

Aus der Klinik für Augenheilkunde  
(Prof. Dr. med. H. Hoerauf)  
der Medizinischen Fakultät der Universität Göttingen

# **Untersuchung der postoperativen Komplikationen bei skleranahftfixierter Kunstlinsenimplantation**

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades

der Medizinischen Fakultät der

Georg-August-Universität zu Göttingen

vorgelegt von

**Lisa Brandt**

aus

Würzburg

Göttingen 2018

Dekan: Prof. Dr. rer. nat. H. K. Kroemer

**Betreuungsausschuss**

Betreuer/in: Prof. Dr. med. N. Feltgen

Ko-Betreuer/in: Prof. Dr. med. R. Laskawi

**Prüfungskommission**

Referent/in: .....

Ko-Referent/in: .....

Drittreferent/in: .....

Datum der mündlichen Prüfung: .....

## **Erklärung**

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet und die Arbeit keiner anderen Prüfungsbehörde unter Erlangung eines akademischen Grades vorgelegt habe.

Göttingen, 26.11.2018

Lisa Brandt

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Übersicht . . . . .	1
1.2	Anatomie der Linse und des Kapselapparates . . . . .	2
1.3	Bedeutung der Linse für die Brechkraft des Auges . . . . .	4
1.4	Ursachen der Aphakie und Linsendislokation . . . . .	5
1.4.1	Aphakie . . . . .	5
1.4.2	Linsendislokation . . . . .	6
1.4.3	Aphakiebehandlung . . . . .	7
1.5	Linsentypen . . . . .	8
1.6	Operationstechniken der Katarakt . . . . .	12
1.6.1	Extrakapsuläre Kataraktextraktion mit Linsenexpression oder Phakoemulsifikation . . . . .	12
1.6.2	Transsklerale Linseneinnähung . . . . .	15
1.6.3	Weitere Operationsmethoden . . . . .	18
1.7	Zielsetzung . . . . .	20
<b>2</b>	<b>Methoden</b>	<b>21</b>
2.1	Vorgehen . . . . .	21
2.2	Statistik . . . . .	24
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>25</b>
3.1	Patientenkollektiv . . . . .	25
3.2	Indikationen . . . . .	26
3.3	Komplikationen . . . . .	29
3.4	Paralleloperationen . . . . .	36
3.5	Erneute Operationen binnen eines Jahres nach Linseneinnähung . . . . .	37
3.6	Visus . . . . .	38
3.7	Augeninnendruck . . . . .	40
3.8	Astigmatismus . . . . .	44

3.9	Irisfixierte Linsen . . . . .	45
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	<b>48</b>
4.1	Diskussion der Ergebnisse . . . . .	48
4.1.1	Komplikationen . . . . .	48
4.1.2	Indikationen . . . . .	51
4.1.3	Paralleloperationen . . . . .	51
4.1.4	Visus, Augeninnendruck, Astigmatismus . . . . .	52
4.2	Diskussion im Literaturvergleich . . . . .	53
4.3	Mögliche Fehlerquellen . . . . .	57
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>58</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>59</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Übersicht

Die Trübung der Augenlinse (Katarakt) (Pleyer 2014), ist weltweit der zweithäufigste Grund für eine Sehbeeinträchtigung (33 %) und die häufigste Ursache einer Erblindung (51 %) (Pascolini und Mariotti 2011). Daraus ergibt sich die Relevanz der Verbesserung der verschiedenen OP-Techniken für die Gesundheit und Lebensqualität der betroffenen Menschen. Allein in Deutschland werden jährlich 700.000-800.000 Kataraktoperationen durchgeführt (Berufsverband der Augenärzte Deutschlands e.V. 2016; Wille und Popp 2012). Aufgrund der Tatsache, dass bei der Datenerhebung nicht alle Augenärzte Angaben machen, kann sogar von 1.000.000 Operationen ausgegangen werden (diese Information wurde mir von Herrn M. Wenzel, dem ehemaligen Sekretär der DGII, 2017 mündlich mitgeteilt). Somit ist es nach den intravitrealen operativen Medikamentengaben (IVOM) der häufigste chirurgische Eingriff (Grehn 2008). Zudem ist davon auszugehen, dass die Zahl aufgrund des demographischen Wandels weiter steigen wird (Wille und Popp 2012). Der Eingriff wird meist ambulant (80 %) in Lokalanästhesie durchgeführt (Wenzel et al. 2017), dauert nur kurz (20-30 Minuten) und verläuft in 98 % der Fälle komplikationsfrei (Berufsverband der Augenärzte Deutschlands e.V. 2016), andere Quellen geben eine Komplikationsrate von  $< 1\%$  an (Kohnen et al. 2009), und gehört damit zu den komplikationsärmsten Operationen überhaupt (Bundesverband für Ambulantes Operieren e.V. 2015).

Die Kataraktoperation hat eine lange Tradition. Sie wurden bereits vor fast 3000 Jahren zum ersten Mal in Indien durchgeführt (Stamper et al. 1993). Harold Ridley implantierte 1949 erstmals zusätzlich eine Intraokularlinse (IOL) und setzte so einen Meilenstein für die Entwicklung der Operation bis zum heutigen Tag (Gerste 2016). Mittlerweile gibt es unzählige Operationsmethoden, Implantationsorte und eine ganze Entwicklungsindustrie für IOLs.

Die richtige Wahl der Methode und des Linsenmodells ist für das Operationsergebnis

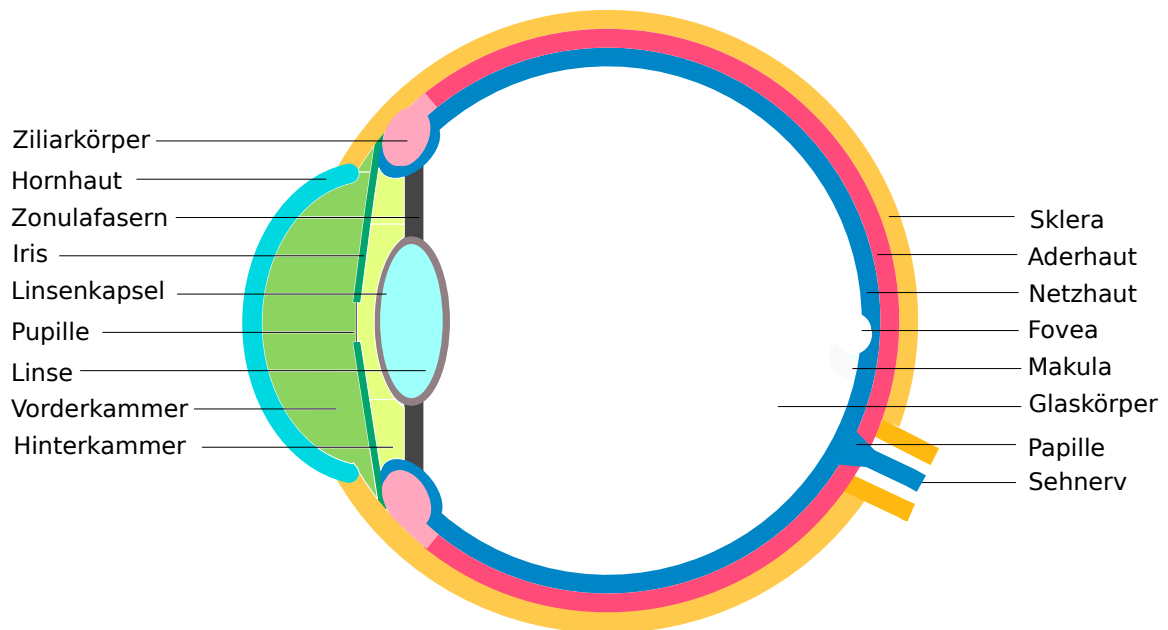
relevant. Die ordnungsgemäße Linsenimplantation setzt einen intakten Kapselapparat voraus. Ist dies nicht gegeben, ist die hier besprochene transsklerale Einnähung einer Hinterkammerlinse (HKL) eine Alternative. Dadurch ist eine Linsenimplantation bei vorgeschädigten Augen trotz mangelhaften Zustands bestimmter intraokularer Strukturen (Kapsel, Zonulaapparat) oder bei Vorerkrankungen (Pseudoexfoliations-Syndrom (PEX), Marfan-Syndrom) möglich. Da diese Technik an der Universitäts-Augenklinik in Göttingen verfeinert wurde (Methode Prof. Petersen) und seit über 15 Jahren von allen Operateuren in der gleichen Art und Weise angewendet wird, ist eine Analyse der erzielten Erfolge sinnvoll. Ein anschließender Vergleich mit den Daten aus der Literatur ist wichtig, um die enorme Entwicklung der Behandlung von Katarakten weiter voranzutreiben und somit eine Optimierung in der Patientenversorgung zu gewährleisten.

## 1.2 Anatomie der Linse und des Kapselapparates

Die Linse ist zwischen der *Iris* und dem Glaskörper lokalisiert und begrenzt somit die hintere Augenkammer. Um in ihrer Position gehalten zu werden, ist die Linsenkapsel an den Zonulafasern aufgehängt und dadurch mit dem Ziliarkörper verbunden (Lang 2014).

Der Ziliarkörper besteht aus zwei Teilen. Ziliarmuskel und Ziliarfortsätze bilden die Pars plicata. Die Ziliarfortsätze produzieren das Kammerwasser und sind Ursprung der Zonulafasern. Diese Fasern verbinden den Ziliarkörper mit der Linsenkapsel und halten sie so in ihrer Position. Durch Kontraktion und Dilatation des Ziliarmuskels spannen/lockern sich die Zonulafasern, was wiederum eine Abflachung oder Kugelung der Linse zur Folge hat. (Kirsch 2010; Grehn 2008) Die Pars plana des Ziliarkörpers grenzt an die Netzhaut und ist gefäßarm, wodurch sie sich als operativer Zugang für den hinteren Augenabschnitt eignet (Grehn 2008).

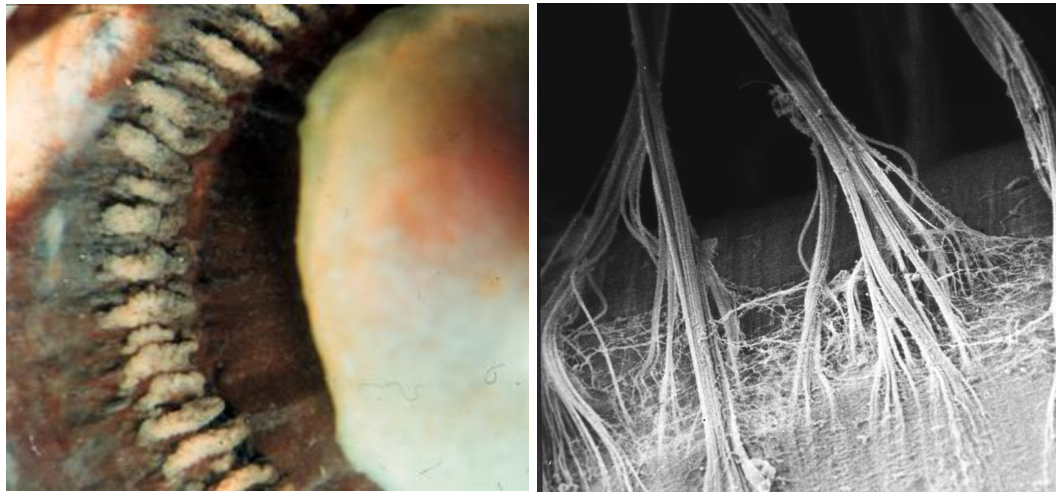
Der Durchmesser der Linse beträgt 8-10 mm und ihre Dicke 2-5 mm (Grehn 2008). Sie ist bikonvex geformt, wobei die Rückseite stärker gekrümmt ist als die Vorderseite. Die Linse lässt sich in drei Teile gliedern: Zentral gelegen befindet sich der Linsenkern, dem sich die Linsenrinde nach außen anschließt. Umhüllt ist dieser Komplex von



**Abbildung 1.1** – *Aufbau des Auges*

der Linsenkapsel, in die die Zonulafasern in der Äquatorialregion inserieren (Lang 2014). An der Innenseite der vorderen Linsenkapsel und am Äquator befindet sich das Linsenepithel. Dieses bildet lebenslang Linsenfasern, aus denen Linsenrinde und -kern bestehen. Da sich das Linsenepithel an der Außenseite der Linse befindet und die neu gebildeten Zellen nach innen abgibt, kommt es zu keiner Abschilferung der Zellen. Somit befinden sich die ältesten Zellen in der Linsenmitte und werden zwiebelschalenartig von immer jünger werdenden Schichten umgeben. Je älter die Fasern sind, desto dünner und härter werden sie durch Wasserverlust. So entsteht der Linsenkern. Da zeitlebens neue Fasern gebildet werden, kommt es zu einer Faserverdichtung. Mit der Faserverdichtung nimmt die Elastizität der Linse ab (Grehn 2008). Wichtig für die Funktion der Linse ist ihre Durchsichtigkeit. Diese wird durch den hohen Wasseranteil unterstützt. Je älter die Linse ist, desto höher wird durch Wasserverlust der Proteingehalt, was wiederum zu einer Transparenzminderung der Linse führt. Die Ernährung der Linse erfolgt durch Diffusion des Kammerwassers, welches die Linse umgibt, da Blutgefäße und Nerven die Transparenz einschränken würden (Lang 2014).





(a) Zonulafasern und Linse

(b) Zonulafasern

**Abbildung 1.2** – Fotos der Zonularfasern: a) makroskopisch Zonulafasern und Linse, b) elektronenmikroskopisches Bild der Zonularfasern an deren Ursprung am Ziliarkörper, mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. N. Feltgen

### 1.3 Bedeutung der Linse für die Brechkraft des Auges

Die Linse ist neben Hornhaut mit Tränenfilm, Kammerwasser und Glaskörper Teil des dioptrischen Apparates und Voraussetzung für die Fähigkeit des Auges zur Akkommodation, indem sich die Brechkraft der Linse durch Verformung ändern kann. Die Brechkraft schwankt dadurch zwischen 10-20 dpt (Lang 2014). Durch Kontraktion des Ziliarmuskels im Ziliarkörper, von dem die Zonulafasern ausgehen, erschlaffen ebendiese. Durch die Eigenelastizität der Linse nimmt sie nun eine kugelige Form ein, und es kommt zur Nahakkommodation. Im entspannten Zustand des Muskels sind die Zonulafasern gespannt und die Linse abgeflacht und das Sehen in der Ferne ist bei sonst normalem Augenbau möglich. Die Abnahme des Wassergehaltes während des natürlichen Alterungsprozesses der Linse senkt, wie oben beschrieben, die Elastizität. Dadurch nimmt die Fähigkeit zur Akkommodation ab, und es kommt zur Altersweitsichtigkeit (Presbyopie) (Grehn 2008).

## 1.4 Ursachen der Aphakie und Linsendislokation

Im Folgenden sollen die Ursachen von Aphakie und Linsendislokation beleuchtet werden, da sie die häufigsten Gründe einer Einnähung ausmachen.

### 1.4.1 Aphakie

Aphakie bedeutet das Fehlen der Linse (Pleyer 2014). Auch mit einer Linse kann ein Patient aphak sein, wenn diese disloziert ist und nicht mehr im Strahlengang des Lichts liegt. Diesen Zustand nennt man optisch aphak. Pseudoaphakie wiederum beschreibt den Zustand, statt eigener Linse eine IOL implantiert zu haben. Eine Aphakie kann angeborene Ursachen haben: Dies sind zum einen die Agenesie, also kongenitale Aphakie, die allerdings sehr selten vorkommt (Freyler 1985), und zum anderen die kongenitale Katarakt, deren Prävalenz bei 0,4% liegt (Raabe et al. 1998). Bei der kongenitalen Katarakt wird die Linse frühzeitig entfernt, um eine Deprivationsamblyopie zu vermeiden. Da der Bulbus des Kindes noch wächst, ändert sich die Brechkraft sehr schnell, sodass eine sofortige Implantation einer Linse umstritten ist. Daher werden aphake Kinder vorerst mit einer Kontaktlinse versorgt, um dann später eine IOL-Implantation vorzunehmen (Walter und Plange 2017).

Eine weitere Ursache für Aphakie ist eine Linsenluxation z. B. nach Trauma oder bei vorliegendem Marfan-Syndrom (s. 1.4.2). Auch schwere Infektionen, beispielsweise eine therapieresistente Endophthalmitis, kann zur Entfernung der Linse führen (Kohnen et al. 2016).

Als dritte Gruppe von Ursachen sind chirurgische Eingriffe zu nennen. So können komplizierte vitreoretinale Eingriffe (z. B. Ablatio retinae) eine Entfernung der Linse notwendig machen (Kohnen et al. 2016). Nach der intrakapsulären Kataraktextraktion (ICCE) kann keine Kunstlinse implantiert werden, mit der Folge, dass der Patient anschließend aphak ist (Walter und Plange 2017). Doch wird heute in Deutschland anstelle der ICCE meist die extrakapsuläre Kataraktextraktion (ECCE) vorgenommen (Lang 2014), sodass die ICCE als Aphakie Ursache selten ist.

### 1.4.2 Linsendislokation

Die Dislokation der Linse ist der Überbegriff für die Subluxation und Luxation der Linse. Bei der Subluxation ist die Linse nur partiell verschoben, der Linsenrand aber noch durch die Pupille sichtbar. Grund hierfür sind gelockerte Zonulafasern. Klinisch zeigen sich monokulare Doppelbilder, da ein Teil des Lichts durch die Linse auf die Netzhaut fällt, der andere Teil direkt (Grehn 2008). Die Luxation hingegen zeichnet sich durch einen kompletten Verlust der Haltefunktion durch die Zonulafasern aus. Da die Linse also nicht mehr fixiert ist, verrutscht sie so weit, dass sie sich nicht mehr hinter der Pupille befindet. Dabei kann die Linse entweder in den Glaskörper oder in die Vorderkammer luxieren. Auch wenn ein solcher Patient noch eine Linse im Auge hat, so ist er dennoch optisch aphak, da sich die Linse außerhalb des Strahlengangs des einfallenden Lichts befindet (Lang 2008) und es somit zu einer Visusminderung kommt (Grehn 2008). Eine exakte Abstufung der Ätiologien nach der Prävalenz ist nicht möglich, da in den Studien immer eine vorselektierte Gruppe von Augen betrachtet wird. Doch ist davon auszugehen, dass ein Trauma der häufigste Grund einer Dislokation ist. Dazu zählt zum einen das stumpfe Trauma, durch welches die Zonulafasern reißen, zum anderen eine Perforation des Bulbus, die zu einer direkten Schädigung des Halteapparates oder der Linse führen kann (Lang 2008). Eine weitere häufige Ursache ist die Zonolyse bei Bindegewebs- und Stoffwechselerkrankungen. Das Marfan- und Weill-Marchesani-Syndrom sind Beispiele für Bindegewebserkrankungen (Lang 2008). Bei dem Marfan-Syndrom kommt es zu einer Subluxation nach nasal oben, bei dem Weill-Marchesani-Syndrom sind die Linsen dagegen eher nach unten verlagert (Grehn 2008). Eine Stoffwechselerkrankung, die zur Zonolyse führen kann ist die Homozystinurie, eine Erkrankung des Aminosäurestoffwechsels. Die Dislokationen durch diese Erkrankungen kommt auch schon bei jüngeren Menschen vor (Lang 2008). Das PEX-Syndrom tritt dagegen eher bei älteren Patienten auf. Hierbei kommt es zu Proteinablagerungen auf der Linse, dem Ziliarkörper und den Zonulafasern, wodurch der Halteapparat der Linse geschwächt wird. Es kommt zu einer Subluxation, oder im Rahmen einer Kataraktoperation durch Reißen der Fasern zu einer vollständigen Luxation (Grehn 2008). Auch ohne Vorliegen eines PEX-Syndroms stellt eine Kataraktoperation einen

Risikofaktor für eine Linsendislokation Jahre später dar. Man geht davon aus, dass die Ursache zum einen die Belastung der Zonulafasern während der Operation ist (Walter und Plange 2017). Prädisponierend sind PEX-Syndrom, Uveitis, Myopie (Gimbel et al. 2005). Zum anderen kommt es postoperativ zu einer Schrumpfung des Kapselsacks. Folge hiervon kann eine Dezentrierung oder eine Verkipfung der Linse sein. Die Zonulafasern verlieren außerdem im Laufe des Lebens an Reißfestigkeit, sodass die Wahrscheinlichkeit einer Dislokation sowohl der natürlichen Linse, als auch einer implantierten IOL zunimmt (Schlötzer-Schrehardt und Naumann 1997).

### 1.4.3 Aphakiebehandlung

**Starbrille** Die Starbrille stellt eine Möglichkeit zur Behandlung eines aphaken Auges dar, wenn keine IOL implantiert werden kann. Allerdings kann mit einer solchen Brille nur eine beidseitige Aphakie behandelt werden, da es sonst aufgrund von unterschiedlich großen Bildern auf der Netzhaut zu einer sogenannten Aniseikonie kommt (Lang 2008). Zum Ausgleich der Aphakie ist ein starkes Plusglas notwendig. Bei vorheriger Emmetropie wird eine Stärke von +11 bis +12 dp für die Ferne und +15 dp für die Nähe benötigt. Mit einer Starbrille erscheint alles um 25 % vergrößert. Da es dadurch z. B. beim Treppensteigen zu Problemen aufgrund einer veränderten Entfernungseinschätzung kommen kann, ist bei monokularer Aphakie eine andere Versorgung zu bevorzugen (Grehn 2008).

