

Aus der Augenklinik und Poliklinik der
Ludwig-Maximilians-Universität München
Direktor Prof. Dr. Siegfried Priglinger, FEBO

„Refraktive Ergebnisse von sekundären Linsenimplantationen“

Dissertation
zum Erwerb des Doktorgrades der Zahnmedizin
an der Medizinischen Fakultät der
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Iris Brigitte Schuster
aus
München
2018

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Priv.-Doz. Dr. med. Armin Wolf, FEBO

Mitberichterstatter: Prof. Dr. Thomas Berninger

Mitbetreuung durch den

promovierten Mitarbeiter: Dr. med. Efstathios Vounotrypidis, FEBO

Dekan: Prof. Dr. med. dent. Reinhard Hickel

Datum der mündlichen Prüfung: 14.03.2018

Meiner Großmutter Marianne Zwerger

Inhaltsverzeichnis

A. Einleitung	8
1. Chirurgische Möglichkeiten zur Behandlung der Katarakt	8
1.1 Extrakapsuläre Kataraktexpression: Standardverfahren Phakoemulsifikation	8
1.2 Grundsätzlicher Aufbau von Intraokularlinsen	9
2. Chirurgische Möglichkeiten der komplizierten Katarakt	10
2.1 Chirurgische Komplikationen	10
2.2 Linsenluxationen	11
2.3 Fixationsmöglichkeiten bei insuffizientem Kapselsack	12
2.3.1 Sulcusfixiert	12
2.3.2 Eingenäht	13
2.3.3 Irisklauenlinsen	14
2.3.4 Vorderkammerfixiert	15
3. Weitere Indikationen für Kapselsack unabhängigen Linsenersatz	16
3.1 Traumata	16
3.2 Luxierte Kunstlinsen mit erworbener Zonulaschwäche (PEX)	16
3.3 Angeborene Zonulaschwäche	17
3.4 Weitere Gründe	17
4. Fragestellung der Arbeit	18
B. Patienten und Methodik	18
1. Patientengut und Daten	18
1.1 Patientengut	18
1.2 Erhobene Daten	19
2. Operationstechniken von sekundären Implantationen	19
3. Verwendete Linsentypen	20

4. Methodik der Untersuchungen und Datenerhebung	21
4.1 Anamnese, Voruntersuchung und Biometrie	21
4.2 Nachuntersuchung und Refraktionsbestimmung	22
5. Methodik der Auswertungen	23
C. Ergebnisse	24
1. Deskriptive Statistik	24
1.1 Allgemeines	24
1.2 Anamnestische Informationen	24
1.3 Daten aus der OP Planung und Durchführung	26
1.4 Postoperative Daten	29
1.5 Sphärisches Äquivalent	30
2. Vergleich nach sphärischem Äquivalent	31
2.1 Anamnestische Parameter	32
2.2 Parameter aus OP Planung und Durchführung	33
2.3 Postoperative Parameter	36
3. Auswertung nach Komplikationen	37
3.1 Nachblutung	37
3.1.1 Anamnestische Parameter	37
3.1.2 Parameter aus OP Planung und Durchführung	38
3.2.3 Weitere postoperative Parameter	39
3.2 Hypotonie	40
3.2.1 Anamnestische Parameter	40
3.2.2 Parameter aus OP Planung und Durchführung	41
3.2.3 Weitere postoperative Parameter	41
3.3 Sonstige Komplikationen und Komplikationen im Verlauf	42
3.3.1 Sonstige Komplikationen	42
3.3.2 Komplikationen im Verlauf von 3 Monaten	42

D. Diskussion	43
1 .Auswertung der Ergebnisse und Literaturvergleich	43
1.1 Beurteilung der signifikanten Ergebnisse	44
1.1.1 Auswertungen nach sphärischem Äquivalent	44
1.1.2 Auswertung nach postoperativen Komplikationen	47
1.1.2.1 Nachblutung	47
1.1.2.2 Hypotonie	49
1.1.2.3 Komplikationen im Verlauf von 3 Monaten	49
1.2 Mögliche Gründe für Abweichungen des sphärischen Äquivalents über 2 dpt.	50
2.Fehlerdiskussion	51
2.1 Mögliche Fehler in der Biometrie	51
2.2 Mögliche Fehler in der Refraktionsbestimmung	51
2.3 Untersuchung und Therapie durch verschiedene Ärzte	52
2.4 Zeitrahmen der Untersuchungen	52
2.5 Limitation der untersuchten Gruppe	52
E. Zusammenfassung und Ausblick	52
F. Abbildungsverzeichnis	54
G. Tabellenverzeichnis	55
H. Literaturverzeichnis	57
I. Danksagung	61
J. Eidesstattliche Versicherung	62

Abkürzungsverzeichnis

Intraokularlinse (IOL)

Hinterkammerlinse (HKL)

Vorderkammerlinse (VKL)

kontinuierliche zirkuläre Kapsulorhexis (CCC)

balancierte Kochsalzlösung (BBS)

Pseudoexfoliationssyndrom (PEX)

pars plana Vitrektomie (ppV)

Prediction Error (PE)

Absolute Error (AE)

effektive Linsenposition (ELP)

A. Einleitung

1. Chirurgische Möglichkeiten zur Behandlung der Katarakt

Die Katarakt, definiert als Eintrübung der eigenen, kristallinen Linse, ist weltweit eine der Hauptgründe für Erblindung und Sehbeeinträchtigung. Im Jahre 1996 waren laut der Weltgesundheitsorganisation fast die Hälfte aller Erblindungen weltweit auf eine Katarakt zurückzuführen (WHO, 1996). Auch 2006 war die Katarakt die Hauptursache für Erblindungen. Überwiegend ältere Patienten erblinden, 82 Prozent der Betroffenen sind über 50 Jahre alt. 90 Prozent der Patienten mit vermindertem Visus stammen aus entwickelten Ländern (WHO, 2007). Bisher gibt es keine anerkannte Möglichkeit, einer Katarakt vorzubeugen; eine chirurgische Therapie mit anschließender refraktiver Korrektur kann die Sehkraft wiederherstellen (WHO, 1996). Diese chirurgischen Verfahren sind hocheffektiv und führen sehr bald nach der Operation zur Visusrehabilitation (WHO, 2007). Verfahren zur extrakapsulären Linsenextraktion sind heute, in entwickelten Ländern, die Methode der Wahl. Hierbei bleibt die Linsenkapsel intakt und eine Hinterkammerlinse kann anschließend in der Linsenkapsel platziert werden. Im Gegensatz dazu wird bei der intrakapsulären Kataraktextraktion die Linse mitsamt Kapsel entfernt (Riaz et al., 2006).

1.1 Extrakapsuläre Kataraktexpression: Standardverfahren Phakoemulsifikation

Die Technik der Phakoemulsifikation wurde 1967 das erste Mal von Charles D. Kelman beschrieben (Kelman, 1967). Sie ist die am häufigsten angewandte Methode in entwickelten Ländern. Hierbei wird zuerst eine schmale Inzision der Hornhaut, circa zwischen 2.2 und 3.2 mm lang, gesetzt (de Silva et al., 2014).

Anschließend wird eine Öffnung der posterioren Kapsel (Continuous curvilinear capsulorhexis, CCC) durchgeführt (Haefliger and Neuhann, 1988). Der Trennung der kristallinen Linse von der Kapsel, mittels Einspritzen von balancierter Kochsalzlösung (BSS) (Hydrodissektion), folgt die Fragmentierung/Zertrümmerung und Entfernung der eingetrübten Linse mittels Phakoemulsifikation (Zuberbühler, 2008; Faust, 1995).

Die posteriore Linsenkapsel bleibt hierbei intakt. Durch die schmale Inzision kann eine (in der Regel) gefaltete Intraokularlinse (IOL) in den Kapselsack appliziert werden. Durch die kleine Inzision ist die postoperative Rehabilitationszeit verkürzt und der postoperative

Astigmatismus in der Regel gering. Die Technik erfordert jedoch intensives Training und die Materialkosten sind hoch (de Silva et al., 2014).

Als sekundärer Linsenersatz wird die Implantation zu einem anderen Zeitpunkt als während der Katarakt-Operation bezeichnet (Zuberbühler, 2008).

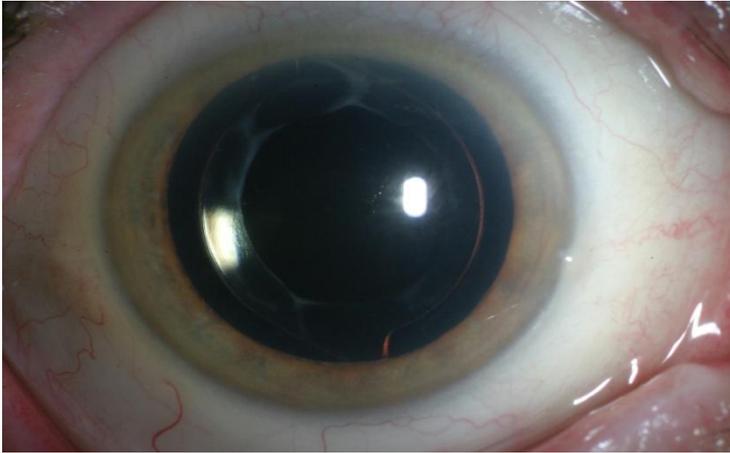


Abbildung 1: Foto einer Hinterkammerlinse in situ (Quelle: Augenklinik der LMU)

1.2 Grundsätzlicher Aufbau von Intraokularlinsen

Eine Intraokularlinse besteht aus dem zentralen, optischen Teil und zwei bis vier Bügeln, den Haptiken (Liu et al., 2016; Lang, 2015). Intraokularlinsen können in flexible, faltbare und harte Linsen unterteilt werden. Heutzutage werden normalerweise flexible IOLs verwendet. Durch Faltung können diese mit Spezialpinzetten oder Injektoren durch kleine Inzisionen inseriert werden. Durch die Injektion mittels Injektor kann der Kontakt der Linse mit der Augenoberfläche vermieden werden, was das Infektionsrisiko senkt (Kanski and Bowling, 2012). Zu den flexiblen Materialien gehören Silikon- und Acryl- Intraokularlinsen. Beide Materialien unterscheiden sich in der Biokompatibilität, der nötigen Schichtstärke des Materials sowie im Trübungsverhalten. Silikonintraokularlinsen können mit Schlaufenhaptiken oder Plattenhaptiken verwendet werden. Eine Plattenhaptik ist aus einer nicht ganz rechtwinkligen Platte mit zentraler Haptik aufgebaut (Kanski and Bowling, 2012). IOLs können in „one-piece“ und „three-piece“ unterteilt werden - je nachdem, ob Haptiken und Optik aus einem Material ohne Verbindungsstellen bestehen, wohingegen bei einer „three-piece“ IOL Optik und Haptik aus verschiedenem Material mit Verbindungsstellen aufgebaut sind (Lang, 2015). Auch Acryl-Intraokularlinsen sind als „one-piece“ oder „three-piece“ IOL aufgebaut. Harte Intraokularlinsen bestehen aus PMMA, sind nicht faltbar,

werden allerdings aus Kostengründen häufig in Entwicklungsländern eingesetzt (Kanski and Bowling, 2012).

Der geometrische Aufbau von IOLs wird konsequent weiter entwickelt, um die Entstehung eines Nachstars zu verhindern, Blendung und Reflexion zu minimieren sowie die optische Qualität zu verbessern (Lang, 2015). Technologisch können Intraokularlinsen auch anhand ihrer Abbildungsschärfe (Foci) unterteilt werden. Monofokale IOLs können immer nur in einer Entfernung, also Nähe oder Ferne, scharf abbilden. Im Gegensatz dazu können theoretisch mit multifokalen IOLs Objekte in Nähe und Ferne scharf eingestellt werden. Allerdings wird die Abbildungsqualität von monofokalen IOLs nicht erreicht (Lang, 2015). Torische Intraokularlinsen können, neben der sphärischen Korrektur, die korneale Verkrümmung (Astigmatismus) korrigieren, wobei eine präzise Zentrierung der Linse von großer Bedeutung ist. Multifokaltorische IOLs kombinieren beide oben genannten Eigenschaften miteinander (Lang, 2015).

2. Chirurgische Möglichkeiten der komplizierten Katarakt

Neben dem normalen Verlauf kann es zu Komplikationen kommen, die einen Linsenersatz unabhängig vom Kapselsack erfordern (Zuberbühler, 2008).

2.1 Chirurgische Komplikationen

Zum einen sind hier chirurgische Komplikationen zu nennen. Durch moderne Technologien kann das Risiko von chirurgischen Komplikationen während einer Katarakt Operation zwar gesenkt werden, allerdings bleibt immer ein gewisses Restrisiko bestehen. Entscheidende Faktoren, um das Risiko zu minimieren, sind die Erfahrung des Chirurgen, aber auch das frühzeitige Erkennen und die anschließende Therapie von aufgetretenen Komplikationen (Arbisser, 2004). Eine intraoperative Ruptur der Hinterkapsel kommt bei 0,45 und 0,79 Prozent aller Kataraktoperationen vor (Chiu, 2014). Diese kann zum Verlust von Linsenfragmenten in den Glaskörperraum sowie zu schwerwiegenden Spätfolgen wie Netzhautablösung, zystoidem Makulaödem und Endophthalmitis führen. Bei einer intraoperativen Ruptur der hinteren Linsenkapsel sollte dispersives Viskoelastikum hinter das Linsenmaterial injiziert werden, um einen Glaskörperaustritt in die Vorderkammer zu verhindern, Linsenfragmente vor dem Glaskörperraum zu halten und um den Kapselsack zu

schützen. Verbliebene Linsenfragmente sollten entfernt werden. Bei größeren Rissen ist ein Glaskörperprolaps in die Vorderkammer sehr wahrscheinlich. Deswegen muss in dem Fall eine anteriore Vitrektomie durchgeführt werden, sowie verbliebene Linsenfragmente vollständig aus der Vorderkammer entfernt werden. Wenn die vordere Glaskörpergrenzmembran intakt ist, oder die anteriore Vitrektomie, ohne das Loch der hinteren Kapsel zu erweitern, durchgeführt werden konnte, kann die IOL noch immer in den Kapselsack implantiert werden. Bei größeren Rissen, die zu einer Kapselinstabilität führen, muss die Linse jedoch außerhalb des Kapselsacks fixiert werden (Chiu, 2014).

2.2 Linsenluxationen

Eine Luxation der kristallinen Linse, Phakodonesis oder Iridonesis sprechen für Anomalien im Zonulaapparat. Diese Patienten sind schwierig zu behandeln. Es muss intraoperativ auf viele Details geachtet werden, um das Risiko intraoperativer Komplikationen zu minimieren. Auch postoperative Komplikationen, wie subluxierte oder dislozierte IOLs, können so minimiert werden. Die kontinuierliche zirkuläre Kapsulorhexis (CCC) sollte idealerweise nur die IOL symmetrisch umschließen, da zentripetale Kräfte die Zonulafasern schwächen können. Kapselspannringe können den Kapselsack stabilisieren (Arbisser, 2004).

Zur Luxation der IOLs kann es in frühen Fällen kommen, wenn die Linse nicht richtig im Kapselsack fixiert war, oder es intra- oder unmittelbar postoperativ zu einer Ruptur von Zonulafasern gekommen ist. Späte IOL Luxation sind vor allem auf eine progressive Zonulaschwäche zurückzuführen. Auch eine Kontraktion des Kapselsacks kann die Zonulafasern zusätzlich schwächen und so zur Luxation führen. Wird die kontinuierliche zirkuläre Kapsulorhexis bei der Kataraktoperation zu klein gewählt, kann die Kontraktion des Kapselsacks stärker ausfallen. Bei eindeutiger Verlagerung muss die Linse ausgetauscht oder refixiert werden (Ascaso et al., 2015; Arbisser, 2004).

Ist der Zonulaapparat so insuffizient und geschwächt, dass keine IOL mehr im Kapselsack platziert werden kann, müssen alternative Fixierungsmethoden verwendet werden (Dajee et al., 2016).

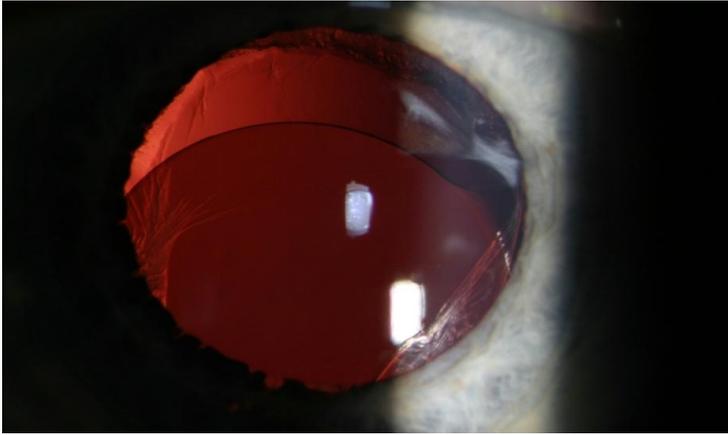


Abbildung 2: Luxierte Hinterkammerlinse (Quelle: Augenklinik der LMU)

2.3 Fixationsmöglichkeiten der IOL außerhalb des Kapselsackes

Das chirurgische Vorgehen beim sekundären Linsenersatz orientiert sich zum einen an den anatomischen Gegebenheiten, zum anderen an der persönlichen Erfahrung und Präferenz des jeweiligen Chirurgen. Es gibt kein generell etabliertes Verfahren oder einen generellen Linsentyp der als anerkanntes Standardverfahren bezeichnet werden kann. (Zuberbühler, 2008; Dick and Augustin, 2001)

2.3.1 Sulcusfixiert

Nach der Implantation der IOL in den Kapselsack ist die Fixierung der Linse im Sulcus ciliaris die am häufigsten verwendete Implantationsform. Für die Implantation müssen noch teilweise Gewebe des Linsenhalteapparates, vor allem anterior Irisgewebe sowie Kapselreste, vorhanden sein. Die Schwierigkeit hängt vor allem von den anatomischen Gegebenheiten ab. Nach einer Kapselruptur muss geprüft werden, welche Strukturen noch intakt sind. Ist das vordere Kapselblatt stabil, kann die führende Haptik in den Sulcus ciliaris implantiert werden. Die zweite Haptik wird durch eine Parazentese eingedreht (Schulze et al., 2014). Ist die Hinterkapsel defekt, aber die vordere Rhexis noch intakt, kann die IOL mit der „optic capture“-Technik im Sulcus verankert werden (Schulze et al., 2014; Masket and Fram, 2011). Die Haptiken der IOL werden hierbei im Sulcus fixiert und die Optik durch die Rhexis nach hinten gedrückt. Zur stabilen Verankerung sollten „three-piece“-IOLs verwendet werden (Schulze et al., 2014; Gimbel and DeBroff, 2004). Für andere Techniken können sowohl faltbare als auch formstabile Intraokularlinsen verwendet werden, je nach anatomischen Gegebenheiten und Inzisionsbreite des Tunnels. Im Vergleich zur Fixierung der Linse im Kapselsack, ist die Sulcusfixierung instabiler und somit das Risiko einer Luxation höher.

