

Aus der Klinik für Augenheilkunde,
Universitätsklinikum des Saarlandes, Homburg/Saar
Direktor: Prof. Dr. med. Berthold Seitz

**Frühergebnisse nach retroiridaler Implantation einer
Verisyse-Kunstlinse zur Korrektur einer Aphakie**

Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin

der Medizinischen Fakultät

der UNIVERSITÄT DES SAARLANDES

2014

vorgelegt von: Isabell Schmidt

geb. am: 05.09.1989 in Idar-Oberstein

Inhaltsverzeichnis

	Abkürzungsverzeichnis	3
1	Zusammenfassung/Summary	4
2	Einleitung.....	8
3	Patienten und Methodik.....	11
3.1	Studiendesign und Patientengut.....	11
3.2	Untersuchungsgeräte.....	11
3.3	Operationstechnik	13
3.4	Datenerhebung	15
3.5	Spezifikation der Linse	21
3.6	Kunstlinsenberechnung und Konstantenoptimierung.....	22
3.8	Statistische Verfahren	25
4	Ergebnisse.....	26
4.1	Charakterisierung des Patientenguts	26
4.2	Die Operation.....	29
4.3	Frühpostoperative Ergebnisse.....	31
4.4	Retroiridale Irisklauenlinsenimplantation und perforierende Keratoplastik.....	35
4.5	Beeinflussung des postoperativen Ergebnisses durch Begleiterkrankungen	37
4.5.1	Irisklauenlinsenimplantation bei Pseudoexfoliationssyndrom	37
4.5.2	Irisklauenlinsenimplantation bei Irisabnormalitäten.....	38
4.5.3	Irisklauenlinsenimplantation bei proliferativer diabetischer Retinopathie	38
4.5.4	Irisklauenlinsenimplantation bei glaukomatösen Erkrankungen	40
4.6	Optimierung der Kunstlinsen-Konstanten	41
5	Diskussion	43
5.1	Einsatzmöglichkeiten der retroiridalen Verisyse-Irisklauenlinse	43
5.2	Sicherheit und mögliche Komplikationen der retroiridalen Implantationstechnik.....	45
5.3	Optimierung der Kunstlinsen-Konstanten für die retroiridale Verisyse VRSA 54 Aphakie und refraktive Treffsicherheit	48
5.4	Fazit	50
6	Literaturverzeichnis	51
7	Publikation.....	56
8	Danksagung.....	57

Abkürzungsverzeichnis

ACD	anterior chamber depth
AMD	Altersbedingte Makuladegeneration
AMO	Abott Medical Optics
c.c.	cum correctione
CMÖ	Zystoides Makulaödem
DSAEK	Descemet stripping automated endothelial keratoplasty
ECCE	Extrakapsuläre Kataraktextraktion
HEED	Hornhaut-Endothel-Epithel-Dekompensation
HH	Hornhaut
HKL	Hinterkammerlinse
ICCE	Intrakapsuläre Kataraktextraktion
IOD	Intraokularer Druck
Kat-OP	Katarakt-Operation
KPL	Keratoplastik
MAR	Minimum angle of resolution
OCT	Optical Coherence Tomography
OP	Operation
Phako	Phakoemulsifikation
PDR	Proliferative diabetische Retinopathie
PCOWG	Primär chronisches Offenwinkelglaukom
PE	Pigmentepithel
PEX	Pseudoexfoliationssyndrom
PMMA	Polymethylmetacrylat
ppV	pars plana Vitrektomie
s.c.	sine correctione
SE	Sphärisches Äquivalent
SF	Surgeon Factor
SOWG	Sekundärglaukom
VKL	Vorderkammerlinse
VKT	Vorderkammertiefe

1 Zusammenfassung/Summary

Zielsetzung: Ziel der vorliegenden Arbeit ist eine retrospektive Evaluation des Einsatzes der retroiridal implantierten Kunstlinse „Verisyse VRSA 54 Aphakie“ der Firma Abott Medical Optics anhand von prä- und frühen postoperativen Befunden. Eine Optimierung der Kunstlinsenkonstanten für das Operationszentrum wurde angestrebt.

Patienten und Methoden: Anhand von Patientenakten der Klinik für Augenheilkunde des Universitätsklinikums des Saarlandes wurden Befunde aus den Jahren 2007 bis 2012 nach retroiridaler Implantation einer Verisyse-Irisklauenlinse retrospektiv erhoben. Eingeschlossen wurden Patienten, denen aufgrund eines fehlenden Kapselsacksupports eine retroiridale Verisyse-Irisklauenlinse implantiert worden war. Ausschlusskriterien waren eine Rubeosis iridis und große Irisatrophie. Die Daten wurden in eine in Microsoft Access 2010 erstellte Datenbank eingetragen. Indikationen, Voroperationen, Begleiterkrankungen, biometrische Daten, intraokularer Druck, Komplikationen, postoperative Refraktion sowie refraktive Treffsicherheit wurden untersucht. Für die Individualisierung der Kunstlinsenkonstanten wurde die postoperative Refraktion in die jeweiligen Formeln zur Kunstlinsenstärkeberechnung eingesetzt und nach den Konstanten aufgelöst. Die Berechnung wurde in Visual Basic für Microsoft Excel 2010, die Statistik mit IBM SPSS 19 durchgeführt. Die postoperative Nachbeobachtungszeit betrug durchschnittlich 31 Tage.

Ergebnisse: 148 Augen von 146 Patienten wurden in die Studie eingeschlossen. 18 Augen hatten simultan zur Kunstlinsenimplantation eine Keratoplastik erhalten. Häufigste Indikation für die retroiridale Implantation war die Luxation einer Hinterkammerlinse. An zweiter und dritter Stelle folgten primäre Kataraktchirurgie und die Implantation der Verisyse-Linse im Rahmen einer sekundären Kunstlinsenimplantation zur Aphakiekorrektur. Seltene Indikationen stellten eine Ektopia lentis infolge eines Marfan-Syndroms oder einer Homocysteinurie dar. Als häufigste Begleiterkrankungen lagen Diabetes mellitus und Pseudoexfoliationssyndrom vor. Siebenundsechzig Prozent der Augen waren bereits voroperiert. Postoperativ lag der intraokulare Druck im normotensiven Bereich. Ein erhöhtes Auftreten eines Vorderkammerreizzustandes wurde auf die große Zahl an Diabetikern mit Blut-Kammerwasser-Schranken-Störungen zurückgeführt. Bei Patienten mit simultaner Keratoplastik zeigte sich kein wesentlicher Endothelzellverlust im Vergleich zur Fachliteratur. Als Komplikationen traten neben

Hornhautödemen und geringer Dezentrierungsrate eine leicht erhöhte Inzidenz und Progredienz an zystoidem Makulaödem im Vergleich zu kapselsackfixierten Hinterkammerlinsen auf. Von 52 Augen konnte ein kompletter Datensatz zur Kunstlinsenkonstanten-Berechnung erhoben werden. Die erhaltenen Kunstlinsenkonstanten differierten leicht von den vom Hersteller empfohlenen Werten. Es ergab sich in Anbetracht der zum Teil schwierigen Ausgangssituation der Augen eine zufriedenstellende refraktive Treffsicherheit der Verisyse-Kunstlinse von 77% in einem ± 2 dpt Intervall. Nach alleiniger Implantation einer Verisyse-Irisklauenlinse konnte ein Visus cum correctione am letzten Nachbeobachtungstermin von $0,5 \pm 0,3$ (Minimum: 0,05; Maximum: 1,2) und nach gleichzeitig durchgeführter Keratoplastik ein Visus cum correctione von $0,4 \pm 0,2$ (Minimum: 0,1; Maximum: 0,7) erzielt werden.

Schlussfolgerung: Insgesamt ist die retroiridal eingesetzte Verisyse-Irisklauenlinse eine sichere und komplikationsarme Alternative bei fehlendem Kapselsacksupport mit einem breiten Indikationsspektrum. Für die zuverlässige Vorhersage des refraktiven Ergebnisses sollte jedoch eine Optimierung der Kunstlinsenkonstanten für das jeweilige Operationszentrum erfolgen.

Early results after retroiridal implantation of a Verisyse intraocular lens for correction of aphakia

Purpose: The objective of this study is a retrospective evaluation of the retroiridally implanted Verisyse VRSA 54 aphakic intraocular lens (Abott Medical Optics) based on pre- and postoperative diagnostic findings as well as an individualization of the intraocular lens constants for our operation center.

Patients and Methods: Based on patient charts results after retroiridal implantation of a Verisyse iris-claw lens at the Department for Ophthalmology, Saarland University Hospital performed in the time interval 2007 to 2012 were analysed retrospectively. Patients with retroiridal Verisyse iris-claw lens implantation due to a lack of capsular support were included. Exclusion criteria were rubeosis iridis and large iris atrophy. The data was entered into a Microsoft Access 2010 database. Indications, previous surgical intervention, accompanying diseases, biometrical data, intraocular pressure, complications, postoperative visual acuity and refractive outcome were analysed. For the individualization of the intraocular lens constants the postoperative refraction was entered into the formulas for intraocular lens power calculation in Visual Basics for Microsoft Excel 2010 and the equations were solved for the intraocular lens constants. Statistical analysis was performed with IBM SPSS 19. The mean postoperative follow-up period was 31 days.

Results: 148 eyes of 146 patients were included. Eighteen eyes underwent penetrating keratoplasty and iris claw lens implantation simultaneously. The most frequent indication for the retroiridal implantation was a luxation of a posterior chamber intraocular lens followed by primary cataract surgery and secondary implantation of an iris-claw lens in aphakia. Rare indications were ectopia lentis due to Marfan's syndrome and homocystinuria. Frequent accompanying diseases were pancreatic diabetes and pseudoexfoliation of lens capsule. Seventy-six percent of the eyes showed a history of eye surgery. The postoperative intraocular pressure was within the normal range. Due to patients with diabetes with dysfunction of blood-aqueous barrier a high rate of inflammation of anterior chamber was observed. Patients with simultaneous penetrating keratoplasty did not show significant endothelial cell loss in comparison to patients with keratoplasty without intraocular lens implantation. Complications were corneal edema, decentration of the intraocular lens and a more frequent incidence and progress of cystoid macular edema in comparison to capsular fixated posterior chamber lenses. Fifty-two eyes had a complete data set for individualizing the intraocular lens constants. The computed

intraocular lens constants differed from the data recommended by the manufacturer. Seventy-seven percent of the patients were within a range of ± 2 D of intended refraction, which is rather acceptable with respect to the partially complex initial situation. After Verisyse iris-claw lens implantation there was a subjective visual acuity of $0,5 \pm 0,3$ at the end of follow-up (minimum value: 0,05; maximum value: 1,2) and after cataract surgery with simultaneous penetrating keratoplasty a subjective visual acuity of $0,4 \pm 0,2$ (minimum value: 0,1; maximum value: 0,7) was observed.

Conclusion: The retroiridally implanted Verisyse iris-claw lens is a safe alternative in situations of missing capsular support with a broad spectrum of indications. The Verisyse iris-claw lens achieves a good visual outcome and an adequate refractive accuracy. By optimizing the intraocular lens constants the predictability of the refractive outcome can be improved.

2 Einleitung

Die Operation einer Katarakt zur Visusverbesserung stellt den häufigsten operativen Eingriff der westlichen Welt dar (19). Allein in Deutschland werden jährlich circa 800.000 Kataraktoperationen durchgeführt (59). Bei vorhandenem Kapselsacksupport wird die Kunstlinse in der Regel in den Kapselsack oder bei Auftreten einer Kapselsackruptur in den Sulcus ciliaris implantiert. Begleiterkrankungen wie Pseudoexfoliationssyndrom (PEX) mit Zonulainsuffizienz, angeborene Ektopia lentis bei Marfan-Syndrom oder Linsluxation bei okularen Traumata führen dazu, dass eine Fixierung der Kunstlinse im Kapselsack oder Sulcus ciliaris nicht möglich ist. Der Operateur steht vor der schwierigen Aufgabe, die Kunstlinse alternativ chirurgisch zu fixieren. Hierzu stehen transskleral nahtfixierte Linsen, kammerwinkelgestützte Vorderkammerlinsen und prä- und retropupillare Irisklauenlinsen zur Verfügung (10). Da Vorderkammerlinsen und transskleral sulkusfixierte Linsen trotz weiterentwickelten Designs Komplikationen wie Endothelzellverlust (44), Sekundärglaukom (8), Netzhautablösung (51) und zystoides Makulaödem (CMÖ) (62) aufweisen, rücken zunehmend irisfixierte Kunstlinsen in den Fokus der modernen Linsen Chirurgie. Bisher existiert kein Konsens darüber, welches Verfahren die beste Option für Patient und Operateur darstellt.

Im Juni 1953 implantierte Epstein erstmals einem Patienten mit einer subluxierten Linse nach erfolgter intrakapsulärer Kataraktextraktion (ICCE) eine irisfixierte Kunstlinse präpupillar, die „Collar Stud Lens“ (13). Es traten Komplikationen wie Irispigmentepitheldefekte, Pigmentdispersionsglaukome sowie korneale Schäden auf (4). Binkhorst konzipierte 1957 die „Iris Clip“ Linse (pupillary lens), die vier Schlaufen besaß, welche prä- und retropupillar platziert wurden, um einen größtmöglichen Abstand zwischen Kunstlinse und Endothel sowie zum Kammerwinkel zu ermöglichen (6). Dennoch zeigten sich Komplikationen wie Endothelzellverlust und CMÖ (33, 55). In der damaligen Sowjetunion entwickelte Fyodorov die Fyodorov-Linsen, die ähnlich wie die „Iris Clip“ Linsen an der Iris fixiert wurden. Die Fyodorov II wurde als „Sputnik-Linse“ bekannt (17). Nach Implantation trat bei bis zu 30% der Patienten ein erheblicher Endothelzellverlust auf (18). Worst erprobte in den Niederlanden in den 60er Jahren zunächst die Irisfixation einer Linse mittels Nähten (4). Als Komplikationen zeigten sich Intraokularlinsluxation, bullöse Keratopathie, Uveitiden und CMÖ (30). Daraufhin

konzipierte Worst die „Iris claw“ Linse, die Vorläuferin der Artisan/Verisyse, die erstmals in den 70er Jahren implantiert wurde (61). Sie bestand aus Polymethylmetacrylat (PMMA) mit einem Durchmesser der Optik von 4-5 mm und einem Durchmesser der Gesamtlinse einschließlich Haptik von 6,5 bis 8,5 mm. Die Irisklauenlinse besaß zwei Haptiken, mit deren Hilfe sie im peripheren Teil der Iris festgeklemmt werden konnte. Worst selbst bezeichnete sie als „emergency iol“ nach komplizierter extrakapsulärer Kataraktextraktion (ECCE) und Phakoemulsifikation (58). Fechner und Worst (15) konzipierten schließlich zusammen mit der Firma Ophthec in Groningen eine bikonkave Irisklauenlinse (Worst-Fechner Biconcave Lens) zur phaken Implantation in die Vorderkammer zur Myopiekorrektur.

