

Diplomarbeit

Austausch oder Explantation phaker Intraokularlinsen

eingereicht von

Wilfried Glatz

Geb.Dat.: 07.09.1987

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor(in) der gesamten Heilkunde

(Dr. med. univ.)

an der

Medizinischen Universität Graz

ausgeführt an der

Universitäts-Augenklinik - LKH-Univ. Klinikum Graz

unter der Anleitung von

Univ. Doz. Dr. Navid Ardjomand

Graz, Juli 2012

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst habe, andere als die angegebenen Quellen nicht verwendet habe und die den benutzten Quellen wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Graz, Juli 2012

Wilfried Glatz

Danksagungen

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Personen bedanken, die mich beim Zustandekommen dieser Diplomarbeit unterstützt haben und mir auf verschiedene Art und Weise geholfen haben.

Ganz besonderen Dank möchte ich Herrn Univ.-Doz. Navid Ardjomand aussprechen, der es mir ermöglichte, an diesem sehr interessanten Kapitel im Fach Augenheilkunde zu arbeiten. Über die zahlreichen Monate ist er mir bei Fragen immer schnell und kompetent zur Seite gestanden und hat viel seiner wertvollen Zeit in die Betreuung dieser Arbeit investiert.

Ebenfalls möchte ich mich bei Herrn Ass.-Prof. Dr. Bertram Vidic bedanken, der sich dazu bereit erklärte, die Zweitbetreuung meiner Diplomarbeit zu übernehmen und bei der Themenfindung geholfen hat.

Ganz herzlich möchte ich mich auch bei Herrn Univ.-Prof. Dr. Andreas Wedrich bedanken, der sich nach meinem Ansuchen bezüglich der Erstellung einer Diplomarbeit im Fach Augenheilkunde sehr bemühte und mich an Herrn Univ. Doz. Navid Ardjomand verwies. Somit wurde mir die Erstellung dieser Arbeit erst ermöglicht.

Abschließend möchte ich mich auch noch bei meiner Familie und meinen Freunden bedanken, die mir in der Zeit der Erstellung dieser Arbeit immer zur Seite standen und mich die ganze Zeit über unterstützten.

Wichtiger Hinweis – Gendering

Um die Lesbarkeit zu vereinfachen bzw., um den Lesefluss zu verbessern, habe ich in meiner Diplomarbeit, bei allen Bezeichnungen, die auf mehrere Personen bezogen sind, eine eingeschlechtliche, gemäß der deutschen Sprache meist die männliche Form, verwendet. Selbstverständlich gelten alle Bezeichnungen gleichwertig auch für Frauen, unabhängig von der in der Formulierung verwendeten konkreten geschlechtsspezifischen Bezeichnung!

Zusammenfassung

Einleitung: Bei der I-CARE Intraokularlinse (IOL) handelt es sich um eine künstliche Linse, welche bei höhergradigen Refraktionsfehlern, meist hoher Myopie, zusätzlich zur natürlichen Linse in die Vorderkammer des Auges implantiert wird. In einer Studie der Grazer Universitäts-Augenklinik mit einer Nachbeobachtungszeit von sechs Jahren zeigte sich, dass ein ausgeprägter Verlust an Endothelzellen der Hornhaut die häufigste Komplikation darstellt. Ein deutlicher Verlust dieser Zellen macht eine Entfernung der Linse erforderlich. Dadurch mussten mittlerweile 12 der 29 implantierten Linsen wieder explantiert werden. [23]

In dieser Arbeit sollen zwei unterschiedliche Therapien verglichen werden: 1) die Therapie mittels einfacher Explantation der IOL und 2) ein anderer Therapieansatz mit Explantation der I-CARE IOL und simultaner Implantation einer Verisyse IOL.

Methodik: Es wurden die Daten von 11 Augen (7 Patienten) untersucht.

2 Patienten (4 Augen) wurde die IOL explantiert und bei 5 Patienten (7 Augen) wurde nach der Explantation eine Verisyse IOL zur Korrektur der Ametropie implantiert. Alle Patienten wurden prä- und postoperativ mit einer Nachbeobachtungszeit von bis zu 36 Monaten hinsichtlich der Endothelzellzahl und der Refraktion untersucht. Zur statistischen Auswertung wurden Mittel der deskriptiven Statistik angewendet bzw. eine Visualisierung der Daten mittels Tabellen und Diagrammen durchgeführt.

Ergebnisse: Die Auswertung der vorliegenden Daten wurde kasuistisch vorgenommen. In beiden Gruppen konnte eine Stabilisierung des Endothelzellverlustes erreicht werden. Der Verlauf war also von der durchgeführten Operationstechnik unabhängig.

Diskussion: Aufgrund der vorliegenden Daten konnte keine Überlegenheit der reinen Explantation gegenüber dem Therapieansatz mittels Intraokularlinsentausch festgestellt werden. Diese Fallserie konnte zeigen, dass der Endothelzellzahluntergang in beiden Gruppen aufgehalten werden konnte.

Konklusion: Gerade für Patienten, welche sich an ein Leben ohne konservative refraktive Hilfsmittel gewöhnt haben, stellt die Implantation einer Verisyse IOL eine Alternative zur einfachen Explantation der I-CARE Linse dar.

Abstract

Purpose: The I-CARE phakic intraocular lens (IOL) is an artificial lens which is implanted into the anterior chamber in patients with ametropia (mainly myopic patients) for refractive correction. A recent study performed at the Department of Ophthalmology at the Medical University of Graz, however, revealed a high complication rate in terms of endothelial cell loss with this kind of IOL in the long-term follow-up. Cases of severe endothelial cell loss lead to the need of IOL explantation. Therefore, 12 out of 29 implanted I-Care lenses had to be explanted.

Two different therapeutic options were compared: 1) an ordinary IOL explantation, and 2) an explantation of the I-CARE IOL with simultaneous Verisyse IOL implantation.

Patients and Methods: Data of 11 eyes (7 patients) was analyzed. 2 patients (4 eyes) were treated by explantation, 5 patients (7 eyes) – forming the second group – wanted to be treated with the new therapy of IOL exchange. All patients were examined pre- and postoperatively in terms of endothelial cell count and refraction. The postoperative follow-up period was continued for 36 months. Statistic analysis was performed using descriptive statistics and data was visualized by tables and graphs.

Results: Analysis of the available data was performed with the help of individual case reports. A stabilization of the endothelial cell loss could be seen in both groups. There was no difference whether the I-CARE IOL was just explanted, or a Verisyse IOL was implanted additionally in the same session.

Discussion: Based on the available data, there was no advantage of the common therapy compared to the new therapeutic approach of IOL exchange. Endothelial cell loss was stopped during the entire postoperative follow-up period in both groups.

Conclusion: Exchange of the phakic IOL seems to be a treatable option for patients suffering from a complication with the I-CARE lens. Patients who do not want to deal with conservative treatment again can be treated with IOL exchange including Verisyse implantation.

Glossar und Abkürzungen

(P)IOL = (phake) Intraokularlinse: *Zusätzlich zur körpereigenen Linse implantierte Kunstlinse um Refraktionsfehler des Auges auszugleichen*

EZZ = Endothelzellzahl

dpt./D. = Dioptrie

Refr. = Refraktion

M. = Musculus

N. = Nervus

sc/cc = sine/cum correctione

inf./sup. = inferior/superior

PMMA = Polymethylmethacrylat

LASEK = Laser-epitheliale-Keratomileusis

LASIK = Laser-in-situ-Keratomileusis

IOD = Intraokularer Druck

VKL/HKL = Vorderkammerlinse/Hinterkammerlinse

UCVA = uncorrected visual acuity: *In der Sehprobe ermittelte Sehschärfe ohne Zuhilfenahme optischer Gläser*

BCVA = best corrected visual acuity: *In der Sehprobe ermittelte Sehschärfe unter Zuhilfenahme optischer Gläser*

CLE = clear lens extraction

FDA = Food and Drug Association

CT = Computertomographie

präop. / postop. = präoperativ / postoperativ

sph. = sphärisch

Expl. = Explantation

MO = Monate

Phako + IOL = Phakoemulsifikation + Intraokularlinse: *Zerkleinern bzw. Absaugen der körpereigenen Linse mit Hilfe von Ultraschall, mit anschließender Implantation einer künstlichen Hinterkammerlinse im Sinne der Kataraktoperation*

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Anatomie des vorderen Augenabschnitts – Allgemeiner Überblick.....	1
1.1.1	Hornhaut	3
1.1.2	Vorderkammer und Kammerwasser	5
1.1.3	Iris	6
1.1.4	Ziliarkörper	7
1.1.5	Linse	8
1.2	Myopie	9
1.2.1	Die Entwicklung in der Behandlung der Myopie	12
1.2.2	Die konservative Behandlung der Myopie	14
1.2.3	Der Excimer-Laser	16
1.2.4	Überblick über die Modelle der phaken Intraokularlinsen	18
1.2.5	Clear Lens Extraction	22
2	Material und Methoden	24
2.1	Methodik	24
2.1.1	Wissensgewinnung	24
2.1.2	Fragestellungen	24
2.1.3	Datenerhebung	25
2.1.4	Statistische Auswertung	25
2.2	Diagnostisches und Therapeutisches Procedere	26
2.2.1	Hornhauttopographie – Scheimpflug Bildgebung	26
2.2.2	Spekulare Mikroskopie	27
2.2.3	I-CARE Linse	30
2.2.4	Verisyse Linse	32
2.2.5	Operationstechniken	35
3	Ergebnisse – Resultate	37
3.1	IOL Explantation	37
3.2	Intraokularlinsentausch: Verisyse statt I-CARE	42
3.3	Vergleich der beiden Gruppen	47
4	Diskussion	50
5	Konklusion	54
6	Literaturverzeichnis	55
	Abbildungsverzeichnis	58
	Tabellenverzeichnis	59

1 Einleitung

1.1 Anatomie des vorderen Augenabschnitts – Allgemeiner Überblick

Das Sehorgan des Menschen ist ein sehr komplexes System, in welchem die einzelnen Komponenten genau aufeinander abgestimmt sind. Im Wesentlichen besteht dieses Organum visuale aus dem Auge an sich (Oculus) mit dem Sehnerv und Hilfsstrukturen wie Lidern, Bindehaut, Tränenapparat und den äußeren Augenmuskeln.

Zusammen mit den sechs äußeren Augenmuskeln, welche die Beweglichkeit des Bulbus bewerkstelligen, liegt der Augapfel vor dem Corpus adiposum orbitae gut eingebettet in der knöchernen Orbita. Der Bulbus ist annähernd kugelförmig und besitzt einen sagittalen Durchmesser von rund 24mm bzw. einen äquatorialen Durchmesser von rund 23mm.

Die Abgrenzungen des Bulbus nach vorne und hinten erfolgen durch die jeweiligen Pole. Der vordere Pol des Augapfels wird hierbei von der Hornhaut (Kornea) begrenzt. Auf der Rückseite des Bulbus grenzt der hintere Pol an den retrobulbären Fettpolster. Dieser beinhaltet auf der nasalen Seite die Austrittsstelle des Sehnervs.

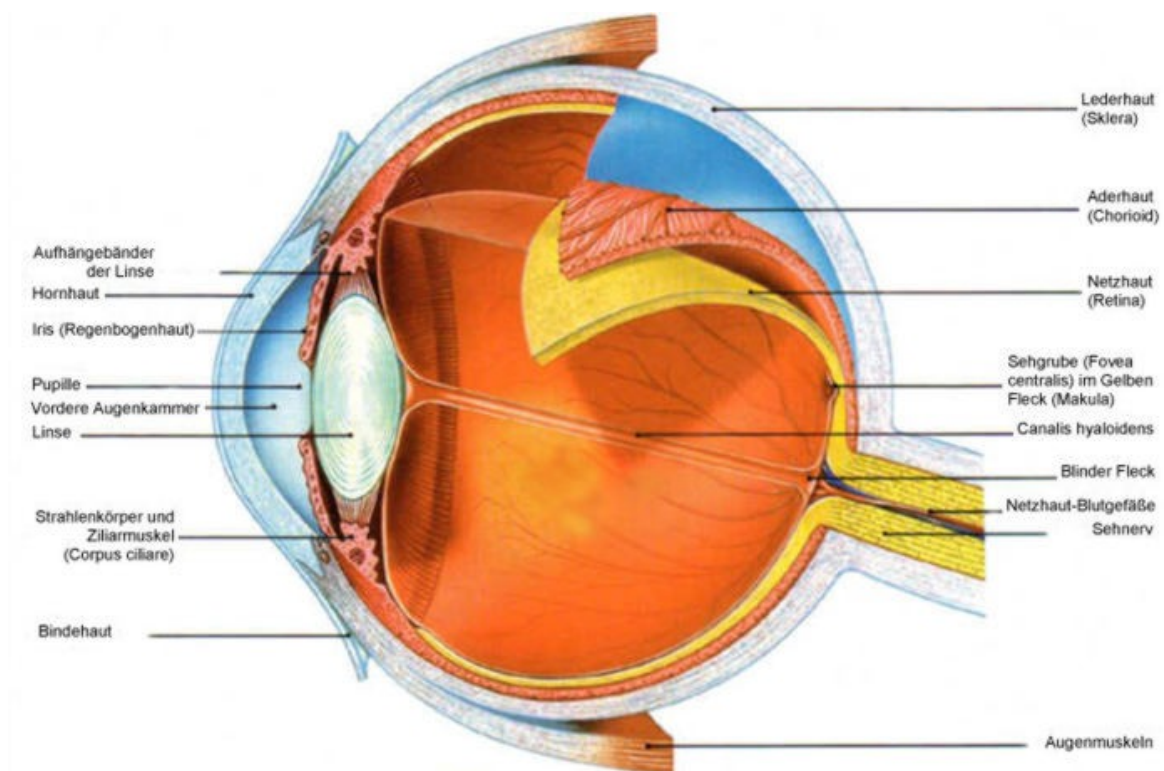


Abbildung 1: Die Anatomie des menschlichen Auges [34]

Die Augenlider grenzen das Auge nach vorne hin von seiner Umgebung ab. Neben dem mechanischen Schutz des Auges (reflektorischer Lidschluss) erfüllen sie noch weitere wichtige Aufgaben. Hierzu zählt zum Beispiel das gleichmäßige Verteilen der Tränenflüssigkeit auf der Hornhaut. Neben den glatten Musculi tarsalis inf. und sup. , welche das Auge ständig in einem leicht geöffneten Zustand halten, besitzt der Mensch noch die Möglichkeit das Auge willkürlich mit dem M. levator palpebrae superioris weit zu öffnen. Der M. orbicularis übernimmt die Funktion des Lidschlusses.

Die Lider sollen eine adäquate Versorgung der Hornhaut ermöglichen, bzw. eine Austrocknung vermeiden und eine Spülung des vorderen Augenbereichs gewährleisten. Die hierfür notwendige Tränenflüssigkeit wird von der Tränendrüse und den Tränenwegen (zusammen als Apparatus lacrimalis bezeichnet) zur Verfügung gestellt und in weiterer Folge abgeleitet. [1,2]

Der Bulbus gliedert sich in folgende drei Teile auf: 1) die Camera postrema, welche vom Glaskörper (Corpus vitreum) ausgefüllt wird, 2) die Camera posterior (sog. Hinterkammer), welche sich von der Hinterfläche der Iris bis zum Glaskörper erstreckt und 3) die Camera anterior (sog. Vorderkammer) zwischen der Vorderfläche der Iris und der Hornhaut. So wie die Vorder- und Hinterkammer wird auch die Linse, welche mit ihrer hinteren Fläche im Glaskörper eingebettet ist und mit ihrer Vorderfläche an Iris und Pupille anliegt, von Kammerwasser umspült. Ähnlich der Tränenflüssigkeit hat auch das Kammerwasser eine ernährende Funktion – jedoch für das Hornhautendothel und die Linse, weiters eine schützende Funktion durch den Gehalt an Immunfaktoren. [1,2]

Während der Innenraum des Bulbus in drei Abschnitte eingeteilt werden kann, weist auch dessen Wand einen dreischichtigen Aufbau auf. Zum Schutz des Auges befindet sich außen die Tunica fibrosa, welche sich in die Sclera (Lederhaut) und die Hornhaut aufteilt. Dieses straffe Bindegewebe ermöglicht neben der Schutz- und formgebenden Funktion noch eine Bereitstellung von Nährstoffen durch Blutgefäße, welche in der Hornhaut natürlich fehlen, um die Lichtdurchlässigkeit zu gewährleisten.

Die mittlere Augenhaut, Tunica vasculosa, zeichnet sich durch ihre dunkle Färbung aus und besteht aus der Regenbogenhaut (Iris), dem Ziliarkörper (Corpus ciliare) und der Aderhaut (Choroidea).

