

Aus der Augenklinik und Poliklinik
der Universität Würzburg
Direktor: Professor Dr. med. F. Grehn

**Ergebnisse der transskleralen Einnähung
von Hinterkammerlinsen**

Inaugural – Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde der
Medizinischen Fakultät
der
Bayerischen Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg

vorgelegt von
Katharina Elisabeth Müller
aus Nördlingen

Würzburg, Juli 2006

Referent: Priv.-Doz. Dr. med. W. Schrader
Koreferent: Prof. Dr. med. G. Geerling
Dekan: Prof. Dr. med. G. Ertl

Tag der mündlichen Prüfung: 25. April 2007

Die Promovendin ist Zahnärztin

Meinen Eltern
in Liebe und Dankbarkeit
gewidmet

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Alternativen zur Intraokularlinse	2
1.2	Methoden der Kataraktoperation	3
1.3	Zielsetzung der Arbeit	4
2	Material und Methoden	7
2.1	Patientengut	7
2.2	Ausgangsdiagnose und Grund für IOL-Einnähung	8
2.3	Implantierte Hinterkammerlinsen und Linsencharakteristika	9
2.4	Operationsmethode	13
2.5	IOL-Berechnung	16
2.6	Datenerhebung	17
2.7	Statistische Auswertung	18
3	Ergebnisse	20
3.1	Operationsindikation und Ausgangsbefund	20
3.2	Visus bei Indikationsstellung	24
3.2.1	Befund und präoperativer Visus	26
3.3	Operation	27
3.3.1	Zusätzliche operative Maßnahmen	27
3.3.2	Operationsdauer	29
3.3.3	Operationsdauer und zusätzliche intraoperative Maßnahmen	31
3.4	Nachbeobachtungszeit	33
3.5	Verlauf der Refraktion	35
3.5.1	Berechnete Refraktion	35
3.5.2	Abweichung zwischen errechneter und gemessener Refraktion	36
3.6	Visusverlauf	45

3.6.1	Visusverlauf der operierten Augen	45
3.6.2	Vergleich der operierten Augen mit ihren Partneraugen	47
3.6.3	Visusverlauf unterteilt nach präoperativem Visus	52
3.6.4	Visusverlauf der beidäugig operierten Patienten	53
3.7	Verlauf der Netzhautbefunde.....	54
3.8	Weitere Operationen und Dislokation	57
4	Diskussion	58
4.1	Demographie.....	58
4.2	Präoperativer Linsenstatus.....	59
4.3	Operation	61
4.3.1	HKL-Einnähung kombiniert mit Vitrektomie	61
4.3.2	Operationsdauer	63
4.4	Refraktion	65
4.4.1	Berechnete Refraktion	65
4.4.2	Refraktionsaberration.....	65
4.5	Visusverlauf.....	68
4.6	Netzhautbefunde	71
4.7	Notwendigkeit weiterer operativer Maßnahmen	75
4.8	Postoperative Dislokation der HKL.....	76
5	Zusammenfassung	78
6	Glossar.....	80
7	Anhang	82
8	Literaturverzeichnis.....	92

1 Einleitung

Die Implantation einer intraokularen Linse (IOL) ist heutzutage der am häufigsten durchgeführte operative Eingriff in Deutschland. Laut einer Umfrage der DGII (Deutschsprachige Gesellschaft für Intraokularlinsen-Implantation und refraktive Chirurgie) zum aktuellen Stand der Kataraktchirurgie, erfolgten 2004 in Deutschland knapp 480.000 Kataraktoperationen (Ober et al., 2005). Wie Angaben aus dem Jahr 2000 verdeutlichen - damals waren es noch rund 400.000 Operationen im Jahr -, ist diese Anzahl stetig im Steigen begriffen (Schneider, 2000 a). Der künstliche Ersatz der Linse ist entweder bei einer Aphakie, dem Fehlen der natürlichen Linse, oder, wie in der Großzahl aller Fälle, bei einer Linsentrübung (Katarakt), im Volksmund oftmals auch als „Grauer Star“ bezeichnet, notwendig.

Zum Verlust der eigenen Linse kann es aufgrund eines schweren Traumas wie beispielsweise bei einem Autounfall oder einer Handgranatenexplosion kommen oder durch eine Linsenverlagerung (Ectopia lentis) aufgrund eines krankhaft veränderten Halteapparats. Der Ziliarkörper hält über die Zonulafasern die Linse an ihrem angestammten Platz zwischen Hinterkammer und Glaskörperraum. Bei kongenitalen Krankheitsbildern wie dem Marfan-Syndrom oder dem Marchesani-Syndrom unterliegen die Zonulafasern einer progressiven Degeneration ebenso wie bei der erworbenen Uveitis luica oder einem Ziliarköpertumor, was eine Luxation der Linse zur Folge haben kann und eine operative Entfernung notwendig macht.

Der mit Abstand häufigste Grund für eine Kunstlinsenimplantation ist freilich die Katarakt. Sie kann ebenfalls entweder kongenital oder erworben sein. In rund 95% der Fälle handelt es sich um die senile Form der Katarakt, auch „Altersstar“ genannt. Bei den verbleibenden 5% der Kataraktformen kommen zahlreiche Ursachen für den Verlust der Transparenz der Linse in Frage, zum Beispiel Syndrome wie das Down-Syndrom, Traumen, Medikamente oder toxische Stoffe, chronische Augenerkrankungen, Bestrahlung, Infektionen oder eine schwere systemische Erkrankung wie Diabetes mellitus.

1.1 Alternativen zur Intraokularlinse

Zur Therapie der Linsenlosigkeit kommt beinahe immer die Einpflanzung eines Pseudophakos (Kunstlinse) in Frage. Muss jedoch bei einem Patienten aufgrund eines herabgesetzten Allgemeinzustandes, einer schweren Begleiterkrankung oder dem Risiko eines nach-folgenden intraokularen Reizzustandes von einem chirurgischen Eingriff am Auge abgesehen werden, ist eine konservative Versorgung mit Starglas oder Kontaktlinse denkbar.

Eine Starbrille erfordert jedoch eine beidseitige Aphakie, da ansonsten bei guter Sehkraft des anderen Auges eine zu hohe Bildgrößendifferenz (Aniseikonie) auftreten würde (Grehn, 2005). Ferner ist sie angesichts ihrer besonders dicken und schweren Gläser häufig mit erheblichen kosmetischen und praktischen Unannehmlichkeiten behaftet. Im Brillenrandbereich kann es durch das Gestell und die Breite der Gläser zu Gesichtsfeldstörungen kommen. Auch die - von Art und Entfernung der Brille zum Auge abhängige - Größenänderung eines auf der Netzhaut abgebildeten Objektes und störende prismatische Effekte wie Verzerrungen und Farberscheinungen schränken den Tragekomfort ein und machen aphake Patienten mit Brillenkorrektur für viele Berufe ungeeignet, beispielsweise als Fahrzeugführer oder an metallbearbeitenden Werkbänken (Fjodorow, 1981). Solche Nachteile entfallen zwar bei Verwendung von Kontaktlinsen, doch sind auch diese nicht für jedermann geeignet. Gerade zu Anfang lösen sie ein Fremdkörpergefühl beim Träger aus und ihre Handhabung verlangt gewisse manuelle Fertigkeiten, die insbesondere ältere Menschen oftmals nicht mehr aufbringen können. Hinzu kommt, dass etwa 30 - 40% der älteren Bevölkerung an einer mangelhaften Tränenfilmbildung (Conjunctivitis sicca) leiden, so dass diesen Patienten ein Tragen von Kontaktlinsen nur bei intensiver Tränenfilmsubstitution möglich ist. Personen, die in Berufen mit einer hohen Staubbelastung arbeiten, laufen Gefahr, dass es durch die feinen Dreckpartikel zu einer Verunreinigung auf der Kontaktlinse und daraufhin zu Reizzuständen kommt. Selbst ohne zusätzliche Fremdkörper können Nebenwirkungen wie Hornhautstippelung und Hornhautödeme auftreten. Dennoch haben von Kontaktlinsen ausgelöste Hornhautulzera nur in seltenen Fällen so schwerwiegende Folgen wie starke Visusverluste und Erblindung (Funk, 1997).

1.2 Methoden der Kataraktoperation

Die Operation des Grauen Stars erfordert zunächst die Entfernung der getrübbten Linse. Hierfür gibt es zwei gebräuchliche Operationstechniken: die intrakapsuläre Kataraktextraktion (ICCE) und die extrakapsuläre Kataraktextraktion (ECCE).

Bei der intrakapsulären Methode wird die Linse mitsamt der Kapsel extrahiert, nachdem die Zonulafasern durchtrennt wurden. Jede natürliche Barriere zwischen dem vorderen Augenabschnitt und dem Glaskörper wird durch die Entfernung der Linsenkapsel bei dieser technisch einfacher durchzuführenden Operation beseitigt. Das bietet den Vorteil, dass es zu keiner Nachstarentstehung kommen kann. Auch ist ein postoperatives Entstehen von Uveitis, Glaukom und Verklebung der Iris mit der Linsenkapsel (Synechie) selten. Die Nachteile der intrakapsulären Methode können, infolge einer Vorwärtsbewegung des Glaskörpers, ein vermehrtes Auftreten von Irisschlottern (Iridodonesis), zystoidem Makulaödem und Netzhautablösung (Amotio retinae) sein. Wegen dieser unerwünschten Folgen wurde die intrakapsuläre Kataraktextraktion bereits vor mehr als 20 Jahren weitestgehend von der extrakapsulären Technik als bevorzugter Operationsmethode abgelöst.

Die ECCE, bei der die Zonulaaufhängung und die hintere Kapsel erhalten bleiben und lediglich die vordere Kapsel sowie Linsenkern und -rinde extrahiert werden, stellt höhere Anforderungen an das Geschick des Operateurs und ist aufgrund der verbleibenden Kapsel anfälliger für eine Nachstarbildung. Begünstigt wird auch eine Kapselfibrose oder die Bildung von Synechien. Als Vorzüge bei diesem Vorgehen zu nennen sind hingegen das Verhindern der Vorwärtsbewegung des Glaskörpers durch die bestehbleibende Hinterkapsel sowie die verminderte Entstehung von zystoiden Makulaödem und Netzhautablösungen (Böke, 1989).

1.3 Zielsetzung der Arbeit

Grundsätzlich wird bei den intraokularen Linsen zwischen Vorderkammer-, Irisfixierten und Hinterkammerlinsen unterschieden. Die Vorderkammerlinse (VKL) findet Halt über die Abstützung ihrer Halteelemente (Haptiken) im Kammerwinkel, wogegen die Irislinse zumeist mittels Schlingen oder Klauen an der Iris verankert wird. Die gegenwärtig am häufigsten verwendete Linse, die Hinterkammerlinse (HKL), hat diesen gegenüber die Vorzüge, dass sie eine der natürlichen Linse sehr nahekommende Optik besitzt und durch ihre Lage im Brennpunkt und in der Nähe der Rotationsachse des Auges die beste Möglichkeit für die visuelle Rehabilitation des Patienten bietet (Bleckmann, Kaczmarek, 1994; Kim et al., 2003; Stark et al., 1986).

Für die HKL gibt es zwei gebräuchliche Verankerungsmöglichkeiten. Zum einen die der Befestigung im Kapselsack, was allerdings eine intakte hintere Linsenkapsel voraussetzt, und zum anderen die der Implantation in den Ziliarsulkus, den Kammerwinkel der Hinterkammer, wie schon Binkhorst diese Struktur nannte (Binkhorst, 1985). Präzisere Angaben definieren den Sulcus ciliaris als den Raum zwischen Irisbasisrückfläche und Ziliarkörpervorderfläche (Schnaudigel, 1990).

Bei allen Augen des in der vorliegenden Arbeit untersuchten Studienkollektivs war nach extrakapsulärer Kataraktextraktion durch ein Trauma, degenerative Prozesse, Komplikationen im Verlauf der Kataraktoperation oder multiple chirurgische Eingriffe der Kapselapparat beschädigt oder zerstört worden. Heute ist die transsklerale Einnähung von Hinterkammerlinsen in den Sulcus ciliaris eine erprobte und anerkannte Alternative der optischen Rehabilitation von Augen, in denen keine oder zu kleine Anteile an linsenstützenden Kapselresten vorhanden sind (Grehn, Sundmacher, 1989; Dillinger, 2000; Hu et al., 1988; Malbran et al., 1986; Sen, Smith, 1990). Erstmals wurde von Malbran et al. 1986 über diese Methode der Sulkusimplantation von Hinterkammerlinsen in aphaken Augen berichtet (Malbran et al., 1986). Sie war ursprünglich lediglich als eine Alternative zu der Implantation von Vorderkammerlinsen entwickelt worden (Girard, 1981; Grehn, Sundmacher, 1989; Hu et al., 1988; Lewis, 1991; Lewis, 1993; Malbran et al., 1986; Price, Whitson, 1989; Spigelman et al., 1988; Stark et al., 1989).

Prinzipiell können in Augen mit fehlendem Halteapparat auch kammerwinkelgestützte Vorderkammerlinsen oder mit Nähten an der Iris befestigte Vorderkammer- und Hinter-

kammerlinsen zum Einsatz kommen (Dick, Augustin, 2001). Bei der transskleralen Sulkusnahtfixation von Hinterkammerlinsen bleibt allerdings die natürliche Anatomie des Auges besser erhalten als dies bei kammerwinkelgestützten Vorderkammerlinsen der Fall wäre, weil so der physiologischen Kompartimentierung des Auges eher entsprochen wird. Auf lange Zeit gesehen ist sie wohl auch weniger komplikationsträchtig, da das korneale Endothel nicht so stark beeinträchtigt wird (Apple et al., 1984; Brunette et al., 1994; Dick, Augustin, 2001; Güell et al., 2004; Myake et al., 1984; Stark et al., 1989; Wagoner et al., 2003). Darüberhinaus wurde bezüglich der Verwendung von Vorderkammerlinsen bei insuffizientem Kapselapparat dargelegt, dass die Halteelemente die Iris komprimieren und penetrieren können, was möglicherweise peripheren anterioren Synechien und einer chronischen Uveitis Vorzug leistet (Chen et al., 2001). Ebenfalls für die transsklerale Nahtfixation spricht, dass hierbei die Blutkammerwasserschranke im geringst möglichen Maße geschädigt wird, da die Irritation derselbigen für visusverschlechternde Befunde wie das zystoide Makulaödem verantwortlich gemacht wird (Althaus, Sundmacher, 1993; Dillinger, 2000; Nabors et al., 1990; Sundmacher et al., 1991).

Obwohl zahlreiche Veröffentlichungen zeigen konnten, dass die transsklerale Sulkusnahtfixation einer HKL bei erfahrenen Operateuren zu relativ guten funktionellen Ergebnissen führt (Güell et al., 2004), und trotz der weitverbreiteten Akzeptanz dieser Operationsmethode für Augen mit fehlendem oder beschädigtem Halteapparat, sind Informationen über längere Untersuchungen sehr rar (Evereklioglu et al., 2003; Kim et al., 2003). Es ist die Zielsetzung dieser Arbeit, die Resultate der von 1996 bis 2004 an der Augen- und Poliklinik der Universität Würzburg durchgeführten transskleralen Hinterkammerlinseneinnähungen darzustellen.

Die folgenden Fragen sollen im Einzelnen beleuchtet werden:

1. Wie gut lässt sich die berechnete Zielrefraktion erreichen?
 1. a) Wie hat sich die postoperativ erzielte Refraktion im Verlauf der Folgeuntersuchungen entwickelt?
 1. b) Welche Differenz bestand zwischen der errechneten postoperativen Refraktion und der tatsächlich erzielten im Verlauf der Folgeuntersuchungen?
2. Wie hat sich der postoperativ ermittelte Visus im Verlauf der Folgeuntersuchungen und im Vergleich zum präoperativen Visus entwickelt?
3. Wie hat sich das Verhältnis des Visus des operierten Auges zum Visus des nicht-operierten Auges prä- und postoperativ über die Zeit dargestellt?
4. Wie häufig wurden postoperativ Netzhautablösungen oder zystoide Makulaödem beobachtet?
5. Waren in der Folge weitere Operationen vonnöten?
6. Wieviele der Hinterkammerlinsen dislozierten postoperativ?

2 Material und Methoden

2.1 Patientengut

In einer retrospektiven Studie wurden Akten von 65 Patienten ausgewertet. Im Zeitraum von April 1996 bis März 2004 wurde 39 (60%) männlichen Patienten und 26 (40%) weiblichen Patienten in der Augen- und Poliklinik der Universität Würzburg eine sklerafixierte Hinterkammerlinse implantiert. Zum Operationszeitpunkt war der jüngste Patient 9 Jahre, der älteste 90 Jahre alt. Das durchschnittliche Alter betrug $64,9 \pm 17,6$ Jahre. Die Patientinnen waren signifikant älter, um ca. 6 Jahre, als die Patienten (s. Tabelle 1). Da die Verteilung des Alters von einer Gaußverteilung abweicht, sei hier noch der Median angegeben. Der Altersmedian lag bei 71,9 Jahren mit einem 68%-Konfidenzintervall (CI) von 47,3 bis 79,3 Jahren (s. Abbildung 1). Bei zwei Patienten wurde zu einem späteren Zeitpunkt auch am anderen Auge eine HKL transskleral eingnäht, was 67 Operationen ergibt. Dabei wurde insgesamt 37mal das rechte und 30mal das linke Auge operiert. Alle Operationen wurden von einem Operateur (W. Schrader) durchgeführt.

Geschlecht	n	Alter		P
		MW	ST	
männlich	39	62,4	17,20	0.033 *
weiblich	26	68,7	17,83	
gesamt	65	64,9	17,60	-

Tabelle 1. Alter und Geschlecht der Patienten. MW = Mittelwert, ST = Standardabweichung, p aus dem U-Test nach Mann und Whitney.

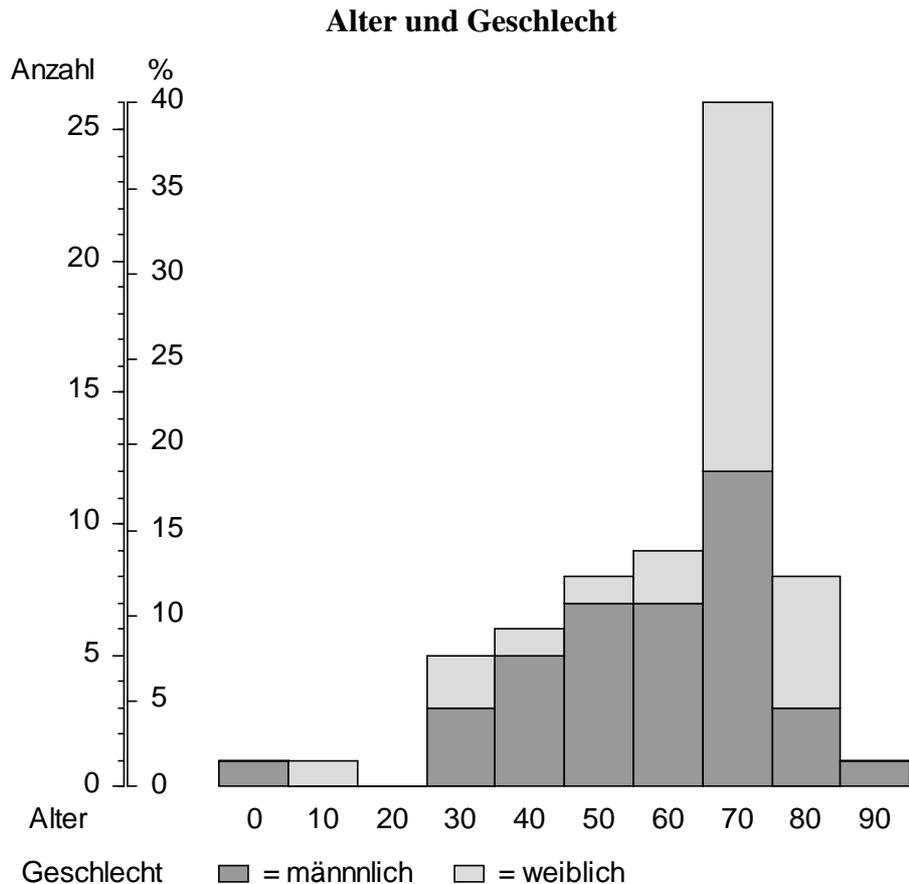


Abbildung 1. Alter der Patienten. Jede Säule stellt Anzahl und Prozentsatz der Patienten in der jeweiligen Altersgruppe dar. $n = 65$. 0 = 0 bis 9,99, 10 = 10 bis 19,99, 20 = 20 bis 29,99 usw. Die Säulen sind nach Geschlecht unterteilt.

2.2 Ausgangsdiagnose und Grund für IOL-Einnähung

Häufig waren unabhängig von der reinen Operationsindikation noch weitere Augenerkrankungen (z.B. Glaukom) vorhanden, darum wurden präoperativ die Ausgangsdiagnosen eines jeden Auges von einem ärztlichen Mitarbeiter der Augen- und Poliklinik der Universität Würzburg dokumentiert (s. Tabelle 5 in Abschnitt 3.1). Die Ausgangsdiagnosen überschneiden sich zum Teil, beispielsweise beim Befund „Trauma“, mit dem Operationsgrund.

2.3 Implantierte Hinterkammerlinsen und Linsencharakteristika

Es sollen im Folgenden knapp die verschiedenen Typen der in dieser Studie zur Anwendung gekommenen künstlichen Linsen dargestellt werden.

- Am häufigsten verwendet wurden IOL der Morcher GmbH aus Stuttgart. Es wurde 49mal das Modell 66, 7mal das Modell 65 C, 2mal das Modell 65 S, einmal das Modell 33 L und einmal das Modell 67 G implantiert. Mit 60 eingesetzten Linsen machen sie 89,5% aller Pseudophakoi aus.
- Eine weitaus kleinere Gruppe stellen 4 implantierte Rayner 755 U-Linsen der Rayner Surgical GmbH aus Bamberg mit einem Anteil von 6,0% dar.
- Je 1,5% entfallen auf eine Linse vom Typ 51 N der Acritec GmbH, München, eine Linse vom Typ A 66 p der Firma Chiron Adatomed und eine Iris-3-Schlingenlinse eines unbekanntem Herstellers.

Drei Linsen (die beiden letztgenannten Modelle und eine Linse vom Typ Morcher 66) wurden aufgrund von Dislokation explantiert und, nachdem für unbeschädigt befunden, replantiert. Die genaue Verteilung der IOL-Modelle geben Tabelle 2 und Abbildung 2 wieder.

IOL-Modell	Häufigkeit	%
AcriTec 51N	1	1,5
Morcher 66 *	49	73,1
Morcher 67 G	1	1,5
Morcher Typ 33 L	1	1,5
Morcher Typ 65 C	7	10,4
Morcher Typ 65 S	2	3,0
Rayner Typ 755 U	4	6,0
Iris-3-Schlingenlinse *	1	1,5
Typ A 66p *	1	1,5
Gesamt	67	100,0

*Tabelle 2. Verteilung der Linsentypen. Mit * gekennzeichnet, sind die Modelle, die in drei Fällen wieder implantiert wurden. n = 67.*

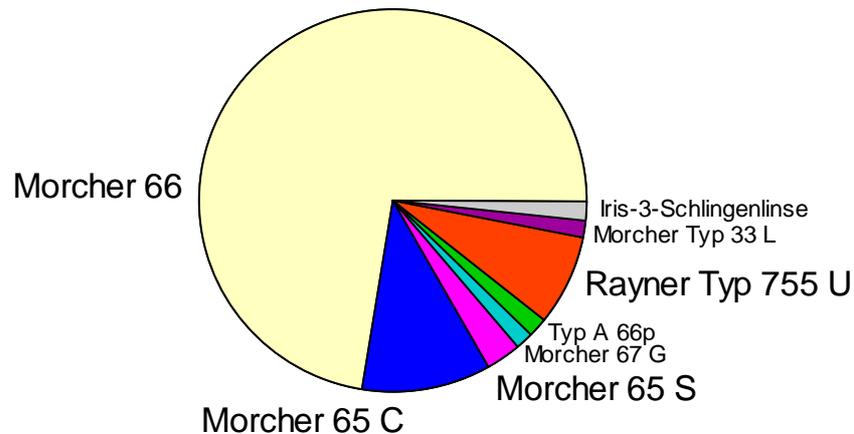


Abbildung 2. Anteile der Typen der eingenähten Hinterkammerlinsen.

Allen Fabrikaten gemeinsam war das C-förmige Haptikdesign und eine Abwinkelung der Haptiken (s. Abbildung 3), mit Ausnahme der Linse Morcher 67 G, deren Halteelemente sich in einer Ebene mit der Optik befinden. Durch ihre Abknickung sollen die Haptiken eine tiefere Hinterkammer formen und eine Iris capture (Einklemmung der Linse in der Iris) verhindern (Jacobi, 1989). Mit Ausnahme des Linsentyps A 66 p, welcher eine plankonvexe Optik hatte, waren alle Optiken bikonvex geformt. Bikonvexe Linsen haben eine geringere sphärische Aberration als plan-konvexe und konvex-plane Linsen (Reiner, 1989; Wang GJ, Pomerantzeff O, 1982).

Eine Variation stellte das Modell Morcher 67 G als eine Standard-Aniridie-IOL dar. Zum Ersatz der Iris besteht diese Kunstlinse aus zwei verschiedenfarbigen PMMA - Anteilen, einem zentralen transparenten Anteil, der die Blende formt, und einem schwarzen Anteil der diese Blende umgibt und somit die Iris bildet.

Alle Produkteigenschaften der zur Anwendung gekommenen Kunstlinsen sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

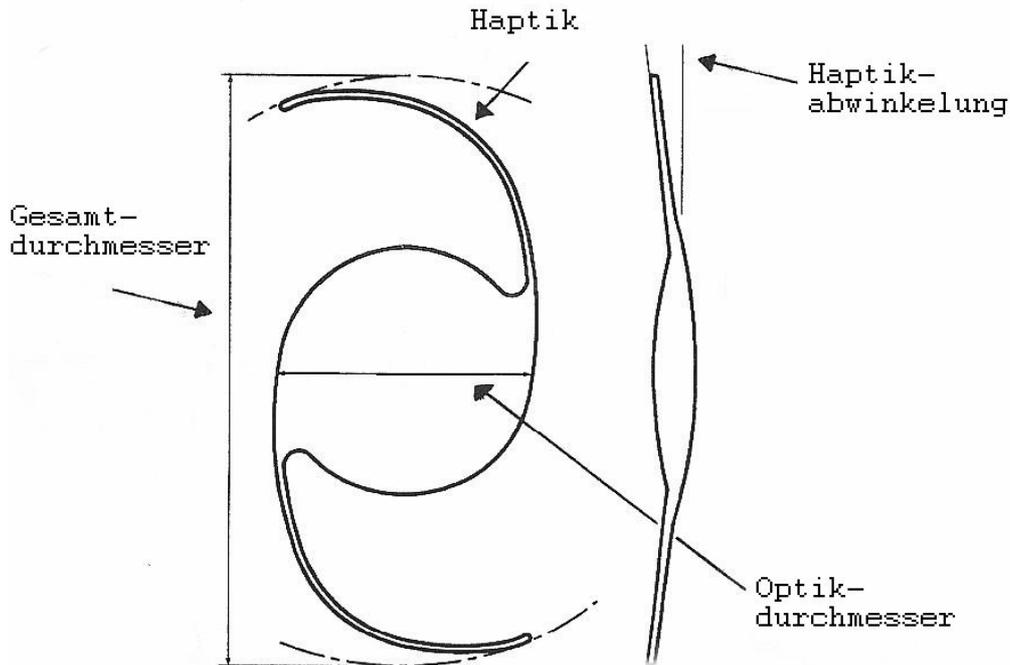


Abbildung 3. Einteilige Hinterkammerlinse aus PMMA mit C-Form-Haptik (entnommen: Implantatekatalog Teil II, Intraokularlinsen, Schneider, 2000 a).

IOL-Modell	Gesamtdurchmesser (in mm)	Optikdurchmesser (in mm)	Haptik-Angulation (in °)	Werkstoff/Eigenschaft	Anteile
AcriTec51N	13,0	7,0	5	Acrylat 25% Wasser/ faltbar	3-teilig
Morcher 66	13,0	6,5	5	PMMA / starr	1-teilig
Morcher 67 G	12,5	5,0	0	PMMA / starr	2-teilig
Morcher Typ 33 L	14,0	7,0	10	PMMA / starr	1-teilig
Morcher Typ 65 C	13,0	6,0	5	PMMA / starr	1-teilig
Morcher Typ 65 S	12,0	6,0	10	PMMA / starr	1-teilig
Rayner Typ 755 U	13,5	7,0	10	PMMA / starr	1-teilig
Chiron Adatomed A 66 p	14,0	7,0	10	PMMA / starr	3-teilig

Tabelle 3: Eigenschaften der implantierten Linsen.