Nachdem bereits Amar (1) 1980 eine retroiridale Implantation der Irisklauenlinsen vorgeschlagen hatte, griff Mohr (37) diese Idee im Jahr 2002 wieder auf. Er veröffentlichte eine retrospektive Studie über die retroiridale Implantation der Irisklauenlinse zwecks Aphakie-Korrektur. Er verglich prä- und postoperativen Visus, erhob die Inzidenz des zystoiden Makulaödems und das Auftreten von Leckagen an der Iris (37). Sieben Jahre später beschrieb er die Zehn-Jahres-Ergebnisse (36) der von ihm durchgeführten operativen Eingriffe mit Irisklauenlinsenimplantation. Mohr stellte die Hypothese auf, dass die retropupillare Implantation die Sklerafixierung von Kunstlinsen verdrängen könne (37). Ähnliche Schlüsse hatte bereits Mennel (35) 2004 gezogen. Wolter-Roessler (60) stellte 2009 die Ergebnisse einer retrospektiven Studie nach retroiridaler Fixation der Artisan bei Aphakie vor. Als Indikationen für die Artisan-Implantation nannte er kongenitale Katarakt mit Aphakie, Traumata, Luxationen von Hinterkammerlinsen, Zonulaschwäche mit Luxation der natürlichen Linse bei Pseudoexfoliationssyndrom und Marfan-Syndrom sowie Vorderkammerlinsenexplantation bei Hornhautdekomensation (60). Gicquel (20) nannte als weitere Indikationen Stoffwechselerkrankungen mit Ectopia lentis wie Homocysteinurie, Weill-Marchesani-Syndrom und Ehlers-Danlos Syndrom. Gonnermann et al. (21) untersuchten Indikationen, postoperativen Visus und Komplikationsrate nach retroiridaler Irisklauenlinsenimplantation von Verisyse bzw. Artisan-Linsen. Die Autoren (21) werteten die retropupillare Irisklauenlinsenimplantation als gute Methode mit breiter Indikation und geringer Komplikationsrate mit guten visuellen Ergebnissen bei Augen mit ungenügendem Kapselsacksupport. Gonnermann (22) veröffentlichte 2013 eine Arbeit über die Implantation von retropupillar fixierten Irisklauenlinsen mit kombinierter perforierender Keratoplastik (KPL) bei bullöser Keratopathie. Dighiero (11) kombinierte

die perforierende Keratoplastik mit einer posterior fixierten Artisan. Rüfer et al. (47) verglichen Patientengruppen mit gleichzeitiger retropupillärer Irisklauenlinsenimplantation und perforierender Keratoplastik mit Patienten, bei denen lediglich die Implantation einer irisfixierten Kunstlinse ohne gleichzeitigen Hornhauteingriff durchgeführt worden war. Karimian (29) folgte mit einer Studie über den Einsatz der „descemet stripping automated endothelial keratoplasty“ (DSAEK) mit kombinierter Verisyse-Kunstlinsenimplantation.

Zum präpupillaren Einsatz der Irisklauenlinsen führte De Silva (9) 2011 eine retrospektive Fallstudie durch. In dieser wertete sie die Operationsindikationen, den postoperativen Visusverlauf und die Komplikationsrate aus. Sie folgerte, dass trotz Komplikationen wie Anstieg des intraokularen Druckes (IOD), CMÖ, Endotheldekompensation und Irisklauenlinsenluxation die präpupillare Irisklauenlinsenimplantation eine geeignete Methode zur Aphakiekorrektur mit guten visuellen Ergebnissen und breitem Indikationsfeld sei.

Fragestellung und Zielsetzung

Ziel der vorliegenden Dissertation ist anhand von prä- und postoperativen Parametern und durch Vergleich mit der Fachliteratur die retropupillare Implantation einer Verisyse-Kunstlinse für das Management der komplizierten Linsenimplantation zu untersuchen und die Komplikationsrate und das postoperative Ergebnis der retroiridalen Irisklauenlinsenimplantation mit den gängigen Kunstlinsenimplantationen bei fehlendem Kapselsacksupport wie Vorderkammerlinsen, skleranahtfixierten Linsen und präpupillar fixierten Irisklauenlinsen zu vergleichen. Weiterhin soll aufgezeigt werden, inwieweit die retropupillare Implantation der Verisyse Linse Einfluss auf Verlauf und Prognose einer simultan durchgeführten Hornhauttransplantation hat. Schließlich soll eine Optimierung der Kunstlinsen-Konstanten zur Erhöhung der refraktiven Treffsicherheit für die retroiridale Implantation der Verisyse-Irisklauenlinse an der Klinik für Augenheilkunde am Universitätsklinikum des Saarlandes (UKS) erfolgen.

3 Patienten und Methodik

3.1 Studiendesign und Patientengut

In die Studie wurden 148 Augen von 146 Patienten aufgenommen, die zwischen März 2007 und Oktober 2012 in der Klinik für Augenheilkunde des Universitätsklinikums des Saarlandes in Homburg/Saar die retroiridale Implantation einer Verisyse-Kunstlinse der Firma Abbott Medical Optics (AMO) (Santa Ana, CA, USA) vom Typ Aphakie VRSA 54 erhalten hatten. Die Daten wurden konsekutiv retrospektiv anhand von Patientenakten der Klinik für Augenheilkunde erhoben. Es erfolgte keine Randomisierung und kein Vergleich mit einer Kontrollgruppe. Einschlusskriterium war ein fehlender Kapselsacksupport aufgrund unterschiedlicher Ursachen, der die Implantation einer Kunstlinse in den Kapselsack oder Sulcus ciliaris unmöglich machte. Auch Patienten mit einer simultan zur Irisklauenlinsenimplantation durchgeführten Keratoplastik wurden in die Studie aufgenommen. Die Kunstlinsenstärke wurde präoperativ mittels SRK/T-Formel berechnet. Augen mit komplikationsloser Kataraktoperation bei vorhandenem Kapselsacksupport, Rubeosis iridis und großem Irisdefekt wurden aus der Studie ausgeschlossen.

3.2 Untersuchungsgeräte

IOL-Master

Der IOL-Master der Firma Zeiss Meditec (Jena, Deutschland) beruht auf dem Prinzip der „Partial Coherence Interferometry“ (PCI) (28). Bei diesem Verfahren werden koaxiale Laserstrahlen geringer Energie genutzt (16). Diese sind kohärent und bilden innerhalb der Kohärenzlänge ein Interferenzmuster (28).

Durch den IOL-Master werden die Achsenlänge des Auges in Millimeter, die Krümmungsradien der Hornhaut in Millimeter und die Vorderkammertiefe in Millimeter ermittelt. Aus diesen Werten errechnet die Software des Gerätes die Kunstlinsenstärke anhand der gängigen Formeln wie z. B. SRK/T und Haigis.

Optische Kohärenztomographie

Das Modell Spectralis der Firma Heidelberg Engineering (Heidelberg, Deutschland) erzeugt Schnittbilder okularer Strukturen, wobei der Diagnostik von Netzhauterkrankungen eine besondere Bedeutung zukommt (28). Es zeigt den physikalisch-optischen Aufbau eines Michelson-Interferometers. (16). Kurzstreckenkohärentes Licht wird aufgeteilt und auf die Netzhaut und einen Referenzspiegel projiziert und das Interferenzsignal ausgewertet. Aufgrund der unterschiedlichen Reflektivität der einzelnen Netzhautschichten können diese separat dargestellt werden (16).

Anhand der Befunde der Optischen Kohärenztomographie wurde die Netzhautdicke in Mikrometer bestimmt. Beim Vorliegen eines CMÖ wurde dieses mithilfe des Schnittbildes der Retina und der Netzhautdicke in drei Schweregrade eingeteilt (Vgl. Tabelle 1).

Tonometrie

Der intraokulare Druck wurde mittels Haag-Streit (Koeniz, Schweiz) 900R- Applanationstonometer nach Goldmann gemessen. Der Augeninnendruck wurde in mmHg angegeben.

Pentacam

Die Scheimpflugkamera Pentacam der Firma Oculus Optikgeräte GmbH (Wetzlar, Deutschland) kann durch rotierende Spaltbildaufnahmen tiefer liegende intraokulare Strukturen sichtbar machen (28). Durch sie kann der vordere Augenabschnitt von der Hornhaut bis zum vorderen Teil der Augenlinse beurteilt und die Hornhauttopographie gemessen werden. Mit der Pentacam wurden die Krümmungsradien der Cornea in Dioptrien, Achsenlage nach Taboschema, die Exzentrizität der Hornhaut und die zentrale Hornhautdicke in Mikrometer erhoben.

Endothelmikroskopie

Anhand des Endothelmikroskopes EM-3000 von Tomey (Nagoya, Japan) wurde die Endothelzellichte der zentralen Hornhaut in Zellen pro Quadratmillimeter erhoben.

Hierbei erfolgt eine Fotografie des Hornhautendothels, mit der die Größe, Form, Dichte und Verteilung der Endothelzellen beurteilt werden kann (28).

Autorefraktor

Der Autorefraktometer Tonoref 2 von Nidek (Gamagori, Japan) basiert auf dem Prinzip der Skiaskopie. Mit dem Autorefraktometer wurde die objektive Refraktion bestimmt.

3.3 Operationstechnik

Die Eingriffe wurden durch die Ärztinnen und Ärzte der Klinik für Augenheilkunde des Universitätsklinikums des Saarlandes in Homburg/Saar vorgenommen.

Als Anästhesieverfahren wurde je nach Ausgangslage des Patienten die Intubationsnarkose oder Retrobulbäranästhesie gewählt. Es wurden sowohl isolierte Linseneingriffe als auch Linseneingriffe mit gleichzeitiger Hornhauttransplantation durchgeführt. Bei dem Linseneingriff wurde unterschieden, ob es sich um einen Linsenaustausch, eine sekundäre Linsenimplantation oder eine Phakoemulsifikation mit simultaner Kunstlinsenimplantation handelte.

Retropupillare Implantation der Irisklauenlinse

Bei der retropupillaren Fixation der Irisklauenlinse wird die Bindehaut am Limbus eröffnet und eine Elektrokoagulation der Sklera zur Blutstillung vorgenommen. Danach wird ein korneoskleraler Tunnelschnitt von etwa 6 mm Breite und zwei Parazentesen nasal und temporal oben angelegt. Die Vorderkammer wird mit einem Viskoelastikum gefüllt und, falls erforderlich, eine vordere Vitrektomie durchgeführt. Die Verisyse-Kunstlinse wird durch den korneoskleralen Tunnel mit der plan-konvexen Oberfläche mittels einer Dreipunkt-Pinzette in die Vorderkammer geführt und in eine horizontale Position gebracht. Die Haptiken werden nacheinander durch die Pupillenöffnung geführt. Die Verisyse-Kunstlinse wird zentriert und angehoben, sodass sich der Halteapparat hinter der Irisperipherie abzeichnet. Ein Spatel wird durch die Parazentesen nasal und temporal geschoben und das Irisgewebe von anteropupillar in die Klauen geklemmt. Danach wird das Viskoelastikum abgesaugt und der Tunnel mit einer 10-0 Nylon Kreuzstichnaht verschlossen. Die Konjunktiva wird mit 8-0 bzw. 10-0 Vicryl readaptiert (4).

Keratoplastik

Bei der Hornhauttransplantation wird pathologisch verändertes Empfängerhornhautgewebe durch gesundes Spendergewebe ausgetauscht. Je nachdem, welche Schichten transplantiert werden, unterscheidet man die perforierende und lamelläre Keratoplastik.

Bei der perforierenden Keratoplastik werden „die [...] Ansprüche an eine optimale Trepanation [...] derzeit am ehesten durch die nichtmechanische Excimerlaser-Trepanation erfüllt (50).“ Zunächst wird das Transplantat vom Spender gewonnen. Bei der Spendertrepanation wird ein Korneoskleralscheibchen in eine künstliche, mit Viskoelastikum gefüllte Vorderkammer eingeführt und auf Normaldruck tonisiert (49). Eine dünne Metallmaske wird auf die Kornea aufgesetzt und zentriert. Es erfolgt eine Trepanation mit dem Excimer-Laser entlang des Außenrandes der Maske (50) bis alle Schichten der Hornhaut durchtrennt sind. Bei der Empfängertrepanation wird entsprechend der Laserstrahl an der Innenseite der Empfängermaske entlanggeführt (50). Danach erfolgt die Implantation der Verisyse als open-sky-Implantation. Anschließend wird die Spenderhornhaut eingesetzt und mit einer doppeltfortlaufenden Kreuzstichnaht nach Hoffman (26) fixiert.

Bei der lamellären Keratoplastik wird nur ein Teil der Hornhautschichten übertragen. Die vordere lamelläre Keratoplastik beinhaltet die Übertragung des Hornhautepithel und des vorderen Hornhautstromas, das hintere Hornhautstroma, Descemet-Membran und das Endothel werden belassen. Die tiefe anteriore Keratoplastik beinhaltet die Abtragung des Hornhautgewebes bis auf die Descemet-Membran. Das Endothel wird nicht ausgetauscht. Die Descemetmembran bleibt erhalten (28).

Die posteriore lamelläre Keratoplastik (z. B. DSAEK) beinhaltet den Austausch des hinteren Teils der Hornhaut. Bei der DSAEK erfolgt die Entfernung des erkrankten Endothels zusammen mit der Descemet-Membran durch „Descemet stripping“. Das Spendergewebe, bestehend aus posterioren kornealen Stroma, Descemet-Membran und Endothel, wird mit einem Mikrokeratom gewonnen und gerollt in die Vorderkammer injiziert. Mit einer Luftblase wird es an das Hornhautstroma adaptiert und durch Adhäsion fixiert (7).

3.4 Datenerhebung

Mithilfe von Microsoft Access 2010 wurde eine Datenbank mit Registerkarten (Abbildung 1) für jeden Patienten erstellt. Die nachfolgenden präoperativen, perioperativen und postoperativen Befunde wurden anhand der Patientenakten der Klinik für Augenheilkunde des Universitätsklinikums des Saarlandes in Homburg/Saar von mir erhoben und in die Datenbank eingetragen.

The screenshot shows a Microsoft Access 2010 form titled "Patient" with the following sections and fields:

- Personal Data:** Name, Vorname, Geburtsdatum, Geschlecht (M), Homocysteinämie, Diabetes mellitus, Marchesani-Syndrom, rheumatolog. Erkrankung, Rieger-Syndrom, Marfan, Ehlers-Danlos-Syndrom.
- Eye and Surgery Data:** Auge (R), Vor-OP am Auge (checked), Datum KPL/TRIPLE, Datum Katarakt-OP (7/1/2010), Art der Katarakt-OP (Phako), Datum Netzhaut, Art der NH-OP, Ursache für Trauma, PEX, Trauma, Art des Traumas, Datum Trauma, PCOWG, Sekundärglaukom, Diabetische Retinopathie, AMD trocken, AMD exsudativ, CMÖ Grad (0), Irisabnormalitäten (checked), Art der Irisabnormalität, Rezidivierende Entzündungen.
- Operative Details:** Datum der Indikation (7/15/2010), Indikation (sek. IOL-Implantatio), Linsenstatus (aphak), Pupillenweite photopisch, Pupillenweite skotopisch, Pupillenweite Miosis max, Pupillenweite Miosis min, UBM-Befund, KW verschlossen von, KW verschlossen bis, Achslänge (23.79), K flach (42.08), K steil (43.63), Achslage (172), Zielrefraktion (-1.09), IOL-Stärke (19.5), OP-Datum (9/3/2010), Art des Linseneingriffs (sek. IOL-Impla), Art des HH-Eingriffs, OP-Dauer in min, Phakodauer in min, Art des Schnittes, Länge in mm (6), Intraop Besonderheiten (vordere Vitrek), Operateur (Schirra), max Druck in 48h (13), Runde Pupille (checked), Achse der Pupille in h, HEED (0), Zellen (0), Tyndall (0), GK-Blutung (0), IOL-Dezentrierung, IOL-Subluxation in GK.
- Postoperative Data:** Verlaufsdatum (9/5/2010), Sitz der IOL (gut zentriert), sc-Visus, AR Sphäre (-0.75), AR Zylinder (-1.25), AR Achse (7), REF Sphäre (-0.75), REF Zylinder (-1), REF Achse (5), cc-Visus (0.4), Tensio (12), CMÖ (12), Netzhautdicke (303), Pentacam anterior K1, Pentacam anterior K2, Pentacam anterior Achse, Pentacam anterior Exz., Pentacam posterior K1, Pentacam posterior K2, Pentacam posterior Achse, Pentacam posterior Exz., Endotheldichte, Endo-Pachy, pseudophake VKT, Pupillenweite max, Pupillenweite min.

Abbildung 1: Registerkarte der Verisyse-Patienten-Datenbank in Microsoft Access 2010.

Erhebung präoperativer Befunde

Indikationen für die Implantation einer retropupillaren Irisklauenlinse

Anhand der Krankenakten der Augenklinik wurden der präoperative Linsenstatus der Patienten und Operationsindikationen erfasst. Im Rahmen einer Aphakie wurde die retropupillare Implantation der Verisyse-Irisklauenlinse als Sekundärimplantation durchgeführt. Bei phaken Patienten bestand der Grund für die Irisklauenlinsenimplantation

in einer Notwendigkeit zur Kataraktoperation oder Luxation der kristallinen Linse zum Beispiel infolge eines Marfan-Syndroms. Bei pseudophaken Patienten erfolgte ein Austausch der Hinterkammer- oder Vorderkammerlinse aufgrund von Komplikationen wie Hinterkammerlinsenluxation und kornealer Dekompensation bei Vorderkammerlinsen. Weitere Indikationen waren vorrausgegangene komplizierte Katarakt- oder Hornhautoperationen.

