung und Verbesserungen als zukunftssträchtige und moderne Operationstechnik etablieren zu können. Auch die neuen MICS-IOLs zeigten keine Nachteile im Vergleich zu den gut etablierten SICS-IOLs (AMO AR40e). Ob sich die MICS damit letztlich als der SICS-Methode überlegen erweisen wird, muss die zukünftige Forschung herausarbeiten.

## 5 ZUSAMMENFASSUNG

**Studienziel:** Vergleich der biaxialen mikroinzipionalen Kataraktchirurgie mit der temporalen Kleinschnittkataraktchirurgie bei trabekulektomierten Patienten im Hinblick auf die Misserfolgsraten von postoperativem IOD  $\geq 17$ mmHg, Notwendigkeit von Re-Operationen oder chronischen Antiglaukomatosa.

**Studienort:** Augenklinik, Universitätsmedizin Johannes Gutenberg-Universität Mainz, Mainz, Deutschland.

**Methoden:** Gesucht wurden Patientendaten mit Koinzidenz von Glaukom und Katarakt, die zuerst eine Trabekulektomie und darauf folgend eine Kataraktoperation erhalten hatten. Die Trabekulektomie musste dabei mindestens sechs Monate zurückliegen und funktionstüchtig sein. Nur Fälle, bei denen ein mindestens zwölfmonatiger postoperativer Beobachtungszeitraum gegeben war, wurden berücksichtigt. Es ergab sich ein Kollektiv von insgesamt 140 Patienten, die sich zwischen 2008 und 2011 einer Kataraktoperation unterzogen hatten, wobei 70 Patienten nach dem SICS-Verfahren operiert wurden und 70 Patienten nach dem MICS-Verfahren.

Als primärer Endpunkt wurde der Gesamterfolg genommen, definiert als postoperative Druckwerte  $< 17$ mmHg ohne weitere drucksenkende Augenoperation und ohne chronische Antiglaukomatosa. Sekundäre Zielgrößen waren Visus, postoperative Verfahren, Komplikationen und Nachstarrate.

**Ergebnisse:** Im Hinblick auf den Gesamterfolg wiesen beide Gruppen innerhalb des Beobachtungszeitraums von 12 Monaten keinen signifikanten Unterschied auf ( $p = 0,706$ ). In der SICS-Gruppe waren 70,0% (49 Fälle) der Operationen erfolgreich, in der MICS-Gruppe 74,3% (52 Fälle). Vom Gesamterfolg (72,1%, 101 Fälle) entfielen 49% der Erfolge auf Gruppe 1 (SICS) und 51% auf Gruppe 2 (MICS). Der IOD lag in Gruppe 1 in 20 Fällen über 17mmHg (28,6%) und in Gruppe 2 in 16 Fällen (22,9%). Ein Medikament wurde Gruppe 1 in 5 Fällen verabreicht (7,1%), in Gruppe 2 in 6 Fällen (8,6%). In keiner Gruppe wurden zusätzliche drucksenkende Operationen durchgeführt. Eine ähnliche Häufigkeit zeigte sich in beiden Gruppen in Bezug auf

postoperative Verfahren, Komplikationen und Nachstarrate. Auch der postoperative Visusverlauf zeigte keine markanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen.

**Abschluss:** Sowohl das herkömmliche SICS-Verfahren wie auch die noch relativ junge MICS-Methode bieten gute Therapiemöglichkeiten für Patienten mit Koinzidenz von Glaukom und Katarakt. Beide Verfahren weisen ähnliche Erfolgsquoten auf und bieten vergleichbare Ergebnisse hinsichtlich der untersuchten Parameter. Besondere Vorteile eines Verfahrens konnten indes nicht herausgearbeitet werden.

## 6 ABSTRACT

**Purpose:** To compare biaxial cataract surgery (MICS) and temporal small incision cataract surgery (SICS) in patients with functioning trabeculectomy in regard to surgical failure. This was defined as postoperative IOP  $\geq 17$ mmHg, necessity of re-operation or glaucoma medication.

**Setting:** Institute of Ophthalmology, Johannes Gutenberg-University Mainz, Mainz, Germany.

**Methods:** The medical records of patients with functioning bleb and cataract which underwent a cataract surgery were analysed, the interval between trabeculectomy and cataract surgery was 6 months or longer. Only cases with an at least 12 month follow up period were included. A total of 140 patients who had undergone cataract surgery between 2008 and 2012 were reviewed, wherein 70 patients using the SICS-method and 70 patients using the MICS-method. Primary outcome was the probability of success after cataract surgery defined as postoperative IOP  $< 17$ mmHg without pressure lowering surgeries or glaucoma medication. Secondary outcome were best-corrected visual acuity, postoperative procedures, complications and posterior capsular opacification.

**Results:** There was no significant difference between both groups ( $p = 0,706$ ) regarding surgical success. The SICS group showed a success rate of 70,0% (49 cases), the MICS group of 74,3% (52 cases). Twelve months after cataract surgery, 49% of the successful cases belonged to the SiCS group and 51% to the MICs one. IOP  $\geq 17$ mmHg was found in 20 cases (28,6%) in group 1 and in 16 cases (22,9%) in group 2. Medication was necessary in 5 cases (7,1%) for group 1 and in 6 cases (8,6%) for group 2. There was no need for additional pressure lowering surgery in either group. Similar frequency could be observed in both groups regarding postoperative treatment, complications and posterior capsule opacification (PCO). Also for the postoperative visual acuity no significant differences could be noticed.

**Conclusion:** Both standard SICS-treatment and modern MICS-treatment offer safe therapy opportunities for patients with coexisting glaucoma and cataract. Both

methods show similar success rates and comparable outcomes regarding analyzed parameters. Particular advantages of one method could not be figured out.