Die Tunica interna (innerste Schichte) bildet die Netzhaut (Retina), welche wiederum in zwei Bereiche, den lichtempfindlichen Teil (Pars optica retinae), bzw. den keine Seheindrücke vermittelnden Teil (Pars caeca retinae) unterteilt ist. [1,2]

1.1.1 Hornhaut

Die Hornhaut (Kornea) ist in vielerlei Hinsicht eine sehr wichtige Struktur des menschlichen Auges, welche bereits maßgeblich am Sehvorgang beteiligt ist. Sie entspricht einem transparenten optischen Fenster, das es dem Augenarzt überhaupt erst ermöglicht, das Augeninnere zu untersuchen. Von der Gesamtbrechkraft des normalsichtigen Auges, welche maximal rund 63 Dioptrien beträgt, entfällt mit ungefähr 43 Dioptrien der Großteil dieser Brechkraft auf die Kornea (genau genommen entsteht diese Brechkraft aufgrund des Überganges des Lichts von der Luft auf den Tränenfilm). [2]

Die Kornea ist uhrglasförmig in die schwächer gekrümmte Sklera mit einer am Übergang seicht ausgeprägten Randfurche eingebettet. Histologisch imponiert die Oberfläche der Kornea als ein mehrschichtiges, nicht verhornendes Plattenepithel. Aufgrund der enormen Bedeutung für den Sehvorgang ist es von Bedeutung, dass Epithelverletzungen nach Traumata durch Zellverschiebungen und rasche Zellteilung geschlossen werden können. Die gute Innervation mit daraus resultierender hoher Sensibilität führt ebenfalls zu verstärkten Abwehrreaktionen, um Verletzungen zu verhindern. Diese Fähigkeit zur raschen Regeneration ist aber in einem hohen Maße von den Limbusstammzellen abhängig. Deshalb bedeutet eine Reduktion dieser Zellen stets eine verminderte Infektabwehr und verminderte Regeneration. [2,5]

Das Plattenepithel (ca. 40 μ m) bildet die erste von 5 Schichten und ist durch seine Basalzellen stark mit der zweiten Schicht, der Bowman-Membran (8-14 μ m), verbunden. Unter der Bowman-Membran befindet sich die aus Kollagenlamellen aufgebaute dritte Schicht, das Hornhautstroma (ca. 450 μ m), welches den größten Anteil des Hornhautgewebes ausmacht. Bei der Hornhaut handelt es sich um ein bradytrophes Gewebe, das sich durch das Fehlen von Gefäßen auszeichnet, um eine optische Transparenz zu gewährleisten. Das Hornhautstroma schließt in Richtung der Vorderkammer mit der Descemet Membran (5-10 μ m) ab. Diese relativ derbe Basalmembran schließt schlussendlich mit der letzten, fünften Schicht, dem Hornhautendothel, ab. [2,5]

Dieses Hornhautendothel ist für die Hornhaut von großer Bedeutung, weil es mitunter auch

für die Transparenz der Hornhaut mitverantwortlich ist. Für die Ausübung dieser Funktion ist der konstante Wassergehalt von 70% von großer Bedeutung. Das Epithel dichtet das Stroma nach außen hin ab. Andererseits sorgt das Endothel durch eine aktive Ionenpumpe permanent für das Herauspumpen des Wassers aus der Hornhaut. Dadurch wird rasch ersichtlich, dass eine ausreichend hohe Endothelzellzahl für die Funktionen der Hornhaut absolut essentiell ist. 2500 Zellen/mm² beim Erwachsenen entsprechen dem Normalwert, wobei dieser Wert altersabhängig ist und mit dem Alter stetig abnimmt. Ab nur mehr 300 Zellen/mm² ist der Zellverband nicht mehr in der Lage, seine physiologischen Funktionen zu erfüllen, was zu einer verminderten Transparenz und, aufgrund der Wasseransammlung, zu einer ödematösen Schwellung führt. Die Tatsache, dass ein Verlust an Endothelzellen als eine schwerwiegende Komplikation nach einer Linsenimplantation anzusehen ist, liegt auch darin begründet, dass sich diese Zellen nach der Geburt nicht mehr mitotisch regenerieren. Defekte können lediglich durch Zellhyperplasie und Zellmigration ausgeglichen werden. [2]

Die Ernährung der Hornhaut, welche sich in erster Linie aus Aminosäuren und Glukose zusammensetzt, erfolgt über Diffusion aus dem Randschlingennetz, aus dem Kammerwasser und aus dem Tränenfilm. Der dreischichtig aufgebaute Tränenfilm ist jedoch noch in vielerlei anderer Hinsicht für die Hornhaut von großer Bedeutung. Zum einen gleicht er eine gewisse „Rauigkeit“ der Epitheloberfläche aus, was die Voraussetzung für ein scharfes Sehen darstellt und zum anderen enthält er Lysozym und weitere immunologisch wirksame Substanzen, welche einen wichtigen Schutz vor Infektionen darstellen. Das Epithel und auch das Endothel besitzen eine Barrierefunktion und führen durch selektive Diffusion zu einem stetigen Stoffaustausch zwischen Hornhaut, Tränenflüssigkeit und Kammerwasser.

Die sensible Innervation der Hornhaut erfolgt durch den ersten Trigeminusast und ist daher für den reflektorischen Lidschluss des Auges verantwortlich, was einen wichtigen Schutz des Auges darstellt. [2,5]

1.1.2 Vorderkammer und Kammerwasser

Die Vorderkammer ist ein mit Kammerwasser gefüllter Raum des Auges. Die Begrenzung erfolgt an der Vorderseite durch die Hornhaut, seitlich durch den Kammerwinkel und an der Hinterseite durch die Iris- und Linsenvorderfläche. Das Kammerwasser erfüllt neben der Versorgung der umliegenden Strukturen wie Linse und Hornhaut mit Nährstoffen noch eine weitere wichtige Funktion durch die Bereitstellung immunmodulierender Stoffe. Dieses Immunprivileg hat aller Wahrscheinlichkeit nach die Aufgabe, überschießende Immunreaktionen des Auges im Bereich der Vorderkammer zu verhindern, um den Sehvorgang nicht zu gefährden.

Die Produktion des Kammerwassers wird vom Epithel des Ziliarkörpers mithilfe von Ultrafiltration und aktiver Sekretion sezerniert. Der Austausch des Kammerwassers von der Hinterkammer in die Vorderkammer beträgt rund 2µl. Der Übergang erfolgt hier zwischen Iris und Linse. Obwohl das Kammerwasser auch eine strukturgebende Wirkung auf das Auge ausübt, ist dessen Abtransport genauso wichtig um den Augeninnendruck nicht zu erhöhen. Der Großteil (rund 85%) fließt über den Kammerwinkel ab, wobei der restliche Anteil durch die Septen des Ziliarmuskels in das Gefäßsystem der Aderhaut abgeleitet wird. Über die kleinen Kanäle des Trabekelwerkes wird das Kammerwasser gesammelt und über den sogenannten Schlemm'schen Kanal in das umliegende venöse System eingespeist. [4]

1.1.3 Iris

Die Regenbogenhaut (Iris) ist eine lichtundurchlässige Struktur, die das Auge vor übermäßigem Lichteinfall abschirmt. Sie ist in zwei Blättern aufgebaut, wobei diese in ein vorderes mesodermales Stromablatt und ein hinteres ektodermales Pigmentblatt eingeteilt werden können. Von großer Bedeutung – auch in der Chirurgie der Intraokularlinsen – ist die enge anatomische Beziehung zwischen der Linsenvorderfläche und dem Pigmentblatt der Iris, welche sich im peripupillaren Bereich dicht aneinander legen. Diese Gegebenheit ist auch bei Entzündungen von Bedeutung, da es in diesem Bereich im Zuge von Gewebseinschmelzungen zu unangenehmen Verwachsungen kommen kann. [2]

Der Ursprung der Iris liegt in der sogenannten Iriswurzel, welche an der Vorderfläche des Ziliarkörpers liegt und den Circulus arteriosus iridis major enthält, der aus den Arteriae ciliares posteriores longae, Äste der Arteria ophthalmica, gespeist wird. Der circulus arteriosus iridis minor bildet die ringförmig in der Mitte der Iris liegende Iriskrause. Die Iriskrause wird ebenfalls von diesen Arterien gespeist und teilt die Iris in einen außen an den Ziliarkörper ansetzenden Ziliarteil und einen inneren Pupillarteil. [4]

Der äußere Pupillarteil enthält den parasymphatisch innervierten M. sphincter, der Ziliarteil den sympathisch innervierten M. dilatator pupillae. Um immer einen optimalen Lichteinfall in das Auge zu gewährleisten und um die Netzhaut vor zu intensivem Licht zu schützen, fungiert die Pupille als optische Blende.

Irisbälkchen (Trabekel) und Gewebelücken (Krypten oder auch Lakunen) bilden die charakteristische Oberfläche der Iris und sind miteinander verflochten.

Je nach Melaningehalt der Pigmentzellen verleiht die Regenbogenhaut jedem Auge seine charakteristische Farbe. [2]

1.1.4 Ziliarkörper

Der Ziliarkörper kann in einen vorderen Anteil (Pars plicata) und einen hinteren Anteil (Pars plana) eingeteilt werden. Die vorne hin zur Sklera gelegene Pars plicata besteht im Wesentlichen aus dem Ziliarmuskel und 70 Ziliarfasern an der hinteren Seite. [4]

Bei dem Ziliarmuskel handelt es sich um einen ringförmigen, parasymphatisch innervierten Muskel, welcher nicht willkürlich steuerbar ist. Bei den Muskelfaserzügen kann man einen ringförmigen von einem meridional (Brücke-Muskel) verlaufenden Muskelfaserzug unterscheiden. Die sensible Afferenz dieses Muskels verläuft über den N. trigeminus.

Eine Kontraktion des Brücke-Muskels bewirkt eine Kontraktion des Trabekelwerks, welche über einen vermehrten Abfluss des Kammerwassers zu einer Senkung des Augeninnendrucks führt. Auf der inneren Seite befindet sich der bekannte ringförmige zirkulär-radiär verlaufende Musculus ciliaris Müller, welcher durch seine Kontraktion eine Entspannung der Zonulafasern bewirkt und dadurch zu einer vermehrten Krümmung der Linse führt.

Die im hinteren Abschnitt gelegenen Ziliarfortsätze beinhalten neben einem zweischichtigen Epithel, welches für die Produktion des Kammerwassers verantwortlich ist, noch ein bindegewebiges Stroma und Blutgefäße. Zwischen diesen Ziliarfortsätzen befinden sich die Ursprünge der Zonulafasern, welche, wie schon besprochen, den Aufhängeapparat der Augenlinse darstellen. Die hinten gelegene Pars plana ist gefäßarm und geht weiter in die Ora serrata (Übergang von der Pars optica in die Pars caeca retinae) über. Sie dient auch als Zugangsweg für Operationen am Glaskörper, da der Eingriff ohne Gefahr einer Netzhautablösung erfolgen kann. [2,4,5]

1.1.5 Linse

Die Linse (Lens cristallina) ist jener Teil des dioptrischen Apparates des Auges, welcher die zweitstärkste Brechkraft aufweist. Während die Hornhaut mit ihren konstanten, rund 43 Dioptrien die stärkste Brechkraft des Auges bewerkstelligt, ist es der Linse möglich, durch die Fähigkeit der Akkommodation Gegenstände auf der Netzhaut sowohl in der Ferne als auch in der Nähe scharf abzubilden. Bei der Linse handelt es sich um einen bikonvexen glasklaren Körper, der, je nach Akkommodationszustand, zwischen 10 und 20 Dioptrien Brechkraftanteil beiträgt. Bei einer Dicke von 4mm und einem stark altersabhängigen Gewicht, beim Erwachsenen rund 220mg, weist die Hinterfläche der Linsen eine stärkere Krümmung auf als die Vorderfläche. [2]

Der Raum zwischen Irisrückfläche und vorderer Fläche des Glaskörpers wird als hintere Augenkammer bezeichnet und enthält in einer tellerförmigen Einbuchtung des Glaskörpers die Linse. Sie trennt zusammen mit der Iris die vordere von der hinteren Augenkammer. Die Verbindung der Linse mit dem Ziliarkörper erfolgt durch die in der Mitte der Linse kreisförmig ansetzenden Zonulafasern. (siehe Kapitel 1.1.3)

Bei der Linse handelt es sich um ein rein epitheliales Organ, welches keine Nerven und Blutgefäße enthält. Anders als andere epitheliale Organe wächst die Augenlinse nicht per Epithelabschilferung von innen nach außen sondern genau umgekehrt. Eine Expansion, bzw. Verlust der Zellen nach außen, ist nämlich aufgrund der Linsenkapsel nicht möglich. Das heißt, dass das Gewebe in der Mitte der Linse einer ständigen Verdichtung unterworfen ist. Bei der Spaltlampenuntersuchung kann man diese verschiedenen Dichtezonen in Form der Diskontinuitätsflächen erkennen.

So wie bei der Hornhaut, handelt es sich auch bei der Linse um ein gefäßfreies Organ, welches nur mittels Diffusion ernährt werden kann. Die Nährstoffe werden hierbei vom Kammerwasser bereitgestellt, wobei sich das ganze System wie eine Gewebekultur im „Behältnis“ des Augapfels und dem Kammerwasser als Substrat vorgestellt werden kann. Der Alterungsprozess der Linse vollzieht sich durch eine Abnahme des Wassergehaltes und einer Zunahme des Anteils der unlöslichen Linsenproteine. Die Folgen sind ein Akkommodationsverlust sowie eine Transparenzminderung. Zusätzlich färbt sich der Kern der Linse gelblich ein, was als Kernsklerose bezeichnet wird. [2]

1.2 Myopie

Bei der Myopie handelt es sich generell um ein Missverhältnis der Brechkraft und der Bulbuslänge des Auges. Parallel einfallende Lichtstrahlen werden dabei nicht genau auf der Netzhaut fokussiert, sondern haben ihren Brennpunkt davor, was je nach Stärke der Myopie zu einem zunehmend unscharfen Bild führt.

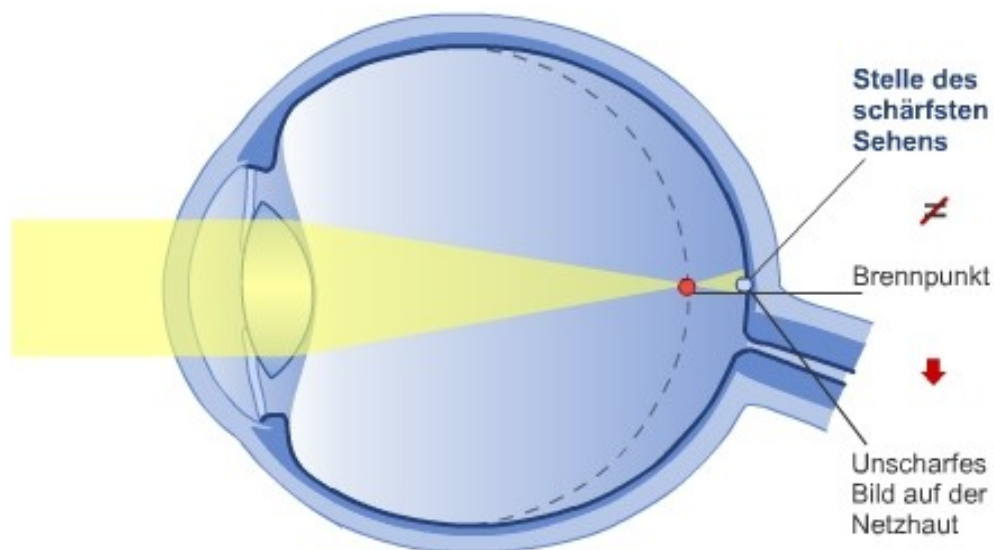


Abbildung 2: Entstehungsmechanismus der Myopie [36]

Die Einteilung der Myopie erfolgt nach der Ursache, die einerseits in selteneren Fällen durch eine verstärkte Brechkraft des Auges hervorgerufen werden kann, andererseits – wesentlich häufiger – durch eine verlängerte Augenachse. Bei der Brechungsmyopie (in rund 20% Ursache der Myopie) handelt es sich um eine verstärkte Brechkraft der Hornhaut oder der Augenlinse. Hierbei handelt es sich um eine vermehrte Krümmung der beiden Strukturen, was bei der Hornhaut als Keratokonus, bei der Linse als Sphärophakie bezeichnet wird. Weiters kann eine Kernkatarakt die Ursache für eine erhöhte Brechkraft, aber auch für einen doppelten Brennpunkt im Auge sein. [2,3,7]

Bei normal erhaltener Brechkraft, aber einer verlängerten Augenachse, kommt es pro Millimeter der Verlängerung der Bulbus Achse zu einer Myopie von rund 3 Dioptrien. Des Weiteren kann man die Achsenmyopie aufgrund der unterschiedlichen Progression

einteilen. [2,3,7]

Während die Myopia simplex (auch bekannt unter dem Namen Schulmyopie), ihrem Namen entsprechend, im Schulalter um das zehnte Lebensjahr einsetzt und ab dem 20. Lebensjahr bei Werten um rund 6 Dioptrien stationär bleibt, unterscheidet man des Weiteren noch die Myopia benigna progressiva von der schwerwiegenderen Form der Myopia maligna. Die Myopia benigna progressiva schreitet bis zum 30. Lebensjahr fort und kann Werte bis zu 12 Dioptrien annehmen, wohingegen die Myopia maligna auch noch im höheren Alter zunimmt und fortschreitet. Hier liegt meist eine rezessiv vererbte genetische Prädisposition zu Grunde. [7]

Die Myopie darf nicht als singuläre Erkrankung gesehen werden, vielmehr kommt es zu einer Vielzahl morphologischer Veränderungen, die zusammen als Myopiesyndrom bezeichnet werden. Deshalb ist es für den Augenarzt von großer Wichtigkeit diese Veränderungen rechtzeitig zu erkennen, um eine adäquate Therapie beginnen zu können. Die Diagnose einer Myopie kann relativ einfach aus der Anamnese und der Refraktionsbestimmung gestellt werden. Bei der Achsenmyopie kommt es zu einer Verdünnung der Sklera, die vor allem in der hinteren Hälfte des Bulbus lokalisiert ist. [2, 3,7]

Hierbei kann es sogar zu einem Ausstülpfen der Sklera kommen, was dann als Staphyloma posticum verum bezeichnet wird. Des Weiteren kann es durch die Vergrößerung des Bulbus zu einer Verlagerung der Sehachse kommen, was zu einem scheinbaren Einwärts-Schielen, oder aber auch zu einem akuten Strabismus führen kann. Aufgrund der guten Sicht in die Nähe, ist das myope Auge kaum gezwungen, zu akkommodieren, was zu einem atrophischen Ziliarkörper führt. Meistens ist die Vorderkammer vertieft. Der gallertartige Glaskörper besitzt bei der Verlängerung der Augenlängsachse nicht die Möglichkeit einer Verlängerung, was zu einer vorzeitigen Verflüssigung mit daraus resultierender hinterer Glaskörperabhebung führen und, dem folgend, eine Abhebung der Netzhaut bewirken kann. [2,3,7]

Vor allem die maligne Myopie imponiert durch schwerwiegende Veränderungen des Augenhintergrundes. Nach einer Degeneration der Aderhaut und des retinalen Pigmentepithels, die sich vom Rand her in weiterer Folge auf die ganze Papille ausbreitet, kommt es dann zu einer skleralen Sichelbildung, welche als Conus myopicus bezeichnet wird. Analog dazu kann bei einem schräg eintretenden Sehnerv bei Fehlen des Pigmentepithels eine Aderhautsichel entstehen.

Eine myopische Makulopathie ist eine der Spätfolgen einer meist länger bestehenden Myopie, die durch Wucherungen des Pigmentepithels mit starker Pigmentierung und durch Blutungen entsteht.