Systemische und okulare Vorerkrankungen

Bei der Datenerhebung wurden Systemerkrankungen und okulare Vorerkrankungen erfasst, die die Indikation zur retroiridalen Implantation einer Irisklauenlinse darstellen, eine erhöhte intraoperative Komplikationsrate bedingen sowie zu einem ungünstigeren postoperativen Ergebnis führen können. Hierzu zählten Diabetes mellitus mit proliferativer diabetischer Retinopathie (PDR), die zu Veränderungen der Blut-Kammer-Wasser-Schranke führen kann (28), Erkrankungen des rheumatischen Formenkreises mit Uveitiden, Ektopia lentis assoziierte Erkrankungen (Marfan-Syndrom, Homocysteinurie, Weill-Marchesani-Syndrom, Ehlers-Danlos-Syndrom), Netzhauterkrankungen wie altersabhängige Makuladegeneration (AMD), Amotio retinae, CMÖ oder das Pseudoexfoliationssyndrom, das mit einer Sphinkteratrophie der Pupille, Zonulainsuffizienz und einem erhöhten Risiko einer Kapselsackruptur einhergeht (28, 34, 52). Klinische Veränderungen beim Pseudoexfoliationssyndrom betreffen ebenso die Hornhaut in Form gesteigerter Dekompensationsneigung (28). Die beschriebenen Erkrankungen wurden als binäres Kriterium angegeben. Das CMÖ wurde in drei Schweregrade eingeteilt (Tabelle 1).

Tabelle 1: Klinische Einteilung des zystoiden Makulaödems anhand der Netzhautdicke in Mikrometern.

Grad des Zystoiden Makulaödems	Netzhautdicke in Mikrometern
Grad 1	250-350
Grad 2	350-450
Grad 3	ab 450

Das Axenfeld-Rieger-Syndrom, bei dem die betroffenen Patienten Iris-, Kammerwinkel- und Hornhautveränderungen (40, 38) zeigen können, wurde im vorliegenden Patientengut nicht beobachtet. Das primäre (PCOWG) und sekundäre chronische Offenwinkelglaukom (SOWG) wurden als binäres Kriterium angegeben. Ferner wurden perforierende und nicht

perforierende Traumata erfasst. Irisabnormalitäten wurden in Irispigmentepithelatrophy, große Iridotomie und Sektoriridektomie unterteilt. Die photopische und skotopische Pupillenweite wurde durch Fotospaltlampenbilder mit einem Zirkel ermittelt. Bei unrunder Pupille wurde die Pupillenweite nicht bestimmt.

Voroperationen

An Voroperationen wurden Keratoplastiken, Katarakt- oder Netzhautoperationen erfasst. Bei Kataraktoperationen wurde spezifiziert, ob es sich um eine ICCE mit Entfernung des Kapselsacks oder um eine ECCE oder Phakoemulsifikation handelte. Ferner wurde dokumentiert, ob eine Vorderkammer-, Hinterkammerlinse oder keine Kunstlinse implantiert worden war.

Bei den Netzhautoperationen wurde zwischen pars plana Vitrektomie (ppV) und „eindellenden“ Operationen (28) unterschieden. Als Indikation dieser chirurgischen Eingriffe wurde zwischen rhegmatogener und traktionsbedingter Amotio unterschieden.

Biometrie

Durch den IOL-Master der Firma Zeiss wurden der flachste und steilste Meridian der Hornhautvorderflächenkrümmung in Dioptrien, die Achsenlage in Grad nach Taboschema und die Achslänge des Auges, die den anteroposterioren Augendurchmesser darstellt, in Millimeter ermittelt. Die Kunstlinsenstärke wurde mittels SRK/T-Formel berechnet.

Erhebung perioperativer Befunde (bis 48 Stunden nach Operation)

Intraoperative Besonderheiten

An intraoperativen Besonderheiten wurden Komplikationen wie Ruptur der Linsenkapsel, Kernverlust der Linse in den Glaskörper und simultan durchgeführte ppV und vordere Vitrektomie erfasst.

Vorderkammerreizzustand

Der Vorderkammerreizzustand ist durch das Vorhandensein von Zellen oder Eiweiß in der Vorderkammer definiert. Beim Tyndall-Effekt handelt es sich um sichtbares Eiweiß, das infolge einer Störung der Blut-Kammerwasser-Schranke in die Vorderkammer gelangt (28). Anhand des Ausmaßes an vorhandenen Zellen im Kammerwasser und des Tyndall-Effekts wurden je drei Schweregrade erhoben (Tabelle 2, Tabelle 3).

Tabelle 2: Vorderkammerreizzustand anhand der Zellen in der Vorderkammer. Es kann zusätzlich ein Grad 4 ab mehr als 50 Zellen im Feld definiert werden. Das Messfeld ist definiert durch eine Spaltprojektion von 2 mm Länge und 1 mm Breite. Modifiziert nach (28).

Zellen im Feld	Gradeinteilung
<1	0
1-15	1
16-25	2
ab 26	3

Tabelle 3: Vorderkammerreizzustand anhand des Tyndall-Effektes. Es kann zusätzlich ein Grad 4 als intensiver Tyndall-Effekt mit fibrinösen Exsudat definiert werden. Modifiziert nach (28)

Tyndall-Effekt	Gradeinteilung
Tyndall negativ	0
Gerade erkennbar	1
Moderat (Iris-/Linsendetails sichtbar)	2
Stark (Iris-/Linsendetails verschwommen)	3

Hornhaut-Endothel-Epithel-Dekompensation (HEED)

Eine Endotheldekompensation der Hornhaut führt aufgrund der nachlassenden Pumpfunktion der Endothelzellen zu einer Ansammlung von Flüssigkeit im Hornhautstroma. Dies führt schließlich zu einem Epithelödem mit Epitheldekompensation, Stromaquellung und Intransparenz des Hornhautstromas (38). Risikofaktoren für die Ausbildung einer Endotheldekompensation sind Endothelzellverluste im Rahmen der Kataraktchirurgie, genetisch bedingte Endotheldystrophien und eine Erhöhung des intraokularen Druckes (28). Die Hornhaut-Endothel-Epithel-Dekompensation wurde als binäres Kriterium angegeben.

Vitreale Blutungen

Ursachen einer Glaskörperblutung können Glaskörperabhebung mit Netzhautriss und Verletzung eines peripheren Gefäßes, proliferative Retinopathien und chirurgische Traumata sein (28). Das Vorhandensein einer vitrealen Blutung wurde als binäres Kriterium angegeben.

Maximaler intraokularer Druck

Der mittels Goldmann-Tonometer höchste gemessene Augeninnendruck innerhalb von 48 Stunden nach Operation wurde in mmHg angegeben.

Pupillenform

Um mögliche Auswirkungen der Implantation einer Irisklauenlinse auf die Form der Pupille zu evaluieren wurde erfasst, ob eine Entrundung der Pupille nach Operation zu beobachten war. Falls die Pupille entrundet war, wurde die Achslage der langen Halbachse der Pupille in Uhrzeiten angegeben.

Sitz der Irisklauenlinse

Eine Dezentrierung oder Subluxation der Verisyse-Kunstlinsen nach der Operation wurde dokumentiert.

Erhebung postoperativer Befunde

Hornhautbefund

Die Hornhaut wurde mittels der Pentacam (Oculus Optikgeräte GmbH, Wetzlar) und dem Endothelmikroskop EM-3000 (Tomey, Nagoya) untersucht. Hierbei wurden die vorderen und hinteren Krümmungsradien der Hornhaut, Achse und Exzentrizität bestimmt. Weiterhin konnte aus der Untersuchung mittels Pentacam die Hornhautdicke in Mikrometer, die Vorderkammertiefe in Millimeter und die Pupillenweite ermittelt werden. Mit Hilfe der Endothelmikroskopie wurde die Endotheldichte in Zellen pro Quadratmillimeter bestimmt.

Intraokularer Druck

Mittels Applanationstonometer nach Goldmann wurde der intraokulare Druck in mmHg erhoben.

Pupillenweite

Die Pupillenweite wurde anhand von Fotospaltlampenbildern mittels Zirkel bestimmt.

Sitz der Kunstlinse

Bei der Beurteilung des Sitzes der Kunstlinse wurde zwischen guter Zentrierung, leichter Dezentrierung, Subluxation und Luxation in den Glaskörper unterschieden.

Netzhautbefund

Neben der Netzhautdicke in Mikrometern wurde ein nach Operation vorhandenes CMÖ anhand von OCT-Befunden ermittelt und in drei Schweregrade (siehe Tabelle 1) eingeteilt.

Visuelle Ergebnisse

Der Visus wurde sine correctione und cum correctione nach objektiver Refraktionsbestimmung mittels Autorefraktor und subjektiver Refraktionsbestimmung erhoben und zusätzlich in log (MAR)-Einheiten angegeben.

3.5 Spezifikation der Linse

Verisyse-Kunstlinsen der Firma AMO (Abbildung 2) sind für verschiedene Indikationen zugelassen. Klassischerweise werden sie als Vorderkammerlinsen im peripheren unbeweglichen Teil der Iris fixiert. Verschiedene Modelle sind für phake, astigmatische und aphake Augen erhältlich. Die in dieser Studie verwendeten Verisyse-Kunstlinsen vom Typ VRSA 54 können nach ICCE, ECCE und Phakoemulsifikation implantiert werden. Sie sind in 1-Dioptrien-Schritten zwischen 2 und 30 dpt und in 0,5-Dioptrien-Schritten zwischen 14,5 bis 24,5 dpt erhältlich.

Es handelt sich bei den Verisyse-Irisklauenlinsen um Kunstlinsen aus PMMA, die nicht gefaltet oder injiziert werden können. Der Optikedurchmesser beträgt 5,4 mm, insgesamt messen sie mit Haptik 8,5 mm. Die vom Hersteller empfohlene A-Konstante für die Vorderkammer beträgt 115, bei retropupillarer Implantation wird eine A-Konstante von 116,9 vorgeschlagen. Das gleiche Leistungsspektrum bietet die baugleiche Artisan Linse der Firma Ophtec (Groningen, Niederlande) (2).

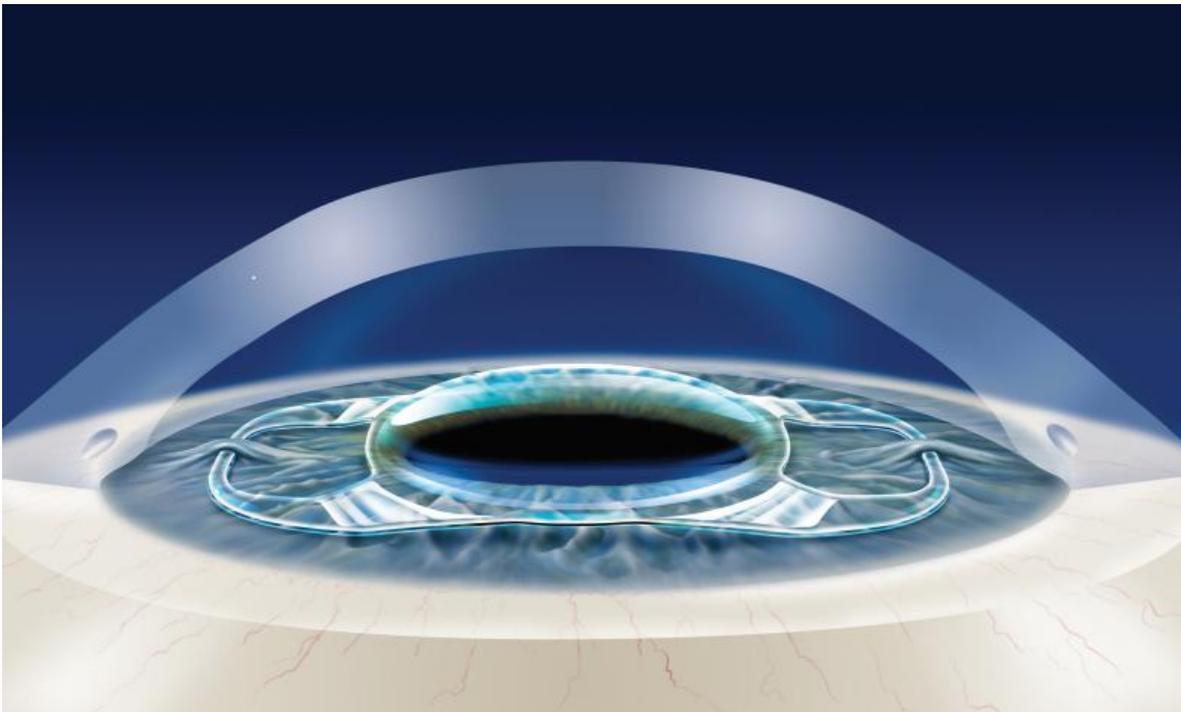


Abbildung 2: Verisyse-Irisklauenlinse VRSA 54 Aphakie der Firma Abott Medical Optics (AMO) in der Vorderkammer (3)

3.6 Kunstlinsenberechnung und Konstantenoptimierung

Zur Kalkulation der Kunstlinsenstärke werden die Achsenlänge des Auges und die Krümmungsradien der Hornhaut, die optisch durch den IOL-Master bestimmt wurden, sowie die Zielrefraktion benötigt. Um die Abweichung zwischen Zielrefraktion und postoperativer Refraktion zu verringern wird eine Optimierung der linsenspezifischen Konstanten durchgeführt, indem die postoperative Refraktion und die Kunstlinsenstärke in die Rückführungsformeln eingesetzt werden (32). Die Berechnung erfolgte mithilfe des Programms Visual Basic für Microsoft Excel 2010.

Tabelle 4: Verwendete Konstanten und Variablen für die Kunstlinsen-Konstantenberechnung. Modifiziert nach (23, 25, 27, 45, 46)

A_{const}	A-Konstante	AL	Achslänge (mm), bestimmt durch IOL-Master
ACD_{const}	ACD-Konstante	IOL	IOL-Stärke (dpt)
C	Korrektionsfaktor	K	Mittlerer Keratometerwert (dpt)
RF	Refraktionsfaktor	r	Hornhautradius (mm), $\frac{337,5}{K}$
Offset/Surgeon Factor	Irisplateau bis vordere IOL-Fläche	SE	Sphärisches Äquivalent (dpt) (SE = Sphäre + $\frac{\text{Zylinder}}{2}$)
ACD	Geschätzte Winkalebene der Linse im Auge zum HH-Scheitel	ZR	Zielrefraktion
$ACD_{prä}$	Präoperative Vorderkammertiefe		

SRK/T-Formel (45, 46)

$$IOL = \frac{1000 \cdot 1,336 \cdot (1,336 \cdot r - 0,333 \cdot AL - 0,001 \cdot ZR \cdot (12 \cdot (1,336 \cdot r - 0,333 \cdot AL) + AL \cdot r))}{(AL - ACD) \cdot (1,336 \cdot r - 0,333 \cdot ACD - 0,001 \cdot ZR \cdot (12 \cdot (1,336 \cdot r - 0,333 \cdot ACD) + ACD \cdot r))} \quad (1)$$

$$ACD_{const} = 0,62467 \cdot A_{const} - 68,747 \quad (2)$$

Optimierung der A-Konstante:

$$A_{\text{indiv}} = IOL + SE \cdot RF + 2,5 \cdot AL + 0,9 \cdot K - C \quad (3)$$

$$RF = \begin{cases} 1,25 & \text{bei } IOL > 16 \text{ dpt} \\ 1 & \text{bei } IOL \leq 16 \text{ dpt} \end{cases}$$

$$C = \begin{cases} 3 & \text{bei } AL < 20 \\ 2 & \text{bei } 20 \leq AL < 21 \\ 1 & \text{bei } 21 \leq AL < 22 \\ 0 & \text{bei } 22 \leq 24 \\ -0,5 & \text{bei } AL \geq 24 \end{cases}$$

Holladay-Formel (27)

IOL

$$= \frac{1000 \cdot 1,336 \cdot (1,336 \cdot r - (\frac{4}{3} - 1) \cdot AL - 0,001 \cdot ZR \cdot (12 \cdot (1,336 \cdot r - (\frac{4}{3} - 1) \cdot AL) + AL \cdot r))}{(AL - ACD - SF) \cdot (1,336 \cdot r - (\frac{4}{3} - 1) \cdot (ACD + SF)) - 0,001 \cdot ZR \cdot (12 \cdot (1,336 \cdot r - (\frac{4}{3} - 1) \cdot (ACD + SF)) + (ACD + SF) \cdot r)} \quad (4)$$