Eingenäht wurden Hinterkammerlinsen mit Brechkraften zwischen 5 und 27 dpt (Dioptrien), im Mittel $20,55 \pm 4,33$ dpt. Die Dioptrienzahl der Iris-3-Schlingenlinse war unbekannt, daher wurde für diesen Teil der Auswertung $n = 64$ angenommen. Die statistische Verteilung der Dioptrienzahlen war rechtsschief (s. Abbildung 4) und damit nicht gaußverteilt. Demgemäß ist der Median niedriger als der Mittelwert, Median = 21,5 dpt (68%-CI = 16,5 – 24,5 dpt).

Den zwei Patientinnen mit beidäugiger Operation wurde in jeweils beide Augen eine Morcher-Linse Typ 66 eingesetzt. Die Linsen der einen Patientin hatten 24 dpt, die der anderen 8 und 6 dpt.

Brechkraft der eingenähten Hinterkammerlinsen

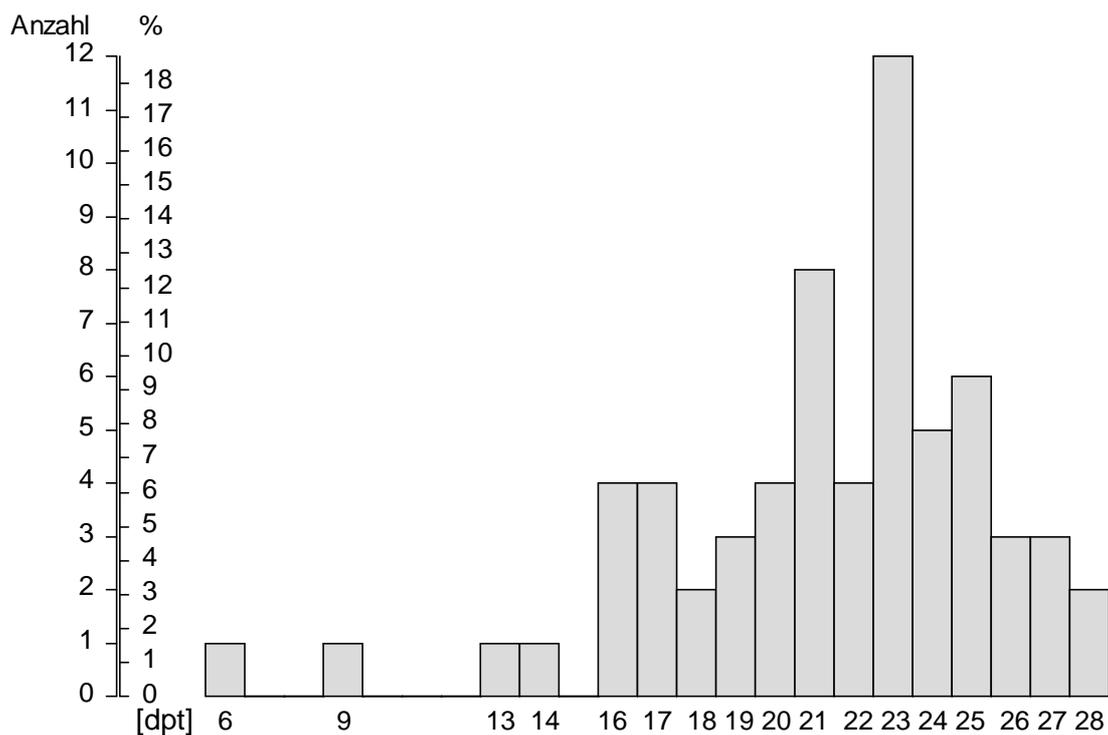


Abbildung 4. Dioptrienzahl der eingenähten Hinterkammerlinsen. Die Säulen stellen Anzahl und Prozentsatz der Patienten im angegebenen Dioptrienbereich dar. 20 = 20 dpt oder 20,5 dpt, 21 = 21 dpt oder 21,5 dpt usw., $n = 64$.

2.4 Operationsmethode

Alle Patienten wurden in Intubationsnarkose operiert. Nach Desinfektion der Lider, Einsetzen des Lidsperrers, Aufschneiden der Bindehaut am Limbus, Freilegen der Sklera und scharfem Anschlingen des musculus rectus superior wurde an 62 Augen des Patientenkollektivs eine vollständige oder ergänzende Glaskörperentfernung durchgeführt. Bei der sogenannten Pars-plana-Vitrektomie (PPV), welche 1971 von Machemer erstmals vorgestellt wurde (Machemer et al., 1971) und später von Aaberg und Machemer weiterentwickelt wurde (Aaberg, Machemer, 1972), wird der Zugang zum retrolentalen Raum über die Pars-plana des Ziliarkörpers gewählt. Über drei kleine Sklerotomien in 3,5 - 4,0 mm Abstand zum Limbus werden die Instrumente hinter der Linse in den Glaskörperraum eingeführt. Über einen Zugang wird durch stetige Infusion der Augeninnendruck stabilisiert, über den gegenüberliegenden Zugang wird ein Lichtleiter eingebracht, der für eine gute Beleuchtung während des Vorgangs sorgt. Der dritte Schnitt bietet die Möglichkeit zum Einbringen eines Saugschneidegerätes, dem Vitrektom, welches den Glaskörper zerstückelt und absaugt. Wenn notwendig kann der Operateur intraoperationem auch andere Schäden am Auge, wie Netzhautablösungen, bearbeiten (Schrader, 1997). Im Falle der vorliegenden Untersuchung wurden im Verlauf der Vitrektomie an 18 Augen Netzhautschäden behandelt (s. Tabelle 9 in Abschnitt 3.3.1). Durch die Infusion von Perfluorocarbonen in den Glaskörper-Raum kann der Operationsvorgang erleichtert werden. Das hohe spezifische Gewicht der Perfluorocarbone bringt die Netzhaut zum Anliegen. Somit wirken sie wie ein Platzhalter und verhindern ein intraoperatives Kollabieren des Glaskörpers. Bezogen auf das Patientenkollektiv der vorliegenden Studie wurde bei 33 Vitrektomien Perfluorodecalin (PFCL) eingesetzt, welches ein spezifisches Gewicht von $1,94\text{g/cm}^3$ besitzt. Perfluorocarbone können nur temporär zum Einsatz kommen und werden während des Eingriffs wieder abgesaugt, da ihre Toxizität noch nicht vollständig ausgeschlossen wurde (Burk, 1999) und ein Verbleiben von PFCL im Auge zum Auftreten eines Sekundärglaukoms führen kann. Anschließend wurde über den mit einem Diamantmesser gesetzten korneoskleralen Tunnelschnitt bei acht Augen, bei denen noch die natürliche Linse vorhanden war, diese mittels ultraschallgetriebener Linsenkernverflüssigung (Phakoemulsifikation), einer Art der extrakapsulären Kataraktextraktion, entfernt.

In der vorliegenden Studie wurden alle Hinterkammerlinsen nach der modifizierten Methode von Mittelviehhaus und Wiek kanülengeführt transskleral in den Sulcus ciliaris eingenäht (Mittelviehhaus, Wiek, 1993).

Bei der genannten Operationstechnik werden, nach Befestigung von 10-0 Prolene Schlauffennähten an den Haptiken einer noch in der geöffneten Verpackung befindlichen HKL (s. Abbildung 5), zwei 20er Kanülen in 3-Uhr- und 9-Uhr-Position von außen durch die Sklera im Bereich des Ziliarsulkus eingestochen und die Prolenenähte sodann in die Kanülen eingefädelt. Die so präparierte Hinterkammerlinse wird zunächst in die Vorderkammer eingesetzt und die Nähte durch intrasklerales Fortführen bis an die Ansätze der geraden Augenmuskeln geleitet (s. Abbildung 6). Die Nähte werden zuerst nur leicht angezogen. Sobald die Linse in der Hinterkammer im Ziliarsulkus in 3-Uhr-9-Uhr-Position in loco gebracht wurde, werden die Nähte vollständig festgezogen und vor den Ansätzen der geraden Augenmuskeln verknotet.

Die Sklerotomien aller Vitrektomien adaptierte der Operateur mit kleinen 7-0 Vicryl-Kreuzstichnähten. Im Normalfall verschließt sich ein korneskleraler Tunnelschnitt nach dem Eingriff ventilartig infolge des Augeninnendrucks, doch in der vorgestellten Studie wurden alle Inzisionen außerdem durch eine 10-0 Nylon-Kreuzstichnaht adaptiert.

Im Falle einer bereits vorhandenen, jedoch luxierten Intraokularlinse, wurde die dislozierte Linse geborgen. Dreimal wurde die geborgene Linse wieder verwendet. Zusätzlich wurden bei zwei Patienten aus gegebenem Anlaß intraoperativ Fremdkörper extrahiert.

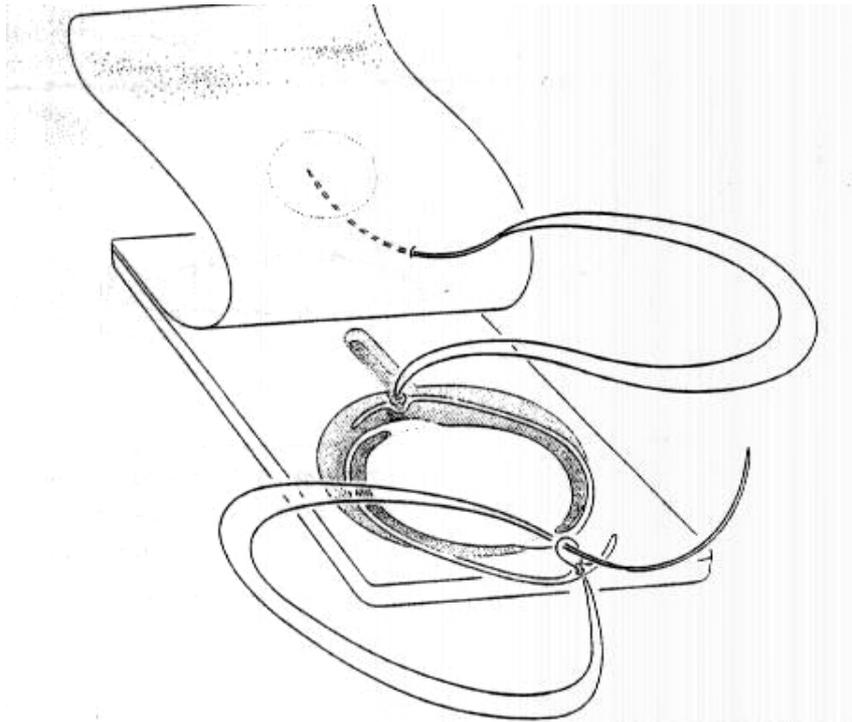


Abbildung 5. Präparation der Schlauffennähte an den Haptiken der HKL. Hinweis: In der vorgestellten Serie wurden gerade Nadeln verwendet, welche erst intraoperativ abgewinkelt wurden (entnommen: Mittelviefhaus, Wiek, 1993).

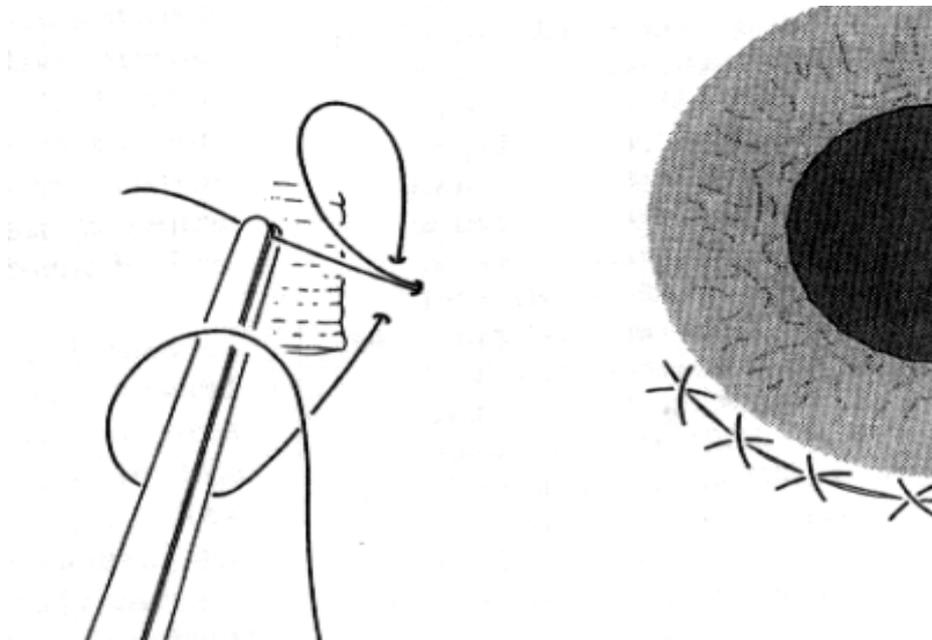


Abbildung 6. Transsklerales Fortführen der Nähte bis an die geraden Augenmuskeln (entnommen: Mittelviefhaus, Wiek, 1993).

2.5 IOL-Berechnung

Für die individuelle Zufriedenheit der Patienten nach einer Intraokularlinsen-Implantation ist die postoperative Refraktion von entscheidender Bedeutung.

Um die jeweils bestmögliche individuelle Refraktion zu erzielen, wurden präoperativ die Brechkräfte aller Kunstlinsen von einer Mitarbeiterin der Augen- und Poliklinik der Universität Würzburg berechnet. Hierzu wurden an allen Augen der Hornhautkrümmungsradius, die Achsenlänge und die Vorderkammertiefe gemessen. Die Kalkulationen wurden auf der Grundlage der Dünne-Linsen-Formel nach Haigis durchgeführt (Haigis, 1998). Vor 1998 wurde die Dicke-Linsen-Formel nach Haigis angewandt.

Zum besseren Verständnis wird die Dünne-Linsen-Formel hier nochmals aufgeführt:

$$D_L = \frac{n}{L-d} - \frac{n}{n/z-d}$$

$$\text{mit } z = D_C + \frac{\text{Re } f_x}{1 - \text{Re } f_x d_{BC}} \quad \text{und} \quad D_C = \frac{n_C - 1}{R_C}$$

D_L : Brechwert der IOL

D_C : Hornhautbrechwert

R_C : Hornhautradius

n_C : (fiktiver) Hornhaut-Brechungsindex (= 1,3315)

$\text{Re } f_x$: erwünschte Refraktion

d_{BC} : Scheitelabstand zwischen Brille und Hornhaut (= 12 mm)

d : optische Vorderkammertiefe

L : Achsenlänge

n : Brechungsindex von Kammerwasser und Glaskörper (= 1,336)

2.6 Datenerhebung

Im Archiv der Augen- und Poliklinik der Universität Würzburg wurden aus den Krankenblättern der Patienten die Angaben zu Name, Alter, Geschlecht, Operationsdatum, Ausgangsdiagnose, präoperativem Visus, Ausgangsdiagnose und Visus des Partnerauges, zum Operationsvorgang, verwendeten Linsenmodell und der berechneten sphärischen Refraktion entnommen.

Die Daten wurden direkt in einen standardisierten Fragebogen (siehe Anhang) übertragen, welcher sich auf einem der Doktorandin zur Verfügung gestellten Macintosh PC befand.

Die Zeitpunkte der vier postoperativen Folgeuntersuchungen wurden wie folgt festgelegt:

- Erster Nachuntersuchungstermin nach 6 ± 2 Wochen
- Zweiter Nachuntersuchungstermin nach 24 ± 2 Wochen
- Dritter Nachuntersuchungstermin nach 52 ± 4 Wochen
- Vierter Nachuntersuchungstermin nach 3 Jahren ± 12 Wochen.

Die erste postoperative Nachuntersuchung erfragte Visus und Refraktion des operierten Auges. Bei der zweiten postoperativen Nachuntersuchung wurde der Visus des operierten Auges und der des Partnerauges gemessen. Die dritte und vierte Nachuntersuchung ermittelten sowohl den Visus des operierten Auges und den des Partnerauges, als auch die Refraktion des operierten Auges. Des Weiteren wurde bei allen Terminen untersucht, ob eine Netzhautablösung oder ein zystoides Makulaödem vorlag und ob eine weitere Operation vonnöten war.

Einige Patienten waren zu der ersten Untersuchung nach der Implantation nochmals in der Augen- und Poliklinik Würzburg erschienen, von diesen konnten daher die ersten Werte direkt dem Krankenblatt entnommen werden. Um die weiteren Werte dieser Patienten und die Werte aller anderen Patienten zu erhalten, wurde der jeweils in den Akten vermerkte nachbehandelnde Augenarzt angerufen und somit die erforderlichen Werte der vier Folgeuntersuchungen erfragt.

2.7 Statistische Auswertung

Zur Beschreibung der Ergebnisse der hier vorgestellten retrospektiven Studie wurden folgende Tests verwendet:

- Zur Beschreibung der Abhängigkeit zwischen zwei klassifizierten Variablen berechnet man gewöhnlich den Chi-Quadrat-Test nach der Maximum-Likelihood-Methode. Bei zu geringer Feldbesetzung, genauer gesagt bei zu geringen Erwartungswerten wurde bei einer 4-Felder-Tafel der exakte Chi-Quadrat-Test nach Fisher und Yates berechnet und bei größeren Tafeln der exakte Chi-Quadrat-Test nach Mehta und Patel.
- Mit dem U-Test nach Mann und Whitney wurde ein Messwert zwischen zwei Gruppen verglichen, da keine Gauß'sche Normalverteilung der Meßwerte angenommen werden kann.
- Die einfaktorielle Rangvarianzanalyse nach Kruskal und Wallis ersetzt den U-Test, wenn zwischen drei oder mehr Gruppen zu vergleichen ist.
- Der Vorzeichen-Test für verbundene Stichproben vergleicht zwei Messungen beim gleichen Individuum, wenn die Werte in groben Stufen erhoben sind, d.h. wenn einzelne Werte sehr häufig vorkommen.
- Eine einfaktorielle Rangvarianzanalyse mit Messwiederholungen nach Friedman wurde berechnet, wenn mehr als zwei Messungen pro Individuum vorlagen, die nicht gaußverteilt waren.
- Die Rangkorrelation nach Kendall beschreibt die Abhängigkeit von zwei Messwerten. Die Kendall'sche Korrelation setzt keine Gauß'sche Normalverteilung voraus und ist unempfindlich gegenüber Rangbindungen. Man kann diese Korrelation daher verwenden, wenn viele Messwerte mehrfach vorkommen.
- Zur Überprüfung auf eine Gauß'sche Normalverteilung wurde die Probitdarstellung mit den Grenzen nach Lillefors verwendet.

Um die Testergebnisse quantitativ vergleichen zu können, wurden p-Werte berechnet. Ein p-Wert $< 0,05$ wird als signifikant bezeichnet und das Ergebnis wird als wesentlich interpretiert. Die p-Werte werden wie gewohnt mit Stern-Symbolen gekennzeichnet: $p < 0,05$ mit *, $p < 0,01$ mit ** und $p < 0,001$ mit *** (Anmerkung: * = signifikant, ** = hoch signifikant, *** = höchstsignifikant).

Anmerkung: Die Bezeichnung „signifikant“ wird im statistischen Kontext verwendet, um Testergebnisse mit p-Werten unter 0,05 zu beschreiben, nicht im weiteren, gebräuchlichen Sinn synonym mit „wesentlich“.

3 Ergebnisse

Da die Akte eines Patienten nicht auffindbar war, konnten von diesem lediglich die initialen Befunde und die Angaben zur Operation, welche dem Operationsbericht entnommen wurden, in die Auswertung einfließen. Dementsprechend wurde für alle präoperativen Berechnungen, soweit nicht anders erläutert, von $n = 65$ Augen bzw. von $n = 64$ Augen ausgegangen. Bei den Berechnungen, die den postoperativen Verlauf anbelangen, wird jeweils die Anzahl der zu den betreffenden Zeitpunkten erschienenen Patienten genannt.

Von den zwei beidseits operierten Patienten wurde für die Auswertung das jeweils erstoperierte Auge herangezogen. Der Vollständigkeit halber werden dennoch an einigen Stellen die Verläufe der zweitoperierten Augen gesondert angeführt.

3.1 Operationsindikation und Ausgangsbefund

Die Einteilung in übersichtliche und sinnvolle Indikationsgruppen wird dadurch erschwert, dass die meisten Patienten, die eine transskleral eingenähte HKL erhielten, vor dem Eingriff nicht nur eine einzige Pathologie aufwiesen.

Als unmittelbare Indikation für die transsklerale Einnäherung der HKL wird ein fehlender oder insuffizienter Kapselapparat vorausgesetzt. Dieser kann aufgrund einer Krankheit, bei einem früheren operativen Eingriff, durch ein traumatisches Ereignis oder aber auch während derselben Operation beschädigt worden sein. Oft ist vor der transskleralen Sulkusnahtfixation einer HKL bereits eine andere Kunstlinse vorhanden. Auch diese kann durch ein Trauma, eine andere Operation oder idiopathisch dislozieren, wobei der Halteapparat Schaden nehmen kann. Das Patientengut dieser Studie konnte anhand solcher Implantationsgründe sieben unterschiedlichen Indikationsgruppen zugeteilt werden.

Die Hauptursache für die IOL-Implantation war eine sekundäre Dislokation einer bereits vorhandenen HKL, manchmal mit (4,6%), meist aber ohne vorhergehendes Trauma (36,9%). Der zweithäufigste Grund war eine sekundäre Implantation nach traumati-

scher Aphakie (16,9%). 7 der operierten Augen (10,8%) waren zuvor aus anderen Gründen aphak gewesen, meist nach einer früher erfolgten Kataraktextraktion ohne Linsenersatz. In einem Fall (1,5%) lag eine Ectopia lentis bei Zonulainsuffizienz vor und bei einem weiteren Patienten (1,5%) wurde erst während der Kataraktoperation aufgrund einer intraoperativen Halteapparatsschädigung der Entschluss zur transskleralen Einnähung der HKL gefasst.

Bei 18 Augen (26,6%) war eine vor kurzem erfolgte und misslungene Kataraktoperation oder IOL-Implantation, bei der der Kapselapparat der natürlichen Linse beschädigt worden war die Ursache für die HKL-Einnähung. 3 der 18 Augen (4,6%) waren nach dem ersten Eingriff aphak. 6 der 18 Augen (9,2%), bei denen die natürliche Linse noch nicht aus dem Auge extrahiert worden war, waren nach der ersten Operation noch phak. 9 der 18 Augen (13,8%) waren in der ersten Operation schon Kunstlinsen eingesetzt worden, diese konnten jedoch nicht korrekt positioniert werden oder dislozierten unmittelbar postoperativ.

In Tabelle 4 werden die Gründe der Intraokularlinsen-Implantation dargestellt.

Grund für IOL-Einnähung	Linsenbefund	n	%
HKL-Dislokation	pseudophak	24	36,9 %
HKL-Dislokation durch Trauma	pseudophak	3	4,6 %
Implantation nach traumatischer Aphakie	aphak	11	16,9 %
Implantation bei sonstiger Aphakie	aphak	7	10,8 %
normale HKL-Implantation geplant	phak	1	1,5 %
Linsen-Dislokation	phak	1	1,5 %
komplizierte Voroperation	aphak	3	4,6 %
	phak	6	9,2 %
	pseudophak	9	13,8 %

Tabelle 4. Operationsindikationen. Angegeben sind Anzahl und Prozentsatz der 65 Patienten.

In der Ausgangsdiagnose wies der Großteil der Patienten außer dem Grund der IOL-Implantation noch eine zusätzliche Begleiterkrankung am Auge oder einen in früheren Jahren erfolgten chirurgischen Eingriff am Auge auf. Dies verdeutlicht, dass es sich hierbei um ein schon vorbelastetes Patienten-Kollektiv handelte. In Tabelle 5 sind alle initialen Befunde der 65 operierten Augen zusammengefasst. Mehrfachnennungen kommen vor.

Die Befundaufnahme beinhaltete weiterhin die Feststellung des präoperativen Linsenstatus (s. Tabelle 6).

Über die Hälfte der Patienten (36 von 65 entsprechend 55,4%) waren vor dem Eingriff bereits pseudophak. 21 Patienten (32,3%) waren vor dem Eingriff linsenlos und acht Patienten hatten vor der Implantation noch ihre eigene Linse (12,3%).

Die Patienten, die präoperativ schon eine Kunstlinse getragen hatten, mussten sich der erneuten IOL-Implantation, in diesem Fall der transskleralen HKL-Einnäherung, unterziehen, da sich die bereits vorhandene Kunstlinse teils oder vollständig aus ihrer korrekten Position disloziert hatte und der Zustand des natürlichen Halteapparats keine andere Art der Kunstlinsenimplantation zuließ. Die von den Patienten zuvor getragenen und während der Operation explantierten Linsenmodelle variierten von Vorderkammer- über Iris-Clip- bis hin zu Hinterkammerlinsen.

Ausgangsdiagnose	ja/nein	Anzahl (n)	%
Diabetische Retinopathie	ja	5	7,7 %
	nein	60	92,3 %
Ablatio Retinae	ja	3	4,6 %
	nein	62	95,4 %
Glaukom	ja	4	6,2 %
	nein	61	93,8 %
PEX	ja	6	9,2 %
	nein	59	90,8 %
Altersgeb. Makuladegeneration	ja	5	7,7 %
	nein	60	92,3 %
Cystoides Makulaödem	ja	3	4,6 %
	nein	62	95,4 %
Contusio bulbi	ja	6	9,2 %
	nein	59	90,8 %
Frühere Augenoperation/en	ja	25	38,5 %
	nein	40	61,5 %
nicht-traumatische zusätzliche Sehbehinderung	ja	47	72,3 %
	nein	18	27,7 %
Glaskörperblutung	ja	10	15,4 %
	nein	55	84,6 %
Komplikationen bei Voroperation	ja	18	27,7 %
	nein	47	72,3 %
Trauma	nein	51	78,5 %
	ja	11	16,9 %
	ja, Ursache für IOL-Luxation	3	4,6 %

Tabelle 5. Befunde des operierten Auges außer der Operationsindikation. Anzahl und Prozentsatz der Patienten. Altersgeb. Makuladegeneration = Altersgebundene Makuladegeneration. n = 65.

Linsenstatus	n	%
Pseudophak	36	55,4 %
Aphak	21	32,3 %
Phak	8	12,3 %

Tabelle 6. Präoperativer Linsenzustand. n = 65.

Bei der Auswertung der Resultate ergaben sich darüberhinaus zwei statistisch signifikante Zusammenhänge.

- Die 14 Patienten, die in der Vorgeschichte ein Trauma hatten, waren signifikant jünger, im Mittel $50,3 \pm 18,1$ Jahre, als die Patienten ohne ein Trauma. Diese waren im Schnitt $68,9 \pm 15,3$ Jahre alt ($p = 0,00043^{***}$ im U-Test nach Mann und Whitney).

- Weiterhin war signifikant, dass die weiblichen Patienten viel seltener schon einmal am Auge operiert worden waren, lediglich 6 von 26 (23,1%), während 19 von den 39 männlichen Patienten (48,7%) bereits eine Augenoperation in der Anamnese aufwiesen ($p = 0,034^*$ im Chi-Quadrat-Test).

Von den beiden Patienten mit beidäugiger Operation war der eine präoperativ auf beiden Augen pseudophak. Die erste künstliche Linse dislozierte nach einer Contusio bulbi, später dislozierte auch die IOL des anderen Auges. Bei dem anderen Patienten mit beidäugiger Operation waren an beiden Augen die natürlichen Linsen ohne traumatische Ursache aufgrund einer Halteapparatschwäche bei Marfan-Syndrom mit zusätzlicher Cataracta provecta disloziert.

3.2 Visus bei Indikationsstellung

Der mittlere Visus des Auges, welches eine Hinterkammerlinse erhalten sollte, betrug bei Indikationsstellung $0,27 \pm 0,31$. Der niedrigste Wert lag bei 0,001, der höchste bei 1,25. Der häufigste Visus des operierten Auges war schlechter 0,05. Daher war auch der Median des operierten Auges mit 0,2 niedriger als der Mittelwert (68%-CI = 0,010 bis 0,600).

Der mittlere Visus des Partnerauges betrug bei Indikationsstellung $0,72 \pm 0,33$. Er bewegte sich wie beim operierten Auge zwischen 0,001 und 1,25. Der häufigste Visus des Partnerauges betrug 1. Der Median des Partnerauges lag bei 0,8 (68%-CI = 0,4 bis 1) (s. Abbildung 7).

Betrachtet man jedes Geschlecht für sich, so betrug der präoperative Visus des operierten Auges bei den Männern im Durchschnitt $0,27 \pm 0,3$ und bei den Frauen $0,26 \pm 0,3$. Bei der statistischen Auswertung zeigte sich zudem, dass der Ausgangsvisus des Partnerauges sowohl bei den männlichen als auch bei den älteren Patienten signifikant besser war ($p = 0,00007^{***}$) (s. Tabelle 7 im Anhang).