Auch die Netzhaut ist bei einer Verlängerung der Augenlängsachse einer vermehrten Dehnung ausgesetzt, was zu kleinen Einrissen in der Peripherie mit anschließender Netzhautablösung und als schlimmste Komplikation, zur vollständigen Blindheit führen kann. [2,3,7]

1.2.1 Die Entwicklung in der Behandlung der Myopie

Die Behandlung der Myopie hat bereits eine sehr lange Geschichte, wobei mit den fortgeschrittenen Behandlungsmöglichkeiten auch die Ansprüche an die diversen Therapieoptionen stetig gewachsen sind. [8]

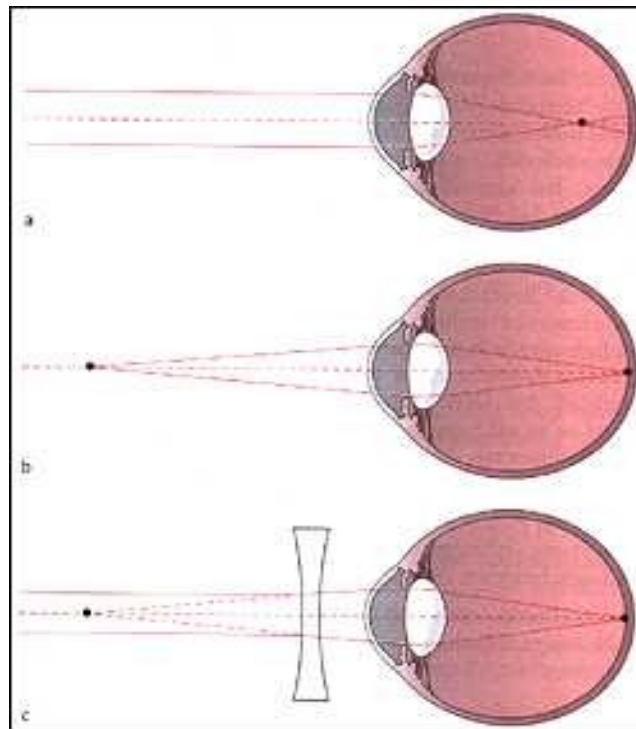


Abbildung 3: Physikalische Ursache der Entstehung der Myopie [35]

Wie der Name Kurzsichtigkeit schon vermuten lässt, imponieren myope Patienten klinisch durch eine gute Sicht in der Nähe [Abb. 3b], wohingegen die Sicht in die Ferne schlecht ist [Abb. 3a]. Die Ursache hierfür ist, dass sich die parallel einfallenden Strahlen beim Blick in die Ferne aufgrund der Gesetze der Physik schon vor der Netzhaut bündeln. Dadurch fächern sich die bereits im Glaskörperraum gebündelten Strahlen wieder auf, bevor sie auf die Netzhaut treffen. Somit erklärt sich die Tatsache, dass Normalsichtige, die im Laufe ihres Lebens eine Presbyopie (Alterssichtigkeit) entwickeln, auf ein Nahglas angewiesen sind, myope Patienten jedoch auch ohne korrektive Maßnahmen einen Text innerhalb der Entfernung ihres Fernpunktes gut lesen können. [2,3,7,35]

Sämtliche therapeutische Ansätze der Behandlung der Myopie, sowohl konservative als auch chirurgische, arbeiten über den Einsatz einer Streuungslinse (konkave Linse) in den Strahlengang des Lichts [Abb. 3c]. Der Unterschied zwischen den konservativen und chirurgischen Therapien besteht nur im Ort des Einsatzes der Linse. Bei den konservativen Therapiemethoden wird die Linse außen vor das Auge gesetzt – Beispiele hierfür sind Kontaktlinsen und Brillen. Der Therapieansatz der refraktiven Chirurgie ist die Implantation der Linse in das Auge, sodass der Patient sich nicht mehr um die Versorgung der Myopie mittels konservativer Maßnahmen kümmern muss. [35]

Während bereits im 13. Jahrhundert in Europa erstmals konservative Therapieansätze mit Augengläsern existierten, ist es jetzt, zu Beginn des 21. Jahrhunderts, das deklarierte Ziel der Augenchirurgie, eine perfekte Sicht ohne weitere Korrekturmaßnahmen zu erreichen. Natürlich haben die operativen Therapieoptionen eine wesentlich kürzere Geschichte, wengleich sie trotzdem schon seit einigen Jahrzehnten existieren und praktiziert werden. Hierbei liegen die Anfänge in den 1930er Jahren als von Sato die ersten radialen Keratotomien durchgeführt wurden. Schon in den 1950ern konnten, erstmals von Strampelli und in weiterer Folge von vielen weiteren Augenchirurgen, künstliche Linsen implantiert werden, welche allerdings mangels anatomischen Wissens und schlechter Bauform bzw. Materialbeschaffenheit eine hohe Komplikationsrate aufwiesen und somit zu einer Aussetzung ihrer Anwendung bis in die 1980er Jahre zur Folge hatten. Schon damals konnten die Nebenwirkungen und Komplikationen solcher Linsen in Form von Endothelzellzahlverlust, Kataraktbildung und Glaukombildung beobachtet werden, welche bis heute eine Herausforderung für die Anwendung solcher Linsen darstellt.

Nach dem Aussetzen ihrer Anwendung, erlebten die phaken IOLs in den 1980er Jahren eine wahre Renaissance. Die Gründe hierfür lagen einerseits in der Entwicklung von Passformen und Designs, die sich besser den gegebenen anatomischen Verhältnissen anpassten, sowie der Anwendung neuer Materialien. Ein weiterer Fortschritt lag in der Verwendung besser geeigneter Materialien, wie PMMA (Polymethylmethacrylat), einer relativ harten Substanz, welche eine bessere Verträglichkeit aufweist. [8]

In diesem Abschnitt möchte ich mich auf den Excimer Laser, eine Übersicht über die phaken Intraokularlinsen und die Clear Lens Extraction (mithilfe der Phakoemulsifikation) zur Behandlung der Myopie beschränken, um diese Diplomarbeit in einem überschaubaren Rahmen zu halten. [8]

1.2.2 Die konservative Behandlung der Myopie

Die konservativen Therapieverfahren zur Behandlung von Myopien sind alt erprobte, sichere und sehr gut erforschte Therapien. Im Gegensatz zu früher, als dem behandelnden Arzt nur die Brille als therapeutisches Hilfsmittel zur Verfügung stand, gibt es heute eine viel größere Auswahl an möglichen Therapien. Somit ist es die Aufgabe des Ophthalmologen, für jeden Patienten die geeignete Behandlung zu ermitteln, um das bestmögliche Ergebnis zu erzielen. [22]

1.2.2.1 Brillen

Brillen werden in Europa schon seit dem 13. Jahrhundert zur Korrektur von Refraktionsfehlern des menschlichen Auges eingesetzt. [8]

Das Prinzip besteht hierbei in der Einschaltung von Streuungslinsen in den Strahlengang des Lichts, um den Fokus der Lichtstrahlen wieder auf der Netzhaut zu bündeln. (Abb. 3c)

Auch wenn die Korrektur bei gering myopen Patienten recht gut funktioniert, treten die Nachteile der Brille bei stark myopen Patienten immer mehr in den Vordergrund. Mit zunehmender Brillenstärke nehmen auch die optischen Aberrationen zu. Die Verkleinerung der auf die Netzhaut projizierten Bilder kann ebenfalls zu einer Beeinträchtigung der Sehschärfe führen. Weitere Probleme ergeben sich bei starken Brillen aus dem Gewicht der Brille, sowie der Kosmetik. Aufgrund der angesprochenen Problematik der Verkleinerung erscheint auch die Augenpartie des Brillenträgers verkleinert und dadurch das Gesicht disproportioniert. [22]



Abbildung 4: Brille mit Halffassung [38]

1.2.2.2 Kontaktlinsen

Kontaktlinsen sind auf dem Tränenfilm des Auges aufgelagert und haften so durch Adhäsion auf der Kornea. Prinzipiell kann man bei den Kontaktlinsen zwischen weichen und harten unterscheiden. Die harten zeichnen sich dadurch aus, dass sie bei Entfernung aus dem Auge in ihrer Form bleiben, wobei weiche Kontaktlinsen ihre Form verändern. [4]

Aufgrund dieser Eigenschaft der nicht-Verformbarkeit, werden die harten Kontaktlinsen auch als formstabile Linsen bezeichnet (siehe Abb. 5). Bei dem Material handelt es sich um das formstabile PMMA oder um Copolymere. Harte Kontaktlinsen haben einen Durchmesser von 8-10mm. Beim Anpassen der Linse ist es wichtig, darauf zu achten, dass sie einerseits zentrisch auf der Kornea sitzt, andererseits auch bei jedem Lidschlag nach oben gezogen werden kann. Es ist nämlich wichtig, dass sich der Tränenfilm zwischen Linse und Hornhaut jedes Mal erneuern kann. Nur so kann nämlich die Sauerstoffversorgung der Hornhaut gewährleistet werden. Die Indikationen der Anpassung von formstabilen Linsen haben sich mittlerweile Großteils schon nur mehr auf die medizinische Indikation reduziert. Wenn Linsen rein aufgrund einer optischen Korrektur verordnet werden, wird heutzutage meist weichen Linsen der Vorzug gegeben. [4,22]

Die weichen Kontaktlinsen bestehen aus Hydroxyethylmethacrylat (HEMA) und Copolymeren mit hohem Wassergehalt und hoher Sauerstoffdurchlässigkeit. Ihr Durchmesser ist mit 12,5-16mm größer als jener der harten Linsen, sodass sie korneoskleral zu liegen kommen. [4] Aufgrund der verbesserten Materialien und – damit verbunden – einem besseren Tragekomfort, hat die Verbreitung der weichen Linsen stark zugenommen.

Einer der Vorzüge von Kontaktlinsen gegenüber der refraktiven Korrektur mittels Brille ist die Abbildung der natürlichen Größe der Umgebung auf der Netzhaut. Durch diesen Faktor ist die Sehschärfe vor allem bei stark myopen Patienten mit Kontaktlinsen besser als mit einer Brille. Des Weiteren sieht man mit Kontaktlinsen in allen Blickrichtungen scharf, da sich die Kontaktlinsen mit den Augenbewegungen mitbewegen. Es handelt sich also generell um eine physiologischere Form des Sehens.

Jedoch müssen auch die Nachteile der Kontaktlinsen erwähnt werden. Ein Nachteil ergibt sich aus der schwierigen Handhabung, verbunden mit der essentiellen Einhaltung einer strikten Hygiene. Speziell für stark kurzsichtige Patienten kann dies ein Problem

darstellen. Ebenfalls verbunden mit der strikten Einhaltung von Hygienevorschriften ist auch die Gefahr von Infektionen, welche bis zu Ulzerationen der Hornhaut führen können. [4,21] Ein weiteres Problem von Kontaktlinsen ist der Einsatz bei Patienten, die an einer Sicca Symptomatik leiden. Da das Symptom des trockenen Auges in unserer Gesellschaft stark im Zunehmen begriffen ist, wird auch der Einsatz von Kontaktlinsen bei diesen Patienten problematischer. Bisweilen erfolgte die Therapie mittels phaker IOLs nur auf Wunsch des Patienten, welcher auf den Einsatz konservativer refraktiver Hilfsmittel verzichten wollte. Wenn aber Kontaktlinsen aufgrund dessen in zunehmendem Ausmaß nicht getragen werden bzw. in Kombination der Einsatz von sehr starken Brillen von Patienten nicht gewünscht wird, könnten sich die Indikationen einer Therapie mittels phaker Intraokularlinsen erweitern.

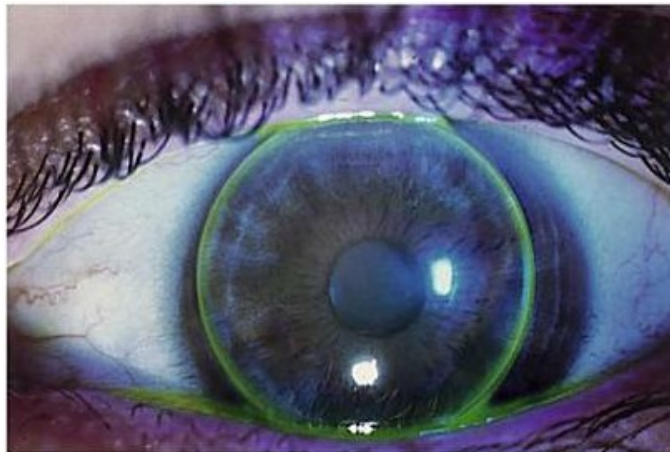


Abbildung 5: Formstabile Kontaktlinse im Randbereich mit Fluoreszin eingefärbt [14]

1.2.3 Der Excimer-Laser

Grundsätzlich werden in der refraktiven Laserchirurgie drei Verfahren mit unterschiedlichen Vor- und Nachteilen mit Hilfe des Excimer Lasers durchgeführt. Mit Hilfe der photorefraktiven Keratektomie (PRK) wird gezielt Hornhautgewebe im Zentrum zerstört, wodurch es durch die Abflachung zu veränderten Brechungsverhältnissen kommt. Als Richtwert gilt, dass 10 μ m Abflachung 1 Dioptrie Myopie korrigieren können. Auch Hyperopien können durch eine periphere Abflachung aufgrund eines steileren Zentrums therapiert werden. Als Komplikationen kann eine verlangsamte Heilung des Epitheldefektes auftreten, welche mit Trübungen, Halos bzw. Narbenbildungen vergesellschaftet ist. Ebenfalls kann eine Regression des ablatierten Areals beobachtet werden, sowie, bedingt durch die Änderung der Hornhauttopographie,

ein Astigmatismus entstehen. Seltener können Infektionen auftreten. [5]

Bei der Laser-epithelialen-Keratomileusis (LASEK) wird ein Epithellappen auf Höhe der Basalmembran abgelöst, anschließend der Laser appliziert und der Epithellappen (Flap) wieder reponiert. Für kleine Korrekturen stellt die LASEK eine immer populärer werdende Alternative zur LASIK (s. u.) dar, weil sie auch bei dünnerer Hornhaut eingesetzt werden kann und geringere postoperative Schmerzen aufweist bzw. seltener Trübungen verursacht.

Sie beinhaltet jedoch im Gegensatz zur LASIK das Risiko der nicht Vorhersehbarkeit von Schmerzen nach der Operation sowie von Epithelheilungsproblemen. [5]

Die Laser-in-situ-Keratomileusis (LASIK) ist das zurzeit am häufigsten eingesetzte refraktive Verfahren. Auch bei der LASIK wird ein Flap aus der Hornhaut entfernt. Mittels eines Saugrings wird der IOD auf bis zu 65mmHg erhöht, um somit eine gute Führungsschiene für ein Mikrokeratom darzustellen, mithilfe dessen eine sehr dünne Schicht der Hornhaut abgehoben werden kann. Im Gegensatz zu LASEK, welche ja auch bei dünnerer Hornhaut angewandt werden kann, muss bei der LASIK eine Hornhautbasis von 250µm Dicke verbleiben. Die Flapdicke kann natürlich auch dünner gewählt werden, was dann aber schwieriger zu handhaben ist. Das Wundbett wird anschließend mit dem Excimer Laser behandelt; abschließend wird der Flap reponiert. So können mit dieser Technik Myopien bis zu 12 Dioptrien therapiert werden. Der Vorteil dieser Technik liegt in den minimalen verursachten Beschwerden sowie in der schnelleren Visusrehabilitation und auch in den selteneren Eintrübungen der Hornhaut. Die eventuellen Komplikationen dieses Eingriffs hängen mit dem abgehobenen Flap zusammen: Dieser kann zu dünn sein, kleine Löcher aufweisen, sowie amputiert werden und in seltenen Fällen zu einer Hornhautperforation führen. Nach dem Eingriff kommt es praktisch immer zu Symptomen des Trockenen Auges sowie (seltener) zu Faltenbildungen, Epitheldefekten und Entzündungen. [5]

1.2.4 Überblick über die Modelle der phaken Intraokularlinsen

Prinzipiell stehen zu Korrektur einer Myopie mittels phaker Intraokularlinsen Vorderkammer- und Hinterkammerlinsen zur Verfügung.

Die Gruppe der Vorderkammerlinsen wiederum kann man in die kammerwinkelgestützten und in die Iris Clip Linsen unterteilen. Ihren Namen entsprechend erfolgt die Positionierung der Linsen im vorderen Augenabschnitt. Die Vorderkammerlinse wird zwischen Hornhautendothel und Iris mit ihren Haptiken im Kammerwinkel des Auges fixiert. Analog dazu wird die Irisclips Linse, auch als „Iris-claw-IOL“ bezeichnet, fixiert, indem die sogenannten Irisklauen in der Iris befestigt werden. [37]

Als letzte Variante gibt es noch die – auch als implantierbare Kontaktlinse bezeichnete – Hinterkammerlinse. Auf sie soll nur kurz im einleitenden Teil zur Vervollständigung und aus Gründen der besseren Verständlichkeit eingegangen werden. Im Gegensatz zu den ersten beiden genannten Modellen wird die Hinterkammerlinse hinter der Iris in den Sulcus ciliaris – vor der körpereigenen Linse – implantiert. [37]

Die Haptiken der unterschiedlichen Linsen sind dementsprechend unterschiedlich gestaltet. Ihnen allen gemein ist der allgemeine Aufbau mit einer zentralen optischen Linse und einer peripher anschließenden Haptik zur Fixation der Linse im Auge. Je nach anatomischer Beschaffenheit und Linsenart hat die optisch wirksame Zone der PIOL einen Durchmesser von 4,5mm bis 6mm. [10]

1.2.4.1 Vorderkammerlinse

Nach der Renaissance der kammerwinkelgestützten Vorderkammerlinsen (siehe Abb. 6) in den 1980er Jahren, mussten dennoch rund 80% der Linsen wieder entfernt werden. Erst die Einführung von PMMA Linsen wies ein postoperatives sphärisches Äquivalent von -1.8D ein Jahr und zwölf Jahre nach der Linsenimplantation auf. Aufgrund der zahlreichen und teils auch schwerwiegenden Nebenwirkungen sind allerdings alle damaligen Linsen vom Markt verschwunden. Kataraktbildung, Pupillen-Ovalisierung mit konsekutiv drohender Irisischämie bzw. Endothelzellenverlust waren die größten Komplikationen. [27]

Das Hauptproblem der Linsen ist die Bestimmung der Größe. Hierbei erweist sich das Abschätzen der internen Größenverhältnisse aufgrund der äußeren weiß zu weiß Distanzbestimmung als nicht immer aussagekräftig. Sowohl zu kleine als auch zu große Linsen weisen Probleme in ihrem Halt auf. Während zu kleine Linsen Dislokationen und – aufgrund minimaler Bewegungen – Reizungen mit Endothelzellenverlust zur Folge haben, führen zu große Linsen zu erhöhtem Druck auf die Iriswurzeln mit Pupillenovalisationen und Irisischämien. [28]

Ein weiterer wichtiger Schritt wurde vor ca. 10-15 Jahren getätigt, als das Material der Linse auf Acryl umgestellt wurde. Jetzt ist es möglich, selbst entfaltende Linsen über einen kleinen 3mm Schnitt zu implantieren. Somit konnten entscheidend weniger Fälle von Pupillenovalisationen und Irisischämien beobachtet werden. [23]

Jedoch besitzen diese Linsen wiederum den Nachteil der Wölbung: Wenn ihre Größe zu groß gewählt wurde sank der Abstand zwischen Linse und Endothelzellen auf unter 1mm.