Optimierung SF:

$$SF = (((-B) - \text{SQRT}((B^2) - (4 \cdot A \cdot C_{\text{ges}})))) : (2 \cdot A) - ACD \quad (5)$$

$$A = (\frac{4}{3} - 1) - (0,001 \cdot SE \cdot (12 \cdot (\frac{4}{3} - 1)) - r) \quad (6)$$

$$B = SE \cdot 0,001 \cdot ((AL \cdot 12 \cdot (\frac{4}{3} - 1) - (r \cdot (AL - (12 \cdot 1,336)))) - (((\frac{4}{3} - 1) \cdot AL + (1,336 \cdot r))) \quad (7)$$

$$C_{\text{ges}} = C_1 - C_2 \quad (8)$$

$$C_1 = (AL \cdot 1,336 \cdot r) - (0,001 \cdot SE \cdot AL \cdot 12 \cdot r \cdot 1,336) \quad (9)$$

$$C_2 = (1000 \cdot 1,336 \cdot ((1,336 \cdot r) - ((\frac{4}{3} - 1) \cdot AL) - C_3)) : IOL \quad (10)$$

$$C_3 = 0,001 \cdot SE \cdot ((12 \cdot ((1,336 \cdot r) - ((\frac{4}{3} - 1) \cdot AL))) + (AL \cdot r)) \quad (11)$$

Hoffer-Q-Formel (25)

$$IOL = \frac{1336 \cdot (4 \cdot (\frac{1336}{K + \frac{1}{1 - 0,012 \cdot ZR}} - AL))}{2 \cdot ACD + 0,1 - AL - \frac{1336}{K + \frac{1}{1 - 0,012 \cdot ZR}} - (AL - \frac{1336}{K + \frac{1}{1 - 0,012 \cdot ZR}})^2} \quad (12)$$

Optimierung pACD:

$$pACD = ACD - 0,3 \cdot (AL - 23,5) - (\tan K^2) - 0,1 \cdot M \cdot (23,5 - AL)^2 \cdot (\tan 0,1 \cdot (G - A)^2) + 0,99166 \quad (13)$$

$$M = \begin{cases} +1 \text{ und } G=28 \text{ bei } AL \leq 23 \text{ mm} \\ -1 \text{ und } G=23,5 \text{ bei } AL > 23 \text{ mm} \end{cases}$$

Haigis-Formel (23)

$$IOL = \frac{\frac{1,336}{AL - ACD} - \frac{1,336}{\frac{1,336}{\frac{331,5}{r} + \frac{1}{1 - ZR \cdot 0,012}} - ACD}}{AL} \quad (14)$$

Optimierung a₀:

$$d = a_0 + a_1 \cdot ACD_{prä} + a_2 \cdot AL_{prä} \quad (15)$$

$$a_0 = ACD_{const} - a_1 \cdot 3,37 \text{ mm} - a_2 \cdot 23,39 \text{ mm} \quad (16)$$

Für a₁ und a₂ gelten die Standardwerte mit a₁=0,4 und a₂=0,1 (23).

3.8 Statistische Verfahren

Die statistische Auswertung der Patientendaten erfolgte mittels IBM SPSS Statistics 19.0 für Windows 7.

Zur Beschreibung der Patientenmerkmale wurde eine deskriptive Statistik mit arithmetischen Mittel, Standardabweichung, Median, Minimum und Maximum erstellt.

Bei der Prüfstatistik wurde bei verbundenen Stichproben der Wilcoxon-Test verwendet.

Der Mann-Whitney-Test wurde bei unverbundenen Stichproben benutzt. Mittels χ^2 -Test wurde gezeigt, ob ein Zusammenhang zwischen zwei qualitativen Merkmalen besteht (5).

Bei geringer Datenzahl wurde anstatt eines χ^2 -Tests der Test nach Fisher angewandt (5).

Als Fehler erster Ordnung (α -Fehler) wurde $p=0,05$ gewählt. Bei $p \geq 0,05$ wurde die Alternativhypothese abgelehnt und die Nullhypothese beibehalten, bei $p \leq 0,05$ wurde die Alternativhypothese angenommen.

Für die graphische Darstellung wurden Mehrfeldertafeln und Histogramme verwendet.

4 Ergebnisse

4.1 Charakterisierung des Patientenguts

Beobachtungszeitraum

Der Beobachtungszeitraum lag zwischen Februar 2007 und Oktober 2012. Die Indikationsstellung zur retropupillaren Verisyse-Implantation fand zwischen dem 13.03.2007 und dem 17.10.2012 statt. Bei drei Augen konnte aufgrund fehlender Unterlagen kein Datum der Indikationsstellung ermittelt werden. Die Zeit zwischen Indikationsstellung und der Operation, betrug zwischen 0 und 449 Tagen. Längere Zeiträume von der Indikationsstellung bis zur Operation waren durch gleichzeitig notwendige Hornhauttransplantationen mit Wartezeit auf geeignete Spenderhornhäute und durch elektiv geplante Eingriffe bedingt. Vierunddreißig Augen (22,0%) wurden einen Tag nach Indikationsstellung operiert. Bei diesen Patienten lag eine Kunstlinsenluxation oder Linsenluxation vor. Die Kunstlinsenimplantation wurde zwischen dem 23.03.2007 und dem 22.10.2012 durchgeführt. Der Nachbeobachtungszeitraum erstreckte sich vom 26.03.2007 bis zum 24.10.2012. Bei sieben Augen lag keine postoperative Nachbeobachtung vor. Bei 41 Augen (27,7%) lagen mindestens zwei Nachbeobachtungsuntersuchungen vor. Durchschnittlich betrug der Nachbeobachtungszeitraum 31 ± 44 Tage (Minimum: 0 Tage, Maximum: 180 Tage).

Demographische Daten

Es wurden 92 Männer (63,0%) und 54 Frauen operiert. Das Alter der Patienten lag zwischen 4 und 92 Jahren, der Altersdurchschnitt betrug 68 ± 16 Jahre. Im Rahmen der Studie erhielten 67 linke (45,3%) und 81 rechte Augen eine Irisklauenlinsenimplantation.

Biometrische Daten

Die Achsenlänge der untersuchten Augen betrug im Durchschnitt $23,8 \pm 1,9$ mm (Min.: 20,4 mm, Max.: 33,4 mm). Die untersuchten Augen zeigten einen mittleren Hornhautbrechwert von $42,1 \pm 1,9$ dpt (Min.: 37,9 dpt, Max.: 49,9 dpt). Die Augen wiesen einen durchschnittlichen Refraktionsastigmatismus von $1,6 \pm 1,6$ dpt auf (Min.: 0,0 dpt, Max.: 9,3 dpt). Als postoperative Zielrefraktion wurden durch die Operateure Werte zwischen -4,0 dpt und +1,2 dpt gewählt. Im Durchschnitt lag die Zielrefraktion bei $-0,7 \pm 0,9$ dpt.

Allgemeinerkrankungen

Bei 42 Augen (28,4%) lag ein Diabetes mellitus der Patienten vor (Tabelle 5). Bei 5 Augen (3,4%) zeigten sich bei den Patienten Erkrankungen des rheumatischen Formenkreises. Das Marfan-Syndrom fand sich bei vier Augen (2,7%). Ein Patient litt an einer laborchemisch und humangenetisch nachgewiesenen Homocysteinurie (0,7%). Ehlers-Danlos-Syndrom, Weill-Marchesani-Syndrom und Axenfeld-Rieger-Syndrom lagen im untersuchten Patientengut nicht vor.

Tabelle 5: Allgemeinerkrankungen. Angabe absolut und in Prozent, N=148.

	Anzahl der Augen	Prozent
Diabetes mellitus	42	28,4
Rheumatologische Erkrankung	5	3,4
Marfan-Syndrom	4	2,7
Homocysteinurie	1	0,7

Okulare Vorerkrankungen

An okularen Vorerkrankungen zeigten sich Pseudoexfoliationssyndrom (25%), Traumata (18,2%), PCOWG (6,8%), Sekundärglaukom (17,6%) und PDR (7,4%) (Tabelle 6). Eine trockene AMD wurde bei 6 Augen (4,1%) und eine feuchte AMD bei einem Auge (0,7%) diagnostiziert. Insgesamt zeigten 15 Augen präoperativ ein CMÖ (11,2%). Dabei wiesen 11 Augen ein CMÖ Grad 1 und 4 Augen ein CMÖ Grad 2 auf (Tabelle 1, Tabelle 6).

Tabelle 6: Okulare Erkrankungen. Angabe absolut und in Prozent, N=148.

	Anzahl der Augen	Prozent
PEX	37	25,0
Trauma	27	18,2
perforiert	11	7,4
Contusio bulbi	16	10,8
PCOWG	10	6,8
Sekundärglaukom	26	17,6
PDR	11	7,4
CMÖ (N=134)	15	11,2
Grad 1	11	8,2
Grad 2	4	3,0
Grad 3	0	0,0

Eine vor der Operation bestehende Irisveränderung wiesen 16 Augen auf (10,8%) (Tabelle 7). Eine Pigmentepithelatrophie der Iris lag bei 3 Augen (2,0%) vor. Rezidivierende Entzündungen zeigten sich in dem Patientengut bei 8 Augen (5,4%).

Tabelle 7: Irisveränderungen und Entzündungen. Angabe absolut und in Prozent, N=148.

	Anzahl der Augen	Prozent
Irisveränderungen	16	10,8
Iris-PE-Atrophie	3	2,0
Große Iridektomie	6	4,1
Sektoriridektomie	7	4,7
Rezidivierende Entzündungen	8	5,4

Voroperationen

Bei den meisten Patienten waren bereits eine oder mehrere Augenoperationen vorausgegangen (Tabelle 8). Dabei handelte es sich um Kataraktoperationen (62,8%), Keratoplastiken (2,7%) und Eingriffe am hinteren Augenabschnitt (27,0%). Die häufigste Indikation für die Netzhautchirurgie war eine rhegmatogene Amotio (15,5%). Eine Traktionsamotio lag bei 2,0% vor.

Tabelle 8: Voroperationen. Angabe absolut und in Prozent, N=148.

	Anzahl der Augen	Prozent
Voroperationen	98	66,2
Katarakt-OP	93	62,8
Phako	17	11,5
ECCE	1	6,8
HKL	48	32,4
VKL	10	6,8
Keine IOL	17	11,5
Keratoplastik	4	2,7
Hinterabschnitts-OP	40	27,0
ppV	31	20,9
Cerclage	6	4,1
Plomben-OP	3	2,0

4.2 Die Operation

Die häufigsten Indikationen für die retroiridale Verisyse-Implantation waren die Luxation einer pseudophaken Kunstlinse (33,8%) und die primäre Kataraktchirurgie bei fehlendem Kapselsacksupport (25,7%) (Tabelle 9). Ein sekundärer Linseneingriff im Rahmen einer Aphakiekorrektur wurde bei 27 Augen (18,2%) und ein Kunstlinsen-Austausch bei 21 Augen (14,2%) durchgeführt. Andere Gründe für die retropupillare Implantation der Verisyse-Kunstlinse waren eine Luxation der kristallinen Linse (6,1%) und Komplikationen (Kapselsackruptur, Zonulolyse, Endothelzelldekomensation) einer vorrangegangenen Katarakt- (1,4%) oder Hornhautoperation (0,7%).

Tabelle 9: Indikationen für die retroiridale Irisklauenlinsenimplantation. Angabe absolut und in Prozent, N=148.

	Anzahl der Augen	Prozent
IOL-Luxation	50	33,8
Komplikation während Katarakt-OP	38	25,7
Sek. IOL-Implantation	27	18,2
IOL-Austausch	21	14,2
Linsenluxation	9	6,1
Komplikation nach Kat-OP	2	1,4
Komplikation nach HH-OP	1	0,7

Die retroiridale Verisyse-Irisklauenlinsenimplantation war durch sechs erfahrene Operateure des Klinikums für Augenheilkunde der Universität des Saarlandes in Homburg/Saar vorgenommen worden (Tabelle 10).

Tabelle 10: Operateure. Angabe absolut und in Prozent, N=148.

	Anzahl der Augen	Prozent
Dr. Brückner	55	37,2
Dr. Schirra	32	21,6
Dr. Walter	30	20,3
PD Dr. Viestenz	17	11,5
Prof. Dr. Seitz	10	6,8
Dr. Lang	4	2,7

Es wurden ausnahmslos Linsen des Typs VRSA 54 Aphakie von AMO in einem Dioptrienbereich zwischen -3 dpt und +30 dpt ($19,4 \pm 4,5$ dpt) eingesetzt. Zur Berechnung der Kunstlinsenstärke wurde die SRK-T-Formel zunächst mit einer A-Konstante von 116,7, später mit einer A-Konstante von 116,9 aufgrund einer veränderten Datenlage der empfohlenen Konstanten für die Verisyse-Implantation (23), verwendet.

4.3 Frühpostoperative Ergebnisse

Komplikationen

Als perioperative Komplikationen wurden Vorderkammerreizzustand (Tabelle 11), Hornhaut-Endothel-Epithel-Dekompensation (32,2%), Dezentrierungen (4,2%) (Tabelle 13) der Verisyse-Kunstlinse und Ovalisierungen der Pupille (23,6%) beobachtet. Ein positiver Tyndall-Effekt lag bei 63 Augen (45,0%) und Zellen in der Vorderkammer bei 127 Augen (90,7%) vor (Tabelle 11).

Tabelle 11: Frühpostoperativer Vorderkammerreizzustand anhand von Tyndall-Effekt und Zellen in der Vorderkammer. Angabe absolut und in Prozent, N=140.

	Anzahl der Augen	Prozent
Tyndall-Effekt	63	45,0
Grad 1	53	37,9
Grad 2	9	6,4
Grad 3	1	0,7
Zellen	127	90,7
Grad 1	68	48,6
Grad 2	48	34,3
Grad 3	11	7,9

Bei 1,4% der Augen kam es intraoperativ zu einer Glaskörperblutung. Die Hornhautdicke betrug durchschnittlich $606 \pm 92 \mu\text{m}$ (Min.: $473 \mu\text{m}$, Max.: $884 \mu\text{m}$). Für die mittleren Hornhautbrechwerte in der Pentacam ergaben sich für K_1 $33,4 \pm 34,3 \text{ dpt}$ und für K_2 $35,0 \pm 49,7 \text{ dpt}$. Die Endothelzelldichte betrug durchschnittlich $2014 \pm 346 \text{ Zellen/mm}^2$.

Die pseudophake Vorderkammertiefe betrug nach der Operation im Mittel $3,3 \pm 1,0 \text{ mm}$. Sie reichte von $1,2 \text{ mm}$ bis $5,1 \text{ mm}$. Die Dicke der Netzhaut betrug postoperativ durchschnittlich $302 \pm 94 \mu\text{m}$ (Min. $175 \mu\text{m}$; Max. $621 \mu\text{m}$). Der postoperative Druck erreichte Werte zwischen 2 mmHg und 50 mmHg . Durchschnittlich lag er bei $14,2 \text{ mmHg}$. Postoperativ lag die Rate an zystoidem Makulaödem bei $15,0\%$ (Tabelle 12). Eine Woche nach der Operation war bei $4,2\%$ der Augen der Sitz der Kunstlinse nicht optimal zentriert (Tabelle 13).

Tabelle 12: Frühpostoperatives CMÖ, N=120.

	Anzahl der Augen	Prozent
CMÖ	16	15,0
Grad 1	13	10,8
Grad 2	4	3,3
Grad 3	1	0,8

Tabelle 13: Frühpostoperativer Sitz der Verisyse-Irisklauenlinse, N=141.