## 7 LITERATURVERZEICHNIS

1. Kanski, J.J. Klinische Ophthalmologie Lehrbuch und Atlas. 6 ed. München: Elsevier GmbH; 2008. p. 343.
2. Apple DJ, Ram J, Foster A, Peng Q. Elimination of cataract blindness: a global perspective entering the new millenium. Survey of ophthalmology. 2000;45 Suppl 1:1-196.
3. Lang, G.K. Augenheilkunde – Verstehen – Lernen – Anwenden. 3 ed. Stuttgart: Thieme-Verlag; 2004. p. 183-4.
4. Grehn, F. Augenheilkunde. 29 ed. Heidelberg: Springer Medizin Verlag; 2006. p. 162.
5. Sachsenweger, M. Augenheilkunde. Stuttgart: Hippokrates-Verlag; 1994. p. 183.
6. Krause US. Vergleichende Untersuchung des postoperativen Rotationsverhaltens von zwei im Kapselsack fixierten pseudotorischen Hinterkammerlinsen unterschiedlichen Linsendesigns Münster: Universitätsklinikum Münster, Augenklinik des St. Johannes-Hospitals Dortmund; 2009. p. 13.
7. Liebsch, R. Kurzlehrbuch Augenheilkunde. München, Jena: Urban & Fischer; 1999. p. 125.
8. Allen D. Cataract. Clinical evidence. 2011;2011.
9. Khandekar R, Al Riyami A, Attiya M, Morsi M. Prevalence and determinants of blindness, low vision, deafness and major bone fractures among elderly Omani population of Nizwa Wilayat (Nizwa elderly population study-2005). Indian journal of ophthalmology. 2010;58(4):313-20.
10. Harding JJ. Case-control studies and risk factors for cataract: discussion paper. Journal of the Royal Society of Medicine. 1988;81(10):585-7.
11. Harding JJ, Egerton M, van Heyningen R, Harding RS. Diabetes, glaucoma, sex, and cataract: analysis of combined data from two case control studies. The British journal of ophthalmology. 1993;77(1):2-6.
12. Hawass ND. An association between 'desert lung' and cataract - a new syndrome. The British journal of ophthalmology. 1987;71(9):694-7.
13. Rosenberg EA, Sperazza LC. The visually impaired patient. American family physician. 2008;77(10):1431-6.
14. Zhang Y, Jiang W, Xie Z, Wu W, Zhang D. Vitamin E and risk of age-related cataract: a meta-analysis. Public health nutrition. 2015 Jan 16:1-11.

15. Rosen S. Lens and Cataract. 2004-2005 ed San Francisco: American Academy of Ophthalmology. 2004.
16. Kreiner CF. Intraokularlinsen - Aktueller Stand. Ratingen: Der Augenspiegel; 2001. p. 7-8.
17. Nauman GOH. Pathologie des Auges. 2 ed. Heidelberg Springer Verlag; 1997. p. 889.
18. Kamkar T. Funktionelle Ergebnisse nach Implantation von drei Intraokularlinsentypen unter besonderer Berücksichtigung der Kontrastsensitivität und Blendempfindlichkeit Berlin Universitätsmedizin Berlin, Augenklinik Berlin-Marzahn; 2011. p. 5.
19. Küchle HJ, Busse H. Taschenbuch der Augenheilkunde. 3 ed. Bern, Stuttgart, Toronto: Hans Huber Verlag; 1991. p. 316-7.
20. Krause US. Vergleichende Untersuchung des postoperativen Rotationsverhaltens von zwei im Kapselsack fixierten pseudotorischen Hinterkammerlinsen unterschiedlichen Linsendesigns Münster: Universitätsklinikum Münster, Augenklinik des St. Johannes-Hospitals Dortmund; 2009. p. 15.
21. Kohnen T, Baumeister M, Kook D, Klaproth OK, Ohrloff C. Cataract surgery with implantation of an artificial lens. Deutsches Arzteblatt international. 2009;106(43):695-702.
22. Grehn F. Augenheilkunde. 29 ed. Heidelberg: Springer Medizin Verlag; 2006. p. 155.
23. Fong CS, Mitchell P, Rochtchina E, Teber ET, Hong T, Wang JJ. Correction of visual impairment by cataract surgery and improved survival in older persons: the Blue Mountains Eye Study cohort. Ophthalmology. 2013;120(9):1720-7.
24. Leaming DV. Snapshots. Journal of cataract and refractive surgery. 2006;32(9):1401-2.
25. Patwardhan A, Rao GP, Saha K, Craig EA. Incidence and outcomes evaluation of endophthalmitis management after phacoemulsification and 3-piece silicone intraocular lens implantation over 6 years in a single eye unit. Journal of cataract and refractive surgery. 2006;32(6):1018-21.
26. Apple DJ, Solomon KD, Tetz MR, Assia EI, Holland EY, Legler UF, et al. Posterior capsule opacification. Survey of ophthalmology. 1992;37(2):73-116.
27. Surgeons ESoCR. Prophylaxis of postoperative endophthalmitis following cataract surgery: results of the ESCRS multicenter study and identification of risk factors. Journal of cataract and refractive surgery. 2007;33(6):978-88.
28. Grehn F. Augenheilkunde. 29 ed. Heidelberg: Springer Medizin Verlag 2006. p. 167.