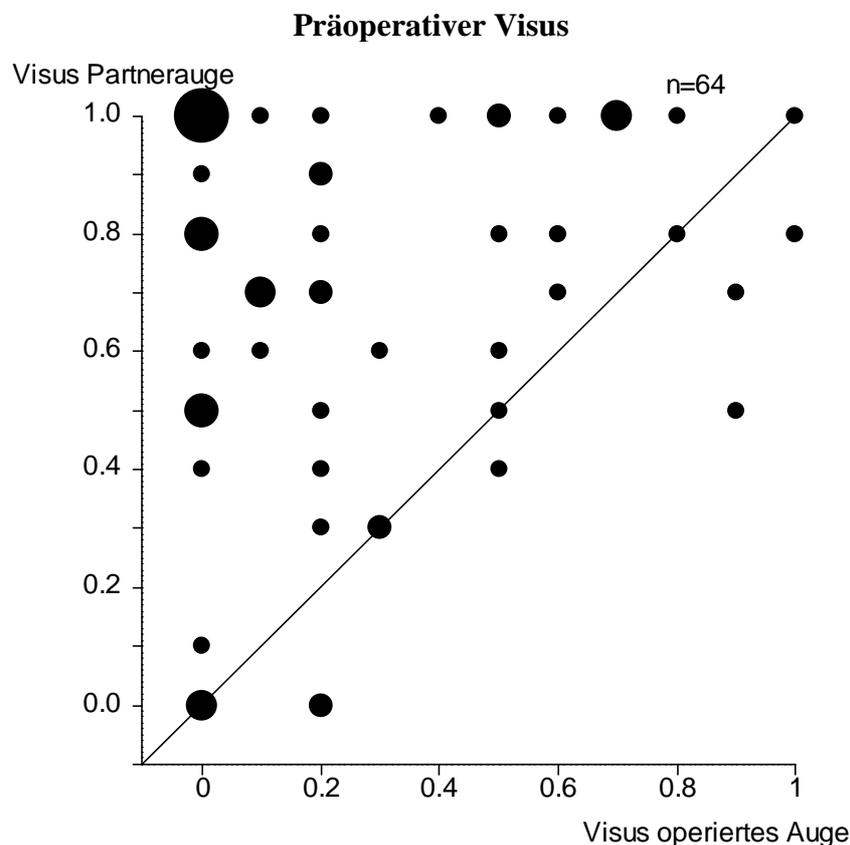


Abbildung 7. Präoperativer Visus des operierten und des Partnerauges. Die Flächen der Kreise stellen die Anzahl der Patienten in den Visusgruppen dar. Die Werte unter 0,1 und über 1,0 sind gerundet: 0 umfasst 0,0005 bis 0,05, 0,1 umfasst 0,08 bis 0,1, und 1 fasst 1 bis 1,25 zusammen. Aufgrund des Aktenverlustes eines Patienten ist die Anzahl $n = 64$. Die schräge Linie ist die Linie gleicher Werte. Alle Punkte rechts unterhalb der schrägen Linie gehören zu Patienten, bei denen der Visus des operierten Auges besser als der des Partnerauges war.

3.2.1 Befund und präoperativer Visus

Der präoperative Visus war bei solchen Augen schlechter, die im Ausgangsbefund eine diabetische Retinopathie, eine Ablatio retinae, einen pathologischen Befund der Makula (altersgebundene Makuladegeneration oder zystoides Makulaödem), eine Glaskörperblutung, eine komplikationsbehaftete Voroperation oder eine andere Sehbehinderung aufwiesen. Eine statistische Signifikanz zeigt dieser Visusunterschied jedoch nur bei den Ausgangsdiagnosen „diabetische Retinopathie“ ($p = 0,045^*$), „pathologischer Befund der Makula“ ($p = 0,03^*$) und „Glaskörperblutung“ ($p = 0,041^*$).

Wenn man zudem die Patienten getrennt beobachtet, die vor der Operation aphak und phak waren, dann war der Visus der 8 phaken Patienten präoperativ viel niedriger, $0,113 \pm 0,170$, als der der Patienten ohne oder mit einer künstlichen Linse. Dies ist aber nicht statistisch signifikant ($p = 0,35$ in der Rangvarianzanalyse nach Kruskal und Wallis).

Es scheint zudem, dass die Anamnese und der Befund des operierten Auges eher die Sehkraft des Partnerauges beeinflussten, als die des operierten Auges. Es sollen an dieser Stelle knapp die statistischen Signifikanzen, die im Bezug auf den Ausgangsvisus der Partneraugen auffielen, genannt werden:

- Bei einer diabetischen Retinopathie ($p = 0,0055^{**}$), bei einer Glaskörperblutung ($p = 0,014^*$), bei vorangegangener komplizierter Operation ($p = 0,0014^{**}$) und bei zusätzlicher Sehbehinderung des operierten Auges ($p = 0,015^*$) war der Ausgangsvisus des Partnerauges signifikant schlechter als der Visus der Partneraugen der übrigen Patienten.

- Hingegen war bei Patienten, die einen pathologischen Befund der Makula aufwiesen ($p = 0,00026^{***}$), sich im Z.n. (Zustand nach) Contusio bulbi ($p = 0,021^*$) befanden, die bereits voroperiert waren ($p = 0,041^*$) oder bei denen ein Trauma vorausgegangen war ($p = 0,0014^{**}$) der präoperative Visus des Partnerauges signifikant besser als bei den übrigen Patienten.

Die Zusammenhänge zwischen Ausgangsbefund und präoperativem Visus von operiertem Auge und Partnerauge stellt die Tabelle 8 (im Anhang) dar.

3.3 Operation

3.3.1 Zusätzliche operative Maßnahmen

Der Ausgangsbefund erforderte in den meisten Fällen noch weitere operative Maßnahmen während der Hinterkammerlinseneinnähung um ektopische natürliche Linsen, dislozierte Kunstlinsen oder Fremdkörper zu entfernen sowie zur Behandlung vorhandener Netzhautschäden. Hierbei kamen ebenfalls Mehrfachnennungen vor (s. Tabelle 9).

- Eine Netzhautbehandlung musste bei 17 Patienten (26,1%) während der HKL-Einnähung erfolgen. Im Detail handelte es sich hierbei um die Maßnahmen „Netzhautpeeling“, „Laser- oder Kryokoagulation“, „Cerclage“, „Retinotomie“ oder „Entfernung einer Neovaskularisationsmembran“.

- Eine Pars-plana-Vitrektomie wurde in 60 von 65 Fällen (92,3%) durchgeführt, davon 32mal (49,2%) mit Einsatz von Perfluorodecalin. Bei den fünf Patienten (7,7%), bei denen der Glaskörper nicht entfernt wurde, war dies schon zu einem anderen Zeitpunkt erfolgt.

- Ein Fremdkörper musste zweimal (3,1%) während des Eingriffs entfernt werden. Die beiden Patienten, bei denen ein Fremdkörper entfernt wurde, waren 9 und 46 Jahre alt, im Schnitt $27,9 \pm 25,7$ Jahre. Sie waren damit, statistisch gesehen, signifikant jünger als die Patienten ohne einen Fremdkörper im Auge, denn diese waren im Mittel $66,1 \pm 16,2$ Jahre alt ($p = 0,027^*$ im U-Test nach Mann und Whitney). Auch war ihr Ausgangsvisus mit $0,002 \pm 0,00$ signifikant niedriger als der der übrigen Patienten. Diese hatten im Mittel einen präoperativen Visus von $0,26 \pm 0,305$ ($p = 0,015^*$).

Operative Behandlung	ja/nein	Augenzahl n=67		Patientenzahl n=65	
		Anzahl	%	Anzahl	%
Netzhautbehandlung	ja	18	26,9 %	17	26,1 %
	nein	49	73,1 %	48	73,9 %
PPV	nein	5	17,5 %	5	7,7 %
	ja	28	41,8 %	28	43,1 %
	mit PFCL	34	50,7 %	32	49,2 %
FK-Entfernung	ja	2	3 %	2	3,1 %
	nein	65	97 %	63	96,9 %

Tabelle 9. Operative Maßnahmen, die zusätzlich zur Einnähung der HKL durchgeführt wurden. Anzahl und Prozentsatz der Augen (n = 67) und der Patienten (n = 65). FK-Entfernung = Fremdkörperentfernung. PFCL = Perfluordecalin. Kursive Zahlen = hier weicht die Anzahl der Augen von der Anzahl der Patienten ab.

Gemäß den individuellen Ausgangsdiagnosen waren die weiteren operativen Maßnahmen bei den Patienten unterschiedlich kombiniert. Tabelle 10 gibt alle vorgekommenen Kombinationen der zusätzlich notwendigen Handlungen während der HKL-Einnähung wieder.

- Am häufigsten war die Hinterkammerlinseneinnähung in Verbindung mit einer Vitrektomie, dies war bei 43 Patienten (66,2%) der Fall.
- Am zweithäufigsten, bei 15 Patienten (23,1%), kam neben der Hinterkammerlinseneinnähung eine Vitrektomie in Kombination mit einer Netzhautbehandlung vor.
- Die drittgrößte Gruppe bildeten 4 Patienten (6,2%), die die Hinterkammerlinse ohne jede weitere Maßnahme implantiert bekamen.
- Ein Patient (1,5%) hatte außer der Hinterkammerlinseneinnähung nur eine Netzhautbehandlung.
- Bei einem weiteren Patienten (1,5%) wurde neben der Hinterkammerlinseneinnähung eine Vitrektomie in Kombination mit einer Fremdkörperentfernung durchgeführt.

- Drei zusätzliche Maßnahmen erfolgten bei einem Patienten (1,5%), bei welchem in Kombination mit der HKL-Einnähung eine Vitrektomie, eine Fremdkörperentfernung und eine Netzhautbehandlung durchgeführt wurden.

Bei den zwei Patienten mit beidäugiger Operation wurde bei einem an beiden Augen eine Netzhautbehandlung vollzogen sowie bei beiden an beiden Augen eine Vitrektomie vorgenommen.

Netzhautbehandlung	FK-Entfernung	PPV	n = 65	%
-	-	+	43	66,2 %
+	-	+	15	23,1 %
-	-	-	4	6,2 %
+	-	-	1	1,5 %
-	+	+	1	1,5 %
+	+	+	1	1,5 %

Tabelle 10. Konfiguration der neben der HKL-Einnähung durchgeführten Maßnahmen. „+“ = ja, „-“ = nein. FK-Entfernung = Fremdkörperentfernung. Anzahl und Prozentsatz der Patienten. n = 65.

3.3.2 Operationsdauer

Die Operationsdauer wurde den Operationsbüchern entnommen. Sie war definiert als die Zeit zwischen der Einfahrt und der Ausfahrt des Patienten aus dem Operationssaal. Der gesamte Eingriff dauerte bei den 65 Patienten im Mittel $70,4 \pm 18,0$ Minuten. Die kürzeste Zeit betrug 38 Minuten, die längste 136 Minuten.

Wie man in Abbildung 8 erkennt, war die Operationsdauer nicht gaußverteilt, deswegen sei hier des Weiteren der Median angegeben. Die Hälfte der Patienten wurde in 65 Minuten oder kürzerer Zeit operiert (Median = 65) mit einem 68%-CI von 56,2 bis 85,0 Minuten.

Bei drei Patienten dauerte die Operation mit einer mehr als 100-minütigen Eingriffszeit außerordentlich lange. Die Einzelheiten sollen daher nachfolgend geschildert werden:

- Der erste dieser drei Patienten, mit einer Operationszeit von 113 Minuten, hatte vor der HKL-Implantation eine Ectopia lentis sowie eine ältere Ablatio retinae. Es musste in diesem Fall eine Glaskörperentfernung und eine Endophakoemulsifikation zur Entfernung der ektopischen Linse vorgenommen werden. Ferner erforderte die Rehabilitation der Netzhaut eine Cerclage, ein Netzhautpeeling, eine Retinotomie und eine Endolaserkoagulation.

- Der zweite Patient, bei dem der Eingriff 130 Minuten dauerte, hatte eine perforierende Augenverletzung infolge einer Patronenhülsenexplosion mit Beteiligung von Hornhaut, Iris und Linse erlitten. Ein 4 mal 4 mm großer kupferhaltiger Fremdkörper befand sich noch im Glaskörperraum und war verantwortlich für eine beginnende Chalkosis (Ablagerung von Kupferionen um die Fovea). Die Linse wurde mittels Phakoemulsifikation entfernt, der Fremdkörper extrahiert und sodann die Verletzungen der Hornhaut mit Hornhautnähten adaptiert.

- Der dritte Patient mit einer sehr langen Operationsdauer von insgesamt 136 Minuten hatte eine subluxierte HKL bei einem Hinterkapseldefekt. Die Hinterkammerlinse sowie einige periphere Linsenrindenreste mussten zunächst extrahiert werden, bevor eine neue HKL in den Ziliarsulkus eingenäht werden konnte. Diese ließ sich beim ersten Versuch jedoch nicht exakt positionieren, sodass der Operateur ihre Lage nochmals korrigieren musste, was die Eingriffsdauer verlängerte.

Bei den an beiden Augen operierten Patienten betrug die Operationszeit bei dem einen 65 und 70 Minuten, bei dem anderen 98 und 69 Minuten. Wenn man das jeweils zweitoperierte Auge dieser beiden Patienten in die Berechnung des Mittelwertes aller Augenoperationen miteinbezieht ($n = 67$), erhält man mit einer mittleren Operationszeit von $70,4 \pm 17,8$ Minuten kein wesentlich anderes Ergebnis als bei 65 ausgewerteten Individuen.

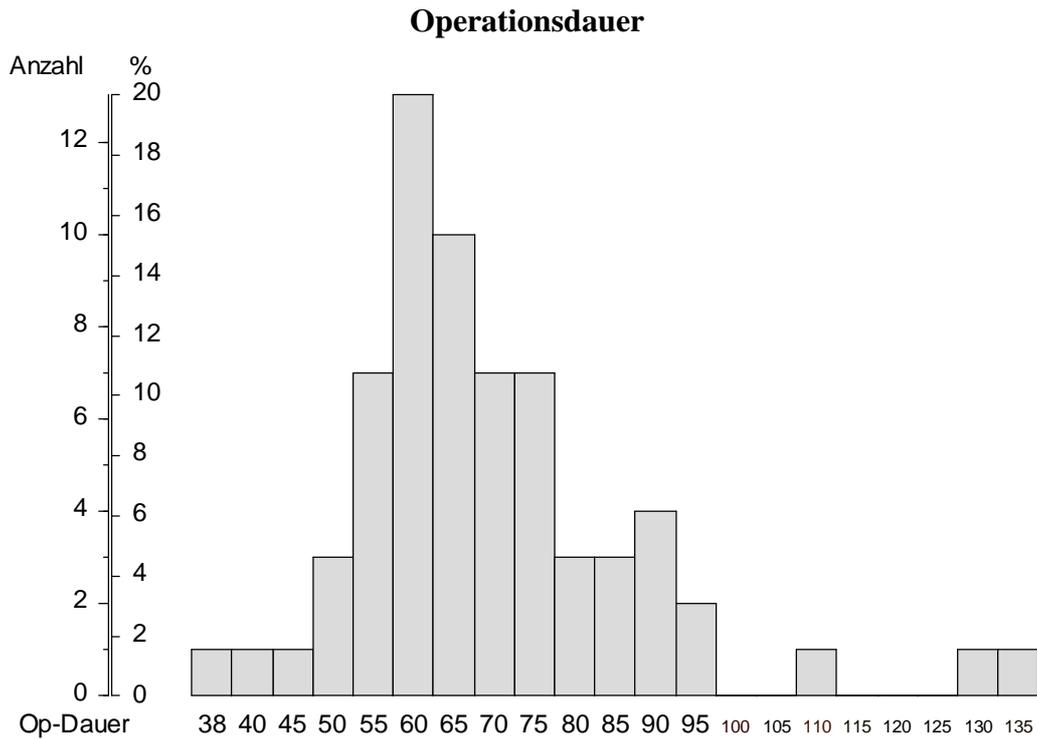


Abbildung 8. Operationsdauer in Minuten. Die Säulen stellen Anzahl und Prozentsatz der Patienten im angegebenen Zeitbereich dar. 38 = 38-39 Minuten, 40 = 40-44 Minuten usw.

3.3.3 Operationsdauer und zusätzliche intraoperative Maßnahmen

Alle zusätzlichen intraoperativen Maßnahmen wie Netzhautbehandlung, Fremdkörperextraktion und Pars-plana-Vitrektomie verlängerten die Operationsdauer der HKL-Einnähung signifikant.

Die Operationen bei denen eine Pars-plana-Vitrektomie erfolgte, dauerten im Schnitt $71,5 \pm 18,4$ Minuten. Wurde während der HKL-Einnähung eine Netzhautbehandlung durchgeführt, benötigte der Eingriff durchschnittlich $82,5 \pm 13,7$ Minuten. Die HKL-Implantationen mit Fremdkörperextraktion dauerten im Mittel $114,5 \pm 21,9$ Minuten (s. Tabelle 11).

Es muss hinzugefügt werden, dass bei dieser Art der Berechnung angenommen wird, dass pro Eingriff lediglich eine der genannten Maßnahmen durchgeführt wurde. Dies schränkt die Aussagekraft der Zahlen ein.

Zusatzmaßnahme	ja/nein	n	Op-Dauer		
			MW	ST	p
PPV	ja	60	71,5	18,4	0,0056****
	nein	5	57,2	2,6	
Netzhautbehandlung	ja	17	82,5	13,7	0,00002****
	nein	48	66,2	17,6	
Fremdkörperentfernung	ja	2	114,5	21,9	0,012*
	nein	63	69	16,2	

Tabelle 11. Operationsdauer und Zusatzmaßnahmen. MW = Mittelwert, ST = Standardabweichung (p aus dem U-Test nach Mann und Whitney). n = 65 Patienten.

Mit Hilfe einer multiplen linearen Regression kann darüberhinaus die Zeitspanne errechnet werden, die allein durch die Implantation der Kunstlinse in Anspruch genommen wurde. Diese Methode, bei der alle Variablen (PPV, Netzhautbehandlung, Fremdkörperentfernung) gleichzeitig berücksichtigt werden, kalkuliert für die reine HKL-Einnähung eine Dauer von 54,5 Minuten.

Ergänzend sollen hier noch einige signifikante Gegebenheiten, welche bei den Berechnungen zu Tage traten, aufgelistet werden.

- Die Operationszeit war bei den älteren Patienten signifikant kürzer als bei den jüngeren. Diese Aussage, die mit Hilfe der Kendall'schen Rangkorrelation errechnet wurde ($\tau = -0,19$, $p = 0,023^*$), ist im kontinuierlichen Sinne zu sehen: „Je älter ein Patient war, umso kürzer war die Operationsdauer“.
- Signifikant verkürzt war die Eingriffsdauer auch bei Augen die früher bereits einmal operiert worden waren ($p = 0,034^*$).
- Bei den Augen, die vor dem Eingriff phak waren ($p = 0,001^{**}$) und den Augen, die eine Netzhautablösung ($p = 0,029^*$) hatten, konnte eine statistisch signifikante Verlängerung der Operationsdauer festgestellt werden (s. Tabelle 12 im Anhang).

3.4 Nachbeobachtungszeit

Die Nachbeobachtungszeit aller Patienten lag zwischen 0 und 3,4 Jahren, im Mittel bei 1,8 Jahren (= 20 Monaten) \pm 1,3 Jahren. Da keine Gaußverteilung vorlag, soll an dieser Stelle noch ausdrücklich der Median angegeben werden, welcher bei 2,4 Jahren mit einem 68%-CI von 0,15 bis 3,12 Jahren lag. Die längste Nachbeobachtungsdauer betrug 3,4 Jahre.

Da bei retrospektiven Untersuchungen zum Zeitpunkt der Operation oftmals noch nicht geplant ist, dass der betreffende Patient später in ein bestimmtes Studienkollektiv aufgenommen werden soll, können die Zeitpunkte, zu denen die Patienten wirklich beim Augenarzt zur Nachuntersuchung erschienen, erheblich von dem im Nachhinein festgelegten Wunschdatum der Folgeuntersuchung abweichen. Das erklärt, dass der 6-Wochen-Termin zwischen 3,1 und 18,6 Wochen, der 24-Wochen-Termin zwischen 13,5 und 37,5 Wochen, der 52-Wochen-Termin zwischen 40,6 und 71,1 Wochen (= 1,4 Jahren) und der 3-Jahres-Termin schließlich zwischen 2,4 und 3,4 Jahren postoperativ stattfand.

Auch waren nicht alle Patienten bei jeder der Folgeuntersuchungen anwesend. Nach 6 Wochen erschienen 59 Patienten, nach 24 und nach 52 Wochen waren es jeweils 44 Patienten und nach 3 Jahren kamen noch 33 Patienten zu einer Nachuntersuchung. Abbildung 9 zeigt, wie viele Patienten zu den einzelnen Terminen kamen.

Abbildung 10 veranschaulicht zu welchem Zeitpunkt wie viele Patienten zum letzten Mal an einer augenärztlichen Folgeuntersuchung teilnahmen.

Die Patientinnen erschienen über einen größeren Zeitraum zu den Nachuntersuchungen und konnten so im Schnitt $2,2 \pm 1,3$ Jahre nachbeobachtet werden. Dies war deutlich länger als bei den männlichen Patienten, denn jene erschienen im Mittel nur bis $1,6 \pm 1,2$ Jahre zur Nachbeobachtung ($p = 0,031^*$ im U-Test nach Mann und Whitney).

Patientenanzahl zu den einzelnen Folgeuntersuchungen

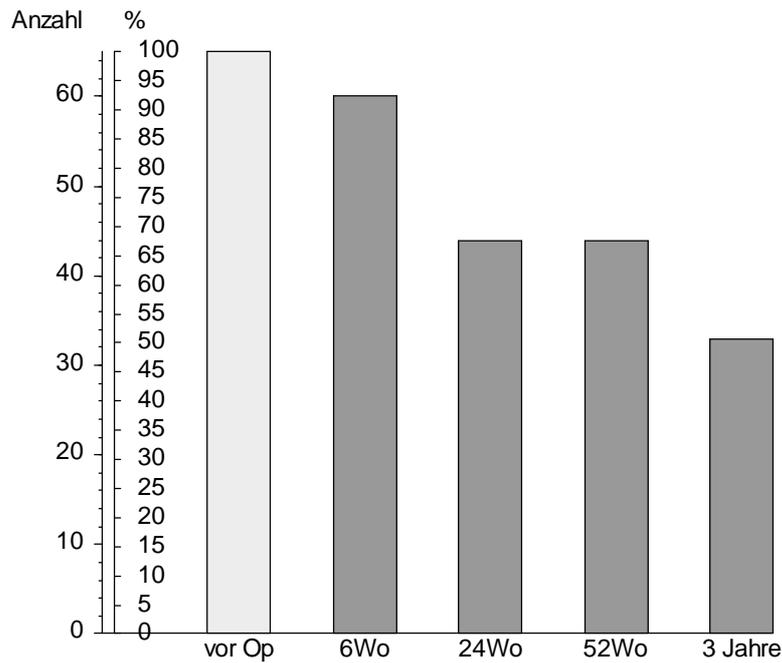


Abbildung 9. Anzahl und Prozentsatz der Patienten, die den jeweiligen Untersuchungs-termin wahrnahmen. Wo = Wochen.

Nachbeobachtungszeit

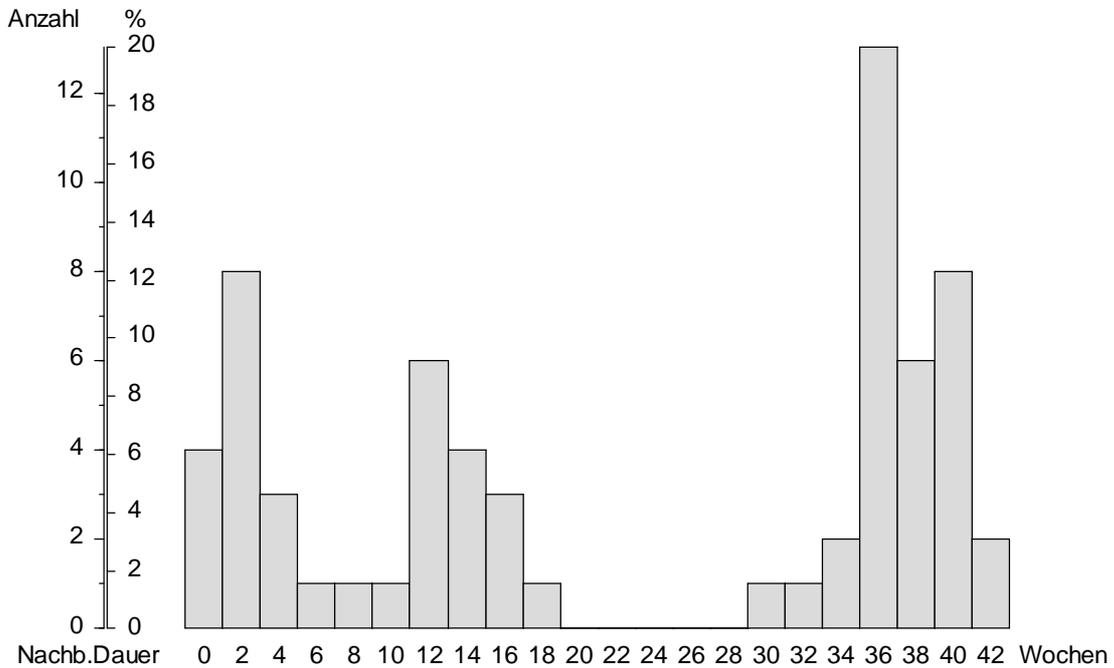


Abbildung 10. Nachbeobachtungsdauer. Die Säulen geben Anzahl und Prozentsatz der Patienten an, die zu dem angegebenen Zeitpunkt das letzte Mal zur Nachuntersuchung erschienen. 0 = 0 Wochen, 2 = 1 Tag bis 2 Wochen, 4 = 15 Tage bis 4 Wochen usw.

3.5 Verlauf der Refraktion

3.5.1 Berechnete Refraktion

Die berechnete Refraktion der implantierten Intraokularlinsen lag im Mittel bei -1,2 dpt (-6 dpt bis +2,3 dpt). Am häufigsten implantiert wurden 11mal eine Linse mit einer berechneten Refraktion von -0,4 dpt und 8mal eine Linse mit -0,3 dpt.

20% der Werte der angestrebten postoperativen Refraktion lagen unter -2 dpt, weitere 20% zwischen -2 und -0,7 dpt, 45% lagen im Bereich zwischen -0,6 und -0,3 dpt, 10% zwischen -0,2 und 0 dpt. Nur bei 5% der eingenähten Linsen war die postoperativ zu erzielende Refraktion positiv (hyperop) (s.Abbildung 11).

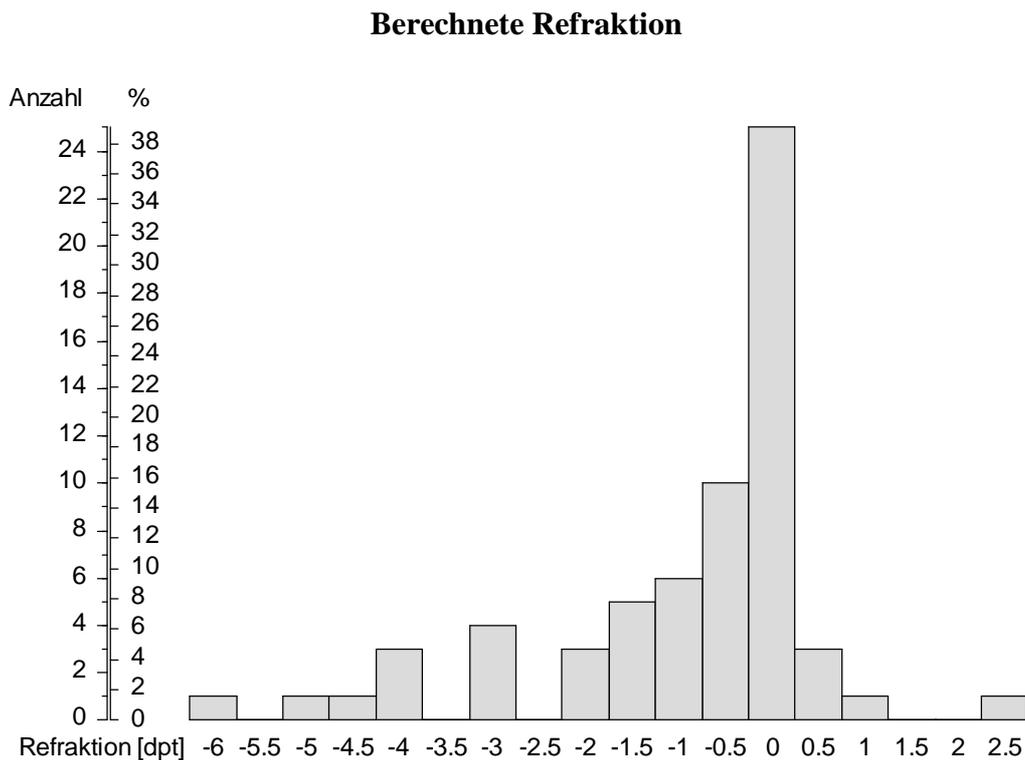


Abbildung 11. Berechnete Refraktion (dpt) bei $n = 65$ Patienten. Die Säulen stellen Anzahl und Prozentsatz der Patienten mit den genannten Refraktionen dar. -5,5 = -5,9 bis -5,5 dpt, -5 = -5,4 bis -5 dpt usw., 0 = -0,4 bis 0 dpt.