	Anzahl der Augen	Prozent
Gut zentriert	135	95,7
Leicht dezentriert	3	2,1
Subluxation	2	1,4
Luxation in GK	1	0,7

Postoperative Sehschärfe und Abweichungen von der präoperativen Zielrefraktion

Der postoperative unkorrigierte Visus lag am letzten Beobachtungstag zwischen 0,0125 (1,9 logMAR) und 0,9 (0,1 logMAR). Als Mittelwert ergab sich ein Visus s.c. von $0,2 \pm 0,17$ (0,9 logMAR). Der korrigierte Visus betrug zwischen 0,05 (1,3 logMAR) und 1,2 (-0,1 logMAR). Durchschnittlich lag er bei $0,5 \pm 0,3$ (0,4 logMAR). Das objektive sphärische Äquivalent (SE) betrug -5,1 dpt bis +6,6 dpt. Durchschnittlich erreichten die Augen ein objektives SE von $-0,6 \pm 1,9$ dpt. Das subjektive SE lag zwischen -6,5 dpt und +4,5 dpt mit einem Mittelwert von $-0,6 \pm 1,8$ dpt. Die mittlere objektive Sphäre betrug $0,8 \pm 2,1$ dpt. Der objektiv gemessene Zylinder lag durchschnittlich bei $-2,8 \pm 1,7$ dpt. Subjektiv ergab sich für die Sphäre ein Mittelwert von $0,3 \pm 2,1$ dpt und für den Zylinder ein Mittelwert von $-2,4 \pm 1,9$ dpt. Die Abweichung der nach der Operation erzielten Refraktion (Sphärisches Äquivalent) von der vor der Operation angestrebten Zielrefraktion (im nachfolgenden als „Fehlrefraktion“ bezeichnet) lag auf 0,25 dpt gerundet bei der objektiven Refraktionsbestimmung in einem Bereich zwischen -5 dpt und +6,75 dpt (Abbildung 3). Es zeigte sich eine objektive Fehlrefraktion von +6,75 dpt bei einem Auge (Abbildung 3). Ursache der hohen Fehlrefraktion war eine Silikonöltamponade des Glaskörpers und ein Hornhautödem. Durchschnittlich betrug die objektive Refraktion $0,2 \pm 1,7$ dpt (Abbildung 3). Bei der subjektiven Refraktionsbestimmung lag sie zwischen -3,75 dpt und +5,5 dpt (Abbildung 4). Im Mittel betrug sie $0,2 \pm 1,6$ dpt. Die Beträge der objektiven Fehlrefraktion lagen zwischen 0,0 und +6,75 dpt (Abbildung 5), die der subjektiven Fehlrefraktion in einem Bereich zwischen 0,0 dpt und +5,5 dpt (Abbildung 6). Die postoperative objektive Fehlrefraktion lag bei 75,5% der Augen und die subjektive Fehlrefraktion bei 74,6% der Augen in einem ± 2 dpt Intervall.

Zwei Augen wurden aus der Statistik ausgeschlossen, da postoperativ eine Luxation bzw. Subluxation der Verisyse-Kunstlinse beobachtet wurde. Bei der ersten Patientin zeigte sich eine Luxation der Verisyse-Kunstlinse in den Glaskörper mit resultierender Aphakie und einer objektiven Fehlrefraktion von +17,25 dpt. Bei einem zweiten Patienten lag eine Subluxation der Verisyse-Kunstlinse vor. Es ergab sich eine subjektive Fehlrefraktion von +14,25 dpt. Beide Kunstlinsen konnten im Rahmen einer Revision dauerhaft an der Iris refixiert werden.

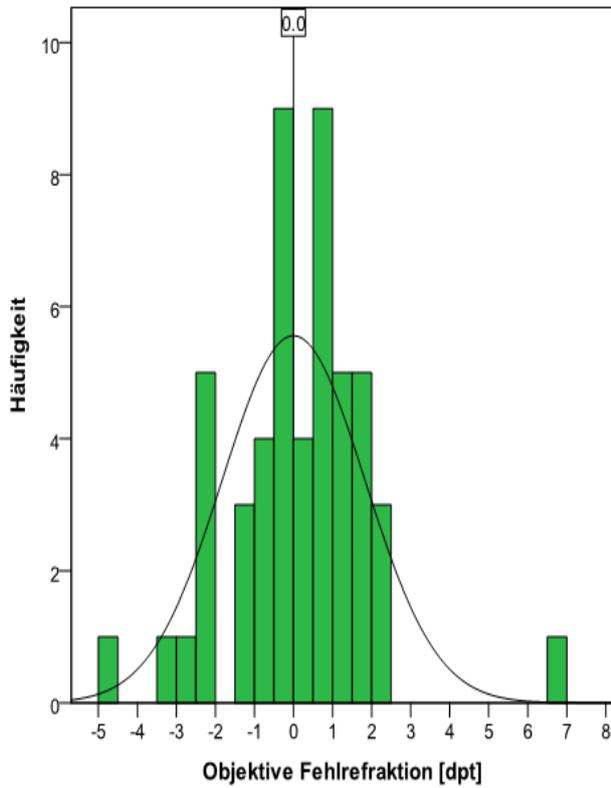


Abbildung 3: Objektiv bestimmte Fehlrefraktion in Dioptrien. Ordinate: Anzahl absolut.

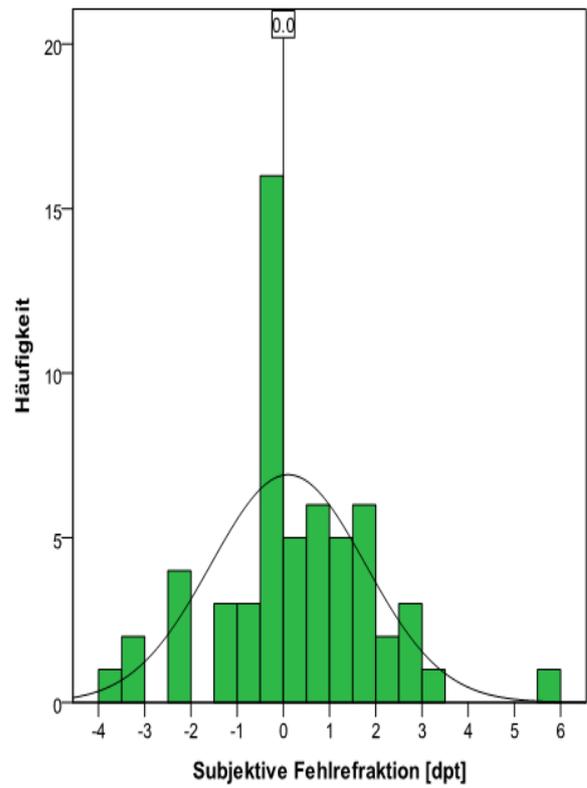


Abbildung 4: Subjektiv bestimmte Fehlrefraktion in Dioptrien. Ordinate: Anzahl absolut.

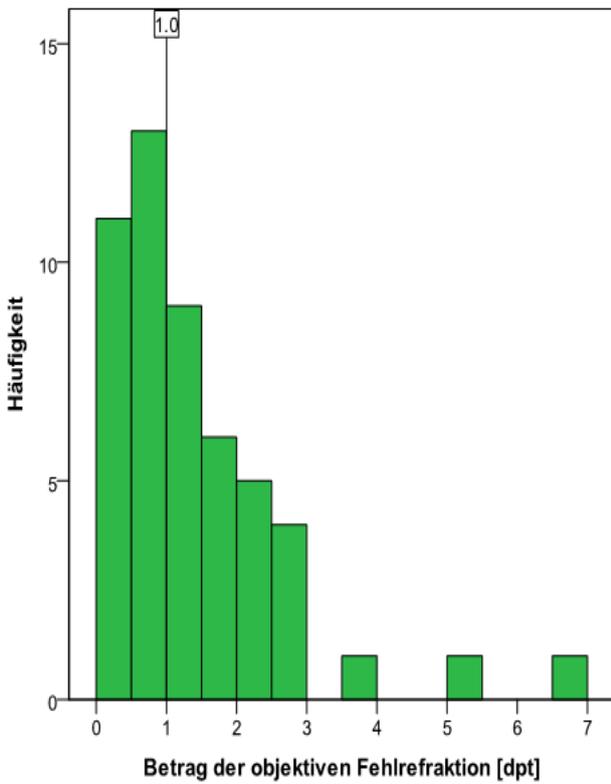


Abbildung 5: Betrag der objektiv bestimmten Fehlrefraktion in Dioptrien. Ordinate: Anzahl absolut.

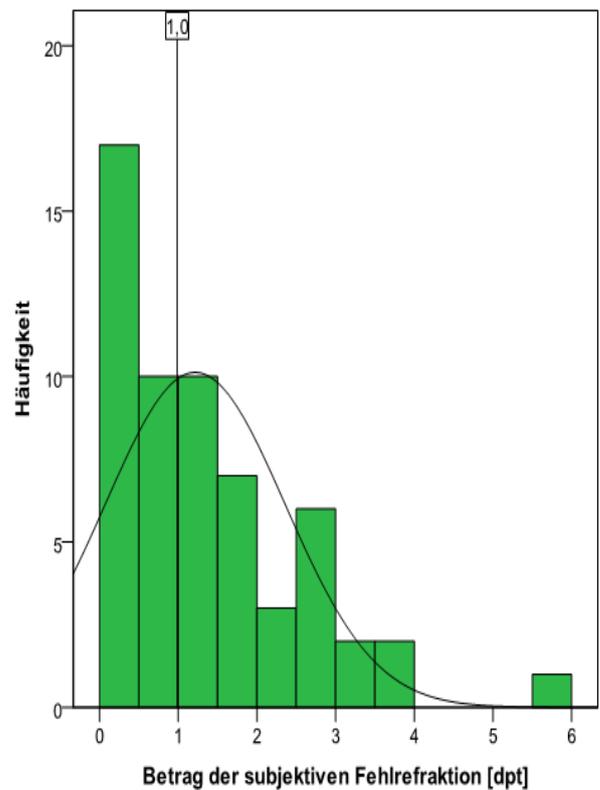


Abbildung 6: Betrag der subjektiv bestimmten Fehlrefraktion in Dioptrien. Ordinate: Anzahl absolut.

Der Visus mit Korrektur betrug bei primärer Linsen Chirurgie mit Phakoemulsifikation 0,2 (logMAR). Bei Kunstlinsenaustausch lag der Visus cum correctione postoperativ bei 0,3 (logMAR). Nach sekundärer Kunstlinsenimplantation betrug er 0,5 (logMAR).

4.4 Retroiridale Irisklauenlinsenimplantation und perforierende Keratoplastik

Bei 18 Augen (12,0%) wurde gleichzeitig zur retroiridalen Irisklauenlinsenimplantation eine perforierende Keratoplastik durchgeführt. Oberflächliche und tiefe lamelläre Keratoplastiken wurden im untersuchten Patientengut nicht durchgeführt. Die postoperative Endothelzellzahl nach perforierender Keratoplastik betrug zwischen 1542 Zellen/mm² und 2623 Zellen/mm². Durchschnittlich lag sie bei 2058±352 Zellen/mm². Ein postoperatives CMÖ zeigte sich im χ^2 -Test nicht signifikant häufiger bei Patienten mit simultaner Keratoplastik ($\chi^2=0,598$ p=0,741) als bei Patienten ohne simultane Keratoplastik (Tabelle 14).

Tabelle 14: Zystoides Makulaödem bei Patienten mit und ohne simultane Keratoplastik.

	Keine HH-OP	Perf. KPL
CMÖ		
Grad 1	11	2
Grad 2	4	0
Grad 3	1	0

Eine Pupillenentrundung wurde bei Patienten mit perforierender Keratoplastik im χ^2 -Test nicht signifikant häufiger beobachtet als bei Patienten ohne Keratoplastik ($\chi^2=0,023$; p=0,878; Fisher's Test: p=0,537). Der Vorderkammerreizzustand war nach simultaner Keratoplastik im Vergleich zu Patienten ohne gleichzeitige Keratoplastik im χ^2 -Test nicht signifikant erhöht ($\chi^2=3,176$; p=0,365 bei den Zellen in der Vorderkammer und $\chi^2=0,483$; p=0,932 beim Tyndall-Effekt) (Tabelle 16). Eine Hornhaut-Endothel-Epithel-Dekompensation trat im χ^2 -Test nicht signifikant häufiger bei Patienten mit simultaner perforierender Keratoplastik auf ($\chi^2=5,826$; p=0,120) (Tabelle 15).

Tabelle 15: Hornhaut-Endothel-Epithel-Dekompensation bei Patienten mit und ohne simultane Keratoplastik.

	Keine HH-OP	Perf. KPL
HEED		
Grad 1	33	1
Grad 2	9	0
Grad 3	2	0

Tabelle 16: Vorderkammerreizzustand bei Patienten mit und ohne simultane Keratoplastik anhand der Zellen und des Tyndall-Effektes in der Vorderkammer.

	Keine HH-OP	Perf. KPL
Zellen		
Grad 1	59	9
Grad 2	40	8
Grad 3	11	0
Tyndall		
Grad 1	47	6
Grad 2	8	1
Grad 3	1	0

Der durchschnittliche postoperative korrigierte Visus nach retroiridaler Irisklauenlinsenimplantation und simultaner KPL betrug $0,4 \pm 0,2$ (Minimum: 0,1; Maximum: 0,7) (0,5 logMAR). Patienten ohne simultane Keratoplastik zeigten einen durchschnittlichen korrigierten Visus von 0,4 (logMAR). Im Mann-Whitney-U-Test ergab sich kein signifikanter Unterschied des postoperativen korrigierten Visus zwischen Patienten mit und ohne simultane KPL ($p=0,559$).

4.5 Beeinflussung des postoperativen Ergebnisses durch Begleiterkrankungen

4.5.1 Irisklauenlinsenimplantation bei Pseudoexfoliationssyndrom

Ein präoperatives Pseudoexfoliationssyndrom beeinflusste die Art der Linsenoperation: Es war im χ^2 -Test signifikant häufiger bei Augen mit primärer Kataraktchirurgie als Indikation anzutreffen ($\chi^2=11,406$; $p=0,003$) (Tabelle 17). Ein Pseudoexfoliationssyndrom fand sich signifikant häufiger bei Patienten, die gleichzeitig an einem Sekundärglaukom litten ($\chi^2=10,649$; $p=0,001$) (Tabelle 18). Der durchschnittliche korrigierte Visus bei Augen, die an Pseudoexfoliationssyndrom erkrankt waren, betrug 0,3 (logMAR). Patienten ohne Pseudoexfoliationssyndrom zeigten einen Visus cum correctione von 0,4 (logMAR). Im Mann-Whitney-U-Test ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen dem postoperativen Visus (logMAR) bei Patienten mit und ohne Pseudoexfoliationssyndrom ($p=0,159$).

Tabelle 17: Zusammenhang zwischen Pseudoexfoliationssyndrom und Art der Linsenoperation.

	Phako mit IOL-Implantation	IOL-Austausch	Sek. IOL-Implantation
PEX	18	15	2
Kein PEX	26	56	24

Tabelle 18: Zusammenhang zwischen Pseudoexfoliationssyndrom und Glaukom.

	Kein Glaukom	PCOWG	SOWG
PEX	20	3	13
Kein PEX	93	7	13

4.5.2 Irisklauenlinsenimplantation bei Irisabnormalitäten

Bei Augen mit Irisabnormalität wurde die Verisyse-Kunstlinse statistisch signifikant häufiger im Rahmen einer sekundären Kunstlinsenimplantation eingesetzt ($\chi^2=13,107$; $p=0,001$) (Tabelle 19). Der durchschnittliche korrigierte Visus bei Augen mit Irisabnormalität betrug 0,4 (logMAR), bei Augen ohne Irisabnormalität 0,3 (logMAR). Es zeigte sich kein signifikanter Unterschied des postoperativen Visus zwischen beiden Gruppen ($p=0,582$).

Tabelle 19: Zusammenhang zwischen dem Befund Irisabnormalität und Art der Linsenoperation

	Phako mit IOL-Implantation	IOL-Austausch	Sek. IOL-Implantation
Irisabnormalität	2	14	10
Keine Irisabnormalität	42	57	16

4.5.3 Irisklauenlinsenimplantation bei proliferativer diabetischer Retinopathie

Innerhalb dieser Studie zeigte sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Auftreten eines Sekundärglaukoms und einer PDR im Patientengut im χ^2 -Test ($\chi^2=1,955$; $p=0,162$) (Fishers-Test: $p=0,155$). Postoperativ betrug der intraokulare Druck bei Patienten mit PDR durchschnittlich $14\pm 3,7$ mmHg nach Irisklauenlinsenimplantation. Im Mann-Whitney-U-Test stellte sich kein signifikanter Unterschied zwischen der Druckentwicklung bei Patienten mit und ohne PDR dar ($p=0,981$), (Tabelle 20). Im χ^2 -Test zeigten Patienten mit PDR eine signifikant erhöhte Rate an postoperativem CMÖ ($\chi^2=13,332$; $p=0,001$). Gleichzeitig zeigten sie im Vergleich zu Patienten ohne PDR kein signifikant erhöhtes Vorkommen von Vorderkammerreizzuständen (Tabelle 21). Der korrigierte Visus betrug bei PDR durchschnittlich 0,5 (logMAR), bei Augen ohne PDR 0,3 (logMAR). Es ergab sich kein signifikanter Unterschied zwischen dem postoperativen Visus bei Patienten mit und ohne PDR ($p=0,699$).