29. Zemaitiene R, Jasinskas V, Auffarth GU. Influence of three-piece and single-piece designs of two sharp-edge optic hydrophobic acrylic intraocular lenses on the prevention of posterior capsule opacification: a prospective, randomised, long-term clinical trial. *The British journal of ophthalmology*. 2007;91(5):644-8.
30. Kohnen T, Fabian E, Gerl R, Hunold W, Hutz W, Strobel J, et al. Optic edge design as long-term factor for posterior capsular opacification rates. *Ophthalmology*. 2008;115(8):1308-14, 14 e1-3.
31. Raza, A. Complications after Nd:Yag posterior capsulotomy. *Journal of Rawalpindi Medical College*. 2007;11(1):27-9.
32. Auffarth GU, Rabsilber TM, Kohnen T, Holzer MP. Design and optical principles of multifocal lenses. *Der Ophthalmologe : Zeitschrift der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft*. 2008;105(6):522-6.
33. Kohnen T, Derhartunian V. Apodized diffractive optic. New concept in multifocal lens technology. *Der Ophthalmologe : Zeitschrift der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft*. 2007;104(10):899-904, 6-7.
34. Dick HB, Eisenmann D, Fabian E, Schwenn O. *Refraktive Kataraktchirurgie mit multifokalen Intraokularlinsen*. Berlin, Heidelberg, New York Springer Verlag; 1999.
35. Muller M, Kohnen T. Incisions for biaxial and coaxial microincision cataract surgery. *Der Ophthalmologe : Zeitschrift der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft*. 2010;107(2):108-15.
36. Ang M, Evans JR, Mehta JS. Manual small incision cataract surgery (MSICS) with posterior chamber intraocular lens versus extracapsular cataract extraction (ECCE) with posterior chamber intraocular lens for age-related cataract. *The Cochrane database of systematic reviews*. 2012;4(18):CD008811.
37. Shearing SP, Relyea RL, Loaiza A, Shearing RL. Routine phacoemulsification through a one-millimeter non-sutured incision. *Cataract*. 1985;2:6-10.
38. Weikert MP. Update on bimanual microincisional cataract surgery. *Current opinion in ophthalmology*. 2006;17(1):62-7.
39. Klonowski P, Rejdak R, Alió J. Microincision Cataract Surgery. 1.8 mm Incisional Surgery. *Expert Rev Ophthalmol*. 2013;8(4):375-91.
40. Donaldson KE, Braga-Mele R, Cabot F, Davidson R, Dhaliwal DK, Hamilton R, et al. Femtosecond laser-assisted cataract surgery. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2013;39(11):1753-63.
41. Takacs AI, Kovacs I, Mihaltz K, Filkorn T, Knorz MC, Nagy ZZ. Central corneal volume and endothelial cell count following femtosecond laser-assisted refractive cataract surgery compared to conventional phacoemulsification. *Journal of refractive surgery (Thorofare, NJ : 1995)*. 2012;28(6):387-91.

42. Kacerovska J, Kacerovsky M, Kadlec R. [Development of number of endothelial cells after cataract surgery performed by femtolaser in comparison to conventional phacoemulsification]. *Ceska a slovenska oftalmologie : casopis Ceske oftalmologicke spolecnosti a Slovenske oftalmologicke spolecnosti*. 2013;69(5):215-8. Vyoj pocu endotelovych bunek rohovky po provedeni femtosekundovym laserem asistovane operace katarakty ve srovnani s klasickou fakoemulzifikaci.
43. Abouzeid H, Ferrini W. Femtosecond-laser assisted cataract surgery: a review. *Acta ophthalmologica*. 2014;92(7):597-603.
44. Reddy KP, Kandulla J, Auffarth GU. Effectiveness and safety of femtosecond laser-assisted lens fragmentation and anterior capsulotomy versus the manual technique in cataract surgery. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2013;39(9):1297-306.
45. Kanski JJ. *Klinische Ophthalmologie Lehrbuch und Atlas*. 6 ed. München: Elsevier GmbH; 2008. p. 381.
46. Grehn F. *Augenheilkunde*. 29 ed. Heidelberg: Springer Medizin Verlag; 2006. p. 326.
47. EGS E. *Terminology and guidelines for glaucoma*. 3 ed. Dogma: Savona; 2008.
48. Schulze Schwering M. Globale Blindheit. *Der Ophthalmologe*. 2007;104:845-8.
49. Gerl R. *Ambulante Operationen in der Augenheilkunde*. Stuttgart: Hippokrates; 1997. p. 76.
50. Burr JM, Mowatt G, Hernandez R, Siddiqui MA, Cook J, Lourenco T, et al. The clinical effectiveness and cost-effectiveness of screening for open angle glaucoma: a systematic review and economic evaluation. *Health technology assessment (Winchester, England)*. 2007;11(41):iii-iv, ix-x, 1-190.
51. Kim SH, Park KH. The relationship between recurrent optic disc hemorrhage and glaucoma progression. *Ophthalmology*. 2006;113(4):598-602.
52. Mitchell P, Hourihan F, Sandbach J, Wang JJ. The relationship between glaucoma and myopia: the Blue Mountains Eye Study. *Ophthalmology*. 1999;106(10):2010-5.
53. Orzalesi N, Rossetti L, Omboni S. Vascular risk factors in glaucoma: the results of a national survey. *Graefe's archive for clinical and experimental ophthalmology = Albrecht von Graefes Archiv fur klinische und experimentelle Ophthalmologie*. 2007;245(6):795-802.
54. Quigley HA, Broman AT. The number of people with glaucoma worldwide in 2010 and 2020. *The British journal of ophthalmology*. 2006;90(3):262-7.

55. Pointer JS. Human intraocular pressure and its diurnal variation in healthy subjects. *Ophthalmic & physiological optics : the journal of the British College of Ophthalmic Opticians (Optometrists)*. 1999;19 Suppl 2:S43-8.
56. Sommer A. Intraocular pressure and glaucoma. *American journal of ophthalmology*. 1989;107(2):186-8.
57. The Advanced Glaucoma Intervention Study (AGIS): 7. The relationship between control of intraocular pressure and visual field deterioration. The AGIS Investigators. *American journal of ophthalmology*. 2000;130(4):429-40.
58. Kanski JJ. *Klinische Ophthalmologie. Lehrbuch und Atlas*. 6 ed. München: Elsevier GmbH; 2008. p. 320.
59. Grehn F. *Augenheilkunde*. 29 ed. Heidelberg: Springer Medizin Verlag; 2006. p. 327-8.
60. Grehn F. *Augenheilkunde*. 29 ed. Heidelberg: Springer Medizin Verlag; 2006. p. 327.
61. Kanski JJ. *Klinische Ophthalmologie Lehrbuch und Atlas*. 6 ed. München: Elsevier GmbH; 2008. p. 388-91.
62. Krieglstein GK. *Die Papille beim Glaukom*. Heidelberg: Springer Medizin Verlag; 2008. p. 138-9.
63. Grehn F. *Augenheilkunde*. 29 ed. Heidelberg: Springer Medizin Verlag; 2006. p. 336-9.
64. Kanski JJ. *Klinische Ophthalmologie Lehrbuch und Atlas*. 6 ed. München: Elsevier GmbH; 2008. p. 388-9.
65. Grehn F. *Augenheilkunde*. 29 ed. Heidelberg: Springer Medizin Verlag; 2006. p. 335.
66. Grehn F. *Augenheilkunde*. 29 ed. Heidelberg: Springer Medizin Verlag; 2006. p. 337-40.
67. Kanski JJ. *Klinische Ophthalmologie Lehrbuch und Atlas*. 6 ed. München: Elsevier GmbH; 2008. p. 354.
68. Kanski JJ. *Klinische Ophthalmologie Lehrbuch und Atlas*. 6 ed. München: Elsevier GmbH; 2008. p. 398-400.
69. Grehn F. *Augenheilkunde*. 29 ed. Heidelberg: Springer Medizin Verlag; 2006. p. 347-9.
70. Bialasiewicz AA, Wali U, Shenoy R, Al-Saeidi R. Cataract patients with pseudoexfoliation (PEX) syndrome among a population with high prevalence of PEX. Clinical findings and morphological and surgical characteristics. *Der Ophthalmologe : Zeitschrift der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft*. 2005;102(12):1181-5.