Außerdem ist die Wahrscheinlichkeit eines postoperativen Anstiegs des intraokularen Drucks erhöht (Schulze et al., 2014). Wenn noch Reste der Kapsel vorhanden sind, sollte immer in den Sulcus implantiert werden. Ansonsten sprechen vor allem die Kontraindikationen für eine bestimmte Fixierungsart ohne Unterstützung des Kapselsacks (Hannush, 2000).

2.3.2 Eingenäht

Die erste Nahtfixation einer Intraokularlinse wurde bereits 1954 von T.G.W. Parry durchgeführt (Gerstmeyer et al., 2015). Die Lokalisation der Linse in der Hinterkammer ist physiologischer im Vergleich zu Vorderkammerlinsen und kann als mechanische Barriere wirken. Auch beeinträchtigen sie die Kornea nicht, im Vergleich zu Vorderkammerlinsen. Vorderkammerlinsen hingegen können zu einem erhöhten Endothelzellverlust führen (Dick and Augustin, 2001; Hannush, 2000). Das Hauptrisiko von eingenähten IOLs ist die Blutung intraoperativ, sowie die postoperative Nachblutung. Vor Nahtfixationen einer IOL sollte immer eine anteriore Vitrektomie durchgeführt werden, um den Kontakt von Linse und Glaskörper und somit die Entstehung eines zystoiden Makulaödems oder einer Netzhautablösung zu vermeiden (Hannush, 2000).

Eingenähte IOL's, fixiert an der Iris, stellen heute eine Möglichkeit zum Befestigen der Intraokularlinse in der Hinterkammer bei fehlender Unterstützung des Kapselsacks dar. Die Optik und die Haptiken der Hinterkammerlinse werden je nach OP Technik an zwei bis vier Punkten an der Iris befestigt (Hannush, 2000). Bei der Vierpunkt-Fixierung nach Soong et al. wird die Hinterkammerlinse durch vier Löcher in der Linse mit Polypropylen-Fäden in anterioposteriorer Richtung an die Iris genäht. Die Haptiken der Linse werden im Sulcus ciliaris befestigt (Hannush, 2000; Soong et al., 1989). Die Technik ist relativ schnell und einfach durchführbar. Allerdings kann sie zu Entzündungen des Auges sowie Irisatrophie führen. Auch die Mobilität der Pupille kann limitiert werden. Oft befinden sich die Haptiken nach der OP nicht im Sulcus ciliaris sondern frei zwischen Iris und Ziliarkörper. Der Halt der Linse hängt also von der Stabilität der Nähte ab (Dick and Augustin, 2001; Hannush, 2000).

Es gibt viele verschiedene Techniken zur transskleralen Fixation einer IOL in der Hinterkammer, erstmals wurde die transsklerale Fixation 1981 beschrieben (Hannush, 2000; Girard, 1981). Hierfür werden unter anderem „one-piece“ IOLs aus PMMA mit modifizierten C-loop Haptiken oder aber faltbare „one-piece“ IOLs verwendet. Nach Einbringen der Linse wird diese mit Polypropylen-Fäden an der Sklera fixiert (Wallmann et al., 2015; Hannush,

2000). Wichtig ist die genaue Positionierung der Naht, um Komplikationen zu vermeiden. Die ab externo Nahttechnik, also das Einbringen der Naht von außen nach innen, erzielt postoperativ bessere Ergebnisse. Bei transskleral eingenähten Hinterkammerlinsen werden die Risiken von Verletzungen der Iris, aber auch das Risiko des Entstehens eines postoperativen zystoiden Makulaödems, minimiert. Die OP-Dauer ist jedoch verlängert, was das Risiko einer Blutung sowie das einer postoperativen Entzündung erhöht. Auch ist die Technik schwieriger im Vergleich zur irisfixierten, eingenähten Hinterkammerlinse. Ein weiteres Problem dieser Technik ist das postoperative Offenliegen der Naht durch Erosion der Konjunktiva. Durch Verbindung des Augeninneren mit der Augenoberfläche können Entzündungen entstehen oder die Naht kann reißen (Hannush, 2000).

2.3.3 Irisklauenlinsen

Irisklauenlinsen wurden zum ersten Mal in den frühen 1980er Jahren eingeführt (Guell et al., 2014; Worst et al., 1972). Wenn die Iris stabil ist, sind sie eine sehr gute Alternative zur Fixierung einer IOL ohne Kapselsackunterstützung, da sie weder den Kammerwinkel der Vorderkammer noch die Irisbasis beeinträchtigen (Guell et al., 2014). An der Irisklauenlinse aus PMMA befinden sich an beiden Rändern klauenartige Haptiken. Hier wird mit speziellen Enklavationsnadeln oder Ansaughandstücken Irisgewebe eingeklemmt, um die Linse in der Vorderkammer zu fixieren. Die Linsenachse ist hierbei frei wählbar (Kohnen and Hengerer, 2014). Als Nachteil dieser Fixierung gilt der große Operationszugang von 5,1 bis 5,3 mm (Kohnen and Hengerer, 2014; Sekundo et al., 2014b). Durch die notwendige Naht wird zusätzlich noch der Astigmatismus beeinflusst. Zudem zählen zu den möglichen Komplikationen das Entstehen einer Hornhautdekomensation, eines zystoiden Makulaödems, ein Anstieg des Augeninnendrucks sowie Pupillenverziehungen. Um einen Pupillarblock zu vermeiden, kann eine basale Iridektomie durchgeführt werden (Kohnen and Hengerer, 2014).

Erstmals wurde die off-label Verwendung retroiridal fixierter Irisklauenlinsen 2002 von Mohr und Amar beschrieben. Seitdem wird die Technik unverändert verwendet um die Vorteile einer Hinterkammerlinse, mit geringen intra- und postoperativen Risiken, mit denen einer einfachen Operationstechnik zu verbinden (Haberle et al., 2014; Mohr et al., 2002). Bei ausreichend intakter Iris, aber fehlendem Kapselsack bzw. ausgeprägter Zonulolyse, hat sich die retroiridal befestigte Irisklauenlinse im letzten Jahrzehnt durchgesetzt. Eine Kontraindikation besteht bei einer Uveitis oder ischämischen Retinopathien. Vor Implantation

der Linse muss eine vordere Vitrektomie durchgeführt werden bei der alle vorderen Kapselreste entfernt werden. Durch eine Parazentese wird die IOL mit einer Haltepinzette positioniert. Danach wird die Linse mithilfe spezieller Irisspatel symmetrisch enklaviert. Pupillenverziehungen können mit einer Glaskörperpinzette korrigiert werden (Haberle et al., 2014). Als hauptsächliche Komplikationen nach retroiridaler Irisklauenlinsen-Implantation treten ein postoperatives zystoides Makulaödem (drei bis neun Prozent) sowie eine persistierende Pupillenverziehung (bis zu 25 Prozent) auf. Eine Deenklavation der Linse ist eine seltene Komplikation (Gonnermann et al., 2014; Haberle et al., 2014).

Im Allgemeinen sind die visuellen Ergebnisse von Irisklauenlinsen gut und die Komplikationsrate ist gering. Zudem sind die Linsen leicht zu entfernen bzw. zu erneuern (Dick and Augustin, 2001). An der Augenklinik der LMU wird die Irisklauenlinse standardmäßig retroiridal ohne Nähte implantiert.

2.3.4 Vorderkammerfixiert

Vorderkammerlinsen waren über längere Zeit die Therapie der Wahl bei Implantationen von Intraokularlinsen in Augen mit fehlendem Linsenhalteapparat. Doch Mitte der 1980er Jahre stellte sich heraus, dass Vorderkammerlinsen mit starrer, geschlossener Haptik viele postoperative Komplikationen nach sich zogen. Das neue Design von Vorderkammerlinsen aus PMMA, mit offener Haptik und drei Punkt oder vier Punkt Schlaufenfixierung im Kammerwinkel, senkt die postoperative Komplikationsrate von Vorderkammerlinsen im Vergleich zu ehemaligen VKL mit geschlossener Haptik. Trotzdem schädigen Vorderkammerlinsen die Hornhaut stärker als Hinterkammerlinsen (Dick and Augustin, 2001). Vorderkammerlinsen sind jedoch relativ leicht zu implantieren, werden gut vertragen und luxieren bzw. dezentrieren selten. Die Implantation der Vorderkammerlinse erfolgt über einen 6 mm großen Zugang. Nach Verengen der Pupille kann die VKL in die Vorderkammer eingebracht und im Kammerwinkel positioniert werden (Kohnen and Hengerer, 2014; Kazemi et al., 2000). Als Nachteil von Vorderkammerlinsen ist ebenfalls der große OP-Zugang mit astigmatistischer Wirkung der Naht zu nennen. Auch Nebenwirkungen sind häufiger im Vergleich zu Hinterkammerlinsen-Implantationen. Zu den möglichen postoperativen Komplikationen zählen die Entstehung eines Uveitis-Glaukom-Hyphäma Syndroms, bei flacher Vorderkammer die Entstehung von Lentodonesis und Iridodonesis mit chronischem Endothelzellverlust und Hornhautdekomensation sowie Pupillenverziehungen. Selten kann es zu einem akuten Winkelblock mit Druckanstieg, zystoidem Makulaödem und

Netzhautablösung kommen. Zur Prophylaxe des akuten Winkelblocks kann eine basale Iridektomie angelegt werden (Kohnen and Hengerer, 2014; Dick and Augustin, 2001; Clemente, 2000).

3. Weitere Indikationen für Kapselsack unabhängigen Linsenersatz

Neben chirurgischen Komplikationen und Linsenluxationen aufgrund von Zonulaschwäche gibt es weitere Gründe, die zu einem insuffizienten Zonulaapparat führen und einen Kapselsack unabhängigen Linsenersatz nötig machen (Ascaso et al., 2015).

3.1 Traumata

Durch Augenverletzungen, aber auch durch ständig wiederkehrende geringgradige Traumatisierungen können kristalline Linsen, aber auch Intraokularlinsen, luxieren und dislozieren. Die Luxation der Linse ist eine seltene Komplikation bei Kopfverletzungen. Die Diagnose kann sowohl klinisch als auch mit einer Ultraschalluntersuchung gestellt werden. Zudem kann das Auge hiermit nach weiteren Verletzungen an Bulbus oder Netzhaut untersucht werden. Die Therapie der Wahl ist chirurgisch. Hier wird die Intraokularlinse je nach Art der Verletzung sowie Zustand der Zonulafasern und des Kapselsackes entweder refixiert, explantiert oder ausgetauscht. Eine luxierte kristalline Linse wird entfernt (Lee et al., 2015; Rankin and Pineda, 2013; Kazemi et al., 2000).

3.2 Luxierte Kunstlinse mit erworbener Zonulaschwäche

Das Pseudoexfoliationssyndrom (PEX) ist eine systemische Erkrankung der extrazellulären Matrix. Die Pathologie des PEX im Auge besteht in der Ablagerung von grauweißem, extrazellulärem Material auf der Linse und dem Trabekelmaschenwerk. Des Weiteren zirkuliert freies PEX-Material im Kammerwasser in der Vorderkammer. In der Histologie kann das pathologische extrazelluläre Material jedoch in fast allen Geweben der vorderen und hinteren Augenabschnitte gefunden werden. Die Ablagerung des PEX Materials auf dem Kammerwinkel kann zu einem PEX-Glaukom führen. Weltweit gilt es als der größte Risikofaktor für die Entstehung eines Glaukoms (Sharma et al., 2016). Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Schäden am Zonulaapparat während einer Kataraktoperation ist bei Patienten mit PEX erhöht. Zudem erhöht ein PEX Syndrom das Risiko einer späten Verlagerung einer Kapselsack-fixierten IOL aufgrund von progressiver Insuffizienz der Zonulafasern. Auch systemische Erkrankungen, wie Erkrankungen der

Blutgefäße oder Hörverlust, können im Zusammenhang mit einem PEX Syndrom stehen. Ein starker Zusammenhang zwischen genetischer Mutation im LOXL1 Gen und PEX wurde identifiziert (Sharma et al., 2016; Ostern et al., 2014).

3.3 Angeborene Zonulaschwäche

Eine subluxierte Linse kann in Zusammenhang mit systemischen, erblichen Erkrankungen stehen. Zu diesen Erkrankungen zählen das Marfan Syndrom, das Weil–Marchesani Syndrom, die Homocystinurie, die Hyperlysinämie, das Stickler Syndrom, der Sulfitoxidase-mangel und das Ehlers-Danlos Syndrom (Iturriaga et al., 2013). Hierbei ist es das Marfan Syndrom, welches am häufigsten mit kongenital subluxierten Linsen (40 Prozent der Fälle) assoziiert wird. Die systemische Erkrankung betrifft den Kollagenstoffwechsel und führt zu genereller Schwäche des Kollagens im Körper. Also sind auch die Zonulafasern schwach, was zur Linsenlokation führen kann. Zudem können weitere Veränderungen im Herzkreislaufsystem und am Skelett auftreten (Charhi and Daoudi, 2014; Fan et al., 2014). Da die Komplikationsrate bei Patienten mit systemischen Grunderkrankungen höher ist und die Patienten zum Zeitpunkt der ersten OP meist noch sehr jung sind, sind diese Patienten oft schwierig zu behandeln. Je nach Grunderkrankung und Ausprägungsgrad von Luxation und Begleiterkrankungen kann ein möglichst konservatives Vorgehen sinnvoll sein (Fan et al., 2014; Iturriaga et al., 2013).

3.4 Weitere Gründe

Ein weiterer Risikofaktor für eine späte Dislokation der Intraokularlinse ist eine hohe Myopie. Eine mögliche Ursache dafür könnte die starke Beanspruchung der Zonulafasern im Vergleich zu emmetropen Augen sein. Weitere mögliche Risikofaktoren für geschwächte Zonulafasern sind ein hohes Alter des Patienten, eine Uveitis, vorherige vitreoretinale Eingriffe, ein vorangegangener akuter Glaukomanfall und Erkrankungen wie Diabetes mellitus, atopische Dermatitis oder retinitis pigmentosa. Auch das Material der IOL kann Einfluss auf die Kapselschrumpfung haben und somit zu einer möglichen Verlagerung der Linse führen. So führt vor allem hydrophiles Acrylat, wegen verringerter kapsulärer Biokompatibilität, zu vermehrter Kapselfibrose. Auch Silikon induziert ein erhöhtes Risiko einer Kapselfibrose (Ascaso et al., 2015; Kramer et al., 2010; Werner et al., 2001).

4. Fragestellung der Arbeit

Die Zahl der Patienten, die eine Visusbeeinträchtigung durch eine dislozierte Hinterkammerlinse erfahren, zeigt eine deutlich zunehmende Tendenz (Sturmer, 2013). Trotz steigender Patientenzahlen mit durchgeführten sekundären Linsenimplantation, sowie steigenden Veröffentlichungen zur Methodik von sekundären Linsenoperationen mit insuffizientem Zonulaapparat, sind die genauen Ursachen, Häufigkeiten sowie das postoperative Ergebnis der Operationen noch nicht abschließend geklärt. Auch gibt es derzeit noch wenig Vergleiche der verschiedenen Methoden untereinander. Es gibt bei sekundären Linsenoperationen derzeit kein einziges etabliertes Verfahren, das als Standardverfahren von allen Operateuren weltweit als akzeptiert gilt. (Dajee et al., 2016; Davies and Pineda, 2016; Ascaso et al., 2015; Neuhann et al., 2012; Zuberbühler, 2008; Dick and Augustin, 2001).

Das Ziel dieser Arbeit ist nun, die Thematik der sekundären Linsenimplantationen als Ganzes näher zu betrachten. Hierbei sollen vor allem Gründe für sekundäre Linsenimplantationen sowie mögliche Einflussfaktoren klarer werden. Des Weiteren werden die refraktären Ergebnisse wie auch postoperativ aufgetretene Komplikationen untersucht. Zudem steht der Vergleich verschiedener Ausgangssituationen, Techniken, postoperativer Komplikationen und verwendeter Linsen im Vordergrund. Um potentielle Einflüsse der Entwicklung von Intraokularlinsen überschaubar zu halten, einen längeren Nachbeobachtungszeitraum zu gewähren und gleichzeitig eine adäquate Fallzahl zu erreichen, wurde ein Zeitraum von fünf Jahren gewählt. In diesem Zeitraum, 2009 bis 2013, war das Portfolio der an der Augenklinik der LMU verwendeten Linsen weitestgehend unverändert. Im Folgenden werden nun die in die Studie eingeschlossenen Patienten und die verwendete Methodik dargestellt.