3.5.2 Abweichung zwischen errechneter und gemessener Refraktion

Die Messungen der postoperativ erzielten Refraktion fanden 6 Wochen, 52 Wochen und drei Jahre nach der HKL-Einnähung statt. Bei der Folgeuntersuchung nach 6 Wochen konnte bei 7 der insgesamt 59 erschienenen Patienten keine Refraktion ermittelt werden, nach 52 Wochen konnte bei 10 der 44 untersuchten Patienten keine Messung erfolgen und nach 3 Jahren war bei 8 der 33 Patienten keine Refraktion messbar.

Der Betrag der Abweichung der postoperativ gemessenen Refraktion von der berechneten Refraktion hatte eine Spanne von 0 dpt bis 5,3 dpt. Im Folgenden wird beschrieben, wie sich die Refraktionsabweichung bei den einzelnen Untersuchungen verhielt und welcher Prozentsatz der Patienten sich innerhalb einer Abweichung von ± 1 dpt, ± 2 dpt und ± 3 dpt befand.

- Nach 6 Wochen lag die Refraktionsabweichung im Mittel bei $1,71 \pm 1,2$ dpt. Innerhalb einer Abweichungsbreite von ± 3 dpt bewegten sich 88,46% der Messungen zu diesem Zeitpunkt. 61,54% der Patienten hatten eine Abweichung innerhalb von ± 2 dpt und 44,2% der Patienten hatten eine Abweichung innerhalb ± 1 dpt.

- Nach 52 Wochen betrug die Refraktionsabweichung im Mittel $1,73 \pm 1,2$ dpt. Bis zu ± 3 dpt Abweichung hatten 79,41% der gemessenen Patienten, 61,76% hatten eine Refraktionsabweichung innerhalb von ± 2 dpt, 29,41% der Patienten hatten eine Abweichung innerhalb ± 1 dpt.

- Nach 3 Jahren lag die Refraktionsabweichung im Mittel bei $1,82 \pm 1,3$ dpt. Bis zu ± 3 dpt Abweichung hatten 80 % der Patienten, 60% hatten eine Abweichung innerhalb ± 2 dpt und 36% der Patienten hatten eine Abweichung innerhalb ± 1 dpt.

Diese Ergebnisse sowie Abbildung 12 und Tabelle 13 geben eine während der Dauer der Nachbeobachtung leicht steigende Refraktionsabweichung zu erkennen, wobei die Veränderung des absoluten Betrages der Abweichungswerte während der Beobachtungszeit keinen signifikanten Schwankungen unterlag ($p = 0,48$ in der Rangvarianzanalyse nach Friedman).

Betrag der Refraktionsabweichung

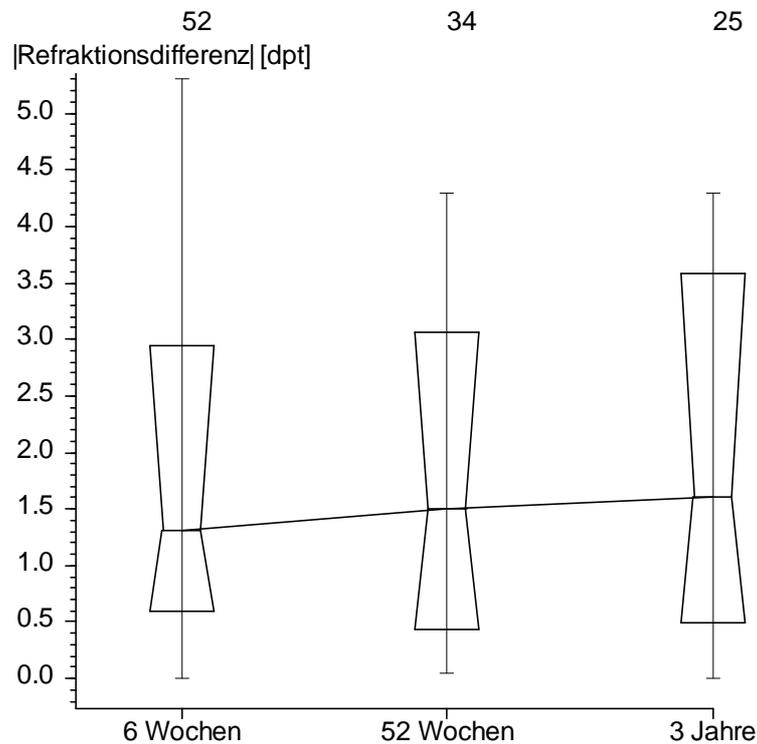


Abbildung 12. Absolutbetrag der Abweichung der gemessenen von der berechneten Refraktion. Das Zeichen „|“ bedeutet Betrag. Boxplot, wobei die Boxen den Median mit dem 68%-Bereich des Medians darstellen. Zusätzlich angezeigt wird die Spanne der Werte. Über den Boxen steht die Anzahl der jeweils gemessenen Werte.

Zeitpunkt	n	MW	ST	Median	68%-CI		Min	Max
6 Wochen	52	1,71	1,2	1,313	0,605	2,948	0	5,3
1 Jahr	34	1,73	1,2	1,500	0,478	3,044	0,05	4,3
3 Jahre	25	1,82	1,3	1,600	0,546	3,529	0	4,3

Tabelle 13. Abweichungsbetrag der gemessenen von der berechneten Refraktion [dpt] an den jeweiligen Nachuntersuchungszeitpunkten, MW = Mittelwert, ST = Standardabweichung, CI = Konfidenzintervall, Min = kleinster Wert, Max = größte Abweichung.

Um eine möglicherweise bevorzugte Richtungstendenz des Vorhersageirrtums aufzuzeigen, soll im Weiteren überdies dargelegt werden, bei wie vielen Patienten die Abweichung hyperop (positiv) bzw. myop (negativ) war:

Die Messung ergab 6 Wochen nach der IOL-Einnähung bei 34 der 52 Patienten (65%) Refraktionswerte, die stärker myop als der berechnete Wert waren. Davon befanden sich 11 Patienten im Bereich von -1 dpt bis 0 dpt.

Bei 17 der 52 Patienten (33%) waren die Werte der Abweichung hyperoper als die errechnete Zielrefraktion. 10 dieser 17 Patienten befanden sich im Abweichungsbereich zwischen 0 dpt und +1 dpt. Bei einem Patienten wurde der berechnete Wert exakt erreicht (s. Abbildung 13).

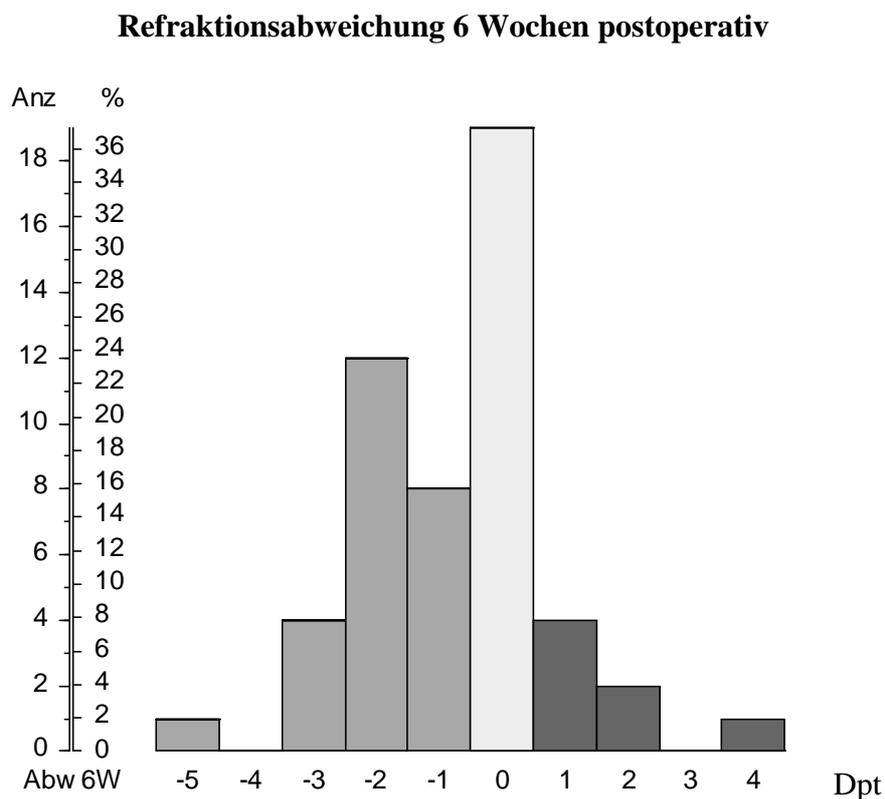


Abbildung 13. Abw 6W = Abweichung der erzielten von der berechneten Refraktion nach 6 Wochen. -3 = -3 bis -3,9 dpt, 0 = -0,9 bis 0,9 dpt, 1 = 1 bis 1,9 dpt.

Nach einem Jahr lag die Abweichung bei 25 von 34 Patienten (74%) niedriger als die errechnete Zielrefraktion. Davon befanden sich 5 Patienten im Bereich von -1 dpt bis 0 dpt.

Bei 9 der 34 Patienten (26%) war die erzielte Refraktion höher als die Vorausberechnung. 5 der 34 Patienten befanden sich im Abweichungsbereich zwischen 0 dpt und +1 dpt (s. Abbildung 14).

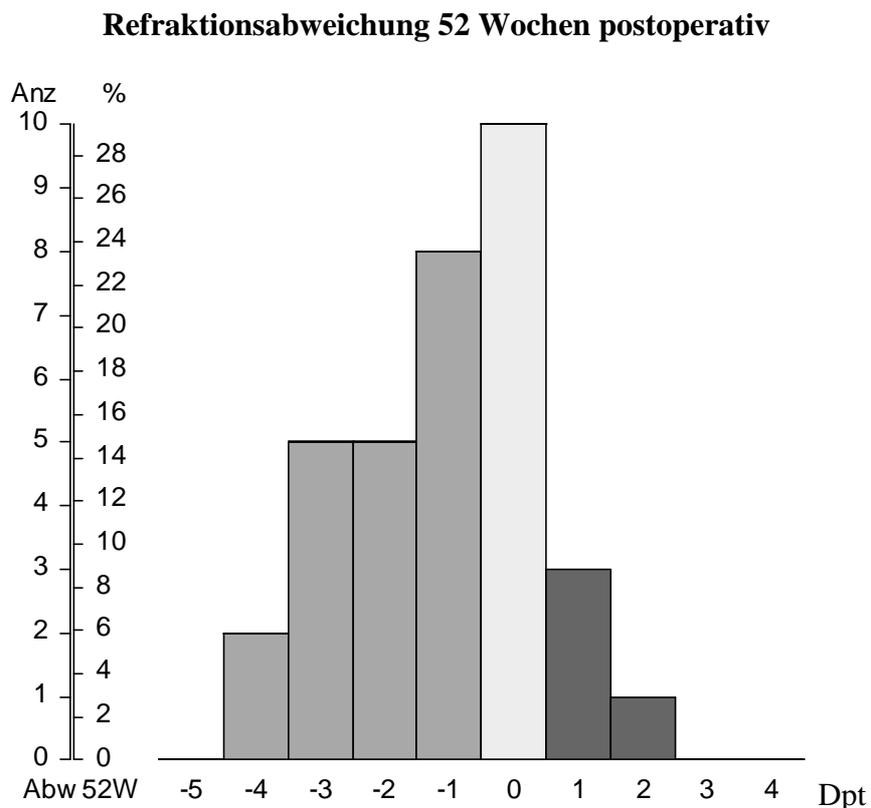


Abbildung 14. *Abw 52W = Abweichung der erzielten von der berechneten Refraktion nach 52 Wochen. -3 = -3 bis -3,9 dpt, 0 = -0,9 bis 0,9 dpt, 1 = 1 bis 1,9 dpt.*

Die Messung ergab 3 Jahre nach der IOL-Einnähung bei 18 von 25 Patienten (72%) Refraktionswerte, die stärker myop als der berechnete Wert waren. Davon befanden sich 3 Patienten im Bereich von -1 dpt bis 0 dpt.

Bei 6 der 25 Patienten (24%) waren die Werte der Abweichung positiver als die errechnete Zielrefraktion. 5 davon befanden sich im Abweichungsbereich zwischen 0 dpt und

+1 dpt. Bei einem Patienten wurde der berechnete Wert exakt erreicht (s. Abbildung 15).

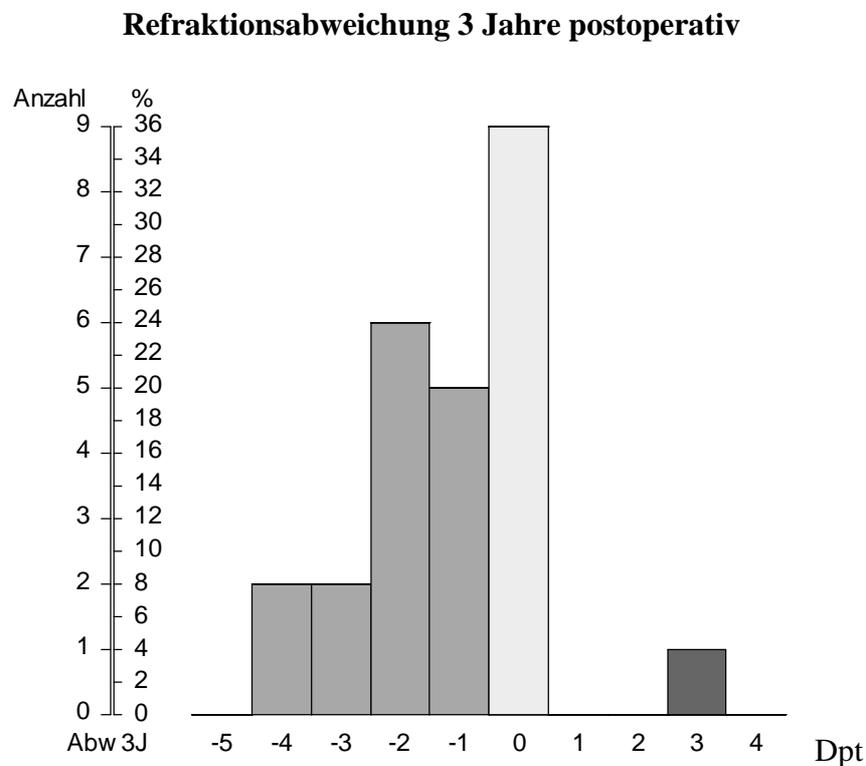


Abbildung 15. *Abw 3J = Abweichung der erzielten von der berechneten Refraktion nach 3 Jahren. -3 = -3 bis -3,9 dpt, 0 = -0,9 bis 0,9 dpt, 1 = 1 bis 1,9 dpt.*

Es ist anhand dieser Zahlen klar ersichtlich, dass die Abweichung verstärkt zum myopen Bereich hin tendierte.

Abschließend zu diesem Thema sollen noch diejenigen 12 Patienten im Detail beleuchtet werden, bei denen Abweichungen der Refraktion um mehr als 3 dpt im Verlauf der Nachuntersuchungen auftraten:

Patient Nr. 4:

Gemessene Abweichung: 6 Wo = -3,05 dpt, 52 Wo = -3,05 dpt

Alter: 71 Jahre

Ausgangsd Diagnose: In den GK-Raum luxierte HKL nach komplizierter Katarakt-Op vor 3 Monaten.

Operation: rechtes Auge (RA), PPV, Explantation einer HKL, Einnähen einer Morcher HKL (Typ 65 C) +22,5 dpt, in den Sulcus ciliaris.

Bemerkung: keine Komplikationen bekannt.

Patient Nr. 5 :

Gemessene Abweichung : 6Wo = -2,3 dpt, 3 Jahre = -3,65 dpt

Alter: 81 Jahre

Ausgangsd Diagnose: Z.n. Pseudophakieablatio, PPV, Linsenentfernung aus dem GK-Raum, Silikonöl, zusätzliche Sehbehinderung anderer Ursache.

Operation: RA, PPV mit Silikonölenentfernung, Flüssigkeits-/Luftaustausch, Lösung hinterer Synechien, Transsklerale Einnähung einer HKL (Morcher 66 S) +20,5 dpt, in den Sulcus ciliaris.

Bemerkung: Am rechten Auge befinden sich temporal der Macula einige Drusen. Nach der HKL-Implantation wurde die Patientin mehrmals an beiden Augen gelasert.

Patient Nr. 7:

Gemessene Abweichung: 6 Wo = -3 dpt, 52 Wo = -3,5 dpt, 3 Jahre = -3,5 dpt

Alter: 59 Jahre

Ausgangsd Diagnose: In den GK-Raum luxierte HKL bei Z.n. Katarakt-OP mit Kapsel-Ruptur, zusätzliche Sehbehinderung anderer Ursache.

Operation: RA, PPV, Explantation einer luxierten HKL, Reimplantation einer HKL (Typ A 66 p) +13 dpt, mit transskleraler Fixation im Sulcus ciliaris, Kryokoagulation einer peripheren NH-Laesion.

Bemerkung: Die zuvor getragene und dislozierte HKL wurde nochmals verwendet und nicht gegen eine neue ausgetauscht.

Patient Nr. 20:

Gemessene Abweichung: 6 Wo = + 4,15 dpt, 52 Wo = -1,3 dpt, 3 Jahre = -0,6 dpt

Alter: 43 Jahre

Ausgangsdiagnose: Luxation einer HKL in den GK-Raum. Zusätzliche Sehbehinderung anderer Ursache.

Operation: RA, PPV und Entfernung einer luxierten HKL, transsklerale HKL-Einnähung (Morcher Typ 66) +18,0 dpt.

Bemerkung: keine Komplikationen bekannt.

Patient Nr.26:

Gemessene Abweichung: 6 Wo = -3,2 dpt

Alter: 9 Jahre

Ausgangsdiagnose: Perforierende Augenverletzung durch explodierte Patronenhülse mit Hornhautperforation, Irisperforation, Linsenperforation und beginnender Chalkosis mit 4x4 mm kupferhaltigem Fremdkörper im GK-Raum.

Operation: linkes Auge (LA), Hornhautnähte, Phakoemulsifikation + transsklerale HKL-Einnähung (Morcher Typ 65 C) +26,5 dpt in den Sulcus ciliaris, PPV und Entfernen eines kupferhaltigen Fremdkörpers, Flüssigkeits-/ Luftaustausch.

Bemerkung: Der Patient kam lediglich zur 6-wöchigen Nachuntersuchung, der spätere Verlauf der Refraktion ist unbekannt.

Patient Nr. 34:

Gemessene Abweichung: 6 Wo = -3,55 dpt, 52 Wo = -4,05 dpt, 3 Jahre = -4,3 dpt

Alter: 72 Jahre

Ausgangsdiagnose: In den GK-Raum luxierte HKL bei Z.n.komplizierter Katarakt-OP mit in den GK-Raum luxierten Linsenkern 09/95 und sekundärer Linsenimplantation nach Pars-plana-Vitrektomie und Endophakoemulsifikation.

Operation: LA, Entfernung einer in den Glaskörperraum luxierten HKL, ergänzende PPV, transsklerale Fixation einer weiteren HKL (Typ Morcher 65 C) +23,0 dpt.

Bemerkung: keine Komplikationen bekannt.

Patient Nr. 46:

Gemessene Abweichung: 6 Wo = +5,5 dpt, 52 Wo = +2,2 dpt

Alter: 78 Jahre

Ausgangsd Diagnose: Z.n. komplizierter Katarakt-OP mit in den GK-Raum luxierter HKL. Zusätzliche Sehbehinderung anderer Ursache.

Operation: RA, PPV, Entfernen einer dislozierten HKL, Perfluordecalin, transsklerale Fixation einer neuen HKL (Typ Morcher 66) +19,5 dpt.

Bemerkung: keine Komplikationen bekannt.

Patient Nr. 48:

Gemessene Abweichung: 6 Wo = +1,6 dpt, 3 Jahre = +3,9 dpt

Alter: 76 Jahre

Ausgangsd Diagnose: Z.n. expulsiver Blutung bei versuchter ECCE 6 Monate vor HKL-Einnähung, Sekundärglaukom, Aphakie, Z.n. PPV und Blutablassung über Sklera, Silikonöl, AndolE. Zusätzliche Sehbehinderung anderer Ursache.

Operation: RA, PPV mit Silikonöl-Ablassung, Perfluordecalin, transsklerale HKL-Einnähung (Typ Morcher 66) +21,5 dpt, in 9/3h-Position, 2maliger Flüssigkeits/Luft-austausch.

Bemerkung: keine Komplikationen bekannt.

Patient Nr. 50:

Gemessene Abweichung: 52 Wo = -3,3 dpt, 3 Jahre = -2,05 dpt

Alter: 77 Jahre

Ausgangsd Diagnose: In den GK-Raum luxierte Linse.

Operation: RA, PPV, Linsenexplantation über einen Tunnelschnitt, HKL-Reimplantation (Morcher 66) +15 dpt, mit transskleraler Fixation.

Bemerkung: Die zuvor getragene und dislozierte HKL wurde wieder verwendet und nicht gegen eine neue ausgetauscht.

Patient Nr. 63:

Gemessene Abweichung: 6 Wo = -1 dpt, 52 Wo = -3,1 dpt

Alter: 73 Jahre

Ausgangsdiaagnose: Aphakie, Z.n. ECCE sine lente bei hypermaturer Katarakt, phakolytisches Glaukom, PEX, Amblyopie. Zusätzliche Sehbehinderung anderer Ursache.

Operation: RA, PPV und Sekundäre Linseneinnähung (Morcher 66) +16,5 dpt, Perfluorodecalin.

Bemerkung: keine Komplikationen bekannt.

Patient Nr. 65:

Gemessene Abweichung: 6 Wo = -5,3 dpt, 52 Wo = -4,3dpt, 3 Jahre = -4,3 dpt

Alter: 33 Jahre

Ausgangsdiaagnose: Z.n. perforierender Veletzung 1998, Z.n. PPV und Lentektomie, Z.n. Endophthalmitis, Z.n. Cerclage-OP mit PPV und Silikonöl-Tamponade, Sekundärglaukom, Z.n. Silikonöl-Entfernung. Zusätzliche Sehbehinderung anderer Ursache.

Operation: LA, sekundäre, transsklerale HKL-Einnähung (Typ Morcher 66) +22,5 dpt, Zyklorkryoagulation.

Bemerkung: 2 Monate postoperativ: Zirkuläre periphere Ablatio retinae. 3 Jahre später: Macula trocken, Foramen oberhalb der Fovea idem, Netzhaut central der Cerclage ad est, Netzhaut peripher der Cerclage abgehoben.

Patient Nr. 67:

Gemessene Abweichung: 6 Wo = -0,7 dpt, 52 Wo = -3 dpt

Alter: 54 Jahre

Ausgangsdiaagnose: Z.n. Contusio bulbi 2 Monate zuvor, mit Linsenluxation und GK-Prolaps.

Operation: LA, Pars-Plana-Lentektomie, PPV, Perfluorodecalin, transsklerale Linseneinnähung einer HKL (Typ Morcher 66) + 24,5 dpt.

Bemerkung: keine Komplikationen bekannt.

3.6 Visusverlauf

3.6.1 Visusverlauf der operierten Augen

Vor der Operation hatten 64 Augen einen Durchschnittsvisus von 0,27. 6 Wochen postoperativ betrug der durchschnittliche Visus 0,32. Demgegenüber war er bei der Nachuntersuchung nach 24 Wochen mit 0,30 etwas gesunken. Nach 52 Wochen jedoch war der mittlere Visus wieder bis auf 0,37 angestiegen. Beim letzten Nachuntersuchungstermin nach 3 Jahren war er abermals leicht auf 0,33 gesunken (s. Tabelle 14).

Visus	n	MW	ST	Median	68%-CI		max
präoperativ	64	0,27	0,31	0,2	0,010	0,600	1,25
6 Wochen	59	0,32	0,31	0,3	0,040	0,600	1,0
24 Wochen	44	0,30	0,27	0,2	0,038	0,618	0,8
52 Wochen	44	0,37	0,32	0,3	0,030	0,800	1,2
3 Jahre	33	0,33	0,30	0,3	0,041	0,592	1,2

Tabelle 14. Visus des operierten Auges bei Indikationsstellung (= präoperativ) und 6, 24, 52 Wochen und 3 Jahre nach der Operation. MW = Mittelwert, ST = Standardabweichung, CI = Konfidenzintervall, max = größte Abweichung. Der kleinste Wert war immer 0,001.

Das Boxplot-Diagramm in Abbildung 16 veranschaulicht den Visusverlauf der operierten Augen. Der Mittelwert des Visus der operierten Augen liegt über dem Median, da die Werte nicht gaußverteilt sondern linksschief sind. Es wird daher der Visuswert mit der dritten Wurzel transformiert, was die Werte an eine Gaußverteilung annähert.

Visusverlauf

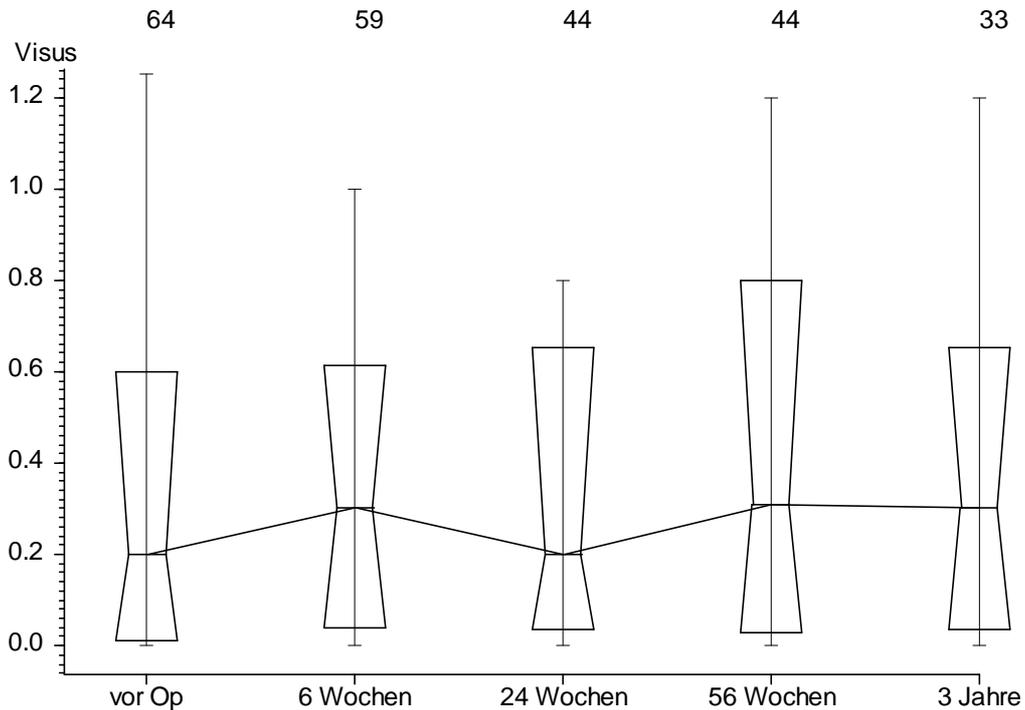


Abbildung 16. Visus vor der Operation und zu den angegebenen Zeiten nach der Operation. Boxplot, wobei die Boxen den Median mit dem 68%-Bereich des Medians darstellen. Zusätzlich wird die Spanne der Werte angezeigt. Über den Boxen steht die jeweilige Anzahl an Patienten, die zu den einzelnen Terminen erschien.

Eine genauere Vorstellung von der postoperativen Visusentwicklung bekommt man, wenn man den Anteil der Patienten darlegt, der sich zu den besagten Nachuntersuchungsterminen in der Sehleistung im Vergleich zu vor der Operation verbessert hatte, verschlechtert hatte oder gleich geblieben war (s. Tabelle 15):

- Im Vergleich mit den präoperativen Visuswerten hatten nach 6 Wochen 25 (42%) der 59 zur Nachuntersuchung gekommenen Patienten einen schlechteren Visus, 30 (51%) wiesen einen verbesserten Visus auf und bei 4 (7%) blieb der Visus unverändert.
- Nach 24 Wochen waren 20 Augen (46%) von 44 erschienenen Patienten schlechter in der Sehleistung als präoperativ, 19 Augen (43 %) besser und 5 Augen (11%) unverändert.