71. Abela-Formanek C, Amon M, Schauersberger J, Schild G, Kruger A. Postoperative inflammatory response to phacoemulsification and implantation of 2 types of foldable intraocular lenses in pseudoexfoliation syndrome. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde*. 2000;217(1):10-4.
72. Kanski JJ. *Klinische Ophthalmologie Lehrbuch und Atlas*. 6 ed. München: Elsevier GmbH; 2008. p. 363.
73. Shingleton BJ, Crandall AS, Ahmed LL. Pseudoexfoliation and the cataract surgeon: preoperative, intraoperative, and postoperative issues related to intraocular pressure, cataract, and intraocular lenses. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2009;35(6):1101-20.
74. Drolsum L, Ringvold A, Nicolaisen B. Cataract and glaucoma surgery in pseudoexfoliation syndrome: a review. *Acta ophthalmologica Scandinavica*. 2007;85(8):810-21.
75. Menkhaus S, Motschmann M, Kuchenbecker J, Behrens-Baumann W. Pseudoexfoliation (PEX) syndrome and intraoperative complications in cataract surgery. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde*. 2000;216(6):388-92.
76. Kass MA, Heuer DK, Higginbotham EJ, Johnson CA, Keltner JL, Miller JP, et al. The Ocular Hypertension Treatment Study: a randomized trial determines that topical ocular hypotensive medication delays or prevents the onset of primary open-angle glaucoma. *Archives of ophthalmology*. 2002;120(6):701-13; discussion 829-30.
77. Leske MC, Heijl A, Hussein M, Bengtsson B, Hyman L, Komaroff E. Factors for glaucoma progression and the effect of treatment: the early manifest glaucoma trial. *Archives of ophthalmology*. 2003;121(1):48-56.
78. Whitson JT. Glaucoma: a review of adjunctive therapy and new management strategies. *Expert opinion on pharmacotherapy*. 2007;8(18):3237-49.
79. Jay JL, Murray SB. Early trabeculectomy versus conventional management in primary open angle glaucoma. *The British journal of ophthalmology*. 1988;72(12):881-9.
80. Thomas R, Billson F. The place of trabeculectomy in the management of primary open-angle glaucoma and factors favouring success. *Australian and New Zealand journal of ophthalmology*. 1989;17(3):217-24.
81. Jay JL, Allan D. The benefit of early trabeculectomy versus conventional management in primary open angle glaucoma relative to severity of disease. *Eye (London, England)*. 1989;3 (Pt 5):528-35.
82. Migdal C, Gregory W, Hitchings R. Long-term functional outcome after early surgery compared with laser and medicine in open-angle glaucoma. *Ophthalmology*. 1994;101(10):1651-6; discussion 7.
83. Watson PG, Grierson I. The place of trabeculectomy in the treatment of glaucoma. *Ophthalmology*. 1981;88(3):175-96.

84. Musch DC, Gillespie BW, Niziol LM, Cashwell LF, Lichter PR. Factors associated with intraocular pressure before and during 9 years of treatment in the Collaborative Initial Glaucoma Treatment Study. *Ophthalmology*. 2008;115(6):927-33.
85. Shaarawy T, Sherwood M, Hitchings R, Crowston J. *Glaucoma: Surgical Management*: Saunder Elsevier; 2009.
86. Sugar H. Experimental trabeculectomy in glaucoma. *American journal of ophthalmology*. 1961;51: 623-27.
87. Cairns J. Trabeculectomy. Preliminary report of a new method. *American journal of ophthalmology*. 1968;66:673-9.
88. Das JC, Sharma P, Chaudhuri Z, Bhomaj S. Small incision trabeculectomy: experiences with this new procedure for glaucoma surgery in Indian eyes. *Acta ophthalmologica Scandinavica*. 2001;79(4):394-8.
89. Alwitary A, Patel V, King AW. Fornix vs limbal-based trabeculectomy with mitomycin C. *Eye*. 2004;19(6):631-6.
90. Solus JF, Jampel HD, Tracey PA, Gilbert DL, Loyd TL, Jefferys JL, et al. Comparison of limbus-based and fornix-based trabeculectomy: success, bleb-related complications, and bleb morphology. *Ophthalmology*. 2012;119(4):703-11.
91. Renieri G. Microincision cataract surgery as a modern and safe technique for patients needing cataract and glaucoma surgery. Mainz: Universitätsmedizin Mainz, Augenklinik; 2012. p. 14.
92. Fontana H, Nouri-Mahdavi K, Lumba J, Ralli M, Caprioli J. Trabeculectomy with mitomycin C: outcomes and risk factors for failure in phakic open-angle glaucoma. *Ophthalmology*. 2006;113(6):930-6.
93. King AJ, Rotchford AP, Alwitary A, Moodie J. Frequency of bleb manipulations after trabeculectomy surgery. *The British journal of ophthalmology*. 2007;91(7):873-7.
94. Stein JD, Ruiz DJ, Belsky D, Lee PP, Sloan FA. Longitudinal rates of postoperative adverse outcomes after glaucoma surgery among medicare beneficiaries 1994 to 2005. *Ophthalmology*. 2008;115(7):1109-16 e7.
95. Kim YY, Sexton RM, Shin DH, Kim C, Ginde SA, Ren J, et al. Outcomes of primary phakic trabeculectomies without versus with 0.5- to 1-minute versus 3- to 5-minute mitomycin C. *American journal of ophthalmology*. 1998;126(6):755-62.
96. Picht G, Mutsch Y, Grehn F. Follow-up of trabeculectomy. Complications and therapeutic consequences. *Der Ophthalmologe : Zeitschrift der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft*. 2001;98(7):629-34.
97. Shigeeda T, Tomidokoro A, Chen YN, Shirato S, Araie M. Long-term follow-up of initial trabeculectomy with mitomycin C for primary open-angle glaucoma in Japanese patients. *Journal of glaucoma*. 2006;15(3):195-9.