**Kontaktlinse** Kontaktlinsen können auch für eine einseitige Aphakiebehandlung eingesetzt werden. Allerdings werden Kontaktlinsen nicht von allen Menschen gut vertragen. Gerade ältere Menschen leiden öfter unter trockenen Augen und haben mit der Handhabung der Kontaktlinsen Schwierigkeiten. Außerdem kann es zu Fremdkörpergefühlen kommen. (Lang 2008). Die Kontaktlinse stellt die Therapie der ersten Wahl bei aphaken Kindern unter 2 Jahren dar, da sich die Brechkraft während der ersten Lebensjahre noch nennenswert ändert (Lang 2014).

**Intraokularlinse** Als Alternative zur Starbrille und Kontaktlinse kann eine Aphakie auch durch Implantation einer IOL behandelt werden. Der Vorteil der IOL im Vergleich zu den anderen Möglichkeiten ist, dass sie das Sehvermögen in jeder Situation verbessert und man nicht darauf angewiesen ist, eine Starbrille dabei zu haben oder Kontaktlinsen zu verwenden. Außerdem tritt keine Vergrößerung des Bildes auf, und das Gesichtsfeld der betroffenen Person ist größer (Stamper et al. 1993). Der Nachteil einer IOL ist, dass wie bei Starbrille und Kontaktlinse ebenfalls keine Akkommodation möglich ist, aber eben auch längerfristige Visusveränderungen nicht ausgeglichen werden können, was das Wechseln der Brille oder der Kontaktlinsen dagegen problemlos ermöglicht. Hinzu kommen die möglichen Komplikationen, die die IOL-Operation verursachen kann 1.6. Die verschiedenen Arten von IOLs werden in dem Kapitel 1.5 näher erläutert (Grehn 2008).

Vor der Implantation einer Kunstlinse wird deren Stärke berechnet. Dafür müssen Hornhautradien, Achsenlänge des Auges und Vorderkammertiefe bekannt sein. Auch der Brechungsindex der zu implantierenden Linse und der Implantationsort werden berücksichtigt. Darüber hinaus wird die Refraktion des anderen Auges beachtet, da eine Refraktionsdifferenz beider Augen unerwünscht ist (Walter und Plange 2017; Grehn 2008). Aufgrund dieser verschiedenen Parameter kann sich der Operateur für eine passende Linse entscheiden.

### 1.5 Linsentypen

IOLs werden entweder zusätzlich zur eigenen Linse verwendet, um Refraktionsfehler wie Myopie, Hyperopie und Astigmatismus zu behandeln, oder um die eigene Linse zu ersetzen (Health Quality Ontario 2009). Die häufigste Ursache hierfür ist die Katarakt. Ist die körpereigene Linse soweit getrübt, dass es zu einem für den Patienten nennenswerten Visusverlust oder einer Blendung kommt, kann die getrübte Linse entfernt und durch eine IOL ersetzt werden. Man findet eine Vielzahl von Linsen und Möglichkeiten diese im Auge zu positionieren und zu befestigen. Es gibt verschiedene Möglichkeiten IOLs zu klassifizieren: Nach Form, Material, Lokalisation bei Implantation und Funk-

tion. Im Folgenden sollen zuerst die unterschiedlichen Formen und der Aufbau von IOLs vorgestellt werden.

IOLs bestehen immer aus zwei Teilen: Optik und Haptik. Als Optik bezeichnet man den Teil der Linse, der für die Lichtbrechung verantwortlich ist, und als Haptik den Teil der Linse, der für die Verankerung zuständig ist. Bei one-piece-Linsen (single-piece-Linsen) sind Optik und Haptik aus einem Material gefertigt und ohne Verbindungsstelle zusammengefasst. Dagegen bestehen bei three-piece-IOLs Optik und Haptik aus verschiedenen Materialien und sind durch eine Verbindungsstelle miteinander verknüpft (Lang 2014). Die Haptik kann unterschiedlich konstruiert sein. Es gibt Plattenhaptiken (plate-haptic) und open-loop-Haptiken.

Als Materialien werden Acryl und Silikon verwendet. Acryllinsen haben einen höheren refraktiven Index als Silikonlinsen, sodass sie bei gleicher Brechkraft dünner sind. Die Acryllinsen kann man weiter unterteilen in harte und weiche Linsen (Werner 2012). Harte Acryllinsen sind hydrophob und aus PMMA (Polymethylmethacrylat) gefertigt. PMMA-Linsen haben den Nachteil, dass sie bei der Implantation nicht gefaltet werden können und demnach einen ca. 5,5 mm großen Schnitt benötigen (Gonnermann 2014). Ein Vorteil hingegen ist, dass dieses Material eine geringere Entzündungsreaktion der Uvea hervorruft. Trotzdem überwiegt der Nachteil der großen Schnittlänge, sodass die Verwendungsrate dieser Linse bei  $< 10\%$  liegt (Wenzel et al. 2006). Anwendung finden PMMA-Linsen bei im Sulcus platzierten Linsen, Vorderkammerlinsen (VKL) und irisfixierten Linsen (Findl 2009). Die weichen Acryllinsen unterteilt man weiter in solche aus Hydrogel (hydrophil) und solche aus hydrophoben Acrylmaterial. Diese unterscheiden sich in Wassergehalt, refraktivem Index und mechanischen Eigenschaften. Alle weichen Linsen können gefaltet werden. Somit reicht eine Inzision von 2,5 - 3,0 mm (Lang 2014). Hydrogellinsen sind anfälliger für Hinterkapseltrübung als hydrophobe Acryl- und Silikonlinsen.

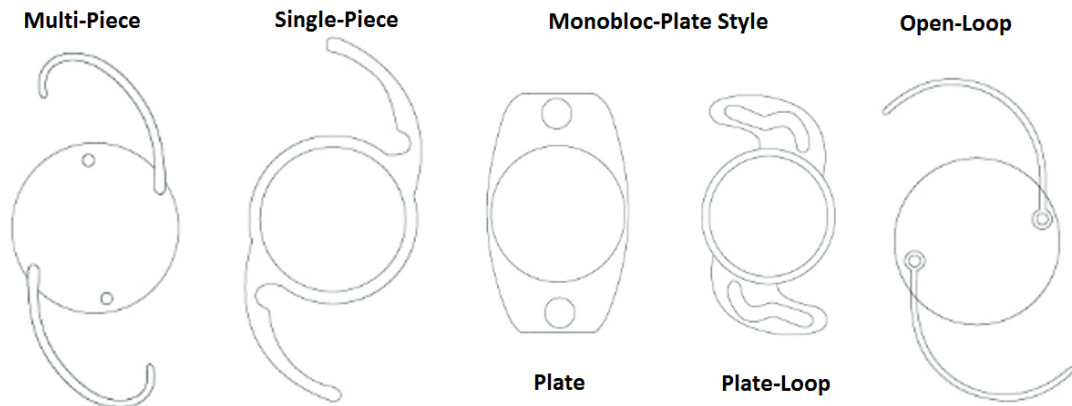
Hydrophobes Acrylmaterial ist das meist verwendete Material. Es hat ein großes Formgedächtnis, was dafür sorgt, dass solche Linsen nach Injektion ihre vorherige Form wieder annehmen. Außerdem kommt es zu einer kontrollierten Entfaltung. Ein Nachteil des Materials ist, dass es zu kleinen Wassereinschlüssen (glisternings) kommen kann, die allerdings keinen nennenswerten Einfluss auf die Sehqualität haben (Findl 2009).

Silikon war das erste Material für faltbare Intraokularlinsen. Sie verursachen weniger Hinterkapseltrübungen. Der Nachteil ist wiederum, dass Silikon nicht für Monoblocklinsen (s. Abb. 2.2) verwendet werden kann, aber diese Linsenform für Linsen-Injectoren benutzt werden, der hingegen nur eine Inzision von 2,8 mm braucht (Findl 2009). Ein weiterer Nachteil dieses Materials ist, dass sich solche Linsen unkontrolliert entfalten und sie nicht mit Silikonöl in Kontakt kommen dürfen, da das Silikonöl nicht mehr von der Silikonlinse entfernt werden kann. Silikonöl ist eine gebräuchliche Tamponade bei vitreoretinalen Eingriffen, weshalb an größeren Zentren Silikon-IOLs selten verwendet werden. (Werner und Mamalis 2005)

Es gibt verschiedene Möglichkeiten eine IOL im Auge zu positionieren und zu befestigen. Für jede dieser Möglichkeiten gibt es Indikationen und Kontraindikationen. Wenn es möglich ist, wird die Wiederherstellung der natürlichen Position der menschlichen Linse im Auge angestrebt. Diese ist in der Hinterkammer zwischen Iris und Glaskörper. Wird eine Linse hier implantiert, spricht man von einer HKL (Gonnermann 2014). Ist der Kapselsack noch vorhanden, kann die Linse in diesen implantiert werden. Durch die Zentripetalkraft, die die Haptiken auf die Kapselfornix ausüben, wird die Linse stabilisiert (Findl 2009). So ist die physiologische Situation am ehesten wieder hergestellt.

Ist die Kapsel beschädigt, aber das vordere Blatt noch vorhanden, kann die Linse in den Sulcus positioniert werden und wird dort durch den Kapselrest hinten und die Iris vorne stabilisiert. Hier braucht man eine größere Linse (13,5- 14 mm Durchmesser), damit sie fest im Sulcus sitzt (Findl 2009). Die Haptiken stützen die Linse im Sulcus ab. Ist nicht ausreichend Kapselmaterial vorhanden, würde die Linse in dieser Position nicht halten und muss beispielsweise durch eine transsklerale Naht fixiert werden. Nachteil einer sklerafixierten IOL ist, dass zuvor eine Vitrektomie durchgeführt werden muss (Donaldson et al. 2005), um zu starke Traktionen an Glaskörper und Retina während der Operation zu verhindern (Sheybani und Ahmed 2016). Vorteil der sklerafixierten HKL ist neben der naturnahen Position auch der Abstand zum Endothel der Hornhaut sowie zum Kammerwinkel (Gerstmeyer und Sekundo 2014).

Alternativ kann eine Irisklauenlinse verwendet werden, die von hinten oder vorne an die Iris gehakt werden kann. Diese Linse kommt als additive Linse in Betracht,



**Abbildung 1.3** – Übersicht der verschiedenen IOL-Formen

Findl (2009), die Verwendung erfolgt mit freundlicher Genehmigung von Michael Colvard

das heißt, es wird zusätzlich zur eigenen Linse eine Irisklauenlinse implantiert, um Fehlsichtigkeiten, die beispielsweise für eine Lasertherapie zu stark ausgeprägt sind, zu behandeln. Durch die lokale Nähe der Linse zur Iris und der Verankerung in der stark vaskularisierten Iris kann es allerdings zu Irritationen und somit zu Entzündungsreaktionen kommen (Kohnen und Shajari 2016). Eine solche Verankerung kann zusätzlich eine Irisverziehung verursachen. Außerdem geht eine Implantation einer solchen Linse mit einem Astigmatismusrisiko einher, da Irisklauenlinsen aus PMMA bestehen und somit ein 5,5 mm Schnitt für die Einführung der Linse notwendig ist (Gonnermann 2014). Dieser Schnitt erhöht das Risiko einer Hornhautverformung nach der Heilung.

Außerdem kann eine Linse in die Vorderkammer implantiert werden. Diese Operation ist einfacher als die Implantation einer HKL, allerdings sitzt die Linse dort weit entfernt von ihrer natürlichen Position. Die VKL-Haptik stützt sich im Kammerwinkel ab. Durch die Haptiken im Kammerwinkel kann der Kammerwasserabfluss behindert werden und ein Glaukom als Komplikation auftreten. Um die Gefahr des Winkelblockglaukoms zu minimieren, wird parallel zur Linsenimplantation eine Iridektomie durchgeführt. Außerdem besteht durch die Nähe der Linse zur Cornea die Gefahr des Endothelzellverlustes, was wiederum zu Keratopathie, Sekundärglaukom und Uveitis führen kann (Gonnermann 2014). Die kammerwinkelgestützten VKLs gelten heute



aufgrund der Komplikationen als obsolet. Die VKL wird meist aus PMMA gefertigt. Daher wird eine große Inzision benötigt, wodurch die Astigmatismuswahrscheinlichkeit erhöht wird. Bei schon vorhandenem Glaukom und zu kleiner Vorderkammer ist diese Art der Linse kontraindiziert (Kohnen und Shajari 2016).

Funktionell unterteilen kann man Linsen in monofokal, multifokal, torisch, multifokaltorisch und akkomodativ. Eine monofokale Linse hat an der gesamten Optik die gleiche Brechkraft. Eine multifokale Linse hat verschiedene Bereiche mit verschiedenen Brechkraftwerten, sodass sowohl Fern- als auch Nahsehen möglich ist. Eine torische Linse gleicht einen Astigmatismus aus (Lang 2014). Akkomodative Linsen werden gerade entwickelt, um einen besseren Wechsel von Fern- auf Nahsehen zu ermöglichen (Findl 2005).

## 1.6 Operationstechniken der Katarakt

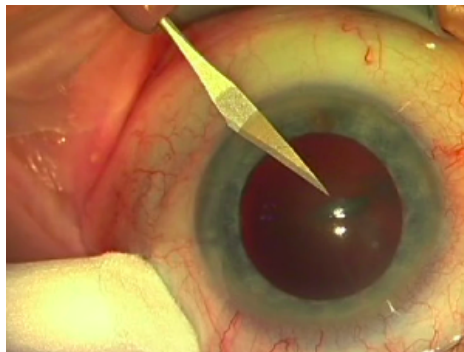
Die Operationstechniken der Katarakt lassen sich kategorisieren nach Ort der Implantation. Die grobe Unterteilung erfolgt nach HKL-Implantation und VKL-Implantation. Zur ersten Gruppe gehören ECCE, transsklerale Linseneinnähung, irisnahtfixierte HKL, Irisklauen-HKL, sulcusfixierte HKL und skleraverankerte HKL. Zu den Alternativen der Vorderkammerimplantation zählen Irisklauenlinse und kammerwinkelgestützte VKL. Die ICCE hat eine Sonderstellung, da anschließend sowohl VKLs als auch manche Methoden der HKL-Implantation in Frage kommen.

### 1.6.1 Extrakapsuläre Kataraktextraktion mit Linsenexpression oder Phakoemulsifikation

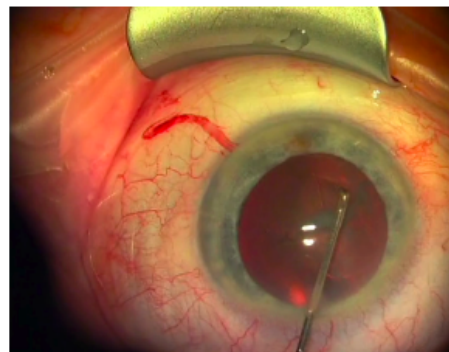
**ECCE** Die ECCE stellt die Therapie der Wahl einer Katarakt dar. Das Vorgehen ist standardisiert und gliedert sich in folgende Schritte: Zuerst wird das Auge an dem Übergang von Cornea zu Sklera, am sogenannten Limbus, eröffnet (Abb. 1.4, Bild a). Die Größe des Schnitts ist abhängig von der geplanten Methode der Linsenentfernung und der zu implantierenden Linse. Anschließend wird Viskoelastikum in das Auge gegeben, damit die Vorderkammer nicht zusammenfällt, da dies wiederum die

Operation erschweren würde. Nun wird die Vorderkapsel mit Hilfe einer Pinzette oder Kanüle kreisrund geöffnet (Kapsulorhexis) (b). Hydrodissektion und Hydrodelineation beschreiben die darauffolgenden Schritte. Hierbei werden mittels Wasserdruck Kapsel von Rinde und Rinde von Kern getrennt (c). Nun gibt es zwei Möglichkeiten die Extraktion durchzuführen. Bei der ersten, alten Variante, der Expression, wird der Kern als Ganzes aus dem Auge gedrückt. Hierfür muss die Schnittlänge 10-12 mm (je nach Quelle auch nur 6-9 mm) betragen. Nach Expression wird die verbliebene Linsenrinde abgesaugt. Da Hinterkapsel und Zonulaapparat vorhanden bleiben, ist die Implantation einer HKL möglich. Diese Methode wird für sehr harte Linsenkerne angewandt, da für eine Phakoemulsifikation eine so große Ultraschallenergie notwendig wäre, dass Hornhautendothelschäden als Folge nicht ausgeschlossen werden könnten. Die zweite und heute übliche Variante ist die Phakoemulsifikation, die Zertrümmerung und Absaugung der Linse durch Hochfrequenzultraschall (d). Der Vorteil dieser Technik ist die kurze Schnittlänge (2,5-3 mm). Dies erfolgt mittels Tunnelschnitt, der sich nach der Operation von selbst verschließt und keiner Naht bedarf. Nach dem Schritt der Hydrodissektion und Hydrodelineation folgt hier die Teilung des Kerns in zwei bis vier Fragmente. Diese werden nun dem Phakoemulsifikationsgerät einzeln zugeführt und durch die Ultraschallenergie zerkleinert und anschließend abgesaugt. Es folgt das Absaugen der Rindenreste und Polieren der Hinterkapsel (e). Nun kann eine IOL in den Kapselsack implantiert werden (f) (Walter und Plange 2017; Grehn 2008; Lang 2014).

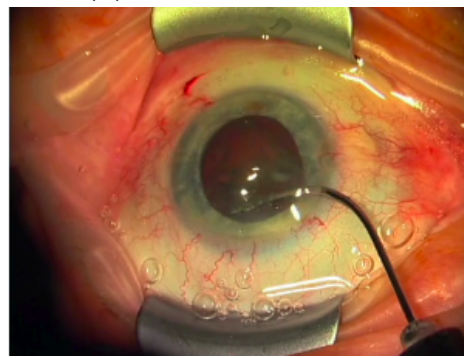
**Typische Komplikationen der Standardoperation** Auch wenn die Kataraktschirurgie als komplikationsarm gilt, sind Komplikationen selbstverständlich nicht ausgeschlossen. Zu den häufigsten intraoperativen Komplikationen zählen Kapseldefekte. Wenn sich die Rhexis, die Kapselöffnung, nach peripher ausweitet oder die Hinterkapsel, z. B. beim Polieren beschädigt wird, ist eine IOL-Implantation in die Kapsel nicht mehr möglich. Außerdem kann nun der Glaskörper nach ventral drücken und die Operation erschweren. Daher muss dieser in einem solchen Fall prophylaktisch entfernt werden. Eine Vitrektomie wird auch nötig, wenn Linsenteile in den Glaskörper gelangen. Darüber hinaus kann bei der Operation der Zonulaapparat beschädigt werden, was



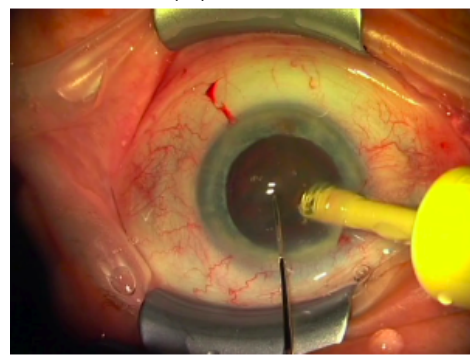
(a) Tunnelpräparation



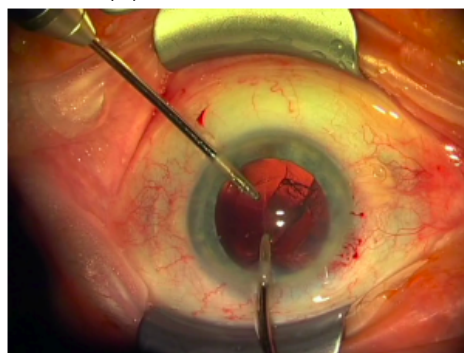
(b) Rhexis



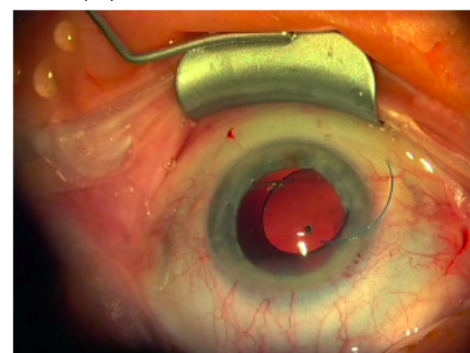
(c) Hydrodissektion



(d) Phakoemulsifikation



(e) Absaugen der Rindenreste



(f) IOL Implantation

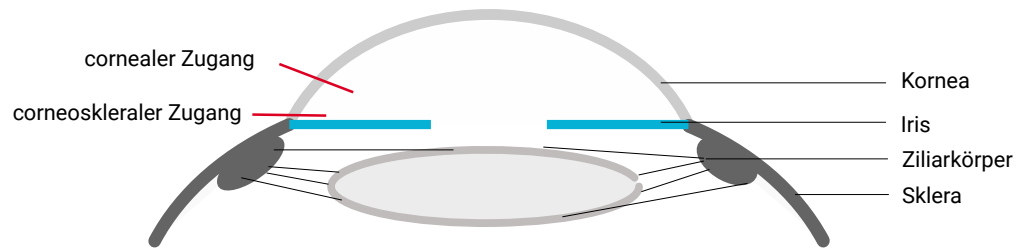
**Abbildung 1.4** – Fotos einer extrakapsulären Katarakt-Extraktion (ECCE), mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. N. Feltgen

ebenfalls die Implantation einer Linse in die Kapsel unmöglich macht. Außerdem kann es intraoperativ zum Druckanstieg und Blutungen kommen. Postoperative Komplikationen sind vor allem Reizzustände und Ödeme (Hornhautödem, Makulaödem). Die häufigste Komplikation ist die Entwicklung eines Nachstars. Hierbei handelt es sich um eine Eintrübung der Hinterkapsel, die in 3 % der Fälle innerhalb der ersten drei Jahre auftritt, aber problemlos mit einem YAG-Laser behandelt werden kann (Kohnen et al. 2016). Darüber hinaus kann es zu einer Netzhautablösung und einer Endophthalmitis kommen. Bei der Endophthalmitis handelt es sich um die schwerste Komplikation, die einer sofortigen antibiotischen Behandlung bedarf, um den Verlust des Auges bzw. erhebliche Sehkrafteinbußen zu verhindern. Sie tritt mit einer Prävalenz von 0,05 % (Kohnen et al. 2016) nach einer Kataraktoperation auf. Ein Faktor, der eine Kataraktoperation erschwert, ist eine mangelnde Dilatationsfähigkeit der Pupille, da die Geräte durch diese geführt werden müssen, um in der Hinterkammer arbeiten zu können. Außerdem sind sowohl eine flache Vorderkammer als auch eine Zonolyse hinderlich. Bei einer fortgeschrittenen Linsentrübung ist aufgrund der härteren Linse ebenfalls die Operation erschwert (Walter und Plange 2017; Grehn 2008; Lang 2014).

