

Augenklinik der Universität Ulm
Ärztlicher Direktor: Prof. Dr. G. K. Lang

**Objektive und subjektive Ergebnisse
der Phakoemulsifikation in der Lernphase**

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der Medizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Ulm

Heidrun Egetenmeier
Ellwangen
2002

Amtierender Dekan: Prof. Dr. R. Marre
1. Berichterstatter: PD Dr. C. W. Spraul
2. Berichterstatter: PD Dr. H. Hanke
Tag der Promotion: 16.01.2003

Für meine liebe Familie

Inhaltsverzeichnis

Seite

1	Einleitung	4
1.1	Allgemeines zur Katarakt	4
1.2	Geschichte der Kataraktchirurgie	5
1.3	Kataraktchirurgie heute	5
1.4	Kataraktoperationstechniken	6
1.5	Veränderungen der Hornhaut durch die Kataraktoperation	6
1.6	Operativ induzierter Astigmatismus	7
1.7	Der subjektive Operationserfolg	7
1.8	Die Lernkurve des Chirurgen	8
1.9	Fragestellung	8
2	Methodik	9
2.1	Studienaufbau	9
2.2	Ein- und Ausschlusskriterien	9
2.3	Operationstechnik	10
2.4	Ethikkommissionsvotum und Aufklärung	11
2.5	Erhebung der Daten	11
2.5.1	Operationsprotokoll	11
2.5.2	Präoperative und früh postoperative Daten	11
2.5.3	Späte postoperative Untersuchung	12
2.6	Berechnung des sphärischen Äquivalents	12
2.7	Berechnung des operativ induzierten Gesamtastigmatismus	13
2.8	Berechnung des operativ induzierten Hornhautastigmatismus	13
2.8.1	Berechnung mit der Subtraktionsmethode	13
2.8.2	Berechnung mit der Vektormethode	13
2.9	Lernkurve	15
2.10	Statistische Auswertung	15
3	Ergebnis	16
3.1	Patienten	16
3.2	Operationsverlauf	17
3.2.1	Selbständiges Beenden der Operation	17

3.2.2	Verbrauch an Viskoelastika	17
3.2.3	Komplikationen	18
3.3	Refraktion und Linse	19
3.3.1	Refraktion und sphärisches Äquivalent	19
3.3.2	Gesamtastigmatismus	22
3.3.3	Operativ induzierter Gesamtastigmatismus	23
3.3.4	Intraokularlinse	24
3.4	Visus	26
3.4.1	Visusergebnisse	26
3.4.2	Visus und Vorerkrankungen	31
3.5	Hornhautastigmatismus	33
3.5.1	Astigmatismusergebnisse	33
3.5.2	Operativ induzierter Astigmatismus – Berechnung mit der Subtraktionsmethode	35
3.5.3	Operativ induzierter Astigmatismus – Berechnung mit der Vektormethode	36
3.6	Subjektive Operationsergebnisse	37
3.6.1	Ergebnisse des Fragebogens	37
3.6.2	Vergleich der subjektiven mit den objektiven Operationsergebnissen	41
3.7	Lernkurve	42
3.7.1	Vergleich des Operationsverlaufs	42
3.7.2	Vergleich des Visus	44
3.7.3	Vergleich des Astigmatismus	46
4	Diskussion	48
4.1	Operationsverlauf	48
4.2	Refraktion	50
4.3	Visus	51
4.4	Astigmatismus	52
4.5	Zufriedenheit	56
4.6	Lernkurve	58
5	Zusammenfassung	62
6	Anhang	63
7	Literatur	64

Abkürzungsverzeichnis

dpt Dioptrien

1 Einleitung

1.1 Allgemeines zur Katarakt

Die Erkrankung Katarakt, die auch als grauer Star bezeichnet wird, ist eine Trübung der Augenlinse und weltweit für einen großen Teil der Erblindungen verantwortlich (30). Das Wort Katarakt kommt aus dem Griechischen und bedeutet Wasserfall, denn früher glaubte man, dass die graue Farbe der getrübbten Linse durch geronnene Flüssigkeit entstanden sei (11).

Die weitaus häufigste Form der Katarakt ist die Cataracta senilis, der sogenannte Altersstar. Die Ursachen sind noch nicht geklärt, es handelt sich aber offensichtlich um ein multifaktorielles Geschehen, da eine Reihe von Risikofaktoren für die Entstehung bekannt ist. In den Ländern der dritten Welt wird hauptsächlich die Vitamin- und Proteinmangelernährung für die Entwicklung der Katarakt verantwortlich gemacht. In den Industrienationen sind es allgemeine Risikofaktoren wie Hypertonie, Hypercholesterinämie, Nikotin- und Alkoholkonsum und das Alter der Patienten (30). Da die Lebenserwartung immer weiter steigt und es bislang keine Möglichkeit gibt, die Entstehung der Katarakt zu bekämpfen, wird diese Krankheit und ihre Behandlung die Ophthalmologie auch in Zukunft beschäftigen.

Die Cataracta senilis wird morphologisch folgendermaßen eingeteilt:

- Cataracta nuclearis
- Cataracta corticalis anterior und posterior
- Cataracta subcapsularis posterior
- Cataracta matura
- Cataracta hypermatura

Seltene andere Kataraktformen entstehen beispielsweise durch langdauernde Kortisontherapie, Diabetes, Traumen oder starke Strahleneinwirkung. Zusätzlich zu den erworbenen existieren auch angeborene Katarakte, die erblich bedingt oder beispielsweise durch eine Rötelninfektion verursacht sein können.

1.2 Geschichte der Kataraktchirurgie

Die derzeit einzige Möglichkeit, die Katarakt zu behandeln, ist die Chirurgie. Die Staroperation war bereits 2000 v. Chr. bei den Babyloniern bekannt (33). Auch die Inder und die Griechen der klassischen Zeit sollen den Star gekannt und operiert haben. Dabei wurde die getrübte Linse zunächst jedoch nicht entfernt, sondern lediglich durch Depression oder Reklination in den Glaskörper hinuntergestoßen. Erstmals 150 n. Chr. wurde von dem Griechen Antyllos versucht, die Linse, sofern sie zerstückelt war, aus dem Auge zu entfernen. Am Ende des Mittelalters wurde der Star durch Niederdrücken operiert, allerdings nicht von Ärzten, sondern von Badern. Den Star hielt man damals für ein Häutchen vor der Linse, das durch Gerinnung entstanden war. Es existierten viele nichtoperative, aber dennoch grausame Behandlungsmöglichkeiten, der gefährliche Starstich blieb die letzte Möglichkeit. Erst in der Neuzeit begannen die studierten Ärzte die Staroperation wieder selbst auszuüben und es folgte die Entdeckung, dass es sich beim Star um eine Linsentrübung handelt. Der anatomische Nachweis wurde von dem deutschen Anatom Rolfnick erbracht. Um 1700 wurden den Staroperierten erstmals Konvexbrillen empfohlen. Ein weiterer Fortschritt war die Idee Daviels im 18. Jh., die Linse zu extrahieren, was auch das Ziel der heutigen Kataraktoperation ist, die durch die Verwendung von Intraokularlinsen perfektioniert wurde (33).