B. Patienten und Methodik

1. Patientengut und Daten

1.1 Patientengut

Im Zeitraum vom 1.1.2009 bis 31.12.2013 wurden an der Augenklinik der LMU 575 Augen einer sekundären Linsenimplantation unterzogen. In diese retrospektive Studie wurden nur Patienten eingeschlossen, die zum OP-Zeitpunkt über 14 Jahre alt waren und bei denen die in der Studie erhobenen Daten vollständig waren, inklusive Nachuntersuchungsergebnissen und

postoperativen Refraktionswerten. Somit wurden 182 Augen von 171 Patienten in die Studie eingeschlossen. 8 Patienten wurden an beiden Augen operiert, 3 Patienten wurden nach Ablauf der dreimonatigen Nachkontrollfrist ein drittes Mal am selben Auge operiert. Die Patienten waren zum OP-Zeitpunkt zwischen 15 und 92 Jahren alt.

1.2 Erhobene Daten

Neben patientenbezogenen Daten wie Alter, Geschlecht, OP-Datum und operiertem Auge wurden präoperativ anamnestische Daten zum Datum der ersten Linsen OP, Ursache der sekundären Linsenoperation, Vorerkrankungen, wie PEX, Uveitis, Traumata, syndromale Erkrankungen sowie vorherige ppV (pars plana Vitrektomie), oder Netzhaut-Chirurgie erhoben. Zudem wurden die Daten der präoperativen optischen Biometrie, präoperative Refraktionswerte sowie eventuell durchgeführte tertiäre Linsenoperationen notiert. An intraoperativen Daten wurde der Zustand des Kapselsacks sowie seine Erhältbarkeit erhoben, zudem wurde der Operateur, die verwendete Linse und ihre Stärke, die Fixierungsart der Linse, eventuelle Repositionen, die Position des Tunnelschnittes und ob eine anteriore Vitrektomie durchgeführt wurde, notiert. Postoperativ wurden Komplikationen unmittelbar postoperativ und im Verlauf erhoben. Zudem wurde die objektive sowie, wenn vorhanden, die subjektive Refraktion mindestens drei Monate postoperativ ermittelt.

2. Operationstechniken der sekundären Linsen Implantationen

Die sekundären Linsenimplantationen wurden von acht Operateuren durchgeführt. Wobei, wegen der geringen Fallzahlen, Operateur 4, 7 und 8 in der Auswertung als Sonstige zusammengefasst wurden. Nach Bergung und Entfernung der primären IOL wurden, je nach Linsentyp, die in der Einleitung beschriebenen Techniken zur Fixierung der Linse durchgeführt, oder aber die vorhandene Linse konnte refixiert werden. Bei Bedarf wurde zusätzlich eine anteriore Vitrektomie vorgenommen, oder es wurden weitere nötige ophthalmochirurgische Eingriffe, wie Netzhautoperationen, Pupillarplastiken oder Hornhauttransplantationen, durchgeführt.

3. Verwendete Linsentypen

Es wurden die folgenden Linsentypen verwendet:

Tabelle 1: verwendete Linsentypen sowie deren Eigenschaften

Linse	Linsentyp	Material	Gesamt Durchmesser	Durchmesser der Optik	Haptikform	Kantendesign
CT13 A / 54 A	VKL	PMMA	13,3mm	5,5mm	kammerwinkelfixiert	keine scharfe Kante
Verisyse VRSA54	Irisklauenlinse	PMMA	8,5 mm	5 mm	Irisklauen-Haptik	keine scharfe Kante
SA60AT	HKL, „one-piece“	hydrophobes Acryl	13 mm	6 mm	Bügelhaptik	scharfe Kante
AMO 60 Duralens	HKL, „one piece“	PMMA	13 mm	6 mm	C Loop	scharfe Kante
677AB / IDEA 613XC-060	HKL, „one-piece“	hydrophiles Acryl	13 mm	6 mm	Plate Loop	scharfe Kante
Acritec 46 LC	HKL, „one-piece“	hydrophobes Acryl	11 mm	6 mm	Plate	scharfe Kante
PolyLens Y35	HKL „three-piece“	hydrophobes Acryl	13 mm	6,5 mm	C Loop	keine scharfe Kante

(<http://www.iol-info.de/intraoculars/detail/250>, abgerufen am 6.1.2017;
<http://www.iol-info.de/intraoculars/detail/242>, aufgerufen am 6.1.2017;
<http://www.iol-info.de/intraoculars/detail/11>, abgerufen am 6.1.2017;
<http://www.iol-info.de/intraoculars/detail/82>, abgerufen am 6.1.2017;

<http://www.iol-info.de/intraocularlens/detail/36>, abgerufen am 6.1.2017;
http://www.polytech-domilens.de/sphaerisch-35-de/polylens-y35110&pc_mode_617=details#content_el_617, abgerufen am 8.5.2016;
 AlconGmbH, 2016; Harrer et al., 2015; KarlZeissMeditecAG, 2013; Medicontour, 2013; Schmickler et al., 2012; MorcherGmbH, 2011; Colvard, 2009; AbbottMedicalOptics, 2007; AcriTecGmbH, 2006; Jorge Alió, 2010; Tjia, 2006)

In der Auswertung wurden die Linsen CT Asphina 13A und Morcher 54A als Vorderkammerlinsen bezeichnet. Es handelt sich hierbei um die gleiche Intraokularlinse, lediglich der Name wurde im Laufe der Datenerhebung verändert. Aufgrund der geringen Fallzahlen wurden die Linsen 677AB, Acritec 46LC, Polylens Y35 und IDEA 613XC-060 zu „Sonstige Linsen“ zusammengefasst.

4. Methodik der Untersuchungen und Datenerhebung

4.1 Anamnese, Voruntersuchung und Biometrie

Die Erhebung der Anamnese der Patienten sowie die präoperativen Untersuchungen wurden von verschiedenen Ärzten der Universitätsaugenklinik der LMU durchgeführt. Die Operationsaufklärung fand mit Hilfe von proCompliance Aufklärungsbögen des Thieme Verlages statt, die handschriftlich ergänzt wurden.

In der Anamnese wurde vor allem auf relevante, systemische Erkrankungen und vorherige Erkrankungen sowie vorherige Operationen der Augen geachtet.

Präoperativ fand eine komplette augenärztliche Untersuchung an der Spaltlampe statt, mit Biomikroskopie des Augenhintergrunds und Messung des Augeninnendrucks. Natürlich wurde der Status der kristallinen Linse oder der Intraokularlinse genau bestimmt.

Des Weiteren wurden die objektive Refraktion sowie die nicht korrigierte und die korrigierte Sehschärfe für die Ferne erhoben. Zudem erfolgte eine optische Biometrie zur Berechnung der IOL-Stärke der zu implantierenden IOL.

Die optische Biometrie wurde mit dem IOL-Master (Fa. Zeiss, Carl-Zeiss-Meditec AG, Jena, Germany) durchgeführt (Versionen V5.2.1 bis V5.4 verwendet). Durch den IOL Master kann das Auge berührungsfrei biometrisch vermessen werden. Hornhautkrümmung,

Vorderkammertiefe und Achsenlänge werden hierbei durch Lasertechnologie vermessen. Mit Hilfe verschiedener auswählbarer Formeln berechnet der IOL Master die Linsenstärke aufgrund der gewünschten Zielrefraktion, die Konstanten der Formeln werden ständig aktualisiert (Dehnavi et al., 2015; Stattin et al., 2015). In dieser Studie wurde bei phaken Augen die Formel Haigis für normale und lange Augen verwendet. Die Formel Hoffer-Q wurde für phaken Augen mit einer Achsenlänge kleiner als 22 mm berücksichtigt, und bei bereits pseudophaken Augen wurde die Linsenstärke mit der Formel SRK-T sowie deren Vorgängerformel SRK II berechnet.

4.2 Nachuntersuchung und Refraktionsbestimmung

Die Nachuntersuchungen fanden unmittelbar postoperativ in der Augenklinik statt. Bei komplikationslosem Verlauf wurden die Patienten am zweiten postoperativen Tag entlassen. Hier wurde wieder der Visus bestimmt sowie regelmäßig der Augeninnendruck gemessen. Es folgte eine komplette Untersuchung des vorderen Augenabschnitts und, sobald es möglich war, eine Netzhautuntersuchung in Mydriasis. Außerdem wurde natürlich der Sitz der neu implantierten oder refixierten Intraokularlinse genau kontrolliert. Zur weiteren Verlaufskontrolle wurden die Untersuchungen in der Augenklinik oder aber vom jeweiligen niedergelassenen Augenarzt durchgeführt. Bei Komplikationen oder schwierigem Verlauf wurden die Patienten stets nochmal zur Nachkontrolle in die Klinik einbestellt. Ebenso erfolgte die postoperative Refraktionsbestimmung in der Klinik selbst oder die Daten wurden von den jeweiligen niedergelassenen Augenärzten erhoben. Des Weiteren wurde sowohl der nicht korrigierte als auch der bestkorrigierte Visus für die Ferne erhoben.

Das standardmäßige Vorgehen zur Bestimmung der objektiven Refraktion wird mit Hilfe eines Autorefraktometers durchgeführt. Dieser Wert wird dann subjektiv abgeglichen (Grein et al., 2014). In die Studie wurden sowohl subjektive als auch objektive Refraktionswerte eingeschlossen. Es wurden nur Daten über drei Monate postoperativ in die Studie integriert. Diese stammen aus einem Zeitraum vom 12.05.2009 bis zum 27.1.2016.

Daraufhin wurde aus den postoperativen Refraktionsdaten (sowohl subjektiv als auch objektiv) mit Hilfe folgender Formel das Sphärische Äquivalent berechnet:

$$\underline{\text{Sphärisches Äquivalent}} = \text{Sphäre} + \frac{1}{2} \times \text{Zylinder} \text{ (Augustin, 2007)}$$

Durch die präoperative optische Biometrie, kann die Linsenstärke genau berechnet werden, damit eine gezielte Refraktion postoperativ erreicht wird. Hierfür verwendet der IOL Master

die oben beschriebenen Formeln zur Berechnung der benötigten Linsenstärke, um die gewünschte Zielrefraktion zu erreichen. Hierbei ist nicht immer die Emmetropie das Refraktionsziel. Deswegen ist es wichtig, die präoperativ berechnete, gezielte Refraktion und die postoperativ ermittelte Refraktion zu vergleichen.

Diese Zielrefraktion entspricht dem präoperativ berechneten sphärischen Äquivalent. Die Differenz zwischen dem postoperativ erhobenen sphärischen Äquivalent und dem präoperativ berechneten sphärischen Äquivalent entspricht den sogenannten prädiktiven Fehler, engl. „Prediction Error“ (PE).

Präoperativ Berechnetes Sphärisches Äquivalent – Postoperativ Berechnetes Sphärisches Äquivalent = Prediction Error = PE

Diese Differenz wurde für die Auswertungen in den Betrag gesetzt:

Absolute Error = AE = |PE| = |Differenz der Sphärischen Äquivalente|

Dieser Betrag ist nötig, um die absoluten Abweichungen zu vergleichen. Es wird also nur die Höhe, nicht die Richtung, der Abweichung verglichen. Hierdurch werden im Folgenden Probleme bei statistischen Auswertungen, die mit Aufsummierungen arbeiten, vermieden.

5. Methodik der Auswertungen

Die Auswertung der Daten erfolgte mit SPSS Statistics 23.0 von IBM. Für die Deskriptive Statistik wurden Häufigkeiten, Mittelwerte, Minima, Maxima und Standardabweichungen berechnet. Nach Zusammenhängen mit aufgetretenen postoperativen Komplikationen wurde mit Kreuztabellen und Chi-Quadrat-Tests gesucht. Um mögliche Ursachen für Abweichungen des AE zu finden, wurden Boxplots erstellt und die nicht parametrischen Tests Man-Whitney U und Kruskal-Wallis verwendet. Aufgrund der selektiven Stichprobe und der komplexen Datenstruktur wurde auf Testverfahren zurückgegriffen, bei denen eine Normalverteilung der Daten nicht vorausgesetzt ist. Gruppen mit Fallzahlen unter 10 wurden jeweils ausgeschlossen. Das Signifikanzniveau lag bei $p < 0,05$.

C. Ergebnisse

1. Deskriptive Statistik

1.1 Allgemeines

Die sekundären Linsenimplantationen wurden im Zeitraum vom 15.1.2009 bis zum 30.12.2013 durchgeführt, die Patienten waren zum OP Zeitpunkt zwischen 15 und 92 Jahre alt, mit einem mittleren Alter von 63. Die primären Linsenimplantationen fanden zwischen 1980 und 2013 statt. Bei 3 Prozent der Patientenaugen fand keine sekundäre, sondern eine tertiäre Linsenimplantation statt.

Tabelle 2: Häufigkeiten und Prozente der operierten Augen

Parameter	Häufigkeit	Prozent
Operiertes Auge		
Rechts	98	54
Links	84	46
Geschlecht		
Männlich	103	57
Weiblich	79	43

Bei der Verteilung von Geschlechtern und operiertem Auge zeigten sich keine Auffälligkeiten.

1.2 Anamnestiche Informationen

Tabelle 3: Häufigkeiten und Prozente aufgetretener Vorerkrankungen und vorheriger Eingriffe

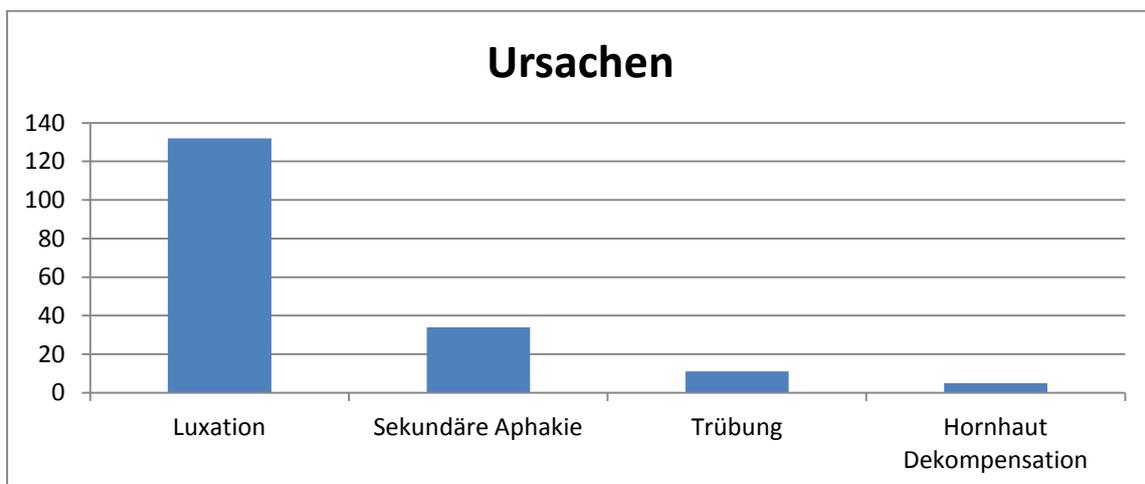
Vorerkrankung/ Vorheriger Eingriff	Häufigkeit	Prozent
Zustand nach Trauma		
Nein	152	84
Ja	30	17
Hinweis auf PEX		
Nein	160	88

Ja	22	12
Zustand nach Ablatio Chirurgie		
Nein	120	66
Ja	62	34
Zustand nach ppV		
Nein	104	57
Ja	78	43
Zustand nach Uveitis		
Nein	166	91
Ja	16	9

Die Häufigkeiten der präoperativ erhobenen Vorerkrankungen und präoperativ durchgeführten ophthalmologischen Operationen werden in Tabelle 3 dargestellt. Hierbei war der häufigste vorherig durchgeführte Eingriff die ppV mit 43 Prozent. Auch der Zustand nach Ablatio Chirurgie kam mit 34 Prozent noch recht häufig vor. Die restlichen erhobenen Vorerkrankungen sowie der Zustand nach Trauma lagen zwischen 9 und 17 Prozent. Bei 4 Fällen lag eine syndromale / systemische Grunderkrankung vor (Marfan Syndrom und Morbus Bechterew), die zur Zonulaschwäche führten.

Die Ursache der sekundären Implantationen ist in folgender Grafik dargestellt.

Abbildung 3: Häufigkeiten der Ursache sekundärer Linsenimplantationen



Die Luxation der primären IOL war mit 72 Prozent die häufigste Ursache. Bei 14 Augen war hierbei die eigene Linse luxiert. Eine sekundäre Aphakie lag bei 19 Prozent der Augen vor.

Die Trübung der IOL in 6 Prozent und die Hornhautdekomensation in 3 Prozent der Fälle waren relativ seltene Ursachen.

1.3 Daten aus der Operationsplanung und Durchführung

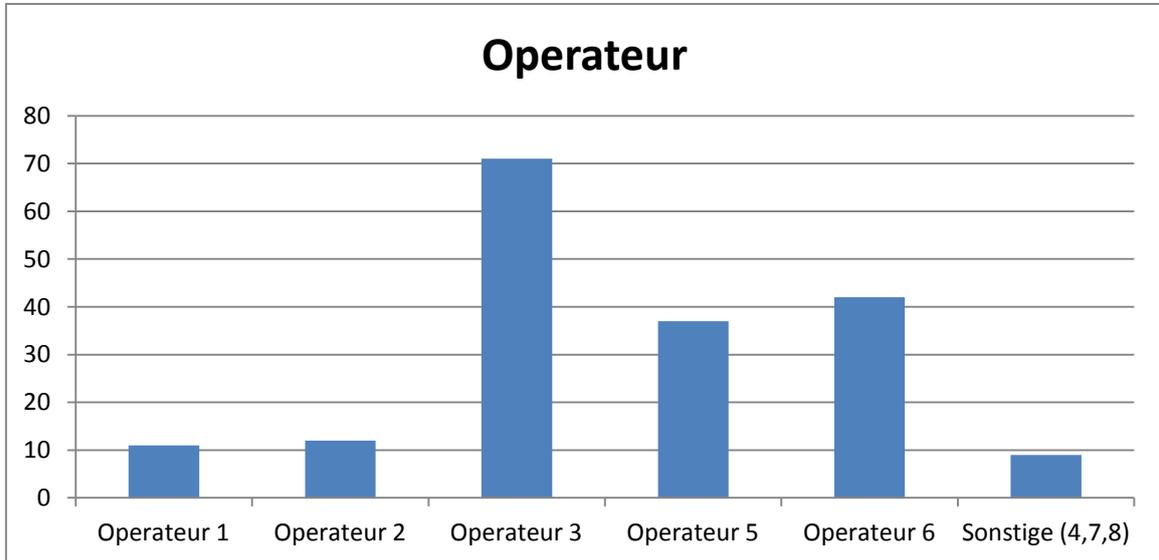
Eine Refixation der IOL konnte bei 17 Augen, in 9 Prozent der Fälle, durchgeführt werden. Da hier keine Linse implantiert wurde, wurden diese Fälle bei den Häufigkeiten der implantierten Linsen sowie bei der Berechnungsformel der Linsenstärke als fehlend bezeichnet. Zudem wurde kein Tunnelschnitt angelegt. Hier konnte das postoperative sphärische Äquivalent auch nicht mit dem präoperativ berechneten verglichen werden. Deswegen fallen diese 17 Augen auch bei der unten aufgeführten Auswertung weg.