### 1.6.2 Transsklerale Linseneinnähung

Ist die Implantation oder Repositionierung einer Linse in den Kapselsack nicht möglich, stellt die transsklerale Linseneinnähung eine Alternative dar, die Linse am ursprünglichen Ort zu fixieren. Die Indikation für diese Art der Operation ist also an erster Stelle ein Kapsel- oder Zonuladefekt (Price et al. 2005). Außerdem kann die Einnähung mit der Implantation einer artifiziellen Irisblende kombiniert werden, sodass bei Irisdefekten, beispielsweise nach einem Trauma oder einer Bulbusruptur, die transsklerale Linseneinnähung eine Behandlungsoption darstellt (Hermeking und Gerke 1997).

**Operationstechnik** Bei der transskleralen Linseneinnähung gibt es unterschiedliche Methoden, die sich hinsichtlich Fadenführung, Schnittgröße und episkleraler Fixierung der Fäden unterscheiden (Gekeler und Gekeler 2016). Es wird bei allen Methoden vor der Linsenimplantation eine Vitrektomie durchgeführt. Anschließend wird die

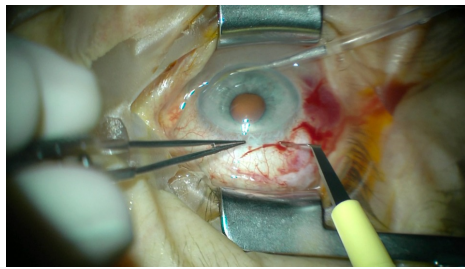


**Abbildung 1.5** – Augenschema mit den möglichen Operationszugängen

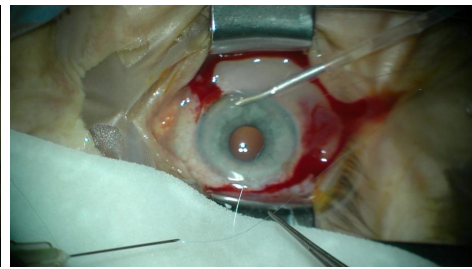
Vorderkammer und der Raum retro pupillär mit einem Viskoelastikum gefüllt, um das Corneaendothel von der Linse und den chirurgischen Instrumenten fernzuhalten, um eine Endothelschädigung zu verhindern (Bourne und Kaufmann 1976). Für die Naht wird zumeist ein 10-0-Prolenfaden verwendet.

Nach Durchführung eines gebogenen, astigmatismusneutralen, corneoskleralen Schnitts wird der 9-0- oder 10-0-Prolenfaden in eine 30-G-Kanüle eingefädelt und anschließend kontrolliert in das Auge eingestochen. Durch das retrograden Einfädeln in eine 30-G-Kanüle wird die Führungsnadel stabiler (Abb. 1.6, Bild c). Anschließend wird der Faden durch den Tunnel externalisiert, aber nicht abgeschnitten. Mit Hilfe der speziellen Knotentechnik nach Petersen wird der Faden an den Linsenbügeln verankert, sodass die gefaltete IOL eingeschoben werden kann. Abschließend werden die an den Bügeln verknoteten Fäden skleral vernäht.

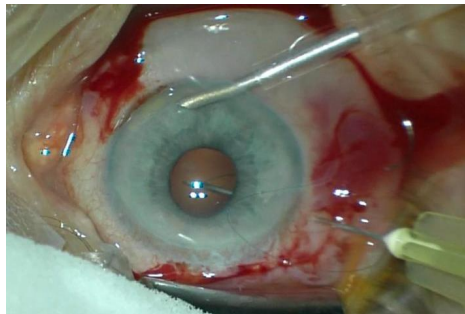
**Typische postoperative Komplikationen nach Einnähung** Nach einer Linseneinnähung kann es zu einer Reihe von Komplikationen kommen. Dazu gehören Blutungen verschiedener Strukturen (Vorderkammer (Hyphäma), Glaskörper, Bindehaut (Hyposphagma), Aderhaut, Iris) und Lageveränderungen der Linse. Zu den Lageveränderungen zählen die Verkippung und Luxation, die eine Reposition oder erneute Implantation einer Linse indizieren können. Außerdem kann es durch den Eingriff selbst oder durch Irritationen aufgrund des Fadens zu Entzündungsreaktionen kommen. Irisverletzungen können eine entrundete Pupille verursachen. Weitere irisassoziierte Komplikationen sind Irisschlottern durch ein Nichtaufliegen der Iris auf der Linse und ein Iris-Capture.



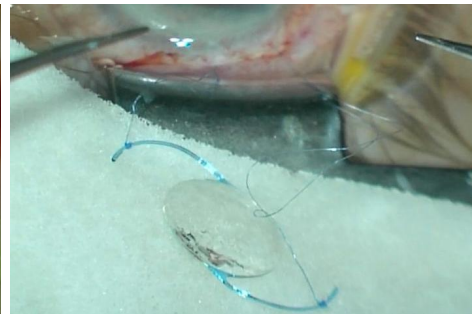
(a) Tunnelpräparation



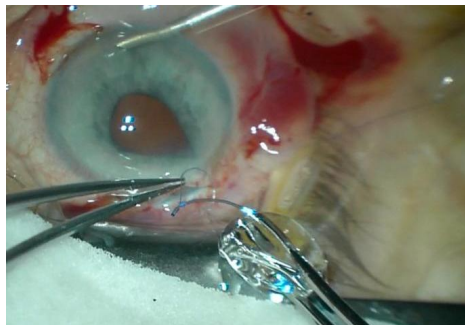
(b) Einfädeln



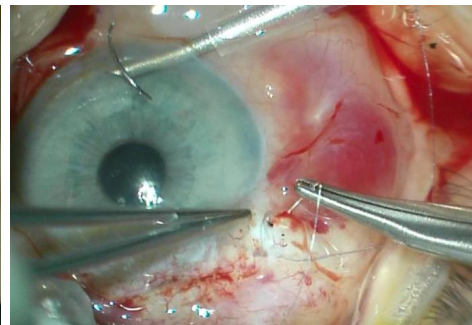
(c) Einstechen der Schlaufe



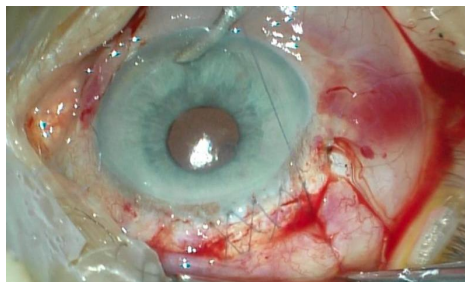
(d) Faden an IOL bds



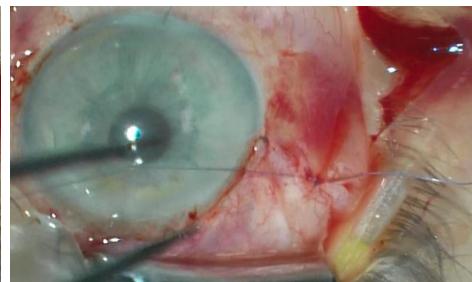
(e) IOL gefaltet in das Auge



(f) Sklerafixation



(g) Tunnelnaht



(h) Bindehautnaht

**Abbildung 1.6** – Fotos einer transskleralen Linseneinnäherung nach der oben beschriebenen Methode, mit freundlicher Genehmigung von Prof. Dr. N. Feltgen

Darüber hinaus können Ödeme (Hornhautepithelödem, cystoides Makulaödem), Bruch des Fadens und hohe postoperative Refraktionsfehler auftreten. Zu den bedrohlicheren Komplikationen zählen hauptsächlich Sekundärglaukom, Endophthalmitis, Ablatio retinae und Makula foramen. (Han et al. 2014; ul Mazhri und Qadri 2008; Evereklioglu et al. 2003; Wallmann et al. 2015; Das et al. 2016; Donaldson et al. 2005)

### 1.6.3 Weitere Operationsmethoden

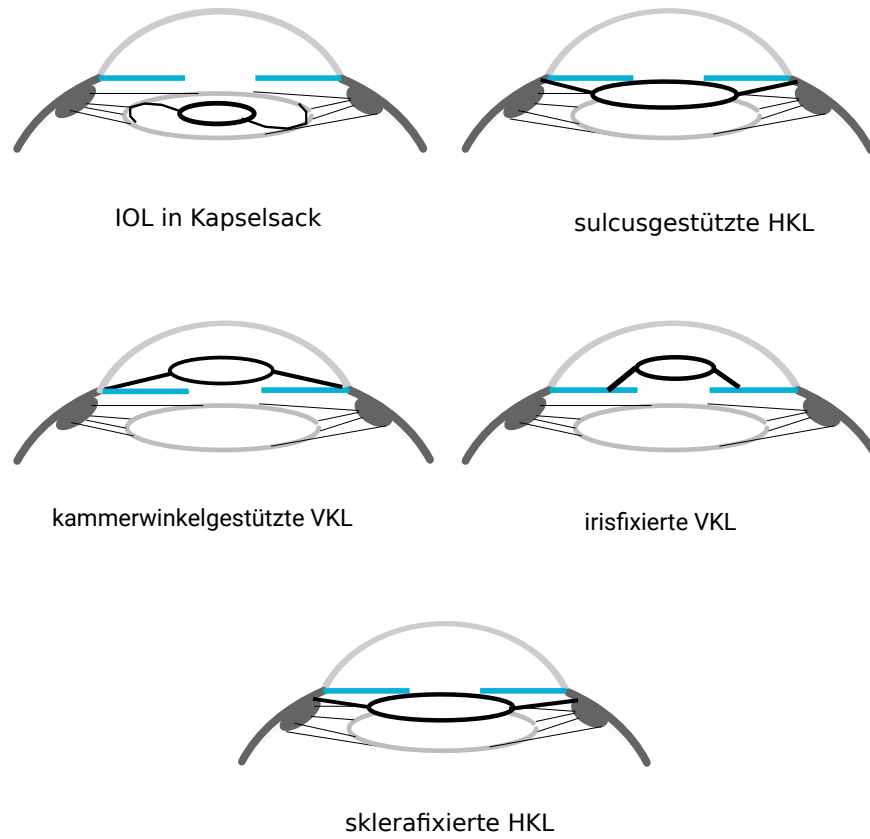
**Intrakapsuläre Kataraktextraktion** Die ICCE war Ende der 1970er Jahre die Methode der Wahl. Da hierbei aber die Linse mitsamt Kapsel entfernt wird und somit keine Implantation einer HKL in die Kapsel möglich ist, wird die ICCE in westlichen Ländern nun kaum angewandt. In Entwicklungsländern wird die ICCE noch praktiziert, da sie billiger als die ECCE ist und es zu keinem Nachstar kommt. Dafür ist das Risiko einer Netzhautablösung mit einer Prävalenz von 2-3% zehn Mal höher als bei der ECCE (Walter und Plange 2017; Grehn 2008; Lang 2014).

**Intrasklerale Haptikfixation der IOL** Die Skleraverankerung der HKL ähnelt der transskleralen Einnähung, nur dass bei der Verankerung die Haptiken nicht vernäht werden, sondern durch einen intraskleralen Tunnel externalisiert werden und so die Linse stabilisieren (Scharioth 2014).

**Sulcusgestützte HKL** Diese Operation ist die zweithäufigste Art der Implantation einer Linse. Sind Kapsel und Zonulaapparat für eine intrakapsuläre Implantation in einem nicht ausreichend guten Zustand, so besteht die Möglichkeit der Sulcusfixierung. Voraussetzung hierfür ist das Vorhandensein von Kapselresten, die die Linse nach posterior stabilisieren. Die Haptiken der Linse stützen sich im Sulcus ab und geben der Linse so Halt (Schulze et al. 2013). Hier werden Linsen mit einem Gesamtdurchmesser von 13mm verwendet (Findl 2009).

**Kammerwinkelgestützte VKL** Bei dieser Technik wird eine Linse in die Vorderkammer implantiert und stützt sich mit den Haptiken im Kammerwinkel ab. Die Operation





**Abbildung 1.7** – *Implantationsmöglichkeiten einer IOL*

geht schnell, doch ergeben sich aus der Position der Linse bzw. der Haptiken Komplikationen. Durch die Nähe zur Cornea kann es zum chronischen Endothelzellverlust mit Folge einer Corneadekompensation kommen. Die Haptiken im Kammerwinkel können den Kammerwasserabfluss behindern und ein Glaukom verursachen. Folge ist oftmals das Uveitis-Glaukom-Hyphäma (UGH)-Syndrom (Kim et al. 2016).

**Irisfixierte HKL oder VKL** Die Irisklauenlinse wird normalerweise von anterior an der Iris befestigt. Aufgrund der unphysiologischen Lage der Linse in der VK und der damit verbundenen Komplikationen wie Corneaendothelschäden (Sachsenweger 2003) wird die Irisklauenlinse mittlerweile auch retropupillar an der Iris verankert (Mennel



et al. 2004). Statt Verankerung durch die Klauen dieser speziellen Linse besteht auch die Möglichkeit einer irisnahtfixierten HKL. Hierbei wird die Linse am peripheren Teil der Iris vernäht, was zu weniger Entrundungen der Pupille führt als bei Irisklauenlinsen (Yazdani-Abyaneh et al. 2016). Diese Technik wird als Alternative zur transskleralen Einnäherung einer Linse gesehen (Shah et al. 2016).

## 1.7 Zielsetzung

Anlass dieser Arbeit ist die Tatsache, dass sich die Behandlung aphaker Augen verändert und zunehmend auch Clip-IOLs verwendet werden. Daher ist die Untersuchung der an der Universitätsaugenklinik Göttingen angewandten standardisierten Operationmethode zur Einnäherung von IOLs hinsichtlich der auftretenden Komplikationen relevant. Bei einem schlechten Komplikationsprofil der Operation könnte ein Versuch mit Clip-IOLs sinnvoll sein. Andererseits könnten irisfixierte Clip-IOLs verworfen werden, wenn die Ergebnisse die Erwartungen erfüllen.

In dieser Arbeit soll also ein Vergleich mit den Komplikationsprofilen aus anderen Studien zur hier untersuchten Operation erfolgen, um so die eigene Vorgehensweise kritisch hinterfragen zu können.

Richtungsweisende Fragen sind somit:

- Welche Komplikationen treten wie häufig auf?
- Zu welchem Zeitpunkt treten Komplikationen auf?
- Welche Korrelationen gibt es zwischen den einzelnen Komplikationen bzw. zwischen den Indikationen und Komplikationen?
- Wie entwickeln sich Visus, Tensio und Astigmatismus postoperativ?

# 2 Methoden

## 2.1 Vorgehen

In der Arbeit wurden die Komplikationen bei der Operation „Linseneinnähung“ der Universitätsaugenklinik Göttingen von 2007 bis einschließlich Mai 2017 retrospektiv erfasst.

Dafür wurden die Akten der Patienten mit einer solchen Operation durch das zentrale Datenmanagement der Universitätsmedizin Göttingen nach OPS-Ziffern herausgesucht. Folgende OPS Ziffern wurden gefiltert: 5-143.0c; 5-143.1c; 5-143.1g; 5-144.2g; 5-144.4j; 5-144.2c; 5-144.4c; 5-144.3c; 5-144.5c; 5-144.5g; 5-145.0c; 5-145.0g; 5-145.2; 5-146.0c; 5-146.0f; 5-146.1g; 5-146.2c; 5-146.2g

Als Ergebnis der Filterung ergab sich eine tabellarische Übersicht mit 439 Einträgen. Nach alphabetischer Sortierung der Patienten ergaben sich Dopplungen aufgrund von Operationen an beiden Augen. Da bei beidseits operierten Patienten immer nur das zuerst operierte Auge eingeschlossen wurden, um Verfälschungen aufgrund von individuellen Besonderheiten zu vermeiden, wurden diese Dopplungen bereinigt. Anschließend waren noch 399 Einträge vorhanden. Ausgeschlossen wurden Patienten mit schwer voroperierten Augen bzw. komplexer OP parallel zur Einnähung (Einnähung einer therapeutischen Kunstlinse, eingenähter Kunstiris, Kontaktlinsennaht, perforierende Keratoplastik), mit fehlenden Unterlagen zur Ersteinnhähung und mit nicht auffindbaren Akten bzw. sehr lückenhaften Akten.

Die Akten sollten retrospektiv analysiert und folgende Parameter beim Aktenstudium beachtet werden:

- Patientenalter bei Operation
- Patientengeschlecht
- betroffene Seite
- präoperativer Linsenstatus (phak, aphak, pseudoaphak)

- Diagnose (PEX-Syndrom, Trauma, Marfan-Syndrom, iatrogen, unklar, ...)
- Art der Operation (iris-, sklerafixiert)
- prä-/postoperative Brechkraft, Visus, Tensio des Studien-/Partnerauges
- Komplikationen (mit Zuordnung des Datums der Untersuchung; Bsp.: Tensio > 25 mmHg, Endophthalmitis, Ablatio retinae, Glaskörperblutung)
- Operationen, die während der untersuchten Operation zusätzlich gemacht wurden
- Anzahl und Art der linsenassoziierten Reoperationen im ersten Jahr

Nach Festlegung der Parameter wurde unter Mitarbeit eines Statistikers des Instituts für Medizinische Statistik eine Exceltabelle angefertigt. Daraufhin wurden die Akten in den dafür vorgesehenen Räumlichkeiten des Zentralarchivs ausgewertet. Schwerpunkte der Auswertung waren zum einen das Auftreten von Komplikationen während oder nach der Operation und zum anderen die Entwicklung des Visus durch die Operation.

Für die Auswertung der Komplikationen sollte vor allem nach visusbedrohenden Komplikationen und solchen, die eine Reoperation induzieren können, gesucht werden. Zu den visusbedrohenden Komplikationen wurden Aderhautblutung, Endophthalmitis und Ablatio retinae gezählt, wobei es sich um eine Abhebung der Netzhaut handelt. Komplikationen, die klinisch relevant sind, also die Gefahr einer Reoperation bergen, sind Luxation, Iris-Capture, entrundete Pupille, bestimmte Blutungen (Hyphäma, Irisblutung, GK-Blutung), Fadenprobleme und Druckproblematiken. In die Kategorie der Luxation wurden sowohl die Luxation im klassischen Sinne als auch eine Verkipfung und Dezentrierung gezählt; also jede visusbeeinflussende Lageveränderung der Linse. Unter einer Iris-Capture versteht man den Zustand, wenn ein Teil der Linse durch die Iris in die VK ragt. Ursächlich hierfür kann eine entrundete Pupille sein. Doch können beide Komplikationen ebenso unabhängig voneinander auftreten. Durch die Manipulation am Auge kann das Auftreten von verschiedenen Blutungen nicht ausgeschlossen werden. Das Hyposphagma (Bindehautblutung) tritt sehr häufig auf, ist allerdings unbedenklich. Dahingegen sind Hyphäma (VK-Blutung), Irisblutung und

Tabelle 2.1 – *Komplikationen nach Schweregrad*

<b>Schweregrad</b>	<b>Komplikation</b>
dauerhaft visusbedrohend	Aderhautblutung Ablatio retinae Endophthalmitis
klinisch relevant aber nicht visusbedrohend	Linsenluxation Blutung von Glaskörper, Iris, Hyphäma Iris-Capture entrundete Pupille Tensio $\leq 10$ mmHg Tensio $> 25$ mmHg scheuernder IOL-Faden
nicht in einem kausalem Zusammenhang mit der Operation stehend	Makulaforamen erneute Einnähung am gleichen Auge Irisauffälligkeiten (Verletzung, Irisschlottern)

GK-Blutung schwerwiegender. Durch mechanische Reizung durch einen scheuernden IOL-Faden können Schmerzen entstehen und Entzündungsreaktionen hervorgerufen werden. Als letzte klinisch relevante Komplikationen sollen die Druckentgleisungen genannt werden. Hierzu zählen sowohl ein Druck  $> 25$  mmHg als auch ein Druck  $\leq 10$  mmHg. Erfasst wurden auch Komplikationen ohne klaren kausalen Zusammenhang zur Linsenoperation: Das Makulaforamen tritt nicht als typische Folge der OP auf. Zu den Irisauffälligkeiten zählen die Verletzung und das Irisschlottern. Beim Irisschlottern liegt die Iris der Linse nicht an. Dieses Problem verschwindet meist mit der Zeit. Erfasst wurden ebenfalls die erneuten Einnähungen am selben Auge. Diese Komplikation ist in der Regel eine Folge der oben genannten Luxation. In der Tabelle 2.1 sind die erfassten Komplikationen nach Schweregrad sortiert.