Abbildung 6: Scheimpflug Abbildung einer phaken kammerwinkelgestützte Vorderkammerlinse Cachet (Alcon) [17]

Aus diesem Grund wurden alle kammerwinkelgestützten VKL aus diesem hydrophilen Acrylmaterial vom Markt genommen. Spätestens bei einem signifikanten Endothelzellzahl Rückgang von 30% sollten diese Linsen explantiert werden. Vor wenigen Jahren wurde von Alcon eine neue kammerwinkelgestützte VKL aus hydrophobem Material entworfen. Die bis jetzt vorliegenden Ergebnisse der Phase-3-Studien zeigen vielversprechende Ergebnisse, wenngleich die Euphorie ein gebremst werden sollte, da bei diesen Linsen Komplikationen oftmals erst nach längerer Zeit auftreten. [23,29,30]

1.2.4.2 Iris Clips Linse

Im Gegenzug haben die Iris Clips Linsen (siehe Abb. 7) einen großen Vorteil: Sie sind in einer Einheitsgröße anwendbar. Bei einer Länge von 8,5mm besitzt diese Linse 2 optische Durchmesser mit 5.0 bzw. 6.0mm. Diese Linsenform wird weltweit unter dem Namen Artisan lens und als Verisyse lens in den USA vertrieben. [8]

Die Artisan/Verisyse Linse besitzt mit -1.0D bis -23.5D zur Korrektur einer Myopie eine sehr hohe Bandbreite. Die Dreijahres-Ergebnisse der refraktiven Ergebnisse sind vielversprechend. Über die Hälfte der Patienten erzielte eine UCVA (uncorrected visual acuity) von 20/25 oder besser. Der durchschnittliche Endothelzellzahlverlust lag bei weniger als 5% in drei Jahren. [8]

Die Artiflex/Veriflex Linse wiederum, ist bei der Myopie in Stärken von -2.0 D. bis -14.5 D. verfügbar. Hier ergaben die Zweijahres-Beobachtungsergebnisse sogar einen UCVA von 20/20 bei 70% der Patienten und einen mittleren Endothelzellzahl Verlust von 1% zwei Jahre nach der Implantation. [8]

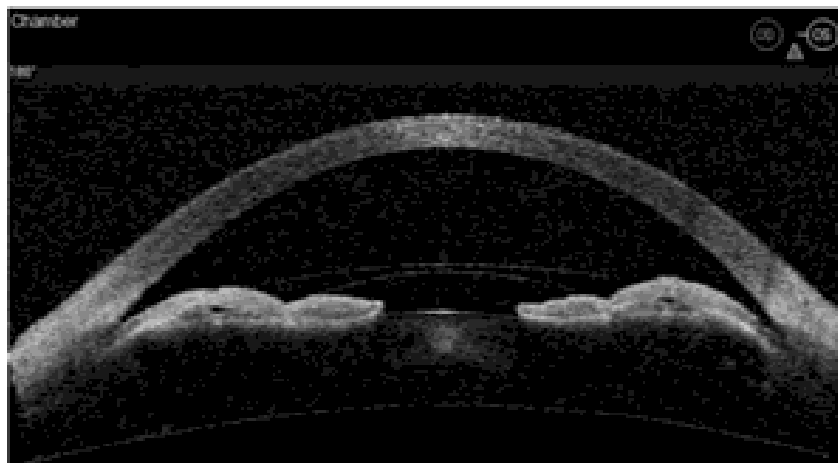


Abbildung 7: OCT Aufnahme einer irisfixierten Vorderkammerlinse Artisan (Ophtec) [17]

Während die Artisan IOL aus PMMA besteht, enthält die Artiflex IOL eine Optik aus Silikon und nur die Haptik besteht aus PMMA. Dick et al. konnten allerdings zeigen, dass das

Silikon die Entstehung von Iris-Pigmentpräzipitaten im Gegensatz zum PMMA Material fördert. An der Grazer Augenklinik wurden aber auch Erfahrungen mit dem Auftreten einer zwei Wochen postoperativ beginnenden Uveitis gemacht. Auch diese tritt eher bei der Verwendung von Silikon – im Gegensatz zu PMMA-Material – auf. [8,11]

Ein abschließender kleiner Nachteil ist die langsamer verlaufende Lernkurve. Im Gegensatz zu den kammerwinkelgestützten IOLs, ist die Iris Clip Linse nämlich schwieriger zu implantieren. Beide Linsen sind auch in einem torischen Design erhältlich, was zu einer verbesserten Haftung mit geringerer Gefahr einer Rotation führt. Hierbei muss aber die Achse präoperativ genau bestimmt werden, da schon kleine Abweichungen von etwa 10° refraktive Effekte von 25% Astigmatismus zur Folge haben. [8]

1.2.4.3 Hinterkammerlinse

Auch die Hinterkammerlinse (siehe Abb. 8) hatte lange Zeit Probleme, sich – aufgrund einer hohen Komplikationsrate – durchzusetzen. Doch trotz anfänglicher beträchtlicher Komplikationen, wie etwa Uveitis und Kataraktformation, konnte sich sie in Form der Visian ICL als Standard IOL durchsetzen. [8]



Abbildung 8: Phake sulcusgestützte Hinterkammerlinse ICL (STAAR Surgical) [17]

Die ersten, 1986 entwickelten Linsen aus Silikon waren so konzipiert, dass sie der körpereigenen Linse auflagen. Dadurch waren die beiden Linsen nur durch einen Flüssigkeitsfilm voneinander getrennt. Damit verbunden war auch die häufigste Komplikation, die Subluxation in den Glaskörperraum. [8,37]

Eine erste Weiterentwicklung stellte die Einführung der ICL (implantable contact lens) dar. Diese Linsen waren aus dem Material Collamer gemacht. Auch die Implantation dieser Linse ging mit einigen Komplikationen einher. Die häufigste Komplikation war die aufgrund der anatomischen Nähe zur körpereigenen Linse früh auftretende Entwicklung einer Katarakt. Das neueste Modell dieser Linsengattung ist die 2005 von der FDA zugelassene V4 ICL. Kurz nach ihrer Zulassung wurde die Linse unter dem Namen „Implantable Collamer Lens“ bekannt. Größere Studien mit hohen Fallzahlen zu den Komplikationen dieses neuen Modells stehen noch aus. Ein Vorteil gegenüber den Vorderkammerlinsen ist jedoch der sehr große Abstand zu den Hornhautendothelzellen. Dadurch kommt die Komplikation des Endothelzellzahlverlusts bei diesen Linsen bei weitem nicht so zum Tragen.

Die ICL ist von -3,0 bis -20 Dioptrien für Myopien und von 1,0 bis 4,0 Dioptrien für Korrekturen eines Astigmatismus erhältlich. [8,37]

1.2.5 Clear Lens Extraction

Im Gegensatz zu den eingangs erwähnten Therapieverfahren setzt die sogenannte clear lens extraction (CLE) bei der Linse als brechendes Medium und nicht an der Hornhaut an. Die Limitation dieses Verfahrens liegt allerdings in der Tatsache begründet, dass die Hornhaut danach ziemlich unverändert bleibt, jedoch die Linse durch Presbyopie und Kataraktbildung zu einer Sehbeeinträchtigung führt. Hierbei liegt der Vorteil darin, dass langfristige Ergebnisse erzielt werden, welche mit einem Laser nicht gewährleistet werden können. Wie der Name schon vermuten lässt, wird hierbei die körpereigene Linse entfernt und durch eine Kunstlinse ersetzt. Im Gegensatz zur Kataraktoperation müssen bei der CLE noch keine nennenswerten kataraktogenen Veränderungen vorliegen. Deshalb spricht man von „clear“, was denn Umstand beschreibt, dass die Linse noch nicht nennenswert eingetrübt ist.

Daher gehören Patienten mit hoher Dioptriezahl verbunden mit Presbyopie, sowie Katarakt-Patienten zur Gruppe derer, welche von einer CLE profitieren. Beim Linsendesgin stehen zurzeit drei Linsen zur Verfügung: monofokale, multifokale und

akkommodative. Während monofokale Linsen immer nur einen Punkt scharf (entweder in der Ferne oder in der Nähe) sehen können, weisen multifokale mehrere scharf abbildbare Punkte auf, bzw. akkommodative Linsen versuchen die Akkommodationsfähigkeit der natürlichen Linse nachzuahmen. [6]

Die Multifokallinsen weisen jedoch einige Nachteile auf. Viele Patienten berichten von Halos, erhöhter Blendungsempfindlichkeit sowie von vermindertem Kontrastsehen aufgrund der gleichzeitigen Abbildung der einfallenden Bilder auf der Netzhaut. Aufgrund dessen weisen beide Linsen ähnliche Ergebnisse in der Patientenzufriedenheit auf, wobei die Patienten mit Monofokallinsen ihre Zufriedenheit nicht so sehr an den optischen Sensationen festmachen.

Die Crystalens ist die erste Linse, welche die Akkommodationsfähigkeit des Auges besitzt. In von der FDA erhobenen klinischen Studien zeigen sich schon viel versprechende Ergebnisse, wobei die langfristigen Daten erst erhoben werden müssen. [6]

Das Risiko einer Netzhautablösung liegt bei Patienten mit durchgemachter CLE bei 0 – 8%. Eine Eintrübung der hinteren Kapsel wird in einer sehr großen Zahl (je nach Literatur 50% bis 66%) der Patienten beobachtet. Alles in allem gibt die CLE jedoch – im Gegensatz zu einer Laserbehandlung – die Antwort auf das Problem der alternden Augenlinse. Da jedoch momentan die akkommodierfähigen Linsen noch eher im Entwicklungsstadium begriffen sind, sollte gerade bei jüngeren Patienten sehr genau abgewogen werden, ob ein Verlust der Akkommodationsfähigkeit akzeptabel ist. [6]

2 Material und Methoden

2.1 Methodik

2.1.1 Wissensgewinnung

Vor Beginn der Arbeit an dieser Diplomarbeit war es sehr wichtig, einen groben Überblick über die Materie zu gewinnen. Hierfür war einerseits die genaue Wiederholung der Anatomie des Auges, insbesondere des vorderen Abschnittes von großer Bedeutung, andererseits die Einarbeitung in das Thema der Einteilung, Beschaffenheit und Einsatzgebiete der phaken Intraokularlinsen.

Nach dieser Einarbeitungsphase begann die Literaturrecherche.

Hierfür wurden hauptsächlich Bücher der medizinischen Universitätsbibliothek bzw. Werke aus Privatbesitz verwendet, sowie wissenschaftliche Artikel aus Pubmed bzw. E-Journals. Des Weiteren kamen noch andere Quellen des Internets, wie beispielsweise Google Books und informative Homepages, zur Anwendung.

2.1.2 Fragestellungen

Für diese Fallserie wurden 12 Augen von 8 Patienten untersucht. Zur Untersuchung herangezogen wurden Patienten, welche durch die Implantation einer I-CARE Intraokularlinse aufgrund einer Komplikation ein deutliches Absinken der Endothelzellzahl erlitten hatten. Somit war, aufgrund der Gefahr einer kornealen Dekompensation, eine Explantation der Intraokularlinse erforderlich.

Ziel dieser retrospektiven, nicht randomisierten Fallserie ist die Untersuchung der okulären Verhältnisse der Patienten in Bezug auf Endothelzellzahl, Visus und Refraktion. Über die Komplikationen bei Patienten mit implantierter I-CARE IOL liegen zwei Studien über kurze Zeiträume vor, welche der Linse voraussehbar gute Ergebnisse attestieren. [12]

An der Grazer Augenklinik wurde erstmals eine Studie über mehrere postoperative Jahre geführt, welche die Komplikationen der I-CARE Linse erläutert. [21,23]

Ziel dieser Arbeit soll es sein, der Frage nach der adäquaten Therapie solch eines stattgefundenen Endothelzellzahlverlustes ein Stück näher zu kommen.

In einer Patientengruppe wurde die I-CARE Linse entfernt und die Therapie mit einem konservativen Therapieregime weitergeführt.

Bei den Patienten der anderen Gruppe wurde die Linse in einem operativen Eingriff entfernt und in demselben Eingriff durch eine Verisyse IOL ersetzt. Die beiden Gruppen sollen mit besonderem Augenmerk in Bezug auf die jeweiligen Verläufe der Endothelzellzahlen und auch der Refraktion miteinander verglichen werden.

2.1.3 Datenerhebung

Die zu Beginn der Diplomarbeit vorliegenden Daten bestanden aus den Datensätzen all jener Patienten, welchen eine I-CARE IOL an der Grazer Universitäts- Augenklinik eingesetzt wurde. Diese Datensätze wurden schon im Rahmen von Vorgängerarbeiten [siehe Literaturverzeichnis Punkt 21] erhoben bzw. ausgewertet. Basierend auf diesen Daten konnten all jene Patienten, welche eine Intervention aufgrund von signifikanten Endothelzellzahlverlusten erlitten hatten, eruiert bzw. die weiterführende Therapie bestimmt werden.

Mit Hilfe des Krankenhausinformationssystems der Grazer Universitäts-Augenklinik, dem Filemaker Pro 6, wurden die weiterführenden Daten hinsichtlich der Refraktion bzw. der weiterführenden Therapie der Patienten recherchiert und ausgehoben. Anschließend wurden die Endothelzellzahlen der Patienten in den Krankenakten im Rollarchiv der Klinik recherchiert. Diese sind direkt auf dem Ausdruck der jeweiligen Untersuchung mit Hilfe der spekularen Mikroskopie vermerkt.

Bilder der diversen Untersuchungen von den jeweiligen Untersuchungsgeräten wurden in die Diplomarbeit eingebunden.

2.1.4 Statistische Auswertung

Der statistische Teil dieser Arbeit beschränkt sich auf die Verwendung der deskriptiven Statistik. Hierbei sollen Tabellen und Diagramme zum Zwecke der besseren Veranschaulichung der aufbereiteten Daten zur Anwendung kommen. Die Verwendung von sonstigen statistischen Parametern beschränkt sich auf einfache Angaben wie Prozente

und Durchschnittswerte, da tiefergehende statistische Werte bei dem relativ kleinen Patientenkollektiv keine allzu große Aussagekraft aufweisen. Deshalb sollen die vorliegenden Ergebnisse in Berichten von Patientengruppen bzw. im Sinne eines Case Reports zusammengefasst und analysiert werden.

2.2 Diagnostisches und Therapeutisches Procedere

2.2.1 Hornhauttopographie – Scheimpflug Bildgebung

Bei der Scheimpflug Bildgebung handelt es sich um eine spezielle Kamera, mit deren Hilfe Bilder von der Vorderkammer des Auges gemacht werden können. Eine rotierende Kamera macht 25 – 50 Spaltlampen Bilder, während mit einer zweiten Kamera die Augenbewegungen aufgenommen werden, um die Zentrierung zu vereinfachen. [16,19]

Der Name dieser Aufnahmetechnik stammt von Theodor Scheimpflug, der sie für die Kartographie am geographischen Institut des Militärs entwickelte. Nach den Gesetzen der Optik verlaufen die Bild-, Objektiv- und Schärfenebene parallel zueinander, wodurch sich schräge Objekte, welche nicht parallel in der Schärfenebene liegen, nicht scharf auf dem Film aufzeichnen lassen. Die Scheimpflug Regel besagt, dass sich durch das Schwenken der Film- und Objektebene auch bei nicht parallelen Ebenen eine Schärfenebene ergibt. Durch spezielle Parameter können Film- und Objektebene nämlich so eingestellt werden, dass sie sich mit der Objektebene in einer imaginären verlängerten Geraden in der optischen Achse treffen. Somit können die anatomischen Strukturen der Vorderkammer – Vorder- und Rückseite der Hornhaut, Vorderkammer, Linse und Iris – ohne perspektivische Verzerrung scharf dargestellt und ausgemessen werden. [16,17,18,19]

Im Prinzip gleicht die Untersuchung jener mit der Spaltlampe, wobei zusätzlich Fotoaufnahmen von den verschiedenen Schichten des vorderen Augenabschnittes gemacht werden. Mit Hilfe von bis zu 25000 Messpunkten kann dann, ähnlich einer CT Untersuchung, ein individuelles dreidimensionales Modell vom jeweiligen Patienten angefertigt werden. [16,17,18,19]

Nachteile ergeben sich bei der Untersuchung aufgrund der relativ langen Messzeit von 1.5s, was bei einer solch genauen Untersuchung schon Probleme bereiten kann – wie beispielsweise die Problematik von eventuellen Augenbewegungen des Patienten.

Anhand des gemessenen Rohmaterials können dann vordere und hintere Krümmung der Kornea und Messungen der Hornhautdicke durch die Oberflächenmessungen vorgenommen werden.

Ein positiver Aspekt liegt sicherlich in der direkten Messung der Hornhautdicke, was zum Beispiel gegenüber der Videokeratographie Vorteile bringt. Gleichzeitig können neben den biometrischen Daten auch noch die Strukturen des iridokornealen Winkels und die Linse in der Pupillenöffnung beurteilt werden.

Gerade im Bereich der refraktiven Chirurgie liegt das Hauptaugenmerk auf der Berechnung der aktuellen kornealen Brechkraft, um die IOL Stärke optimal berechnen zu können. Patienten, die bereits einen refraktiven Eingriff hinter sich haben, profitieren davon, dass mit Hilfe von mathematischen Formeln die aktuelle Brechkraft relativ genau bestimmt werden kann. [16,17,18,19]

2.2.2 Spekulare Mikroskopie

Bei der spekularen Mikroskopie handelt es sich um eine Untersuchung mit Hilfe derer einerseits die Endothelzellzahl gemessen und andererseits die Morphologie der Zellen beurteilt werden kann. Im Gegensatz zur herkömmlichen Mikroskopie, welche das durch ein Medium geschickte Licht visualisiert, fängt die spekulare Mikroskopie Licht auf, das von einer optischen Grenzfläche reflektiert wird.

Je nach verwendeter Methode kann man die Geräte in folgende Gruppen einteilen: mit stationärer oder beweglicher Blende, die optische Ausführung in konfokal und nichtkonfokal, bzw. die Invasivität in mit und ohne Kontakt zum Auge. [20]

Die spekulare Mikroskopie macht sich hierbei den physikalischen Effekt des Lichts zu Nutze, welches aufgrund der Gleichheit von Einfallswinkel und Ausfallswinkel spekulär (=spiegelartig) reflektiert wird. Jenes Licht wird aufgefangen und formt das Bild.

Aufgrund des Anteils jenes zurückgeworfenen Lichts kann dann auf den morphologischen Zustand des Endothels geschlossen werden. Die meisten modernen spekularen Mikroskope sind konfokale Geräte mit sehr kleinen Blenden, welche aufgrund der geringeren Interferenz bessere Bildqualitäten gewährleisten.

Speziell bei Untersuchungen, bei welchen Kontakt mit dem Auge besteht, ist es wichtig darauf zu achten, den Patienten auf die Untersuchung vorzubereiten, um Bewegungen der Augen zu vermeiden. Der Patient sollte auf das Geräusch des Gerätes vorbereitet werden und die Hornhaut mit lokalanästhetischen Tropfen unempfindlich für die Untersuchung gemacht werden. [20]

Die wichtigste Oberfläche ist hierbei jene zwischen Hornhaut und Kammerwasser, wemgleich auch Hornhautepithel, Stroma und Linse untersucht werden können. Das normale gesunde Endothel weist gleichmäßig angeordnete, annähernd gleich große hexagonale Endothelzellen auf. (siehe Abb. 9)

Im Gegensatz dazu sieht man bei einer Verminderung der EZZ (wie in Abb. 10 dargestellt) neben der Verminderung der Zellanzahl ebenfalls eine kompensatorische Hypertrophie der verbleibenden Zellen. Somit wird eine Lückenbildung im Endothel verhindert.