Tabelle 20: Intraokularer Druck in mmHg bei Patienten mit und ohne proliferative diabetische Retinopathie.

	Mittelwert	Standardabweichung	Median	Minimum	Maximum
PDR	14,42	3,7	14	10	22
Keine PDR	14,15	5,6	14	2	50
Insgesamt	14,18	5,5	14	2	50

Tabelle 21: Zusammenhang Vorderkammerreizzustand und proliferative diabetische Retinopathie.

	PDR	Keine PDR
Tyndall		
Grad 1	5	48
Grad 2	0	9
Grad 3	0	1
Zellen		
Grad 1	3	65
Grad 2	5	48
Grad 3	2	11

4.5.4 Irisklauenlinsenimplantation bei glaukomatösen Erkrankungen

Bei Augen ohne glaukomatöse Erkrankungen zeigte sich ein durchschnittlicher postoperativer intraokularer Druck von $13,8 \pm 4,3$ mmHg. Patienten mit präoperativ bestehendem PCOWG hatten nach retroridaler Irisklauenlinsenimplantation im Durchschnitt einen intraokularen Druck von $16,4 \pm 4,7$ mmHg (Tabelle 22) und Patienten mit SOWG $15,0 \pm 9,3$ mmHg. Im Vergleich zu Patienten ohne Sekundärglaukom präsentierte sich im Mann-Whitney-U-Test kein signifikanter Unterschied in der IOD-Entwicklung zu Patienten ohne Sekundärglaukom ($p=0,496$). Ein signifikanter Unterschied des postoperativen IOD zwischen Patienten mit und ohne PCOWG lag im Mann-Whitney-U-Test nicht vor ($p=0,087$). Im Mann-Whitney-U-Test trat kein signifikanter Unterschied zwischen dem postoperativen IOD bei Patienten mit PCOWG und SOWG ($p=0,324$) auf. Der postoperative korrigierte Visus betrug bei Patienten mit PCOWG 1,3 (logMAR), bei Patienten mit Sekundärglaukom 1,0 (logMAR) und bei Patienten ohne Glaukom 0,9 (logMAR). Es zeigte sich im Mann-Whitney-U-Test kein signifikanter Unterschied zwischen dem postoperativen korrigierten Visus bei Patienten mit PCOWG und ohne PCOWG ($p=0,088$) beziehungsweise zwischen Patienten mit Sekundärglaukom und ohne Sekundärglaukom ($p=0,390$) und zwischen Patienten mit PCOWG oder Sekundärglaukom ($p=0,129$).

Tabelle 22: Intraokularer Druck in mmHg bei Patienten mit und ohne Glaukom.

	Mittelwert	Standardabweichung	Median	Minimum	Maximum
PCOWG	16,4	4,7	15	11	24
SOWG	15,2	9,3	15	2	50
Kein Glaukom	14,2	5,5	14	2	50

4.6 Optimierung der Kunstlinsen-Konstanten

Bei 52 Augen konnte eine Optimierung der Kunstlinsen-Konstanten erfolgen. Zur Optimierung der Konstanten wurde der Median aufgrund geringerer Abhängigkeit von Extremwerten gewählt. Für das Operationszentrum der Klinik für Augenheilkunde des Universitätsklinikums des Saarlandes in Homburg/Saar ergab sich eine durchschnittliche A-Konstante für die SRK/T-Formel von $116,7 \pm 1,7$ (Abbildung 7). Der Median betrug für die A-Konstante 116,8. Der sogenannte „Surgeon Factor“ für die Holladay-1-Formel betrug $0,8 \pm 1,0$ (Abbildung 8). Der Median lag bei 0,84. Die personalisierte Vorderkammertiefe der Hoffer-Q-Formel lag bei den 52 Augen im Durchschnitt bei $4,6 \pm 1,2$ (Abbildung 9). Der Median betrug 4,44. Für die optische Vorderkammertiefe nach Haigis ergab sich ein Mittelwert von $4,0 \pm 1,1$. Der Median lag bei 3,9, für a_0 ergab sich 0,217 (Abbildung 10). Bei den 52 Augen lag eine Fehlrefraktion von $0,06 \pm 1,5$ dpt (Median 0,06 dpt) vor (Abbildung 11). Die Abweichung der postoperativen Refraktion von der Zielrefraktion (Fehlrefraktion) lag bei 84,6% der 52 Augen in einem Intervall ± 2 dpt (Abbildung 12). In einem Intervall von ± 1 dpt lagen 51,9% der Augen.

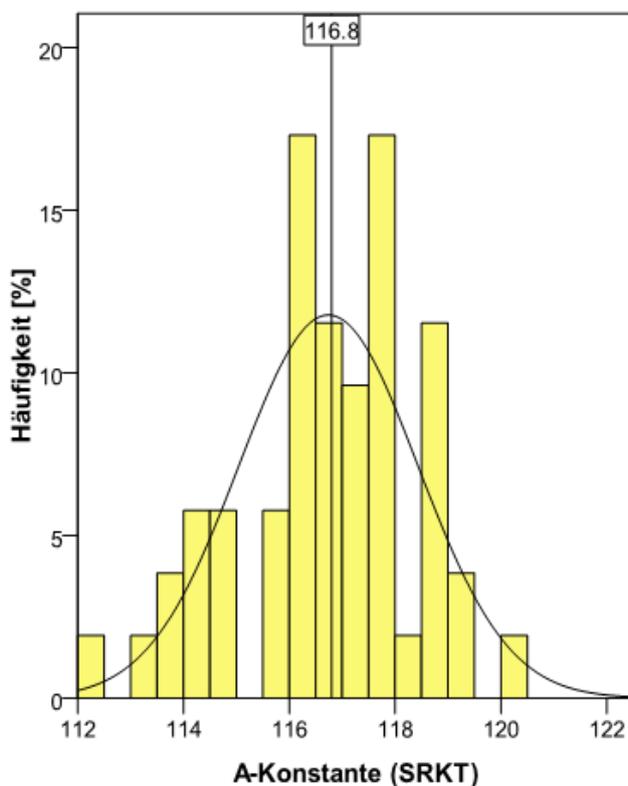


Abbildung 7: Optimierte A-Konstante für die SRK-T-Formel. Ordinate: Anzahl in Prozent

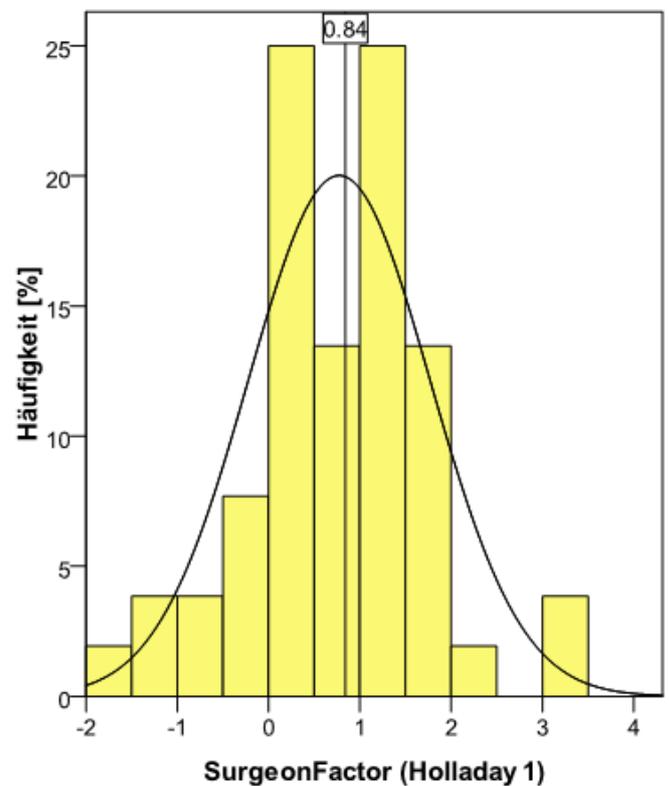


Abbildung 8: Optimierter Surgeon Faktor für die Holladay-1-Formel. Ordinate: Anzahl in Prozent.

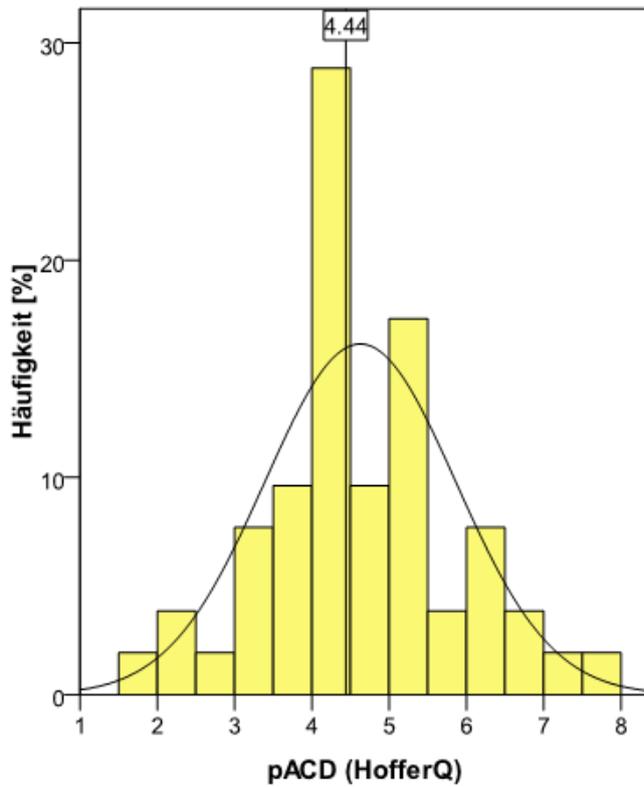


Abbildung 9: Optimierte personalisierte Vorderkammertiefe für die Hoffer-Q-Formel. Ordinate: Anzahl in Prozent

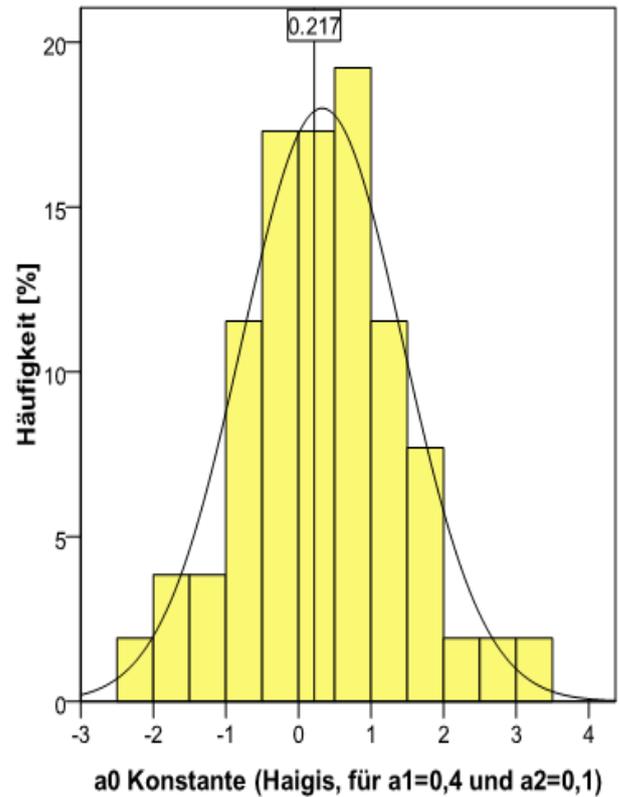


Abbildung 10: Optimierte a₀-Konstante für die Haigis-Formel. Ordinate: Anzahl in Prozent

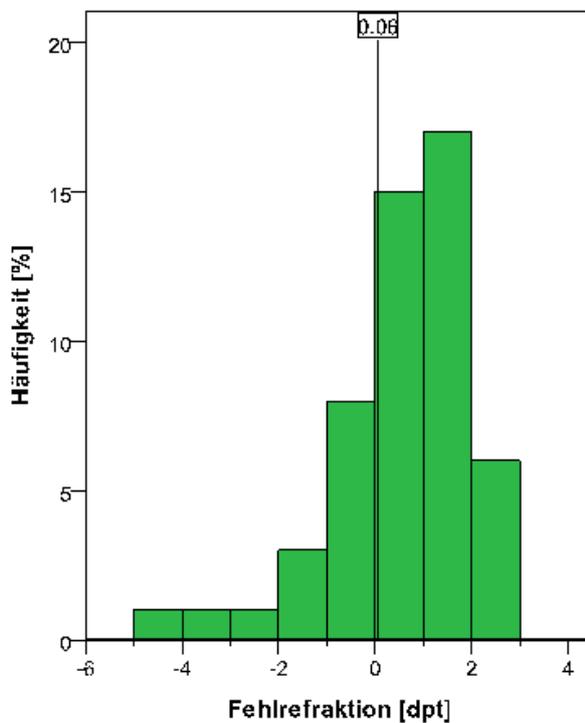


Abbildung 11: Postoperative Fehlrefraktion in Dioptrien. Ordinate: Anzahl in Prozent

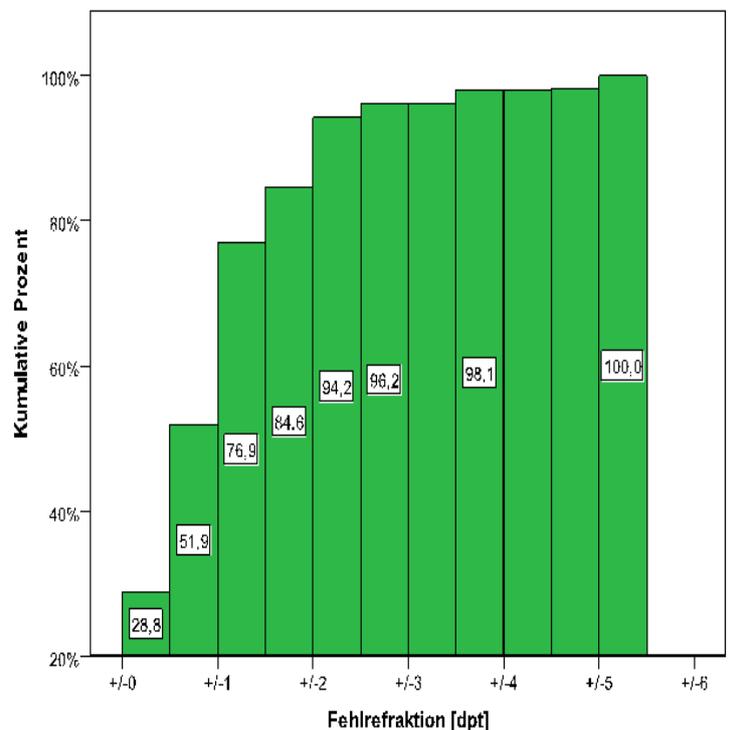


Abbildung 12: Betrag der Fehlrefraktion in Dioptrien. Ordinate: Anzahl in Prozent.

5 Diskussion

5.1 Einsatzmöglichkeiten der retroiridalen Verisyse-Irisklauenlinse

Zum Einsatz von Irisklauenlinsen außerhalb der refraktiven Chirurgie gibt es derzeit wenig Literatur und die aktuellen Studien basieren zum Teil auf geringen Fallzahlen. Die vorliegende Studie über die retroiridale Implantation der Verisyse-Kunstlinse umfasst ein Patientenkollektiv von 146 Patienten und evaluiert eine große Anzahl prä- und postoperativer Parameter. Allerdings konnte aufgrund der retrospektiven Vorgehensweise nicht bei jedem Patienten ein kompletter Datensatz erhoben werden.