Ein weiterer wichtiger Aspekt war die Lokalisation der eingenähten Linse, da es interessant ist zu sehen, ob sich diese auf die Art oder Anzahl der Komplikationen auswirkt. Die Einnähungen können unterteilt werden in iris- und sklerafixiert.

Für die Auswertung der postoperativen Visusentwicklung wurden alle Werte für Refraktion und Visus beidseits von der Aufnahmeuntersuchung bis zum letzten Akten- eintrag genutzt.

## 2.2 Statistik

Für die statistische Auswertung wurde die Software SAS, Version 9.3 (SAS Institute, North Carolina, USA, 2011), verwendet. Mit Hilfe des t-Tests wurde geprüft, ob sich der errechnete Mittelwert von einem Sollwert unterscheidet. Außerdem angewendet wurden der Chi-Quadrat-Test und der Exakte Test nach Fisher. Für die Ereigniszeit-Analyse wurde der Kaplan-Meier-Schätzer bestimmt und gezeichnet. Hier wird der Log-Rank-Test angewandt. Unterstützt wurde die statistische Auswertung durch Herrn Sebastian Pfeiffer vom Institut für Medizinische Statistik Göttingen.

Die Daten wurden durch absolute und relative Häufigkeiten sowie Mittelwert, Median und Standardabweichung dargestellt.

# 3 Ergebnisse

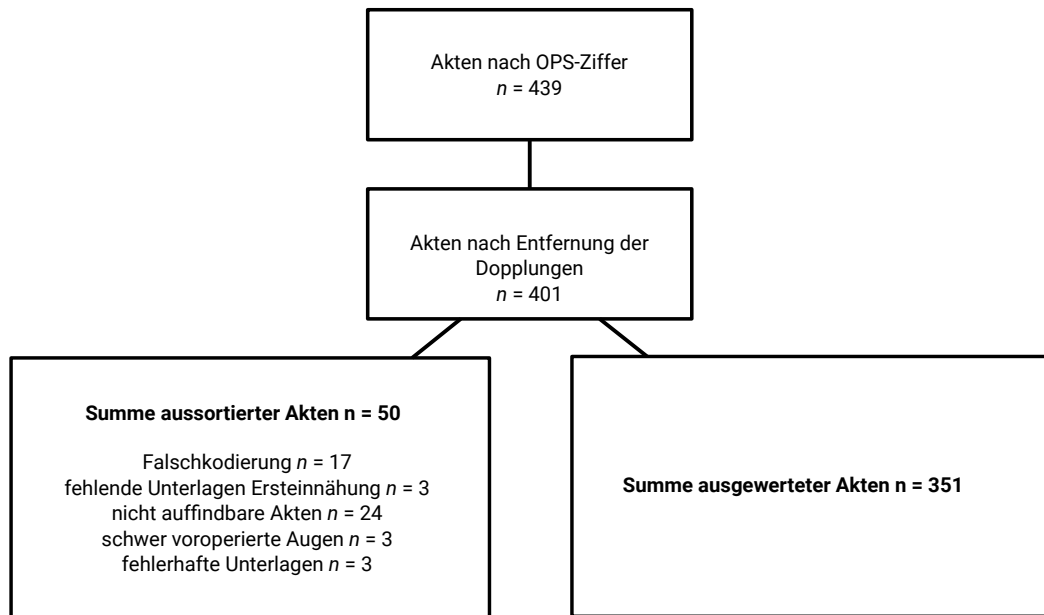
## 3.1 Patientenkollektiv

In dem vorgegebenen Zeitraum für die retrospektive Untersuchung wurden anhand der relevanten OPS-Ziffern 439 Patientenakten gefunden. Abzüglich der Dopplungen einzelner Patienten durch wiederholte Operationen ergab sich eine Summe von 401 Akten. Die Anzahl der abschließend ausgewerteten Akten betrug 351. Die Differenz von 50 Akten ergab sich aus folgenden Gründen (s. Abb. 3.1):

- Falschkodierung (keine Einnähung  $n = 6$ , Einnähung einer therapeutischen Kunstlinse  $n = 1$ , Einnähung einer Kunstiris:  $n = 8$ , Kontaktlinsennaht:  $n = 3$ ):  $n = 18$
- fehlende Akten zur Ersteinnähung:  $n = 3$
- nicht auffindbare Akten:  $n = 23$
- schwer voroperierte Augen (perforierende Keratoplastik):  $n = 3$
- unzureichende Dokumentation (OP-Bericht, Aufnahme-/Entlassungsbogen fehlen):  $n = 3$

Erfasst wurden Iris-Clip-Linsen und Skleraeinnähung. 338 (96,3%) der Patienten hatten eine Skleraeinnähung und 13 (3,7%) eine Irisbefestigung. In der folgenden Auswertung werden die sklerafixierten Linsen betrachtet. Auf die Iris-Clip-Linsen wird am Ende des Ergebnisteils gesondert eingegangen.

Von den 338 Patienten waren 160 weiblich (47,3%) und 178 männlich (52,7%). Es wurde 163 Mal (48,2%) das linke und 175 Mal (51,8%) das rechte Auge operiert. Das Patientenalter zum Zeitpunkt der Operation reichte von 2 bis 95 Jahren, wobei der Median bei 70 Jahren lag und die Standardabweichung betrug 19,8. Zur



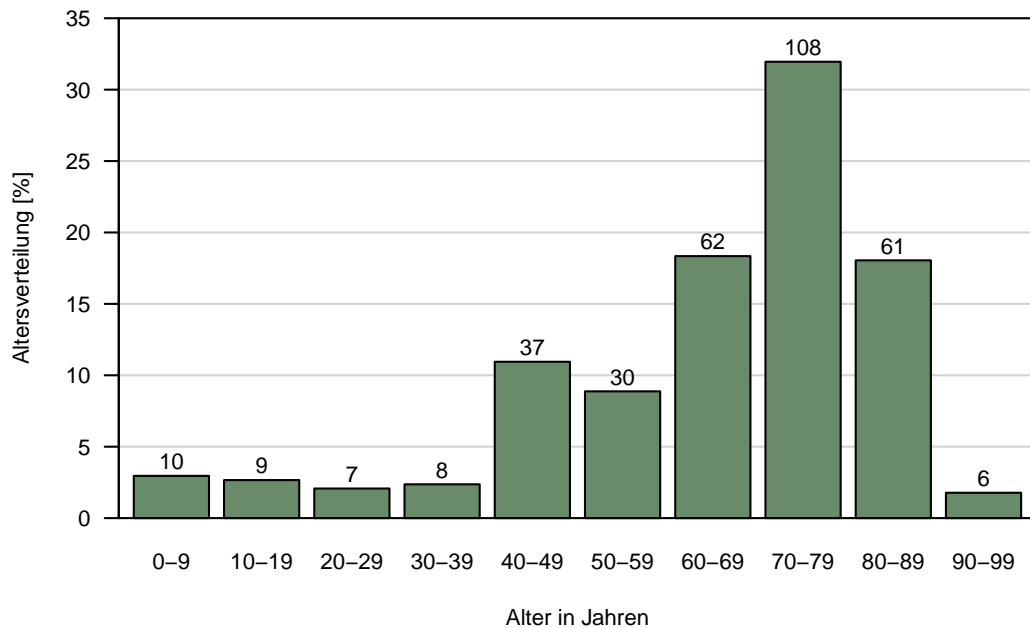
**Abbildung 3.1** – *Patientenkollektiv*

Nachbeobachtung kamen die Patienten zwischen 0 und 191,8 Monaten (ca. 16 Jahre), wobei sich ein Mittelwert von 12,79 Monaten ergab (Median 1,97 Monate) mit einer Standardabweichung von 27,64 Monaten. Von den untersuchten Patienten waren 65 (19,2%) präoperativ phak, 122 (36,1%) aphak und 151 (44,7%) pseudoaphak.

Die Abb. 3.2 zeigt die Altersverteilung der Patienten zum Zeitpunkt der OP. Die Altersgruppen zwischen 60-89 Jahren machen bereits 68% der in dieser Studie eingeschlossenen Patienten aus. Die Zahl auf den Säulen gibt die absolute Anzahl an.

## 3.2 Indikationen

Es gab eine Vielzahl von Indikationen, die zu den Linseneinnähungen geführt haben. Eine Kategorisierung der Indikationen auf eine übersichtliche Art und Weise ist daher schwer, da die Ausgangssituationen der Patienten sehr vielseitig waren und teils mehrere Indikationen zeitgleich vorlagen. Für eine bessere Übersicht wurden die Indikationen gruppiert. Wie in Tab. 3.1 zu sehen ist, machen die drei häufigsten Indikationen



**Abbildung 3.2** – Altersverteilung in Prozent, Werte über den Balken entsprechen dem absoluten Wert

bereits 87% aus. Die subluzierte HKL war in 35,1% der Fälle ursächlich für die Operation, gefolgt von iatrogenen Indikationen (Hinterkapselruptur und vorangegangene Kataraktoperation) mit 34,9% und Trauma mit 15,3%.

**Indikationskombinationen** Bei 268 Patienten lag nur eine Indikation vor. Bei den anderen 68 Patienten lagen 2 oder 3 Indikationen vor. Die Akten von 2 Patienten ließen auf keine Indikation schließen. Im Folgenden sollen die Indikationskombinationen erläutert werden. Als häufigste Kombination von Indikationen lag eine iatrogene Indikation zusammen mit einer subluzierten HKL vor (24 von 68). Darauf folgen Trauma kombiniert mit subluzierte HKL mit 10 Patienten. Beide Kombinationen lassen sich durch eine primäre Beeinträchtigung des Zonulaapparates erklären, die sekundär zu einer Subluxation geführt hat. Eine ebenfalls naheliegende Kombination war ein vorliegendes Marfan-Syndrom mit einer subluzierten eigenen Linse in 6 der 69 Fälle. Weitere Kombinationen sind in Tab. 3.2 aufgeführt.



**Tabelle 3.1** – *Operationsindikationen, mehrere pro Patient möglich*

<b>Indikationen</b>	<b><i>n</i></b>	<b>[%]</b>
subluxierte HKL	138	35,1
iatrogen	137	34,9
Trauma (Prellung, Berstung, Perforation)	60	15,3
subluxierte eigene Linse	19	4,8
Aphakie, Linsenentfernung nach Endophthalmitis	14	3,6
Marfan-Syndrom	10	2,5
subluxierte VKL	6	1,5
Aniridie	4	1,0
Iris-, Linsenkolobom	3	0,8
IOL Tausch wegen kristalliner Ablagerungen	2	0,5

**Tabelle 3.2** – *Indikationskombinationen*

<b>Indikationen 1</b>	<b>Indikation 2</b>	<b>Indikation 3</b>	<b><i>n</i></b>
iatrogen	subluxierte HKL		24
Trauma	subluxierte HKL		10
Marfan-Syndrom	subluxierte eigene Linse		6
iatrogen	Trauma		5
Trauma	subluxierte eigene Linse		5
iatrogen	subluxierte eigene Linse		3
iatrogen	Aniridie		2
iatrogen	Iris-, Linsenkolobom		2
iatrogen	Aphakie		2
Aniridie	Trauma		1
Trauma	Aphakie		1
iatrogen	Trauma	subluxierte HKL	1

### 3.3 Komplikationen

In Abb. 3.3 wird die prozentuale und absolute Häufigkeit dargestellt, mit der die Komplikationen unter allen Patienten auftraten. Die Komplikationsanzahl entspricht nicht der Zahl an Patienten mit Komplikation, da es bei einigen Patienten zu mehreren Komplikationen kam: Es traten 367 Komplikationen auf, verteilt auf 230 Patienten, also 68 % der Patienten. In dem Säulendiagramm sind die verschiedenen Komplikationen entsprechend ihres Schweregrades farblich markiert. Dauerhaft visusbedrohende Komplikationen sind rot markiert, klinisch relevante gelb und Komplikationen ohne klaren kausalen Zusammenhang zur Linsenoperation blau. Die grüne Säule stellt die Anzahl an komplikationsfreien Verläufen dar. Trotz Nichtvorkommens einer Endophthalmitis wird sie mit aufgeführt, um zu zeigen, dass diese dauerhaft visusbedrohende Komplikation im vorliegenden Patientenkollektiv nicht auftrat.

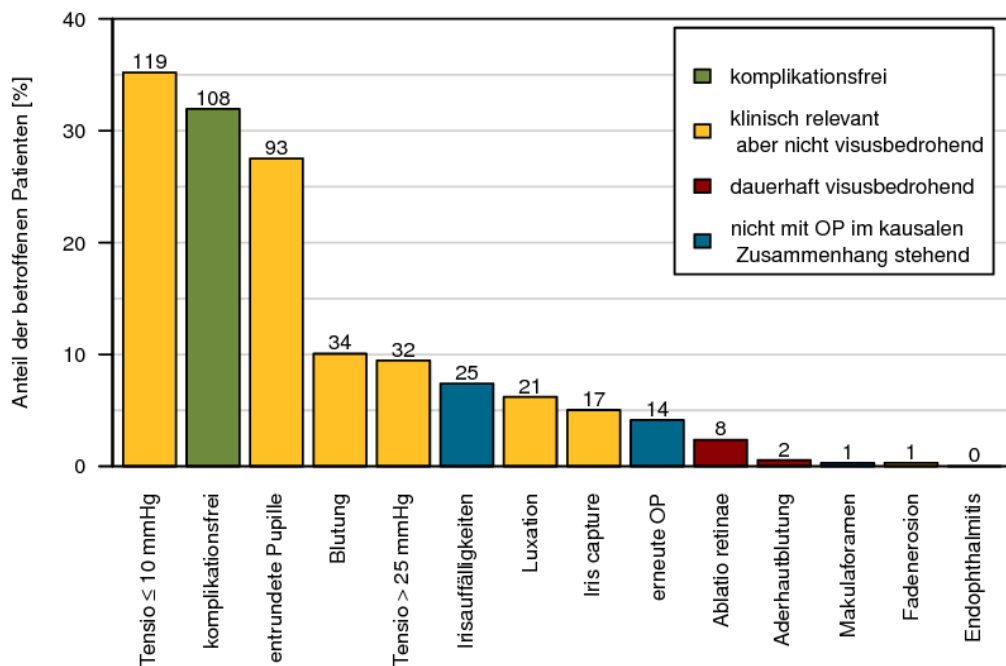
In Abb. 3.4 wird der Anteil jedes Schweregrades an allen Komplikationen dargestellt. Auffällig ist, dass die klinisch relevanten Komplikationen mit 86,4 % den Großteil der Komplikationen ausmachen. Dauerhaft visusbedrohende Komplikationen machen 2,7 % aller Komplikationen aus und betreffen damit 3,0 % der Patienten ( $n = 10$ ).

Neben der Betrachtung der Art der aufgetretenen Komplikationen ist auch der Zeitpunkt des Auftretens interessant. In Abb. 3.5 ist die Anzahl an Patienten, die am jeweiligen Tag mindestens eine Komplikation hatten, dargestellt. In den ersten 7 Tagen nach der Operation traten 49 % der Komplikationen auf ( $n = 164$ ). Im ersten Zeitraum (Tag 1 - 60 postoperativ) traten 281 Komplikationen auf. Zwischen Tag 61 und Tag 180 postoperativ waren es nur noch 60 Komplikationen. In Tab. 3.3 ist zusätzlich zu sehen, wie viel Prozent der beobachteten Patienten im jeweiligen Zeitraum eine Komplikation hatten. Die Prozentzahl nimmt von anfänglich 57,8 % ab bis auf 14 %, um dann ab dem zweiten Beobachtungsjahr postoperativ wieder anzusteigen.

**Kaplan-Meier-Schätzer: Komplikationen** Für die Kaplan-Meier-Schätzer (Abb. 3.6) werden die Komplikationen in zwei Gruppen unterteilt: Zum einen die klinisch relevanten, aber nicht visusbedrohenden Komplikationen (Komplikationsgruppe 1), zum anderen die dauerhaft visusbedrohenden Komplikationen (Komplikationsgruppe 2).

**Tabelle 3.3** – *Komplikationshäufigkeit pro Zeitraum, pro Tag und pro Patient wurde bei Vorliegen mehrerer Komplikationen nur eine Komplikation gezählt*

Beobachtungszeitraum	Anzahl beobachteter Patienten	Anzahl Komplikationen	beobachtete Patienten mit Komplikationen <i>n</i> (%)
Tag 1 - 60	332	281	192 (57,8 %)
Tag 61 - 180	167	60	45 (27 %)
Tag 181 - 365	107	19	15 (14 %)
Tag 366 - 730	82	18	13 (15,9 %)
ab Tag 731	48	24	19 (39,6 %)



**Abbildung 3.3** – *Anteil der von der jeweiligen Komplikation betroffenen Patienten. Werte über den Balken entsprechen dem absoluten Wert. Da bei manchen Patienten mehrere Komplikationen aufgetreten sind, liegt die Summe der Prozentzahl über 100 %*

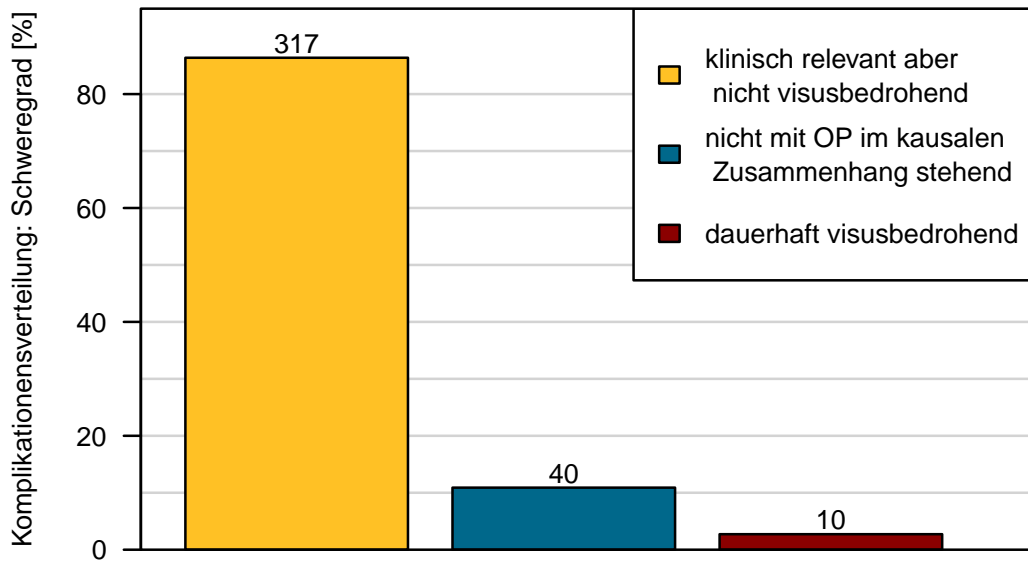


Abbildung 3.4 – Komplikationen nach Schweregrad, Werte über den Balken entsprechen dem absoluten Wert

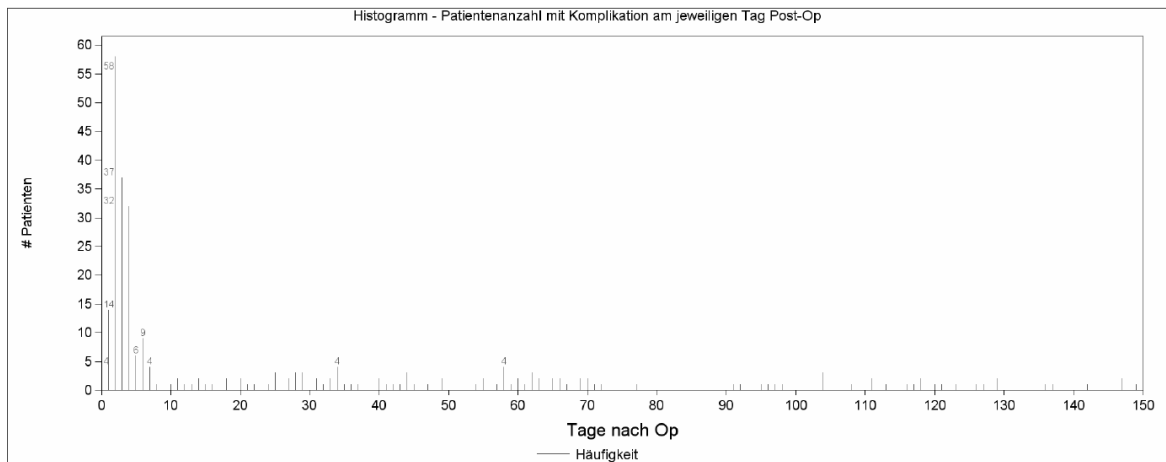
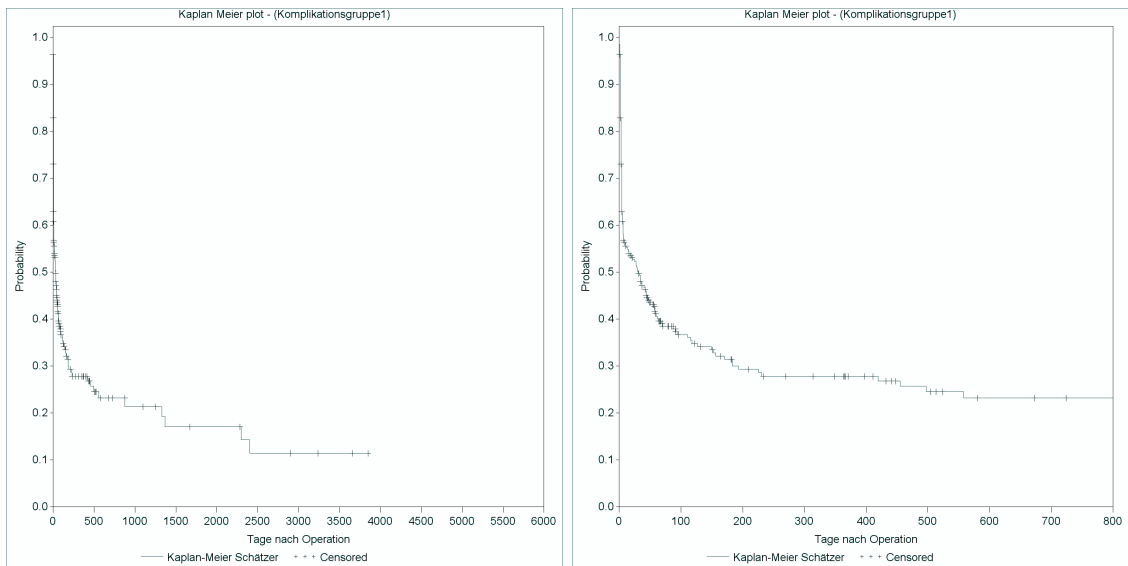


Abbildung 3.5 – Aufgetragen ist die Anzahl an Patienten, die am jeweiligen Tag mindestens eine Komplikation hatten gegen die Zeit (in Tagen)

In dem Diagramm a) der Abb. 3.6 werden noch beobachtete Patienten ohne klinisch relevante Komplikationen gegen die Zeit dargestellt. Der Schätzer stellt dar, wie

viele Patienten vermutlich zu jedem Zeitpunkt komplikationsfrei gewesen wäre, wenn man alle Patienten bis zum letzten dokumentierten Akteneintrag einer Komplikation der jeweiligen Gruppe beobachtet hätte. Für die Komplikationsgruppe 1 beträgt der geschätzte Wert 11,4% nach 2405 Tagen, für die dauerhaft visusbedrohenden Komplikationen im Diagramm b) dagegen 93% nach 442 Tagen. Auf die Aussagekraft dieser Werte wird in der Diskussion näher eingegangen.