- Nach einem Jahr war der Visus bei 15 Augen (34%) der 44 zur Nachbeobachtung gekommenen Patienten verschlechtert, bei 24 Augen (55%) verbessert und bei 5 Augen (11%) unverändert im Vergleich mit den initialen Werten.

- Nach 3 Jahren kamen noch 33 Patienten zur Untersuchung. Bei 13 Augen (39%) fielen die Visuswerte schlechter, bei 17 Augen (52%) besser und bei 3 Augen (9%) unverändert im Vergleich zu den präoperativ ermittelten Werten aus.

NU-Zeitpunkt	n	MW	ST	p	schlechter	gleich	besser
Präoperativer Visus	59	0,267	0,283	0,36	25	4	30
Visus 6 Wochen	59	0,324	0,306				
Präoperativer Visus	44	0,277	0,287	0,93	20	5	19
Visus 24 Wochen	44	0,296	0,272				
Präoperativer Visus	44	0,284	0,295	0,12	15	5	24
Visus 52 Wochen	44	0,370	0,323				
Präoperativer Visus	33	0,263	0,296	0,38	13	3	17
Visus 3 Jahre	33	0,329	0,301				

Tabelle 15. Visusveränderung der operierten Augen im Bezug zum Ausgangsvisus. NU-Zeitpunkt = Nachuntersuchungszeitpunkt. n = Anzahl der erschienenen Patienten. MW = Mittelwert, ST = Standardabweichung (p aus dem Wilcoxon-Test).

3.6.2 Vergleich der operierten Augen mit ihren Partneraugen

Um zu beschreiben wie sich der Visus des operierten Auges über die Zeit im Vergleich mit dem Visus des nicht operierten Partnerauges verhielt, eignet sich die Darstellung durch den Visusquotienten:

$$\text{Visusquotient} = \frac{\text{Visus des operierten Auges}}{\text{Visus des Partnerauges}}$$

Ist dieser Quotient > 1 , so ist der Visus des operierten Auges besser als der des anderen Auges. Ist der Quotient $= 1$, so haben beide Augen den gleichen Visus und ist der Quotient < 1 , so ist der Visus des operierten Auges schlechter als der des anderen Auges.

Der Visusquotient der gemessenen Werte nahm im zeitlichen Verlauf der Nachuntersuchungen merklich zu (s. Abbildung 16). Das heißt die Veränderung des Quotienten ging in Richtung einer Verbesserung des operierten Auges gegenüber seinem Partnerauge.

Der Quotient bietet jedoch lediglich eine relative Vergleichsmöglichkeit der Sehleistung beider Augen. Da er gleichermaßen von Zähler und Nenner abhängig ist, passt er sich auch bei Schwankungen des Partneraugenvisus an. Wenn man dies berücksichtigt und dann den Visusverlauf der Partneraugen (s. Abbildung 17) betrachtet, ist unverkennbar, dass das operierte Auge verglichen mit dem anderen Auge hauptsächlich deshalb in solchem Maße besser wurde, weil der Visus der Partneraugen während der gesamten Nachbeobachtungsdauer deutlich schlechter wurde. Der Visus der operierten Augen selbst veränderte sich nur in geringem Maße. Rein rechnerisch zeigte sich bei den operierten Augen zwar ein leichter Anstieg von direkt nach der Operation bis zu der letzten Visusmessung nach 3 Jahren, jedoch ohne statistische Signifikanz.

Abschließend ist festzustellen, dass auch der Unterschied zwischen der mittleren Sehstärke der operierten Augen und der nicht operierten Augen während der gesamten Nachbeobachtungszeit stetig abnahm. Dies wird in Abbildung 17 besonders klar ersichtlich, da sich die Boxen der Boxplots während der Nachuntersuchungsdauer immer stärker annähern.

Verlauf des Visusquotienten

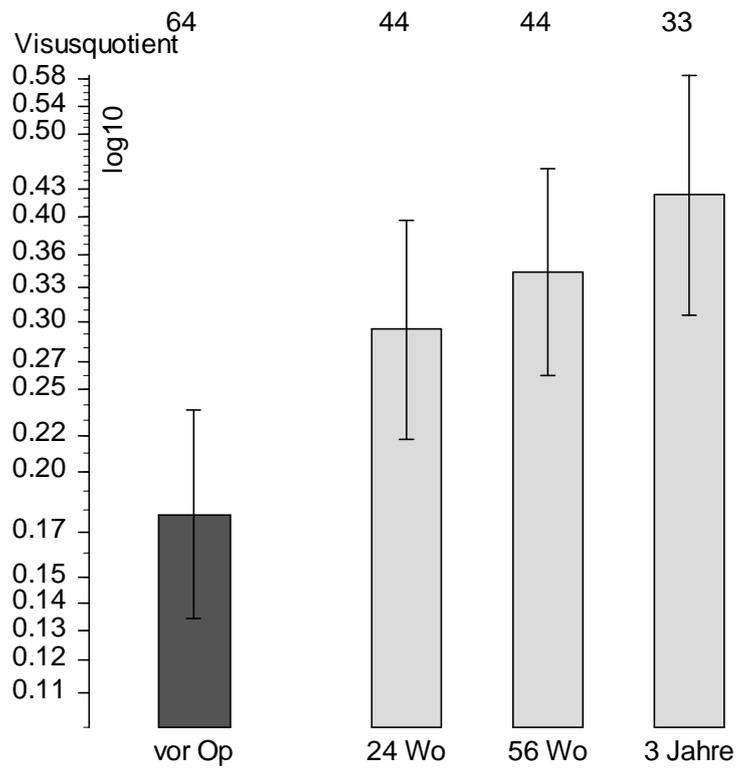


Abbildung 16. Quotient aus dem Visus des operierten Auges durch den Visus des Partnerauges. Die y-Achse ist logarithmisch unterteilt. Über den Säulen steht die Anzahl der Patienten, die zu dem jeweiligen Termin erschien.

Visusverlauf der operierten Augen und der Partneraugen

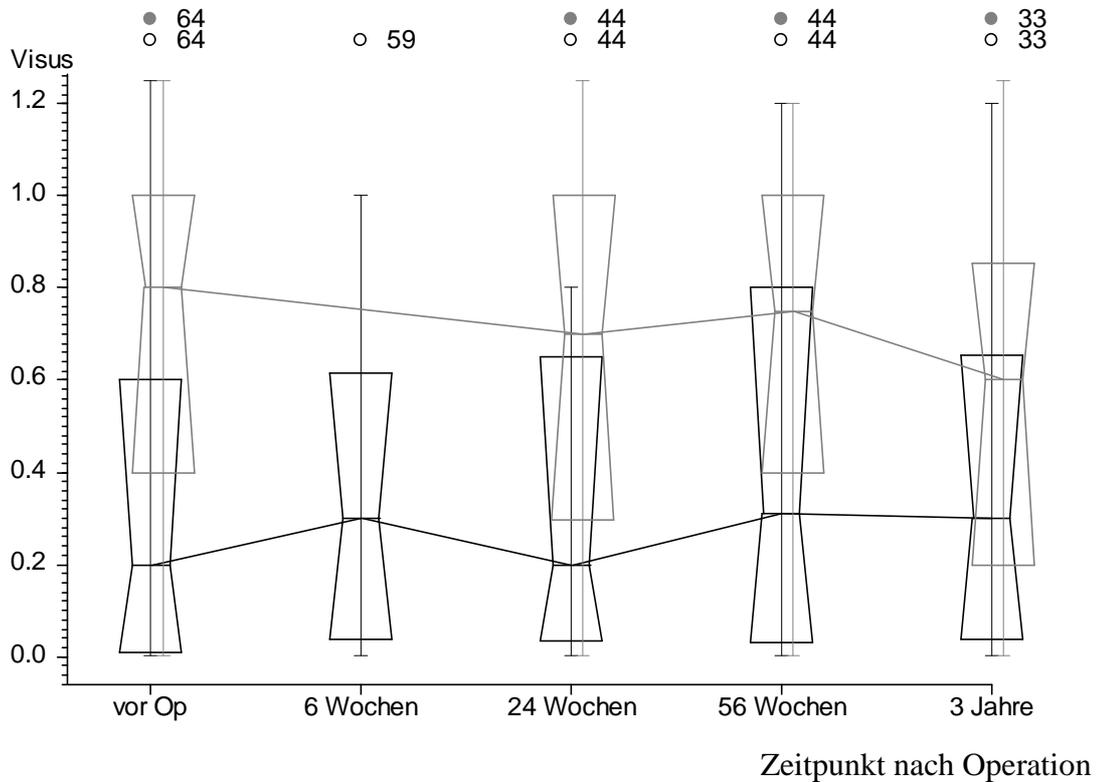


Abbildung 17. Verlauf des Visus der operierten Augen (unterhalb) und der Partneraugen (oberhalb). Nach 6 Wochen erfolgte keine Visusmessung der Partneraugen. Über den Boxen steht die Anzahl der Patienten, die zu dem jeweiligen Termin erschien.

Der Anteil der Patienten, bei denen das operierte Auge besser im Vergleich mit dem Partnerauge war, stieg von knapp 22% bei Indikationsstellung auf über 33% nach 3 Jahren. Die statistische Signifikanz betrug hierbei $p = 0,031^*$ im Vorzeichentest.

- Bei der ersten postoperativen Untersuchung nach einem halben Jahr war zunächst der Anteil der Augen, die besser als das nicht operierte Auge sahen, leicht abgesunken, auf 18%.
- Bei der Folgeuntersuchung nach einem Jahr zeigte sich dann wiederum eine Verbesserung auf 29,5%, was eine Steigerung um knapp 8% zu den präoperativen Werten bedeutete.
- Bei der 3-Jahres-Untersuchung folgte eine weitere Steigerung um fast 4% auf schließlich über 33% (s.Tabelle 16).

Zeit	Operiertes Auge war	Anzahl	%
vor Operation	schlechter	50	78,13 %
	besser	14	21,88 %
	<i>fehlende Angabe</i>	<i>1</i>	<i>1,54 %</i>
24 Wochen nach Op	schlechter	36	81,82 %
	besser	8	18,18 %
	<i>fehlende Angabe</i>	<i>21</i>	<i>32,31%</i>
52 Wochen nach Op	schlechter	31	70,45 %
	besser	13	29,55 %
	<i>fehlende Angabe</i>	<i>21</i>	<i>32,31 %</i>
3 Jahre nach Op	schlechter	22	66,67 %
	besser	11	33,33 %
	<i>fehlende Angabe</i>	<i>32</i>	<i>49,23</i>

Tabelle 16. Augenvergleich zu den verschiedenen Nachuntersuchungszeitpunkten. Anzahl und Prozentsatz der 65 Patienten. Die Prozente beziehen sich auf die Patienten mit vorhandenen Angaben, die der fehlenden Angaben (kursiv) auf alle 65 Patienten. Besser = das operierte Auge war gleich oder besser als das Partnerauge.

Die Tabelle 17 im Anhang zeigt die unterschiedlichen aufgetretenen Visusverläufe auf, denn der Visus der einzelnen Patienten unterlag während der Folgeuntersuchungszeit Schwankungen. Es kam vor, dass der Visus des operierten Auges zu einem Zeitpunkt besser und zu einem folgenden wiederum schlechter im Partneraugen-Vergleich war. Dennoch sind gewisse Tendenzen ersichtlich:

- Bei 39 Patienten war durchgehend zu allen Untersuchungszeitpunkten das operierte Auge das schlechtere.
- 4 Patienten, die zu Anfang einen schlechteren Visus im Partneraugen-Vergleich aufwiesen, zeigten im Verlauf der 3 Jahre eine Steigerung und waren beim letzten Termin dann wiederum schlechter als das Partnerauge.
- Bei 3 Patienten war das beobachtete Auge präoperativ und zum Teil auch im Verlauf der Nachuntersuchungen besser, am Ende der Beobachtungszeit jedoch wies es einen niedrigeren Visus als das andere Auge auf.

- Bei 18 Patienten war das operierte Auge bei der jeweils letzten durchgeführten Untersuchung besser als das Partnerauge, bei 11 dieser 18 Patienten war das betroffene Auge schon vor der Operation besser als das andere Auge und bei 7 der 18 Patienten war es am Ende und auch zum Teil im Verlauf der Folgeuntersuchungen das bessere gewesen.

Darüberhinaus wurde beim Visusvergleich des operierten Auges mit seinem Partnerauge ein signifikanter Zusammenhang ersichtlich.

Der Visus des Partnerauges war bei den Patientinnen über den ganzen untersuchten Zeitraum hinweg signifikant schlechter als bei den männlichen Patienten (s. Abbildung 18 im Anhang). Dementsprechend waren auch die Unterschiede zwischen operiertem Auge und Partnerauge bei den Patientinnen immer größer als bei den Patienten. Dies ist aber nur zum präoperativen Zeitpunkt statistisch signifikant (s. Tabelle 18 im Anhang).

3.6.3 Visusverlauf unterteilt nach präoperativem Visus

Teilt man die Patienten entsprechend ihrem präoperativen Visus in zwei Gruppen, davon eine Gruppe mit einem initialen Visus, der schlechter als 0,3 war, und eine andere Gruppe mit einem initialen Visus, der besser als 0,4 war, und betrachtet dann den Visusverlauf in den beiden Gruppen getrennt voneinander, so zeigt sich eine gegensätzliche Entwicklung.

Die Patienten mit dem präoperativ schlechteren Visus von $\leq 0,3$ machten insgesamt 70,3% aller untersuchten Patienten aus. Bei diesen verbesserte sich der durchschnittliche Visus nach der Operation stetig. Im Gegensatz dazu sanken die mittleren Visuswerte der restlichen 29,7% der Patienten mit einem besseren initialen Visus von $> 0,4$ postoperativ eher ab. Nach 3 Jahren glichen die Visuswerte der präoperativ schlechter sehenden Patienten beinahe den Visuswerten der präoperativ besser sehenden Patienten (s. Abbildung 19).

Visusverlauf getrennt nach Anfangswert

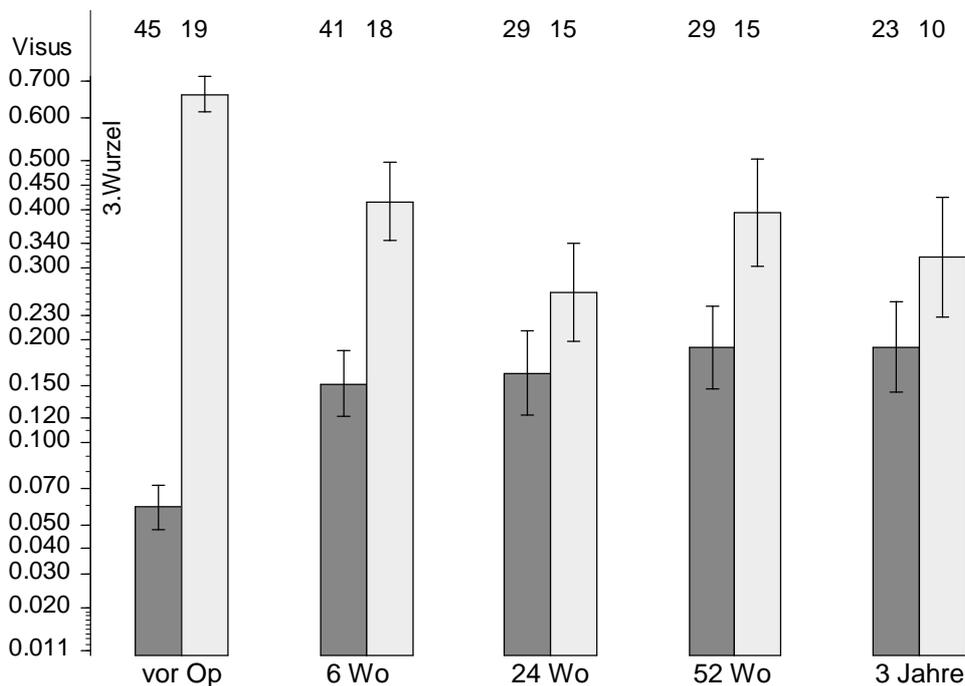


Abbildung 19. Visusverlauf getrennt nach Patienten mit präoperativ schlechterem (bis 0,3 = dunkel) und besserem Visus (0,4 – 1,25 = hell). Dargestellt sind der Mittelwert und seine Standardabweichung. Die y-Achse ist mit der dritten Wurzel transformiert. Wo = Wochen. Über den Boxen steht die Anzahl an Patienten, die zu dem jeweiligen Termin erschienen.

3.6.4 Visusverlauf der beidäugig operierten Patienten

Zwei Patienten bekamen in einem weiteren Eingriff (der eine nach etwa 2 Monaten, der andere nach etwa 2 Jahren) auch in das Partnerauge eine Kunstlinse implantiert. Für die Auswertung wurde, wenn nicht anders gekennzeichnet, jeweils nur das erstoperierte Auge herangezogen um intraindividuelle Beeinflussungen nicht zu gewichten. Der Vollständigkeit halber sollen jedoch an dieser Stelle die genauen postoperativen Visusverläufe je beider Augen skizziert werden (s. Tabelle 19 im Anhang).

Bei der einen Patientin (Patientin Nr. 31/32) war der Visus des erstoperierten Auges präoperativ 0,2, nach der ersten und vor der zweiten Operation 0,5. Das 2 Jahre danach operierte Auge hatte vor der ersten Operation 0,7 und vor der zweiten, eigenen Operation 0,1. In dem pseudophaken Partnerauge war es im Verlauf der 2 Jahre ebenfalls zu

einer Dislokation der Kunstlinse gekommen, was die massive Visusverschlechterung innerhalb der relativ kurzen Zeitspanne erklärt. Sowohl das erstoperierte als auch das zwei Jahre später operierte Auge verbesserten ihre Visuswerte durch die Hinterkammerlinsenimplantation auf 0,5 bzw. 0,6 und konnten über die gesamte Nachuntersuchungszeit in ihrer Sehleistung konstant bleiben.

Bei der anderen Patientin (Patientin Nr.51/52) war der Visus des erstoperierten Auges präoperativ 0,5 und zwischen den beiden Operationen 0,2. Das 2 Monate danach operierte Auge hatte bei der Operation des ersten Auges einen Visus von 0,5 und vor der eigenen Operation den Visus 0,03. Die an dem Marfan-Syndrom leidende Patientin hatte an beiden Augen eine Catarakta protracta und eine Ectopia lentis. Das zweitoperierte Auge verbesserte seine Sehleistung durch die Operation und konnte diese auch in den Nachuntersuchungen gleichbleibend erbringen. Das erstoperierte Auge hingegen zeigte bei der letzten Nachuntersuchung einen erneuten Visusabfall auf 0,1, nachdem es bei den vorangegangenen Terminen eine anschauliche Visussteigerung über 0,4 bis auf 0,6 vorweisen konnte. Eine Ursache hierfür konnte nicht ermittelt werden, ein Zusammenhang mit dem Marfan-Syndrom ist jedoch nicht auszuschließen.

3.7 Verlauf der Netzhautbefunde

Insgesamt 6mal fand sich bei einem der Nachbeobachtungstermine ein pathologischer Netzhautbefund, davon 3mal ein zystoides Makulaödem und 3mal eine Amotio retinae (s. Tabelle 20). Wegen der wechselnden Patientenzahlen zu den verschiedenen Zeitpunkten der Nachuntersuchung ergeben sich jeweils differierende Prozentsätze.

- Bei der Wiedervorstellung 6 Wochen nach der IOL-Einnähung hatten zwei von 59 erschienen Patienten ein zystoides Makulaödem (3,4%). Einer dieser beiden Patienten war Diabetiker. Es wurden in der Folge an beiden Augen mehrere Laserbehandlungen und eine medikamentöse Therapie durchgeführt, sodass das zystoide Makulaödem bei den Folgeuntersuchungen nicht wieder befundet wurde. Der andere Patient befand sich präoperativ im Z.n. einer missglückten Kataraktoperation mit Linsenverlust in den Glaskörperraum. Da er zu keiner der weiteren Untersuchungen erschien, ist über den späteren Verlauf des zystoiden Makulaödems nichts bekannt

- Ebenfalls nach 6 Wochen wurde bei zwei anderen der 59 zur Nachuntersuchung gekommenen Patienten eine Netzhautablösung (3,4%) diagnostiziert. Wie die Ausgangsdiagnose aufzeigt, hatte einer der beiden präoperativ einen Linsenverlust in den Glaskörperraum aufgrund einer Contusio bulbi erlitten, der andere hatte eine Cataracta protracta mit subretinalen Neovaskularisationsmembranen bei einer altersgebundenen Makuladegeneration. Zur Therapie der Ablationes wurde in beiden Fällen etwa 3 Monate nach der HKL-Einnähung eine Cerclage vorgenommen. Daraufhin lag die Netzhaut beider betroffener Augen bei allen folgenden Terminen an.

- Nach einem Jahr hatte einer von 44 nachuntersuchten Patienten ein zystoides Makulaödem (2,3%). Aus der Ausgangsdiagnose erschloss sich, dass sich der Patient nach einer kompliziert verlaufenen IOL-Implantation dem Eingriff unterzogen hatte. Während der ersten Operation hatte er eine Kapselruptur mit einer darauffolgenden postoperativen Luxation der HKL in den Glaskörperraum und Glaskörpereinblutung erlitten. Das Makulaödem war allerdings nur leicht ausgeprägt und resorbierte ohne Behandlung.

- Nach 3 Jahren fand sich bei einem von 31 erschienen Patienten (3,2%) eine Netzhautablösung. In diesem Fall hatte präoperativ eine Glaskörperblutung bei subluxierter Hinterkammerlinse vorgelegen. Der Patient erschien daraufhin zu keiner weiteren Untersuchung, daher ist über den späteren Verlauf nichts bekannt.

Vorstellungstermin	Netzhautbefund	Anzahl	%
6 Wochen	anliegend, trocken	54	91,5 %
	Cystoides Makulaödem	2	3,4 %
	weitere Op geplant, anderer Grund	1	1,7 %
	Netzhautablösung	2	3,4 %
	<i>Fehlend</i>	6	-
24 Wochen	anliegend, trocken	43	97,7 %
	weitere Op geplant, anderer Grund	1	2,3 %
	<i>Fehlend</i>	21	-
52 Wochen	anliegend, trocken	43	97,7 %
	Cystoides Makulaödem	1	2,3 %
	<i>Fehlend</i>	21	-
3 Jahre	anliegend, trocken	32	97,0 %
	Netzhautablösung	1	3,0 %
	<i>Fehlend</i>	32	-

Table 20. Netzhautbefund bei den Wiedervorstellungen. Anzahl und Prozentsatz der 65 Patienten. Die Prozente beziehen sich auf die Patienten mit vorhandenen Angaben.

Besonders hervorzuheben ist, dass bei den drei Patienten die präoperativ an einem zystoidem Makulaödem gelitten hatten, im postoperativen Verlauf weder ein zystoides Makulaödem noch eine Amotio retinae diagnostiziert wurden.

Auch bei den an beiden Augen operierten Patienten fand sich an beiden Augen zu allen Zeitpunkten eine trockene, anliegende Netzhaut.

Unter den 28 Patienten, die auch vor dem Eingriff schon pseudophak gewesen waren, wurde bei den Folgeuntersuchungen ebenfalls kein pathologischer Netzhaut- oder Makulabefund festgestellt.

Die Tabelle 21 im Anhang listet alle postoperativen Befunde mit den genauen Verläufen auf.

3.8 Weitere Operationen und Dislokation

Bei zwei Patienten musste postoperativ ein erneuter Eingriff erfolgen, dessen Anlass nicht unmittelbar aus der HKL-Implantation abgeleitet werden kann.

- Bei dem einen Patienten, welcher an diabetischer Retinopathie litt, waren bereits vor der HKL-Einnähung eine Glaskörperblutung und Traktionsmembranen befundet worden. Während der HKL-Einnähung hatte zwar ein Netzhautpeeling stattgefunden, dennoch musste nach sieben Monaten eine erneute Exzision der diabetischen Traktionsmembranen mittels Laser vorgenommen werden.

- Der zweite Patient hatte vor der HKL-Einnähung ebenfalls eine Intraokularlinse getragen. Im Aufnahmebefund war bereits festgehalten worden, dass sich temporal der Makula einige Drusen befanden. Schließlich war die IOL in den Glaskörperraum subluxiert und musste entfernt werden. 24 und 52 Wochen nach der erneuten HKL-Einnähung wurde die Diagnose für einen weiteren Eingriff wegen temporaler Gefäßblutungen gestellt. Diese wurden etwa ein Jahr postoperativ mit dem Laser therapiert (s. Tabelle 21).

Eine Dislokation der Hinterkammerlinse wurde bei keinem Patienten zu keinem Zeitpunkt festgestellt.

4 Diskussion

Anhand dieser Studie werden die Resultate der zwischen 1996 und 2004 in der Augen- und Poliklinik an der Universität Würzburg transskleral eingenähten Hinterkammerlinsen beschrieben. Das Ziel dieses Kapitels ist es, die im vorausgegangenen Kapitel angeführten Ergebnisse zu gewichten und im Vergleich mit Angaben und Meinungen aus der Literatur zu werten.

Es soll an dieser Stelle darauf hingewiesen sein, dass in dem untersuchten Patientengut präoperativ heterogene Risikofaktoren vorhanden waren (vgl. auch Tabelle 5 in Abschnitt 3.1). Schon Schreiber erläuterte, es sei bei der Beurteilung der Ergebnisse nach transskleraler Sulkusnahtfixation von Intraokularlinsen zu berücksichtigen, dass die betreffenden Augen größtenteils voroperiert oder mehrfach voroperiert sind. Dadurch, ebenso wie durch vorbestehende Traumata, Glaskörperblutungen, systemische Erkrankungen und andere Sehbehinderungen kann die postoperative Prognose eingeschränkt sein (Schreiber, 1996). Ferner stellten Sundmacher et al. fest, dass die transsklerale Nahtfixation einer Hinterkammerlinse keine Maßnahme nach einer einfachen Kataraktextraktion ist, sondern ausschließlich komplikationsbehafteten Fällen vorbehalten sein sollte. Daher sollte der postoperative Verlauf stets unter diesen beeinträchtigenden Voraussetzungen betrachtet werden (Sundmacher et al., 1991).

4.1 Demographie

Statistischen Aussagen wird umso mehr Gewicht und Bedeutung beigemessen, je umfangreicher die untersuchte Fallzahl ist. Das Vorkommen der transskleralen HKL-Einnähtung erweist sich jedoch als begrenzter als das anderer IOL-Implantationen, da jene, wie schon mehrfach erwähnt, keine routinemäßig angewandte Methode der Intraokularlinsenimplantation nach ECCE darstellt, sondern nur im Falle eines nicht mehr vorhandenen Kapselapparates erfolgt. Sowohl Bellucci et al. als auch Uthoff und Teichmann legten deshalb dar, dass die Patientenzahlen der meisten bislang publizierten Fallreihen zu diesem Thema relativ gering sind (Bellucci et al., 1996; Uthoff, Teich-

mann, 1998). Die vorliegende Arbeit schließt mehr untersuchte Individuen als die meisten der bisher veröffentlichten Publikationen ein, wenn man die Anzahl von 65 ausgewerteten Patienten mit denjenigen anderer Autoren, welche Zahlen zwischen 15 und 93 Patienten beschreiben, vergleicht (Bellucci et al., 1996; Bleckmann, Kaczmarek, 1994; Hayashi et al., 1999; Helal et al., 1996; Kaynak et al., 2004; Llacer, 2005; Manabe et al., 2000; McGuinness, Kennedy 1995; Mimura et al., 2004; Schmidt et al., 2002; Schreiber, 1996). Eine der größten bislang bekannten Untersuchungsreihen stellten Uthoff und Teichmann 1998 vor, sie beobachteten 624 Patienten über ein Jahr (Uthoff, Teichmann, 1998).

Ein durchschnittliches Operationsalter von $64,9 \pm 17,6$ Jahren, wie in dieser Studie geschildert, ist niedriger als bei der Mehrzahl der Autoren, wo vornehmlich ein Durchschnittsalter von über 73 Jahren angegeben wird (Bellucci et al., 1996; Bleckmann, Kaczmarek, 1994; Brunette et al., 1994; Kim et al., 2003; Llacer, 2005; McCluskey, Harrisberg, 1994; Mittelviehhaus, Janknecht, 1993; Schreiber 1996). Der im Vergleich zu dem niedrigen Durchschnittsalter relativ hohe Altersmedian von 71,9 Jahren belegt jedoch, dass in der vorgestellten Fallreihe durchaus der Großteil der Patienten über 70 Jahre alt war. Der Altersschnitt wurde lediglich durch zwei extrem junge Patienten (9 und 12 Jahre) in Richtung einer geringeren Zahl verschoben.