Natürlich ist dieser Kompensationsmechanismus Limitationen unterworfen, sodass es ab einer EZZ von nur mehr wenigen hundert Zellen/mm² zu einer Hornhautdekomensation kommt. [20]



Abbildung 9: Normales, gesundes Hornhautendothel EZZ=2570

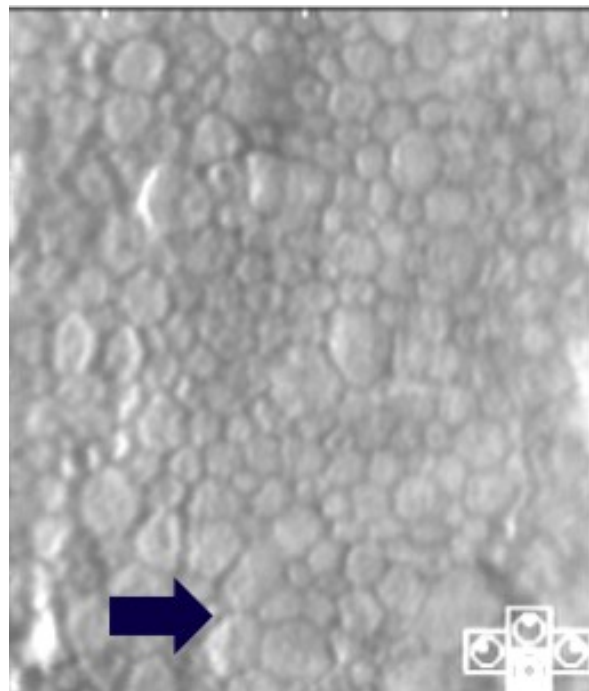


Abbildung 10: Verminderte Zellzahl EZZ=1120

Legende: der Pfeil kennzeichnet ein Areal mehrerer polymorpher, hypertropher Endothelzellen.

Aufgrund der verminderten Zellzahl kommt es zu einer kompensatorischen Hypertrophie der verbleibenden Zellen.

2.2.3 I-CARE Linse

Bei der I-CARE Linse von Corneal (Frankreich), handelt es sich um eine phake Intraokularlinse zur Behandlung hochgradiger Myopien und Hyperopien.

Die I-CARE Linse ist eine faltbare und somit über einen kleineren Schnitt durch die Hornhaut in das Auge einzubringende, einteilige Vorderkammerlinse, welche über vier unabhängige Haptiken verfügt, mit denen sie in den Kammerwinkeln fixiert werden kann. [12,21]

Mit Hilfe dieser vier Haptiken kann der auf den Kammerwinkel ausgeübte Druck, aufgrund von ausgeglichener Kräfteverteilung, minimiert und dem Problem der Rotation der Linse entgegengewirkt werden.

Diese Linse besteht aus einem hydrophilen Acrylmaterial.

Der Durchmesser des optischen Teils der Linse liegt bei 5,75mm. Der Gesamtdurchmesser liegt zwischen 12,0 und 13,5mm (erhältlich in 0,5mm Schritten) und ist abhängig von der Anatomie des Auges, welche von außen aufgrund des white-to-white Durchmessers der Hornhaut abgeschätzt werden kann. Die refraktive Stärke der I-CARE liegt zwischen -3,0D bis zu -25,0D in 0,25D Schritten. [12,21]

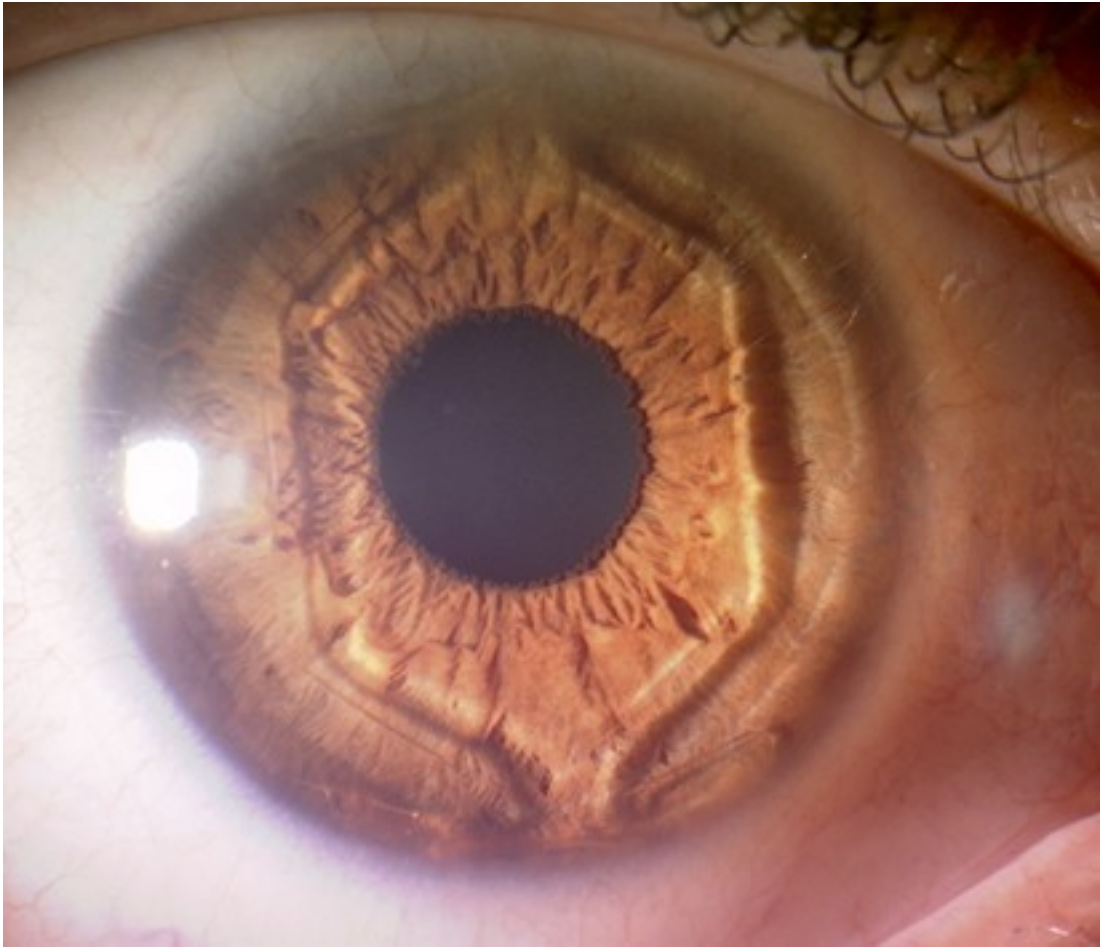


Abbildung 11: I-CARE IOL in situ

2.2.4 Verisyse Linse

Bei der Verisyse (Abbott Medical Optics) bzw. Artisan (Ophtec BV) IOL handelt es sich um eine nicht faltbare, iris-fixierte Linse aus PMMA.

Diese Linse ist erhältlich für die Korrektur von Myopien, Hyperopien und zum Ausgleich einer Aphakie. Die optische Wölbung reicht bis ungefähr 0,87mm vor die Iris.

Gemessen vom Endothel aus, muss die Vorderkammer zumindest eine Tiefe von $\geq 2,7$ mm aufweisen, um eine chronische Reizung des Hornhautendothels aufgrund eines zu geringen Abstandes zur Kunstlinse zu verhindern. Hierbei kommt es zu einem relativ weiten und somit vorteilhaften Abstand von 1,5 bis 2mm zum Hornhautendothel und auch genügend Abstand zur Linsenvorderkapsel. Diese Theorie stützt sich auch auf die Ergebnisse der FDA, welche den Endothelzellzahlverlust mit 5% in 3 Jahren angibt. [8,9]

Für die Korrektur einer Myopie liegen derzeit Stärken von -1,0D bis -23,5D vor. Der Vorteil der irisfixierten Linsen liegt in der bestehenden Einheitsgröße, welche im Falle der Verisyse bei 8,5mm im Durchmesser liegt. Nicht nur der Chirurg profitiert von der Tatsache, dass keine diffizilen Vermessungen des Auges vorgenommen werden müssen, sondern auch die Positionierung der Linse direkt über der Pupille fällt leichter. Gerade bei Augen mit Ametropie kann oftmals eine Dezentralisierung der Pupille beobachtet werden, sodass diese nicht mehr als Referenz dienen kann. Die Fixationsvorrichtung kann ein Verrutschen der Linse weitgehend verhindern. [8,9]

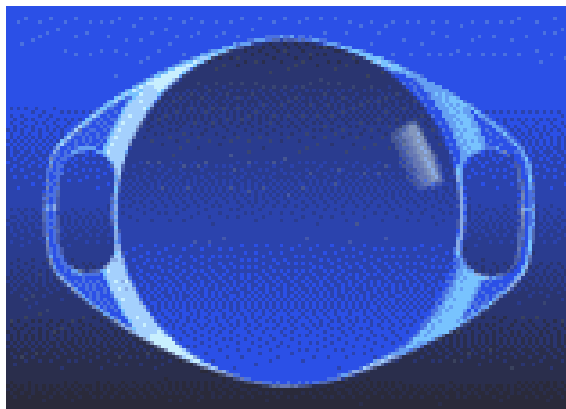


Abbildung 12: Die Artisan Linse [31]

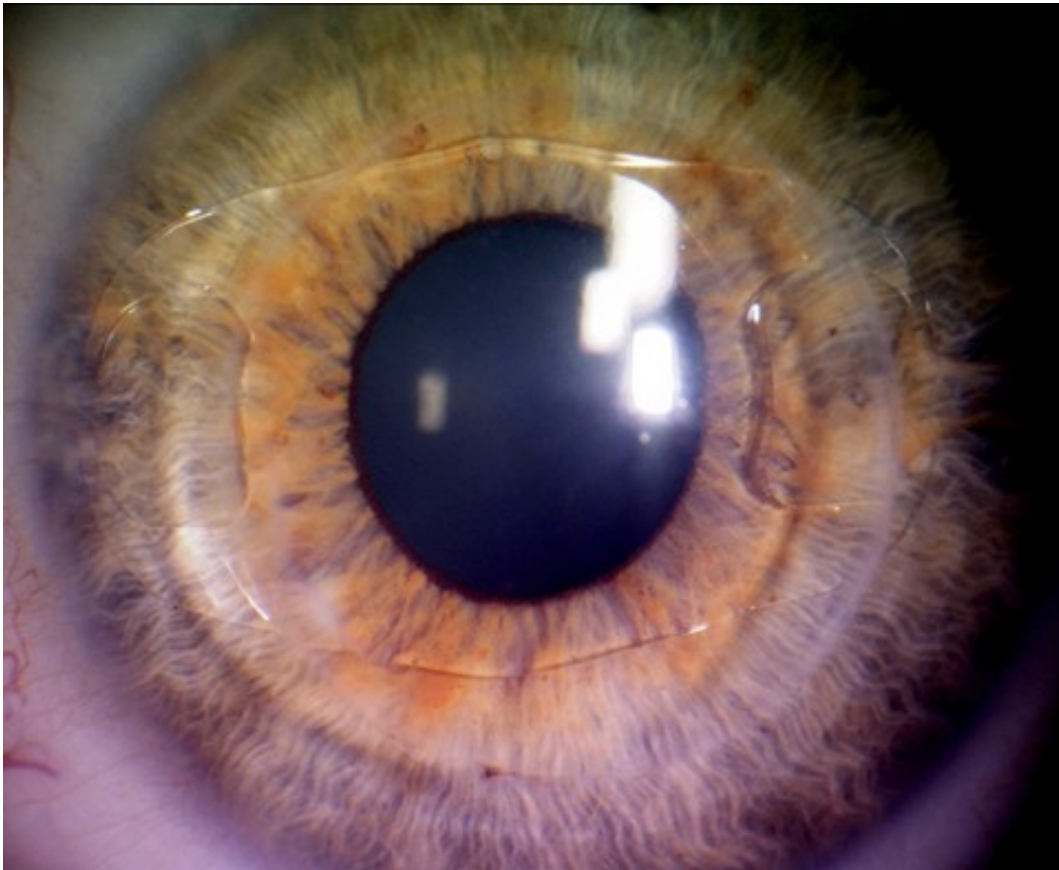


Abbildung 13: Verisyse IOL in situ

Mit Hilfe der beiden mit der Pentacam aufgenommenen Bilder (siehe Abb. 14 und 15) des rechten Auges der Patientin EK.D. (siehe Ergebnisteil) soll der Unterschied der Morphologie der Vorderkammer des Auges mit den beiden unterschiedlichen Intraokularlinsen verdeutlicht werden.

Ein sehr wichtiger Parameter ist zum Beispiel die Bestimmung des genauen Abstandes zwischen der implantierten IOL und dem Hornhautendothel.

Der Abstand zur körpereigenen Linse ist mit $820\mu\text{m}$ bei der I-CARE Linse im Vergleich zu $610\mu\text{m}$ mit der Verisyse IOL nur marginal größer.

Der Abstand zum Hornhautendothel beträgt hingegen mit der I-CARE Linse nur $1030\mu\text{m}$. Im Gegensatz dazu ist die Verisyse IOL sogar $2080\mu\text{m}$ entfernt. Der größere Reizzustand des Hornhautendothels erklärt sich also aus der Tatsache, dass die Entfernung zu den Endothelzellen bei der I-CARE Linse nur halb so groß ist wie bei der Verisyse IOL.

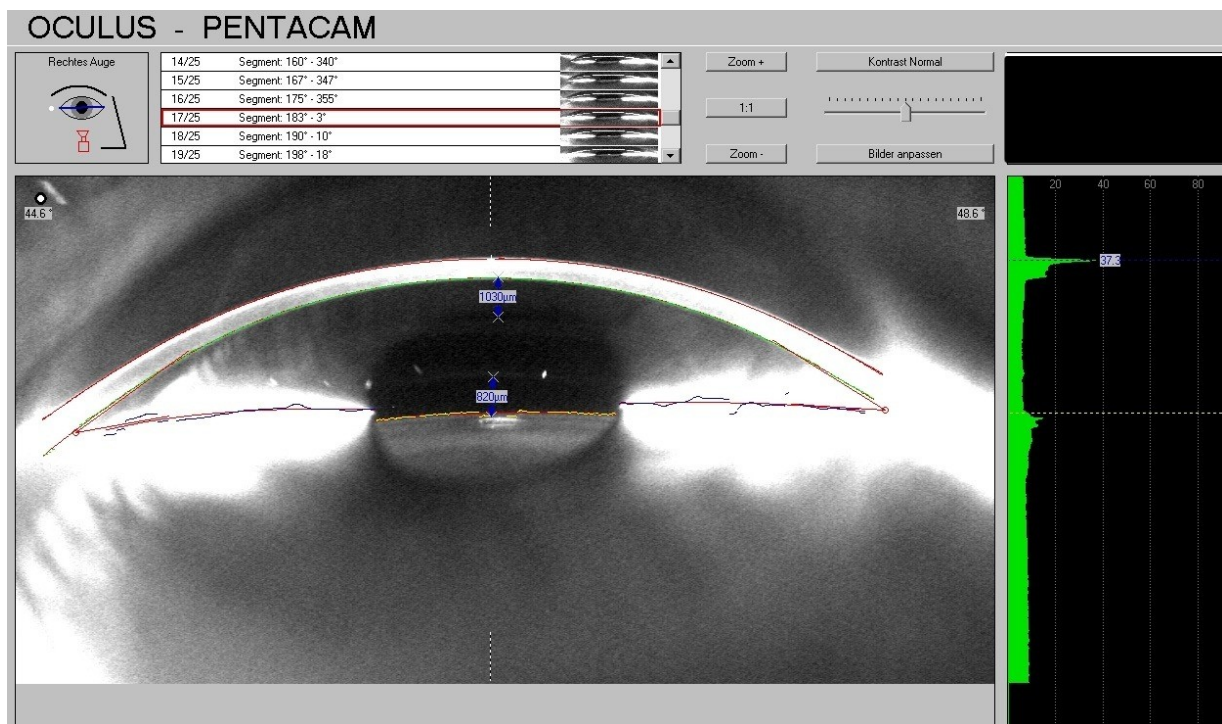


Abbildung 14: Scheimpflug-Bild der Vorderkammer Patientin EK.D. R.A. mit I-CARE

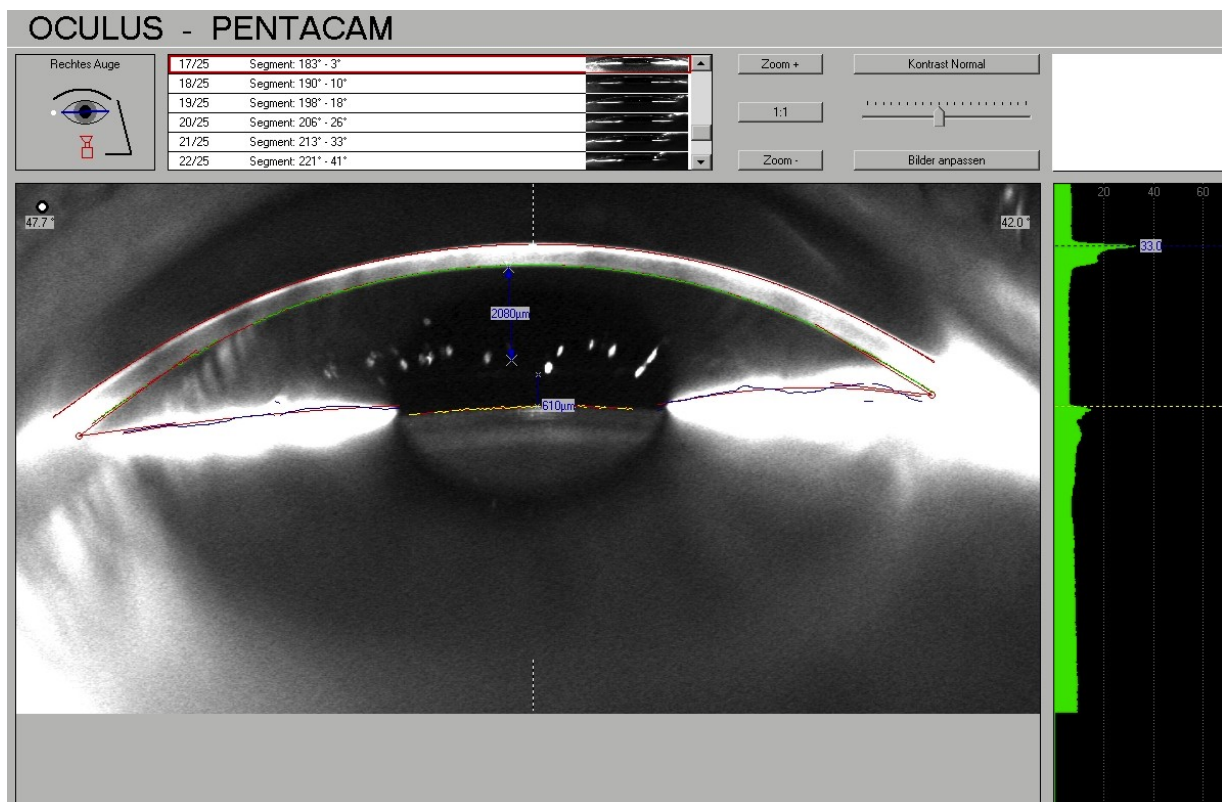


Abbildung 15: Scheimpflug-Bild der Vorderkammer Patientin EK.D. R.A. mit Verisyse

2.2.5 Operationstechniken

2.2.5.1 IOL Explantation

Die einfache Explantation der phaken Intraokularlinse ist ein sehr simples Verfahren, welches bei einem signifikanten, auf die Implantation der Kunstlinse zurückzuführenden, Endothelzellzahlverlust, eine Therapieoption darstellt. Ebenfalls kann ein operativer Eingriff im hinteren Abschnitt des Auges eine Explantation erforderlich machen, um eine bessere Einsicht in das Auge zu gewährleisten. Das Therapieregime wird nach dem Eingriff wieder konservativ fortgeführt.