Tabelle 4: Häufigkeiten und Prozente intraoperativer Parameter

Intraoperative Parameter	Häufigkeit	Prozent
Kapselsack intraoperativ erhalten/ erhaltbar		
Ja	26	14
Nein	156	86
Linse im Kapselsack luxiert		
Innerhalb	124	68
Außerhalb	24	13
Fehlend (bei Aphakie)	34	19
Vitrektomie durchgeführt		
Ja	126	69
Nein	56	31
Tunnelschnitt bei		
12h	144	79
Andere Lokalisation	21	12
Fehlend (bei Refixation)	17	9

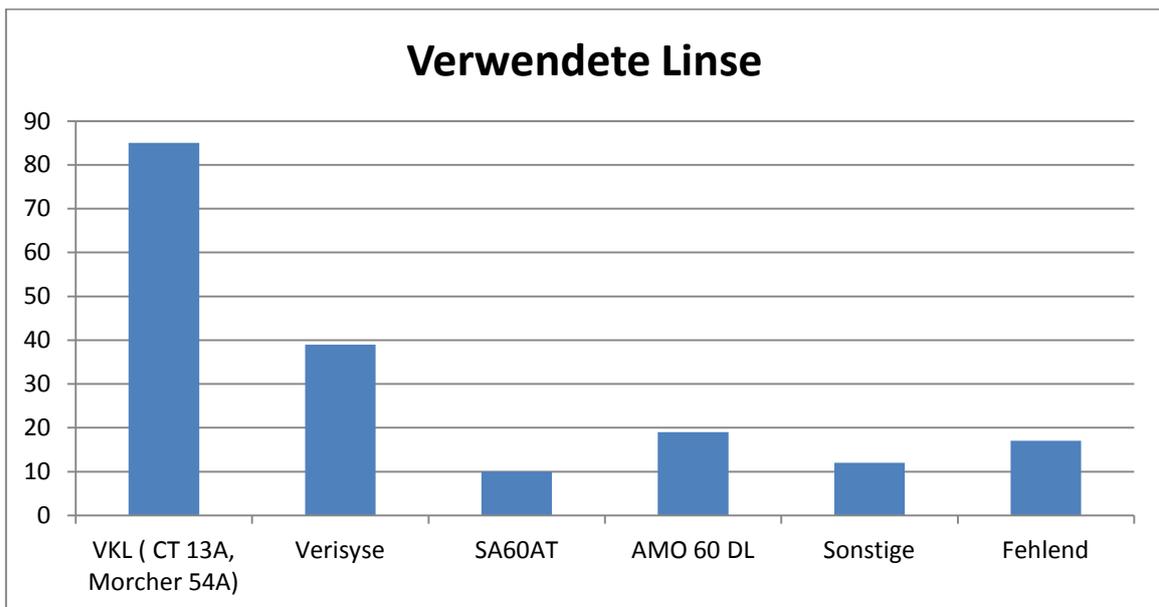
Der Kapselsack konnte intraoperativ nur bei 14 Prozent der Augen erhalten werden. Bei 68 Prozent der Fälle war die Linse mitsamt Kapselsack luxiert, bei aphaken Augen fehlt dieser Wert. In 69 Prozent der Fälle wurde intraoperativ eine Vitrektomie durchgeführt. Der Tunnelschnitt wurde nur in 12 Prozent der Operationen nicht bei 12 Uhr angelegt.

Abbildung 4: Häufigkeit der Operationen eines Operateurs der sekundären Linsenimplantationen



Die sekundären Linsenimplantationen wurden im Wesentlichen von 3 Operateuren durchgeführt: Operateur 3 mit 39 Prozent, Operateur 6 mit 23 Prozent und Operateur 5 mit 20 Prozent.

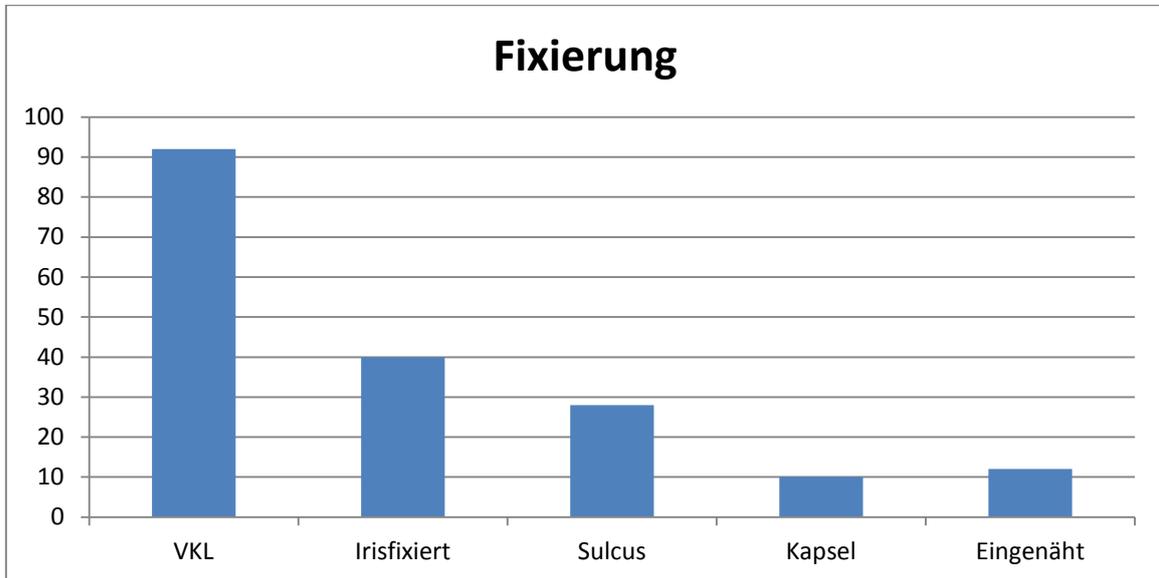
Abbildung 5: Häufigkeit der verwendeten Linsen



In 47 Prozent der Fälle wurde eine Vorderkammerlinse implantiert. Darauf folgte mit 21 Prozent die Verisyse Linse. Die Amo 60 Duralens wurde in 10 Prozent der Fälle implantiert.

Die Linsen SA60AT mit 5 Prozent und sonstige Linsen mit 7 Prozent wurden relativ selten bei sekundären Linsenimplantationen verwendet. 9 Prozent der Werte sind als fehlend notiert, dies entspricht den refixierten Linsen.

Abbildung 6: Häufigkeiten der Fixierungsarten der Linse



Die Fixierung als Vorderkammerlinse im Kammerwinkel der Vorderkammer war in 51 Prozent der Fälle die häufigste Fixierungsart. Darauf folgte die irisfixierte Linse in 22 Prozent der Fälle. Eine Sulcusfixierung konnte bei verbliebenen Kapselsackresten bzw. Resten von der anterioren Kapsel in 15 Prozent der Fälle durchgeführt werden. Zu 7 Prozent wurde die Linse sklerafixiert eingenäht. War der Kapselsack intakt, konnte in 6 Prozent der Fälle die Linse in den Kapselsack implantiert werden.

Tabelle 5: Häufigkeiten und Prozente der verwendeten Formel

Verwendete Formel	Häufigkeit	Prozent
SRK/T	109	60
Haigis	30	17
Hoffer Q	13	7
SRK II	13	7
Fehlend	17	9

Mit Abstand am häufigsten wurde die SRK/T Formel mit 60 Prozent verwendet. Darauf folgte die Haigis Formel mit 17 Prozent. Die Hoffer-Q und SRK II Formeln wurden mit jeweils 7

Prozent relativ selten verwendet. Wobei die SRK II Formel als Vorläufer der SRK/T Formel verwendet wurde.

1.4 Postoperativ erhobene Daten

Tabelle 6: Häufigkeiten und Prozente postoperativer Komplikationen

Postoperative Komplikationen	Häufigkeit	Prozent
Nachblutung		
Ja	26	14
Nein	156	86
Hypotonie		
Ja	11	6
Nein	171	94
Sonstige		
Ja	14	8
Nein	168	92
Komplikationen im Verlauf von 3 Monaten		
Ja	14	8
Nein	168	92

Die häufigste postoperative Komplikation war eine Nachblutung in 14 Prozent der Fälle. Eine Hypotonie trat bei 6 Prozent der Augen auf. Da bei allen weiteren unmittelbar postoperativen Komplikationen, sowie den Komplikationen im Verlauf, die Fallzahlen jeweils unter 10 lagen, wurden diese als „Sonstige“ zusammengefasst. Die aufgetretenen Komplikationen werden unten, mit Angabe der Fallzahl, genannt.

An sonstigen Komplikationen traten auf:

Aderhaut Amotio (1x), erneute Dislokation der Linse mit Reposition (2x), leichte Dezentrierung der Linse (1x), Druckanstieg (3x), Hornhautödem (1x), Hylonreste in der VK (1x), intraokularer Reizzustand (2x), Iriscapture (3x).

An Komplikationen im Verlauf traten auf:

Aderhautamotio (1x), Beschläge der Linse (1x), Druckentgleisung (1x), erneute Luxation mit Reposition (6x), leichte Dezentrierung der Linse (3x), zystoides Makulaödem (2x).

1.5 Sphärisches Äquivalent

Die Minima, Maxima, Mittelwerte und Standardabweichungen der präoperativ und postoperativ berechneten sphärischen Äquivalente in Dioptrien sind in folgender Tabelle dargestellt:

Tabelle 7: Deskriptive Statistik der präoperativen und postoperativen sphärischen Äquivalente

Sphärisches Äquivalent	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Präoperativ	-4,10	1,50	-0,48	0,84
Postoperativ	-5,75	4,00	-0,72	1,58

Das präoperative sphärische Äquivalent lag bei einem Mittelwert von -0,48 dpt mit einer Standardabweichung von 0,84 dpt. Postoperativ betrug der Mittelwert des sphärischen Äquivalents -0,72 dpt mit einer Standardabweichung von 1,58 dpt.

In folgender Tabelle werden die deskriptiven Daten für den Prediction Error und den Absolute Error dargestellt.

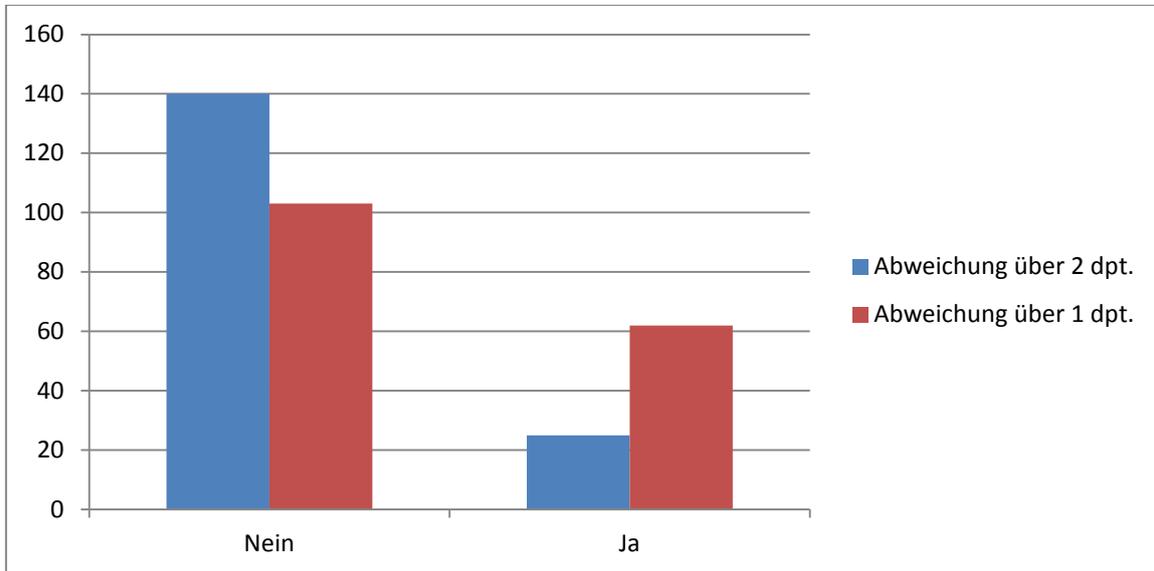
Tabelle 8: Deskriptive Statistik des PE und des AE

	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
PE	-4,01	5,52	0,14	1,38
AE	0,01	5,52	1,03	0,92

Der Prediction Error lag im Mittel bei 0,14 dpt. Die Standardabweichung betrug 1,38 dpt. Nach dem Setzen der Werte in den Betrag lag der Mittelwert des AE bei 1,03 dpt mit einer Standardabweichung von 0,92 dpt.

Die Häufigkeit der Abweichungen über 1 und 2 dpt werden in der folgenden Abbildung dargestellt.

Abbildung 7: Häufigkeiten der Abweichungen über 1 und 2 dpt des AE



Bei 34 Prozent der untersuchten Augen kam es zu einer Abweichung von über 1 dpt des AE. Bei 14 Prozent der Augen sogar zu einer Abweichung über 2 dpt. 9 Prozent der Augen zählten als fehlend.

2. Vergleich nach sphärischem Äquivalent

Im Folgenden wurden die Daten auf mögliche Zusammenhänge zwischen dem Absolute Error und weiteren erhobenen Parametern untersucht.

Da die Augen mit refixierten Linsen bei diesen Tests herausfallen, sind im Folgenden jeweils 165 Augen untersucht worden. Die Gruppe „Sonstige“, sowie Gruppen unter 10 Fälle wurden aus den jeweiligen Auswertungen ausgeschlossen.

2.1 Anamnestische Parameter

Folgende anamnestische Parameter wurden auf einen Zusammenhang mit dem AE untersucht:

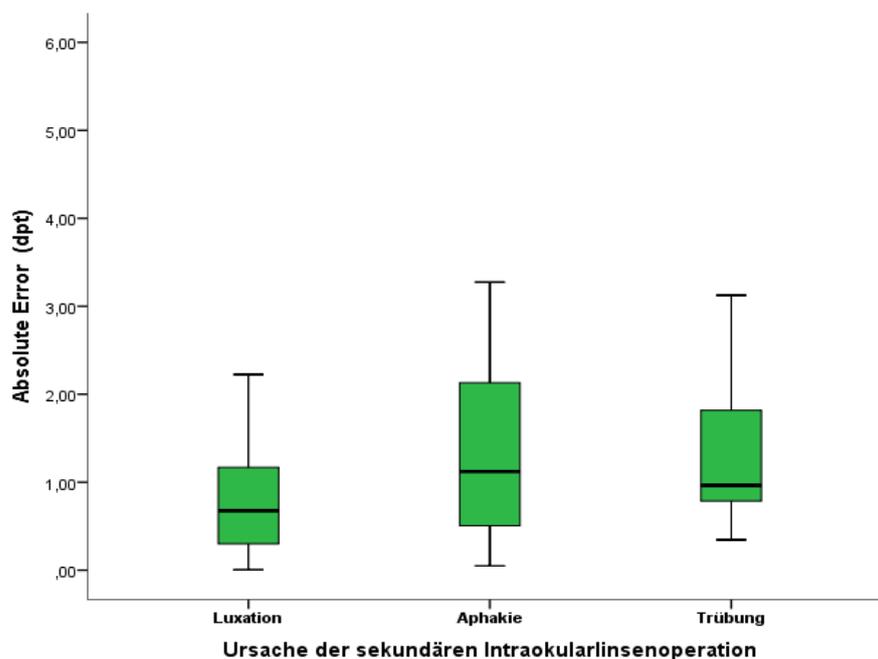
Tabelle 9: Ergebnisse der Auswertung des Zusammenhangs vorheriger Erkrankungen/Eingriffe mit dem AE

Vorerkrankung / Vorheriger Eingriff	Asymptotische zweiseitige Signifikanz	z - Wert
Zustand nach Trauma	0,667	-0,430
Hinweis auf PEX	0,438	-0,776
Zustand nach Ablatio Chirurgie	0,836	-0,206
Zustand nach PPV	0,269	-1,105
Zustand nach Uveitis	0,881	-0,150

Von den Vorerkrankungen hatte in den Man-Whitney U-Tests keine einen signifikanten Einfluss auf den AE.

Bei den Ursachen für sekundäre Linsenoperationen gab es im Kruskal-Wallis-Test einen signifikanten Zusammenhang von $p = 0.008$, $X^2=9,593$ als asymptotische Signifikanz mit dem AE. Wegen der geringen Fallzahlen wurden Fälle mit Ursache Hornhautdekomensation ausgeschlossen.

Abbildung 8: Boxplots der Auswertung des Zusammenhangs zwischen Ursache für sekundäre Linsenoperation & AE



Im vorliegenden Boxplot ist zu erkennen, dass der geringste AE sowie die geringste Streubreite der Werte bei den Luxationen lag. Darauf folgten die Trübungen. Bei den sekundären Aphakien war der AE sowie die Streubreite am größten.