4.2 Präoperativer Linsenstatus

Über die Hälfte aller Augen des in dieser Untersuchung ausgewerteten Patientenkollektivs (35 von 65 = 55,4%) trug vor der transskleralen HKL-Einnähung schon eine künstliche Linse. Der Grund für die erneute Implantation war zumeist die Dislokation der ersten Linse. Die Dislokation eines Pseudophakos ist nach Gross et al. mit einer Inzidenz von 0,2% bis 2,8% eine relativ seltene Komplikation der Kataraktchirurgie (Gross et al., 2004). Sie kann sich sowohl längere Zeit nach der Implantation, wie auch unmittelbar postoperativ oder schon während des Eingriffs selbst ereignen (Grabow, 2005).

Die Angaben in der Literatur, den Anteil präoperativ pseudophaker Augen bei transskleraler HKL-Einnähung betreffend, bewegen sich insgesamt innerhalb eines relativ breiten Feldes, wobei allerdings die Mehrzahl die 35%-Marke nicht überschreitet.

So waren bei Bellucci et al. lediglich 2 von 68 operierten Augen (3%) bereits vor der Hinterkammerlinseneinnähung pseudophak (Bellucci et al., 1996). In besagter Studie wurden jedoch 2 unterschiedliche Linsentypen untersucht und es ist keine genaue Angabe dazu vorhanden, wie viele der betreffenden 33 Augen, die eine sulkusnahtfixierte HKL erhielten, präoperativ pseudophak gewesen waren. Mimura et al. berichten von einem aus 21 Patienten (4,7%), der vor der transskleralen Fixation der HKL schon eine IOL getragen hatte (Mimura et al., 2004). Helal et al. erwähnen ihrerseits 5 aus 41 Patienten (12,2%) (Helal et al., 1996). Gut 13 % (5/38) der operierten Augen trugen in der Publikation von Adam et al. schon vor der HKL-Einnähung eine Kunstlinse (Adam et al., 1995). Von je 25% (8/32 bzw. 5/25) ist in den Fallreihen von McCluskey und Harrisberg (McCluskey, Harrisberg, 1994) und von Mittelviehhaus und Wiek die Rede (Mittelviehhaus, Wiek, 1993). Eine Veröffentlichung von Sasahara et al. spricht von 32% (39/121) (Sasahara et al., 2005) und bei Mc Guinness und Kennedy sind es 35,3% (6/17) (Mc Guinness, Kennedy, 1995).

Größere, und mit den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit eher kongruierende Prozentsätze beschreiben nur wenige Verfasser, so zum Beispiel Kaynak et al. mit 60% (12/20) präoperativ pseudophaker Patienten (Kaynak et al., 2004) oder Heidemann und Dunn, bei welchen 80% (45/56) der Patienten mit erfolgter HKL-Einnähung schon vor dem Eingriff eine IOL getragen hatten (Heidemann, Dunn, 1990).

Angesichts all dieser Literaturangaben ist der Prozentsatz präoperativ pseudophaker Augen der vorliegenden Studie (55,4%) als ein verhältnismäßig hoher anzusehen.

Da jedoch alle besagten Untersuchungen unter unterschiedlichen Voraussetzungen stattfanden und aufgrund der individuellen Zielsetzungen häufig schon vor Studienbeginn eine genaue Patientenselektion erfolgte, ist es nicht möglich einen direkten Vergleich anzustellen. Beispielhaft hierfür ist die Untersuchung von Uthoff und Teichmann, in welcher alle 624 Augen vor der Implantation für mindestens ein Jahr aphak gewesen waren (Uthoff, Teichmann, 1998), was eindrucksvoll belegt, dass der Linsenstatus der operierten Augen nicht in jedem Fall zufallsgegeben sein muss.

4.3 Operation

Die transsklerale Einnähung einer HKL in den Ziliarsulkus wird in der Literatur mehrfach als eine sichere und komplikationsarme Methode der IOL-Implantation für Augen, in denen kein ausreichender Kapselapparat mehr vorhanden ist beschrieben (Althaus, Sundmacher, 1993; Basti et al., 1994; Hillermann, 1996; Konen, Dardenne, 1984; Mietz et al., 1994; Mittelviehhaus, Wiek, 1993; Sewelam et al., 2001; Uthoff, Teichmann, 1998).

4.3.1 HKL-Einnähung kombiniert mit Vitrektomie

Eine reine HKL-Implantation fand lediglich in 4 Fällen der vorliegenden Studie statt. Bei dem Großteil (93,8%) der ausgewerteten Patienten wurden noch andere operative Handlungen wie Fremdkörperentfernung (2/65), Netzhautbehandlung (18/65) oder Vitrektomie (60 /65) während des Eingriffs vorgenommen.

Es wurde schon mehrfach in der Literatur diskutiert, ob die Kombination einer Hinterkammerlinseneinnähung mit einer zeitgleichen Vitrektomie eine gesteigerte postoperative Komplikationsrate mit sich bringt (Krause et al., 2004; Adam et al., 1995). Ein Grund dafür könnte die erhöhte Operationszeit sein. Auch in der vorliegenden Arbeit wird in Abschnitt 3.3.3 belegt, dass alle zusätzlichen chirurgischen Maßnahmen die Dauer des Eingriffs signifikant verlängerten.

Zu diesem Sachverhalt konnten Krause et al., die in einer Studie 119 Augen über durchschnittlich 23 Monate nachbeobachteten, herausfinden, dass sich keinerlei erhöhte postoperative Komplikationsrate bei einer Hinterkammerlinseneinnähung mit zeitgleicher Vitrektomie im Vergleich zu alleiniger Linsenimplantation ergab (Krause et al., 2004). Ferner berichteten Adam et al., die über ein Jahr 38 Patienten nachuntersuchten, von denen 10 eine HKL-Einnähung in Verbindung mit einer Vitrektomie erhielten, von wenig ernsthaften postoperativen Komplikationen (Adam et al., 1995).

In unserer Fallreihe wurde die Vitrektomie in 60 von 65 Operationen kombiniert mit der HKL-Einnähung durchgeführt. Da es kein Bestandteil unserer Untersuchungen war,

wurde nicht getestet, ob dies eine erhöhte Komplikationsrate nach sich zog. Zudem wäre eine Vergleichsgruppe von 5 Patienten (die einer früheren Operation schon vitrektomiert worden waren) nicht besonders aussagekräftig gewesen.

Man kann dessen ungeachtet anhand der Ergebnisse zumindest soviel aussagen, dass unter den 60 vitrektomierten Patienten sich auch diejenigen 6 befanden bei denen postoperativ ein pathologischer Netzhautbefund festgestellt wurde (3 zystoide Makulaöeme, 3 Netzhautablösungen). Da diese 60 Patienten jedoch beinahe das gesamte Patientenkollektiv darstellen und es sich hierbei auch um einen Zufallsbefund handeln könnte, wäre es gewagt einen Zusammenhang zwischen der Kombination mit der PPV und dem postoperativen Auftreten von zystoiden Makulaödemen und Netzhautablösungen zu vermuten. Des Weiteren ist es angesichts einer nicht unerheblichen Vorbelastung der betreffenden 6 Patienten wahrscheinlicher, dass die aufgetretenen Pathologien eine Folge der präexistierenden Risikofaktoren waren, als die der intraoperativen Pars-plana-Vitrektomie.

Es werden nochmals knapp die besagten präoperativen Diagnosen zusammengefasst:

- 2 Patienten befanden sich im Z.n. komplizierter Kataraktoperation, einer davon mit Linsenkernverlust in den Glaskörper, der andere mit postoperativer HKL-Subluxation und Glaskörperblutung
- ein Patient hatte Diabetes
- ein Patient hatte eine Cataracta provecta bei altersgebundener Makuladegeneration und subretinalen Neovaskularisationsmembranen
- ein Patient hatte eine Glaskörperblutung bei subluxierter HKL
- ein Patient befand sich im Z.n. Contusio bulbi mit Linsenverlust in den Glaskörper.

Im Hinblick auf die ohnehin geringe Komplikationsrate der vorliegenden Untersuchung und die Ansichten aus der Literatur scheint es also vertretbar anzunehmen, dass die zeitgleiche Vitrektomie während der HKL-Einnähung zu keiner bemerkenswerten Steigerung der postoperativ aufgetretenen Pathologien führte.

4.3.2 Operationsdauer

Die transsklerale Sulkusnahtfixation von Hinterkammerlinsen gilt im Allgemeinen als komplexer als zum Beispiel die Implantation von Vorderkammerlinsen. Von einer großen Anzahl Autoren wird darüberhinaus eine verlängerte Operationsdauer bei dieser Form der Linsenimplantation angeführt (Adam et al., 1995; Bellucci et al., 1996; Brunette et al., 1994; Dahan, 1989; Dillinger, 2000; Evereklioglu et al., 2003; Heidemann, Dunn, 1992; Wagoner et al., 2003). Wie Mittelviehhaus und Wiek, nach deren modifizierter Methode alle Patienten dieser Untersuchung operiert wurden, einmal konstatieren, findet eine Operationstechnik zur transskleralen HKL-Einnähung nur dann eine breite Akzeptanz, wenn sie ebenso einfach durchzuführen ist wie eine Vorderkammerlinsenimplantation und die Eingriffszeit durch ihre Anwendung nicht um ein Unnötiges verlängert wird (Mittelviehhaus, Wiek, 1993).

In der vorgestellten Untersuchung wurde eine mittlere Operationsdauer von $70,4 \pm 18,0$ Minuten errechnet. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Messung der Operationsdauer den Zeitraum zwischen der Einfahrt in den Operationssaal und der Ausfahrt aus dem Operationssaal umfasste. Folglich wurden bei diesem Vorgehen die Zeiten für vorbereitende und desinfizierende Maßnahmen, Wartezeiten oder andere organisatorische Verzögerungen vernachlässigt und müssten genaugenommen von der Gesamtzeit noch abgezogen werden, um die wahre Dauer des eigentlichen Eingriffs zu bestimmen. Dies ist im Nachhinein allerdings kaum für jeden Fall im Einzelnen nachvollziehbar und würde kein korrektes Ergebnis liefern.

Zudem stellt der genannte Wert (70,4 Minuten) einen aus allen Operationszeiten errechneten Mittelwert dar, bevor durch eine multiple lineare Regression diejenige Zeit, welche die weiteren intraoperativen Maßnahmen in Anspruch nahmen, abgezogen wurde. Denn bei beinahe allen Operationen (bis auf vier) waren eine oder mehrere zusätzliche Handlungen vonnöten (Pars-plana-Vitrektomie, Netzhautchirurgie, Fremdkörperentfernung), die ebenfalls die Eingriffsdauer erhöhten. Die Grundbehandlung der ausschließlichen Hinterkammerlinseneinnähung dauerte lediglich 54 Minuten.

Es gibt bedauerlicherweise nur wenige Autoren, die präzise Angaben zur Operationsdauer der Sulkusnahtfixation von Hinterkammerlinsen machen. Eine Studie von Hillermann veranschlagte bei 60 transskleral eingenähten Hinterkammerlinsen als durch-

schnittliche Eingriffszeit 90 Minuten. Die Operation wurde bei einem Teil der Augen in Kombination mit einer Keratoplastik durchgeführt, wofür eine Eingriffsdauer von 125 Minuten angegeben wird. Als Gesamtdurchschnittszeit für alle Operationen (mit und ohne Keratoplastik) gelten 105 Minuten (Hillermann, 1996). Alle diese Werte liegen damit weit über denen der vorliegenden Arbeit.

Einen direkten Vergleich der benötigten Operationszeiten für die Implantation von Vorderkammerlinsen und für die transsklerale Einnähung von Hinterkammerlinsen stellten Bellucci et al. an. Dabei gaben sie für erstere einen kürzeren Zeitraum (8 bis 16 Minuten) an und für letztere einen längeren (45 bis 75 Minuten). Das Resultat der vorliegenden Studie (70,4 Minuten) liegt in einem entsprechenden Bereich. Unter anderem wiesen Bellucci et al. darauf hin, dass sie die meiste Zeit bei der transskleralen HKL-Einnähung schon vor der Eröffnung des Auges, bei der Präparation der Linse, aufgewendet hätten. Ihrer Erfahrung nach sei die Zeit danach, die man von der Eröffnung der Vorderkammer bis zur Verknotung der korneoskleralen Nähte benötige, nur um ca. 10 Minuten länger als bei einer VKL-Implantation (Bellucci et al., 1996).

Bei den drei Patienten unseres Operationskollektivs, die eine mehr als 100-minütige Operationsdauer hatten, konnte die Verlängerung der Operationszeit auf eine komplizierte Ausgangsdiagnose oder intraoperative Besonderheiten zurückgeführt werden. Diese erforderten eine aufwendigere Behandlung, was die ungewöhnliche Zeitausdehnung erklärt.

Die mit den Ergebnissen der hier vorgestellten Arbeit geschilderte, signifikant verlängerte Operationszeit bei phaken Augen (im Schnitt 87,63 Minuten) könnte möglicherweise durch die Phakoemulsifikation bedingt sein, welche in diesen Fällen noch durchzuführen war. Die signifikant verkürzte Operationszeit bei den bereits früher operierten Augen (im Schnitt 65,08 Minuten) kommt eventuell daher, dass bei diesen zum Teil keine vollständige PPV mehr nötig war, da sie bei einem der vorausgegangenen Eingriffe schon erfolgt war.

4.4 Refraktion

4.4.1 Berechnete Refraktion

Wie Abschnitt 3.5.1 mit Abbildung 11 zu entnehmen ist, hatten 95% aller eingenähten Linsen dieser Studie eine Zielrefraktion im negativen Bereich. Eine leichte postoperative Myopie ist erstrebenswert um dem Patienten ein Arbeiten im Nahbereich ohne Seehilfe zu ermöglichen (Dick et al., 1999; Draeger, Guthoff 1991; Voeske, 1992).

4.4.2 Refraktionsaberration

In der vorliegenden Untersuchung betrug die Abweichung zwischen errechneter und erzielter Refraktion im Mittel $1,71 \pm 1,2$ dpt nach 6 Wochen, $1,73 \pm 1,2$ dpt nach 52 Wochen und $1,82 \pm 1,3$ dpt nach 3 Jahren.

In einer Abweichungsbreite von ± 1 dpt befanden sich nach 6 Wochen 44,2%, nach 52 Wochen 29,41% und nach 3 Jahren 36% der Patienten. Eine Abweichung von ± 2 dpt hatten nach 6 Wochen 61,54%, nach 52 Wochen 61,76% und nach 3 Jahren 60% der Patienten.

Im Übrigen konnte eine verstärkte Tendenz der Abweichung in myope Bereiche festgestellt werden, da der Anteil negativer Abweichungswerte nach 6 Wochen 65%, nach 52 Wochen 74% und nach 3 Jahren 72% betrug.

Eine relativ gute Vergleichbarkeit dieser Ergebnisse ergibt sich mit denen der Studie von Hayashi et al., da die Hinterkammerlinsen nach derselben modifizierten Methode von Mittelviefhaus und Wiek eingenäht wurden, die auch in vorliegender Untersuchung angewandt wurde (Mittelviefhaus, Wiek, 1993). Hayashi et al. konnten an 52 Augen, welche über mindestens 3 Monate nachuntersucht wurden, mit einer Aberration von durchschnittlich $0,65 \pm 1,11$ dpt einen geringeren Refraktionsfehler erzielen. Einschränkend auf die Aussagekraft wirkt sich hierbei jedoch der insgesamt relativ kurze Beobachtungszeitraum aus. Im Bezug auf die Richtung, die die Refraktionsabweichung

nahm, kongruieren die Werte mit denen der vorliegenden Untersuchung; das sphärische Äquivalent tendierte signifikant stärker in myope Bereiche als vorgesehen (Hayashi et al., 1999).

Hillermann konnte 32 (bezüglich der Refraktion auswertbare) von 60 operierten Augen über durchschnittlich 12,4 Monate nachbeobachten und in 4 Gruppen à 11, 9, 5 und 7 Individuen unterteilen. In der Gruppe 1 (präoperative Aphakie) betrug die durchschnittliche Abweichung der erzielten von der errechneten Refraktion $\pm 2,0$ dpt, in der Gruppe 2 (perforierende Verletzung) betrug sie $\pm 1,64$ dpt, in der Gruppe 3 (Keratoplastik) betrug sie $\pm 2,69$ dpt und in der vierten Gruppe (Andere) betrug sie $\pm 1,28$ dpt. Alles in allem trat bei 32 Augen im Mittel eine Refraktionsaberration von $\pm 1,97$ dpt auf (Hillermann, 1996). Diese Resultate bewegen sich in einem ähnlichen Rahmen wie die in der hier vorgestellten Studie ermittelten Abweichungsbreiten.

Mimura et al. hatten 15 Patienten mit einer Nachuntersuchungszeit von mehr als zwölf Jahren überdurchschnittlich lange beobachten können. Die Aussagekraft leidet sicherlich ein wenig unter der geringen Anzahl der untersuchten Patienten. Die Messungen nach zwei Jahren zeigten, dass 33,3% aller Augen einen Refraktionsfehler innerhalb von ± 1 dpt und 80% innerhalb von ± 2 dpt hatten. Dies ist in etwa mit den 3 Jahres-Werten der vorgestellten Untersuchung übereinstimmend, wobei jedoch nur 60% der Werte der vorgestellten Studie innerhalb von ± 2 dpt lagen. Auch nach 12 Jahren zeigte sich die Refraktionsaberration bei Mimura et al. stabil, mit 47 % der Patienten innerhalb von ± 1 dpt und 80 % innerhalb von ± 2 dpt (Mimura et al., 2004).

Eine etwas positivere Bilanz zogen Mittelviefhaus und Janknecht bei 34 operierten Augen, die sie im Mittel 22,6 Monate nachbeobachteten. 42% der Augen erreichten eine Abweichung innerhalb von ± 1 dpt und 81% kamen in den Abweichungsbereich von ± 2 dpt (Mittelviefhaus, Janknecht, 1993).

Es ist anhand des vorausgehenden Abschnitts ersichtlich, dass weiterhin Bedarf besteht die Genauigkeit der Zielrefraktion zu optimieren. Unsere Ergebnisse sind in Anbetracht der Veröffentlichungen von Hayashi et al., Hillermann, Mimura et al. und Mittelviefhaus und Janknecht als vergleichbar mit diesen anzusehen (Hayashi et al., 1999; Hillermann, 1996; Mimura et al., 2004; Mittelviefhaus, Janknecht, 1993).

Im Idealfall freilich sollte die Differenz zwischen der erzielten und der im Voraus berechneten postoperativen Refraktion gleich Null sein (Schneider, 2000 b). In der Literatur finden sich verschiedenste Ursachen dafür, warum eine derart optimale Bilanz nach einer IOL-Implantation nur sehr selten erzielt wird und weshalb die Aberration häufig zur Myopie tendiert.

Eine davon ist, dass bei der Berechnung der postoperativen Refraktion einer Hinterkammerlinse die tatsächlichen Werte für die in die Biometrieformel eingehenden Biometriedaten noch nicht zur Verfügung stehen. Wie auch in dieser Studie können deshalb lediglich präoperative Daten verwendet werden, sofern die Implantation nicht in einem zweiten späteren Eingriff geplant ist, bei dem dann die tatsächlichen Werte schon bekannt sind. Die präoperativen Daten zur Berechnung der späteren Refraktion heranzuziehen ist zwar zulässig, wie eine Arbeit von Fischer zeigen konnte, da sich die prä- und postoperativen Werte für Hornhautradien und Achsenlänge nicht signifikant unterscheiden, jedoch lässt sich hierbei eine leichte Aberration in der Refraktionsbilanz nicht verhindern (Fischer, 1995).

Anderenorts wird eine Linsenverkipfung und -dezentrierung in kausalen Zusammenhang mit dem Refraktionsfehler gebracht (Uozato et al., 1988). Adam et al. entdeckten ein Verkippen der IOL allein reiche zwar noch nicht aus, aber schon eine Dezentrierung ab einem Ausmaß von 2 mm könne durchaus einen aberrativen Einfluss auf die Refraktion haben (Adam et al., 1995). Über die Verkipfung und Dezentrierung von Intraokularlinsen fanden Hayashi et al. weiterhin heraus, dass diese bei sulkusnahtfixierten Hinterkammerlinsen signifikant größer sind (im Durchschnitt doppelt so groß), als bei kapselsackfixierten Linsen, was im Hinblick auf die Behauptung von Uozato et al., nach der schon eine Kippung von $> 5^\circ$ einen Refraktionsfehler induzieren kann (Uozato et al., 1988), als eine ernstzunehmende klinische Komplikation betrachtet werden müsse (Hayashi et al., 1999). Da die postoperative Dezentrierung der Linsen allerdings nicht Gegenstand der Untersuchungen war, bleibt es in der hier vorgestellten Studie reine Spekulation, in welchem Ausmaß die postoperative Refraktion hierdurch beeinflusst wurde.

Einen Ansatz zur Aufklärung der myopen Tendenz der Refraktionsaberration bieten die Erkenntnisse von Bellucci et al., Hayashi et al. und Mimura et al., wonach zu erwarten ist, dass wegen der Anatomie des vorderen Augenabschnitts eine Linse, die im Ziliar-

sulkus fixiert wird, im Auge weiter anterior lokalisiert ist, als eine kapselsackfixierte IOL. Durch diese anteriore Positionierung der Linse kann eine myopere Refraktion als zuvor berechnet wurde entstehen (Bellucci et al., 1995; Hayashi et al., 1999; Mimura et al., 2004). Hayashi et al. empfehlen daher in Fällen der transskleralen HKL-Einnähung anstatt der eigentlich berechneten Linsenstärke eine um 0,5 dpt hyperopere Linse zu implantieren (Hayashi et al., 1999). Mimura et al. sind zudem der Auffassung, dass eine myopere Refraktionsabweichung im speziellen durch IOL-Dislokation induziert werden kann (Mimura et al., 2004).

12 Patienten hatten eine besonders große Refraktionsabweichung von größer ± 3 dpt zu einem oder mehreren Zeitpunkten der vorgestellten Studienreihe (s. Abschnitt 3.5.2.).

Als Grund für die etwas größere Refraktionsabweichung der Patienten käme eine postoperative Dezentrierung oder Kippung der HKL in Frage. Wie anderenorts schon erwähnt, war dies jedoch nicht Inhalt der vorliegenden Untersuchungen. In den beiden Fällen mit wieder verwendeten Linsen könnte eine fehlerhafte frühere Brechkraftberechnung eine Ursache für die vergrößerte Abweichung sein. Möglicherweise hatten sich bei diesen Augen die anatomischen Gegebenheiten seit der ersten Implantation verändert, dann wären eine Wiederholung der biometrischen Vermessung des Auges und die Implantation einer neu berechneten HKL notwendig gewesen. Simple Messfehler und Ungenauigkeiten bei der Bestimmung der Refraktion können zusätzlich einen Einfluss auf das Ausmaß der Abweichung gehabt haben.

4.5 Visusverlauf

In dieser Studie lag der Visus der operierten Augen präoperativ im Durchschnitt bei 0,27, am Ende der Nachbeobachtungszeit bei 0,33. Im Detail hatten bei der letzten Messung 52% der Augen bessere, 9% der Augen unveränderte und 39% der Augen schlechtere Visuswerte, verglichen mit der präoperativen Sehleistung. Es wird deutlich, dass keine enorme Steigerung stattgefunden hat, insgesamt kann man aber sagen, dass sich der Durchschnittsvisus drei Jahre nach der IOL-Implantation gleichbleibend bis leicht verbessert darstellte, als vor der IOL-Implantation.

In der Literatur sind sowohl Publikationen über größtenteils gleichbleibende Visusverläufe zu finden, als auch Berichte über deutliche postoperative Visussteigerungen nach transskleraler HKL-Einnähung.

Eher gleichbleibend fielen die Visuswerte bei einer von Helal et al. an 41 Augen durchgeführten Untersuchung aus. Die mittlere Nachbeobachtungszeit erstreckte sich hier über 12 Monate. Der Visus blieb unverändert bei 87,8% der Augen, er wurde besser bei 9,8% und verschlechterte sich lediglich bei 2,4% der Patienten (Helal et al., 1996).

Laut Mimura et al. verschlechterte sich bei allen 15 Patienten der Durchschnittsvisus sogar leicht während der ersten zwei postoperativen Jahre. Als Gründe hierfür gaben die Autoren zystoide Makulaödeme, korneale Ödeme, korneale Erosionen und diabetische Retinopathien an. Darauffolgend verhielt sich der Visus stabil und zeigte sich auch nach einer relativ langen 12-jährigen Nachuntersuchungsdauer kaum verändert (Mimura et al., 2004).

Mit den Resultaten der vorliegenden Studienreihe übereinstimmend waren die Ergebnisse bei einer Arbeit von Llacer. In derselbigen konnten 30 Augen für durchschnittlich 3 Jahre und 7 Monate nachbeobachtet werden, wobei die postoperativen Visuswerte nur geringfügig besser ausfielen als die präoperativen (Llacer, 2005).

In einer sich über durchschnittlich 6 Jahre erstreckenden Untersuchung von Vote et al. blieb der mittlere postoperative Visus bei 61 Augen ebenfalls unverändert zum präoperativen Wert, wenn auch mit einem leichten Trend in Richtung einer Verbesserung, der aber keine Signifikanz erreichte. Die Gründe hierfür sahen die Autoren in den Pathologien, an welchen die Augen schon vor der HKL-Einnähung gelitten hatten (Vote et al., 2006).

Betrachtet man die Erkenntnisse der vorgestellten Studie und die aller genannten Untersuchungen, so entsteht der Eindruck, dass ein gleich bleibender oder leicht abfallender Visus nach transskleraler Hinterkammerlinseneinnähung eher die Regel ist und ein postoperativ verbesserter Visus nur die Ausnahme darstellt. Tatsächlich wurde sogar einmal von Sundmacher et al. betont, dass das primäre Ziel bei dieser Art der IOL-Implantation nicht unbedingt in einer enormen Steigerung der Sehleistung besteht, sondern vielmehr darin, eine künftige Verschlechterung des Visus zu verhindern (Sundmacher et al., 1991). Aus einer Veröffentlichung von Bellucci et al. aus dem Jahre 1996 wird deutlich, dass die operierten Personen auch dann mit ihrer postoperativen Seh-

leistung zufrieden waren, wenn diese nach dem Eingriff etwas schlechter war als zuvor (Bellucci et al., 1996).

Es wird aber auch von einigen Autoren über durchaus positive Visusverläufe oder postoperative Steigerungen der Sehschärfe gesprochen. So beispielsweise bei McCluskey und Harrisberg, die 32 Augen im Schnitt über 13,3 Monate nachuntersuchten und in 94% einen verbesserten oder gleich gebliebenen Visus konstatierten (McCluskey, Harrisberg, 1994).

Einen besseren Visus im Vergleich zur präoperativen Situation hatten immerhin 90,9% der 32 operierten Augen bei Brunette et al. Die mittlere Nachbeobachtungsdauer betrug hierbei 23,6 Monate (Brunette et al., 1994).

Ähnliches publizierten Uthoff und Teichmann. Sie fanden postoperativ einen unveränderten oder verbesserten Visus bei einem Anteil von 92% aller operierten Augen, dies entsprach 574 von 624 Augen (Uthoff, Teichmann, 1998).

Eine relativ gute Bilanz zogen auch Evereklioglu et al. Sie konnten 51 Augen, denen eine HKL transskleral eingenäht worden war, über eine durchschnittliche Zeit von 34 Monaten verfolgen. 90,2% dieser Augen hielten oder verbesserten postoperativ ihre frühere Sehleistung, wobei 88,2% sogar eine Sehleistung von 0,5 oder besser erreichen konnten (Evereklioglu et al., 2003).

Eine äußerst aussagekräftige Studienreihe ist darüberhinaus die von Güell et al. Die besagte Forschungsgruppe beleuchtete retrospektiv die Resultate der transskleralen Sulcusnahtfixation von Hinterkammerlinsen aus Veröffentlichungen der letzten 15 Jahre. Es wurden dabei 81 zwischen November 1989 und Juli 2003 publizierte Werke mit vergleichbaren Studienpopulationen und Nachuntersuchungszeiten gegenübergestellt. Im Schnitt war der postoperative Visus (0,5) aller begutachteten Arbeiten besser als der präoperative (0,1), was bedeutet, dass über eine repräsentative Zeitspanne die angestrebte visuelle Rehabilitation durch die transsklerale HKL-Einnähtung bei einem Großteil der eingeschlossenen Studien erzielt werden konnte (Güell et al., 2004).