1.3 Kataraktchirurgie heute

Die Kataraktoperation ist mit jährlich über 400.000 Eingriffen die am häufigsten durchgeführte Operation in Deutschland (23).

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts gab es mehrere Varianten, die getrübte Linse aus dem Auge zu entfernen. Die sogenannte extrakapsuläre Kataraktextraktion wurde ab den 30er Jahren meist durch die intrakapsuläre Operation ersetzt, wurde später jedoch wieder favorisiert. Eine Errungenschaft bei beiden Methoden war die Implantation einer Kunstlinse ins Auge. Die erste Intraokularlinsenimplantation wurde 1949 von Ridley durchgeführt. Er setzte eine Hinterkammerlinse ein. Die erste Vorderkammerlinse wurde 1952 von Baron implantiert (12).

Einen Meilenstein in der neueren Geschichte der Kataraktchirurgie stellt die Entwicklung der Phakoemulsifikation dar, die zuerst von Kelman 1967 vorgestellt wurde (14).

1.4 Kataraktoperationstechniken

Es existieren prinzipiell zwei verschiedene Arten, die getrübte Linse aus dem Auge zu entfernen, die intrakapsuläre Kataraktextraktion und die extrakapsuläre Kataraktextraktion. Bei der intrakapsulären Operation wird die Linse mit dem gesamten Kapselsack entfernt, bei der extrakapsulären bleibt der Kapselsack größtenteils erhalten. Bei der extrakapsulären Operation kann der Linsenkern entweder als ganzes (Kernexpression) oder aber fragmentiert (Phakoemulsifikation) entfernt werden. Der entscheidende Vorteil hierbei ist, dass die physiologischen Bedingungen des Auges erhalten bleiben. Die hintere Kapsel bildet wie die Linse beim normalen Auge eine Barriere zwischen Glaskörper und Hinterkammer, was einen Glaskörperprolaps mit möglichen Netzhautkomplikationen verhindert. Nur so ist es auch möglich, eine künstliche Linse in die Hinterkammer einzubringen. Bei der intrakapsulären Kataraktextraktion kann man lediglich eine Vorderkammerlinse implantieren, was eine schlechtere Sehleistung und mehr Komplikationen zur Folge hat (22). Zu diesen Komplikationen zählen Netzhautablösung, zystoides Makulaödem und sekundäres Glaukom (22).

Die Phakoemulsifikation ist eine Form der extrakapsulären Kataraktextraktion, bei der die Linse durch Ultraschall zerkleinert und abgesaugt wird anstatt sie im ganzen herauszunehmen. Dies gibt dem Operateur die Möglichkeit, den Schnitt sehr klein zu wählen. Phakoemulsifikation und extrakapsuläre Kataraktextraktion erzielen längerfristig dieselben Ergebnisse. Durch die bei der Phakoemulsifikation mögliche Kleinschnittchirurgie wird jedoch der Astigmatismus weniger verändert. Außerdem kann der Wundverschluss und damit die Heilung beschleunigt werden (13, 41, 42).

1.5 Veränderungen der Hornhaut durch die Kataraktoperation

Jeder kataraktextrahierende Eingriff am Auge setzt voraus, dass das Auge eröffnet und damit verletzt wird. Der Operateur verändert damit meist die Hornhautwölbung und damit den Astigmatismus des Auges. Die Inzisionsverfahren wurden daher ständig verbessert (6). Erst die Phakoemulsifikation ermöglichte die sogenannte Kleinschnittchirurgie, die es teilweise erlaubt, ohne Nähte auszukommen. Ziele der Inzision sind vor allem Dichtigkeit und hohe Belastbarkeit. Gleichzeitig soll der Hornhautastigmatismus so wenig wie möglich verändert werden (6).

1.6 Operativ induzierter Astigmatismus

Vergleicht man den post- mit dem präoperativen Astigmatismus, so erhält man den operativ induzierten Astigmatismus. Es existieren verschiedene Arten, den operativ induzierten Astigmatismus zu berechnen (31). Bei der Berechnung kann man entweder nur die Stärke, oder aber Stärke und Richtung, also die Achse des Astigmatismus einbringen. Die Subtraktionsmethode berücksichtigt nur die Stärke des Astigmatismus, die Vektormethode benutzt sowohl Stärke als auch Achse des Astigmatismus zur Berechnung. Mit ihr stellt man den aus zwei Werten bestehenden Astigmatismus als einen Vektor dar und subtrahiert den präoperativen vom postoperativen Vektor. Da der Astigmatismus eine zweidimensionale Größe ist, ergibt die Berechnung mit den Vektormethoden die genaueren Ergebnisse (31). Andere Berechnungsmethoden machen eine Unterscheidung bei der Änderung in Richtung „mit der Regel“ bzw. „gegen die Regel“, was klinisch interessant ist (35). Beim Astigmatismus „mit der Regel“ liegt der stärker brechende Meridian senkrecht, zwischen 70 und 110 Grad, beim Astigmatismus „gegen die Regel“ liegt er waagrecht, zwischen 160 und 20 Grad. Bei dieser Berechnungsmethode wird die Achsenveränderung gut dargestellt (35).

Abgesehen von einem möglichst geringen operativ induzierten Astigmatismus ist ein weiteres Ziel, dem die Kleinschnittchirurgie gerecht wird, die schnellere visuelle Rehabilitation und die größere Stabilität der Wunde (26, 44). Die Hornhaut scheint, abhängig von der Breite des Schnitts, bereits nach wenigen Wochen bis spätestens 3 Monaten postoperativ stabil zu sein (26).

1.7 Der subjektive Operationserfolg

Da früher das Operationsrisiko höher war, musste man mit der Operation warten, bis die Katarakt weiter fortgeschritten war. Heute ist es mit der Phakoemulsifikation möglich, bereits zu einem früheren Zeitpunkt zu operieren, wenn eine Sehverbesserung zu erwarten ist. Dies ist stark von der subjektiven Einschätzung der Patienten abhängig. Bei der heutigen Kataraktchirurgie kommt es nicht nur darauf an, eine technisch korrekte Operation durchzuführen. Vielmehr müssen auch die Bedürfnisse der Patienten berücksichtigt werden.

Die Zufriedenheit der Patienten über die Durchführung und das Ergebnis der Operation ist ein wichtiger Faktor in der Verbesserung der Kataraktchirurgie. Es ist jedoch schwierig, diese objektiv zu bestimmen.

1.8 Die Lernkurve des Chirurgen

Wenn ein Chirurg beginnt, eine neue Technik zu erlernen, treten häufig mehr Komplikationen auf als bei einem erfahrenen Operateur. Zu den bekannten Komplikationen bei der Phakoemulsifikation gehören die Kapselruptur mit Glaskörperverlust, Irisdefekte, Hyphäma und ein Hornhautödem (40). Besonders der Glaskörperverlust ist gefürchtet, da er eine Reihe weiterer Komplikationen nach sich ziehen kann. Die geplante Implantation der Intraokularlinse in den Kapselsack ist gefährdet. Nicht zuletzt sind Komplikationen an der Netzhaut zu erwarten, wie ein zystoides Makulaödem oder eine Netzhautablösung (3). Die Angaben in der Literatur zum Vorkommen des Glaskörperverlusts schwanken zwischen 3% und 15% (1, 37, 40).