98. Luke C, Dietlein TS, Jacobi PC, Konen W, Krieglstein GK. A prospective randomized trial of viscocanalostomy versus trabeculectomy in open-angle glaucoma: a 1-year follow-up study. *Journal of glaucoma*. 2002;11(4):294-9.
99. Jacobi PC, Dietlein TS, Krieglstein GK. Primary trabeculectomy in young adults: long-term clinical results and factors influencing the outcome. *Ophthalmic surgery and lasers*. 1999;30(8):637-46.
100. Stamper RL, McMenemy MG, Lieberman MF. Hypotonous maculopathy after trabeculectomy with subconjunctival 5-fluorouracil. *American journal of ophthalmology*. 1992;114(5):544-53.
101. Friedman DS, Jampel HD, Lubomski LH, Kempen JH, Quigley H, Congdon N, et al. Surgical strategies for coexisting glaucoma and cataract: an evidence-based update. *Ophthalmology*. 2002;109(10):1902-13.
102. Costa VP, Smith M, Spaeth GL, Gandham S, Markovitz B. Loss of visual acuity after trabeculectomy. *Ophthalmology*. 1993;100(5):599-612.
103. Wilkins M, Indar A, Wormald R. Intra-operative mitomycin C for glaucoma surgery. *The Cochrane database of systematic reviews*. 2005 (4):CD002897.
104. Gross RL. *Clinical Glaucoma Management: critical signs in diagnosis and therapy*. Philadelphia: W.B. Saunders Company; 2001.
105. Georgoulas S, Dahlmann-Noor A, Brocchini S, Khaw PT. Modulation of wound healing during and after glaucoma surgery. *Progress in brain research*. 2008;173:237-54.
106. WuDunn D, Cantor LB, Palanca-Capistrano AM, Hoop J, Alvi NP, Finley C, et al. A prospective randomized trial comparing intraoperative 5-fluorouracil vs mitomycin C in primary trabeculectomy. *American journal of ophthalmology*. 2002;134(4):521-8.
107. Palanca-Capistrano AM, Hall J, Cantor LB, Morgan L, Hoop J, WuDunn D. Long-term outcomes of intraoperative 5-fluorouracil versus intraoperative mitomycin C in primary trabeculectomy surgery. *Ophthalmology*. 2009;116(2):185-90.
108. Mostafaei A. Augmenting trabeculectomy in glaucoma with subconjunctival mitomycin C versus subconjunctival 5-fluorouracil: a randomized clinical trial. *Clinical ophthalmology (Auckland, NZ)*. 2011;5:491-4.
109. Klink T, Guthoff R, Grehn F, Schlunck G. Postoperative care after glaucoma filtration surgery. *Der Ophthalmologe : Zeitschrift der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft*. 2006;103(9):815-23; quiz 24-5.
110. Klink T, Grehn F. Suture management after trabeculectomy. *Der Ophthalmologe : Zeitschrift der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft*. 2009;106(4):364-7.

111. Renieri G. Microincision cataract surgery as a modern and safe technique for patients needing cataract and glaucoma surgery. Mainz: Universitätsmedizin Mainz, Augenklinik; 2012. p. 16.
112. Renieri G. Microincision cataract surgery as a modern and safe technique for patients needing cataract and glaucoma surgery. Mainz: Universitätsmedizin Mainz, Augenklinik; 2012. p. 19.
113. Klink J, Schmitz B, Lieb WE, Klink T, Grein HJ, Sold-Darseff J, et al. Filtering bleb function after clear cornea phacoemulsification: a prospective study. *The British journal of ophthalmology*. 2005;89(5):597-601.
114. Klink TH, Muller M, Zierhut M, Geerling G. [Glaucoma and cataract]. *Der Ophthalmologe : Zeitschrift der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft*. 2010;107(5):403-8. Glaukom und Katarakt.
115. Poley BJ, Lindstrom RL, Samuelson TW. Long-term effects of phacoemulsification with intraocular lens implantation in normotensive and ocular hypertensive eyes. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2008;34(5):735-42.
116. Poley BJ, Lindstrom RL, Samuelson TW, Schulze RJ. Intraocular pressure reduction after phacoemulsification with intraocular lens implantation in glaucomatous and nonglaucomatous eyes: evaluation of a causal relationship between the natural lens and open-angle glaucoma. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2009;35(11):1946-55.
117. Hayashi K, Hayashi H, Nakao F, Hayashi F. Effect of cataract surgery on intraocular pressure control in glaucoma patients. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2001;27(11):1779-86.
118. Shingleton BJ, Laul A, Nagao K, Wolff B, O'Donoghue M, Eagan E, et al. Effect of phacoemulsification on intraocular pressure in eyes with pseudoexfoliation: single-surgeon series. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2008;34(11):1834-41.
119. Renieri G, Fuhrer K, Scheithe K, Lorenz K, Pfeiffer N, Thieme H. Efficacy and tolerability of preservative-free eye drops containing a fixed combination of dorzolamide and timolol in glaucoma patients. *Journal of ocular pharmacology and therapeutics : the official journal of the Association for Ocular Pharmacology and Therapeutics*. 2010;26(6):597-603.
120. Tham CC, Kwong YY, Leung DY, Lam SW, Li FC, Chiu TY, et al. Phacoemulsification versus combined phacotrabeulectomy in medically controlled chronic angle closure glaucoma with cataract. *Ophthalmology*. 2008;115(12):2167-73 e2.
121. Tham CC, Kwong YY, Leung DY, Lam SW, Li FC, Chiu TY, et al. Phacoemulsification versus combined phacotrabeulectomy in medically uncontrolled chronic angle closure glaucoma with cataracts. *Ophthalmology*. 2009;116(4):725-31, 31 e1-3.