(a) *klinisch relevante aber nicht visusbedrohende Komplikationen*

(b) *dauerhaft visusbedrohende Komplikationen*

**Abbildung 3.6** – Kaplan-Meier-Schätzer: Jedes Kreuz steht für einen Patienten, bei dem ab Operation bis zum letzten Akteneintrag noch kein Ereignis (Komplikation) dokumentiert wurde. Der Kaplan-Meier-Schätzer betrachtet immer die Patienten, welche zu einem gewissen Zeitpunkt nach der Operation noch unter Risiko stehen, also bis zu dem Zeitpunkt noch beobachtet werden und noch keine Komplikation hatten. Die Stufen stehen für Ereignisse, also Patienten die zu dem Zeitpunkt ihre erste dokumentierte Komplikation haben. Die Kurve zeigt also, wie hoch das Risiko ist, zu einem gewissen Zeitpunkt mindestens ein Ereignis (Komplikation) erfahren zu haben. Somit stellt der Kaplan-Meier-Schätzer dar, wie viele Patienten vermutlich zu jedem Zeitpunkt noch komplikationsfrei gewesen wären, für den konstruierten Fall, dass alle Patienten bis zum letzten dokumentierten Akteneintrag einer Komplikation der jeweiligen Komplikationsgruppe beobachtet worden wären.

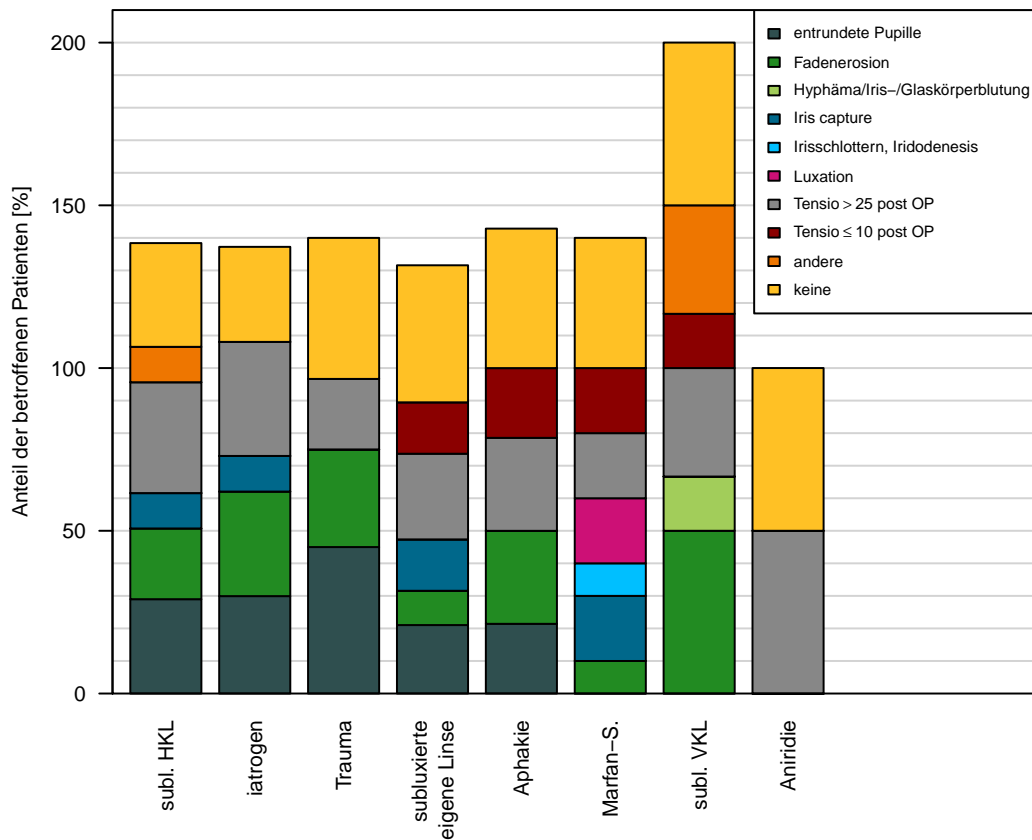
**Zusammenhang: Komplikation-Indikation** Interessant ist die Betrachtung der spezifischen Komplikationspektren der einzelnen Indikationen. Die Abb. 3.7 und 3.8 stellen nur Indikationen dar, die bei  $> 1\%$  der Patienten Operationsgrund waren. *Iris-/Linsenkolobom* und *IOL-Tausch wegen kristalliner Ablagerungen* waren nur drei bzw. zwei Mal Operationsgrund und liegen somit unter  $1\%$ . Außerdem wurden alle Komplikationen, die innerhalb einer Indikation mit  $10\%$  und weniger vorkamen unter *andere* zusammengefasst.

In Abb. 3.7 ist für jede Indikation aufgeschlüsselt, bei wie viel Prozent der Patienten die unterschiedlichen Komplikationen aufgetreten sind. Da pro Patient mehrere Komplikationen möglich waren, ergibt die Summe der Komplikationen nicht  $100\%$ .

*Tensio  $\leq 10$  mmHg*, *entrundete Pupille* und *keine* (Komplikationen) traten bei allen Indikationen auf. Die Werte für *Tensio  $\leq 10$  mmHg* liegen zwischen  $29,2\%$  und  $50\%$ . Deutlich höher ist die Schwankung bei *entrundete Pupille* mit  $10\%$ - $50\%$ . In  $20\%$ - $35\%$  der Fälle traten keine Komplikationen auf. *Tensio  $> 25$  mmHg* trat nur bei den Indikationen *subluxierte HKL* und *subluxierte VKL* bei mehr als  $10\%$  der Patienten auf. Die Komplikationen *Iris-Capture* und *Irisschlottern*, *Iridodonesis* erscheinen in der Abb. 3.7 nur bei *Marfan-Syndrom* mit einer Häufigkeit von  $10\%$  bzw.  $20\%$ . Es fällt auf, dass der summierte Wert der Komplikationen bei allen Indikationen, außer bei *subluxierter VKL*, zwischen  $102,2\%$  und  $120,0\%$  schwankt. Bei *subluxierter VKL* liegt der Wert mit  $166,7\%$  deutlich höher, also traten hier mehr Komplikationen auf.

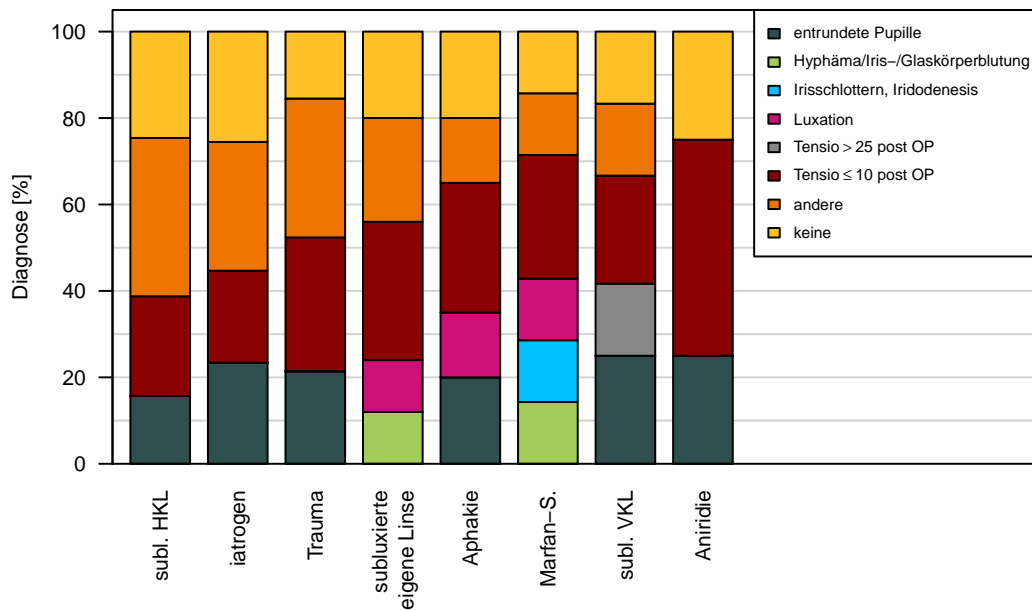
Die Komplikationen *Irisverletzung*, *erneute OP am gleichen Auge*, *Iris-Capture*, *Aderhautblutung*, *Ablatio retinae* und *Makulaforamen* fallen bei allen Indikationen unter die Kategorie *andere*, da sie bei keiner Indikation die  $10\%$ -Grenze überschreiten. Somit sind die dauerhaft visusbedrohenden Komplikationen (*Ablatio retinae*, *Makulaforamen*) selten genug aufgetreten, um in der Abb. 3.7 nicht gesondert aufzutreten. Das *Makulaforamen* trat insgesamt nur einmal auf. Dieser Patient wurde aufgrund eines Traumas behandelt. *Ablatio retinae* trat acht Mal auf; davon drei Mal bei der Indikation *iatrogen*, vier Mal bei *Trauma* und einmal bei *subluxierter eigener Linse*. Zusätzlich zu diesen Komplikationen kommen, wie aus der Abb. 3.7 ersichtlich wird, bei den unterschiedlichen Indikationen noch weitere Komplikationen zu *andere* hinzu.

In Abb. 3.8 ist für jede Indikation aufgeschlüsselt, welchen prozentualen Anteil die



**Abbildung 3.7** – *Korrelation der Indikationen und Komplikationen: Dargestellt ist für jede Indikation die Auftretenshäufigkeit der unterschiedlichen Komplikationen bei allen Patienten mit dieser Indikation, alle Komplikationen mit einer Auftretenshäufigkeit von 10 % und weniger sind in der Kategorie 'andere' zusammengefasst*

einzelnen Komplikationen unter allen Komplikationen einnehmen. Bei den Indikationen mit einer großen Stichprobe, *subluxierte HKL* (138), *iatrogen* (137) und *Trauma* (60), ähnelt sich die Komplikationsverteilung. *Luxation* macht bei den Indikationen *subluxierte eigene Linse*, *Aphakie* und *Marfan-Syndrom* zwischen 12 % und 15 % aller Komplikationen aus. *Hyphäma-/Iris-/Glaskörperblutung* stellt nur bei den Indikationen *subluxierte eigene Linse* und *Marfan-Syndrom* einen nennenswerten Anteil der Komplikationen dar.



**Abbildung 3.8** – *Korrelation der Indikationen und Komplikationen: Dargestellt ist für jede Indikation der prozentuale Anteil der einzelnen Komplikation unter allen Komplikationen, alle Komplikationen mit einer Auftretenshäufigkeit von 10 % und weniger sind in der Kategorie 'andere' zusammengefasst*

**Komplikationskombinationen** Bei Betrachtung der aufgetretenen Komplikationskombinationen sind kaum typische Muster zu finden. Die häufigste Kombination kam 20 Mal vor und war ein Augeninnendruck von  $\leq 10$  mmHg und eine entrundete Pupille, gefolgt von Tensio  $> 25$  mmHg kombiniert mit entrundeter Pupille (fünf Mal). Die Kombination von Tensio  $> 25$  mmHg und Hyphäma trat vier Mal auf, entrundete Pupille und Iris-Capture nur zwei Mal.

**Zusammenhang: Komplikation-Linsengröße** Die Auswertung des Zusammenhangs zwischen Linsengröße und Komplikation ist erschwert durch die unterschiedlich häufige Verwendung der verschiedenen Linsengrößen. In Tab. 3.4 wird die Häufigkeit von Iris-Capture und Luxation im Zusammenhang mit den Linsengrößen dargestellt. Die Häufigkeit eines Iris-Captures steigt mit der Größe der Linse. So verursachen 3,7 % der 6,0 mm - Linsen und 5,6 % der 7,0 mm - Linsen ein Iris-Capture. Bei der Luxation



ist dieser Zusammenhang nicht ersichtlicht: Die mittlere Linsengröße verursacht eine Luxation am häufigsten.

**Tabelle 3.4** – Zusammenhang zwischen Komplikation und Linsengröße bei Iris-Capture und Luxation, angegeben ist die Gesamtzahl der implantierten Linsen nach Größe, absolute und relative Auftretenshäufigkeit der zwei Komplikationen unter allen implantierten Linsen der jeweiligen Größe

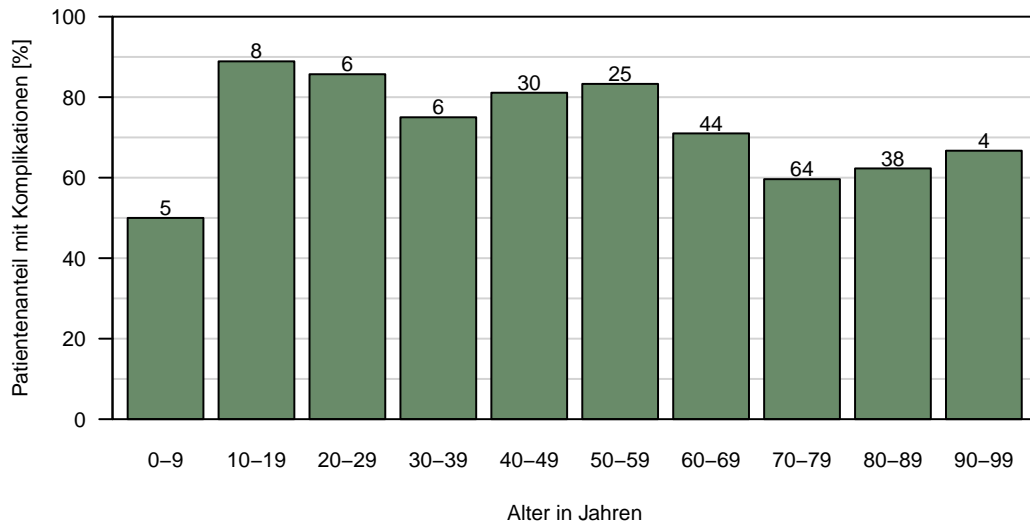
Linsengröße	Gesamt	Iris-Capture $n$ (%)	Luxation $n$ (%)
6,0 mm	54	2 (3,7)	4 (7,4)
6,5 mm	24	1 (4,2)	2 (8,3)
7,0 mm	198	11 (5,6)	12 (6,1)

**Zusammenhang: Komplikation-Alter** In Abb. 3.9 wird der Patientenanteil mit dokumentierten Komplikationen dargestellt. In den Randgruppen (0-9 Jahre, 10-19 Jahre, 20-29 Jahre, 30-39 Jahre, 90-99 Jahre) sind die Stichproben sehr klein (5, 8, 6, 6, 4 Patienten), sodass die Aussagekraft geringer ist als in den anderen Altersgruppen. Doch ist zu sehen, dass sich die Komplikationshäufigkeitsrate zwischen 50% und 88,9% bewegt. Nimmt man nur die Altersgruppen mit einer Stichprobengröße  $> 10$ , so reduziert sich der Bereich auf die Werte zwischen 59,3% und 83,3%.

Nach Fisher's exaktem Test lag der p-Wert bei 0,03. Somit ist der Zusammenhang zwischen Alter und Auftreten von Komplikationen signifikant.

### 3.4 Paralleloperationen

Während der Einnähung wurden in 77,8% der Operationen parallel noch weitere Operationen durchgeführt. Am häufigsten kam es zu Pars-plana-Vitrektomie (PPV) (bei 21,5% der Patienten) und vordere Vitrektomie (bei 17,7% der Patienten). In Tab. 3.5 werden nur Operationen aufgeführt, die in mindestens einem Prozent der Fälle durchgeführt wurden. Differenziert ausgewertet wurden die Indikationen *luxierte Linsen* (luxierte eigene Linse, luxierte HKL, luxierte VKL) und *Trauma*. Bei den



**Abbildung 3.9** – Patienten mit Komplikationen nach Altersgruppen, Werte über den Balken entsprechen dem absoluten Wert

luxierten Linsen wurde öfter als bei Traumaaugen die PPV und vordere Vitrektomie durchgeführt. Dagegen waren Iris-, Pupillenrekonstruktion, Ölfüllung und Irisnaht häufiger bei Traumaaugen.

### 3.5 Erneute Operationen binnen eines Jahres nach Linseneinnähung

Bei 27 Patienten (8%) wurden innerhalb des ersten postoperativen Jahres erneute Operationen durchgeführt. Eine Übersicht über Art und Häufigkeit der Operationen gibt Tab. 3.6.

Die häufigsten Re-Operationen waren Vorderkammerspülung mit zehn Mal, Reposition nach Iris-Capture (5) und erneute Einnähung/Refixation (5). Betrachtet man den Zusammenhang zwischen Auftreten von Komplikationen und Durchführung einer Re-Operation, so fällt auf, dass 25 der 27 Patienten mit Re-OP zuvor Komplikationen hatten.

**Tabelle 3.5** – Durchgeführte Paralleloperationen mit einer Gesamthäufigkeit von  $\geq 1\%$ , gesondert aufgeführte Indikationen sind luxierte Linsen (eigene Linse, HKL, VKL) und Trauma

Parallel-Operation	alle Indikationen	luxierte Linsen	Trauma
PPV	110 (22%)	58 (33,3%)	12 (11,8%)
vordere Vitrektomie	88 (17,6%)	40 (23%)	14 (13,7%)
Phakoemulsifikation	47 (9,4%)	8 (4,6%)	6 (5,9%)
Iris-, Pupillenrekonstruktion	33 (6,6%)	8 (4,6%)	13 (12,7%)
Iridektomie	31 (6,2%)	14 (8%)	5 (4,9%)
Kapselausschneidung	26 (5,2%)	7 (4%)	5 (4,9%)
Re-Vitrektomie	21 (4,2%)	6 (3,4%)	5 (4,9%)
Öl-Ex	20 (4%)	2 (1,1%)	5 (4,9%)
Lentektomie	17 (3,4%)	7 (4%)	5 (4,9%)
fluid gas exchange	17 (3,3%)	2 (1,1%)	5 (4,9%)
Endolaser	16 (3,2%)	4 (2,3%)	4 (3,9%)
Ölfüllung	14 (2,8%)	1 (0,6%)	6 (5,9%)
Irisnaht	12 (2,4%)	1 (0,6%)	5 (4,9%)
Irisspreizhäkchen	8 (1,6%)	1 (0,6%)	1 (1%)
Entfernung Kapselspannring	6 (1,2%)	3 (1,7%)	0 (0%)
Endolaser Ciliarkörper	5 (1,0%)	3 (1,7%)	0 (0%)

### 3.6 Visus

Die Entwicklung des Visus wurde sowohl absolut als auch relativ erfasst. Bei den absoluten Werten sind in Abb. 3.10 sowohl die logMAR-, als auch die Dezimalwerte dargestellt. Ein hoher Balken entspricht also einem schlechteren Visus als ein niedriger Balken. Die Werte des Zeitraums zwischen zwei Wochen vor der OP und der OP (-14 - OP) entsprechen den präoperativ gemessenen Werten. Die relativen Werte in Abb. 3.11 beziehen sich immer auf den Referenzzeitraum, der den zwei Wochen vor der OP entspricht. Die Studienaugen sind in dunkelgrau und die Partneraugen in hellgrau dargestellt.