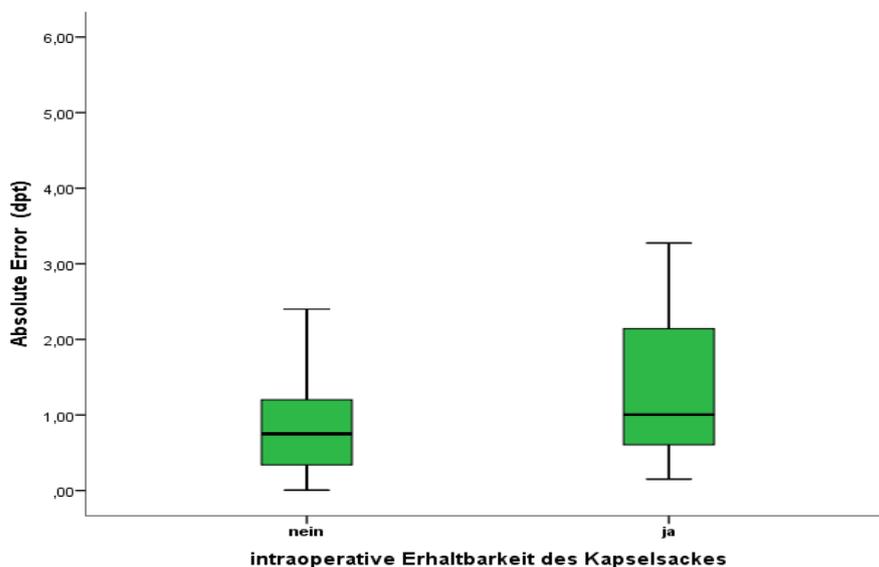
2.2 Parameter aus OP Planung und Durchführung

Tabelle 10: Ergebnisse der Auswertung des Zusammenhangs zwischen intraoperativer Daten und AE

Intraoperative Daten	Asymptotische zweiseitige Signifikanz	z- Wert
Kapselsack intraoperativ erhaltbar	0,033	-2,136
Linse in-/ außerhalb des Kapselsacks luxiert	0,622	-0,493
Vitrektomie durchgeführt	0,159	-1,408
Position des Tunnelschnittes	0,119	-1,560

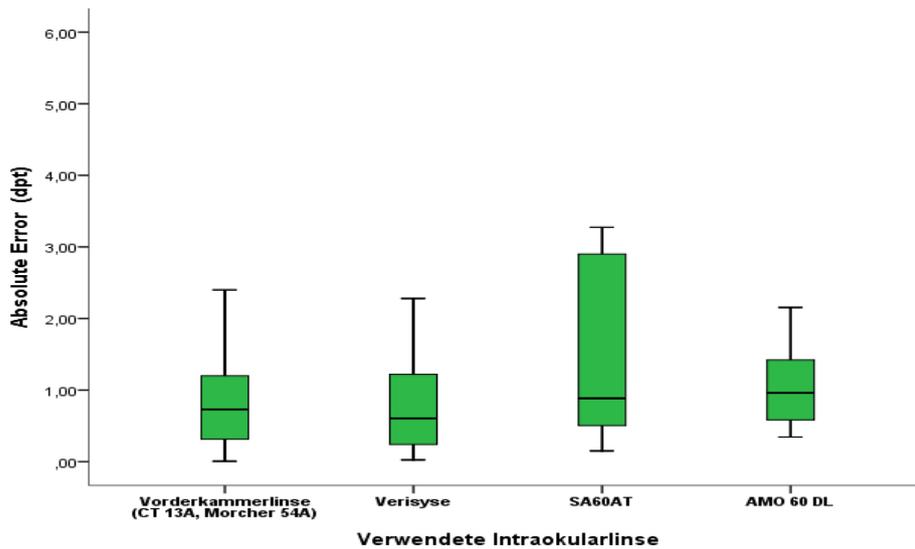
Zwischen dem AE und dem Parameter „Kapselsack intraoperativ erhaltbar“ zeigte sich im Man-Whitney U-Test ein signifikanter Zusammenhang. Die Parameter „durchgeführte Vitrektomie“, „Linse in-/außerhalb des Kapselsacks luxiert“ und „Position des Tunnelschnittes“ waren hingegen nicht signifikant.

Abbildung 9: Boxplot der Auswertung des Zusammenhangs zwischen Kapselsack intraoperativ erhaltbar & AE



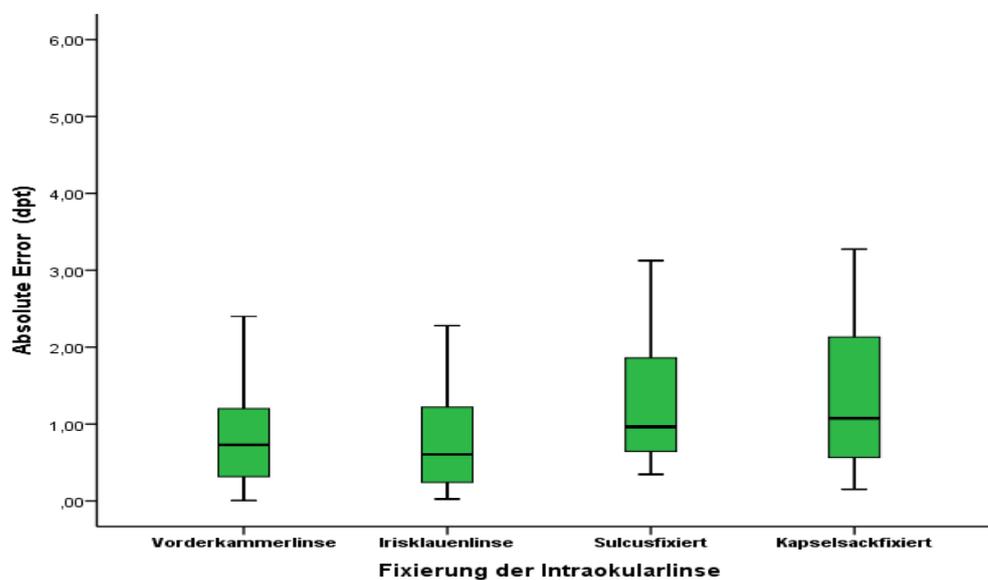
In der Abbildung ist ersichtlich, dass die Augen mit erhaltenem Kapselsack eine höhere Bandbreite des AE hatten.

Abbildung 10: Boxplot der Auswertung des Zusammenhangs zwischen verwendeter Linse und AE



Die asymptotische Signifikanz im Kruskal-Wallis- Test entsprach $p = 0,229$, $X^2=4,315$. Der Zusammenhang war also nicht signifikant. Trotzdem ist aus dem Boxplot ersichtlich, dass die Linse SA60AT die größte Streubreite der Werte zeigte. Der AE war bei der Verisyse Linse am geringsten, gefolgt von den VKL, der SA60AT und der AMO 60 DL.

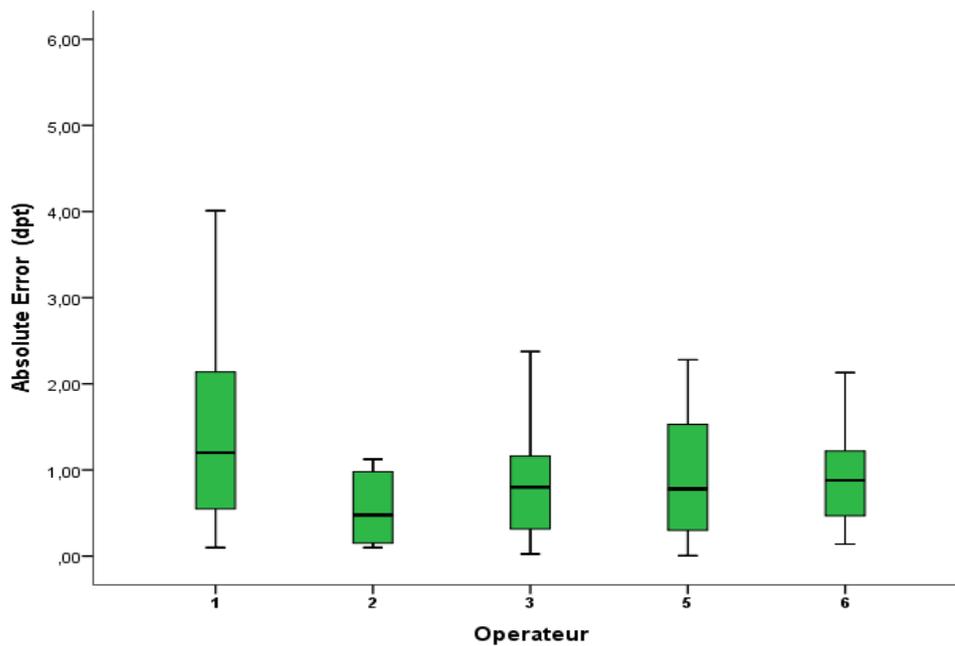
Abbildung 11: Boxplot zur Auswertung des Zusammenhangs zwischen Fixierung der Linse & AE



Im Kruskal-Wallis-Test zeigte sich eine asymptotische Signifikanz von $p = 0,028$, $X^2 = 9,104$ zwischen der Fixierung der Linse und dem AE. Das Ergebnis liegt damit unterhalb des Signifikanzniveaus von 0,05. Wobei die irisfixierten Linsen den geringsten AE aufwiesen, gefolgt von den VKL, den im Sulcus fixierten Linsen und zuletzt den im Kapselsack fixierten Linsen. In gleicher Reihenfolge nahm die Streuung der Werte zu.

Die verwendete Formel hatte mit einer asymptotischen Signifikanz von $p = 0,393$, $X^2 = 2,991$ keinen signifikanten Einfluss auf den AE im Kruskal-Wallis-Test.

Abbildung 12: Boxplot zur Auswertung des Zusammenhangs zwischen Operateur & AE



Zwischen Operateur und AE ergab sich kein signifikanter Zusammenhang im Kruskal-Wallis-Test mit einer asymptotischen Signifikanz von $p = 0,306$, $X^2 = 4,822$.

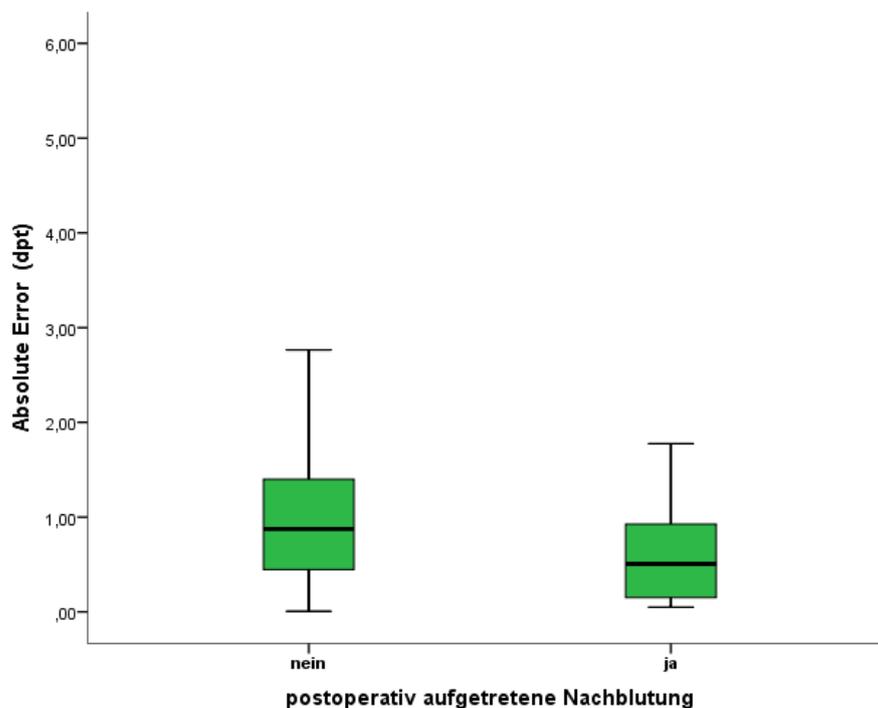
2.3 Postoperative Parameter

Tabelle 11: Ergebnisse der Auswertung des Zusammenhangs zwischen postoperativer Parameter und AE

Postoperative Komplikationen	Asymptotische zweiseitige Signifikanz	z-Wert
Postoperative Nachblutung	0,013	-2,485
Postoperative Hypotonie	0,827	-0,219
Andere postoperative Komplikationen	0,051	-1,951
Komplikationen im Verlauf	0,679	-0,414

An postoperativen Komplikationen hatte die postoperative Nachblutung im Man-Whitney U-Test signifikanten Einfluss auf den AE. Andere postoperative Komplikationen waren knapp nicht signifikant. Wobei in den eher heterogen zusammengefassten Gruppen andere postoperative Komplikationen und Komplikationen im Verlauf nur eingeschränkt beurteilt werden können.

Abbildung 13: Boxplot zur Auswertung des Zusammenhangs zwischen aufgetretene postoperative Nachblutung und AE



Der Parameter „postoperativ aufgetretene Nachblutung“ hatte einen signifikanten Einfluss auf den AE. Im vorliegenden Boxplot zeigt sich, dass Patienten mit Nachblutung eine geringere Differenz auswiesen. Zudem war die Streubreite geringer.

3. Auswertung nach Komplikationen

Die Ergebnisse sind zum Teil eingeschränkt aussagekräftig, da in den einzelnen Untergruppen (zum Beispiel vorliegende Nachblutung und Uveitis) geringe Fallzahlen vorliegen.

3.1 Nachblutung

3.1.1 Anamnestiche Parameter

Tabelle 12: Ergebnisse der Auswertung des Zusammenhangs zwischen anamnestiche Parameter und einer aufgetretenen postoperativen Nachblutung

Vorerkrankung/ Vorheriger Eingriff	Asymptotische zweiseitige Signifikanz	X²
Zustand nach Trauma	0,436	0,539
Hinweis auf PEX	0,578	0,310
Zustand nach Ablatio Chirurgie	0,338	0,917
Zustand nach PPV	0,221	1,496
Zustand nach Uveitis	0,831	0,046

Im Chi-Quadrat-Test wurden keine signifikanten Zusammenhänge zwischen den in der Tabelle beschriebenen Vorerkrankungen / vorherigen Operationen und einer aufgetretenen Nachblutung gefunden.

Zwischen der Ursache der sekundären Operation und den Nachblutungen bestand mit einer asymptotischen zweiseitigen Signifikanz im Chi-Quadrat-Test von $p = 0,309$, $X^2 = 2,346$ kein signifikanter Zusammenhang.

3.1.2 Parameter aus OP Planung und Durchführung

Tabelle 13: Ergebnisse der Auswertung des Zusammenhangs zwischen intraoperativen Parametern und einer aufgetretenen postoperativen Nachblutung

Intraoperative Parameter	Asymptotische zweiseitige Signifikanz	X²
Kapselsack intraoperativ erhaltbar	0,229	1,077
Refixation	0,077	3,125
Vitrektomie durchgeführt	1,000	0,000
Lokalisation des Tunnelschnittes	0,401	0,704
Innerhalb/Außerhalb des Kapselsacks luxiert	0,093	2,823

Nach dem Chi-Quadrat-Test waren keine der Parameter signifikant. Jedoch lag die Signifikanz für eine Refixation nahe am Signifikanzniveau. Bei refixierten Linsen war das Nachblutungsrisiko geringer als erwartet. Auch der Parameter „innerhalb/außerhalb des Kapselsacks luxiert“ zeigte eine Signifikanz nahe am Signifikanzniveau. Luxierte die Linse außerhalb des Kapselsacks, gab es weniger Nachblutungen als erwartet.

Tabelle 14: Kreuztabelle der verwendeten Linse und aufgetretener postoperativer Nachblutung

Verwendete Linse	VKL	Verisyse	SA60AT	AMO 60 DL
Keine Nachblutung	74	26	10	18
Erwartet Nein	71,1	32,6	8,4	15,9
Nachblutung aufgetreten	11	13	0	1
Erwartet Ja	13,9	6,4	1,6	3,1

Im Chi-Quadrat-Test ergab sich eine asymptotische zweiseitige Signifikanz von $p = 0,006$, $X^2 = 12,615$. Das Verhältnis zwischen verwendeter Linse und Nachblutung war also signifikant. In vorliegender Tabelle ist zu erkennen, dass bei der Verisyse Linse mehr Nachblutungen auftraten als nach Normalverteilung zu erwarten wären. Bei den drei anderen Linsen traten jeweils weniger Nachblutungen als erwartet auf.

Tabelle 15: Kreuztabelle zwischen Fixierungsart und aufgetretener postoperativer Nachblutung

Fixierungsart	VKL	Irisfixiert	Sulcusfixiert	Im Kapselsack	Eingenäht
Keine Nachblutung	81	27	27	9	12
Erwartet Nein	78,9	34,3	24	8,6	10,3
Nachblutung aufgetreten	11	13	1	1	0
Erwartet Ja	13,1	5,7	4	1,4	1,7

Zwischen Fixierungsart und aufgetretener Nachblutung gab es einen signifikanten Zusammenhang von $p = 0,003$, $X^2 = 16,020$ im Chi-Quadrat-Test als asymptotische zweiseitige Signifikanz. Man erkennt in der vorliegenden Tabelle, dass nur bei den irisfixierten Linsen die Nachblutungen höher als die Normalverteilung waren. Alle anderen Fixierungsarten lagen auf Höhe oder unter dem durch die Normalverteilung bestimmten Wert, wobei die sulcusfixierten Linsen am deutlichsten darunter lagen.

Der Operateur hatte mit einer asymptotischen zweiseitigen Signifikanz im Chi-Quadrat-Test von $p = 0,000$, $X^2 = 27,852$ ebenfalls einen signifikanten Einfluss auf die aufgetretenen Nachblutungen.

Zwischen verwendeter Formel und aufgetretener Nachblutung gab es mit einer asymptotischen zweiseitigen Signifikanz von $p = 0,999$, $X^2 = 0,024$ im Chi-Quadrat-Test keinen signifikanten Zusammenhang.