Die retroiridal implantierte Verisyse-Intraokularlinse hat nicht den Rang einer Standardlinse innerhalb der Kataraktchirurgie. Bei den im Rahmen dieser Studie untersuchten Patienten wurde sie in erster Linie als sogenannte „Komplikationsmanagementlinse“ eingesetzt. Die häufigste Indikation zur Implantation einer retroiridalen Verisyse-Kunstlinse stellte eine bestehende Kunstlinsenluxation in 33,8% der Fälle dar. Eine primäre Implantation lag bei 25,7% der Augen und eine sekundäre Implantation im Rahmen einer Aphakiekorrektur in 18,2% der Fälle vor. Bei Gicquel (20), Wolter-Roessler (60) und Mohr (37) dagegen wird die retroiridale Verisyse-Implantation vor allem im Rahmen der Aphakiekorrektur eingesetzt. Neuere Studien zeigen hingegen einen vermehrten Einsatz der retroiridalen Verisyse-Irisklauenlinse im Rahmen der primären Kataraktchirurgie. Gonnermann (21) implantierte 70% seiner Patienten eine Verisyse-Kunstlinse retropupillar aufgrund einer Kunstlinsenluxation. De Silva (9) implantierte lediglich bei 15,5% der Augen im Rahmen einer primären Kataraktoperation eine präpupillare Irisklauen-Linse, die überwiegende Anzahl der Patienten war aphak. Neuhann (39) nennt als häufigsten Grund für den Austausch einer Kunstlinse die Subluxation beziehungsweise Dislokation der Linse im Rahmen eines Pseudoexfoliationssyndroms. Das Pseudoexfoliationssyndrom war innerhalb der vorliegenden Studie eine häufige Begleiterkrankung, die 25,0% der Augen betraf. In der Literatur wird das Pseudoexfoliationssyndrom bei Irisklauenlinsenimplantation von 0,8% (9) bis zu über 50% (21) als Begleiterkrankung beziehungsweise Indikation einer Irisklauenlinsenimplantation angegeben. Im Rahmen dieser Studie hatten 18,2% der Augen ein Trauma erlitten. Gonnermann (21) nennt einen Wert von 9,5%.

Insgesamt zeichnet sich ab, dass die retroiridale Implantation der Irisklauenlinsen insbesondere bei Kunstlinsenluxation eingesetzt werden kann, ihr Einsatz jedoch auch in der primären Linsen Chirurgie zunehmend an Bedeutung gewinnt, während er bezüglich der Aphakiekorrektur in den Hintergrund rückt.

Eine seltene Indikation für die retroridiale Verisyse-Implantation stellte eine Ektopia lentis bei Stoffwechselerkrankungen wie Marfan-Syndrom oder Homocysteinurie dar. Hervorzuheben ist, dass in unserem Patientenkollektiv ein Patient mit Marfan-Syndrom den besten postoperativen Visus mit einem Wert von 1,25 bereits am zweiten postoperativen Tag zeigte. Im Rahmen dieser Studie wurden die prä- und postoperativen Parameter eines 4-jährigen Kindes mit Marfan-Syndrom erhoben, bei dem eine beidseitige retroiridale Implantation einer Verisyse-Linse im Abstand von 13 Wochen durchgeführt worden war. Der Endvisus betrug 0,2 bzw. 0,3, allerdings lagen als Begleiterkrankungen ein Strabismus divergens und ein hoher Astigmatismus vor. Die Operation verlief komplikationslos. In der Literatur werden gute Ergebnisse nach präpupillärer Verisyseimplantation bei Kindern mit Marfan-Syndrom und Linsenluxation beschrieben (53). Der Visus betrug bei Sminia 0,4 beziehungsweise 0,5 bei einem Kind ohne Begleiterkrankungen der Augen und 0,4 beziehungsweise 0,8 bei einem Kind mit Strabismus und einem Netzhautforamen (53). In einer anderen Studie (54) berichtet Sminia über eine Endothelzellichte nach Einsatz einer Artisan als Vorderkammerlinse von 2702 Zellen/mm², wobei die Zellen in einem Bereich von 1382 bis 3974 Zellen/mm² lagen und die Kinder keine Nebenerkrankungen zeigten. In Sminias Studie wurde nur eine kleine Fallzahl von 20 Augen aufgenommen. Desweiteren ist ein massiver Endothelzellverlust bei retroiridaler Implantation aufgrund des fehlenden Endothelkontaktes weitestgehend auszuschließen. Als Grund für die Implantation einer Artisan/Verisyse nennt sie die leichte Entfernung aus dem wachsenden Auge. Auch eine Entfernung der retroiridalen Irisklauenlinse gelingt leicht und stellt damit keine Kontraindikation bei Kindern mit möglicher nachfolgender Explantation oder Austausch einer Linse dar.

In der vorliegenden klinischen Studie erhielten 18 Augen eine simultan zur Verisyse-Implantation durchgeführte Keratoplastik. Es wurden ausnahmslos perforierende, d. h. alle Schichten der Hornhaut betreffende, Keratoplastiken durchgeführt. Als Komplikationen einer perforierenden Keratoplastik können ein Astigmatismus, ein „idiopathischer Endothelzellverlust“ und ein Urrets-Zavalía-Syndrom (Pupillotonie, Irisphinkteratrophie, Anstieg IOD) auftreten (48). Vor allem bei Patienten mit Hornhaut-Endothel-Epithel-

Dekompensation sei der Endothelzellverlust ausgeprägt (48). Die Vermutung, dass eine retroiridale Implantation der Verisyse-Kunstlinse eine Hornhautdekompensation vermeidet, wurde in der Literatur zur Irisklauenlinse bereits mehrfach geäußert (11, 22, 29, 47). Die vorliegende Studie kann diese These nicht widerlegen. Es zeigte sich bei keinem der Patienten mit Keratoplastik eine signifikante Endotheldekompensation, die Hornhautendothelzelldichte zeigte Werte im Normbereich. Dighiero (11) beschrieb nach retroriridal implantierter Artisan/Verisyse eine mittlere Endothelzelldichte von 1508 Zellen/mm², Gonnermann (22) verzeichnete eine Endothelzelldichte von 1319±211 Zellen/mm². Die mittlere Endothelzelldichte in dieser Studie lag dagegen bei 2014±346 Zellen/mm². Dies stellt einen guten Wert bei Keratoplastiken dar (41, 57). Mögliche Ursachen für die unterschiedlichen Werte sind, der Einschluss von Patienten mit bullöser Keratopathie (=Hornhaut-Endothel-Epithel-Dekompensation) in Gonnermanns (22) und Dighieros (11) Publikationen. Die leichte Erhöhung der Hornhautdicke im Rahmen dieser Studie kann durch die postoperativen Hornhautödeme erklärt werden. Als Komplikationen einer kombinierten Keratoplastik werden Sekundärglaukom, Irisdefekte, korneale Ulcera (47) und Subluxation der Linse (22) beschrieben. Derartige Befunde wurden in dieser Studie bei Augen mit kombinierter Keratoplastik nicht beobachtet. Ein Urrets-Zavalía-Syndrom zeigte sich trotz Manipulation der Iris bei keinem der in dieser Studie untersuchten Patienten. Lake et al. (31) nennen diese mögliche Komplikation als Grund für den Gebrauch der Artisan als Vorderkammerlinse bei einer DSEK, da bei einer DSEK das Gas, das das Transplantat andrücken soll den Irissphinkter gegen eine posterior implantierte Linse drücken und damit eine Irissphinkterischämie auslösen könnte (31). Nach phaker Irisklauenlinsenimplantation wurde ein Urrets-Zavalía-Syndrome beobachtet (43).

5.2 Sicherheit und mögliche Komplikationen der retroiridalen Implantationstechnik

Als potentiell Visus beeinträchtigende Komplikation der retroiridalen Verisyse-Implantation zeichnete sich in dieser Studie ein postoperatives CMÖ bei 15% der Fälle ab. Diese Zahl liegt höher als in der Vergleichsliteratur (Gonnermann 8,7% (21); Wolter-Roessler 4,2% (60), Mohr 4,2% (36)). Mögliche Gründe für die erhöhte Makulopathierate innerhalb dieser Studie ist neben bereits vorbestehenden CMÖ die hohe Rate an proliferativer diabetischer Retinopathie (7,4%). Diese beiden Befunde zeigen eine

signifikante Korrelation ($p < 0,05$). Bei Mohr (36) galt die diabetische Retinopathie aufgrund einer möglichen Assoziation mit einer Rubeosis iridis als Ausschlusskriterium. Bei präpupillarer Implantation der Verisyse-Irisklauenlinse wird eine Häufigkeit von 7,7% einer Rubeosis iridis angegeben (9). Daher scheint die retroridale Implantation einer Verisyse-Kunstinse zwar ein leicht höheres CMÖ-Risiko im Vergleich zu einer Standardhinterkammerlinse zu zeigen (24, 42, 63), weist aber ein vergleichbares bis geringeres CMÖ-Risiko als Vorderkammerlinsen (12) und skleranaftfixierte Linsen (56) auf. Gründe für eine geringere Inzidenz von CMÖ sind eine kürzere Operationszeit, eine geringe Beeinflussung des Hinterabschnitts und eine wesentlich weniger traumatische Implantation als bei der skleranaftfixierten Kunstinse (4).

Eine Pupillenverziehung fand sich bei 23,6% der Augen und eine HEED bei 32,2%. Mögliche Ursache für die Pupillenverformung ist die Inkarzeration in der Iris, die zu einer mechanisch bedingten Verziehung führen kann. Eine funktionelle Beeinträchtigung der Pupillenmotilität, wie etwa ein Urrets-Zavalía-Syndrom (43), das insbesondere bei Hornhauttransplantationen vorkommt wurde bei dieser Studie nicht festgestellt. Auch Mohr (37) verzeichnete keine Veränderungen des Pupillenspiels. Gonnermann (21) nennt mit 24,8% eine leicht höhere Ovalisierungsrate als diese Studie. Ursache hierfür könnten die bei ihm aufgetretenen toxischen anterioren Segmentensyndrome und chronische Uveitiden sein (21), die im Rahmen dieser Studie nach retroiridaler Verisyseimplantation aufgrund der kurzen Nachbeobachtungszeit nicht gefunden wurden. Bei einer Skleranaftfixierung ist eine Pupillentrübung dagegen selten zu erwarten (35), jedoch stellt die höhere Rate an CMÖ und Amotio retinae bei Skleranaftfixierung und die damit einhergehende Sehschärfenminderung sicherlich eine schwerwiegendere Komplikation als die ästhetische Beeinträchtigung der Pupille bei Irisklauenlinsenimplantation dar.

Der postoperative durchschnittliche IOD lag im Rahmen dieser Studie im normotensiven Bereich. Ein Auge zeigte einen Druckanstieg auf 50 mmHg, drei Augen zeigten im Rahmen einer Bulbushypotonie eine Aderhautamotio, die nach Cortisontherapie abklang. In der Literatur werden intraokulare Druckerhöhungen nach retroiridaler (21, 35) und präpupillarer (9) Irisklauenlinsenimplantation beschrieben, wobei die Häufigkeit von Druckspitzen bei präpupillarer Implantationstechnik höher beschrieben werden als bei retropupillarer Implantation (9). Die Inzidenz von postoperativen Druckanstiegen ist auch bei kammerwinkelgestützter Vorderkammerlinsen Chirurgie erhöht (4). Mögliche Ursachen für eine geringere Druckentwicklung bei retroiridalem Einsatz sind die fehlende

Beeinträchtigung des Kammerwinkels und der Vorderkammertiefe. Auch bei skleranahtfixierten Linsen zeigen sich mehr okuläre Hyper- und Hypotonien als bei retroiridaler Implantation (35). Durch die Fixierung und damit Durchstechung der Sklera, die bei Verisyseimplantation nicht nötig ist, kann es im Rahmen einer Fistulation zu einer Bulbushypotonie kommen. Die okuläre Hypertonie kann durch im Auge verbliebenes Viskoelastikum bedingt sein.

Die meisten Patienten zeigten nach der Verisyse-Kunstlinsenimplantation einen Vorderkammerreizzustand in Form von Zellen in der Vorderkammer bei 90,7% oder einem positiven Tyndall-Effekt bei 45,0% der Augen. Auffallend ist in dieser Studie vor allem eine starke Vermehrung der Zellen in der Vorderkammer. Gründe für die erhöhte Zellzahl sind mögliche Verletzung der Irisgefäße und erhöhte Durchlässigkeit der Gefäße bei proliferativer diabetischer Retinopathie mit Austritt von Erythrozyten in die Vorderkammer. Im χ^2 -Test zeigten diese beiden Befunde jedoch keinen signifikanten Zusammenhang ($p > 0,05$). Dennoch hatten viele PDR geschädigte Augen eine mit Grad 2 erhöhte Zahl an Zellen in der Vorderkammer. Der Tyndall-Effekt scheint bei diesen Patienten eine geringere Rolle zu spielen, was sich auch auf den χ^2 -Test ($p > 0,05$) auswirkte. In der Literatur wurde eine leicht erhöhte Anzahl von chronischen Uveitiden nach Irisklauenlinsenimplantation beobachtet. Dieser Befund zeigte sich aufgrund der kurzen Nachbeobachtungszeit in der vorliegenden Studie nicht. Bei Gonnermann (21) fanden sich im Gegensatz zu dieser Studie, Hyphäma, toxisches anteriores Segmentyndrom und Endophthalmitis. Diese könnten den chronischen Reizzustand bei den von Gonnermann (21) untersuchten Patienten zumindest zum Teil erklären.

Die Dezentrierungs- und Subluxationsrate der Verisyse-Kunstlinse war im Rahmen dieser Studie sehr gering (4,2%). Gonnermann (21) beschrieb bei der retropupillaren Implantation eine höhere Rate von 8,7%, während bei Wolter-Roessler (60) ähnliche Werte wie in dieser Studie vorlagen. De Silva (9) verzeichnete bei der präpupillaren Implantationstechnik der Irisklauenlinse eine Subluxationsrate von 6%.

5.3 Optimierung der Kunstlinsen-Konstanten für die retroiridale Verisyse VRSA 54 Aphakie und refraktive Treffsicherheit

In dieser Studie zeigte sich eine insgesamt gute refraktive Treffsicherheit in 79,7% der Fälle mit einer Abweichung der postoperativen Refraktion von der Zielrefraktion im Bereich von ± 2 dpt. Zur Erhöhung der refraktiven Treffsicherheit wurde eine Optimierung der Kunstlinsen-Konstanten durchgeführt (Tabelle 23).

Tabelle 23: Vergleich der in der Literatur empfohlenen Kunstlinsen-Konstanten und der individualisierten Konstanten.

IOL-Konstanten	A-Konstante SRK/T	SF Holladay	pACD Hoffer-Q	a ₀ Haigis	N
„Eigene Studie“	116,8	0,84	4,44	a ₀ = 0,217	52
Verisyse/Artisan aph. (23)	116,8	0,54	4,34	a ₀ = -0,25	20

Die in dieser Studie gefundenen Kunstlinsen-Konstanten weichen geringfügig von den bisher empfohlenen Konstanten ab. Die empfohlenen Konstanten beruhen auf der Arbeit von Mohr (37). Dieser verwendete eine A-Konstante von 116,8 bei 20 Augen. In seiner Arbeit gab er starke Abweichungen der postoperativen Refraktion von der Zielrefraktion an (37). Aufgrund der höheren Fallzahlen und der geringeren postoperativen Fehlrefraktion sind die in dieser Studie gewonnenen Kunstlinsen-Konstanten den bisher empfohlenen Konstanten vorzuziehen, beziehungsweise ist für jedes Operationszentrum eine Individualisierung der Kunstlinsen-Konstanten vorzunehmen.

Das Sphärische Äquivalent (SE) lag in der vorliegenden Studie im leicht negativen Bereich. Wolter-Roessler verzeichnete (60) Werte von 0 dpt (-0,75 bis 1,0 dpt). Er verwendete eine A-Konstante von 116,7. Die Abweichung kann durch die erhöhte Anzahl von Keratoplastiken und Hornhautödeme in der vorliegenden Studie erklärt werden. Der durchschnittliche Visus, den wir nach Verisyse-Implantation beobachteten, betrug $0,5 \pm 0,3$. In der Literatur werden bei alleiniger Verisyse-Implantation Werte zwischen 0,4 bis zu 0,6 angegeben (21, 35, 60). Bei kombinierter Keratoplastik liegen die Visuswerte bei $0,4 \pm 0,2$. In der Literatur werden ähnliche Werte beschrieben (11, 47). Mennel (35) verzeichnete bei der skleranaftfixierten Linse einen ähnlichen Visus von 0,4. Vorderkammerlinsen zeigen ähnliche Visusergebnisse wie skleranaftfixierte Linsen (9, 14). Das funktionelle Ergebnis

von verschiedenen „Komplikationsmanagementlinsen“ wie retro- und präpupillarer Irisklauenlinse, kammerwinkelgestützten Linsen und skleranahtfixierte Linsen ist somit vergleichbar.