122. Shingleton BJ, Alfano C, O'Donoghue MW, Rivera J. Efficacy of glaucoma filtration surgery in pseudophakic patients with or without conjunctival scarring. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2004;30(12):2504-9.
123. Fontana H, Nouri-Mahdavi K, Caprioli J. Trabeculectomy with mitomycin C in pseudophakic patients with open-angle glaucoma: outcomes and risk factors for failure. *American journal of ophthalmology*. 2006;141(4):652-9.
124. Chen PP, Weaver YK, Budenz DL, Feuer WJ, Parrish RK. Trabeculectomy function after cataract extraction. *Ophthalmology*. 1998;105(10):1928-35.
125. Caprioli J, Park HJ, Kwon YH, Weitzman M. Temporal corneal phacoemulsification in filtered glaucoma patients. *Transactions of the American Ophthalmological Society*. 1997;95:153-67; discussion 67-70.
126. Manoj B, Chako D, Khan MY. Effect of extracapsular cataract extraction and phacoemulsification performed after trabeculectomy on intraocular pressure. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2000;26(1):75-8.
127. Casson R, Rahman R, Salmon JF. Phacoemulsification with intraocular lens implantation after trabeculectomy. *Journal of glaucoma*. 2002;11(5):429-33.
128. Rebolleda G, Munoz-Negrete FJ. Phacoemulsification in eyes with functioning filtering blebs: a prospective study. *Ophthalmology*. 2002;109(12):2248-55.
129. Swamynathan K, Capistrano AP, Cantor LB, WuDunn D. Effect of temporal corneal phacoemulsification on intraocular pressure in eyes with prior trabeculectomy with an antimetabolite. *Ophthalmology*. 2004;111(4):674-8.
130. Crichton A. Management of coexisting cataract and glaucoma. *Current opinion in ophthalmology*. 2010;21(2):129-34.
131. Sharma TK, Arora S, Corridan PG. Phacoemulsification in patients with previous trabeculectomy: role of 5-fluorouracil. *Eye (London, England)*. 2007;21(6):780-3.
132. Awai-Kasaoka N, Inoue T, Takihara Y, Kawaguchi A, Inatani M, Ogata-Iwao M, et al. Impact of phacoemulsification on failure of trabeculectomy with mitomycin-C. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2012;38(3):419-24.
133. Shields MB. Combined cataract extraction and guarded sclerectomy. Reevaluation in the extracapsular era. *Ophthalmology*. 1986;93(3):366-70.
134. Verges C, Cazal J, Lavin C. Surgical strategies in patients with cataract and glaucoma. *Current opinion in ophthalmology*. 2005;16(1):44-52.
135. Diaz-Valle D, Benitez del Castillo Sanchez JM, Castillo A, Sayagues O, Moriche M. Endothelial damage with cataract surgery techniques. *Journal of cataract and refractive surgery*. 1998;24(7):951-5.

136. Kosrirukvongs P, Slade SG, Berkeley RG. Corneal endothelial changes after divide and conquer versus chip and flip phacoemulsification. *Journal of cataract and refractive surgery*. 1997;23(7):1006-12.
137. Tsuneoka H, Shiba T, Takahashi Y. Ultrasonic phacoemulsification using a 1.4 mm incision: clinical results. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2002;28(1):81-6.
138. Milla E, Verges C, Cipres M. Corneal endothelium evaluation after phacoemulsification with continuous anterior chamber infusion. *Cornea*. 2005;24(3):278-82.
139. Soscia W, Howard JG, Olson RJ. Microphacoemulsification with WhiteStar. A wound-temperature study. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2002;28(6):1044-6.
140. Chen C, Zhu M, Sun Y, Qu X, Xu X. Bimanual microincision versus standard coaxial small-incision cataract surgery: meta-analysis of randomized controlled trials. *European journal of ophthalmology*. 2014;12(25):119-27.
141. Dietlein TS, Jordan J, Dinslage S, Luke C, Krieglstein GK. Early postoperative spikes of the intraocular pressure (IOP) following phacoemulsification in late-stage glaucoma. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde*. 2006;223(3):225-9.
142. Levkovitch-Verbin H, Habot-Wilner Z, Burla N, Melamed S, Goldenfeld M, Bar-Sela SM, et al. Intraocular pressure elevation within the first 24 hours after cataract surgery in patients with glaucoma or exfoliation syndrome. *Ophthalmology*. 2008;115(1):104-8.
143. Cavallini GM, Campi L, Masini C, Pelloni S, Pupino A. Bimanual microphacoemulsification versus coaxial miniphacoemulsification: prospective study. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2007;33(3):387-92.
144. Alio J, Rodriguez-Prats JL, Galal A, Ramzy M. Outcomes of microincision cataract surgery versus coaxial phacoemulsification. *Ophthalmology*. 2005;112(11):1997-2003.
145. Dick HB. Controlled clinical trial comparing biaxial microincision with coaxial small incision for cataract surgery. *European journal of ophthalmology*. 2012;22(5):739-50.
146. Yu JG, Zhao YE, Shi JL, Ye T, Jin N, Wang QM, et al. Biaxial microincision cataract surgery versus conventional coaxial cataract surgery: metaanalysis of randomized controlled trials. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2012;38(5):894-901.
147. Kurz S, Krummenauer F, Gabriel P, Pfeiffer N, Dick HB. Biaxial microincision versus coaxial small-incision clear cornea cataract surgery. *Ophthalmology*. 2006;113(10):1818-26.