Der Eingriff wird in lokaler Anästhesie durchgeführt, wobei das Lokalanästhetikum parabolbär eingespritzt wird. [13,15]

Durch einen rund 6mm langen Schnitt wird über die Hornhaut in die Vorderkammer des Auges eingegangen. Hyaluronat wird hinter die Hornhaut in das Auge eingebracht, um das Hornhautendothel während des Eingriffs zu schonen. Mit Hilfe einer viskoelastischen Substanz wird die Linse in der Vorderkammer mobilisiert und kann anschließend über den Zugang durch die Hornhaut entfernt werden. Nach Ausspülen der Vorderkammer kann die Hornhaut wieder mittels einzelner kornealer Nähte geschlossen werden. [13,15]

2.2.5.2 IOL Austausch – Verisyse statt I-CARE

Wie eingangs bereits erläutert, soll geklärt werden, ob dieser Eingriff eine sinnvolle Therapieoption für Patienten darstellt, welche bereits einen Endothelzellzahlverlust durch eine chronische Reizung des Hornhautendothels erlitten haben, da die Verisyse Linse günstigere anatomische Verhältnisse im Bezug auf die Lage zum Hornhautendothel aufweist.

Auch dieser Eingriff wird in lokaler Anästhesie durch die parabolbäre Injektion eines Lokalanästhetikums durchgeführt.

Der Zugang erfolgt über eine rund 6mm lange korneale Inzision. Miochol (Acetylcholin) wird in die Vorderkammer eingebracht, um eine Konstriktion der Pupille zu gewährleisten. Die Explantation der I-CARE IOL erfolgt wie in Punkt 2.2.2 bereits beschrieben. Anschließend wird die monofokale PMMA-Vorderkammerlinse Verisyse in die Vorderkammer eingebracht und an der Iris fixiert. Abschließend wird die Viskosubstanz wieder entfernt und ein Antibiotikum (Cefuroxim) in die Vorderkammer appliziert und die Hornhaut mittels Einzelknopftechnik vernäht. [13,15]

3 Ergebnisse – Resultate

3.1 IOL Explantation

In dieser Gruppe wurden die Daten jener Patienten untersucht, welche eine Explantation der I-CARE IOL als Therapie erhalten hatten. Hierzu wurden die Daten bezüglich Refraktion und Endothelzellzahl in ihren jeweiligen Verläufen herangezogen. Für diese Kleingruppe wurden die Daten von 4 Augen (2 Patienten) ausgewertet. Beiden Patienten wurde zur Behandlung ihrer Myopia alta eine I-CARE IOL in das Auge implantiert. Die Implantationen erfolgten komplikationslos. Jedoch machte ein signifikanter Endothelzellzahlverlust im postoperativen Langzeitverlauf eine Explantation der IOL erforderlich. Die Zahl der Endothelzellen sank von durchschnittlich 2757 auf 1272, was gleichbedeutend mit einem Minus von rund 54% ist. Das rechte Auge der Patientin E.E. reagierte sogar mit einem so massiven Verlust der Endothelzellen in den ersten Jahren, dass eine Explantation der Linse schon nach 3 Jahren erforderlich war.

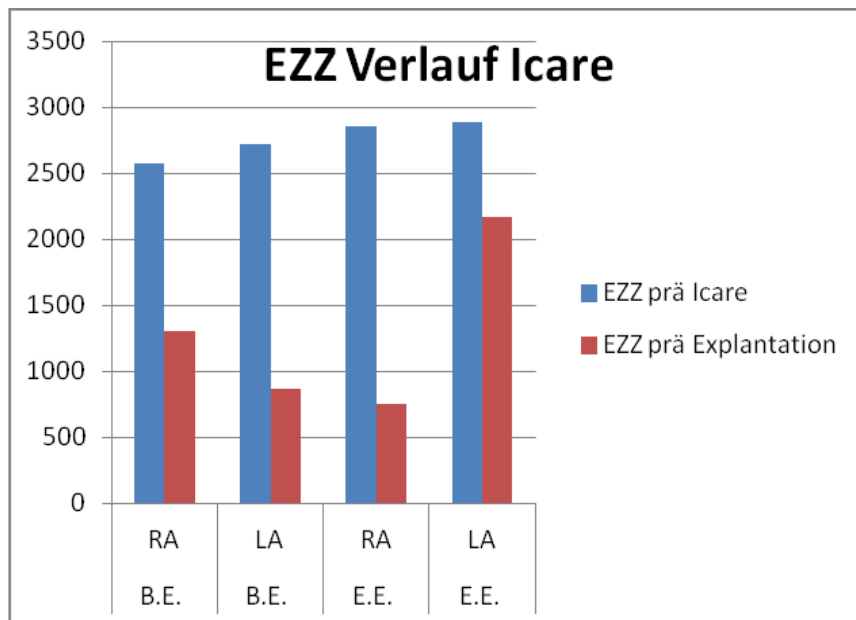


Abbildung 16: Endothelzellzahl - Verlauf mit I-CARE Linse

Bezüglich der Refraktion konnte bei den Patienten eine Senkung des negativen Refraktionswertes von $\sim -9,7$ D. auf $\sim -0,3$ D. erreicht werden. Bei zwei Augen konnte der refraktive Zustand einer Emmetropie eingestellt werden.

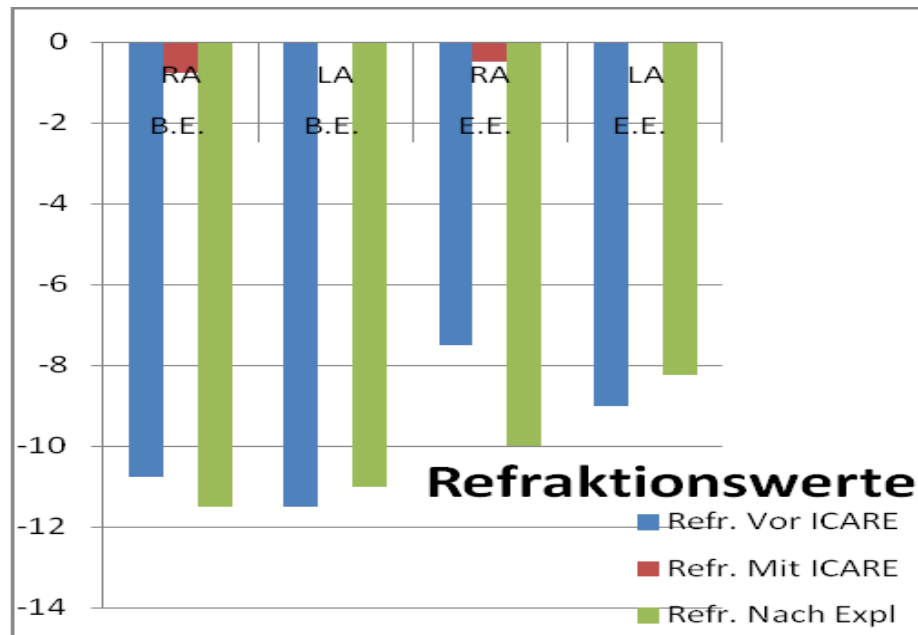


Abbildung 17: Refraktion mit und ohne IOL

Therapeutisches Procedere: Die Situation wurde mit den Patienten ausführlich diskutiert. Sie wurden über die Möglichkeit des Tausches der IOL mit einer Verisyse IOL in der gleichen operativen Sitzung aufgeklärt, wenngleich natürlich auch die damit verbundenen Risiken angesprochen wurden. Nach reiflicher Überlegung entschieden sich die Patienten zur Therapieoption, die phake IOL zu explantieren und weiter mit einer konservativen Therapie fortzufahren.

Die chirurgische Operationstechnik wurde, wie in Punkt 2.2.5.2 erläutert, im Sinne einer einfachen Explantation der IOL, durchgeführt. Dieser relativ risikoarme Eingriff konnte bei allen Sitzungen komplikationslos durchgeführt werden.

Ergebnisse nach der Explantation: Nach der Explantation der phaken IOL sank nach dem Verlust des brechenden Mediums die Dioptriestärke einigermaßen genau auf die präoperativen Refraktionswerte zurück. Im Durchschnitt verbesserte sich die Dioptriestärke von anfänglich $\sim -9,7$ auf $\sim -0,3$ mit der I-CARE IOL. Nach der Explantation lag der Schnitt mit $\sim -10,2$ etwas schlechter als vor der Implantation der IOL. Auffällig ist der Refraktionswert der Patientin E.E., bei welcher sich die Dioptriezahl von $-7,5D$ sph. auf $-10D$ sph. verschlechterte.

Bei den **Endothelzellzahlen** konnten ebenfalls die Daten von vier Augen zweier Patienten analysiert werden. Anhand der Nachuntersuchungen konnten die gemessenen Werte je nach Verfügbarkeit im Verlauf der postoperativen Monate bzw. Jahre verglichen werden. Hierbei zeichnet sich ein konstanter Verlauf der Endothelzellzahl ab.

Aufgrund der zwar geringen, aber dennoch vorhandenen Traumatisierung des Hornhautendothels bei der Operation der Linsenexplantation, kam es im postoperativen Verlauf in den ersten Monaten zu einem deutlichen Absinken der Zellen. Im Durchschnitt liegt der zwei Monate postoperativ gemessene Wert um ca. 290 Zellen niedriger als der präoperativ gemessene Wert. Danach zeigen sich die Werte stabil, wenngleich sich aber auch unterschiedliche Tendenzen in den verschiedenen Augen abzeichnen.

Eine Tendenz zur Senkung der Zellzahl ist am rechten Auge der Patientin B.E. zu erkennen, wobei der präoperative Wert von 1302 Zellen/mm^2 auf 811 Zellen/mm^2 , also um 48%, gesunken ist. Im weiteren Verlauf ist der 6- bzw. 12-Monatswert wieder angestiegen. Hierbei war ein Anstieg der Zellzahl um 148 Zellen/mm^2 (im nach 6 Monaten gemessenen Wert) auf 959 Zellen/mm^2 zu verzeichnen. In weiterer Folge stieg der Wert 12 Monate postoperativ auf 1158 Zellen/mm^2 an (entsprechend 89% des Ausgangswertes). Das linke Auge der Patientin wies diesbezüglich einen ähnlichen Verlauf auf. Zwei Monate postoperativ ist der Wert von 871 Zellen/mm^2 auf 711 Zellen/mm^2 (88%) abgesunken. Bis zur 24-Monats-Kontrolle fanden keine nennenswerten Schwankungen statt. Der Wert imponiert mit 734 Zellen/mm^2 (84% des präoperativen Wertes) 24 Monate postoperativ konstant.

Am rechten Auge der Patientin E.E. kam es nach einem niedrigen präoperativen Ausgangswert wieder zu einem Anstieg der Zellen, wobei sich nach 36 Monaten die Zahl schon wieder fast verdoppelt hatte. Aufgrund des Verlaufs des rechten Auges, wurde auch

am linken Auge frühzeitig eine Explantation durchgeführt, wodurch der präoperative Wert mit 2164 Zellen/mm² relativ hoch lag. Im postoperativen Verlauf sind die Werte auf 1863 Zellen/mm² (86%) in der 2-Monats-Kontrolle und 1929 Zellen/mm² (89%) in der 6-Monats-Kontrolle abgesunken bzw. wieder angestiegen.

Aufgrund drei verfügbarer Messwerte im 12-monatig-postoperativen Wert ergibt sich eine durchschnittliche Senkung der Endothelzellzahl um 18%.

Die größte Abnahme zeichnete sich im Verlauf beim durchschnittlichen 2-Monatswert, mit einer Senkung von rund 23%, ab.

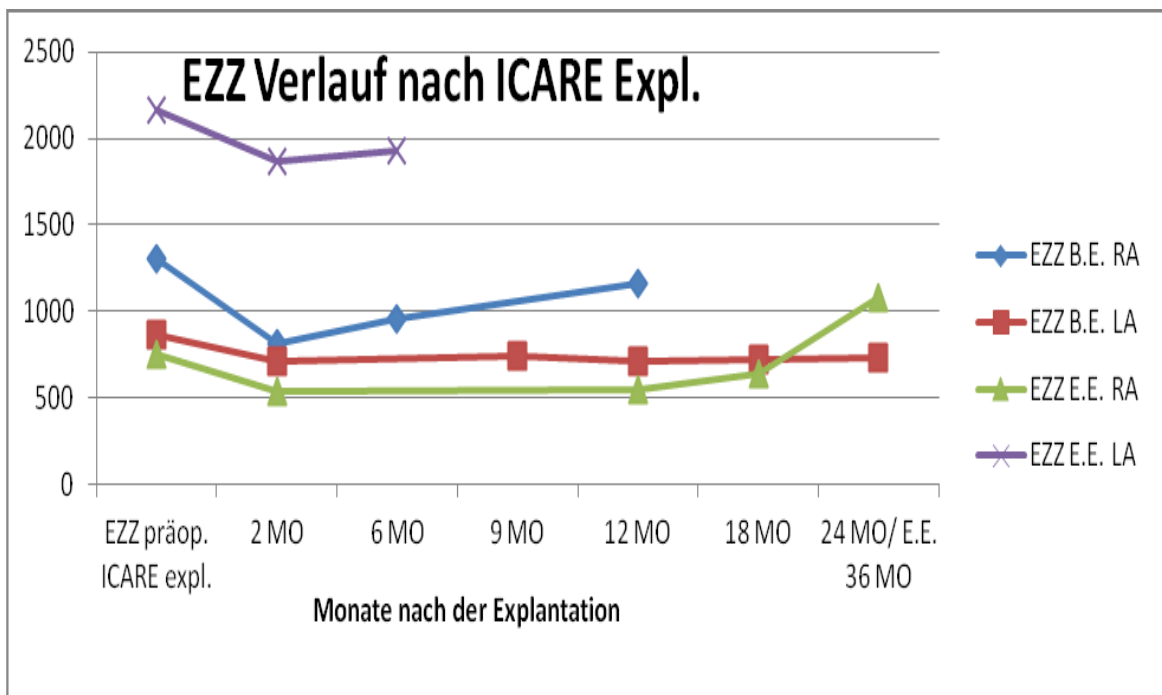


Abbildung 18: Postoperativer Verlauf der Endothelzellzahl nach I-CARE Explantation

Initialen	Auge	Refr. präop	Refr. mit I-CARE	Ref. IOL expl.	EZZ prä I-CARE	EZZ präop. I-CARE expl.
B.E.	RA	-10,75	-0,75	-11,5	2577	1302
B.E.	LA	-11,5	0	-11	2717	871
E.E.	RA	-7,5	-0,5	-10	2851	751
E.E.	LA	-9	0	-8,25	2883	2164

Type	2MO postop.	6MO postop.	9MO postop.	12MO postop.	18MO postop.	24MO postop.
IOL ex	811	959		1158		
IOL ex	711		739	715	725	734
IOL ex	537			554	645	1085 (36MO)
IOL ex	1863	1929				

Tabelle 1: Zusammenfassung: Refraktion EZZ Verlauf vor und nach IOL Explantation

3.2 Intraokularlinsentausch: Verisyse statt I-CARE

In dieser Gruppe wurden die Daten jener Patienten untersucht, welche eine Explantation der I-CARE IOL mit Implantation einer Verisyse IOL im selben operativen Eingriff erhielten. Hierzu wurden die Daten bezüglich Refraktion und Endothelzellzahl in ihren jeweiligen Verläufen herangezogen. Für diese Gruppe an Patienten wurden die Daten von 7 Augen von 5 Patienten ausgewertet.

Auch diesen 5 Patienten wurde zur Behandlung ihrer Myopia alta eine I-CARE IOL in das Auge implantiert. Die Implantation erfolgte bei allen Patienten komplikationslos. Wie in der ersten Gruppe machte auch hier ein signifikanter Endothelzellzahlverlust im postoperativen Langzeitverlauf eine Explantation der IOL erforderlich. Im Mittel sank der Wert von rund 2697 (Mittelwert vor der I-CARE Implantation) auf 1382 (Mittelwert vor der durchgeführten Verisyse Implantation). Dies entspricht einem Verlust von ~49% im postoperativen Verlauf.

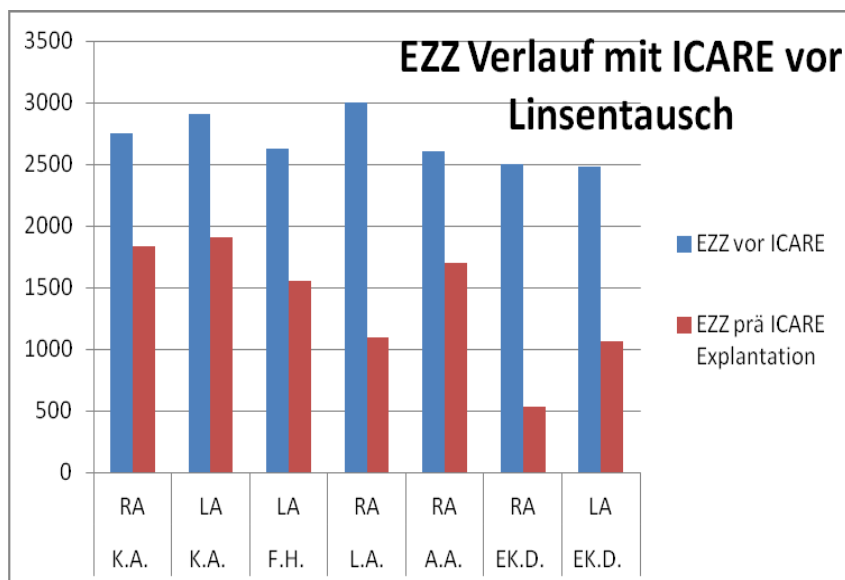


Abbildung 19: Verlust der Endothelzellzahl mit der I-CARE

Der Verlauf der Refraktionswerte dieser Patientengruppe ist in der Grafik (Abb. 20) aufgelistet.