3.1.3 Weitere postoperative Parameter

Tabelle 16: Ergebnisse der Auswertung des Zusammenhangs weiterer postoperativer Parameter mit einer postoperativ aufgetretenen Nachblutung

Postoperative Parameter	Asymptotische zweiseitige Signifikanz	X²
Hypotonie	0,031	4,660
Sonstige Komplikationen	0,427	0,632
Komplikationen im Verlauf von 3 Monaten	0,427	0,632

Zwischen den postoperativen Komplikationen einer aufgetretenen Hypotonie und einer Nachblutung bestand im Chi-Quadrat-Test ein signifikanter Zusammenhang. Bei den weiteren Komplikationen hingegen nicht. Die beiden Gruppen „Sonstige Komplikationen“ und „Komplikationen im Verlauf“ können auch hier nur eingeschränkt beurteilt werden. Bei vorliegender Nachblutung lag bei mehr Augen als aus der Normalverteilung erwartet eine Hypotonie vor.

3.2 Hypotonie

3.2.1 Anamnestiche Parameter

Tabelle 17: Ergebnisse der Auswertung des Zusammenhangs anamnestischer Parameter mit einer postoperativ aufgetretenen Nachblutung

Vorerkrankung/ Vorheriger Eingriff	Asymptotische zweiseitige Signifikanz	X²
Zustand nach Trauma	0,495	0,465
Hinweis auf PEX	0,205	1,610
Zustand nach Ablatio Chirurgie	0,411	0,676
Zustand nach PPV	0,857	0,032
Zustand nach Uveitis	0,026	4,987

Im Chi-Quadrat-Test gab es zwischen den Vorerkrankungen bzw. vorherigen Eingriffen und einer aufgetretenen Hypotonie nur bei Zustand nach Uveitis einen signifikanten Zusammenhang.

Tabelle 18: Kreuztabelle der Beziehung Zustand nach Uveitis und einer postoperativ aufgetretenen Hypotonie

Uveitis	Keine Uveitis bekannt	Zustand nach Uveitis
Keine postoperative Hypotonie	158	13
Erwartet Nein	156	15
Postoperative Hypotonie	8	3
Erwartet Ja	10	1

Aus der vorliegenden Tabelle ist zu erkennen, dass bei „Zustand nach Uveitis“ mehr Fälle einer Hypotonie, im Vergleich zu den durch die Normalverteilung berechneten, vorgekommen sind.

Zwischen der Ursache der sekundären Linsenoperation und einer postoperativen Hypotonie gab es mit einer asymptotischen zweiseitigen Signifikanz von $p = 0,664$, $X^2 = 0,818$ keinen signifikanten Zusammenhang.

3.2.2 Parameter aus OP Planung und Durchführung

Tabelle 19: Ergebnisse der Auswertung des Zusammenhangs zwischen intraoperativer Parameter und einer aufgetretenen postoperativen Hypotonie

Intraoperative Parameter	Asymptotische zweiseitige Signifikanz	X²
Kapselsack intraoperativ erhaltbar	0,703	0,145
Refixation	0,977	0,001
Vitrektomie durchgeführt	0,795	0,067
Lokalisation des Tunnelschnittes	0,476	0,507
Innerhalb/Außerhalb des Kapselsacks luxiert	0,614	0,254
Verwendete Linse	0,743	2,169
Fixation der Linse	0,609	2,700
Operateur	0,364	5,146
Verwendete Formel	0,978	0,200

Die oben angegeben intraoperativen Parameter hatten im Chi-Quadrat-Test keinen nachweisbaren Zusammenhang mit postoperativ aufgetretener Hypotonie.

3.2.3 Weitere postoperative Parameter

Tabelle 20: Ergebnisse der Auswertung des Zusammenhangs weiterer postoperativer Parameter mit einer postoperativ aufgetretenen Hypotonie

Postoperative Parameter	Asymptotische zweiseitige Signifikanz	X²
Nachblutung	0,031	4,660
Sonstige Komplikationen	0,857	0,032

Komplikationen im Verlauf von 3 Monaten	0,178	1,814
--	-------	-------

Die Nachblutung war im Chi-Quadrat-Test natürlich auch bei umgekehrter Testung signifikant zur Hypotonie. Ansonsten zeigten sich in den postoperativen Parametern keine signifikanten Zusammenhänge zur Hypotonie. Wobei die Parameter „sonstige Komplikationen“ und „Komplikationen im Verlauf“ wieder eingeschränkt beurteilbar sind.

3.3 Sonstige Komplikationen und Komplikationen im Verlauf

Da in diesen beiden Gruppen verschiedene Komplikationen zusammengefasst wurden, werden im Folgenden nur Ergebnisse beschrieben, die im Chi-Quadrat Test signifikant waren. Trotzdem lassen sich hieraus nur Tendenzen ableiten. Für aussagekräftige Ergebnisse müsste man die Komplikationen einzeln in größeren Fallzahlen untersuchen.

3.3.1 Sonstige Komplikationen

Zwischen den sonstigen Komplikationen zeigen sich im Chi-Quadrat-Test keine signifikanten Zusammenhänge zu anderen erhobenen Parametern.

3.3.2 Komplikationen im Verlauf von drei Monaten

Tabelle 21: Kreuztabelle zu den Parametern Fixierungsart und Komplikationen im Verlauf von 3 Monaten

Fixierungsart	VKL	Irisfixiert	Sulcusfixiert	Kapselsackfixiert	Eingenäht
Keine Komplikationen im Verlauf	87	38	26	9	8
Erwartet Nein	84,5	36,9	25,8	9,2	11,1
Komplikationen im Verlauf	5	2	2	1	4
Erwartet Ja	7,1	3,1	2,2	0,8	0,9

Bei einer asymptotischen zweiseitigen Signifikanz von $p = 0,015$, $X^2 = 12,267$ war der Zusammenhang zwischen Fixierungsart und den aufgetretenen Komplikationen im Verlauf von 3 Monaten im Chi-Quadrat-Test signifikant. Man erkennt in der vorliegenden Tabelle, dass bei Vorderkammerlinsen und irisfixierten Linsen die Komplikationen geringer als erwartet waren. Bei eingenähten Linsen waren diese höher als erwartet. Sulcus- und kapselsackfixierte Linsen lagen nahe am berechneten Normwert.

D. Diskussion

1. Auswertung der Ergebnisse und Literaturvergleich

Die in unserer Studie erhobenen postoperativen Refraktionswerte und sphärischen Äquivalente mit einem Absolute Error von 1,03 dpt sind mit den in der Literatur genannten Werten vergleichbar (Rey et al., 2016; Fernandez-Buenaga et al., 2013; Guell et al., 2014; Acar et al., 2010). Bei Davies und Pineda (2016) wird bei 70 Prozent der Patienten ein Absolute Error von unter 0,5 dpt erzielt, hier liegt die Abweichung unter unseren Ergebnissen. Die Ursachen für sekundäre Linsenimplantationen unterscheiden sich jedoch deutlich, und es ist bei Davies und Pineda (2016) eine ausgeprägte Verschiebung zu Gunsten der planbaren refraktiven Situationen vorhanden (Austausch von Multifokallinsen), (Davies and Pineda, 2016). Mögliche Ursachen hierfür könnte die Integration komplexer Fälle mit schwerwiegenden Vorerkrankungen in unsere Studie sein.

Zudem liegt bei Davies und Pineda die Rate der kapselsack- und sulcusfixierten Linsen höher, was auf einen geringeren Destruktionsgrad der versorgten Augen schließen lässt (Davies and Pineda, 2016). Auch die Häufigkeit postoperativer Nachblutungen liegt im Rahmen mit einem Nachblutungsrisiko von 14 Prozent (Kulkarni and U, 2014; Dick and Augustin, 2001). Die in nur 7 Prozent der Fälle aufgetretene Hypotonie liegt unterhalb der in der Literatur angegebenen Häufigkeit von 19 Prozent bei Rey et al. sowie Dajee et al. (Dajee et al., 2016; Rey et al., 2016). Mögliche Ursachen dafür könnten erfahrene Operateure, klein gewählte Inzisionen sowie geringe Traumata durch schonendes intraoperatives Vorgehen oder eine geringere Inzidenz von ungünstigen Ursachen, wie der Zustand nach Uveitis, in unserem Kollektiv sein. Zudem könnten eine gute Hydrierung am Ende der OP sowie die stationäre Aufnahme nach der Operation die geringere Hypotonierate erklären.

Sonstige Komplikationen und Komplikationen im Verlauf, wie das Auftreten eines zystischen

Makulaödems (1 Prozent), einer Hypertonie (2 Prozent) oder Linsenluxationen (5 Prozent), sind ebenfalls mit den in der Literatur genannten Häufigkeiten vergleichbar (Davies and Pineda, 2016; Gaskin et al., 2015; Guell et al., 2014; Dick and Augustin, 2001). Gründe für den Austausch der IOL sind in unserer Studie hauptsächlich die Dislokation der IOL mit 72 Prozent, weitere Gründe sind eine sekundäre Aphakie mit 19 Prozent, eine Trübung der IOL mit 6 Prozent sowie eine Hornhautdekomensation mit 3 Prozent.

Auch Davies und Pineda erwähnen in ihrer Studie Gründe für den Austausch der IOL. Die Werte der Trübungen sowie der Hornhautdekomensationen sind mit Davies und Pineda vergleichbar. Fälle mit sekundären Aphakien wurden bei Davies und Pineda nicht erhoben. Die Rate der behandelten Luxationen lag bei Davies und Pineda bei 32,9 Prozent (Davies and Pineda, 2016). Bei unserer Studie liegt die Zahl der Luxationen also über dem doppelten Prozentwert.

1.1 Beurteilung der signifikanten Ergebnisse

Es folgt die Diskussion der signifikanten Ergebnisse unserer Untersuchungen.

1.1.1 Vergleich nach sphärischem Äquivalent

In der Auswertung der AE zeigten die Variablen „Kapselsack intraoperativ erhaltbar“, „Ursache der sekundären IOL Operation“, „Fixierungsart“ und „aufgetretene Nachblutung“ signifikante Zusammenhänge mit der Differenz im Betrag.

Kapselsack intraoperativ erhaltbar

Dass Augen mit intraoperativ erhaltbarem Kapselsack einen signifikant höheren AE aufwiesen, steht im Widerspruch zur Lehrmeinung, die Linse möglichst im stabilen Kapselsack zu positionieren. Wie oben beschrieben ist die Implantation der Linse in den Kapselsack bei primären IOL Operationen das standardmäßige Vorgehen und es ist unumstritten für die Intraokularlinse eine möglichst anatomische Lokalisation zu finden (de Silva et al., 2014; Sekundo et al., 2014a). Bei Chen, Y.J. (2012) wurden auch bei sekundären Linsenimplantationen in den Kapselsack, nach vitreoretinalen Eingriffen, gute Ergebnisse mit geringen Refraktionsdifferenzen erzielt. Jedoch kommt es auch hier zu größeren Abweichungen im Vergleich zu komplikationslosen primären Operationen. Zudem wurden schwierige Fälle von der Studie ausgeschlossen (Chen, 2012). Mögliche Erklärungen für unsere Ergebnisse sind, dass in dieser Studie keine Falldaten wegen großen Abweichungen bzw. schwierigen Vorerkrankungen ausgeschlossen wurden. In 3 von 23 Fällen, bei denen der

Kapselsack erhaltbar war, lag zudem eine syndromale Vorerkrankung mit Zonulaschwäche vor.

Die Entscheidung, ob der Kapselsack intraoperativ erhaltbar ist und wie die Linse fixiert werden kann, ist letztendlich patientenbezogen. Diese kann nur intraoperativ unter Berücksichtigung der Anamnese und der intraoperativen Situation getroffen werden. Häufig finden sich solche schwierigen Situationen auch in Augen, die ein Vorderabschnitts-Trauma durchlaufen hatten und somit eine Hornhaut-Narbe ausweisen, welche die exakte Biometrie oder die postoperative Refraktion erschweren können (Zuberbühler, 2008).

Des Weiteren ist nicht bekannt wie weit der ganze Kapselsack erhalten wurde oder nur Restteile des Kapselsackes.

Eine Reposition einer kapselsackfixierten IOL in den Sulcus kann zu stärkeren refraktiven Abweichungen führen, da die Position der IOL im Vergleich zur vorher berechneten Linsenposition verändert wird (Ho et al., 2008; Findl et al., 2004). Deswegen wurden diese Fälle in unserer Studie bei der Auswertung des AE ausgeschlossen.

Ursache der sekundären IOL Operation

In unserer Studie wurde ein signifikanter Zusammenhang zwischen dem AE und der Ursache der sekundären IOL Implantation festgestellt. Wobei Fälle mit Luxationen geringere Abweichungen wie getrübe Linsen erzielten. Die größten Abweichungen lagen bei sekundär aphaken Patienten vor. Ein direkter Vergleich der drei beschriebenen Ursachen wurde bis jetzt in dieser Form noch nicht veröffentlicht. Bei sekundär aphaken Patienten wurden meist komplizierte Voroperationen durchgeführt, bzw. es lagen Vorerkrankungen vor, die die sekundäre Aphakie herbeiführten. Diese können den AE negativ beeinflussen.

Eine Linsentrübung kann auf die verwendete Linse oder aber auf bestimmte Voroperationen, wie die intraokuläre Verwendung von Gas, zurückgeführt werden (Fernandez-Buenaga et al., 2013). Diese vorherigen Einflüsse können ebenfalls Einfluss auf das sphärische Äquivalent haben.

Fixierung der Linsen

Die Fixierung der Linse zeigte einen signifikanten Zusammenhang zum AE. Auch hier stellte sich der Zusammenhang wie bereits oben beschrieben zum Teil umgekehrt zur gängigen Vorgehensweise dar. Die geringste Differenz trat bei irisfixierten Linsen auf, gefolgt von Vorderkammerlinsen. Linsen, die im Sulcus ciliaris fixiert wurden, zeigten schlechtere Ergebnisse, die im Kapselsack fixierten Linsen zeigen die größten Abweichungen.

Ist die Fixierung im Kapselsack nicht möglich, sollte die Linse wenn möglich im Sulcus ciliaris, als zweite Alternative implantiert werden. Dann erst werden die weiteren Alternativen irisfixiert, VKL und eingenäht empfohlen (Schulze et al., 2014; Sekundo et al., 2014a).

Mögliche Gründe für solch abweichende Ergebnisse lehnen sich an die oben besprochenen Gründe zum Zusammenhang von Erhaltbarkeit des Kapselsacks und AE an. Zudem zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen Fixierungsart und Komplikationen im Verlauf von drei Monaten. Bei Linsen, die sekundär im Sulcus und Kapselsack fixiert wurden, traten im Verlauf also mehr Komplikationen auf. Hier lagen vor allem Linsenluxationen und Dezentrierungen vor, welche das sphärische Äquivalent beeinflussen.

Die guten refraktiven Ergebnisse von retroiridal implantierten Verisyse Linsen für sekundäre Linsenimplantationen werden auch bei Schmidt (2014) erwähnt. Sie sind jedoch immer noch schlechter als primär implantierte HKL (Schmidt et al., 2014).

Einen Vergleich AE der verschiedenen Fixationstechniken bei sekundären Implantationen in einer Studie gibt es derzeit nur von Davies und Pineda (2016) in der Literatur (Davies and Pineda, 2016). Dies zeigt die Notwendigkeit auf, weitere Studien zu sekundären Linsenimplantationen durchzuführen.

Aufgetretene Nachblutung

Zudem bestand ein signifikanter Zusammenhang zwischen aufgetretener Nachblutung und dem AE. Patienten, bei denen eine Nachblutung auftrat, hatten letztendlich einen signifikant geringeren AE, auch dieser Zusammenhang verwundert. Mögliche Erklärungen hierfür sind die postoperativ verlängerte stationäre Überwachung und Therapie des Patienten. Zudem können in dieser Studie nicht erhobene Parameter indirekt zu erhöhter Nachblutung und verbesserter Refraktion führen. Eine aufgetretene Nachblutung zeigte, wie unten beschrieben,

signifikante Zusammenhänge zur Fixationstechnik und dem Operateur. Möglicherweise hat eine spezielle Operationstechnik Einfluss auf Nachblutung und sphärisches Äquivalent.

So führte ein Operateur überwiegend Implantationen der sekundären Linsen über einen langen skleralen Tunnel durch. Durch den längeren Verlauf des Tunnels in der Sklera wird einerseits der Astigmatismus verbessert - und somit das AE - auf der anderen Seite kommt es aber häufiger zu Nachblutungen. Aber auch die Fixierung der Linse kann indirekt Einfluss auf diesen Zusammenhang nehmen.

Es geht aus der Literatur hervor, dass eine leichte, selbstlimitierende Nachblutung den postoperativen Visus nicht verschlechtert (Bonhomme et al., 2013).

1.1.2 Vergleich nach postoperativen Komplikationen

1.1.2.1 Nachblutung

Die Parameter Operateur, Fixierungsart der Linse, postoperative Hypotonie und verwendete Linse zeigten einen signifikanten Zusammenhang mit einer aufgetretenen Nachblutung.

Operateur

Der Operateur hatte, wie bereits oben erwähnt, signifikanten Einfluss auf postoperative Nachblutungen. Dies kann auf ein bestimmtes Detail der Operationstechnik zurückzuführen sein (s.o.: Implantation über einen langen skleralen Tunnel). Aber auch die verwendete Linse (zum Beispiel durch Präferenz eines Operateurs), Fixationstechnik und Patientengut können das Ergebnis indirekt beeinflussen.

Fixierung

Auch die Fixierung der Linse hatte signifikanten Einfluss auf die Nachblutungen. Bei irisfixierte Linsen traten postoperativ deutlich mehr Nachblutungen als erwartet auf. Bei kapselsackfixierten und eingenähten Linsen lag die Nachblutung leicht unter der Normalverteilung, bei VKL und sulcusfixierten Linsen deutlich darunter.

Dass an der Iris eingenähte Intraokularlinsen ein erhöhtes Nachblutungsrisiko im Vergleich zu Vorderkammerlinsen haben, wird in der Literatur ebenfalls beschrieben und vor allem sklerafixierte IOLs sind in der Literatur mit einem hohen Nachblutungsrisiko belegt (Dick and

Augustin, 2001). Zum direkten Vergleich von postoperativen Komplikationen bei sekundären Linsenoperationen nach Fixationsart gibt es derzeit jedoch wenig Literatur.