148. Kurz S, Krummenauer F, Thieme H, Dick HB. Biaxial microincision versus coaxial small-incision cataract surgery in complicated cases. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2010;36(1):66-72.
149. Husain R, Liang S, Foster PJ, Gazzard G, Bunce C, Chew PT, et al. Cataract surgery after trabeculectomy: the effect on trabeculectomy function. *Archives of ophthalmology*. 2012;130(2):165-70.
150. Chan FM, Mathur R, Ku JJ, Chen C, Chan SP, Yong VS, et al. Short-term outcomes in eyes with posterior capsule rupture during cataract surgery. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2003;29(3):537-41.
151. Gangwani V, Hirnschall N, Koshy J, Crnej A, Nishi Y, Maurino V, et al. Posterior capsule opacification and capsular bag performance of a microincision intraocular lens. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2011;37(11):1988-92.
152. Cleary G, Spalton DJ, Hancox J, Boyce J, Marshall J. Randomized intraindividual comparison of posterior capsule opacification between a microincision intraocular lens and a conventional intraocular lens. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2009;35(2):265-72.
153. Buehl W, Findl O. Effect of intraocular lens design on posterior capsule opacification. *Journal of cataract and refractive surgery*. 2008;34(11):1976-85.
154. Hirnschall N, Nishi Y, Crnej A, Koshy J, Gangwani V, Maurino V, et al. Capsular bag stability and posterior capsule opacification of a plate-haptic design microincision cataract surgery intraocular lens: 3-year results of a randomised trial. *The British journal of ophthalmology*. 2013;97(12):1565-8.
155. Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Kopf, Hals und Neuroanatomie : 115 Tabellen. 2., überarb. und erw. Aufl. ed. Stuttgart u.a.: Thieme; 2009.

## 8 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

**Abbildung 1:** Hauptursachen von Erblindung in einer Population von über 60jährigen im Bezirk Nizwa im Oman.

Aus: Khandekar R, Al Riyami A, Attiya M, Morsi M. Prevalence and determinants of blindness, low vision, deafness and major bone fractures among elderly Omani population of Nizwa Wilayat (Nizwa elderly population study-2005). Indian journal of ophthalmology. 2010;58(4):313-20.

**Abbildung 2:** Senile Katarakt.

Aus: Kohnen T, Baumeister M, Kook D, Klaproth OK, Ohrloff C. Cataract surgery with implantation of an artificial lens. Deutsches Arzteblatt international. 2009;106(43):695-702.

**Abbildung 3:** Linsentwicklung.

Online: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a9/Linsenentwicklung.jpg> (01.08.2015)

**Abbildung 4:** Wachstum der Linse.

Aus: Schünke M, Schulte E, Schumacher U. Kopf, Hals und Neuroanatomie: 115 Tabellen. 2., überarb. und erw. Aufl. ed. Stuttgart u.a.: Thieme; 2009.

**Abbildung 5.1:** Phakoemulsifikation.

Aus: Kanski JJ. Klinische Ophthalmologie. Lehrbuch und Atlas. 6 ed. München: Elsevier GmbH; 2008. p. 373.

**Abbildung 5.2:** Phakoemulsifikation.

Aus: Kanski JJ. Klinische Ophthalmologie. Lehrbuch und Atlas. 6 ed. München: Elsevier GmbH; 2008. p. 373.

**Abbildung 6:** Injektion IOL (MICS).

Aus: Weinstock RJ. Examining the Akreos MICS-Lens 2010 [06/22/2015]. Online: <http://www.ophtalmologymanagement.com/articleviewer.aspx?articleID=104200> (01.08.2015).

**Abbildung 7.1:** Prinzip der klassischen Trabekulektomie.

Aus: Kanski JJ. Klinische Ophthalmologie. Lehrbuch und Atlas. 6 ed. München: Elsevier GmbH; 2008. p. 401.

**Abbildung 7.2:** Prinzip der klassischen Trabekulektomie.

Aus: Kanski JJ. Klinische Ophthalmologie. Lehrbuch und Atlas. 6 ed. München: Elsevier GmbH; 2008. p. 401.

**Abbildung 8:** Clear Cornea Trabekulektomie.

Aus: Richard S. Hoffman; Alan S. Crandall; David A. Crandall; Howard Fine; Mark Packer; Annette C. Sims. Minimally Invasive External Mini-glaucoma Shunt Implantation Without Conjunctival Dissection. J Glaucoma. 2014;23(4):254-257.

**Abbildung 9:** B-MICS mit 1,8mm Inzisionen bei 10 und 2 Uhr und Implantation einer IOL MI60.

Aus: Klonowski P, Rejdak R, Alió J. Microincision Cataract Surgery. 1.8 mm Incisional Surgery. Expert Rev Ophthalmol. 2013;8(4):375-91.

**Abbildung 10:** Operationsgeräte der Phakoemulsifikation.

Aus: Renieri G. Microincision cataract surgery as a modern and safe technique for patients needing cataract and glaucoma surgery. Mainz: Universitätsmedizin Mainz, Augenklinik; 2012. p. 35.

**Abbildung 11:** Zeichnungen der AR40e (AMO).

Aus: Renieri G. Microincision cataract surgery as a modern and safe technique for patients needing cataract and glaucoma surgery. Mainz: Universitätsmedizin Mainz, Augenklinik; 2012. p. 40.

**Abbildung 12.1:** Die Akreos MI60 (Bausch & Lomb) für B-MICS. Bausch&Lomb. Akreos MI60.

Online: <http://www.bausch.com/portals/109/-/m/BL/United%20States/Images/ECP/Products/Surgical/MI60-Orientation-akreos-mics.png> (01.08.2015).

**Abbildung 12.2:** Schnitt für Akreos MI60 (Bausch & Lomb) Linse.

Online: <http://www.bausch.com/Portals/109/-/m/BL/United%20States/Images/ECP/Supporting%20Images/Surgical/akreos-18mm.png> (01.08.2015).