Es erscheint als bestehe ein Widerspruch zwischen diesen Berichten von einerseits eher unveränderten und andererseits relativ guten postoperativen Visusverläufen. Angesichts unterschiedlichster Ausgangssituationen der jeweils untersuchten Patientestämme und verschieden langer Beobachtungszeiträume ist es jedoch dennoch plausibel, dass sich die Ergebnisse mehrerer Autoren voneinander unterscheiden. Ferner ist noch-

mals die Rolle der präoperativen Diagnosen anzusprechen, welche, wie auch in unserem Fall, einen determinierenden Faktor für die Visusentwicklung darstellen. In manchen Fallreihen bestand das betreffende Kollektiv aus weniger vorbelasteten Patienten und in anderen wiederum aus stärker vorbelasteten Patienten, was sich schließlich postoperativ auch in der Entwicklung von Visus oder Refraktion widerspiegelte.

4.6 Netzhautbefunde

Ein Bestandteil der vorgestellten Arbeit war es, die Häufigkeit des postoperativen Auftretens von zystoiden Makulaödemen oder Netzhautablösungen zu beleuchten. Ihre Inzidenz zu verringern zählt zu den vorrangigen Operationszielen in der Kataraktchirurgie und bei der Implantation von intraokularen Linsen, da diese unter anderem einen Grund für eine verminderte postoperative Visusentwicklung darstellen können (Fong, Ferris, 2004; Mimura et al., 2004).

Viele Autoren vertreten die Meinung, dass es durch die Anwendung einer transskleral eingenähten HKL in Augen mit fehlendem Kapselhalteapparat weitaus seltener postoperativ zu zystoiden Makulaödemen kommt, als bei Anwendung einer VKL (Bleckmann, Kaczmarek, 1994; Brunette et al., 1994; Sundmacher et al., 1991; Wagoner et al., 2003). Eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für eine Netzhautablösung kann hingegen in Fällen traumatischer Vorschädigung, bei einfachen oder multiplen Voroperationen oder bei vorbestehender Aphakie bestehen (Dillinger, 2000). Dies war auch bei einem Großteil der in dieser Arbeit untersuchten Augen der Fall.

Schrader et al. fanden in früheren Untersuchungen ein 20-fach erhöhtes Risiko für Pseudophakieamotio nach einem Defekt der hinteren Kapsel (Schrader et al., 1994). Eine noch weiterführende Ansicht haben Mimura et al., wonach zystoide Makulaödeme nach transskleraler Sulkusnahtfixation von Hinterkammerlinsen eher die Tendenz zu persistieren zeigen als nach unkomplizierter Kataraktoperation mit IOL-Implantation. Als Grund hierfür wird die häufige akzidentielle Ruptur der Hinterkapsel in einer vorausgehenden Operation genannt, sodass die Blutkammerwasserschranke schon vor der sekundären Implantation beschädigt worden sein könnte (Mimura et al., 2004). Alle

Augen des hier besprochenen Kollektivs hatten einen teilweisen oder vollständigen Defekt der hinteren Kapsel.

Ferner konstatierten Bhagwandien et al., dass für Patienten die eine unerwartete Hinterkapselruptur erlitten, eine tiefere Vorderkammer haben oder jüngeren Alters sind, eine erhöhte Gefahr der Netzhautablösung bestehe. Diese Schlüsse zogen sie anhand von Regressionsanalysen aus einer Studie mit 3921 nachuntersuchten Patienten (Bhagwandien et al., 2006).

Trotz dieser Vielzahl an prädisponierenden Faktoren, welche der Großteil der Patienten in der vorliegenden Untersuchung aufwies, offenbarten die Ergebnisse ein nur geringes postoperatives Auftreten von zystoiden Makulaödemem und Netzhautablösungen. Hinzuzufügen ist auch, dass die meisten der pathologischen Befunde behandelt werden konnten oder reversibel waren:

Drei Patienten hatten ein zystoides Makulaödem, zwei davon nach 6 Wochen (3,4%), einer nach einem Jahr (2,3%). Eines der nach 6 Wochen entstandenen Ödeme konnte durch Laserbehandlung und Medikamente zum Abklingen gebracht werden, der andere Patient erschien nicht wieder. Das Makulaödem das nach einem Jahr auftrat resorbierte von selbst.

Drei Patienten hatten eine Netzhautablösung, zwei davon nach 6 Wochen (3,4%) und einer nach 3 Jahren (3,2%). Die beiden ersteren konnten mittels einer Cerclage nach einem viertel Jahr wieder adaptiert werden, letzterer erschien zu keiner weiteren Untersuchung mehr (die Prozentzahlen sind auf die jeweils erschienene Anzahl an Patienten bezogen).

Die Werte die in der Literatur bezüglich der Inzidenz von zystoiden Makulaödemem nach transskleraler HKL-Einnäherung zu finden sind bewegen sich zwischen 0 und 20%. Die Aussagen zum Vorkommen von Netzhautablösungen befinden sich in einem Bereich zwischen 0 und 8,2% (Dillinger, 2000; Helal et al., 1996; Hillermann, 1996; Kaynak et al., 2004; Llacer, 2005; Lee et al., 1998; Mimura et al., 2004; Sasahara et al., 2005; Uthoff, Teichmann, 1998; Vote et al., 2006). Hierbei ist es wiederum nicht möglich einen absoluten Vergleich zwischen all diesen Publikationen zu ziehen, da jede von

unterschiedlichsten Bedingungen beeinflusst wurde und sowohl die Dauer der Nachbeobachtungen als auch die Fallzahlen differieren.

So stellten Helal et al. in ihrer Untersuchung lediglich eine Amotio retinae (2,4 %) und keine Makulaerkrankung bei 41 operierten Patienten fest (Helal et al., 1996).

Bei Hillermann ist die Rede von 3 Amotiones retinae (5%) nach transskleraler HKL-Einnähung an 60 Augen (Hillermann, 1996).

36 aus 624 Augen (5,8 %) entwickelten in der Reihe von Uthoff und Teichmann ein zystoides Makulaödem, lediglich 9 Augen (1,4 %) hatten eine Ablatio retinae (Uthoff, Teichmann, 1998).

Lee et al. hatten 122 Augen mit einer transskleral eingenähten HKL versehen und über mindestens 12 Monate nachuntersucht. Sie befundeten 7mal (5,7%) eine Ablösung der Netzhaut (Lee et al., 1998).

Dillinger beobachtete an 27 Augen nicht mehr als ein zystoides Makulaödem (3,7%) und eine Ablatio retinae (3,7%) (Dillinger, 2000).

Im Jahr 2004 präsentierten Kaynak et al. eine Studie mit 20 Patienten, denen eine faltbare IOL durch transsklerale Sulkusnahtfixation implantiert worden war. Faltbare Linsen erfordern eine relativ kleine Inzision von ca. 3,5 mm, im Gegensatz zu starren Linsen, die einen Zugang von ca. 10 mm benötigen. Durch die kleine Inzision, die sich zumeist ohne Nähte selbst verschließt, soll vornehmlich das Risiko eines postoperativen Astigmatismus verringert werden. Kaynak et al. fanden aber ebenfalls heraus, dass postoperativ Netzhautpathologien selten auftraten. Kein Auge zeigte eine Netzhautablösung, lediglich 2 entwickelten ein zystoides Makulaödem (10%). Diese konnten mittels einer Kortikosteroidtherapie zum Abheilen gebracht werden (Kaynak et al., 2004).

Ferner berichteten Mimura et al. 2004 nach einer zweijährigen Beobachtungszeit von 3 zystoiden Makulaödemem unter 15 untersuchten Patienten. Wegen der kleinen Fallzahl ergab sich eine relativ hohe Prozentzahl von 20%. Nach einer außergewöhnlich langen Folgeuntersuchungszeit von insgesamt 12 Jahren wurde jedoch keines der zystoiden Makulaödeme wieder diagnostiziert (Mimura et al., 2004).

In einer Veröffentlichung von Sasahara et al. (2005) trat bei 4 von 95 Augen (4,2%) eine Netzhautablösung und bei 2 von 95 Augen (2,0%) ein zystoides Makulaödem auf. In einer zweiten, während der Operation endoskopisch unterstützten Gruppe traten

überhaupt keine pathologischen postoperativen Netzhautbefunde auf (Sasahara et al., 2005).

Lediglich eine Amotio retinae (1,9%) und ein rezidivierendes zystoides Makulaödem (1,9%) traten bei 53 von Llacer beobachteten Individuen auf (Llacer, 2005).

Nach einer durchschnittlichen Beobachtungsdauer von 6 Jahren fielen in einer Fallreihe von Vote et al. mit 61 Augen von 48 Patienten im Ganzen 5 Augen (8,2%) mit einer Amotio retinae auf. Zwei der Amotiones retinae waren schon in der frühen postoperativen Phase diagnostiziert worden (Vote et al., 2006).

Güell et al. begutachteten in ihrer umfangreichen Auswertung der Ergebnisse von Publikationen über die transsklerale HKL-Nahtfixation aus den letzten 15 Jahren auch das postoperative Vorkommen von Netzhautablösungen und zystoiden Makulaödem. Ihre Werte veranschaulichen, dass die Inzidenz dieser Komplikationen, bei Betrachtung verschiedenster Studien über einen längeren Zeitraum, als nicht sehr häufig eingestuft werden kann: Zwischen 1989 und 1993 traten nur nach 0,85% der Operationen eine Ablatio retinae und nach nur 0,58% der Fälle ein zystoides Makulaödem auf. Zwischen 1994 und 1998 gab es 0,94 % an postoperativen Netzhautablösungen und 2,07% zystoide Makulaödeme. Ähnlich fielen die Werte für den Zeitraum von 1999 bis 2003 aus, die Ablatio retinae wurde mit 0,83% und das zystoide Makulaödem mit 2,92% angegeben (Güell et al., 2004)

Bezüglich der vorliegenden Arbeit ist als äußerst positiv zu bewerten, dass sich unter den 28 schon vor der Operation pseudophaken Patienten bei den Folgeuntersuchungen keine Netzhautablösung fand, da verschiedene Autoren das Risiko einer Pseudophakie-Ablatio nach einer IOL-Implantation mit 0,3 - 1,7% angeben (Balmer et al., 1991; Coonan et al., 1985; Gassmann, 1988; Girard et al., 1991). Da immerhin über die Hälfte der in der vorgestellten Studie untersuchten Patienten präoperativ schon pseudophak gewesen waren, hätte möglicherweise bei diesen ein erhöhtes Risiko für eine Ablatio retinae aufgrund der früheren Pseudophakie bestehen können.

Dass die nach transskleraler Sulkusnahtfixierung von Hinterkammerlinsen in Erscheinung tretenden zystoiden Makulaödeme von selbst resorbieren können, berichten auch

andere Autoren (Adam et al., 1995; Schreiber, 1996). Bei der Nachuntersuchung von 38 Patienten stellten Adam et al. zwei zystoide Makulaödeme (5,2%) fest, beide bildeten sich zurück. Darüberhinaus bekräftigten sie, dass die Nahtfixation ihres Ermessens nach keine Schuld an drei von ihnen befundeten Netzhautablösungen (7,9%) trage, da an den entsprechenden Augen bereits mehrmals vitreoretinale Eingriffe erfolgt seien (Adam et al., 1995). Auch in der vorliegenden Untersuchung waren die Patienten mit Amotio retinae nicht zum ersten Mal operiert worden und litten präoperativ an Glaskörperblutung oder zeigten sich im Zustand nach Contusio bulbi. Schreiber berichtete von 5 (5,4%) transitorischen zystoiden Makulaödemem und 2 (2,2%) Netzhautablösungen bei einer Gesamtzahl von 93 ausgewerteten Individuen (Schreiber, 1996).

All diese Literaturangaben verdeutlichen, dass die Inzidenz von zystoiden Makulaödemem und Netzhautablösungen in der vorgestellten Fallreihe die übliche Komplikationsrate nach transskleraler Sulkusnahtfixation von Hinterkammerlinsen nicht übersteigt. Es wird zudem veranschaulicht, dass diese Komplikationen nicht dauerhaft persistieren müssen, da 4 von 6 der in der vorliegenden Arbeit aufgetretenen Netzhautpathologien behoben werden konnten oder von selbst rezidierten.

4.7 Notwendigkeit weiterer operativer Maßnahmen

Bei zwei Patienten wurde während der Nachuntersuchungen die Notwendigkeit eines erneuten operativen Eingriffs diagnostiziert.

Bei einem der Patienten zeigte die Ausgangsdiagnose mehrere pathologische Befunde auf. Nach sieben Monaten musste eine Exzision von Traktionssträngen mittels Laser vorgenommen werden, die auch präoperativ schon festgestellt worden waren.

Bei dem anderen Patient hatte sich präoperativ eine IOL in den Glaskörperraum subluxiert, welche entfernt werden musste. Schon der Aufnahmebefund erwähnte temporal der Makula einige Drusen. Etwa ein Jahr postoperativ erhielt dieser Patient aufgrund temporaler Gefäßblutungen eine Laserbehandlung.

Da beide Patienten schon präoperativ an den Pathologien litten, aufgrund derer sie sich erneut behandeln lassen mussten, kann dies nicht als Folge der HKL-Einnähung angesehen werden.

4.8 Postoperative Dislokation der HKL

Keine der in dieser Untersuchung transskleral eingenähten Hinterkammerlinsen dislozierte während der 3-jährigen Nachbeobachtungszeit, was durchaus als zufriedenstellendes Resultat gewertet werden kann. Betrachtet man die Prozentzahlen für Linsendislokationen, die in der Literatur genannt werden, so bewegen diese sich zwischen 0 und 23%.

In einer retrospektiven Untersuchung von Heidemann und Dunn wurden 56 Patienten über eine mittlere Dauer von 11,1 Monaten nachuntersucht. In zwei Fällen wurde eine dezentrierte Linse (3,5%) und bei sechs Patienten eine Linsenkipfung (11%) befundet, jedoch keine totale Dislokation (Heidemann, Dunn, 1990).

Hillermann erwähnte lediglich eine dislozierte Linse (1,6%) aufgrund starker postoperativer Blutung bei einer Gesamtzahl von 60 operierten Augen. An einer weiteren HKL musste eine Refixation einer der beiden Linsenlaptiken vorgenommen werden (Hillermann, 1996).

In der Untersuchung von Dillinger dislozierte ebenfalls nur eine einzige Linse (4%) bei 27 nachbeobachteten Augen mit transskleral eingenähter HKL (Dillinger, 2000).

Sasahara et al. diagnostizierten bei 22 Augen (23%) ihrer Studienreihe eine Linsendislokation. Es waren 95 Augen über mindestens 3 Monate nachbeobachtet worden. In einer intraoperativ endoskopisch kontrollierten Vergleichsgruppe, bestehend aus 26 Augen, ereignete sich hingegen keine einzige Dislokation (Sasahara et al., 2005).

Die Dislokation einer transskleral eingenähten HKL kann sich aus mehreren Gründen ereignen.

Häufig geschieht dies nach traumatischen Ereignissen oder bei Patienten mit Marfan-Syndrom (Kim et al., 2003).

Mehrere Autoren haben auch, zum Teil unter Anwendung von Ultraschallbiomikroskopie, die Möglichkeit eines postoperativen Verkippens oder Dezentrierens einer IOL mit skleranahtfixierten Laptiken belegt (Apple et al., 1998; Hayashi et al., 1999; Hudde et al., 1997; Llacer, 2005; Pavlin et al., 1993; Sewelam et al., 2001; Schreiber, 1996), was prädisponierend für eine nachfolgende Luxation sein könnte (Hudde et al., 1997).

Es besteht weiterhin die Möglichkeit, dass mehrere Jahre postoperativ die an der IOL angebrachten Befestigungsnähte reißen können und auf diese Art eine Dislokation der Kunstlinse provoziert wird. Assia et al. beobachteten ein solches Phänomen bei 4 von 7 Augen drei bis neun Jahre nach transskleraler HKL-Implantation (Assia et al., 2002). Dies wurde außerdem in einer Studie von Kim et al. erwähnt, dort kam es bei einem von sieben Patienten zu selbigem Phänomen (Kim et al., 2003). Diesbezüglich äußerten sich auch Lubniewski et al., welche an 3 Augen histologisch den Einfluss der Nähte auf die Stabilität der Linse überprüften. In einem Fall fiel die Linse in den Glaskörperraum zurück, nachdem die Befestigungsnähte von extraokulär durchtrennt worden waren (Lubniewski et al., 1990). Des Weiteren fanden Vote et al. bei 17 von 61 Augen (27,9%) mit transskleral eingenähter HKL, die sie über eine mittlere Zeit von 6 Jahren nachbeobachteten, gerissene Polypropylenenähte. Bei mehr als der Hälfte aller Augen (57%), die von Vote et al. postoperativ erneut operiert werden mussten, geschah dies aufgrund von Nahtbruch (Vote et al., 2006). In früheren Studien wurde häufig der Standpunkt vertreten, dass eine feste Verankerung der HKL gleichermaßen von der Lage der Haptiken im Ziliarsulkus und von den Skleranähten abhängt (Soong et al., 1989). Es scheint aber nach den Schlüssen von Assia et al., Kim et al., Lubniewski et al. und Vote et al., dass die Stabilität einer transskleral eingenähten HKL in erster Linie von intakten Nähten abhängig ist und weniger von einer fibrösen Einkapselung der Haptiken oder deren Lage im Sulcus ciliaris.

Die vorliegende Untersuchung, bei der keine postoperative HKL-Dislokation auftrat, bekräftigt die Erkenntnisse anderer Autoren, nach denen dies bei transskleraler HKL-Einnähtung eine eher seltene Komplikation darstellt.

5 Zusammenfassung

Die transsklerale Einnähung von Hinterkammerlinsen ist heutzutage eine etablierte Operationstechnik zur funktionellen Rehabilitation von Augen mit teilweise beschädigtem oder gänzlich fehlendem Kapselhalteapparat.

In der vorgestellten Studie wurden die Akten von 65 Patienten retrospektiv ausgewertet, denen von einem Operateur im Zeitraum von April 1996 bis März 2004 eine HKL nach der modifizierten Methode von Mittelviehhaus und Wiek transskleral eingenäht wurde. 39 (60%) der Patienten waren männlich und 26 (40%) weiblich. Der Altersdurchschnitt betrug 64,9 Jahre (9-90 Jahre). Der Großteil der Augen war voroperiert und hatte einen oder mehrere zusätzliche pathologische Befunde. 36 der Patienten waren vor dem Eingriff pseudophak, 21 waren aphak und 8 waren phak. Der Eingriff dauerte bei den 65 Patienten im Mittel $70,4 \pm 18,0$ Minuten (38-136 Minuten). Die Nachuntersuchungen erfolgten 6 Wochen, 24 Wochen, 52 Wochen und 3 Jahre nach der Operation. Die mittlere Nachbeobachtungsdauer betrug 20 Monate (0-3,4 Jahre). Nach 6 Wochen erschienen 59 Patienten, nach 24 und 52 Wochen jeweils 44 Patienten und nach 3 Jahren noch 33 Patienten zur Nachuntersuchung.

Wie die Ergebnisse zeigten, betrug die Refraktionsabweichung nach einem Jahr im Mittel 1,73 dpt. Innerhalb ± 2 dpt befanden sich 61,76% der Patienten und innerhalb ± 1 dpt 29,41% der Patienten. Nach 3 Jahren lag die Refraktionsabweichung im Mittel bei 1,82 dpt. 60% befanden sich innerhalb ± 2 dpt und 36% innerhalb ± 1 dpt. Die Refraktionsaberration zeigte eine deutlich myope Tendenz, denn bei den jeweiligen Untersuchungen waren 65%, 74% und 72% der Werte myoper als die berechnete Zielrefraktion.

Der präoperative Durchschnittsvisus betrug 0,27, nach 3 Jahren lag er bei 0,33. Nach 3 Jahren waren bei 52% der erschienenen Patienten die Visuswerte besser, bei 39% schlechter und bei 9% unverändert im Vergleich zu den präoperativ ermittelten Werten. Insgesamt fand eine leichte Visusverbesserung statt.

Postoperativ unerwünschte Befunde stellten 3 zystoide Makulaödeme (2 nach 6 Wochen, 1 nach einem Jahr) und 3 Netzhautablösungen (2 nach 6 Wochen, 1 nach 3 Jahren) dar. Von den beiden nach 6 Wochen aufgetretenen zystoiden Makulaödemem konnte eines behandelt werden, der andere Patient erschien zu keiner weiteren Untersuchung.

Das Ödem, das nach einem Jahr aufgetreten war, resorbierte von selbst. Die beiden nach 6 Wochen aufgetretenen Ablationes wurden mit einer Cerclage wieder zum Anliegen gebracht, der andere Patient mit Ablatio erschien zu keiner der weiteren Untersuchungen.

Bei zwei Patienten musste ein weiterer Eingriff erfolgen, jedoch nicht unmittelbar aus Gründen der HKL-Einnähung.

Postoperativ ereigneten sich keine Linsendislokationen.

Die Ergebnisse unserer Arbeit bezüglich des postoperativen Visusverlaufs, der Refraktionsaberration, des Auftretens von Netzhautpathologien und HKL-Dislokation bewegen sich innerhalb der in der Literatur angegebenen Häufigkeiten. Man sollte dabei allerdings berücksichtigen, dass unterschiedliche Studienbedingungen und Patientengüter ebenso wie differierende Untersuchungszeiträume die Grundlage für eine absolute Vergleichbarkeit entziehen.

6 Glossar

Ablatio retinae = Netzhautablösung (auch „Amotio retinae“)

Aniseikonie = Bildgrößendifferenz

Chalkosis = Ablagerung von Kupferionen um die Fovea

CI = Konfidenzintervall

Contusio bulbi = stumpfes Augapfeltrauma

dpt = Dioptrien

ECCE = extrakapsuläre Kataraktextraktion

Ectopia lentis = Linsenverlagerung

Haptik = Halteelement

HKL = Hinterkammerlinse

ICCE = intrakapsuläre Kataraktextraktion

IOL = Intraokularlinse

Iridodonesis = Irisschlottern

Iris capture = Einklemmung der Linse in der Iris

Katarakt („die“) = Linsentrübung

LA = linkes Auge

PEX = Pseudoexfoliationssyndrom

Phakoemulsifikation = Linsenverflüssigung

PPV = Pars-plana-Vitrektomie

Pseudophako = Kunstlinse

RA = rechtes Auge

Synechie = Verklebung der Iris mit der Linsenkapsel

VKL = Vorderkammerlinse

Z.n. = Zustand nach

7 Anhang

Auf der folgenden Seite wird ein Fragebogen der Art illustriert, wie er in dieser Studie zur Anwendung gekommen ist:

Name		akt.nr	Akte	<input type="checkbox"/> rot
sex	Diagnose			<input type="checkbox"/> ehf
alter				<input type="checkbox"/> poli
				<input type="checkbox"/> fehlt

B: Befunde vor Einnähung
Grund für IOL Einnähung komplizierte Vorop. sekund. Implantation nach traumat. Aphakie
 komplizierte Vorop. gleiche OP prim. Implantation nach traumat. Aphakie
Befund OpAuge sekund. Dislokation einer HKL sonstige Aphakie
 Makula oB phak pseudophak Trauma Cystoides Makulaödem Sehbehinderung andere Ursache gesund

Befund anderes Auge
 Makula oB phak pseudophak Trauma Cystoides Makulaödem Sehbehinderung andere Ursache gesund

Visus bei Indikationsstellung OPauge **Visus bei Indikationsstellung Partnerauge**
zum OP-Zeitpunkt besseres Auge behandelt? Op Auge besser gleich schlechter als Partnerauge

C: Angaben zur Op am **HKLTyp** Morcher 66 Morcher 67G andere (spezifizieren!)
BemeOpMethode **IOL Einnähung** Sulcus, kanüliengeführt Sulcus, andere Methode

D: Nachbeobachtung
VV Bef 6 Wochen Netzhaut anliegend, Makula trocken Netzhautablösung, weitere Operation nötig
 ±2 Wochen Cystoides Makulaödem weitere Operation geplant, anderer Grund
Visus 6 wo

Refraktion berechnet sph Äquivalent 6Wo **Refraktion erzielt sph Äquivalent 6Wo**
VV Bef 24 Wochen Netzhaut anliegend, Makula trocken Netzhautablösung, weitere Operation nötig **Visus 24 wo**
 ±2 Wochen Cystoides Makulaödem weitere Operation geplant, anderer Grund
Visus Partnerauge 24Wo

VV Bef 52 Wochen Netzhaut anliegend, Makula trocken Netzhautablösung, weitere Operation nötig **Visus 52 wo**
 ±4 Wochen Cystoides Makulaödem weitere Operation geplant, anderer Grund
Visus Partnerauge 52 Wo
Refraktion erzielt sph Äquivalent 52Wo

VV Bef 3 Jahre Netzhaut anliegend, Makula trocken Netzhautablösung, weitere Operation nötig **Visus 3 J**
 -12 Wochen Cystoides Makulaödem weitere Operation geplant, anderer Grund **Visus 3 J**
Angio? prä post kein **Foto?** prä post kein **Refraktion erzielt sph Äquivalent 3Jahre**

E: Angaben zur Auswertungsqualität und für Rückfragen **Einschluß?** ja nein
ausr. FU? ja nein 6mon 12mon 3 Jahre **Datensatz zuletzt geändert am** 21.03.06
Patient Adresse **Patient Telefonnummer**
Augenarzt Name **Augenarzt Telefonnummer**
AArufen J N

F: Bemerkungen

G: automatisch berechnete Werte

Visusverlauf 6mon **Partnerauge 12mon**
Visusverlauf 12mon **Partnerauge präop**
Sehfunktion seit Op

Tabelle 7:

Visus	Geschlecht	n	MW	ST	p
operiertes Auge	männlich	39	0,273	0,313	0,63
	weiblich	25	0,260	0,297	
Partnerauge	männlich	39	0,849	0,247	0,00007***
	weiblich	25	0,522	0,348	

Tabelle 7. *Visus bei Indikationsstellung unterteilt nach Geschlecht. MW = Mittelwert, ST = Standardabweichung (p aus dem U-Test nach Mann und Whitney).*

Tabelle 8:

		Präoperativer Visus							
		Operiertes Auge				Partnerauge			
		n	MW	ST	p	n	MW	ST	p
Diabetische Retinopathie	ja	5	0,033	0,017	0,045*	5	0,270	0,333	0,0055**
	nein	59	0,288	0,309		59	0,759	0,302	
Ablatio Retinae	ja	3	0,182	0,276	0,53	3	0,473	0,405	0,25
	nein	61	0,273	0,307		61	0,733	0,325	
Glaukom	ja	4	0,475	0,206	0,081	4	0,988	0,225	0,084
	nein	60	0,255	0,306		60	0,703	0,329	
PEX	ja	6	0,312	0,335	0,61	6	0,783	0,264	0,87
	nein	58	0,264	0,304		58	0,715	0,337	
Path. Makulabefund	ja	8	0,065	0,069	0,030*	8	0,750	0,220	0,00026**
	nein	56	0,297	0,314		56	0,717	0,344	
GK-Blutung	ja	9	0,092	0,111	0,041*	9	0,439	0,363	0,014*
	nein	55	0,297	0,317		55	0,767	0,303	
Contusio bulbi	ja	6	0,455	0,300	0,094	6	0,983	0,160	0,021*
	nein	58	0,249	0,301		58	0,694	0,332	
Voroperiert	ja	24	0,265	0,296	0,86	24	0,817	0,334	0,041*
	nein	40	0,270	0,314		40	0,664	0,318	
Op-Komplikation	ja	18	0,252	0,222	0,46	18	0,521	0,308	0,0014**
	nein	46	0,275	0,333		46	0,800	0,307	
Andere Sehbehinderung	ja	47	0,256	0,297	0,54	47	0,663	0,329	0,015*
	nein	17	0,303	0,331		17	0,882	0,281	
Trauma	ja	14	0,377	0,405	0,60	14	0,950	0,227	0,0014**
	nein	50	0,238	0,267		50	0,657	0,327	

Tabelle 8. präoperativer Visus des operierten und des Partnerauges im Vergleich mit dem Ausgangsbefund des operierten Auges. n = 64. MW = Mittelwert, ST = Standardabweichung (p aus dem U-Test nach Mann und Whitney). PEX = Pseudoexfoliationssyndrom, path. Makulabefund = altersgebundene Makuladegeneration oder zystoides Makulaödem, GK = Glaskörper, OP-Komplikation = zuvor erfolgte, komplikationsbehaftete Kataraktoperation.