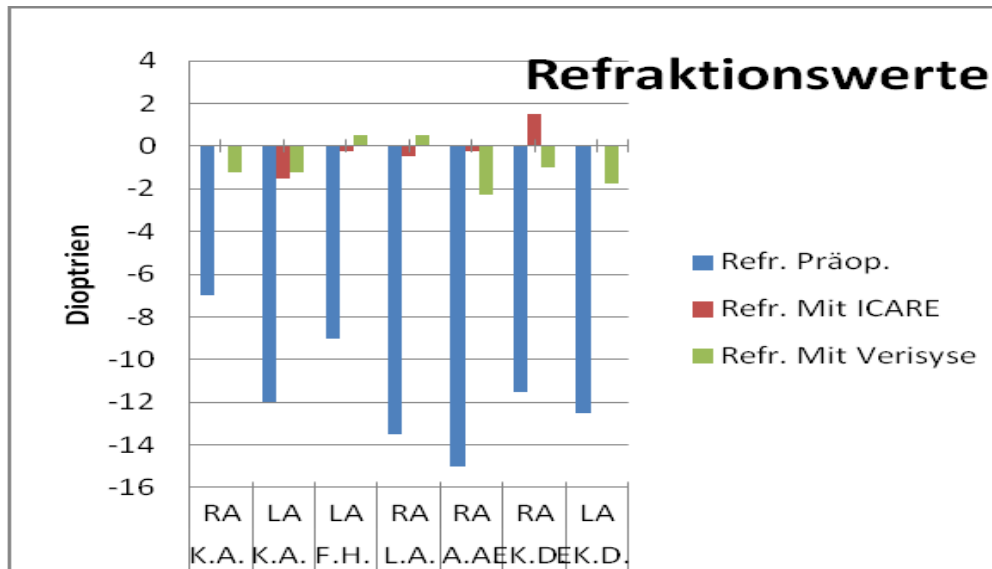


Abbildung 20: Refraktionswerte im Verlauf

Postoperative Ergebnisse:

Die Daten für den postoperativen Endothelzellzahlverlauf wurden in den regelmäßig durchgeführten Ambulanzkontrollen erhoben. Da die verschiedenen Messwerte nicht immer simultan bzw. in gleichen Abständen bei den unterschiedlichen Patienten gemessen werden konnten, bzw. Messwerte nicht vorliegen, erscheint es am sinnvollsten, die statistische Auswertung der 5 Patienten kasuistisch vorzunehmen, um die unterschiedlichen Verläufe objektiv beurteilen zu können.

Der Patient K.A. hatte mit 1831 Zellen/mm² am rechten Auge bzw. mit 1908 Zellen/mm² am linken Auge präoperativ relativ hohe Endothelzellzahlen. In den postoperativen Kontrollen wurde einmal beidseitig ein Messwert (9 Monate postoperativ) erhoben. Am rechten Auge sank die Zellzahl auf 1751 Zellen/mm², was einem Verlust von 4,37% entspricht. Das linke Auge reagierte sogar nur mit einem Verlust von 0,6% der Zellen, im Sinne einer Senkung auf 1897 Zellen/mm².

Beim Patienten F.H. liegen drei postoperative Werte vor, wobei im Verlauf jeweils eine leichte Senkung der EZZ zu verzeichnen war. Im Vergleich zum präoperativ erhobenen Wert von 1550 Zellen/mm², sank der Wert in der 12-monatig-postoperativen Kontrolle auf 1439 Zellen/mm², gleichbedeutend mit einem Minus von 7,2%. Im Verlauf der gemessenen Werte zeigte sich jeweils eine geringe tendenzielle Senkung.

Bei den postoperativen Werten des Patienten L.A. konnte bis zur einjährig-postoperativen Kontrolle ein stetiges Wachstum der Zellen von präoperativ 1098 Zellen/mm² auf 1964 Zellen/mm², gleichbedeutend mit einem Wachstum von 44%, festgestellt werden. Zwei Jahre nach dem Intraokularlinsentausch sank die Zahl zwar wieder auf 1414 Zellen/mm², damit liegt aber immer noch eine Steigerung der EZZ um +22,3% vor.

Bei der Patientin A.A. fanden keine nennenswerten Schwankungen im postoperativen Zellzahlverlauf statt. Der aktuellste gemessene Wert ist der 9-monatig-postoperativ gemessene Wert, welcher mit 1618 Zellen/mm² um 4,66% im Vergleich zum präoperativen Wert von 1697 Zellen/mm² gesunken ist.

Die Patientin EK.D. erhielt wiederum auf beiden Augen eine Verisyse IOL anstatt der I-CARE IOL implantiert. Am rechten Auge lag schon präoperativ ein sehr niedriger Ausgangswert von 530 Zellen/mm² vor. Nachdem die Zellzahl im Zweimonatswert um 13,58% auf 458 Zellen gesunken ist, erfolgte danach ein ständiges leichtes Wachstum. Der letzte gemessene Wert betrug 532 Zellen/mm², welcher mit dem Ausgangswert praktisch identisch ist.

Am linken Auge derselben Patientin ist die Zellzahl im 6- bzw. 12-Monatswert zweimal leicht gesunken. Bei diesem Auge wurde in der zweimonatig-postoperativen Kontrolle keine Senkung der EZZ festgestellt. Der Wert ist sogar von 1060 Zellen/mm² auf 1086 Zellen/mm² leicht angestiegen. In weiterer Folge ist der 6-Monatswert mit 993 Zellen/mm² um 6% niedriger, als der präoperative Wert. Der letzte vorliegende Messwert ist die 9-monatig-postoperativ gemessene EZZ von 1023 Zellen/mm² (-3,5%).

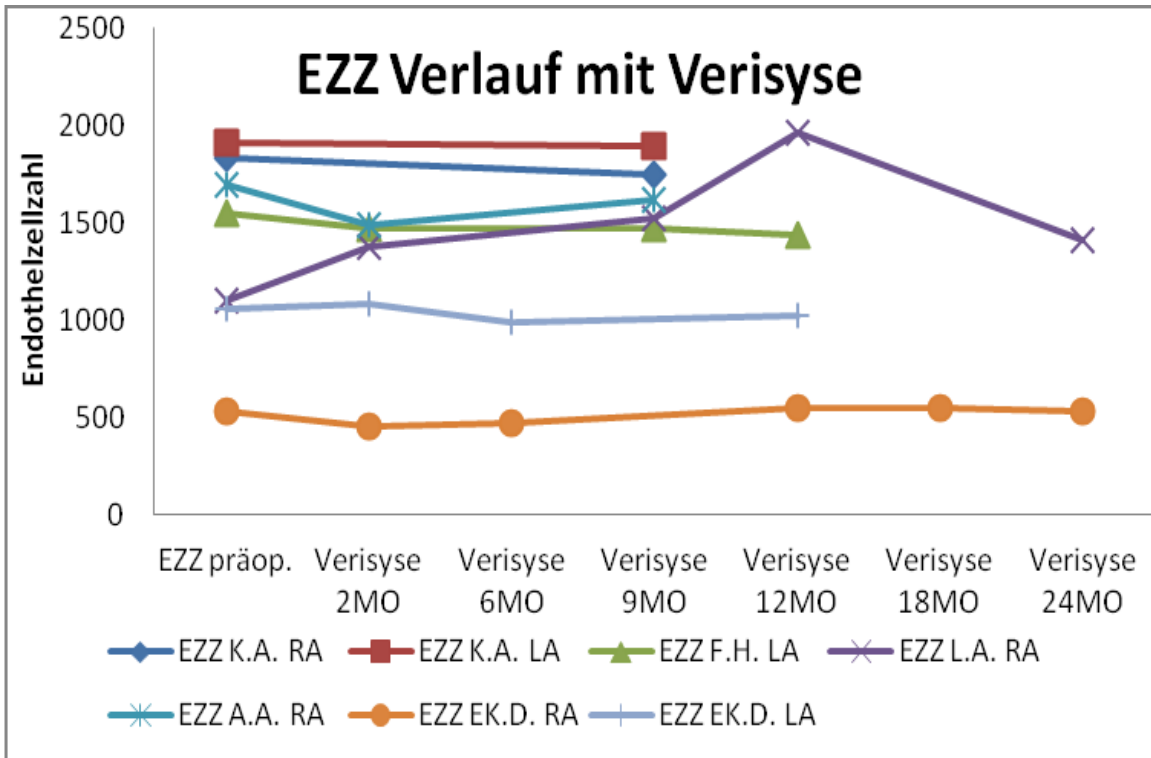


Abbildung 21: Postoperativer EZZ Verlauf mit der Verisyse IOL

Initialen	Auge	Refr. präop	Refr. mit I-CARE	Ref. Verisyse	EZZ prä I-CARE	EZZ präop. I-CARE expl.
K.A.	RA	-7	0	-1,25	2754	1831
K.A.	LA	-12	-1,5	-1,25	2906	1908
F.H.	LA	-9	-0,25	0,5	2625	1550
L.A.	RA	-13,5	-0,5	0,5	3000	1098
A.A.	RA	-15	-0,25	-2,25	2610	1697
EK.D.	RA	-11,5	1,5	-1	2500	530
EK.D.	LA	-12,5	0	-1,75	2481	1060

Type	Verisyse 2MO	Verisyse 6MO	Verisyse 9MO	Verisyse 12MO	Verisyse 18MO	Verisyse 24MO
Verisyse			1751			
Verisyse			1897			
Verisyse	1472		1469	1439		
Verisyse	1379		1526	1964		1414
Verisyse	1490		1618			
Verisyse	458	474		552	550	532
Verisyse	1086	993		1023		

Tabelle 2: Zusammenfassung: Refraktion und EZZ Verlauf vor bzw. nach IOL Tausch

3.3 Vergleich der beiden Gruppen

Aufgrund der geringen Fallzahl dieser Fallserie ist eine statistische Auswertung nicht aussagekräftig und somit wird der Vergleich der erhobenen Befunde der beiden Gruppen kasuistisch vorgenommen.

Bezüglich der Refraktionswerte konnten in beiden Gruppen vergleichbare Ergebnisse beobachtet werden. Im Vergleich der beiden phaken Intraokularlinsen zeichnete sich tendenziell eine geringere Streubreite der erzielten Refraktionswerte der I-CARE IOL – verglichen mit der Verisyse IOL – ab. Dies wird auch durch den direkten Vergleich der Standardabweichungen der Refraktionswerte beider Gruppen ersichtlich. In der ersten Gruppe (Therapie mittels Explantation) war die Standardabweichung der Refraktion mit der I-CARE IOL 0,375 (siehe Tabelle 3). Die Aussagekraft dieses Ergebnisses muss allerdings aufgrund der wenigen Messwerte relativiert werden.

In der zweiten Gruppe betrug die Standardabweichung der Refraktionswerte mit der I-CARE IOL präoperativ 0,888. Die Streubreite mit der neuen phaken IOL, der Verisyse, lag mit einer Standardabweichung von 1,058 postoperativ etwas höher.

Explantation	Refraktion präop.	Refraktion I-CARE	Refraktion Expl.
B.E. RA	-10,75	-0,75	-11,5
B.E. LA	-11,5	0	-11
E.E. RA	-7,5	-0,5	-10
E.E. LA	-9	0	-8,25

IOL Tausch	Refraktion präop.	Refraktion I-CARE	Refraktion Verisyse
K.A. RA	-7	0	-1,25
K.A. LA	-12	-1,5	-1,25
F.H. LA	-9	-0,25	0,5
L.A. RA	-13,5	-0,5	0,5
A.A. RA	-15	-0,25	-2,25
EK.D. RA	-11,5	1,5	-1
EK.D. LA	-12,5	0	-1,75

Tabelle 3: Vergleich der Refraktionswerte

Auch die Betrachtung der Verläufe der Endothelzellzahlen soll in kasuistischer Weise vorgenommen werden (siehe Tabelle 4). Einerseits fanden die postoperativen Nachkontrollen bei den unterschiedlichen Patienten nicht immer zur gleichen Zeit statt, andererseits wurden manche Termine von Patienten nicht wahrgenommen. Deshalb kann aufgrund der unterschiedlichen Zeitpunkte der Nachkontrollen keine sinnvolle Zusammenfassung der Daten erfolgen.

In der ersten Gruppe, welche mittels Explantation der phaken IOL behandelt wurde, zeichneten sich durchwegs unterschiedliche Ergebnisse ab.

Das rechte Auge der Patientin E.E. wies einen Zuwachs der EZZ von 44% nach 36 Monaten auf. In der zweimonatig-postoperativen Kontrolle lag ein Verlust auf 71,5% des Ausgangswertes vor (von 751 Zellen/mm² auf 537 Zellen/mm²). Nach 12 Monaten gab es noch eine Zellzahl von 554 Zellen/mm² (-26%). Der deutliche Anstieg zeichnete sich erst zwischen der 18- und 36-Monatskontrolle ab.

Die Werte der anderen drei Augen wiesen relativ ähnliche Verläufe auf. Ein kollektives Absinken der EZZ konnte in der Zweimonatig-postoperativ durchgeführten Kontrolle bemerkt werden. Hierbei sank die EZZ von durchschnittlich 1272 Zellen/mm² auf 980 Zellen/mm². Dies entspricht einer durchschnittlichen Abnahme um 23% der EZZ. Die darauf folgenden Werte imponierten stabil (siehe Tabelle 1).

Die Streubreite der beobachteten Endothelzellzahl-Werte in der zweiten Gruppe, welche mittels IOL Tausch behandelt wurde, war mit der ersten Gruppe vergleichbar. Der stärkste Verlust der EZZ zeichnete sich am linken Auge des Patienten F.H. ab. Dieser lag mit einer Senkung um 7% von 1550 Zellen/mm² auf 1439 Zellen/mm² trotzdem in der Nähe der anderen Werte.

Mit einer Zunahme von 29% der EZZ am rechten Auge des Patienten L.A. konnte nach 24 Monaten sogar eine relativ starke Steigung der Endothelzellendichte beobachtet werden. Die übrigen fünf Augen der zweiten Gruppe (K.A. rechtes und linkes Auge, A.A. rechtes Auge und EK.D. rechtes und linkes Auge) wiesen konstante Werte bzw. geringe Verluste der EZZ in den postoperativen Kontrollen auf.

Explantation	EZZ präop.	letzte EZZ Messung	Veränderung
B.E. RA	1302	1158 (12MO)	-11%
B.E. LA	871	734 (24MO)	-16%
E.E. RA	751	1085 (36MO)	(+)44%
E.E. LA	2164	1929 (6MO)	-11%

IOL Tausch	EZZ präop	letzte EZZ Messung	Veränderung
K.A. RA	1831	1751 (9MO)	-6%
K.A. LA	1908	1897 (9MO)	-1%
F.H. LA	1550	1439 (12MO)	-7%
L.A. RA	1098	1414 (24MO)	+29%
A.A. RA	1697	1618 (9MO)	-5%
EK.D. RA	530	532 (24MO)	0%
EK.D. LA	1060	1023 (12MO)	-3,5%

Tabelle 4: Vergleich des Endothelzellzahlverlaufs der beiden Gruppen

4 Diskussion

Gerade in den letzten Jahren haben die Beliebtheit und, damit verbunden, auch die Anwendungsvielfalt von phaken Intraokularlinsen zugenommen. Patienten mit Ametropie, in besonderem Ausmaß jene mit hochgradiger Myopie, profitieren besonders von der Therapie mit diesen Linsen. Dies liegt auch in der Tatsache begründet, dass Eingriffe an der Kornea bei solch hohen Refraktionsfehlern Limitationen unterworfen sind, da ab bestimmten Refraktionswerten die Gefahr einer iatrogenen Hornhautverdünnung mit all ihren negativen Auswirkungen zunimmt. [8,23]

Hierbei ist auch zu erwähnen, dass das Prinzip der phaken Intraokularlinsen keineswegs eine neue Erfindung darstellt. Schon Fechner & Worst bzw. Baikoff wandten vor rund 25 Jahren die ersten phaken Intraokularlinsen an. [32]

Diese Linsen konnten sich jedoch aufgrund von häufigen schwerwiegenden Komplikationen lange Zeit nicht durchsetzen.

Eine Neuerung stellte hierbei auch die Entwicklung faltbarer Linsen, wie beispielsweise der I-CARE, dar, wobei der offensichtliche Vorteil in der Tatsache begründet liegt, dass diese Linse durch eine viel kleinere korneale Inzision implantiert werden kann. [23,24]

Dahingegen weisen andere phake Intraokularlinsen, wie beispielsweise die Verisyse Linse, andere Vorteile auf. Bei dieser Linse handelt es sich um keine faltbare Linse, was bedeutet, dass der korneale Schnitt etwas größer gesetzt werden muss. Ihr Vorteil liegt jedoch in der Einheitsgröße (siehe Kapitel 2.2.4), was die Handhabung für den Chirurgen um einiges erleichtert. [23,24]

Eine der größten Problematiken der I-CARE Linse ist ihr geringer Abstand zum Hornhautendothel, was, wie im Material- und Methodenteil erläutert, in vielen Fällen die Explantation der Linse zur Folge hat. Hier tritt ein weiterer Vorteil der Verisyse Linse in Form eines größeren Abstandes zum Hornhautendothel in den Vordergrund. Saxena et al. haben in einer über drei Jahre angelegten Studie einen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen der Vorderkammertiefe und einem möglichen Endothelzellzahlverlust gefunden. [33]

Hierbei sprechen sie die Empfehlung aus, bei einer flacheren Vorderkammer mindestens eine Endothelzellzahl von $2000/\text{mm}^2$ als Voraussetzung zu nehmen. Umgekehrt könne so mit einer tiefen Vorderkammer auch eine etwas niedrigere EZZ in Kauf genommen werden. Interessant ist in diesem Zusammenhang auch die Tatsache, dass der Verlust an Zellen im Hornhautendothel auch durchaus erst nach einigen postoperativen Jahren wirklich zum Tragen kommen kann. [23,24,33]

Über den unmittelbaren postoperativen Verlauf liegen schon einige Studien der I-CARE Linse vor [12, 24,25], wobei die Daten im Langzeitverlauf noch nicht so gut belegt sind. An der Grazer Augenklinik wurde der postoperative Langzeitverlauf von I-CARE Patienten hinsichtlich Endothelzellzahlverlauf, Refraktion und anderer, mit der Linse assoziierter Komplikationen untersucht. [21,23]

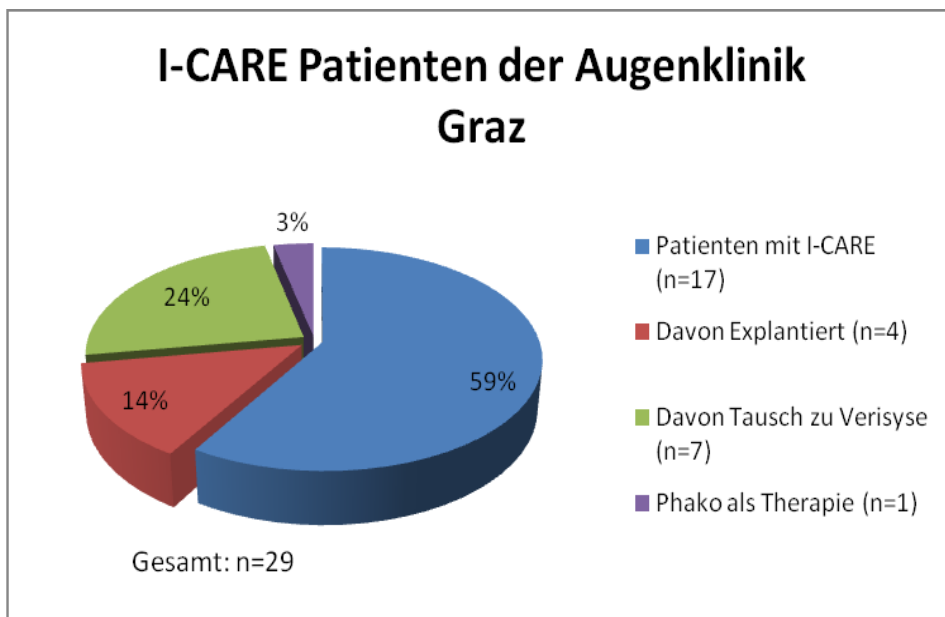


Abbildung 22: Weiterer Verlauf von Patienten, welchen an der Grazer Augenklinik eine I-CARE IOL implantiert wurde

In diesen Untersuchungen wurden die Daten der Patienten über sechs Jahre untersucht. Die Untersuchungen bestätigten einerseits die Ergebnisse der anderen Autoren, dass die Endothelzellzahl in den ersten zwölf postoperativen Monaten einigermaßen stabil bleibt [12], andererseits konnte im Rahmen dieser Studie aber auch deutlich gezeigt werden, dass in den Jahren danach ein sukzessives Abnehmen der EZZ nachgewiesen werden konnte.