Um den Erfolg einer Operation beurteilen zu können, ist das erreichte Sehvermögen und der operativ induzierte Astigmatismus von Bedeutung. Anhand dieser Größen kann man die Existenz sowie den Verlauf einer sogenannten Lernkurve nachprüfen.

1.9 Fragestellung

1. Wie verändert sich der Astigmatismus durch die Operation? (operativ induzierter Astigmatismus)
2. Wie verändert sich der Astigmatismus nach der Operation?
3. Wie ist der Verlauf der Sehfähigkeit nach der Operation?
4. Wie ist die subjektive Zufriedenheit der operierten Patienten?
5. Existiert eine Lernkurve beim Erlernen der Phakoemulsifikation?

2 Methodik

2.1 Studienaufbau

Die Studie basiert auf der prospektiven Erfassung von patientenbezogenen Daten. Es wurden die ersten 221 konsekutiven Phakoemulsifikationen eines einzelnen Operateurs der Universitäts-Augenklinik Ulm ausgewertet, der die Technik neu erlernt.

2.2 Ein- und Ausschlusskriterien

Bei der Patientenauswahl mussten folgende Bedingungen erfüllt sein:

- Operationstechnik: Phakoemulsifikation über einen 6 mm breiten sklerokornealen Tunnelschnitt bei 12 Uhr

Die präoperativen und früh postoperativen Untersuchungen wurden im Rahmen des perioperativen Aufenthalts der Patienten durchgeführt. Bei den Untersuchungen, die mindestens 3 Monate postoperativ stattfinden mussten, galten folgende Einschlusskriterien für die Patienten:

- telefonische Erreichbarkeit
- Bereitschaft, für eine zusätzliche Untersuchung auf eigene Kosten in die Universitäts-Augenklinik Ulm zu kommen

Wir legten folgende Ausschlusskriterien für die späte postoperative Untersuchung fest:

- Tod
- Krankheit
- Mangelnde Kooperationsbereitschaft

2.3 Operationstechnik

Alle Augen wurden mit derselben Technik operiert.

Nach der Eröffnung der Bindehaut führte der Operateur mit einer seitlich scharfen Metallklinge eine bogenförmige sklerale Inzision mit einer Breite von 6 mm bei 12 Uhr durch (Abbildung 1). Danach erfolgte die Tunnelung bis in die klare Hornhaut mit einem Tellermesser gefolgt von der Eröffnung der Vorderkammer mit der Phakolanze. Der Schnitt war beim Eintritt in die Sklera 6 mm, beim Austritt in die Vorderkammer zunächst nur 2,5 – 3 mm breit. Um die Vorderkammer zu stabilisieren und das Hornhautendothel zu schonen, wurde ein Viskoelastikum (Healon[®] bzw. Dispasan[®]) injiziert. Mit einer zurechtgebogenen 20er Kanüle erfolgte eine sogenannte Kapsulorhexis. Dabei wurde die vordere Kapsel rund aufgerissen, wobei der Durchmesser ca. 5 – 6 mm betrug. Mittels Phakoemulsifikation wurde der Kern durch Ultraschall zertrümmert und anschließend abgesaugt. Mit dem Irrigations-Aspirations-Manöver entfernte der Operateur die weichen Anteile der Linsenrinde. Dann wurde die Skleralinzision auf durchgehend 6 mm erweitert und eine Hinterkammerlinse in den verbliebenen Kapselsack eingesetzt. Wenn die vordere Kapsel bei der Kapsulorhexis zu weit eingerissen war, wurde die Hinterkammerlinse in den Sulcus ciliaris implantiert. Wenn es nach einer Ruptur der hinteren Kapsel und darauffolgender Vitrektomie nicht mehr möglich war, eine Hinterkammerlinse zu implantieren, so wurde eine Vorderkammerlinse implantiert. Nach der Linsenimplantation wurde das Viskoelastikum aus der Vorderkammer abgesaugt. Der sklerokorneale Tunnel blieb ohne Naht, die Bindehaut wurde mit einer Einzelnaht adaptiert.

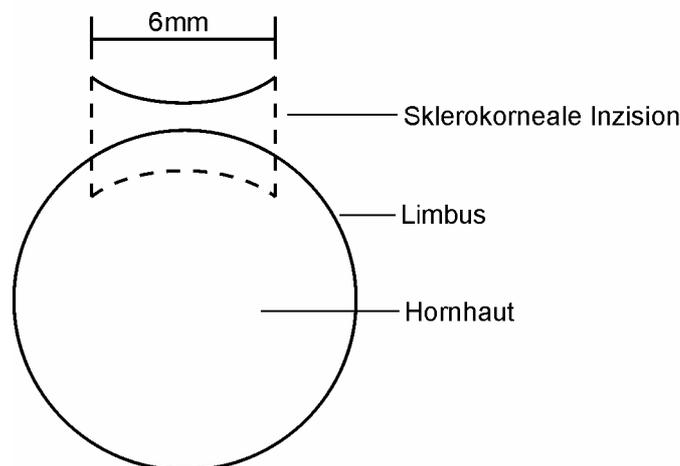


Abb. 1: Skizze des sklerokornealen Tunnelschnitts

2.4 Ethikkommissionsvotum und Aufklärung

Die Ethikkommission der Medizinischen Fakultät hatte hinsichtlich der Durchführung der späten postoperativen Untersuchung keine Bedenken.

Die Patienten, die an den späten postoperativen Untersuchungen teilnahmen, wurden telefonisch über den Zweck des Besuchs und die Harmlosigkeit der Untersuchungen aufgeklärt. Vor der Untersuchung unterschrieben sie eine Einverständniserklärung zur Freiwilligkeit der Teilnahme und der Verwendung der Daten.

2.5 Erhebung der Daten

2.5.1 Operationsprotokoll

Dem Operationsprotokoll wurden bestimmte Daten zur Auswertung entnommen. Es wurde aufgezeichnet, ob der Operateur die Hilfe eines erfahreneren Operateurs brauchte oder ob es ihm möglich war, die Operation selbständig zu beenden. Des Weiteren wurde der Verbrauch an Viskoelastika für jede Operation festgehalten. Der Operateur machte Angaben über während des Verlaufs auftretende Komplikationen. Zu den Komplikationen zählten Zonulolyse, Kapselruptur, Glaskörperverlust, Einriss der Kapsulorhexis und Tunnelblutung. Der Ort der Linsenimplantation wurde ebenfalls erfasst.

2.5.2 Präoperative und früh postoperative Daten

Die präoperativen und früh postoperativen Daten wurden den Krankenakten entnommen.

Zu diesen Daten zählten:

- bestkorrigierter Fernvisus
- Refraktion
- Hornhautastigmatismus

Den Akten wurde außerdem entnommen, ob und welche okuläre Vorerkrankungen bestanden. Die präoperativ mittels Biometrie gewonnene Zielrefraktion wurde ebenfalls erfasst.