**Tabelle 3.6** – *erneute Operationen innerhalb des ersten Jahres nach Linseneinnä-  
hung, Prozentzahl bezieht sich auf Anteil an allen Re-Operationen*

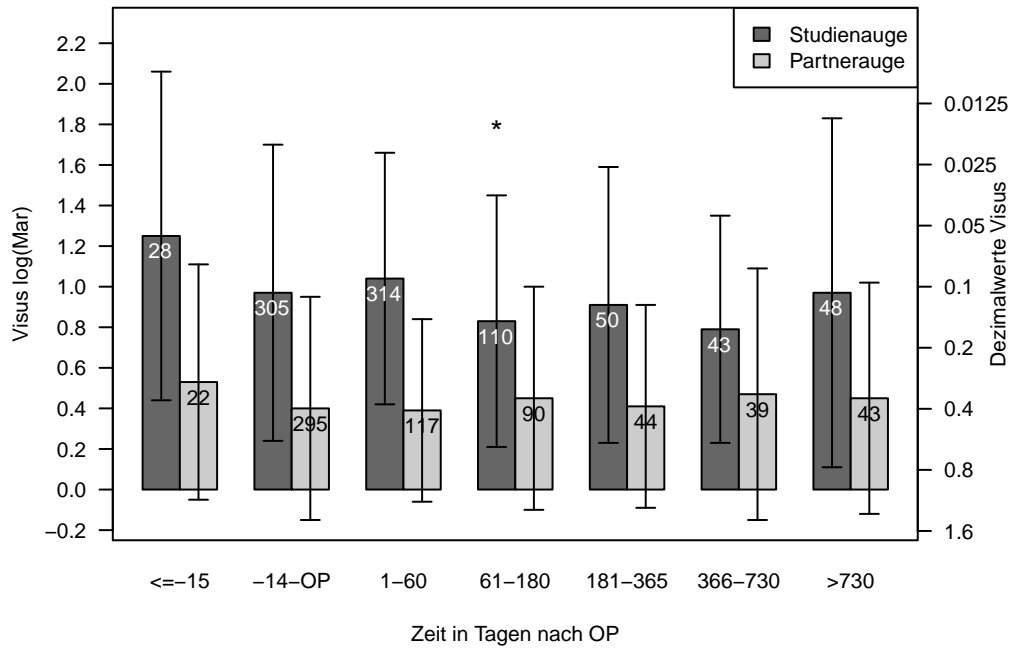
<b>Operation</b>	<b><i>n</i></b>	<b>[%]</b>
Vorderkammerspülung	10	32,3
Reposition nach Iris-Capture	5	16,1
erneute Einnähung/Refixation	5	16,1
Glaskörperspülung	2	6,5
Iridoplastik	2	6,5
Synechiolyse	2	6,5
Irisnaht	1	3,2
YAG-PIE	1	3,2
Lösen eines Iris caputures	1	3,2
HKL Tausch	1	3,2

Zu sehen ist, dass die Partneraugen im ganzen Beobachtungszeitraum einen besseren Visus hatten und sich dort die Werte, wie zu erwarten war, kaum geändert haben.

Der Visus der Studienaugen war in der Zeit mehr als zwei Wochen vor der OP schlechter als direkt vor der OP. Durch die OP hat er sich bis zum letzten Beobachtungszeitraum kaum geändert. Die größte Verbesserung beträgt -0,2 (logMAR), sodass der dezimale Visus dann bei 0,2 lag.

In Abb. 3.11 ist die relative Visusentwicklung dargestellt. Hier ist deutlich zu erkennen, dass der Visus länger vor der OP schlechter ist und hier auch direkt nach der OP zuerst abfällt, um langfristig unter dem präoperativen Wert zu bleiben.

Die Standardabweichungen nehmen während des Beobachtungszeitraums zu, was auf die Ausdünnung der Patientenzahl zurückzuführen ist. Bei den absoluten Visuswerten des Studienauges wurde direkt vor der Operation der Visus von 305 Augen gemessen. Im letzten Zeitraum waren es nur noch 48 Augen. Auch bei Tensio und Astigmatismus liegt eine vergleichbare Abnahme der Anzahl an Messwerten vor.

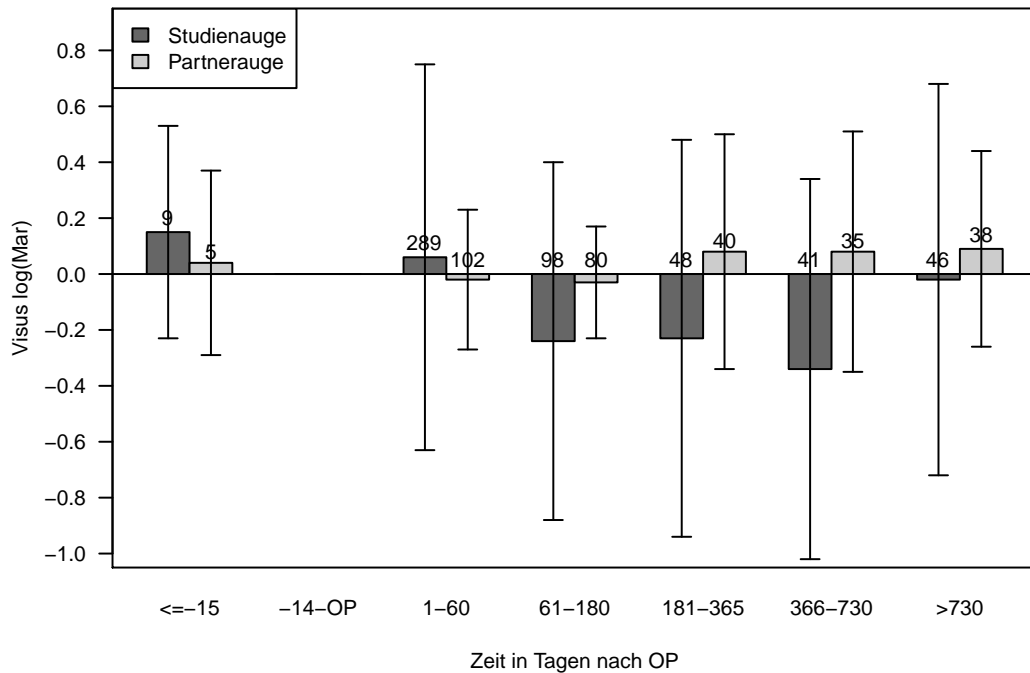


**Abbildung 3.10** – *Visusentwicklung in absoluten Werten: Aufgetragen ist der Visus gegen die Zeit, die Zahl an jedem Balken steht für die Anzahl an untersuchten Patienten pro Zeitraum, eingetragen sind zusätzlich die Standardabweichungen. Signifikante Änderungen zu dem Zeitraum -14 - OP sind mit einem Stern gekennzeichnet, Signifikanzschwelle: <0,05*

### 3.7 Augeninnendruck

Im Diagramm 3.12 sind die absoluten Augeninnendruckwerte in mmHg angegeben. Zu sehen sind Schwankungen bei beiden Augen, wobei die des Studienauges größer sind. Vor der OP liegt der Druck des Studienauges bei 16,94 mmHg. Direkt postoperativ sinkt der Augendruck zuerst auf 14,2 mmHg, um sich anschließend dem präoperativen Wert anzunähern (16,8%). Die Werte ab einem halben Jahr nach der OP sind höher als vor der OP. Beachtet man die Standardabweichungen kann man sagen, dass der Augeninnendruck sich postoperativ erholt und dann im weiteren Verlauf stabil bleibt.

Der Wert des Partnerauges schwankt, bleibt aber immer im Bereich zwischen 14,4 und 16,3 mmHg.



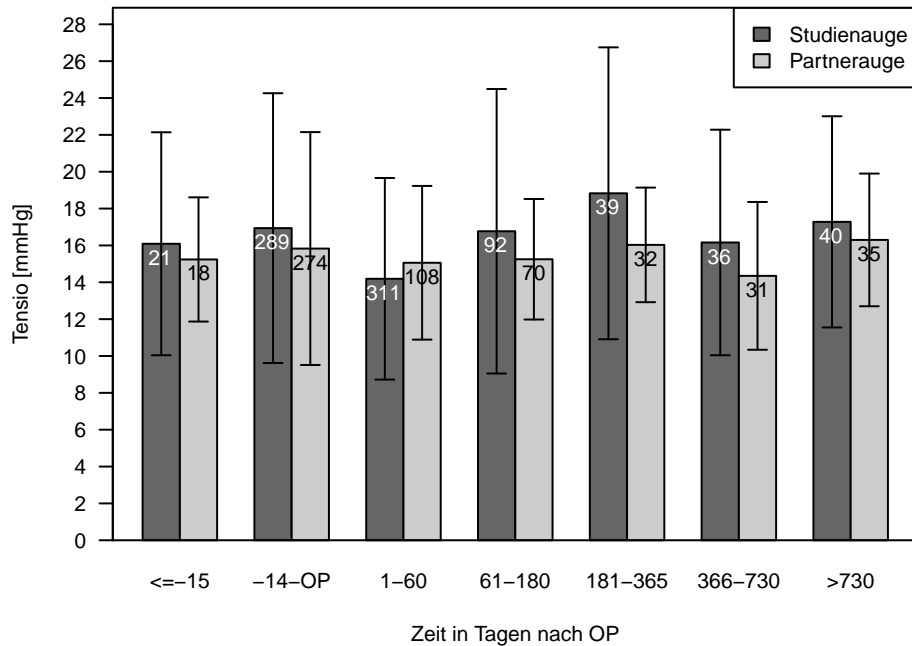
**Abbildung 3.11** – *Visusentwicklung in relativen Werten: Aufgetragen ist die Visusveränderung gegen die Zeit, als Referenzzeitraum dienen die zwei Wochen vor OP, die Zahl an jedem Balken steht für die Anzahl an untersuchten Patienten pro Zeitraum, eingetragen sind zusätzlich die Standardabweichungen*

Betrachtet man also die Gesamtheit der Augen, so sind die postoperativen Werte schwankend, aber tendenziell geringer als direkt präoperativ. Nur die Werte der Augen mit einer langen Nachkontrolle sind höher.

In Abb. 3.13 ist die Tensioentwicklung im Vergleich zum Referenzzeitraum dargestellt. Die Werte des Studienauges sind im Zeitraum von mehr als zwei Wochen vor der Operation um 5,9 mmHg geringer als direkt vor der Operation. Darauf folgend nimmt der Augendruck in den ersten 60 Tagen nach Operation um 2,8 mmHg ab.

Anschließend pendelt der Augeninnendruck, bleibt aber bis auf den letzten Zeitraum immer unter dem Referenzwert. Nur im Zeitraum > 730 Tage postoperativ übersteigt der Wert dann den Referenzwert um 0,1 mmHg, also nur geringfügig.

Der Augendruck des Partnerauges ändert sich im Verlauf leicht, bleibt aber immer nahe des Referenzwerts.

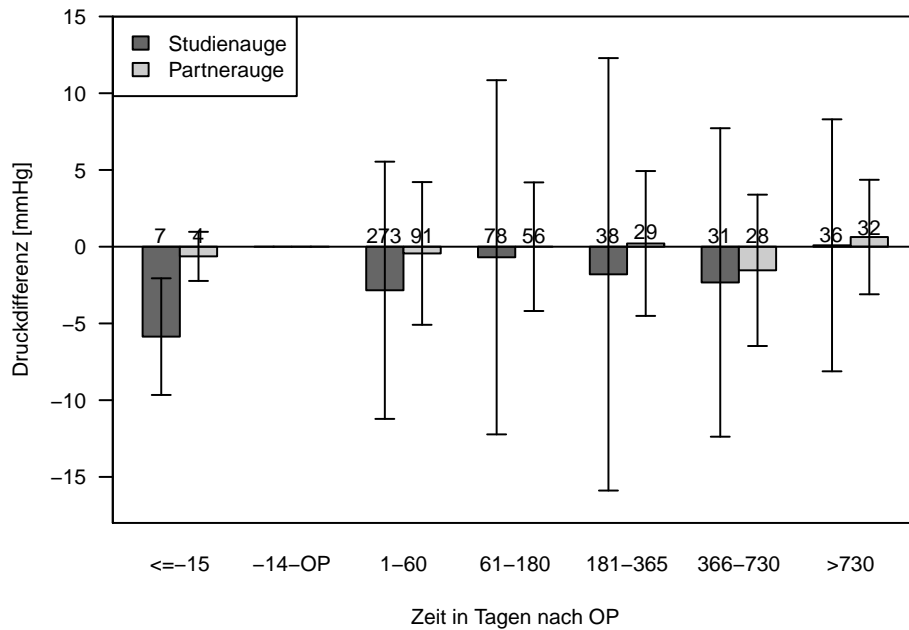


**Abbildung 3.12** – *Tensioentwicklung in absoluten Zahlen: Aufgetragen ist der Augeninnendruck gegen die Zeit, die Zahl an jedem Balken steht für die Anzahl an untersuchten Patienten pro Zeitraum, eingetragen sind zusätzlich die Standardabweichungen*

Gesondert betrachtet wurden Patienten mit einem postoperativen Augeninnendruck von  $\leq 10$  mmHg und  $> 25$  mmHg. Patienten die einen solchen Wert zusätzlich praeoperativ hatten, wurden nicht gewertet.

In Abb. 3.14 sind die absoluten Werte dieser beiden Gruppen dargestellt und in Abb. 3.15 die relative Entwicklung. Die dunkelgrauen Balken zeigen die Entwicklung von Augen mit mindestens einem postoperativen Wert von  $\leq 10$  mmHg, die hellgrauen die Entwicklung von Augen mit mindestens einem postoperativen Wert von  $> 25$  mmHg.

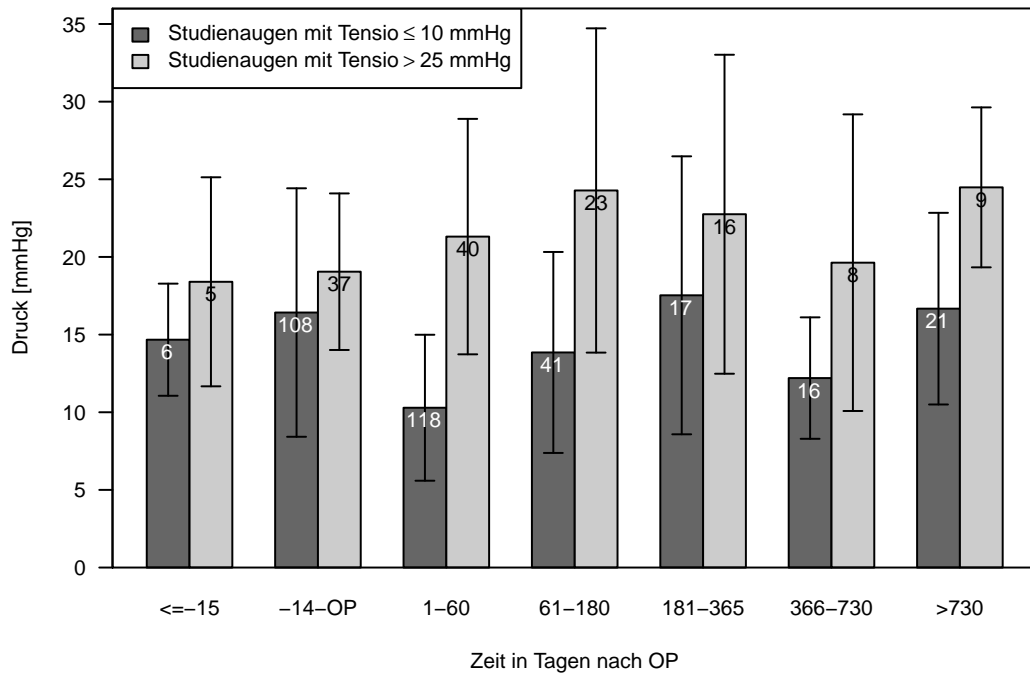
Die Augen mit einem postoperativen Wert von  $\leq 10$  mmHg hatten mehr als 15 Tage vor OP um 6 mmHg niedrigere Augeninnendrucke als direkt vor der OP. Anschließend an die OP sank der Augeninnendruck unter den Referenzwert und bleibt auch langfristig unterhalb des Referenzwerts. In absoluten Werten bewegt sich der Druck postoperativ zwischen 10,3 und 17,5 mmHg.



**Abbildung 3.13** – *Tensioentwicklung in relativen Werten: Aufgetragen ist die Augeninnendruckveränderung gegen die Zeit, als Referenzzeitraum dienen die zwei Wochen vor OP, die Zahl an jedem Balken steht für die Anzahl an untersuchten Patienten pro Zeitraum, eingetragen sind zusätzlich die Standardabweichungen*

Die Augen mit hohem Druck hatten im Gegensatz dazu präoperativ einen im Schnitt 10,5 mmHg geringeren Druck, wohingegen der Augendruck postoperativ im ersten halben Jahr um 6,8 mmHg auf 24,3 mmHg anstieg. Daraufhin fiel er auf einen geringeren Wert als im Referenzzeitraum ab (-2,4 mmHg) und lag dann bei 19,6 mmHg. Die Augen, die nach mehr als 730 Tagen kontrolliert wurden, hatten wieder einen deutlich höheren Augeninnendruck (24,5 mmHg).



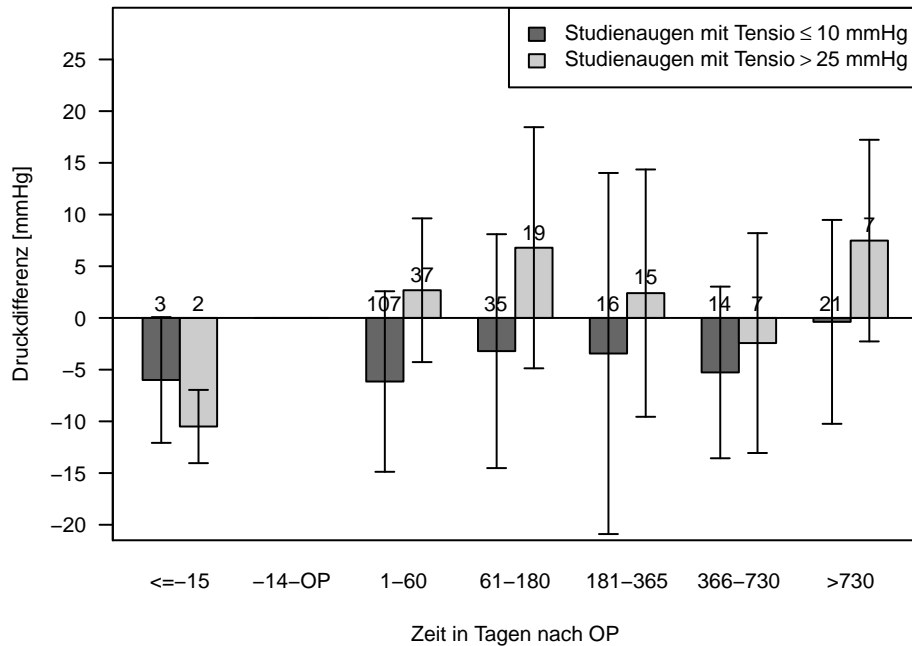


**Abbildung 3.14** – Tensioentwicklung in absoluten Zahlen bei Studienaugen mit einem post-op Druck von  $\leq 10$  mmHg bzw.  $> 25$  mmHg: Aufgetragen ist der Augennendruck gegen die Zeit, die Zahl an jedem Balken steht für die Anzahl an untersuchten Patienten pro Zeitraum, eingetragen sind zusätzlich die Standardabweichungen

### 3.8 Astigmatismus

Der Astigmatismus des operierten Auges nimmt in den 6 Monaten nach der Operation um 0,93dpt zu. Betrachtet man das erste Jahr postoperativ, so erhöht sich der Astigmatismus um 0,3dpt (s. Abb. 3.16).

In die Abb. 3.17 mit der relativen Entwicklung gehen nur Patienten ein, die zu beiden Zeiträumen, dem Referenzzeitraum und dem jeweilig betrachteten Zeitraum, einen Wert hatten. Im ersten Zeitraum ist die Standardabweichung 0, da nur eine Messung vorliegt. Zu sehen ist, dass sich der Astigmatismus bei beiden Augen vergrößert, mehr jedoch beim operierten Auge.