Auch wenn die Zahl der untersuchten Augen im sechsten postoperativen Jahr auf drei Augen begrenzt war, konnte doch eine deutliche Senkung der Endothelzellzahl auf unter $2000/\text{mm}^2$ gefunden werden.

Abbildung 23 zeigt die Verteilung der I-CARE Patienten in ihrem Verlauf und welche weiterführenden Therapien im Falle von Komplikationen eingeschlagen wurden. Wie man sieht, mussten über 40% der implantierten Linsen in einer Nachbeobachtungszeit von sechs Jahren wieder explantiert werden. In einigen Fällen wurde eine Explantation schon wenige Jahre nach der Implantation erforderlich. Aufgrund dieser gehäuften Komplikationen wurde die I-CARE Linse mittlerweile vom Markt entfernt. [21]

Die Probleme mit EZZ Verlusten sind sicherlich bei faltbaren Intraokularlinsen aus hydrophilem Acrylmaterial immanenter. Nicht faltbare Linsen wie die Verisyse scheinen, den Daten der bisher publizierten Studien zufolge, weniger Probleme dieser Art zu bereiten. Benedetti et al. konnten beispielsweise in einer Studie von 49 Augen (30 Patienten) mit einer Nachbeobachtungszeit von über fünf Jahren zwar eine leichte stetige Abnahme der EZZ zeigen, führten aber auch morphologische Umbauprozesse des Hornhautendothels an, welche eine Art Adaptation des Endothels an die IOL darzustellen scheinen. [26]

Der Verlust der Zellen wird durch die Zunahme der Zellpolymorphie und einer Abnahme der Zahl der hexagonalen Zellen definiert. Diese Tatsache erhärtet den Verdacht, dass dieser Verlust eher einem Umbauprozess, als einem tatsächlich reinen zahlenmäßigen Verlust zugerechnet werden kann. Den anfänglichen Verlust der EZZ führen die Autoren dieser Studie auf eine mechanische Traumatisierung des Endothels im Rahmen der Operation zurück – dieser Effekt konnte auch im Ergebnisteil dieser Arbeit beobachtet werden. [26]

In verschiedenen Fällen konnte man eine Zunahme der Endothelzellzahl erst nach einer unmittelbar postoperativen Senkung beobachten.

Zuverlässige Aussagen sind aber wiederum auch bei der Verisyse IOL, gerade im Bezug auf die Langzeitergebnisse, nur mit dem Wissen über die Ergebnisse größerer Studien mit hohen Fallzahlen über einen längeren Zeitverlauf zulässig. [26]

Basierend auf diesen Daten wurden auch die Patienten, welche aufgrund einer Komplikation der I-CARE Linse diese aus dem Auge entfernen lassen mussten, beraten und aufgeklärt.

Primär wurde den Patienten empfohlen, die Linse explantieren zu lassen und auf weitere operative Schritte zu verzichten, d.h. wieder eine konservative Therapie fortzuführen. Fünf Patienten waren mit dieser Situation aber nicht glücklich, weswegen ihnen in der gleichen operativen Sitzung eine Verisyse IOL implantiert wurde.

Trotz der relativ geringen Anzahl, der in diese Fallserie einbezogenen Patienten, kann doch eine relativ klare Tendenz aus den vorliegenden Daten herausgelesen werden. Bei den Patienten, die mittels IOL Tausch behandelt wurden, sank die Zahl der Endothelzellen mehr oder minder stark im zweimonatig-postoperativ gemessenen Wert ab. Dies ist eine, den Ergebnissen anderer Studien zufolge, zu erwartende Tendenz, welche in erster Linie auf das bei der Operation verursachte Trauma zurückzuführen ist (s.o.).

Ansonsten waren die Werte der übrigen Patienten erstaunlich stabil, bzw. nur sehr kleinen Schwankungen unterworfen.

Erstaunlicherweise schnitten die Patienten der zweiten Gruppe teilweise sogar besser ab, als die Patienten der Gruppe, welche nach der Therapie der alleinigen Linsenexplantation behandelt wurden. Aufgrund der unterschiedlichen Zeitpunkte der postoperativen Messungen ist ein Trend zwar schwerer herauszulesen, jedoch liegen die Verluste der EZZ, bis auf eine Ausnahme, nach zwölf Monaten bei rund 10%. Bei einer anderen Patientin liegt wiederum ein Langzeitwert von 36 Monaten vor, welcher einen schönen Wert von 1085 im Gegensatz zum präoperativ gemessenen Wert von 751 darstellt (E.E. R.A.). Einerseits ist wahrscheinlich davon auszugehen, dass sich die Werte nach einer anfänglichen Phase der Senkung wieder erholen, andererseits müssen natürlich diese Ergebnisse aufgrund der niedrigen Fallzahl relativiert werden, da es aufgrund der wenigen Messdaten leichter zu statistischen Verzerrungen kommen kann.

5 Konklusion

Anhand dieser Fallserie konnte durch die vorliegenden Daten keine Überlegenheit der Therapie mittels alleiniger Explantation der I-CARE IOL – im Gegensatz zur Therapie mit dem Tausch der I-CARE durch die Verisyse IOL – gefunden werden.

Die Daten der beiden miteinander verglichenen Gruppen zeigen, dass beide Therapieverfahren einen weiterführenden starken Endothelzellverlust verhindern können. Somit kann der Tausch der Intraokularlinse zu einer Verisyse IOL als klare Alternative zur einfachen Explantation angesehen werden.

Durch die neuen Möglichkeiten in der Behandlung von Refraktionsfehlern sind damit auch die Ansprüche der Patienten an die Therapien gewachsen. Der häufigste Grund, aus dem phake Intraokularlinsen implantiert werden, ist der, dass Patienten endlich wieder auch ohne konservative refraktive Hilfsmittel scharf sehen wollen. Somit kann durch diesen neuen Therapieansatz erstmals auch eine weiterführende Therapie mit phaken Intraokularlinsen angeboten werden, wenn die erste Linse nicht vertragen wurde. Obwohl den Patienten primär die Therapieform der alleinigen Explantation empfohlen wurde, entschieden sich die Patienten der zweiten Gruppe trotzdem zum neuen Therapieansatz. Schon anhand dieser Tatsache wird der Wunsch der Patienten nach dieser neuen Form der chirurgischen Therapie ersichtlich.

6 Literaturverzeichnis

- [1] Benninghoff A, Drenckhahn D. Anatomie: makroskopische Anatomie, Embryologie und Histologie des Menschen. 16. Aufl. Munchen [u.a.]: Urban & Fischer; 2004.
- [2] Lang G. Augenheilkunde: verstehen - lernen - anwenden. 3. Aufl. Stuttgart;New York: Thieme; 2004.
- [3] Matthias S. Augenheilkunde. 2. Aufl. Stuttgart: Thieme; 2002.
- [4] Grehn F. Augenheilkunde - Franz Grehn - Google Bücher [Internet]. [zitiert 2011 Okt 9];Available from:http://books.google.at/books?id=7RHaOrJLEK4C&printsec=frontcover&dq=grehn+augenheilkunde&hl=de&ei=5syRTs-sN8Tt-gaM2szNDg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CC8Q6AEwAA#v=snippet&q=mesodermales%20stromablauf&f=false
- [5] Kanski J. Klinische Ophthalmologie: Lehrbuch und Atlas. 6., aktualisierte und erw. Aufl. Munchen; Jena: Elsevier Urban & Fischer; 2008.
- [6] Fong C. Refractive surgery: the future of perfect vision. Singapore Med J. 2007; 48 (8):709–719.
- [7] Kurzsichtigkeit (Myopie) [Internet]. [zitiert 2012 März 6];Available from: <http://www.portal-der-augenmedizin.de/augenkrankheiten/kurzsichtigkeit/myopie-kurzsichtigkeit.html>
- [8] Ardjomand N, Vidic B. Phakic intraocular lenses - quo vadis? Ophthalmology International. Spring 2011:45–48.
- [9] Güell JL, Morral M, Kook D, Kohnen T. Phakic intraocular lenses Part 1: Historical overview, current models selection criteria, and surgical techniques. J Cataract Refract Surg. 2010; 36:1976–1993.
- [10] Intraokularlinse – Wikipedia [Internet]. [zitiert 2012 März 7]. Available von: <http://de.wikipedia.org/wiki/Intraokularlinse>
- [11] Dick HB, Budo C, Malecaze F, Güell JL, Marinho AAP, Nuijts RMMA, u. a. Foldable Artiflex Phakic Intraocular Lens for the Correction of Myopia. Ophthalmology. 2009 Apr;116(4):671–7.
- [12] Gieriek-Ciaciura S, Gieriek-Lapinska A, Ochalik K, Mrukwa-Kominek E. Correction of high myopia with different phakic anterior chamber intraocular lenses: ICARE angle-supported lens and Verisyse iris-claw lens. Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol. ((2007) 245):1–7.
- [13] Alió JL. Management of complications in refractive surgery; with 44 tables. Berlin; Heidelberg: Springer; 2008.

- [14] Lang G. Augenheilkunde - Gerhard Klaus Lang - Google Books [Internet]. [zitiert 2012 Juni 5]. Available von:
<http://books.google.at/books?id=SsNN5d1GaiYC&pg=PA452&dq=lang+augenheilkunde+kontaktlinse&hl=de&sa=X&ei=HYHOT7HRMs2Gswb77tj8Cg&ved=0CEwQ6AEwAA#v=onepage&q=lang%20augenheilkunde%20kontaktlinse&f=false>
- [15] Eigene Quelle OP-Bericht.
- [16] Hartmann LK. Stellenwert des Scheimpflug-Imaging in der refraktiven Hornhautchirurgie: Keratograph® versus Pentacam® bei myoper Laser in situ Keratomileusis. [München]: Ludwig-Maximilians-Universität München; 2011.
- [17] Kohnen T. Refraktive Chirurgie. 1.Aufl. Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg; 2011.
- [18] Agarwal S, Agarwal A. Step by Step Corneal Topography. 2.Aufl Aufl. Indien: Gopsons Papers Ltd; 2006.
- [19] Bille J, Schlegel W. Medizinische Physik 3, Medizinische Laserphysik. Berlin; Heidelberg: Springer; 2005.
- [20] Krachmer JH, Mannis MJ, Holland EJ. Cornea Vol.1, Fundamentals, diagnosis and management. 2.Aufl. Aufl. Philadelphia, PA [etc.]: Elsevier Mosby; 2005.
- [21] Plainer S. Quality of vision and complications with the I-CARE phakic IOL. [Graz]: Medizinische Universität Graz; 2009.
- [22] Comaish IF, Lawless MA. Phakic Intraocular Lenses, Curr Opin Ophthalmol 2002; 13:7-13
- [23] Plainer S, Wenzl E, Saalabian AA, Wohlfahrt C, Vidic B, El-Shabrawi Y, u. a. Long-term follow-up with I-care phakic IOLs. Br J Ophthalmol. 2010 Okt 8;1–5.
- [24] Alio JL, Abdelrahman AM, Javaloy J, et al. Angle-supported anterior chamber phakic intraocular lens explantation causes and outcome. Ophthalmology 2006;113(12):2213-20.
- [25] Couillet J, Mahieu L, Malecaze F, Fournié P, Leparmentier A, Moalic S, u. a. Severe endothelial cell loss following uneventful angle-supported phakic intraocular lens implantation for high myopia. J Cataract Refract Surg 2007;33:1477-81.
- [26] Benedetti S, Casamenti V, Benedetti M. Long-term endothelial changes in phakic eyes after Artisan intraocular lens implantation to correct myopia. Journal of Cataract & Refractive Surgery. 2007 Mai;33(5):784–90.
- [27] Alió JL, de la Hoz F, Pérez-Santonja JJ, Ruiz-Moreno JM, Quesada JA. Phakic anterior chamber lenses for the correction of myopia: a 7-year cumulative analysis of complications in 263 cases. Ophthalmology. 1999 März;106(3):458–66.

[28] Fellner P, Vidic B, Ramkissoon Y, Fu AD, El-Shabrawi Y, Ardjomand N. Pupil Ovalization After Phakic Intraocular Lens Implantation Is Associated With Sectorial Iris Hypoperfusion. *Arch Ophthalmol*. 2005 Aug;123(8):1061–5.

[29] Kohnen T. Evaluation of new phakic intraocular lenses and materials. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*. 2007 Aug;33(8):1347.

[30] Kohnen T, Knorz MC, Cochener B, Gerl RH, Arné J-L, Colin J, u. a. AcrySof Phakic Angle-supported Intraocular Lens for the Correction of Moderate-to-High Myopia: One-Year Results of a Multicenter European Study. *Ophthalmology*. 2009 Juli;116(7):1314–1321.e3.

[31] Lens design - Ophtec [Internet]. [zitiert 2012 Mai 1]. Available von: <http://www.ophtec.com/professional/en/refractive-surgery/about-artisan/lens-design>

[32] Fechner PU, van der Heijde GL, Worst JG. Intraocular lens for the correction of myopia of the phakic eye [in German]. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 1988;193:29-34.

[33] Saxena R, Boekhoorn SS, Mulder PG, et al. Long-term follow up of endothelial cell change after Artisan phakic intraocular lens implantation. *Ophthalmology* 2008;115(4):608-13.e1.

[34] Das Auge [Internet]. [zitiert 2012 Juni 2]. Available von: <http://www.vision-training.com/de/Augenanatomie/Augenanatomie.htm>

[35] rund um's Auge: Infos zu Augenkrankheiten - Kurz-/Weit-/Alterssichtigkeit [Internet]. [zitiert 2012 Juni 2]. Available von: <http://www.onjoph.com/patinfo/krankheiten/kwasichtigkeit.html>

[36] Freevis: Kurzsichtig? Informationen zur Kurzsichtigkeit, Myopie [Internet]. [zitiert 2012 Juni 3]. Available von: <http://freevis.de/fehlsichtig/kurzichtig.html>

[37] Mitt-2001-5 [Internet]. [zitiert 2012 Juni 3]. Available von: <http://www.uniklinik-freiburg.de/augenlinik/live/augena/mitt/Mitt-2001-5.html>

[38] Brille – Wikipedia [Internet]. [zitiert 2012 Juni 5]. Available von: <http://de.wikipedia.org/wiki/Brille>

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Die Anatomie des menschlichen Auges [34]	1
Abbildung 2: Entstehungsmechanismus der Myopie [36]	9
Abbildung 3: Physikalische Ursache der Entstehung der Myopie [35].....	12
Abbildung 4: Brille mit Halbfassung [38].....	14
Abbildung 5: Formstabile Kontaktlinse im Randbereich mit Fluoreszin eingefärbt [14]....	16
Abbildung 6: Scheimpflug Abbildung einer phaken kammerwinkelgestützte Vorderkammerlinse Cachet (Alcon) [17]	19
Abbildung 7: OCT Aufnahme einer irisfixierten Vorderkammerlinse Artisan (Ophtec) [17]	20
Abbildung 8: Phake sulcusgestützte Hinterkammerlinse ICL (STAAR Surgical) [17].....	21
Abbildung 9: Normales, gesundes Hornhautendothel EZZ=2570	
Zur Verfügung gestellt von der Universitäts-Augenklinik Graz	29
Abbildung 10: Verminderte Zellzahl EZZ=1120	
Zur Verfügung gestellt von der Universitäts-Auenklinik Graz	29
Abbildung 11: I-CARE IOL in situ	
Zur Verfügung gestellt von der Grazer Augenklinik.....	31
Abbildung 12: Die Artisan Linse [31].....	32
Abbildung 13: Verisyse IOL in situ	
Zur Verfügung gestellt von der Universitäts-Auenklinik Graz	33
Abbildung 14: Scheimpflug-Bild der Vorderkammer Patientin EK.D. R.A. mit I-CARE .	34
Abbildung 15: Scheimpflug-Bild der Vorderkammer Patientin EK.D. R.A. mit Verisyse Zur Verfügung gestellt von der Universitäts-Auenklinik Graz	34
Abbildung 16: Endothelzellzahl - Verlauf mit I-CARE Linse	37
Abbildung 17: Refraktion mit und ohne IOL	38
Abbildung 18: Postoperativer Verlauf der Endothelzellzahl nach I-CARE Explantation ..	40
Abbildung 19: Verlust der Endothelzellzahl mit der I-CARE	42
Abbildung 20: Refraktionswerte im Verlauf.....	43
Abbildung 21: Postoperativer EZZ Verlauf mit der Verisyse IOL	45
Abbildung 22: Weiterer Verlauf von Patienten, welchen an der Grazer Augenklinik eine I- CARE IOL implantiert wurde	51

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zusammenfassung: Refraktion EZZ Verlauf vor und nach IOL Explantation ..	41
Tabelle 2: Zusammenfassung: Refraktion und EZZ Verlauf vor bzw. nach IOL Tausch...	46
Tabelle 3: Vergleich der Refraktionswerte.....	47
Tabelle 4: Vergleich des Endothelzellzahlverlaufs der beiden Gruppen	49