2.5.3 Späte postoperative Untersuchung

Bei der späten postoperativen Untersuchung wurde gemessen

- bestkorrigierter Fernvisus
- Refraktion
- Hornhautastigmatismus
- subjektive Zufriedenheit

Der Messung des Visus ging eine Messung der objektiven Refraktion mit dem Autorefraktor voraus. Mittels eines Phoropters und Projektionstafeln wurden der beste Visus und die optimale Korrektur ermittelt. Zur Berechnung wurde der Visusangabe „Fingerzählen möglich“ ein Wert von 0,02 zugeordnet, der Visusangabe „Handbewegungen werden erkannt“ wurde ein Visuswert von 0,01 zugeordnet. Die Angabe „Lichtschein und Projektion werden erkannt“ wurde dem Wert 0,005 gleichgesetzt.

Bei der Messung des Hornhautastigmatismus benutzten wir ein Autokeratometer der Firma Nidek, Typ KM-500. Der Patient wurde aufgefordert, die Augen weit aufzumachen und direkt auf das Gerät zu blicken. Mit dem Autokeratometer wird die Hornhaut erfasst, der Hornhautastigmatismus wird dann automatisch gemessen und die Werte werden anschließend ausgedruckt.

Die subjektive Zufriedenheit wurde mit Hilfe eines Fragebogens ermittelt. Dieser wurde den Patienten vorgelegt bzw. vorgelesen und die Antworten notiert. Erfragt wurde die Zufriedenheit mit der Aufklärung vor der Operation, der Beratung, der Betreuung durch das ärztliche Personal und in der Klinik sowie mit dem Operationsergebnis. Der vollständige Fragebogen ist im Anhang aufgeführt.

2.6 Berechnung des sphärischen Äquivalents

Um die Refraktion des Auges in einem Wert auszudrücken, wird die Korrektur des Astigmatismus und die sphärische Korrektur zusammengerechnet und als sphärisches Äquivalent dargestellt. Das sphärische Äquivalent wird mit folgender Gleichung errechnet:

Sphärisches Äquivalent = Sphäre + $\frac{1}{2}$ × Zylinder

2.7 Berechnung des operativ induzierten Gesamtastigmatismus

Der gleichzeitig mit der Refraktion bestimmte Gesamtastigmatismus des Auges wurde ermittelt und die Veränderung mit der Subtraktionsmethode berechnet.

Für die Berechnung mit der Subtraktionsmethode benötigt man den prä- und postoperativen Zylinder (cyl) in Dioptrien.

$$\text{cyl}_3 - \text{cyl}_1 = \text{cyl}_2$$

cyl_3 bezeichnet den postoperativen Zylinder, cyl_1 den präoperativen Zylinder, cyl_2 ist der gesuchte operativ induzierte Zylinder. Ein negatives Ergebnis für cyl_2 bedeutet eine Verringerung des Astigmatismus, ein positives Ergebnis eine Vergrößerung des Astigmatismus durch die Operation.

2.8 Berechnung des operativ induzierten Hornhautastigmatismus

Der operativ induzierte Astigmatismus wurde sowohl mit der Subtraktionsmethode als auch mit der Vektormethode nach Jaffe berechnet (31, 11).

2.8.1 Berechnung mit der Subtraktionsmethode

Wie der Gesamtastigmatismus wurde auch der Hornhautastigmatismus mit der Subtraktionsmethode berechnet:

$$\text{cyl}_3 - \text{cyl}_1 = \text{cyl}_2$$

cyl_3 bezeichnet den postoperativen Zylinder, cyl_1 den präoperativen Zylinder, cyl_2 ist der gesuchte operativ induzierte Zylinder.

2.8.2 Berechnung mit der Vektormethode

Das Prinzip der Berechnung des operativ induzierten Astigmatismus mit der Vektormethode ist in Abbildung 2 dargestellt. Der Astigmatismus wird als zweidimensionale Größe aus dem Wert des Zylinders in Dioptrien und der Richtung der

Achse in Grad als Vektor dargestellt. Wir berechneten den operativ induzierten Astigmatismus mit der Vektormethode nach Jaffe und Clayman (11).

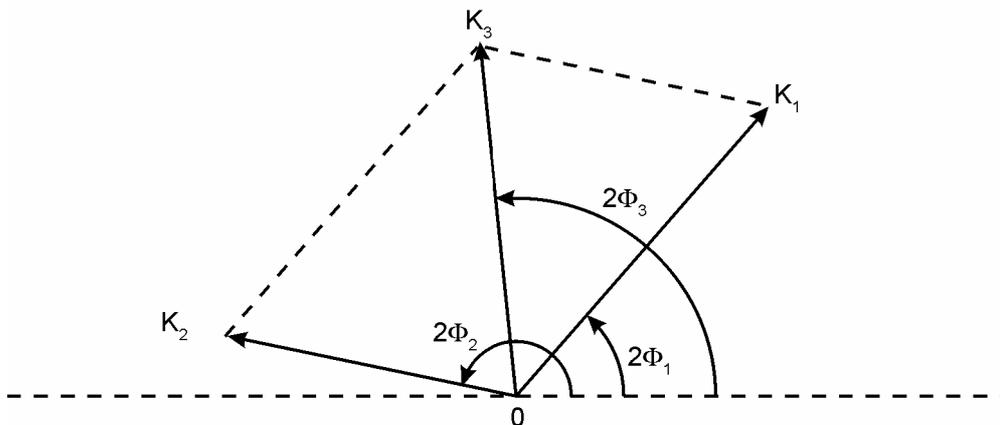


Abb. 2: Grafische Darstellung des operativ induzierten Astigmatismus mit der Vektormethode
 Aus: Jaffe, Clayman: The pathophysiology of corneal astigmatism after cataract extraction (12).
 K₁: präoperativer Astigmatismus Φ₁: präoperative Achse
 K₂: operativ induzierter Astigmatismus Φ₂: operativ induzierte Achse
 K₃: postoperativer Astigmatismus Φ₃: postoperative Achse

Für die Berechnung des induzierten Astigmatismus benötigt man die prä- und postoperativen Werte des Astigmatismus, den Zylinder (cyl) in Dioptrien und die Achse (ax) in Grad.

$$(cyl_3 \ ax_3) - (cyl_1 \ ax_1) = (cyl_2 \ ax_2)$$

Wiederum bezeichnet cyl₃ den postoperativen Zylinder, cyl₁ den präoperativen Zylinder und cyl₂ ist der gesuchte operativ induzierte Zylinder. Entsprechend verhält es sich mit der Achse.

Um die Vektorwerte X und Y zu ermitteln, wird folgendermaßen gerechnet:

$$X1 = cyl_1 \times \cos(2 \times ax_1)$$

$$Y1 = cyl_1 \times \sin(2 \times ax_1)$$

$$X3 = cyl_3 \times \cos(2 \times ax_3)$$

$$Y3 = cyl_3 \times \sin(2 \times ax_3)$$

Die gesuchte Achse wird so berechnet:

$$ax_2 = (\arctan((Y_3 - Y_1) / (X_3 - X_1))) / 2$$

Falls durch die Rechnung ein negativer Wert für ax₂ entsteht, werden 180° addiert.