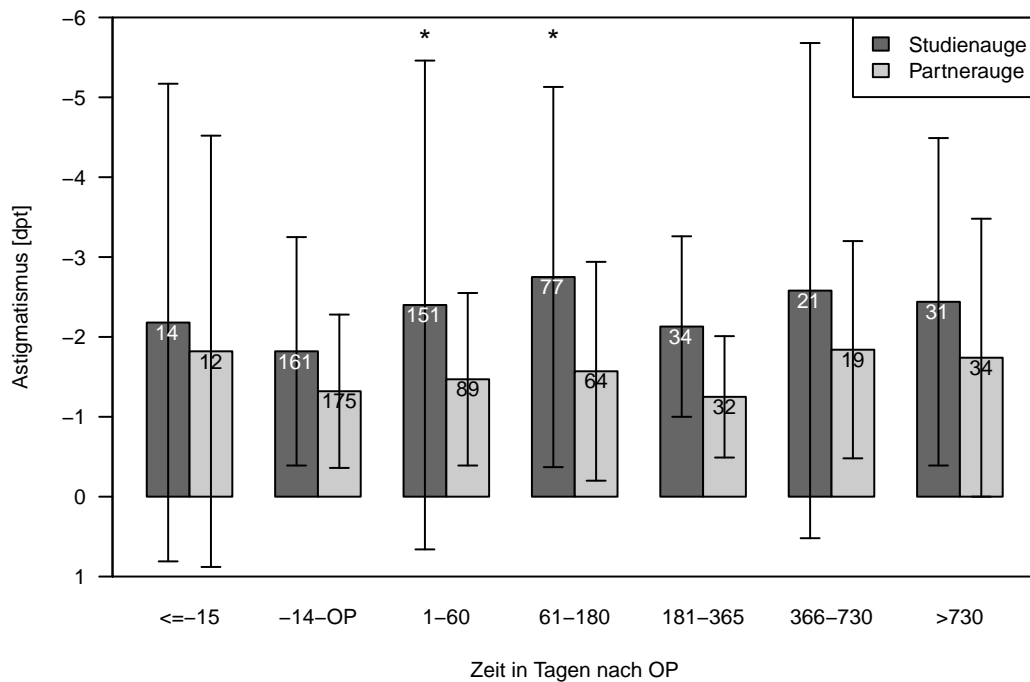


**Abbildung 3.15** – Tensioentwicklung in relativen Zahlen bei Studienaugen mit einem post-op Druck von  $\leq 10$  mmHg bzw.  $> 25$  mmHg: Aufgetragen ist die Augeninnendruckveränderung gegen die Zeit, als Referenzzeitraum dienen die zwei Wochen vor OP, die Zahl an jedem Balken steht für die Anzahl an untersuchten Patienten pro Zeitraum, eingetragen sind zusätzlich die Standardabweichungen

### 3.9 Irisfixierte Linsen

Erfasst wurden zusätzlich 13 Patienten, bei denen eine Iris-Clip-Linse implantiert wurde. Darunter waren 9 Männer und 4 Frauen mit einem mittleren Alter von 72,7 Jahren. Die Altersgruppe von 80-89 Jahren war mit 4 Patienten am stärksten vertreten. Bei den Patienten mit sklerafixierter Linse lag das mittlere Alter bei 64,4 Jahren, also 8,3 Jahre niedriger.

Es kam in 68% der sklerafixierten Operationen zu Komplikationen und bei 61,5% der Iris-Clip-Linsen. Aufgrund der kleinen Stichprobe in der Gruppe der irisfixierten Linsen ist die Aussagekraft der Komplikationshäufigkeit geringer, als bei den sklerafixierten HKLs, das Komplikationsrisiko scheint aber vergleichbar.



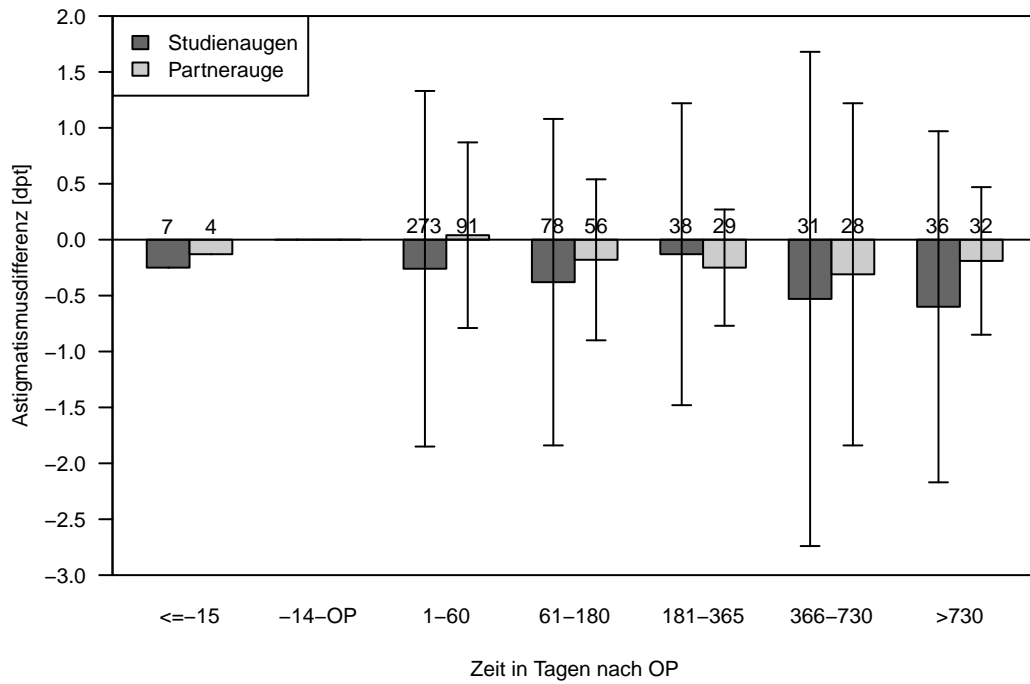
**Abbildung 3.16** – Astigmatismusentwicklung in absoluten Zahlen: Aufgetragen ist der Astigmatismus gegen die Zeit, die Zahl an jedem Balken steht für die Anzahl an untersuchten Patienten pro Zeitraum, eingetragen sind zusätzlich die Standardabweichungen. Signifikante Änderungen zu dem Zeitraum -14 - OP sind mit einem Stern gekennzeichnet, Signifikanzschwelle:  $<0,05$

Die Paralleloperationen ähneln sich ebenfalls. Dokumentiert sind Vitrektomie und Iridektomie als Folgeeingriff.

Indikation der Einbringung einer Iris-Clip-Linse war in 7 Fällen eine subluxierte HKL, in 4 Fällen iatrogen und jeweils einmal bedingt durch Trauma und subluxierte VKL. Die ersten drei Indikationen sind auch bei skleranahtfixierter Linsenoperation die drei wichtigsten Indikationen.

In 25% der Operationen kam es zu einer entrundeten Pupille und genauso oft zu einem Augendruck von  $\leq 10$  mmHg. Jeweils zwei Mal traten Luxation, Hyphäma-/Iris-/Glaskörperblutung und Aderhautblutung auf.

Die Betrachtung der Entwicklung von Visus, Tensio und Astigmatismus ist bei dieser Stichprobengröße nicht sinnvoll.



**Abbildung 3.17** – Astigmatismusentwicklung in relativen Zahlen: Aufgetragen ist die Astigmatismusveränderung gegen die Zeit, als Referenzzeitraum dienen die zwei Wochen vor OP, die Zahl an jedem Balken steht für die Anzahl an untersuchten Patienten pro Zeitraum, eingetragen sind zusätzlich die Standardabweichungen

# 4 Diskussion

Der untersuchte Zeitraum der vorliegenden Studie reicht von Anfang 2007 bis einschließlich Mai 2017, umfasst also die Patientenakten von knapp mehr als zehn Jahren. In diesem Zeitraum wurden 399 Akten erfasst, von denen 351 Patientenakten ausgewertet werden konnten (338 skleranahtfixiert, 13 irisfixiert). Im folgenden werden die Ergebnisse der skleranahtfixierten Operationen diskutiert.

Das Verhältnis von Männern zu Frauen war mit 52,7 % zu 47,3 % fast ausgeglichen.

Die Altersverteilung reichte von 2 bis 95 Jahren, sodass man sagen kann, dass Erkrankungen/Verletzungen, die einer Linseneinnäherung bedürfen, in jedem Alter auftreten können. Der Altersmittelwert lag jedoch bei 64,4 (Median 70, Standardabweichung 19,8), sodass ein höheres Lebensalter offensichtlich prädisponierend für eine Indikation zur Linseneinnäherung ist.

## 4.1 Diskussion der Ergebnisse

### 4.1.1 Komplikationen

Insgesamt traten 367 Komplikationen verteilt auf 230 Patienten auf. Differenziert wurden 13 unterschiedliche Komplikationen. Vor der Auswertung war zu klären, welche Situationen als Komplikation eingestuft werden müssen. Die Grenzen sind hier fließend. So ist eine postoperative Schwellung des Gewebes keine Komplikation, sondern wird als normal betrachtet. Doch wie wird das Auftreten eines Hyposphagmas bewertet? Auch das tritt häufig auf und stellt keine behandlungsbedürftige bzw. gefährliche Situation dar. Schwierig wird die Beurteilung der Häufigkeit von solchen Bagatellkomplikationen dadurch, dass die Dokumentation solcher Befunde durch die Operateure unterschiedlich gehandhabt wird. Deshalb wurde beispielsweise das Hyposphagma hier nicht mit aufgenommen. Darüber hinaus wurden der Übersichtlichkeit wegen andere Komplikationen, wie beispielsweise Glaskörperblutung, Irisblutung und Hyphäma zusammengefasst. Aufgrund der retrospektiven Analyse ist von mehr Ereignissen auszugehen, als in den

Akten dokumentiert wurden.

Es zeigte sich, dass nach 68 % der Operationen Komplikationen auftraten. Davon sind jedoch nur 2,7 % als dauerhaft visusbedrohend und somit schwerwiegend einzustufen. Das entspricht 10 (3 %) Patienten. 86,4 % waren dagegen zwar klinisch relevant, aber nicht visusbedrohend. Hierzu zählen u. a. Iris-, Glaskörper- und Vorderkammerblutungen, entrundete Pupille und ein postoperativ gemessener Augeninnendruck von  $\leq 10$  mmHg oder  $> 25$  mmHg. Diese Komplikationen haben zumeist für den Patienten keine Konsequenz, da sie sich von alleine zurückbilden und somit keine weitere Behandlung notwendig machen oder einfach und konservativ zu behandeln sind. Trotzdem wurden sie hier erfasst, um ein möglichst vollständiges Bild der Komplikationsgefahr darzustellen. Doch relativiert dieser Fakt die Gesamtkomplikationsrate von 68 %.

Die Korrelation von Indikation und Komplikation ergab sowohl Unterschiede als auch Gemeinsamkeiten. *Tensio*  $\leq 10$  mmHg trat als Komplikation bei allen Indikationen vergleichbar häufig auf, sodass diese Komplikation als indikationsunabhängig eingestuft werden kann. Auch die Menge an Patienten ohne Komplikationen ist indikationsübergreifend ähnlich. Unterschiede sind dagegen die Komplikationen *Iris-Capture* und *Irisschlottern*, *Iridodonesis*, die nur bei Patienten mit *Marfan-Syndrom* häufiger als in 10 % der Fälle auftraten. Erklären lässt sich das mit der krankheitsbedingten Bindegewebsschwäche, die auch die Strukturen des Auges betrifft.

Bei Betrachtung der Komplikationsereignisse über die Zeit fiel auf, dass in den ersten zehn Tagen postoperativ die meisten Komplikationen auftraten. Das lässt sich mit den unmittelbar durch die Operation entstehenden Beeinträchtigungen, wie Iris-, Vorderkammer-, GK-Blutung, entrundete Pupille und erhöhten bzw. erniedrigten Augeninnendruck erklären. Es fällt auf, dass ungefähr ab Tag 70 die Anzahl an Komplikationen weiter abnimmt. Interessant ist, dass der Median des Nachbeobachtungszeitraumes 1,97 Monate, also 59 Tage beträgt und sich somit mit der erhöhten Komplikationshäufigkeit in diesem Zeitraum deckt. Die Tatsache, dass der Anteil an Patienten mit Komplikationen im Zeitraum ab 731 Tagen postoperativ auf 39,6 % steigt lässt sich dadurch erklären, dass Patienten ohne Komplikationen so lange nach der Operation seltener in die Augenklinik kommen.

In den Kaplan-Meier-Schätzern wird dargestellt, wie hoch vermutlich die Rate an

komplifikationsfreien Verläufen gewesen wäre, wären alle Patienten bis zum letzten erfassten Zeitpunkt untersucht worden. Das Ergebnis für klinisch relevante Komplikationen liegt bei ca. 11,4%. Im Umkehrschluss bedeutet das, dass 88,6% der Patienten eine Komplikation entwickelt hätten. Diese Schätzung wird ungenauer, je länger der Zeitraum dauert. Grund hier für ist, dass die Rate an komplifikationsfreien Verläufen nicht unter allen Patienten (lang und kurz beobachteten) gleich verteilt ist, sondern diejenigen Patienten, die auch Jahre nach der OP noch in die Augenklinik kamen, insgesamt einen komplizierteren Verlauf hatten als die, die sich nach der OP nie wieder vorstellten. Somit ist nicht davon auszugehen, dass langfristig tatsächlich ca. 88,6% der Patienten Komplikationen entwickelt haben.

Die Auswertung der Komplikationskombinationen ergab ein eher zufälliges gemeinsames Auftreten der verschiedenen Komplikationen. Bei der Kombination von entrundeter Pupille und Iris-Capture lässt sich ein Zusammenhang darstellen: Eine entrundete Pupille erhöht die Wahrscheinlichkeit, dass die Linse partiell in die VK gerät und es somit zu einem Iris-Capture kommt. Die Tatsache, dass die Kombination nur drei Mal vorkam, lag vermutlich daran, dass eine entrundete Pupille als Ursache eines Iris-Capture vermutlich nicht immer dokumentiert wurde. Bei der Kombination von Hyphäma und erhöhtem Augeninnendruck besteht der Zusammenhang in einer Störung des Kammerwasserabflusses durch das Blut in der VK.

Die Betrachtung der Komplikationsrate für Iris-Capture und Luxation in Relation zu der verwendeten Linsengröße war überraschend. An der Universitätsaugenklinik Göttingen werden bevorzugt 7 mm-Linsen verwendet, gerade um ein Iris-Capture zu verhindern. Dies konnte die Aktenauswertung nicht bestätigen: Hier steigt die Auftretenshäufigkeit von Iris-Capture mit der Linsengröße von 3,7% bei den 6 mm-Linsen auf 5,56% bei den 7 mm-Linsen.

Problematisch ist bei der Komplikationsauswertung die Tatsache, dass die Dokumentation nicht einheitlich ist, auch weil die Definition einer Komplikation individuell differiert. Zusätzlich ist nicht ausgeschlossen, dass Patienten Komplikationen entwickelt haben, aber nicht in die Augenklinik der Universität Göttingen kamen, sondern einen ambulanten Augenarzt aufsuchten bzw. in eine näherliegende Klinik gingen.

### 4.1.2 Indikationen

In der Untersuchung zeigte sich die Vielseitigkeit an Indikationen. Erfasst wurden 10 verschiedene Ursachen der Linseneinnähung, wobei hierbei bewusst ähnliche Indikationen zusammengefasst wurden, um die Übersichtlichkeit zu gewährleisten. Patientenakten enthalten nur die Informationen, die seit Erstbehandlung in der Augenklinik der Universitätsmedizin Göttingen angefallen sind. Somit sind nicht alle Patientenhistorien vollständig nachvollziehbar. Außerdem ist davon auszugehen, dass je nach behandelndem Arzt alle Indikationen oder nur die Hauptindikation in den Akten dokumentiert wurde. Deshalb ist die Auswertung der Indikationen nur als Übersicht zu sehen, nicht aber als exaktes Abbild der tatsächlichen Verteilung von Operationsindikationen.

### 4.1.3 Paralleloperationen

Bei Auswertung der Paralleloperationen fiel auf, dass es in der Häufigkeit Differenzen zwischen den gesondert ausgewerteten Indikationen *luxierte Linsen* und *Trauma* gab. Bei den luxierten Linsen wurde häufiger parallel zur Einnähung eine PPV und vordere Vitrektomie durchgeführt. Vor jeder Linseneinnähung muss eine PPV durchgeführt werden. Allerdings ist dies bei vielen Augen schon in früheren Operationen geschehen. Dagegen liegen die öfter bei Traumaaugen vorgenommenen Paralleloperationen Iris-, Pupillenrekonstruktion, Irisnaht und Ölfüllung begründet in den durch ein Trauma entstehenden Strukturverletzungen. Diese erfordern je nach Ausmaß des Traumas eine Rekonstruktion/Naht von Iris und Pupille und bei drohender Netzhautablösung eine Ölfüllung.

Da Ursachen einer Linsenluxation ein vorangegangenes Trauma sein kann, können die Zahlen fehlerhaft sein. Denn nicht immer werden alle Indikationen in den Akten notiert, sodass in einer retrospektiven Analyse nicht ersichtlich ist, ob die Linsenluxation durch ein Trauma ausgelöst wurde.



#### 4.1.4 Visus, Augeninnendruck, Astigmatismus

**Visus** Die Auswertung der Sehschärfe ergab, dass die Werte über einen Zeitraum von einem Jahr relativ stabil blieben. Die Ursache für dieses Ergebnis könnte das retrospektive Studiendesign mit den unterschiedlich langen Beobachtungszeiträumen sein. Durchschnittlich wurden die Patienten 389 Tage beobachtet, wobei die Standardabweichung 840,5 Tage betrug. Da der längste Nachuntersuchungszeitraum bei 5833 Tagen lag, ist die Betrachtung des Medians sinnvoller. Der lag bei 60 Tagen, also enthält der Zeitraum 1-60 Tage alle Patienten, von denen aber ca. 50% anschließend zu keinen Untersuchungen erschienen sind. Schaut man sich nun die Visusentwicklung innerhalb der ersten 60 Tage postoperativ an, so fällt auf, dass der Visus sich verschlechterte. Da der Visus immer vor der Entlassung gemessen wird, also meist einen Tag postoperativ, ist er durch operationsbedingte Blutungen und Schwellungen zu erklären, die zu einer vorübergehenden Sehverschlechterung führten. Die Patienten, deren Augen komplikationslos verheilten, gehörten vermutlich eher zu den 50% der Patienten, die anschließend nicht zu weiteren Untersuchungen kamen. Also enthalten die weiter hinten liegenden Zeiträume mehr Patienten mit Probleme/Komplikationen. Daraus folgt, dass mit zunehmendem Abstand zur OP immer weniger Patienten in die Wertung mit eingegangen sind. Daher ist davon auszugehen, dass im Wert  $> 730$  Tage postoperativ mehr Patienten enthalten sind, die Probleme mit dem operierten Auge hatten, also vermutlich tendenziell einen schlechteren Visus hatten, als der Durchschnitt: Probleme, wie Linsenluxation, gehen nicht selten mit einer Sehschärfeverschlechterung einher, sodass sich der Visus, hätte man alle Patienten gleichermaßen nachuntersucht, besser darstellen würde als vorliegend.

**Augeninnendruck** Die postoperative Druchabnahme lässt sich durch eine operationsbedingte Insuffizienz des Ziliarkörpers erklären, die sich wieder zurückbildet.

Durch operationsbedingte Blutungen kann es zu einer Verlegung des Abflusses von Kammerwasser kommen, sodass der Augeninnendruck ansteigt.

**Astigmatismus** Die Erhöhung des Astigmatismus lässt sich erklären durch die Hornhautschnitte, die während der OP notwendig sind. Diese Schnitte verheilen narbig, sodass sich die Hornhautkrümmung dort ändert. Insgesamt ist der postoperative Astigmatismus aber gering ausgeprägt.

**Auswertungsschwachpunkte** Die Standardabweichungen bei allen Messungen sind sehr groß, bedingt durch stark schwankende Werte. Daraus ergibt sich eine hohe Unsicherheit bzgl. der Wertevorhersage.

Es ist auch noch zu erwähnen, dass die Messungen von Visus, Tensio und Astigmatismus jeweils von unterschiedlichen Mitarbeitern durchgeführt wurden und somit auch eine Messungenauigkeit anzunehmen ist.

Aufgrund der stark schwankenden Dauer des Beobachtungszeitraums aller Patienten ist die Auswertung der Werte problematisch, da sie nicht das tatsächliche Durchschnittsergebnis durch die Operation abbilden können.

## 4.2 Diskussion im Literaturvergleich

Der Vergleich mit Daten aus der Literatur ist begrenzt durch verschiedene Aspekte. Die Patientenkohorten werden in jeder Studie unterschiedlich zusammengestellt: So werden in der Studie von Obeng et al. (2017) nur aphake vitrektomisierte Augen eingeschlossen und Wallmann et al. (2015) untersucht nur Operationen mit faltbaren Linsen.

Außerdem gibt es bei der transskleralen Linseneinnäherung verschiedene Operationsmethoden, die zwar ähnlich sind, sich aber dennoch in Feinheiten unterscheiden. So beschränken sich Das et al. (2016) auf die Operationsmethode durch eine sogenannte "Hoffman pocket". Bei den verschiedenen Techniken unterscheiden sich die Nahtführungen.

Der Vorteil der aktuellen Analyse liegt darin, dass alle Operateure eine einheitliche Methode angewendet haben und somit eine große Fallzahl eines standardisierten Verfahrens ausgewertet werden kann. Beim Vergleich mit der Literatur wird die

Bedeutung des relativ homogenen Datensatzes deutlich, da alle anderen Studien deutlich geringere Fallzahlen aufweisen: Die hier vorliegende Stichprobengröße der Patienten beträgt  $n=338$ . Bei den Vergleichsstudien war die Anzahl an eingeschlossenen Patienten wie folgt: Evereklioglu et al. (2003):  $n=51$ , Donaldson et al. (2005):  $n=98$ , ul Mazhri und Qadri (2008):  $n=$ , Yamane et al. (2013):  $n=34$ , Wallmann et al. (2015):  $n=80$ , Das et al. (2016):  $n=10$ , Sindal et al. (2016):  $n=109$ , Obeng et al. (2017):  $n=148$ , Brunin et al. (2017):  $n=24$ .

Darüber hinaus finden sich keine Studien, die die postoperative Entwicklung vom Augeninnendruck berücksichtigen.