5.4 Fazit

Mit ihrer einfachen und schnellen Implantationstechnik ist die retroridale Verisyse-Irisklauenlinse eine sichere Alternative zu kammerwinkelgestützten Vorderkammerlinsen, skleranahtfixierten Linsen und präpupillar eingesetzten Irisklauenlinsen bei fehlendem Kapselsacksupport. Sie zeigt ein breites Indikationsspektrum sowohl bei älteren als auch bei jungen Patienten, insbesondere auch bei Kindern, bei denen sich die Refraktion fortlaufend ändert und die retroiridale Irisklauenlinsenimplantation einen einfachen Kunstlinsenaustausch ermöglicht. Sie kann mit Keratoplastiken und Hinterabschnittschirurgie kombiniert werden. Heute wird sie vor allem nach Luxation der kristallinen oder einer Kunstlinse eingesetzt. Wichtige Begleiterkrankungen sind in diesem Zusammenhang Pseudoexfoliationssyndrom, Diabetes mellitus, Traumata mit ihren Folgeerkrankungen, Sekundärglaukom und proliferative diabetischer Retinopathie. Diese Erkrankungen stellen keine Kontraindikationen für die retroiridale Implantation einer Verisyse-Kunstlinse dar, im Gegenteil lassen sich durch ihre Implantation gute Ergebnisse erzielen. Bei der Mehrzahl der operierten Patienten erzielt die Implantation einer retroiridalen Verisyse-Irisklauenlinse gute visuelle Ergebnisse trotz zum Teil schwer vorgeschädigter Augen. Zur Erhöhung der refraktiven Treffsicherheit sollte eine Optimierung der Kunstlinsenkonstanten vorgenommen werden. Voraussetzung für die Implantation ist jedoch eine intakte Irisstruktur mit guter Fixationsmöglichkeit. Es zeichnet sich ab, dass die retroiridale Implantation der Verisyse-Kunstlinse nicht nur zu refraktivten Zwecken eingesetzt werden kann, sondern vielmehr als Komplikationsmanagementlinse bei fehlendem Kapselsacksupport bei vielen Ophthalmochirurgen andere Methoden zur Aphakiekorrektur bereits abgelöst hat.

6 Literaturverzeichnis

- (1) Amar L (1980) Posterior chamber iris claw lens. *J Am Intraocular Implant Soc* 6: 27
- (2) AMO Germany GmbH (2012) Verisyse-Produktübersicht. <http://www.amo-inc.de/download/VerisyseProduktübersicht.pdf> (Zugriff am 30.12.2012)
- (3) AMO Germany GmbH, Rudolf-Plank-Str. 31, D-76275 Ettlingen. Das Bild wurde freundlicherweise zur Verfügung gestellt.
- (4) Auffarth GU (2008) Kataraktchirurgie. UNI-MED, Bremen London Boston
- (5) Bärlocher F (2008) Biostatistik. Thieme, Stuttgart
- (6) Binkhorst CD (1962) Use of the pupillary lens (iris clip lens) in aphakia: Our experience based on the first fifty implantations. *Br J Ophthalmol* 46:343-356
- (7) Cursiefen C, Kruse FE (2009) Posteriore lamelläre Keratoplastik (DSAEK). *Ophthalmologie* 106: 939-954
- (8) Dai YH, Xie LX, Huang YS, Wu ZM, Zhang H, Lan J (2011) Analysis of patients with extraction of open loop-anterior chamber intraocular lenses. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi* 47: 546-549
- (9) De Silva SR, Arun K, Anandan M, Glover N, Patel CK, Rosen P (2011) Iris-claw intraocular lenses to correct aphakia in the absence of capsule support. *J Cataract Refract Surg* 37: 1667-1672
- (10) Dick HB, Augustin AJ (2001) Lens implant selection with absence of capsular support. *Curr Opin Ophthalmol* 12: 47-57
- (11) Dighiero P, Guigou S, Mercie M, Briat B, Ellies P, Gicquel JJ (2006) Penetrating keratoplasty combined with posterior Artisan iris-fixated intraocular lens implantation. *Acta Ophthalmol Scand* 84: 197-200
- (12) Donaldson KE, Gorscak JJ, Budenz DL, Feuer WJ, Benz MS, Forster RK (2005) Anterior chamber and sutured posterior chamber intraocular lenses in eyes with poor capsular support. *J Cataract Refract Surg* 31: 903-909
- (13) Epstein E (1959) Modified Ridley lenses. *Br J Ophthalmol* 43: 29
- (14) Evereklioglu C, ER H, Bekir NA, Borazan M, Zorlu F (2003) Comparison of secondary implantation of flexible open-loop anterior chamber and scleral-fixated

- posterior chamber intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 29: 301-308
- (15) Fechner PU, Heijde van der GL, Worst JGF (1988) Intraokulare Linse zu Myopiekorrektion des phaken Auges. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 193: 29-34
- (16) Flittiger C (2012) Technische Diagnostik in der Augenheilkunde. Hans Huber, Bern
- (17) Fyodorov SN, Egorova EV, Zubareva LN (1981) 1004 cases of traumatic cataract surgery with implantation of an intraocular lens. *J Am Intraocul Implant Soc* 7: 147-153
- (18) Galin MA, Lin LL, Fetherolf E, Obstbaum SA, Sugar A (1979) Time analysis of corneal endothelial cell density after cataract extraction. *Am J Ophthalmol* 88: 93-96
- (19) Gerste RD (2012): Komplikation der Kataraktoperation. Konstanter Rückgang der Netzhautablösung. *Dtsch Arztebl* 109: A-2468
- (20) Gicquel JJ, Guigou S, Bejjani RA, Briat B, Ellies P, Dighiero P (2007) Ultrasound biomicroscopy study of the Verisyse aphakic intraocular lens combined with penetrating keratoplasty in pseudophakic bullous keratopathy. *J Cataract Refract Surg* 33: 455-464
- (21) Gonnermann J, Klamann MK, Maier AK, Rjasanow J, Joussem AM, Bertelmann E, Rieck PW, Torun N (2012) Visual outcome and complications after posterior iris-claw aphakic intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 38: 2139-2143
- (22) Gonnermann J, Torun N, Klamann MK, Maier AK, Sonnleithner CV, Joussem AM, Rieck PW, Bertelmann E (2013) Visual outcomes and complications following posterior iris-claw aphakic intraocular lens implantation combined with penetrating keratoplasty. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 251: 1151-1156
- (23) Haigis W (2006) User group for interference biometry. <http://www.augenklinik.uni-wuerzburg.de/uslab/ioltxt/haid.htm> (Zugriff am 17.01.2014)
- (24) Henderson BA, Kim JY, Ament CS, Ferrufino-Ponce ZK, Grabowska A, Cremers SL (2007) Clinical pseudophakic cystoid macular edema. Risk factors for development and duration after treatment. *J Cataract Refract Surg* 33: 1550-1558
- (25) Hoffer KJ (1993) The Hoffer Q formula: A comparison of theoretic and regression formulas. *J Cataract Refract Surg* 19: 700-712
- (26) Hoffmann F (1976) Nahttechnik bei perforierender Keratoplastik. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 169:584–590
- (27) Holladay JT, Prager TC, Chandler TY, Musgrove KH, Lewis JW, Ruiz RS (1988)

- A three-part system for refining intraocular lens power calculations. *J Cataract Refract Surg* 14: 17-24
- (28) Kanski J, Bowling B (2012) *Klinische Ophthalmologie*. 7. Auflage. Urban & Fischer, München
- (29) Karimian F, Sadoughi MH (2011) Air-assisted descemet-stripping automated endothelial keratoplasty with posterior chamber iris-fixation of aphakic iris-claw intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 37: 224-228
- (30) Krause U (1983) Eight years experience with the Worst Medallion two loop lens. *Acta Ophthalmol (Copenh)* 61: 655-661
- (31) Lake DB, Rostron CK (2008) Management of angle-supported intraocular lens and iridectomy in descemet-stripping endothelial keratoplasty. *Cornea* 27: 223-224
- (32) Langenbacher A, Eppig T, Viestenz A, Seitz B, Müller G, Schönherr U (2012) Individualisierung der IOL-Konstanten für 2 hydrophobe Intraokularlinsen. SRK II, SRK/T, Hoffer Q, Holladay 1 und Haigis Formel. *Ophthalmologie* 109: 468-473
- (33) Martin NF, Stark WJ, Maumenee AE (1987) Continuing corneal endothelial loss in intracapsular surgery with and without Binkhorst four-loop lenses: a long term specular microscopy study. *Ophthalmic Surg* 18: 867-872
- (34) Menapace R (2012) Pseudoexfoliationssyndrom und Kataraktchirurgie. Vermeidung und Behandlung von Komplikationen. *Ophthalmologie* 109: 976-989
- (35) Mennel S, Sekundo W, Schmidt JC, Meyer CH (2004) Retropupillare Fixation einer Irisklauenlinse (ArtisanTM, VerisyseTM) bei Aphakie. Ist die skleranahtfixierte Intraokularlinse noch state of the art? *Spektrum Augenheilkd* 18: 279-283
- (36) Mohr A (2007): Retropupillary implantation of iris-claw lenses. Could this method replace posterior chamber lens implantation? *Ophthalmology Times Europe* 3:1-2
- (37) Mohr A, Hengerer F, Eckardt C (2002) Retropupillare Fixation der Irisklauenlinse bei Aphakie. Einjahresergebnisse einer neuen Implantationstechnik. *Ophthalmologie* 99:580-583
- (38) Naumann GOH (1980) *Pathologie des Auges*. Springer, Berlin Heidelberg New York
- (39) Neuhann I, Fleischer F, Neuhann T (2012) Ursache von Austausch und Explantation von Intraokularlinsen. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 229: 794-797
- (40) Ninios K, Jonescu-Cuypers CP, Seitz B (2011) Glaukome bei primären

- Irisveränderungen. *Ophthalmologie* 108: 585-594
- (41) Ninios K, Matoula P, Szentmary N, Schirra F, Seitz B (2013) Results of excimer laser penetrating keratoplasty in aphakic eyes. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 251: 1185-1189
- (42) Packer M, Lowe J, Fine H (2012) Incidence of acute postoperative cystoid macular edema in clinical practice. *J Cataract Refract Surg* 38: 2108-2111
- (43) Park SH, Kim SY, Kim HI, Yang SW (2008) Urrets-Zavalía syndrome following iris-claw phakic intraocular lens implantation. *J Refract Surg* 24:959-961
- (44) Ravalico G, Botteri E, Baccara F (2003) Long-term endothelial changes after implantation of anterior-chamber intraocular lenses in cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 29: 1918-1923
- (45) Retzlaff JA, Sanders DR, Kraff MC (1990) Development of the SRK/T intraocular lens implant power calculation formula. *J Cataract Refract Surg* 16: 333-340
- (46) Retzlaff JA, Sanders DR, Kraff MC (1990) Lens implant power calculation. A manual for ophthalmologists & biometrists. 3rd ed. Slack Incorporated, Thorofare
- (47) Rüfer F, Saeger M, Nölle B, Roeder J (2009) Implantation of retropupillar iris claw lenses with and without combined penetrating keratoplasty. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 247: 457-462
- (48) Seitz B, El-Husseiny M, Langenbucher A, Szentmáry N (2013) Prophylaxe und Management von Komplikationen bei perforierender Keratoplastik. *Ophthalmologie* 110: 605-613
- (49) Seitz B, Langenbucher A, Naumann GOH (2005) Die perforierende Keratoplastik. Eine 100-jährige Erfolgsgeschichte. *Ophthalmologie* 102: 1128-1139
- (50) Seitz B, Langenbucher A, Naumann GOH (2011) Perspektiven der Excimerlaser-Trepanation für die Keratoplastik. *Ophthalmologie* 108: 817-824
- (51) Shibata T, Inoue M, Hirota K, Hiraoka T, Hirakata A, Ohtsuki M, Uda S (2013) Complications in posterior segment after transscleral suturing of the posterior chamber in intraocular lens implantation. *Nihon Ganka Gakkai Zasshi* 117: 19-26
- (52) Shingleton BJ, Crandall AS, Ahmed II (2009) Pseudoexfoliation and the cataract surgeon: preoperative, intraoperative, and postoperative issues related to intraocular pressure, cataract, and intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 35: 1101-1120
- (53) Sminia ML, Odenthal MT, Prick LJ, Cobben JM, Mourits MP, Völker-Dieben HJ

- (2012) Long-term follow-up after bilateral Artisan aphakia intraocular lens implantation in two children with Marfan syndrome. *J AAPOS* 16:92-94
- (54) Sminia ML, Odenthal MT, Prick LJ, Mourits MP, Völker-Dieben HJ (2011) Long-term follow-up of the corneal endothelium after aphakic iris-fixated IOL implantation for bilateral cataract in children. *J Cataract Refract Surg* 37: 866-872
- (55) Stark WJ, Maumenee AE, Dangel ME, Martin NF Hirst LW (1982) Intraocular lenses. Experience at the Wilmer Institute. *Ophthalmology* 89: 104-108
- (56) Taskapili M, Gulkili, G, Engin G, Kocabora MS, Yilmazli C, Ozsutcu M, Kucuksahin H (2007) Transscleral fixation fo a single-piece hydrophilic foldable acrylic intraocular lens. *Can J Ophthalmol* 42: 256-261
- (57) Uphoff J, Bednarz J, Engelmann K (2001) Verlauf der Endothelzellichte nach perforierender Keratoplastik. Einfluss von spender- und empfängerabhängigen Faktoren. *Ophthalmologe* 98: 550-554
- (58) van der Pol BA, Worst JG (1996-1997) Iris-claw intraocular lenses in children. *Doc Ophthalmol* 92: 29-35
- (59) Wenzel M, Pham DT, Scharrer A, Schayan-Araghi K, Klasen J (2009): Ambulante Intraokularchirurgie: Ergebnisse der Umfrage 2008 von BDOC, BVA und DGII- Rückblick über die letzten 20 Jahre. *Ophthalmo-Chirurgie* 21 : 199-211
- (60) Wolter-Roessler M, Küchle M (2008): Ergebnisse der Aphakiekorrektur durch retroiridal fixierte Kunstlinse. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 225: 1041-1044
- (61) Worst JG (1980) Iris claw lens. *J Am Intraocular Implant Soc* 6: 166-167
- (62) Wu W, Li Q, Yan J, Zhang J, Cheng Y, Zhang H (2011) Sulcus transscleral intraocular lens suture fixation through small scleral tunnel incision. *Yan Ke Xue Bao* 26: 59-65
- (63) Yonekawa Y, Kim IK (2012) Pseudophakic cystoid macular edema. *Curr Opin Ophthalmol* 23: 26-32

7 Publikation

Auszüge dieser Arbeit wurden als Poster auf dem 111. DOG-Kongress im September 2013 vorgestellt.

Schmidt I, Langenbacher A, Moussa S, Schirra F, Seitz B, Eppig T (2013) Refraktive Treffsicherheit und angepasste Konstanten nach retroiridaler Implantation einer Verisyse VRSA 54 bei 57 aphaken Augen. Ophthalmologe 110 S1: 83

8 Danksagung

Herrn Professor Dr. Seitz, Direktor der Klinik für Augenheilkunde Homburg/Saar, möchte ich für die Überlassung des Themas und das in mich gesetzte Vertrauen danken. Ferner gilt ihm mein Dank für die Ermöglichung der Teilnahme am 111. DOG-Kongress und der damit verbundenen Chance, Teile meiner Arbeit dem Fachpublikum zu präsentieren.

Mein Dank gilt **Herrn Professor Dr. Langenbacher** für seine freundliche Hilfsbereitschaft, seinen Rat und seine Unterstützung in statistischen Fragen. Zudem danke ich ihm für die Hilfe bezüglich Aufbau und Strukturierung der Arbeit.

Herrn Dr. Eppig möchte ich für die hervorragende Betreuung, die freundschaftliche Unterstützung, die Beantwortung meiner Fragen und das unermüdliche Korrekturlesen danken. Ohne seine Hilfe bei der statistischen Auswertung und der Erstellung von Grafiken wäre diese Arbeit nicht zu verwirklichen gewesen.

Ich danke **meinen Eltern** für ihre unendliche Geduld und Motivation während der Erstellung meiner Arbeit und dass sie mir mein Medizinstudium ermöglichen.