Der gesuchte Zylinder wird folgendermaßen ermittelt:

$$cyl_2 = (cyl_3 \times (\cos(2 \times (ax_3 - ax_2)))) - (cyl_1 \times (\cos(2 \times (ax_1 - ax_2))))$$

2.9 Lernkurve

Für die Ermittlung einer Lernkurve teilten wir die 221 Augen in 3 Gruppen zu je 74, 74 und 73 operierten Augen auf, chronologisch nach der Zeit der Operation.

Gruppe 1: Operation Nr.1 – Operation Nr.74

Gruppe 2: Operation Nr.75 – Operation Nr.148

Gruppe 3: Operation Nr.149 – Operation Nr.221

Folgende Daten wurden zwischen den drei Gruppen verglichen:

- Anzahl der selbständig durchgeführten Operationen
- Verbrauch an Viskoelastika
- Auftreten von Komplikationen
- Visus und Visusdifferenz (postoperativ – präoperativ)
- Operativ induzierter Astigmatismus mit der Subtraktionsmethode und mit der Vektormethode

2.10 Statistische Auswertung

Die erhobenen Daten wurden in eine Tabelle des Computerprogramms Microsoft® Excel® 2000 eingegeben. Die statistische Auswertung wurde mit diesem Programm durchgeführt.

Dazu zählten:

- der Mittelwert
- die Standardabweichung
- Minimum und Maximum
- die Auswertung mit dem t-Test
- alle Diagramme

Der t-Test wurde als Test für unverbundene Stichproben angewandt (19). Verglichen wurden die Gruppen der Lernkurve. Der Test wurde als zweiseitiger Test mit heteroskedastischer Varianz durchgeführt. Das Signifikanzniveau wurde auf $p=0,05$ festgelegt. Ergab sich bei der Prüfung ein Wert von $p<0,05$, bestand ein signifikanter Unterschied.

3 Ergebnis

3.1 Patienten

Wir untersuchten 221 Augen von 195 Patienten. Davon waren 117 rechte und 104 linke Augen. Es handelte sich um 137 Frauen und 60 Männer im Alter von 23-92 Jahren. Ihr Durchschnittsalter betrug zum Zeitpunkt der Operation $73,87 \pm 11,51$ Jahre. Sie stammten aus der näheren und weiteren Umgebung von Ulm und waren die ersten aufeinanderfolgenden 221 Augen, welche von einem Operateur der Universitäts-Augenklinik Ulm operiert wurden.

Abbildung 3 zeigt die Altersverteilung der Patienten.

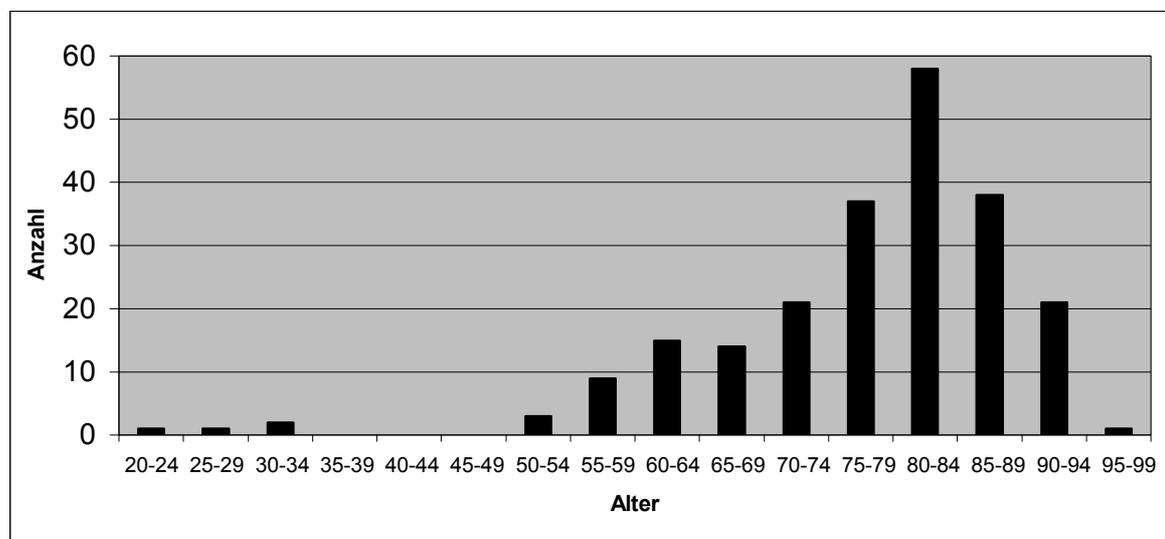


Abb. 3: Altersverteilung der 221 operierten Patienten

3.2 Operationsverlauf

3.2.1 Selbständiges Beenden der Operation

In 203 Fällen begann und beendete der Operateur die Operation selbständig. Bei den übrigen 18 Operationen zog er einen erfahreneren Operateur hinzu, der assistierte oder auch einzelne Operationsschritte durchführte. Tabelle 1 zeigt die Art der Unterstützung.

Tab. 1: Verteilung der Art der Unterstützung bei nicht-selbständigen Operationen

Art der Unterstützung	absolute Anzahl
Hilfe bei der Kapsulorhexis	2
Hilfe bei der Cortextentfernung	5
Hilfe bei der Linsenimplantation	5
nicht näher bezeichnete Assistenz	6
gesamt	18

3.2.2 Verbrauch an Viskoelastika

Im Durchschnitt brauchte der Operateur 1,26 Einheiten Healon[®] 0,55 ml pro Operation. Mindestens wurde pro Operation 1 Einheit verwendet, maximal 5 Einheiten. In 96,9% aller Fälle konnte er mit 1 oder 2 Einheiten Healon[®] auskommen. In Tabelle 2 ist der Verbrauch aufgelistet.

Tab. 2: Verteilung des Verbrauchs an Viskoelastika

Anzahl der benötigten Menge an Viskoelastikum	absolute Häufigkeit der Operationen	relative Häufigkeit der Operationen
1	173	78,3 %
2	41	18,6 %
3	5	2,3 %
4	1	0,5 %
5	1	0,5 %

3.2.3 Komplikationen

Die intraoperativ auftretenden Komplikationen sind in Tabelle 3 aufgeführt. Außer der Anzahl wurde auch noch die prozentuale Häufigkeit an allen Komplikationen sowie an allen Operationen angegeben.

Die bedeutendsten Komplikationen waren eine Ruptur der hinteren Kapsel oder eine Zonulolyse, bei denen es in insgesamt 5 Fällen zu einer Vitrektomie kam. In 2,7% aller Operationen trat eine Hinterkapselruptur auf, in 1,4% aller Operationen eine Zonulolyse. Eine Vitrektomie musste in 2,3% der Fälle durchgeführt werden.