Aufgrund des für die Implantation einer Irisklauenlinse nötigen großen Zugangs kann von einer höheren Hypotoniegefahr und infolge dessen von einem größeren Blutungsrisiko ausgegangen werden (Rey et al., 2016; Sturmer, 2013). Eine erhöhte Nachblutung bei Irisklauenlinsen ist jedoch in der aktuellen Literatur nicht feststellbar. Die vorliegenden Studien zeigten eine geringe bis nicht vorhandene Nachblutungsrate (Gonnermann et al., 2014; Haberle et al., 2014; Kohlen and Hengerer, 2014). Nur in einer Studie war die Nachblutungsrate vergleichbar (Rufer et al., 2009).

Mögliche Gründe für unsere Ergebnisse können unter anderem Vorerkrankungen der Patienten sein. Selbst schwierige Fälle wurden nicht von der Studie ausgeschlossen. Auch das mittlere Patientenalter von 63 Jahren erhöht die Wahrscheinlichkeit von Begleiterkrankungen, die zur Einnahme gerinnungshemmender Medikamente führen. Da in vielen Studien in den postoperativen Komplikationen eine Nachblutung gar nicht ausgeführt ist, kann zudem vermutet werden, dass eine sehr leichte Nachblutung dort nicht als Komplikation notiert wurde. Weitere Einflussfaktoren können, wie bereits oben erwähnt, andere signifikante Parameter wie der Operateur oder eine spezielle Operationstechnik sein.

Hypotonie

Durch eine Hypotonie des Bulbus wird das Risiko von Nachblutungen bei ophthalmochirurgischen Eingriffen oder Traumata des Auges mit Hyphäma erhöht (Bigar et al., 2013; Shields and Krieglstein, 2013).

Dieser Zusammenhang war auch bei unserer Studie signifikant feststellbar.

Verwendete Linse

Die verwendete Linse hatte ebenfalls signifikanten Einfluss auf eine aufgetretene Nachblutung. Wobei bei der Verisyse Linse deutlich mehr Nachblutungen als erwartet auftraten. Wie oben beschrieben kann dies jedoch durch die Präferenz von einzelnen Operateuren und bestimmten Operationstechniken verfälscht sein. Die Vorderkammerlinsen zeigten weniger Nachblutungen als erwartet, die Linsen SA60AT und AMO 60 DL lagen ebenfalls, wenn auch nur gering, unter dem erwarteten Wert. Dieser Zusammenhang ist eng

verknüpft mit der Fixierungsart der Linsen. Deswegen können hier die oben beschriebenen möglichen Erklärungen ebenfalls angewendet werden.

1.1.2.2 Hypotonie

Ein signifikanter Zusammenhang zu einer postoperativen Hypotonie lag bei einer postoperativ aufgetretenen Nachblutung und einer vorliegenden Uveitis vor.

Nachblutung

Der oben geschilderte Zusammenhang zwischen Hypotonie und Nachblutung besteht auch bei umgekehrter Testung.

Uveitis

Durch die chronische Entzündung des Auges bei einer Uveitis ist das homöostatische Gleichgewicht des Augeninnendrucks gestört, da die Entzündung zum Zusammenbruch der Blut-Augen Schranke führt. Dies kann zur Hyper- oder Hypotonie des Auges führen (Tran et al., 2000). Somit erklärt sich der Zusammenhang in unserer Studie, in der es bei Uveitis-Patienten postoperativ signifikant häufiger zu einer Hypotonie kam.

1.1.2.3 Komplikationen im Verlauf von drei Monaten

Zwischen den Komplikationen im Verlauf von drei Monaten und der Art der Fixierung gab es einen signifikanten Zusammenhang.

Bei Vorderkammerlinsen und irisfixierten Linsen traten signifikant weniger Komplikationen als erwartet auf, sulcus- und kapselsackfixierte Linsen lagen im erwarteten Bereich. Bei eingenähten Linsen war die Komplikationsrate höher als erwartet. Auch wenn das Ergebnis aufgrund der verschiedenen, zusammengefassten Komplikationen nur eingeschränkt beurteilbar ist, wird es im Anschluss kurz diskutiert. Die aufgetretenen Komplikationen im Verlauf von drei Monaten waren größtenteils Luxationen oder Dezentrierungen der Linse.

In der Literatur wird Vorderkammerlinsen, im Vergleich zu eingenähten Linsen, ebenfalls eine geringere Luxations- oder Dezentrierungsrate zugeschrieben (Dick and Augustin, 2001). Die Häufigkeiten dezentrierter Irisklauenlinsen entsprechen ebenfalls den in der Literatur genannten Werten (Gonnermann et al., 2014; Guell et al., 2014). Ansonsten gibt es, wie

bereits oben beschrieben, wenige Studien mit direktem Vergleich von verschiedenen Fixationstechniken und aufgetretenen Komplikationen.

Die Ergebnisse dieser Studie müssen im nächsten Schritt durch prospektive Studien, mit genauerer Patientenselektion und unterschiedlichem Studiendesign untermauert werden, um das Evidenzniveau der Ergebnisse zu erhöhen und um Therapieempfehlungen aussprechen zu können. Die Entscheidung der bestmöglichen Therapie muss natürlich trotzdem weiterhin individuell für jeden Patienten vom behandelnden Arzt getroffen werden (Gutsch et al., 2016).

Die signifikanten und zu aktuellen Studien mitunter widersprüchlichen Ergebnisse, sowie die teils dürftige Datenlage unterstreichen die Wichtigkeit, weiterführende Studien durchzuführen.

1.2 Mögliche Gründe für Abweichungen des sphärischen Äquivalents über 2 dpt.

Bei 25 Fällen lag der Absolute Error über 2 dpt. Nach möglichen Gründen hierfür wurde nochmal explizit gesucht. Folgende potentielle Einflussfaktoren wurden festgestellt:

Tabelle 22: Auffälligkeiten der Augen mit einer Abweichung des AE über 2 dpt.

Auffälligkeit	Häufigkeit
Z.n. Ablatio Chirurgie	6
Vorangegangenes Trauma	2
Pseudoexfoliationssyndrom	1
Myopia Magna	1
Herpes Simplex Keratitis präoperativ	1
Hornhautdekompensation präoperativ	1
Syndromale Vorerkrankung	3
Postoperatives zystoides Makulaödem	1
Postoperative Dezentrierung der IOL	1
Postoperative Hypotonie und Intraokularer Reizzustand	1
Ursache der Abweichung unklar	2

Bei 20 von 25 Fällen gab es präoperative Risikofaktoren, die die große Abweichung des AE verursacht haben könnten. Bei 3 Patienten lagen postoperative Komplikationen vor, lediglich bei 2 Patienten konnte die große Abweichung nicht unmittelbar erklärt werden. Eine hohe

Abweichung des AE kann also in unserer Studie fast immer auf erschwerte Behandlungsumstände oder schwerwiegende Komplikationen zurückgeführt werden.

2. Fehlerdiskussion

Im Folgenden sollen kurz mögliche Fehlerquellen der Studie diskutiert werden.

2.1 Mögliche Fehler in der Biometrie

Die Biometrie wurde mit dem IOL Master von Zeiss durchgeführt. Wie oben beschrieben arbeitet der IOL Master mit Lasertechnik und Spaltlampenuntersuchung. Zudem werden die Konstanten für die Formeln zur Berechnung ständig aktualisiert. Der Zeiss IOL Master arbeitet also sehr genau und wird auch in der Literatur positiv bewertet (Dehnavi et al., 2015; Stattin et al., 2015).

Trotzdem stellt die Biometrie in Messung und Berechnung eine potentielle Fehlerquelle für das sphärische Äquivalent dar. Das neue Modell des IOL Masters, der IOL Master 700, trägt zukünftig weiter dazu bei, Fehler bei der Biometrie zu minimieren. Der IOL Master 700 führt ein Swept-Source OCT des vorderen Augenabschnitts sowie der Fovea durch und berechnet die effektive Linsenposition (ELP). Gerade bei Augen, die bereits refraktiver Chirurgie unterzogen wurden, ist die Biometrie schwierig und die Bestimmung der ELP stellt hierbei eine Möglichkeit zur Fehlerminimierung dar (Carl_Zeiss_Meditec_AG, 2015; Ho et al., 2008). Jedoch finden Shajari et. al. (2017) bei Augen, an denen eine konventionelle Kataraktoperation durchgeführt wurde, keine signifikante Verbesserung des IOL Masters 700 in den biometrischen Messungen im Vergleich zum IOL Master 500 und der Pentacam AXL (Shajari et al., 2017).

2.2 Mögliche Fehler in der Refraktionsbestimmung

Die Refraktion wurde entweder objektiv, mit Hilfe von Autorefraktometern, sowie bei Bedarf noch durch einen subjektiven Abgleich bestimmt. Laut Wesemann (2004) weicht die Refraktion bei 80 Prozent der mit Autorefraktometer untersuchten Augen weniger als 0,5 dpt vom subjektiven Wert ab (Wesemann, 2004). Außerdem gibt es Schwankungen in der subjektiven Refraktionsbestimmung von +/- 0,4 dpt. (Grein et al., 2014).

In der vorliegenden Studie wurde die Refraktion von verschiedenen Ärzten mit verschiedenen Geräten bestimmt. Zudem wurde nicht zwingend ein anschließender subjektiver Abgleich durchgeführt. Also stellt auch die Refraktionsbestimmung eine mögliche Fehlerquelle dar.

2.3 Untersuchung und Therapie durch verschiedene Ärzte

Vor- und Nachuntersuchungen wurden innerhalb der Klinik von verschiedenen Ärzten erledigt. Die postoperative Langzeitnachkontrolle sowie die postoperative Refraktionsbestimmung wurden zum Teil von niedergelassenen Augenärzten durchgeführt. Durch die verschiedenen beteiligten Ärzte sowie die bei den niedergelassenen Augenärzten abweichenden Gerätschaften entsteht eine potentielle Störgröße der Studie.

2.4 Zeitrahmen der Untersuchungen

Das teilweise lange und vor allem unterschiedliche Zeitfenster zwischen sekundärer Linsenoperation und Messung der Refraktion, sowie die späten Nachuntersuchungen sind dem retrospektivem Aufbau der Studie geschuldet. Hierdurch können Fehler in der Studie entstehen, da es keinen einheitlichen Nachuntersuchungsplan nach der Klinikentlassung gab.

2.5 Limitation der untersuchten Gruppe

Die wohl größte Limitierung dieser Studie ergibt sich aus dem retrospektivem Design. Neben den bereits oben genannten Gesichtspunkten, die auf das Studiendesign zurückzuführen sind, konnten von 575 operierten Augen wegen fehlender Daten nur 182 Augen in die Studie eingeschlossen werden. Patienten, von denen retrospektivisch viele Daten zu erheben waren, gingen möglicherweise aufgrund von Problemen oder anderen Erkrankungen des Auges häufiger zum Arzt und in die Klinik. Der Anteil an potentiellen Risiken und komplizierten Verläufen ist in dieser Studie also tendenziell erhöht.

E. Zusammenfassung und Ausblick

In dieser retrospektivischen Studie wurden Daten von 182 Augen prä- und postoperativ einer sekundären Linsenoperation erhoben. Neben anamnestischen, intraoperativen und postoperativen Parametern wurde die Refraktion mindestens drei Monate postoperativ erhoben und diese mit dem in der Biometrie berechneten sphärischen Äquivalent verglichen. Anschließend wurden die Daten nach dem Absolute Error und nach postoperativen

Komplikationen ausgewertet. Die Werte wurden mit aktueller Literatur verglichen und mögliche Gründe für hohe Abweichungen des AE wurden diskutiert. Anschließend wurde nach möglichen Fehlerquellen und Limitationen der Studie gesucht. Die Mittelwerte und Häufigkeiten der erhobenen sphärischen Äquivalente, des AE sowie der postoperativen Komplikationen waren mit den Werten der aktuellen Literatur vergleichbar. An signifikanten Ergebnissen der Vergleiche nach Einflussfaktoren auf die Differenz des sphärischen Äquivalents sowie den postoperativen Komplikationen wurden teils zur aktuellen Literatur widersprüchliche Ergebnisse erzielt. Dies zeigt die Dringlichkeit weitere vergleichende Studien zu sekundären Linsenimplantationen mit höherem Evidenzniveau durchzuführen.

Die Veröffentlichung dieser Arbeit in internationalen ophthalmologischen Journalen steht noch aus.

F. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Foto einer Hinterkammerlinse in situ (Quelle: Augenklinik der LMU)

Abbildung 2: Luxierte Hinterkammerlinse (Quelle: Augenklinik der LMU)

Abbildung 3: Häufigkeiten der Ursache sekundärer Linsenimplantationen

Abbildung 4: Häufigkeit der Operationen eines Operateurs der sekundären Linsenimplantationen

Abbildung 5: Häufigkeit der verwendeten Linsen

Abbildung 6: Häufigkeiten der Fixierungsart der Linsen

Abbildung 7: Häufigkeiten der Abweichungen über 1 und 2 dpt. des AE

Abbildung 8: Boxplots der Auswertung des Zusammenhangs zwischen Ursache für sekundäre Linsenoperation & AE

Abbildung 9: Boxplots der Auswertung des Zusammenhangs zwischen Kapselsack intraoperativ erhaltbar und AE

Abbildung 10: Boxplots der Auswertung des Zusammenhangs zwischen verwendete Linse und AE

Abbildung 11: Boxplots zur Auswertung des Zusammenhangs zwischen Fixierung der Linse und AE

Abbildung 12: Boxplots zur Auswertung des Zusammenhangs zwischen Operateur & AE

Abbildung 13: Boxplots zur Auswertung des Zusammenhangs zwischen aufgetretene postoperative Nachblutung und AE

G. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Verwendete Linsentypen sowie deren Eigenschaften

Tabelle 2: Häufigkeiten und Prozente der operierten Augen

Tabelle 3: Häufigkeiten und Prozente aufgetretener Vorerkrankungen und vorheriger Eingriffe

Tabelle 4: Häufigkeiten und Prozente intraoperativer Parameter

Tabelle 5: Häufigkeiten und Prozente der vermutlich verwendeten Formel

Tabelle 6: Häufigkeiten und Prozente postoperativer Komplikationen

Tabelle 7: Deskriptive Statistik der präoperativen und postoperativen sphärischen Äquivalente

Tabelle 8: Deskriptive Statistik des PE und des AE

Tabelle 9: Ergebnisse der Auswertung des Zusammenhangs vorheriger Erkrankungen/Eingriffe mit dem AE

Tabelle 10: Ergebnisse der Auswertung des Zusammenhangs zwischen intraoperativer Daten und AE

Tabelle 11: Ergebnisse der Auswertung des Zusammenhangs zwischen postoperativer Parameter und AE

Tabelle 12: Ergebnisse der Auswertung des Zusammenhangs zwischen anamnestischer Parameter und einer aufgetretenen postoperativen Nachblutung

Tabelle 13: Ergebnisse der Auswertung des Zusammenhangs zwischen intraoperativen Parametern und einer aufgetretenen postoperativen Nachblutung

Tabelle 14: Kreuztabelle der verwendeten Linse und aufgetretener postoperativer Nachblutung

Tabelle 15: Kreuztabelle zwischen Fixierungsart und aufgetretener postoperativer Nachblutung

Tabelle 16: Ergebnisse der Auswertung des Zusammenhangs weiterer postoperativer Parameter mit einer postoperativ aufgetretenen Nachblutung

Tabelle 17: Ergebnisse der Auswertung des Zusammenhangs anamnestischer Parameter mit einer postoperativ aufgetretenen Nachblutung

Tabelle 18: Kreuztabelle der Beziehung Zustand nach Uveitis und postoperative Hypotonie

Tabelle 19: Ergebnisse der Auswertung des Zusammenhangs zwischen intraoperativer Parameter und einer aufgetretenen postoperativen Hypotonie

Tabelle 20: Ergebnisse der Auswertung des Zusammenhangs weiterer postoperativer Parameter mit einer postoperativ aufgetretenen Hypotonie

Tabelle 21: Kreuztabelle zu den Parametern Fixierungsart und Komplikationen im Verlauf

Tabelle 22: Auffälligkeiten der Augen mit einer Abweichung des AE über 2 dpt.