Tabelle 12:

		Operationsdauer			
		n	MW	ST	p
Diabetische Retinopathie	ja	5	79,200	14,342	0,15
	nein	60	69,700	18,226	
Ablatio Retinae	ja	3	92,000	18,520	0,029*
	nein	62	69,387	17,503	
Glaukom	ja	4	64,500	7,047	0,52
	nein	61	70,820	18,502	
PEX	ja	6	64,833	6,998	0,55
	nein	59	71,000	18,748	
Makula-Erkrankungen	ja	8	78,125	24,625	0,32
	nein	57	69,351	16,931	
GK-Blutung	ja	10	77,000	13,589	0,080
	nein	55	69,236	18,592	
Contusio bulbi	ja	6	58,167	8,998	0,039*
	nein	59	71,678	18,307	
Voroperiert	ja	25	65,080	10,966	0,034*
	nein	40	73,775	20,748	
OP-Komplikation	ja	18	70,167	11,460	0,55
	nein	47	70,532	20,110	
Zystoides Makulaödem	ja	3	60,000	10,000	0,26
	nein	62	70,935	18,241	
Trauma	ja	14	73,714	22,008	0,71
	nein	51	69,529	16,940	
Linse	aphak	21	72,714	18,687	
	phak	8	87,625	14,382	0,0011**
	pseudophak	36	65,278	16,014	
Gesamt		65	70,431	18,044	-

Tabelle 12. Operationsdauer (in Min.) und Ausgangsbefund. MW = Mittelwert, ST = Standardabweichung (p aus dem U-Test nach Mann und Whitney bzw. für die beiden letzten Tests aus der Rangvarianzanalyse nach Kruskal und Wallis). PEX = Pseudoexfoliationssyndrom, GK = Glaskörper, OP-Komplikation = zuvor erfolgte, komplizierte Kataraktoperation. n = 65.

Tabelle 17:

Visusvergleich der beiden Augen						
prae Op	24 Wo	52 Wo	3 Jahre	n	%	Summe
schlechter	schlechter	schlechter	schlechter	15	23,1	
schlechter	schlechter	schlechter	?	7	10,8	
schlechter	schlechter	?	schlechter	1	1,5	
schlechter	schlechter	?	?	2	3,1	
schlechter	?	schlechter	?	3	4,6	
schlechter	?	?	?	11	16,9	39
schlechter	schlechter	besser	schlechter	2	3,1	
schlechter	besser	besser	schlechter	1	1,5	
schlechter	besser	?	schlechter	1	1,5	4
schlechter	besser	besser	besser	2	3,1	
schlechter	schlechter	schlechter	besser	3	4,6	
schlechter	schlechter	besser	?	1	1,5	
schlechter	?	?	besser	1	1,5	7
besser	schlechter	schlechter	schlechter	1	1,5	
besser	schlechter	schlechter	?	1	1,5	
besser	besser	besser	schlechter	1	1,5	3
besser	schlechter	schlechter	besser	1	1,5	
besser	schlechter	besser	besser	1	1,5	
besser	schlechter	besser	?	1	1,5	
besser	besser	besser	besser	2	3,1	
besser	besser	besser	?	1	1,5	
besser	?	besser	besser	1	1,5	
besser	?	?	?	4	6,2	11
?	?	?	?	1	1,5	1

Tabelle 17. Operiertes Auge im Vergleich mit dem Partnerauge. Wo = Wochen. besser = das operierte Auge hat einen gleichen oder besseren Visus als das Partnerauge. ? = Keine Visusmessung. Angegeben sind Anzahl und Prozentsatz der 65 Patienten.

Abbildung 18:

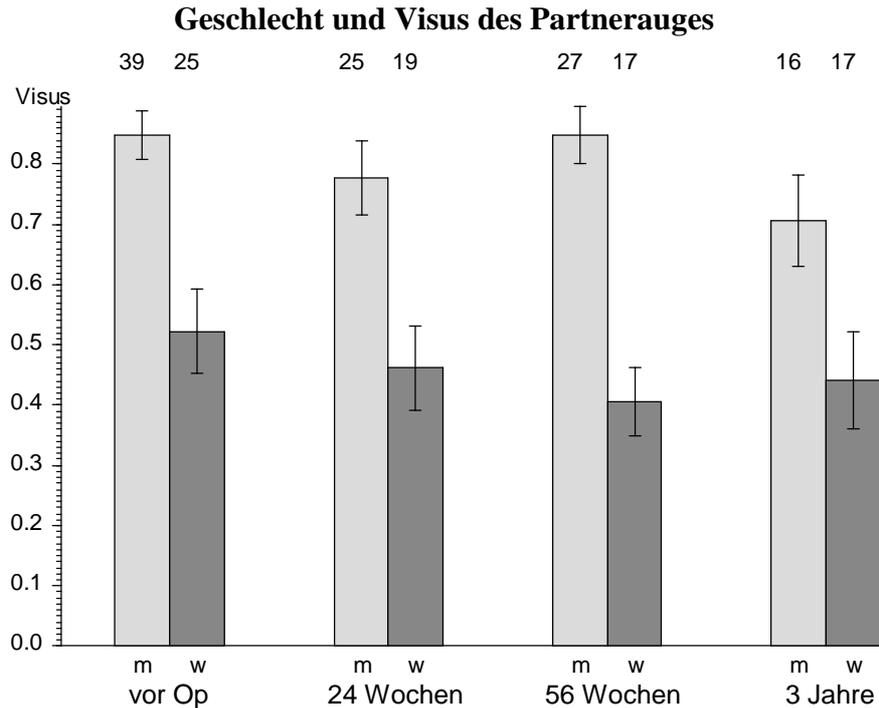


Abbildung 18. Visus des Partnerauges zu den verschiedenen Beobachtungszeiten. Dargestellt sind die Mittelwerte des Visus, getrennt nach männlichen (hell) und weiblichen Patienten (dunkel). Über den Säulen stehen die jeweiligen Patientenzahlen zu den verschiedenen Nachuntersuchungsterminen.

Tabelle 18:

		Visus Partnerauge				Visusquotient			
	Geschlecht	n	MW	ST	p	MW	ST	p	
vor Operation	m	39	0,849	0,247	0,00007***	0,354	0,383	0,016*	
	w	25	0,522	0,348		4,279	12,372		
24 Wochen	m	25	0,778	0,311	0,0016**	0,557	0,982	0,090	
	w	19	0,462	0,304		3,625	11,344		
52 Wochen	m	27	0,847	0,246	<0,000005***	0,596	0,946	0,062	
	w	17	0,406	0,238		3,994	11,994		
3 Jahre	m	16	0,706	0,302	0,040*	1,435	3,903	0,26	
	w	17	0,441	0,335		3,706	11,950		

Tabelle 18. Visus des Partnerauges und Visusquotient unterteilt nach Geschlecht. MW = Mittelwert, ST = Standardabweichung (p aus dem U-Test nach Mann und Whitney).

Tabelle 19:

Patient (31/32)	Visus prae-op	Visus 6 Wo	Visus 24 Wo	Visus 52 Wo	Visus 3 Jahre
1.Operation RA					
RA	0,2	0,2	0,2	0,3	0,5
LA	0,7	-	0,4	0,4	0,5
2.Operation LA		2 Jahre später	2 Jahre später	2 Jahre später	2 Jahre später
LA	0,1	-	0,5	0,5	0,5
RA	0,5	-	0,5	0,5	0,6
Patient (51/52)	prae-op	6 Wo	24 Wo	52 Wo	3 Jahre
1. Operation LA					
LA	0,5	0,1	0,4	0,6	0,1
RA	0,5	-	0,4	0,5	0,5
2.Operation RA		2 Monate später	2 Monate später	2 Monate später	2 Monate später
RA	0,03	0,5	0,4	0,5	0,5
LA	0,2	-	0,6	0,1	0,1

Tabelle 19. Visuswerte der beiden beidseits operierten Patienten im Verlauf der Folgeuntersuchungen. RA = rechtes Auge, LA = linkes Auge.

Tabelle 21:

Wiedervorstellungstermin				
6 Wochen	24 Wochen	52 Wochen	3 Jahre	n
–	–	–	Netzhautablös.	1
–	–	cyst.Mak.Ödem	–	1
cyst.Mak.Ödem	–	–	–	1
cyst.Mak.Ödem	?	?	?	1
Netzhautablös.	–	–	?	2
weitere Op	weitere Op	–	?	1
–	weitere Op	weitere Op	?	1
–	–	–	–	24
–	–	–	?	9
?	–	–	–	1
–	–	?	–	3
–	?	–	?	3
–	?	?	?	9
–	–	?	?	2
?	?	?	?	6

Tabelle 21. Kombination der postoperativen Netzhautbefunde. Anzahl aller 65 Patienten. – bedeutet: Netzhaut anliegend, Makula trocken. Cyst.Mak.Ödem = Cystoides Makulaödem. weitere Op = erneute Operation aus anderen Gründen geplant. Netzhautablös. = Netzhautablösung, ? = keine Angabe, da Patient nicht erschien.

Tabelle 22:

Netzhautbefund 6 Wochen nach IOL-Einnähung									
	Cyst.Mak.Ö		Netzhautabl.		Erneute Op		o.B.		p
	n	%	n	%	n	%	n	%	
Diabetes									
ja	1	20,00%	0	0,00%	1	20,00%	3	60,00%	0,034 *
nein	1	1,98%	2	3,77%	0	0,00%	50	94,34%	
Komplikation in VorOp									
ja	2	11,11%	1	5,56%	1	5,56%	14	77,78%	0,029 *
nein	0	0,00%	1	2,50%	0	0,00%	39	97,50%	
Linsenstatus									
aphak	1	5,56%	1	5,56%	0	0,00%	16	88,89%	0,0091**
phak	1	12,50%	1	12,50%	1	12,50%	5	62,50%	
pseudophak	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%	32	100,00%	

Tabelle 22. Netzhautbefund bei der Wiedervorstellung 6 Wochen nach der IOL-Einnähung und Ausgangsbefund. Anzahl und Prozentsatz der Patienten bei n = 58. Die Prozente beziehen sich auf die Zeile, d.h. auf die Befunde (p aus dem exakten Chi-Quadrat-Test nach Mehta und Patel). Cyst.Mak.Ö = Cystoides Makulaödem, Netzhautabl. = Netzhautablösung, Erneute Op = aus anderen Gründen geplante Operation, o.B. = Netzhaut trocken und anliegend.

8 Literaturverzeichnis

1. Aaberg TM, Machemer R: Vitreous band surgery. Instrumentation and technique. Arch Ophthalmol. 1972; 87 (5): 542-4
2. Adam R, Böhnke M, Körner F: Ergebnisse nach Hinterkammerlinsenimplantation mit transskleraler Sulkusnahtfixierung. Klin Monatsbl Augenheilkd 1995; 206: 286-291
3. Althaus C, Sundmacher R: Endoskopisch kontrollierte Optimierung der transskleralen Nahtfixation von Hinterkammerlinsen im Sulcus ciliaris. Ophthalmologe 1993; 90: 317-324
4. Apple DJ, Price FW, Gwin T, Imkamp E, Daun M, Casanova R, Hansen S, Carlson AN: Sutured retropupillary posterior chamber intraocular lenses for exchange or secondary implantation; the 12th Annual Binkhorst Lecture, 1998. Ophthalmology 1989; 96:1241-1247
5. Assia EI, Nemet A, Sachs D: Bilateral spontaneous subluxation of scleral-fixated intraocular lenses. J Cataract Refract Surg 2002; 28: 2214-2216
6. Balmer A, Andenmatten R, Hiroz CA: Complications de la cataract. Klin Monatsbl Augenheilkd 1991; 198: 344-346
7. Basti S, Tejaswi PC, Singh SK, Sekhar C: Outside-in transscleral fixation for ciliary sulcus intraocular lens placement. J Cataract Refract Surg 1994; 20:89-92
8. Bellucci R, Pucci V, Morselli S, Bonomi L: Secondary implantation of angle-supported anterior chamber and scleral-fixated posterior chamber intraocular lenses. J Cataract Refract Surg 1996; 22: 247-252
9. Bhagwandien AC, Cheng YY, Wolfs RC, Meurs MC, Luyten GP: Relationship between retinal detachment and biometry in 4262 cataractous eyes. Ophthalmology 2006; 113 (4): 650-656

10. Binkhorst CD: Safe all-in-the-bag-pseudophacia with a new lens design (the moustache lens). *Doc Ophthalmol* 1985; 59: 57-69
11. Bleckmann H, Kaczmarek U: Functional results of posterior chamber lens implantation with scleral fixation. *J Cataract Refract Surg* 1994; 20: 321-326
12. Böke W: Chirurgie der Linse, in Mackensen G., Neubauer H. (Hrsg.): *Augenärztliche Operationen*, 3. Auflage. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1989, S.6
13. Brunette I, Stulting RD, Rinne JR, Waring GO, Gemmil M: Penetrating keratoplasty with anterior or posterior chamber intraocular lens implantation. *Arch Ophthalmol* 1994; 112: 1311-1319
14. Burk A: *Checkliste Augenheilkunde*, 2. Auflage. Stuttgart, New York: Thieme, 1999, S.479
15. Chen W, Liu Y, Wang N, Guo Y, He M: Comparison of the effects of two types of intraocular lens. *Chin Med J* 2001; 114: 1286-1289
16. Coonan P, Fung WE, Webster RJ, Allen AJ, Abbott RL: The incidence of retinal detachment following extracapsular cataract extraction. A ten-year study. *Ophthalmology* 1985; 92: 1096-1101
17. Dahan E: Implantation in the posterior chamber without capsular support. *J Cataract Refract Surg* 1989; 15: 339-342
18. Dick HB, Augustin AJ: Lens implant selection with absence of capsular support. *Curr Opin Ophthalmol* 2001; 12 (1): 47-57
19. Dick B, Eisenmann D, Fabian E, Schwenn O: Einfacher myoper Astigmatismus. In: *Refraktive Kataraktchirurgie mit multifokalen Intraokularlinsen*. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, 1999, S.6

20. Dillinger P: Bestimmung der Lage der Hinterkammerlinsenhaptiken bezüglich des Ziliarkörpers mittels hochauflösender Sonographie. Dissertation, Medizinische Fakultät der Universität des Saarlandes, 2000
21. Draeger J, Guthoff RF: Kunstlinsenimplantation. In: Francois J, Hollwich F (Hrsg.): Augenheilkunde in Klinik u Praxis in 4 Bänden, Stuttgart, New York: Thieme, 1991, S. 6.4
22. Evreklioglu C, Er H, Bekir NA, Borazan M, Zorlu F: Comparison of secondary implantation of flexible open-loop anterior chamber and scleral-fixated posterior chamber intraocular lenses. J Cataract Refract Surg 2003; 29: 301-308
23. Fischer P: Refraktionsbilanz nach Implantation bikonvexer kapselsackfixierter Intraokularlinsen. Dissertation, Bayerische Julius-Maximilians-Universität Würzburg, 1995
24. Fjodorow SN: Anzeigen und Gegenanzeigen zur Operation. In: Implantation einer künstlichen Augenlinse. Georg Thieme Verlag, Stuttgart, New York, 1981, S. 56
25. Fong DS, Ferris FL: Kataraktchirurgie. Focal Points Juni 2004, S.12
26. Funk J: Korrektur der Refraktionsstörungen. In: Hansen, L. (Hrsg): Augenheilkunde systematisch, 1. Auflage. UNI-MED Verlag AG, Bremen, Lorch/Württemberg, 1997, S. 178 ff
27. Gassman FA: Aphakieamotiones versus Pseudophakieamotiones. Klin Monatsblatt Augenheilkunde 1988; 192: 444-447
28. Girard LJ: Pars plana phacoprosthesis (aphakic intraocular implant): a preliminary report. Ophthalmic Surg 1981; 12:19-22

29. Girard P, Gaudric A, Lequoy O, Chauvaud D, Chaine G: Pseudophakic retinal detachment. *Ophthalmologica* 1991; 203: 30-37
30. Grabow HB: Clinical Practice: Indications and techniques of intraocular lens removal. *Comp Ophthalmol Update* 2005; 6:203-12,
31. Grehn F: Erkrankungen der Linse. In: *Augenheilkunde*, 29. Auflage. Springer Medizin Verlag, Heidelberg, 2005, S. 170
32. Grehn F, Sundmacher R: Fixation of posterior chamber lenses by transscleral sutures: technique and preliminary results [letter]. *Arch Ophthalmol* 1989; 107: 954- 955
33. Gross JG, Kokame GT, v.Weinberg D: In-the-bag intraocular lens dislocation. *Am J Ophthalmol* 2004; 137:630-635,
34. Güell JL, Barrera A, Manero F: A review of suturing techniques for posterior chamber lenses. *Curr Opin Ophthalmol* 2004; 15: 44-50
35. Haigis W: Strahlendurchrechnung in Gauß'scher Optik zur Beschreibung des Systems Brille-Kontaktlinse-Hornhaut-Augenlinse (IOL), in Schott K, Jacobi KW, Freyler H (Hrsg.): 4. Kongr. d. Deutsch. Ges. f. Intraokularlinsen Implant., Essen 1990, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 233-246, 1991
36. Hayashi K, Hayashi H, Nakao F, Hayashi F: Intraocular lens tilt and decentration, anterior chamber depth, and refractive error after transscleral suture fixation surgery. *Ophthalmology* 1999; 106: 878-882
37. Heidemann DG, Dunn SP: Transsclerally sutured intraocular lenses in penetrating keratoplasty. *Am J Ophthalmol* 1992; 113: 619-625
38. Helal M, Sayyad F el, Elsherif Z, El-Maghraby A, Dabees M: Transskleral fixation of posterior chamber intraocular lenses in the absence of capsular support. *J Cataract Refract Surg* 1996; 22: 347-351

39. Hillermann K: Sulkusnahtfixierte Hinterkammerlinsenimplantation – Indikationen, Ergebnisse und Komplikationen bei 60 Augen. Dissertation, Medizinische Fakultät der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster, 1996
40. Hu BV, Shin DH, Gibbs KA, Hong YJ: Implantation of posterior chamber lens in the absence of capsular and zonular support. Arch Ophthalmol 1988; 106: 416-20
41. Hudde T, Althaus C, Sundmacher R: Postoperative ultrasound biomicroscopic evaluation of the haptic position in transsclerally sutured posterior chamber lenses as compared with the intraoperative endoscopic position. German J Ophthalmol 1997; 5: 449-453
42. Jacobi KW: Kunstlinsenimplantation, in Mackensen G, Neubauer H (Hrsg.): Augenärztliche Operationen, 3. Auflage. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, 1989, S.135
43. Jaffe NS: Atlas der ophtalmologischen Operationen, Dt. Übersetzung und Bearbeitung von Norbert Pfeiffer. Stuttgart, New York: Thieme, 1995, S. 54
44. Kaynak S, Ozbek Z, Pasa E, Oner H, Cingil G: Transscleral fixation of foldable intraocular lenses. J Cataract Refract Surg 2004; 30: 854-857
45. Kim J, Kinyoun JL, Saperstein DA, Porter SL: Subluxation of transscleral sutured posterior chamber intraocular lens (TSIOL). Am J Ophthalmol 2003; 136 (2): 382-384
46. Konen C, Dardenne, MU: Hinterkammerlinsenimplantation mit zusätzlicher Nahtfixation – Indikationen und Operationstechnik. Fortschr Ophthalmol 1984; 81: 138-139

47. Krause L, Bechrakis NE, Hoffmann F, Salditt S, Foerster MH: Pars plana Vitrektomie mit gleichzeitiger Implantation von sklerafixierten Hinterkammerlinsen. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 2004; 221 DOI: 10.1055/s-2004-837143
48. Lee JG, Lee JH, Chung H: Factors contributing to retinal detachment after transscleral fixation of posterior chamber intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 1998; 24 (5): 697-702
49. Lewis JS: Ab externo sulcus fixation. *Ophthalmic Surg* 1991; 22: 692-695
50. Lewis JS: Sulcus fixation without flaps. *Ophthalmology* 1993; 100: 1346-1350
51. Llacer H: Retrospektive Auswertung der Langzeitergebnisse sklerafixierter Hinterkammerlinsenimplantationen. Dissertation, Medizinische Fakultät der Universität zu Köln, 2005
52. Lubniewski AJ, Holland EJ, Van Meter WS, Gussler D, Parelman J, Smith ME: Histologic study of posterior chamber intraocular lenses. *Am J Ophthalmol* 1990; 110 (3): 237-243
53. Machemer R, Buettner H, Norton EWD: Vitrectomy: A pars plana approach. *Trans Amer Acad Ophthal Otolaryng* 1971; 75: 813-820
54. Malbran ES, Malbran E Jr, Negri I: Lens guide suture for transport and fixation in secondary IOL implantation after intracapsular extraction. *Int Ophthalmol* 1986; 9: 151-160
55. Manabe S, Hideyasu O, Amino K, Hata N, Yamakawa R: Ultrasound biomicroscopic analysis of posterior chamber intraocular lenses with transscleral sulcus suture. *Ophthalmology* 2000; 107: 2172-2178
56. McCluskey P, Harrisberg B: Long-term results using scleral-fixated posterior chamber intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 1994; 20: 34-39

57. McGuinness R, Kennedy I: Implantation of sutured posterior chamber intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 1995; 21: 373-375
58. Mietz H, Konen W, Heimann K: Visual outcome of secondary implantation after trauma or complicated retinal detachment surgery. *Retina* 1994; 14: 212-218
59. Mimura T, Amano S, Sugiura T, Funatsu H, Yamagami S, Araie M, Eguchi S: Refractive change after transscleral fixation of posterior intraocular lenses in the absence of capsular support. *Acta Ophthalmol Scand* 2004; 82: 544-546
60. Mittelviehhaus H, Janknecht P: Postoperative refraction and anterior chamber depth after complicated cataract surgery with vitreous loss and transscleral suture fixation of posterior chamber lenses. *Ophthalmic Surg* 1993; 24 (8): 542-545
61. Mittelviehhaus H, Wiek J: A refined technique of transscleral suture fixation of posterior chamber lenses developed for cases of complicated cataract surgery with vitreous loss. *Ophthalmic Surg* 1993; 24 (10): 698-701
62. Myake K, Asakura M, Kobayashi H: Effect of intraocular lens fixation on the blood-aqueous barrier. *Am J Ophthalmol* 1984; 98: 451-455
63. Nabors G, Varley MP, Charles S: Ciliary sulcus suturing of a posterior chamber intraocular lens. *Ophthalmic Surg* 1990; 21 (4): 263-265
64. Ober S, Reuscher A, Scharrer A, Wenzel M: Zum derzeitigen Stand der Katarakt- und refraktiven Chirurgie. Ergebnisse der Umfrage 2004 von DGII, BVA und BDOC. *Ophthalmol-Chirurgie* 2005; 17: 311-316
65. Pavlin CJ, Rootman D, Arshinoff S, Harasiewicz K, Foster FS: Determination of haptic position of transsclerally fixated posterior chamber intraocular lenses by ultrasound biomicroscopy. *J Cataract Refract Surg* 1993; 19: 573-577

66. Price FW Jr, Whitson WE: Visual results of suture-fixated posterior chamber lenses during penetrating keratoplasty. *Ophthalmology* 1989; 96: 1234-1240
67. Reiner J: Optische Gesichtspunkte zur Geometrie intraokularer Kunstlinsen. In Lang GK, Rupprecht KW, Jacobi KW, Schott K: 2. Kongreß der DGII. Enke, Stuttgart 1989, S.1-5
68. Sasahara M, Kiryu J, Yoshimura N: Endoscope-assisted transscleral suture fixation to reduce the incidence of intraocular lens dislocation. *J Cataract Refract Surg* 2005; 31: 1777-1780
69. Schmidt JC, Nietgen GW, Freiberg L, Neisskenwirth NN: Modified transscleral suture for sulcus fixation of posterior chamber lenses. *J Cataract Refract Surg* 2002; 28: 15-17
70. Schnaudigel OE: Anatomie des Sulcus ciliaris. *Fortschr Ophthalmol* 1990; 87: 388-389
71. Schneider H: Implantatekatalog, Teil II, Intraokularlinsen, Medizinischer Dienst der Spitzenverbände der Krankenkassen e.V.(Hrsg.), Fachbereich Beratungsdienste, Stand: März 2000
72. Schneider B: IOL-Berechnung und Konstantenoptimierung auf der Grundlage der Ultraschall-Biometrie. Dissertation, Bayerische Julius-Maximilians-Universität Würzburg, 2000
73. Schrader WF: Netzhaut und Glaskörper. In: Hansen, L. (Hrsg): *Augenheilkunde systematisch*, 1. Auflage. UNI-MED Verlag AG, Bremen, Lorch/Württemberg, 1997, S. 338
74. Schrader WF, Bellmann C, Hansen LL: Risikofaktoren der Pseudophakieamotio. *Ophthalmologie* 1994; 91: 801-806

75. Schreiber R: Sekundärimplantation von Hinterkammerlinsen in den Sulcus ciliaris durch transsklerale Nahtfixierung, (Eine Analyse erster klinischer Ergebnisse). Dissertation, Medizinische Fakultät der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, 1996
76. Sen HA, Smith PW: Current trends in suture fixation of posterior chamber intraocular lenses. *Ophthalmic Surg* 1990; 21: 689-695
77. Sewelam A, Ismail AM, El Serogy H: Ultrasound biomicroscopy of haptic position after transscleral fixation of posterior chamber intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2001; 27: 1418-1422
78. Soong HK, Meyer RF, Sugar A: Techniques of posterior chamber lens implantation without capsular support during penetrating keratoplasty: a review. *Refract Corneal Surg* 1989; 5 (4): 249-255
79. Spigelman AV, Lindstrom RL, Nichols BD, et al.: Implantation of a posterior chamber lens without capsular support during penetrating keratoplasty or as a secondary lens implant. *Ophthalmic Surg* 1988; 19: 396-398
80. Stark WJ, Goodman G, Goodman D, Gottsch JD: Posterior chamber intraocular lens implantation in the absence of posterior capsular support. *Ophthalmic Surg* 1988; 19: 240-243
81. Stark WJ, Gottsch JD, Goodman DF, et al.: Posterior chamber intraocular lens implantation in the absence of capsular support. *Arch Ophthalmol* 1989; 107: 1078-1083
82. Stark WJ, Whitney CE, Chandler JW, Worthen DM: Trends in intraocular lens implantation in the United States. *Arch Ophthalmol* 1986; 104: 1769-1770
83. Sundmacher R, Althaus C, Wester R: Experience with transscleral fixation of posterior chamber lenses. *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol* 1991; 229: 516-516

84. Uthoff D, Teichmann KD: Secondary implantation of scleral-fixated intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 1998; 24: 945-950
85. Uozato H, Okada Y, Hirai H, Saishin M: What is the tolerable limits of the IOL tilt and decentration. *Japanese Review of Clinical Ophthalmology* 1988; 82: 2308-2311
86. Voeske W: Refraktionsbilanz nach der Implantation von Hinterkammerlinsen. Dissertation, Bayerische Julius-Maximilians-Universität Würzburg, 1992
87. Vote BJ, Tranos P, Bunce C, Charteris DG, Da Cruz L: Long-term outcome of combined pars plana vitrectomy and scleral fixated sutured posterior chamber intraocular lens implantation. *Am J Ophthalmol* 2006; 141 (2): 308-312
88. Wagoner MD, Cox TA, Ariyasu RG, Jacobs DS, Karp CL: Intraocular lens implantation in the absence of capsular support. A report by the American academy of ophthalmology. *Ophthalmology* 2003; 110: 840-859
89. Wang GJ, Pomerantzeff O: Obtaining a high-quality retinal image with a biconvex intraocular lens. *Am J Ophthalmol* 1982; 94 (1): 87-90

Danksagung

Ich bedanke mich beim Direktor der Augen- und Poliklinik Herrn **Professor Dr. med. F. Grehn** für die Möglichkeit an seiner Klinik meine Dissertation anfertigen zu dürfen.

Mein ganz besonderer Dank gilt Herrn **Privatdozent Dr. med. W. Schrader** für die Überlassung des Themas und die Übernahme des Referats sowie die stets überaus freundliche Unterstützung und konstruktive Zusammenarbeit während der gesamten Zeit.

Mein Dank gilt ebenfalls Herrn **Professor Dr. med. G. Geerling** für die Übernahme des Koreferats.

Weiterhin möchte ich mich ganz herzlich bei **Frau Dr. rer. nat. Imme Haubitz** für die fachkundige Unterstützung bei der statistischen Auswertung bedanken.

Abschließend bedanke ich mich bei allen Mitarbeitern der Augen- und Poliklinik, im Besonderen bei den Damen der Anmeldung, den Mitarbeitern des Archivs und denen der Bibliothek, die zum Gelingen der Dissertation beigetragen haben.

Lebenslauf

Name: **Katharina Elisabeth Müller**
geboren: 19. März 1981 in Nördlingen
Eltern: Dr. med. dent. Elisabeth Müller, geborene Binninger, Zahnärztin
Dr. med. vet. Hans Karl Müller, Tierarzt

Schulischer Werdegang:

1987-1991 Besuch der Grundschule Mitte in Nördlingen
1991-2000 Besuch des Theodor-Heuss Gymnasiums in Nördlingen mit
Abschluss der allgemeinen Hochschulreife

Beruflicher Werdegang:

10/2000-07/2005 Studium der Zahnheilkunde an der Bayerischen Julius-
Maximilians-Universität zu Würzburg
07/2005-11/2005 Zahnmedizinisches Staatsexamen
12/2005 Approbation als Zahnärztin
Seit 04/2006 Assistenz Zahnärztin in freier Praxis

Würzburg, Juli 2006