Bei 11 Operationen kam es zu einem Einriss der vorderen Kapsel bei der Kapsulorhexis, so dass in zwei Fällen eine Vorderkammerlinse implantiert werden musste und in 4 Fällen die Hinterkammerlinse in den Sulcus ciliaris implantiert werden musste.

Zahlenmäßig bedeutsam ist das Verbleiben von Rindenresten in der Linsenkapsel, was in 4,5% aller Operationen vorkam. Während einer Operation kam es zu einer Tunnelblutung.

Tab. 3: Intraoperative Komplikationen

Art der Komplikation	Anzahl	Häufigkeit in % aller Komplikationen	Häufigkeit in % aller Operationen
Tunnelblutung	1	3,2	0,5
Verbliebene Rindenreste im Kapselsack	10	32,3	4,5
Hinterkapselruptur mit oder ohne Vitrektomie	6	19,4	2,7
- Hinterkapselruptur mit Vitrektomie	5	16,1	2,3
- Hinterkapselruptur ohne Vitrektomie	1	3,2	0,5
Implantation einer Vorderkammerlinse	2	6,5	0,9
Zonulolyse mit oder ohne Vitrektomie	3	9,7	1,4
- Zonulolyse mit Vitrektomie	1	3,2	0,5
- Zonulolyse ohne Vitrektomie	2	6,5	0,9
Einriss der Kapsulorhexis	11	35,5	5,0
- Einriss der Kapsulorhexis mit Implantation der Intraokularlinse in den Sulcus ciliaris	4	12,9	1,8
gesamt	33	100,0	14,9

3.3 Refraktion und Intraokularlinse

3.3.1 Refraktion und sphärisches Äquivalent

Die subjektive Refraktion wurde bei jedem Patienten zu maximal drei verschiedenen Zeitpunkten gemessen – präoperativ, früh postoperativ und spät postoperativ. Jedesmal wurde das sphärische Äquivalent berechnet.

Das präoperative sphärische Äquivalent wurde bei 207 Augen berechnet. Durchschnittlich betrug es $-1,12 \text{ dpt} \pm 3,55 \text{ dpt}$. Abbildung 4 zeigt die Verteilung der präoperativen sphärischen Äquivalenzen.

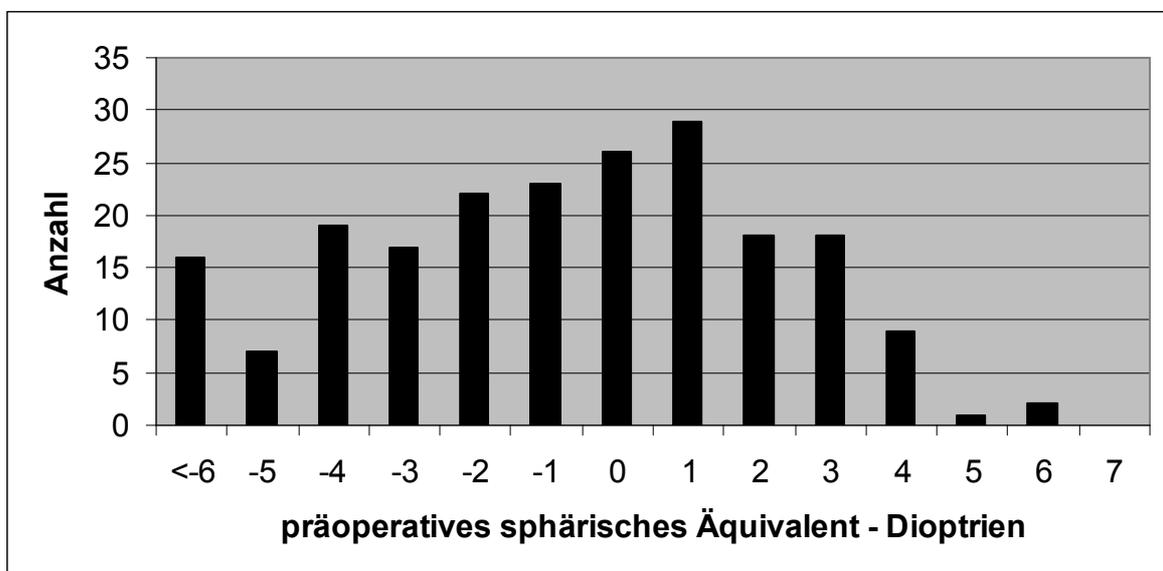


Abb. 4: Verteilung der präoperativen sphärischen Äquivalenzen (207 Augen)

Das früh postoperative sphärische Äquivalent wurde bei 208 Augen gemessen und berechnet. Abbildung 5 zeigt diese Verteilung. Durchschnittlich lag das früh postoperative sphärische Äquivalent bei $0,04 \text{ dpt} \pm 1,18 \text{ dpt}$.

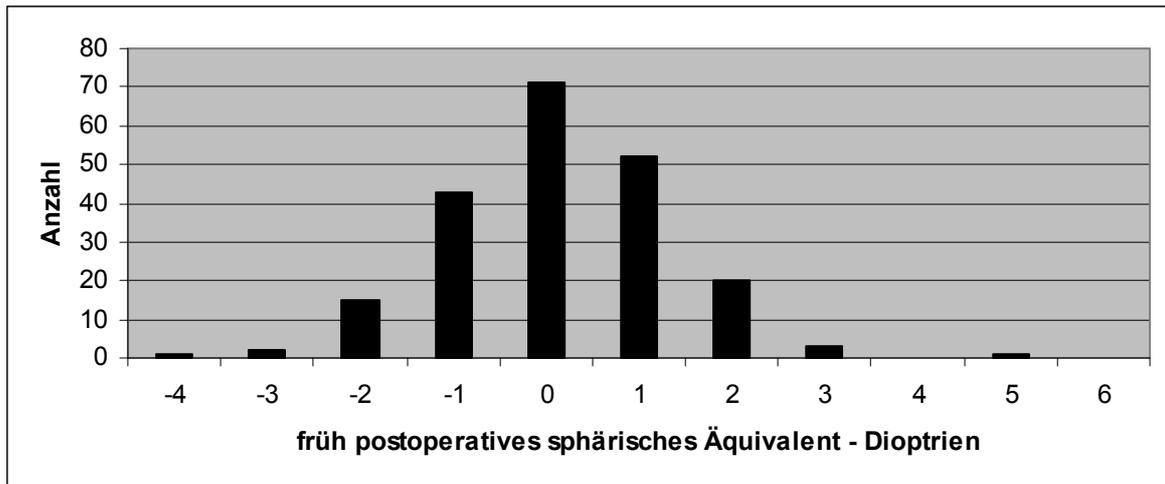


Abb. 5: Verteilung der früh postoperativen sphärischen Äquivalenzen (208 Augen)

Spät postoperativ wurde die Refraktion bei 118 Augen gemessen. Das durchschnittliche sphärische Äquivalent lag bei $0,11 \text{ dpt} \pm 1,09 \text{ dpt}$. Abbildung 6 zeigt die Verteilung der spät postoperativen Äquivalenzen.