H. Literaturverzeichnis

- ABBOTTMEDICALOPTICS 2007. Duralens II Produktbeschreibung.
- ACAR, N., KAPRAN, Z., ALTAN, T., KUCUKSUMER, Y., UNVER, Y. B. & POLAT, E. 2010. Secondary iris claw intraocular lens implantation for the correction of aphakia after pars plana vitrectomy. *Retina*, 30, 131-9.
- ACRITECGMBH 2006. Produktinformation Acritec 46 LC.
- ALCONGMBH 2016. Alcon Produktkatalog.
- ARBISSER, L. B. 2004. Managing intraoperative complications in cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol*, 15, 33-9.
- ASCASO, F. J., HUERVA, V. & GRZYBOWSKI, A. 2015. Epidemiology, Etiology, and Prevention of Late IOL-Capsular Bag Complex Dislocation: Review of the Literature. *J Ophthalmol*, 2015, 805706.
- AUGUSTIN, A. J. 2007. *Augenheilkunde*, Berlin [u.a.], Springer.
- BIGAR, F., DRAEGER, J., HANSELMAYER, H., HENSCHER, W. F., HOFFMANN, F., HOFMANN, H., KIRSCHNER, M., KOMMERELL, G., LUND, O. E. & MACKENSEN, G. 2013. *Augenärztliche Operationen*, Springer Berlin Heidelberg.
- BONHOMME, F., HAFEZI, F., BOEHLEN, F. & HABRE, W. 2013. Management of antithrombotic therapies in patients scheduled for eye surgery. *Eur J Anaesthesiol*, 30, 449-54.
- CARL_ZEISS_MEDITEC_AG 2015. IOL Master 700 Broschüre.
- CHARHI, O. & DAOUDI, R. 2014. Non traumatic cataract dislocation: when to seek an etiology? *Pan Afr Med J*, 19, 73.
- CHEN, Y. J. 2012. Secondary in-the-bag implantation of intraocular lenses in aphakic eyes after vitreoretinal surgeries. *Ophthalmologica*, 227, 80-4.
- CHIU, C. S. 2014. 2013 update on the management of posterior capsular rupture during cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol*, 25, 26-34.
- CLEMENTE, P. 2000. Langzeitverträglichkeit einer neuen VKL SP525 "Clemente Optifit" 3-Punkt-Fixation ohne Positionierungsloch: Erfahrungen bei 1000 Implantationen über einen Zeitraum von 7 1/2 Jahren. In *13. Kongress der Deutschsprachigen Gesellschaft für Intraokularlinsen-Implantation und refraktive Chirurgie Edited by KohneT, Ohrloff C, Wenzel M. Cologne: Biermann.*
- COLVARD, D. M. 2009. *Achieving Excellence in Cataract Surgery: A Step-by-step Approach.*
- DAJEE, K. P., ABBEY, A. M. & WILLIAMS, G. A. 2016. Management of dislocated intraocular lenses in eyes with insufficient capsular support. *Curr Opin Ophthalmol*.
- DAVIES, E. C. & PINEDA, R., 2ND 2016. Intraocular lens exchange surgery at a tertiary referral center: Indications, complications, and visual outcomes. *J Cataract Refract Surg*, 42, 1262-1267.
- DE SILVA, S. R., RIAZ, Y. & EVANS, J. R. 2014. Phacoemulsification with posterior chamber intraocular lens versus extracapsular cataract extraction (ECCE) with posterior chamber intraocular lens for age-related cataract. *Cochrane Database Syst Rev*, 1, Cd008812.
- DEHNAVI, Z., KHABAZKHOOB, M., MIRZAJANI, A., JABBARVAND, M., YEKTA, A. & JAFARZADEHPUR, E. 2015. Comparison of the Corneal Power Measurements with the TMS4-Topographer, Pentacam HR, IOL Master, and Javal Keratometer. *Middle East Afr J Ophthalmol*, 22, 233-7.
- DICK, H. B. & AUGUSTIN, A. J. 2001. Lens implant selection with absence of capsular support. *Curr Opin Ophthalmol*, 12, 47-57.
- FAN, F., LUO, Y., LIU, X., LU, Y. & ZHENG, T. 2014. Risk factors for postoperative complications in lensectomy-vitrectomy with or without intraocular lens placement in ectopia lentis associated with Marfan syndrome. *Br J Ophthalmol*, 98, 1338-42.
- FAUST, K. J. 1995. Origin of hydrodissection. *J Cataract Refract Surg*, 21, 6.
- FERNANDEZ-BUENAGA, R., ALIO, J. L., PINILLA-CORTES, L. & BARRAQUER, R. I. 2013. Perioperative complications and clinical outcomes of intraocular lens exchange in patients with opacified lenses. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 251, 2141-6.

- FINDL, O., STRUHAL, W., DORFFNER, G. & DREXLER, W. 2004. Analysis of nonlinear systems to estimate intraocular lens position after cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*, 30, 863-6.
- GASKIN, G. L., PERSHING, S., COLE, T. S. & SHAH, N. H. 2015. Predictive modeling of risk factors and complications of cataract surgery. *Eur J Ophthalmol*, 0.
- GERSTMAYER, K., SCHOLTZ, S. K. & AUFFARTH, G. U. 2015. [Sutured Posterior Chamber IOL Fixation in the Absence of Capsular Support, First Described in 1954]. *Klin Monbl Augenheilkd*, 232, 962-5.
- GIMBEL, H. V. & DEBROFF, B. M. 2004. Intraocular lens optic capture. *J Cataract Refract Surg*, 30, 200-6.
- GIRARD, L. J. 1981. Pars plana phacoprosthesis (aphakic intraocular implant): a preliminary report. *Ophthalmic Surg*, 12, 19-22.
- GONNERMANN, J., AMIRI, S., KLAMANN, M., MAIER, A. K., JOUSSEN, A. M., RIECK, P. W., TORUN, N. & BERTELMANN, E. 2014. [Endothelial cell loss after retropupillary iris-claw intraocular lens implantation]. *Klin Monbl Augenheilkd*, 231, 784-7.
- GREIN, H. J., SCHMIDT, O. & RITSCHKE, A. 2014. [Reproducibility of subjective refraction measurement]. *Ophthalmologe*, 111, 1057-64.
- GUELL, J. L., VERDAGUER, P., ELIES, D., GRIS, O., MANERO, F., MATEU-FIGUERAS, G. & MORRAL, M. 2014. Secondary iris-claw anterior chamber lens implantation in patients with aphakia without capsular support. *Br J Ophthalmol*, 98, 658-63.
- GUTSCH, J., REIF, M., MULLER-HUBENTHAL, B. & MATTHIESSEN, P. F. 2016. [Evidenzbasierte Leitlinien, Anspruch und Wirklichkeit]. *Forsch Komplementmed*, 23, 117-122.
- HABERLE, H., SCHIEDEL, S. & PHAM, D. T. 2014. [Retroiridal iris claw lens as routine procedure]. *Klin Monbl Augenheilkd*, 231, 995-8.
- HAEFLIGER, E. & NEUHANN, T. 1988. [Neuhann capsulorhexis: a technic for reliable implantation of the capsule sack]. *Klin Monbl Augenheilkd*, 192, 435-8.
- HANNUSH, S. B. 2000. Sutured posterior chamber intraocular lenses: indications and procedure. *Curr Opin Ophthalmol*, 11, 233-40.
- HARRER, A., HIRNSCHALL, N., MAEDEL, S. & FINDL, O. 2015. Influence of the overall intraocular lens diameter on rotational stability. *Ophthalmic Res*, 53, 117-21.
- HO, J. D., LIOU, S. W., TSAI, R. J. & TSAI, C. Y. 2008. Estimation of the effective lens position using a rotating Scheimpflug camera. *J Cataract Refract Surg*, 34, 2119-27.
- [HTTP://WWW.IOL-INFO.DE/INTRAOCULARLENS/DETAIL/11](http://www.iol-info.de/intraocularlens/detail/11) abgerufen am 6.1.2017. Produktinformation SA60AT.
- [HTTP://WWW.IOL-INFO.DE/INTRAOCULARLENS/DETAIL/36](http://www.iol-info.de/intraocularlens/detail/36) abgerufen am 6.1.2017. Produktbeschreibung IDEA 613XC-060.
- [HTTP://WWW.IOL-INFO.DE/INTRAOCULARLENS/DETAIL/82](http://www.iol-info.de/intraocularlens/detail/82). abgerufen am 6.1.2017. Produktbeschreibung Polylens Y35 [Online]. [Accessed].
- [HTTP://WWW.IOL-INFO.DE/INTRAOCULARLENS/DETAIL/242](http://www.iol-info.de/intraocularlens/detail/242). aufgerufen am 6.1.2017. Produktinformation Verisyse [Online]. [Accessed].
- [HTTP://WWW.IOL-INFO.DE/INTRAOCULARLENS/DETAIL/250](http://www.iol-info.de/intraocularlens/detail/250). abgerufen am 6.1.2017. Produktinformation CT 13A [Online]. [Accessed].
- [HTTP://WWW.POLYTECH-DOMILENS.DE/SPHAERISCH-35-DE/POLYLENS-Y35-110&PC_MODE_617=DETAILS#CONTENT_EL_617](http://www.polytech-domilens.de/sphaerisch-35-de/polylen-y35-110&pc_mode_617=details#content_el_617). abgerufen am 8.5.2016. Produktinformationen Polylens Y 35 [Online]. PolytechDomilensGmbH. [Accessed].
- ITURRIAGA, H., ZANOLLI, M., CARPENTIER, C., VALENZUELA, F., MORENO, R., ACUNA, O. & ZUAZO, F. 2013. Management of subluxated lens in young patients. *Arch Soc Esp Oftalmol*, 88, 97-101.
- JORGE ALIÓ, H. F. 2010. *Minimizing Incisions and Maximizing Outcomes in Cataract Surgery*

Springer Verlag Berlin Heidelberg.

KANSKI, J. J. & BOWLING, B. 2012. *Klinische Ophthalmologie*

Clinical ophthalmology <dt.>, München, Elsevier, Urban & Fischer.

- KARLZEISSMEDITECAG 2013. CT 13 A Produktinformationen.
- KAZEMI, S., WIROSTKO, W. J., SINHA, S., MIELER, W. F., KOENIG, S. B. & SHETH, B. P. 2000. Combined pars plana lensectomy-vitreotomy with open-loop flexible anterior chamber intraocular lens (AC IOL) implantation for subluxated lenses. *Trans Am Ophthalmol Soc*, 98, 247-51; discussion 251-3.
- KELMAN, C. D. 1967. Phaco-emulsification and aspiration. A new technique of cataract removal. A preliminary report. *Am J Ophthalmol*, 64, 23-35.
- KOHNE, T. & HENGERER, F. H. 2014. [Anterior chamber intraocular lenses for aphakia correction]. *Ophthalmologe*, 111, 310-4.
- KRAMER, S., SCHRODER, A. C., BRUCKNER, K., JONESCU-CUYERS, C. & SEITZ, B. 2010. [Subluxation of hydrophilic acrylate intraocular lenses due to massive capsular fibrosis]. *Ophthalmologe*, 107, 460-4.
- KULKARNI, C. & U, V. 2014. Extra Large Temporal Tunnel Cataract Extraction [ETCE]. *J Clin Diagn Res*, 8, Vc01-vc04.
- LANG, G. K. 2015. *Augenheilkunde essentials*, Stuttgart [u.a.], Thieme.
- LEE, S., HAYWARD, A. & BELLAMKONDA, V. R. 2015. Traumatic lens dislocation. *Int J Emerg Med*, 8, 16.
- LIU, J., LIU, W., JIA, Y., AL-MOHTASEB, Z. N. & WANG, L. 2016. Repositioning a decentered intraocular lens with 4 haptics. *J Cataract Refract Surg*, 42, 353-7.
- MASKET, S. & FRAM, N. R. 2011. Pseudophakic negative dysphotopsia: Surgical management and new theory of etiology. *J Cataract Refract Surg*, 37, 1199-207.
- MEDICONTOUR 2013. Produktinformation Biflex 677 AB.
- MOHR, A., HENGERER, F. & ECKARDT, C. 2002. [Retropupillary fixation of the iris claw lens in aphakia. 1 year outcome of a new implantation techniques]. *Ophthalmologe*, 99, 580-3.
- MORCHER GMBH 2011. CATALOG MORCHER IMPLANTS 2011-12-12.
- NEUHANN, I., FLEISCHER, F. & NEUHANN, T. 2012. [Reasons for exchange and explantation of intraocular lenses]. *Klin Monbl Augenheilkd*, 229, 794-7.
- OSTERN, A. E., SANDVIK, G. F. & DROLSUM, L. 2014. Late in-the-bag intraocular lens dislocation in eyes with pseudoexfoliation syndrome. *Acta Ophthalmol*, 92, 184-91.
- RANKIN, J. K. & PINEDA, R., 2ND 2013. Traumatic in-the-bag intraocular lens subluxation. *Int Ophthalmol Clin*, 53, 11-21.
- REY, A., JURGENS, I., DYRDA, A., MASERAS, X. & MORILLA, A. 2016. SURGICAL OUTCOME OF LATE IN-THE-BAG INTRAOCULAR LENS DISLOCATION TREATED WITH PARS PLANA VITRECTOMY. *Retina*, 36, 576-81.
- RIAZ, Y., MEHTA, J. S., WORMALD, R., EVANS, J. R., FOSTER, A., RAVILLA, T. & SNELLINGEN, T. 2006. Surgical interventions for age-related cataract. *Cochrane Database Syst Rev*, Cd001323.
- RUFER, F., SAEGER, M., NOLLE, B. & ROIDER, J. 2009. Implantation of retropupillar iris claw lenses with and without combined penetrating keratoplasty. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*, 247, 457-62.
- SCHMICKLER, S., ALTHAUS, C., CARTSBURG, O. & FRAGKOPOULOU, F. 2012. Die retropupilläre Fixation der AMO Verisyse im Rahmen der Aphakiekorrektur 26. *Kongress der Deutschsprachigen Gesellschaft für Intraokularlinsen-Implantation, Interventionelle und Refraktive Chirurgie (DGII)*.
- SCHMIDT, I., LANGENBUCHER, A., MOUSSA, S., SCHIRRA, F., SEITZ, B. & EPPIG, T. 2014. [Retroiridal implantation of a Verisyse iris claw lens : Refractive outcome and individualized intraocular lens constants.]. *Ophthalmologe*.
- SCHULZE, S., BERTELMANN, T. & SEKUNDO, W. 2014. [Implantation of intraocular lenses in the ciliary sulcus]. *Ophthalmologe*, 111, 305-9.
- SEKUNDO, W., BERTELMANN, T. & SCHULZE, S. 2014a. [Combination of different techniques for secondary anchoring of intraocular lenses]. *Ophthalmologe*, 111, 365-8.

- SEKUNDO, W., BERTELMANN, T. & SCHULZE, S. 2014b. [Retropupillary iris claw intraocular lens implantation technique for aphakia]. *Ophthalmologie*, 111, 315-9.
- SHAJARI, M., CREMONESE, C., PETERMANN, K., SINGH, P., MULLER, M. & KOHNEN, T. 2017. Comparison of axial length, corneal and anterior chamber depth measurements of two recently introduced devices to a known biometer. *Am J Ophthalmol*.
- SHARMA, S., MARTIN, S., SYKES, M. J., DAVE, A., HEWITT, A. W., BURDON, K. P., RONCI, M., VOELCKER, N. H. & CRAIG, J. E. 2016. Biological effect of LOXL1 coding variants associated with pseudoexfoliation syndrome. *Exp Eye Res*, 146, 212-223.
- SHIELDS, M. B. & KRIEGLSTEIN, G. K. 2013. *Glaukom: Grundlagen Differentialdiagnose Therapie*, Springer Berlin Heidelberg.
- SOONG, H. K., MEYER, R. F. & SUGAR, A. 1989. Techniques of posterior chamber lens implantation without capsular support during penetrating keratoplasty: a review. *Refract Corneal Surg*, 5, 249-55.
- STATTIN, M., ZEHETNER, C., BECHRAKIS, N. E. & SPEICHER, L. 2015. [Comparison of IOL-Master 500 vs. Lenstar LS900 concerning the calculation of target refraction: A retrospective analysis]. *Ophthalmologie*, 112, 444-50.
- STURMER, J. 2013. [Lens exchange for subluxation of posterior chamber lenses implanted in the capsular bag or in the ciliary sulcus]. *Klin Monbl Augenheilkd*, 230, 317-22.
- TJIA, K. F. 2006. Microcoaxial Phacoemulsification: A New Standard in Cataract Surgery? *Cataract & Refractive Surgery Today Europe*.
- TRAN, V. T., MERMOUD, A. & HERBORT, C. P. 2000. Appraisal and management of ocular hypotony and glaucoma associated with uveitis. *Int Ophthalmol Clin*, 40, 175-203.
- WALLMANN, A. C., MONSON, B. K. & ADELBERG, D. A. 2015. Transscleral fixation of a foldable posterior chamber intraocular lens. *J Cataract Refract Surg*, 41, 1804-9.
- WERNER, L., PANDEY, S. K., APPLE, D. J., ESCOBAR-GOMEZ, M., MCLENDON, L. & MACKY, T. A. 2001. Anterior capsule opacification: correlation of pathologic findings with clinical sequelae. *Ophthalmology*, 108, 1675-81.
- WESEMANN, W. 2004. [Automatic Eye Refractors – a Comparative Study] *Zeitschrift für praktische Augenheilkunde*, 10, 7-16.
- WHO 1996. Management of cataract in primary health care services. *Geneva : World Health Organization*, 34.
- WHO 2007. Global Initiative for the Elimination of Avoidable Blindness : action plan 2006-2011. *Geneva : World Health Organization*, 89.
- WORST, J. G., MASSARO, R. G. & LUDWIG, H. H. 1972. The introduction of an artificial lens into the eye using Binkhorst's technique. *Ophthalmologica*, 164, 387-91.
- ZUBERBÜHLER, B., HAEFLIGER, E., MENAPACE, R., NEUHANN, TH. 2008. *Kataraktchirurgie*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

I. Danksagung

Zuallererst gilt mein Dank Herrn Priv.-Doz. Dr. med. Armin Wolf für die Ermöglichung dieser Dissertation. Er überließ mir dieses Thema und unterstützte mich kontinuierlich von der Erhebung der Daten über die statistische Auswertung bis zur fertigen Arbeit. Diese ausgezeichnete Betreuung sowie sein wissenschaftlich fundierter Rat erleichterten mir die Erstellung dieser Arbeit sehr.

Zudem danke ich Herrn Dr. med. Efstathios Vounotrypidis für die Unterstützung bei der Korrektur dieser Arbeit. Durch seine wertvollen Ratschläge sowie sein Engagement wurde mir die Fertigstellung dieser Dissertation besonders erleichtert. Zudem danke ich ihm für die noch anstehende Veröffentlichung der Ergebnisse dieser Arbeit.

Herrn Dr. rer. biol. hum. Dipl.-Phys. Markus Schaumberger danke ich für die Beratung bei der Erstellung der statistischen Auswertungen und Graphiken.

Außerdem danke ich den Mitarbeitern der Universitätsaugenklinik der LMU für die stetige Hilfsbereitschaft und Unterstützung.

J. Eidesstattliche Versicherung

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Dissertation selbständig verfasst, mich außer der angegebenen keiner weiteren Hilfsmittel bedient und alle Erkenntnisse, die aus dem Schrifttum ganz oder annähernd übernommen sind, als solche kenntlich gemacht und nach ihrer Herkunft unter Bezeichnung der Fundstelle einzeln nachgewiesen habe.

Ich erkläre des Weiteren, dass die hier vorgelegte Dissertation nicht in gleicher oder in ähnlicher Form bei einer anderen Stelle zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht wurde.

München, den 14.03.18

Iris Schuster