**Komplikationen** Die Mehrheit der Autoren beschreibt ein ähnliches Spektrum an Komplikationen (Donaldson et al. 2005; Evereklioglu et al. 2003; ul Mazhri und Qadri 2008; Obeng et al. 2017). Donaldson et al. (2005) gibt als Gesamtkomplikationsrate 68 % an, in dieser Studie lag sie ebenfalls bei 68 %. Obeng et al. (2017) beschreibt das Auftreten einer Endophthalmitis in 6,3 %, wobei sie in der hier durchgeführten Untersuchung gar nicht vorkam. Weitere Komplikationen, die hier nicht auftraten/dokumentiert waren, in der Literatur aber zu finden sind, sind epiretinale Membranen, proliferative Vitreoretinopathie, Uveitis und UGH Syndrom. Die Zahlen für luxierte/verkippte HKL schwanken zwischen 6,2 % in dieser Studie und 12,5 % in der Studie von Obeng et al. (2017). Auch Blutungen kamen in den Vergleichsstudien häufig vor, doch ist ein genauer Vergleich schwer, aufgrund der Zusammenfassungen von Komplikationen in Gruppen. Eine Ablatio retinae kam in der vorliegenden Studie in 2,37 % vor, bei Donaldson et al. (2005) und ul Mazhri und Qadri (2008) in jeweils 4 % und bei Obeng et al. (2017) sogar in 15,63 % der Fälle. Die Zahl der linsenassoziierten Komplikationen (Iris capture und Linsenluxation) betrug 11 % und war damit vergleichbar mit den Daten aus der Literatur, wo die Werte zwischen 0 und 19 % lagen.

Es lässt sich also schlussfolgern, dass das Komplikationsspektrum in allen vergleichbaren Untersuchungen sehr vielfältig ist und dem dieser Studie ähnelt.

**Indikationen** Die in der Literatur genannten Indikationen decken sich mit denen in der vorliegenden Studie. So beschreiben Wallmann et al. (2015) ebenfalls luxierte

HKL/VKL/eigene Linse, Trauma und Marfan-Syndrom als Indikationen. Die Häufigkeitsverteilung ist ebenfalls vergleichbar: Trauma machte bei Wallmann et al. (2015) 12,6 %, in der vorliegenden Untersuchung 15,3 % aus (subluxierte eigene Linse 3,8 bzw. 4,8 %).

**Tabelle 4.1** – Übersicht der Komplikationen im Literaturvergleich, in Prozent

	Evereklioglu (2003)	Donaldson (2005)	ul Mazhri (2008)	Brunin (2016)	Obeng (2017)	vorliegende Studie
<b><i>n</i></b>	51	98	48	24	148	338
<b>Hyphäma</b>	2		10	3	3,1	
<b>GK-Blutung</b>	2		16	8		
<b>Hyposphagma</b>	3,9					
<b>Blutungen (VK, Iris, GK)</b>						10
<b>Aderhautblutung</b>					3,1	0,6
<b>verzogene Pupille (und Iris-Capture)</b>	2				6,5	28 (5)
<b>IOL Fehlposition</b>	5,9	4	10	0	13	6,2
<b>erhöhter Druck</b>	2	42	6	4	6,3	9,5
<b>Schmerz</b>		22				
<b>Cystoides Makulaödem</b>	3,9	11	4	13		
<b>Ablatio retinae</b>		4	4		15	2,4
<b>Entzündung</b>		12				
<b>Uveitis</b>					6,3	
<b>Endophthalmitis</b>			0		6,3	
<b>Fadenerosion</b>	7,8	3	6			0,3
<b>andere</b>		74				
<b>gesamt</b>	25	68				68

**Visus** Viele Untersuchungen erheben zusätzlich zu den auftretenden Komplikationen auch die Visusentwicklung. Dabei ist zu sehen, dass der Visus sich in einigen Untersuchungen besser entwickelt als bei der vorliegenden (Sindal et al. 2016; Donaldson et al. 2005; Obeng et al. 2017; Brunin et al. 2017; Yamane et al. 2013; Wagoner et al. 2003). So erreichen bei Sindal et al. (2016) 86 % der Patienten einen Visus von 0,5 (logMAR: 0,3). Die Auswertung der Patientenakten in Göttingen dagegen kam auf einen finalen Visus von ca. 0,1 (logMAR: 1,04-0,97). Allerdings sind in diesem Wert nur Patienten erfasst, die sich mindestens zwei Jahre nach der Operation erneut in der Augenklinik vorstellten. Donaldson et al. (2005) unterteilt die Visusentwicklung in Tag-1-Visus und finalen Visus nach einer medianen Beobachtungszeit von 18,8 Monaten. Am Tag 1 postoperativ erreichen die Patienten in seiner Untersuchung Werte von 0,05 (logMAR: 1,3), final dagegen 0,4 (logMAR: 0,4). Nach einer medianen Beobachtungszeit von 18,8 Monaten war der Visus also deutlich besser als direkt nach der Operation. Der Visus in der vorliegenden Studie betrug zum Vergleich dazu im Zeitraum 1-60 Tage postoperativ 0,09 (logMAR: 1,04). Dieser Wert ist etwas besser als bei Donaldson, vermutlich da nicht nur die Tag-1 Werte einfließen. Der finale Visus bei Donaldson von 0,4 nach 18,8 Monaten (Median) entspricht in der vorliegenden Studie dem Wert des Zeitraums 366-730 Tage postoperativ. Dieser Wert lag bei 0,16 (logMAR: 0,79) und somit unter dem in Donaldsons Studie erreichten Wert. Grund hierfür ist vermutlich die Tatsache, dass Patienten mit guten postoperativen Ergebnissen in den späteren Zeiträumen nicht mehr zu Nachuntersuchungen erschienen sind und somit vermehrt Patienten mit Problemen erfasst wurden.

Sinnvoll wäre also eine Untersuchung mit zuvor festgelegtem Beobachtungszeitraum, sodass auch die komplikationsfreien Patienten mit einer vermutlich besseren Entwicklung des Visus mit in die Auswertung eingehen können.

**Astigmatismus** In den meisten Studien wird nur der Visus und nicht der Astigmatismus erfasst, sodass ein Vergleich mit Werten aus der Literatur schwer ist. Bei Mennel et al. (2004) wurde der Astigmatismus untersucht und ergab eine Änderung der Refraktion von präoperativ +7,1 dpt zu -1,6 dpt postoperativ, sodass die Operation in der Studie einen stärkeren Einfluss auf die Refraktion hatte, als in der vorliegenden.

### 4.3 Mögliche Fehlerquellen

Die Studie enthält gerade aufgrund des retrospektiven Charakters Fehlerquellen, die bei der Bewertung der Ergebnisse beachtet werden müssen.

Es kann davon ausgegangen werden, dass die Operateure unterschiedliche Dokumentationsstile haben. Dies betrifft z. B. das Notieren von Komplikationen. Es ist davon auszugehen, dass vor allem wenig relevante Komplikationen nicht systematisch dokumentiert wurden und damit unterrepräsentiert sind.

Die Messungen vom Augeninnendruck, Astigmatismus und Visus wurden ebenfalls von verschiedenen Mitarbeitern durchgeführt, sodass auch hier die Vergleichbarkeit der Werte nicht ganz gegeben ist.

Außerdem unterscheiden sich die Patientenakten bezüglich der postoperativen Nachsorge. So kamen die meisten Patienten nur innerhalb der ersten zwei postoperativen Monate zur Kontrolle und ca. die Hälfte erschien anschließend zu keinen weiteren Kontrollen. Dann liegt nur der Eintrag von Entlassungstag vor, an dem das operierte Auge noch stark beeinträchtigt ist. Darüber hinaus ist nicht bekannt, ob Patienten mit Problemen immer in das Uniklinikum Göttingen kamen, oder eine andere Klinik/einen anderen Arzt aufsuchten.

Insgesamt lag ein sehr inhomogenes Patientengut vor. Sie unterschieden sich stark in Alter, Indikation, Vorerkrankungen, Voroperationen.

Für exaktere Ergebnisse wäre eine prospektive Untersuchung mit einer standardisierten Protokollierungsstruktur notwendig.

## 5 Zusammenfassung

Die Kataraktoperation stellt die häufigste Operation in Deutschland dar, und aufgrund des demographischen Wandels wird die Zahl in Zukunft weiter steigen. In der Folge kommt es auch häufiger zu komplizierten Situationen, die oft mit einer ausgedehnteren Operation, der transskleralen Linseneinnähung versorgt werden müssen. Ziel der durchgeführten Arbeit war daher, die an der Augenklinik der Universität Göttingen durchgeführte Operation der transskleralen Einnähung von Linsen bezüglich Komplikationen und Visusentwicklungen postoperativ zu untersuchen.

Hierfür wurden die Akten von Patienten mit einer transskleralen Linseneinnähung von 2007 bis Mai 2017 retrospektiv ausgewertet. Schwerpunkt der Auswertung war die Erfassung der intra- und postoperativen Komplikationen und die Entwicklung von Visus, Astigmatismus und Augeninnendruck.

Das Patientenkollektiv hatte ein medianes Alter von 70 Jahren (2 - 95 Jahre) und war bezüglich der zugrunde liegenden Indikationen und des Nachuntersuchungszeitraumes sehr heterogen. Die letzte Nachuntersuchung fand im Median 60 Tage postoperativ statt. Doch reicht das Spektrum hier von einem Tag bis hin zu 5833 Tagen (ca. 16 Jahren), was die zuverlässige Auswertung der Komplikationen erschwert. Es traten in 68 % der Fälle Komplikationen auf. Die häufigsten Komplikationen waren ein Augeninnendruck von  $\leq 10$  postoperativ (35,2 % der Patienten), eine entrundete Pupille (27,5 %) und Blutungen (10,1 %). Dauerhaft visusbedrohende Komplikationen (Aderhautblutung, Ablatio retinae, Endophthalmitis) traten bei 3 % der Patienten auf.

Die Untersuchung der Visusentwicklung ergab eine leichte Verbesserung durch die Operation. Der Astigmatismus verstärkte sich dagegen geringfügig. Der Augeninnendruck blieb bei Betrachten von allen Patienten im Bereich des präoperativen Druckes.

Aufgrund der Tatsache, dass es sich hier um eine retrospektive Analyse eines sehr heterogenen Patientenkollektivs handelt, ist die Aussagekraft der Ergebnisse begrenzt. Gerade die Tatsache, dass in die Zeiträume mit steigendem Abstand zur Operation verhältnismäßig mehr komplizierte Verläufe eingehen, verfälscht die Ergebnisse ins Negative. Für exaktere Ergebnisse ist eine prospektive Untersuchung mit einheitlichen Protokollierungsstrukturen in den Akten notwendig.

## 6 Literaturverzeichnis

- Berufsverband der Augenärzte Deutschlands e.V. (2016): Katarakt. <http://cms.augeninfo.de/nc/hauptmenu/presse/statistiken/statsitik-katerakt.html>; Zugriff am 10.10.2017
- Bourne WM, Kaufmann HE (1976): Endothelial damage asociated with intraocular lenses. *Am J Ophthalmol* 81, 482-485
- Brunin G, Sajjad A, Kim EJ, de Oca IM, Weikert MP, Wang L, Koch DD, Al-Mohtaseb Z (2017): Secondary intraocular lens implantation: Complication rates, visual acuity, and refractive outcomes. *J Cataract Refract Surg* 43, 369-376
- Bundesverband für Ambulantes Operieren e.V. (2015): Operation des Grauen Stars (Katarakt-Operation). <http://www.operieren.de/content/e3224/e10/e589/e594/e667/#e684>; Zugriff am 10.10.2017
- Das S, Nicholson M, Deshpande K, Kummelil MK, Nagappa S, Shetty BK (2016): Scleral fixation of a foldable intraocular lens with polytetrafluoroethylene sutures through a Hoffman pocket. *J Cataract Refract Surg* 42, 955-960
- Donaldson KE, Budenz DL, Feuer WJ, Benz MS, Forster RK (2005): Anterior chamber and sutured posterior chamber intraocular lenses in eyes with poor capsular support. *J Cataract Refract Surg* 31, 903-909
- Evereklioglu C, Er H, Bekir NA, Borazan M, Zorlu F (2003): Comparison of secondary implantation of flexible open-loop anterior chamber and scleral-fixated posterior chamber intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 29, 301-308
- Findl O: Accommodative IOLs. In: Kohnen T, Koch D (Hrsg.): *Cataract and Refractive Surgery*. Springer, Berlin 2005, 85-100
- Findl O: Intraocular Lens Material and Design. In: Colvard DM (Hrsg.): *Achieving Excellence in Cataract Surgery: A Step-by-Step Approach*. o.V., o.O. 2009, 85-108, [http:](http://)



//phaco.ascrs.org/sites/phaco.ascrs.org/files/textbooks/Achieving%20Excellence%20in%20Cataract%20Surgery%20-%20Introduction.pdf; Zugriff am 05.10.2017

Freyler H: Augenheilkunde für Studium, Praktikum und Praxis. 2. Auflage; Springer, Wien 1985

Gekeler K, Gekeler F: Sekundäre Linsenimplantation. In: Lang GK, Lang GE, Kohnen T (Hrsg.): Schlaglicht Augenheilkunde: Linse, Katarakt und refraktive Chirurgie. Thieme, Stuttgart 2016, 222-239

Gerste R: Der Graue Star. Springer, Berlin 2016

Gerstmeyer K, Sekundo W (2014): Irisnahtfixierte Hinterkammerlinse. *Ophthalmologie* 111, 210-216

Gimbel HV, Condon GP, Kohnen T, Olson RJ, Halkiadakis I (2005): Late in-the-bag intraocular lens dislocation: incidence, prevention, and management. *J Cataract Refract Surg* 31, 2193-2204

Gonnermann J: Die retropupillar fixierte Irisklauenlinse – von der Idee zur breiten Anwendung. Med. Diss. Berlin 2014

Grehn F: Augenheilkunde. 30. Auflage; Springer, Berlin 2008

Han F, Liu W, Shu X, Tan R, Ji Q, Zhai X (2014): Evaluation of pars plana sclera fixation of posterior chamber intraocular lens. *Indian J Ophthalmol* 62, 688-691

Health Quality Ontario (2009): Phakic Intraocular Lenses for the Treatment of Refractive Errors: An Evidence-Based Analysis. *Ontario Health Technology Assessment Series* 9, 1-120

Hermeking H, Gerke E: Transsklerale Fixation von Intraokularlinsen mit artifizieller Irisblende als Bestandteil rekonstruktiver operativer Maßnahmen nach schweren Bulbusverletzungen. In: Vörösmarthy D, Duncker G, Hartmann C (Hrsg.): 10.

- Kongreß der Deutschsprachigen Gesellschaft für Intraokularlinsen-Implantation und refraktive Chirurgie. Springer, Berlin 1997, 226-232
- Kim EJ, Brunin GM, Al-Mohtaseb ZN (2016): Lens Placement in the Absence of Capsular Support: Scleral-fixated Versus Iris-fixated IOL Versus ACIOL. *Int Ophthalmol Clin* 56, 93-106
- Kirsch J: Auge – Sehorgan. In: Duale Reihe Anatomie. 2. Auflage; Thieme, Stuttgart 2010, 952-976
- Kohnen T, Shajari M (2016): Phake Intraokularlinsen. *Ophthalmologe* 113, 529-538
- Kohnen T, Baumeister M, Kook D, Klaproth OK, Ohrloff C (2009): Kataraktchirurgie mit Implantation einer Kunstlinse. *Deutsches Ärzteblatt Int* 106, 695-702
- Kohnen T, Klaproth O, Bechmann M, Bühren J, Dexl A, Dick B, Hengerer FH, Conrad-Hengerer I, Hoffmann P, Kook D: Intraokularlinsen – eine Standortbestimmung. UNI-MED Verlag AG, Bremen 2016
- Lang GK: Linse (Lens cristallina). In: Lang GK (Hrsg.): Augenheilkunde. 4. Auflage; Thieme, Stuttgart 2008, 157-190
- Lang GK: Linse (Lens cristallina). In: Lang GK (Hrsg.): Augenheilkunde. 5. Auflage; Thieme, Stuttgart 2014, 128-151
- Mennel S, Sekundo W, Schmidt JC, Meyer CH (2004): Retropupillare Fixation einer Irisklauenlinse (Artisan, Verisyse) bei Aphakie. Ist die skleranahtfixierte Intraokularlinse noch state of the art?. *Spektrum Augheilkunde* 18, 279-283
- Obeng FK, Vig VK, Singh P, Singh R, Dhawan B, Sahajpal N (2017): Posterior Chamber Scleral Fixation of Intraocular Lenses in Post-Vitrecomised Aphakic Eyes. *J Clin Diagn Res* 11, 9-13
- Pascolini D, Mariotti S (2011): Global estimates of visual impairment: 2010. *Br J Ophthalmol Online* 96, 614-618

- Pleyer U: Pschyrembel-Klinisches Wörterbuch 2014. 265. Auflage; deGruyter, Berlin 2014
- Price MO, Price FW, Werner L, Berlie C, Mamalis N (2005): Late dislocation of scleral-sutured posterior chamber intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 31, 1320-1326
- Raabe S, Dippel W, Rudolph O, Effert R (1998): Beidseitige congenitale Catarakt über fünf Generationen. <http://www.dog.org/1998/abstract98/241.html>; Zugriff am 05.10.2017
- Sachsenweger M: Linse und Katarakt. 2. Auflage; Thieme, Stuttgart 2003
- Scharioth G (2014): Intrasklerale Haptikfixation von Intraokularlinsen. *Ophthalmologie* 111, 224-228
- Schlötzer-Schrehardt U, Naumann GOH: Linse. In: Naumann GOH (Hrsg.): Pathologie des Auges. 2. Auflage; Springer, Berlin 1997, 845-954
- Schulze S, Bertelmann T, Sekundo W (2013): Implantation von Intraokularlinsen in den Sulcus ciliaris. *Ophthalmologie* 111, 305-309
- Shah R, Weikert M, Grannis C, Hamill M, Kong L, Yen K (2016): Long-Term Outcomes of Iris-sutured Posterior Chamber Intraocular Lenses in Children. *Am J Ophthalmol* 161, 44-49
- Sheybani A, Ahmed IIK: Scleral Suture Fixation. In: Randleman JB, Ahmed IIK (Hrsg.): Intraocular Lens Surgery: Selection, Complications, and Complex Cases. Thieme, Stuttgart 2016, 165-172
- Sindal MD, Nakhwa CP, Sengupta S (2016): Comparison of sutured versus sutureless scleral-fixated intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 42, 27-34
- Stamper RL, Sugar A, Ripkin DJ: Intraocular Lenses, Basics and Clinical Applications. American Academy of Ophthalmology, San Francisco 1993

- ul Mazhri Z, Qadri WM (2008): Scleral Fixation of Intraocular Lens. *Pak J Ophthalmol* 24, 184-192
- Wagoner M, Cox T, Ariyasu R, Jacobs D, Karp C (2003): Intraocular lens implantation in the absence of capsular support: a report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology* 110, 840-859
- Wallmann AC, Monson BK, Adelberg DA (2015): Transscleral fixation of a foldable posterior chamber intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 41, 1804-1809
- Walter P, Plange N: Basiswissen Augenheilkunde. Springer, Berlin 2017
- Wenzel M, Pham D, Reuscher A, Scharrer A, Nellinger E (2006): Derzeitiger Stand der Katarakt- und refraktiven Chirurgie. *Ophthalmol-Chirurgie* 18, 207-215
- Wenzel M, Dick HB, Scharrer A, Schayan K, Reinhard T (2017): Ambulante und stationäre Intraokularchirurgie 2016, Ergebnisse der aktuellen Umfrage von DGII, DOG, BVA und BDOC. *Ophthalmol-Chirurgie* 29, 185-194
- Werner L, Mamalis N: Foldable Intraocular Lenses. In: Kohner T, D.Koch D (Hrsg.): Cataract and Refractive Surgery. Springer, Berlin 2005, 63-84
- Werner L (2012): Material world: The growing variety of foldable IOL materials. <https://www.aao.org/current-insight/material-world-growing-variety-of-foldable-iol-mat-3>; Zugriff am 04.10.2017
- Wille E, Popp DM (2012): Die Bewertung von Kataraktoperationen aus gesundheitsökonomischer Sicht - Gutachten im Auftrag des Bundesverbandes Deutscher Ophthalmochirurgen e.V. (BDOC). <http://bdoc.info/dl/informationen/gutachten-augenaerzte-maerz-2012x.pdf>; Zugriff am 10.10.2017
- Yamane S, Inoue M, Arakawa A, Kadonosono K (2013): Sutureless 27-Gauge Needle-Guided Intrasceral Intraocular Lens Implantation with Lamellar Scleral Dissection. *Ophthalmology* 121, 61-66

Yazdani-Abyaneh A, Djalilian AR, Fard MA (2016): Iris fixation of posterior chamber intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 42, 1707-1712

# Danksagung

Ich möchte mich ganz besonders bedanken bei Herrn Prof. Dr. Nicolas Feltgen, meinem Doktorvater und Betreuer, für das Thema meiner Arbeit und für eine Betreuung, die nicht besser hätte sein können. Danke für das gemeinsame Überlegen, Planen und Besprechen; für das Korrigieren der Arbeit und für die vielen motivierenden Worte, die es mir leicht gemacht haben, mit Freude und zielstrebig zu arbeiten.

Außerdem gilt mein Dank Herrn Sebastian Pfeiffer, einem Mitarbeiter des Instituts für Medizinische Statistik. Die Betreuung bei der statistischen Auswertung war sehr hilfreich und unabdingbar für die Auswertung der Daten. Danke für seine Geduld!

Nicht vergessen möchte ich meine Familie und meinen Freund, die mich, jeder auf seine Weise, bei der Promotion unterstützt haben. Danke an meine Eltern für ihre offenen Ohren, aufmunternde Worte und Rat bei Fragen. An meinen älteren Bruder für seine Hilfe bei allen Problemen und Fragen bezüglich Technik, Computer und Programmen. An Henning für seine Unterstützung, Geduld und Ruhe. Und an meine anderen beiden Geschwister, die mich durch ihre lieben Worte und ihr Interesse ermutigt haben.