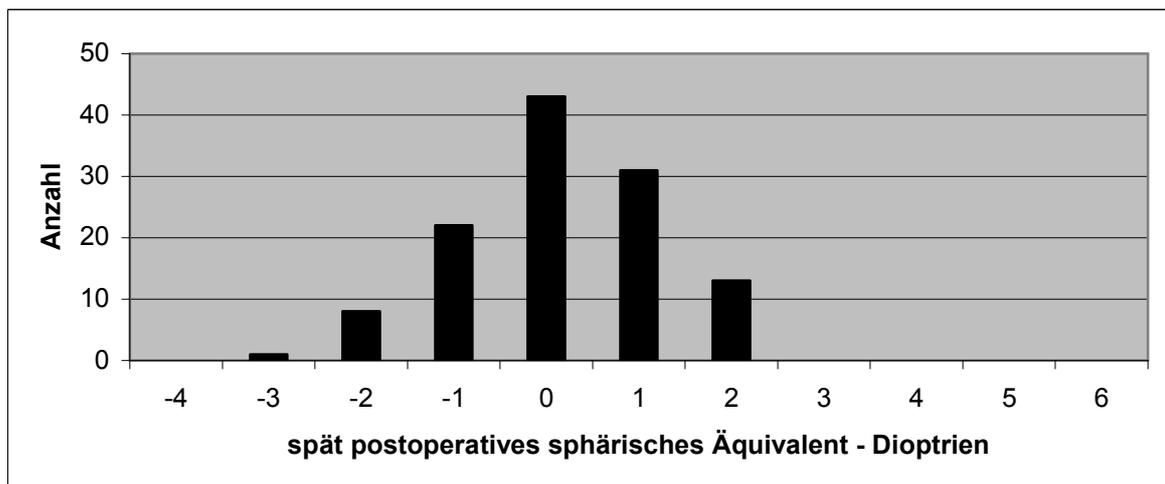


Abb. 6: Verteilung der spät postoperativen sphärischen Äquivalenzen (118 Augen)

Um die optimale postoperative Refraktion zu erhalten, wurde für jedes Auge die Stärke der Intraokularlinse mittels Biometrie bestimmt. Der Operateur legte die Zielrefraktion fest. Die Zielrefraktion wurde im leicht myopen Bereich angesetzt, durchschnittlich bei $-0,64 \text{ dpt} \pm 0,42 \text{ dpt}$.

Für die frühe und die späte postoperative Situation wurde die Differenz des sphärischen Äquivalents zur Zielrefraktion berechnet. Diese Differenz betrug früh postoperativ durchschnittlich $0,68 \text{ dpt} \pm 1,13 \text{ dpt}$, gemessen bei 208 Augen. Spät postoperativ betrug sie durchschnittlich $0,75 \text{ dpt} \pm 1,06 \text{ dpt}$, gemessen bei 118 Augen. Abbildungen 7 und 8 zeigen die Verteilung dieser Differenzen früh und spät postoperativ.

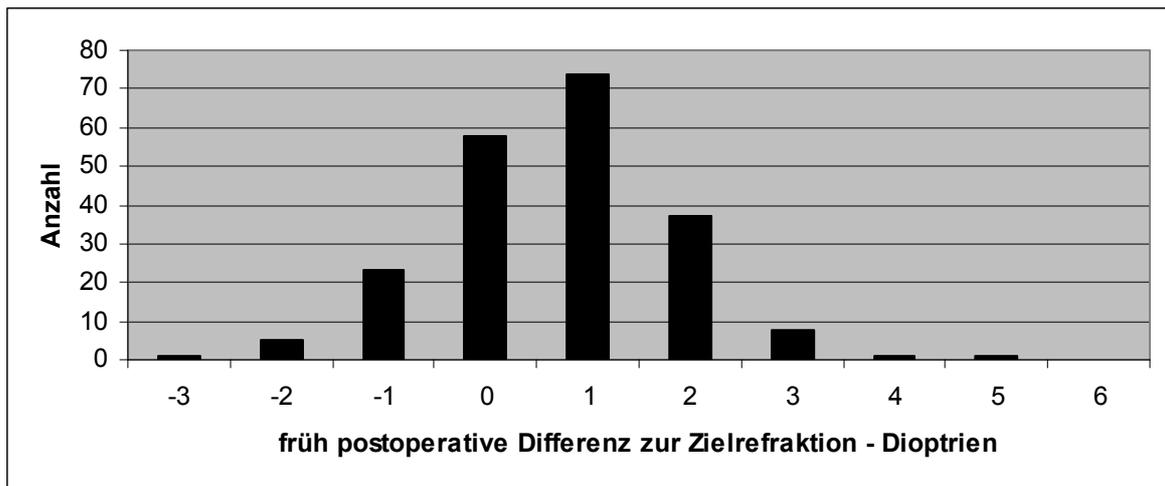


Abb. 7: Verteilung der Refraktionsdifferenz: Zielrefraktion – früh postoperatives sphärisches Äquivalent

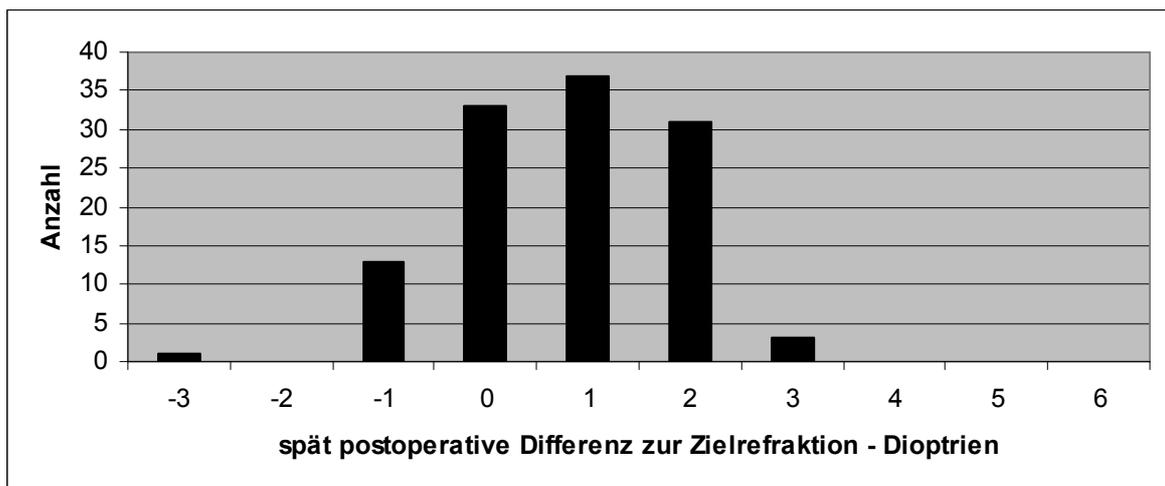


Abb. 8: Verteilung der Refraktionsdifferenz: Zielrefraktion – spät postoperatives sphärisches Äquivalent

3.3.2 Gesamtastigmatismus

Bei der Messung der Refraktion wurde auch der Gesamtastigmatismus des Auges gemessen. Die Werte des Astigmatismus sind in Abbildung 9 – 11 dargestellt.