**Abbildung 13:** Pachymetrie-Werte im Gruppenvergleich. Eigene Anfertigung.

**Abbildung 14:** Erfolgs- und Misserfolgsrate in der Studie. Eigene Anfertigung.

**Abbildung 15:** Erfolgs- und Misserfolgsrate in der Studie nach Gruppen. Eigene Anfertigung.

**Abbildung 16:** Erfolgs- und Misserfolgsrate im Gruppenvergleich,  $p=0,706$  (Chi-Quadrat nach Pearson). Eigene Anfertigung.

**Abbildung 17:** IOD-Verlauf. Eigene Anfertigung.

**Abbildung 18:** IOD max. Eigene Anfertigung.

**Abbildung 19:** Visus-Verlauf. Eigene Anfertigung.

## 9 DANKSAGUNGEN

Ich möchte mich hiermit bei Herrn Prof. Dr. med. Hagen Thieme, Direktor der Universitätsaugenklinik Magdeburg, bedanken, der mir die Möglichkeit gegeben hat, diese Arbeit unter seiner Leitung durchzuführen.

Frau Dr. Dr. med. Giulia Renieri danke ich besonders für die Themenstellung und die hervorragende Betreuung. Auch für die mühevollen Arbeit des Korrekturlesens möchte ich mich herzlich bedanken.

Für die Unterstützung und Kooperation beim Bearbeiten meines Fragebogens möchte ich mich zudem bei allen beteiligten Augenarztpraxen bedanken. Ohne ihre Hilfe wäre die Nachbeobachtung entsprechender Patienten nicht möglich gewesen.

Schließlich gilt mein Dank Herrn Prof. Dr. Manfred Berres für die umfassende und tatkräftige Betreuung in allen Fragen rund um die statistische Auswertung.

## 10 EHRENERKLÄRUNG

Ich erkläre, dass ich die der Medizinischen Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität zur Promotion eingereichte Dissertation mit dem Titel

### **Vergleich der mikroinzipionalen Kataraktchirurgie mit der Kleinschnittkataraktchirurgie bei trabekulektomierten Patienten**

an der Augenklinik und Poliklinik der Universitätsmedizin Mainz mit Unterstützung durch Herrn Prof. Dr. med. Hagen Thieme und Frau Dr. Dr. med. Giulia Renieri ohne sonstige Hilfe durchgeführt und bei der Abfassung der Dissertation keine anderen als die dort aufgeführten Hilfsmittel benutzt habe.

Bei der Abfassung der Dissertation sind Rechte Dritter nicht verletzt worden.

Ich habe diese Dissertation bisher an keiner in- oder ausländischen Hochschule zur Promotion eingereicht. Ich übertrage der Medizinischen Fakultät das Recht, weitere Kopien meiner Dissertation herzustellen und zu vertreiben.

Stuttgart, den

Unterschrift

## 11 LEBENS LAUF

### Personalien

---

Name und Vorname: Böppe, Julia Anette  
Geburtsdatum: 15.06.1988  
Geburtsort: Stuttgart  
Familienstand: ledig  
Vater: Böppe, Dietmar  
Mutter: Böppe, Sabine  
Geschwister: Böppe, Dr. med. univ. Tobias

### Studium und Beruf

---

seit 07/2015 Assistenzärztin in der Augen-Praxis-Klinik Esslingen  
11/2014 Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung  
2008 – 2014 Studium der Humanmedizin an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz  
08/2010 Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung  
05/2013 – heute Dissertation an der Augenklinik der Universitätsmedizin Mainz: „Vergleich der mikroinzipionalen Kataraktchirurgie mit der Kleinschnittkataraktchirurgie bei trabekulektomierten Patienten“ betreut von Prof. Dr. Thieme (Universitätsklinikum Magdeburg)  
04/2011 – 07/2013 **Studienbegleitende Wahlfächer:**  
Wahlfach Medizinjournalismus  
Fortbildungskurs „Statistische Auswertung mit der Software SPSS“  
Wahlfachausbildung Rettungsschwimmer  
Wahlfach Kinderchirurgie  
Ultraschalldiagnostik in der Inneren Medizin  
Nahtkurs und Wundmanagement  
Blasenkatheterisierung

### **Praktisches Jahr**

---

08/ – 11/2013	Innere Medizin(Kardiologie, Rheumatologie, Geriatrie, Notaufnahme), Katholisches Klinikum (KKM), Mainz
12/2013 – 03/2014	Chirurgie (Allgemeinchirurgie, Unfallchirurgie) KKM, Mainz
04/ – 07/2014	Radiologie, KKM, Mainz

### **Sonstige fachspezifische Tätigkeiten**

---

01/2008	Klinisches Praktikum, Außenstelle Ambulantes OP-Zentrum Karl-Olga-Krankenhaus Stuttgart
02/2008	Rettungswachenpraktikum, DRK Stuttgart
03/2008	Ausbildung zum Rettungssanitäter, ASB Mannheim
05/2008	TMS (Test für medizinische Studiengänge) Note: 1,4
02/2012	Praktikum, Allgemeinärztliche Praxis Dr. med. Raddatz, Gau-Algesheim

### **Famulaturen**

---

03/ - 04/2011	Zentrum für Plastische Chirurgie, Marienhospital, Stuttgart
08/ – 09/2011	Charlottenklinik für Augenheilkunde, Stuttgart
09/ - 10/2011	Augenheilkunde, Sanglah Hospital, Bali
10/ - 11/2011	Innere Medizin, Sanglah Hospital, Bali

### **Krankenpflegepraktikum**

---

08/ – 12/2007	Pflegepraktikum in der Krankenpflege, Karl-Olga-Krankenhaus, Stuttgart
---------------	--

## Schulbildung

---

09/1994 – 07/1998	Heusteigschule, Grundschule, Stuttgart
09/1998 – 06/2007	Königin-Olga-Stift, bilinguales Gymnasium Abitur Juni 2007 (Note: 1,8), Stuttgart
<b>2001 – 2005</b>	<b>Auslandsaufenthalt/ Schüleraustausch</b>
07/2001	Gastfamilie, England (Oxford)
04/2005	Gastfamilie, USA (McNary High School, Salem)
07/2005 – 08/2005	Gastfamilie, Australien (Trinity Anglican School, Cairns)