Der durchschnittliche präoperative Astigmatismus lag bei $0,90 \text{ dpt} \pm 0,84 \text{ dpt}$, gemessen bei 207 Augen. Der frühe postoperative Astigmatismus betrug $1,38 \text{ dpt} \pm 0,99 \text{ dpt}$, gemessen bei 208 Augen. Der späte postoperative Astigmatismus lag durchschnittlich bei $1,30 \text{ dpt} \pm 0,89 \text{ dpt}$, gemessen bei 118 Augen.

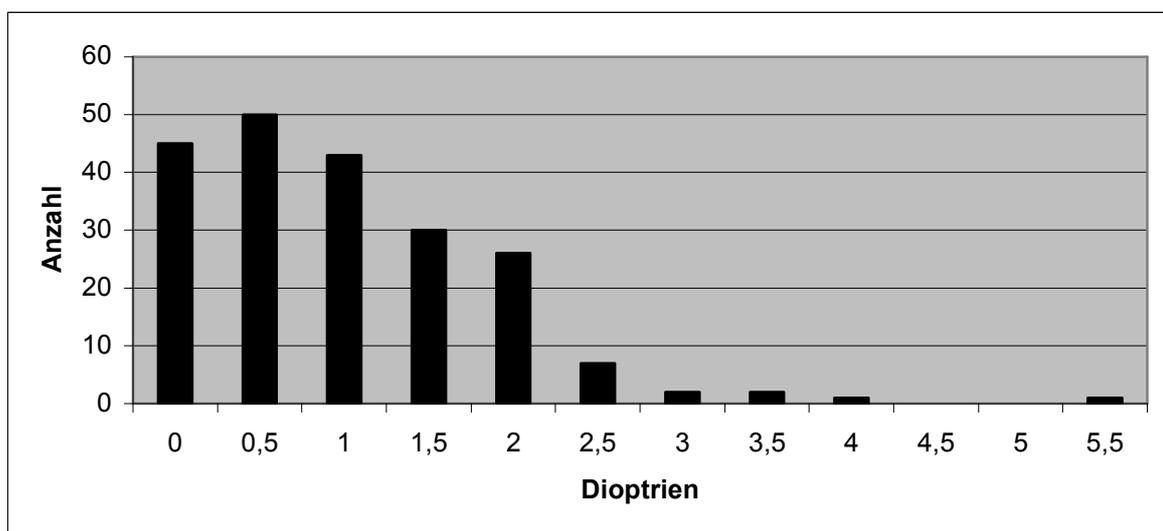


Abb. 9: Präoperativer Gesamtastigmatismus (207 Augen)

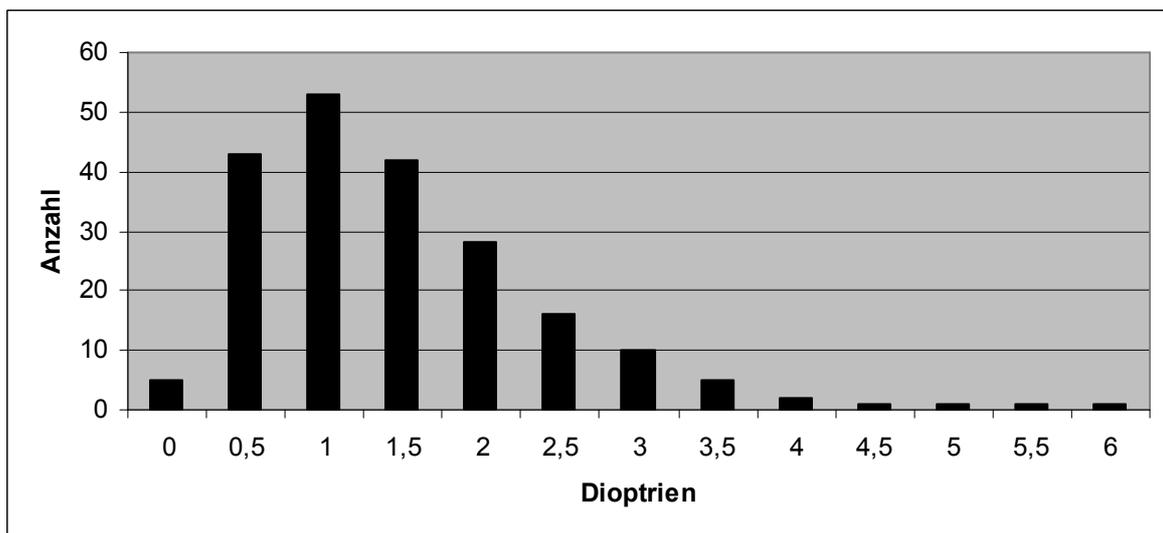


Abb. 10: Früh postoperativer Gesamtastigmatismus (208 Augen)

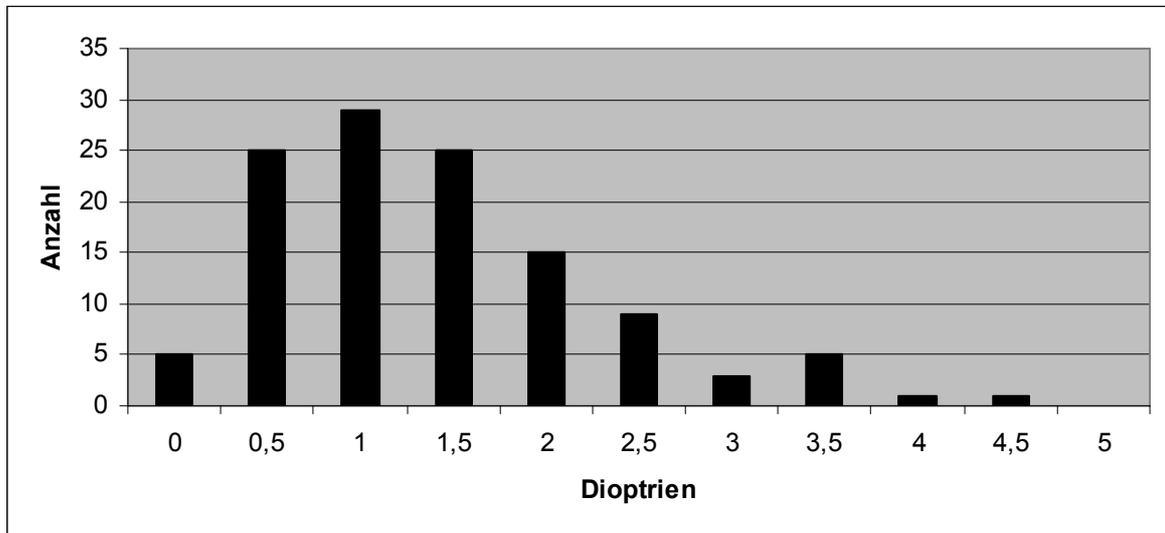


Abb. 11: Spät postoperativer Gesamtastigmatismus (118 Augen)

3.3.3 Operativ induzierter Gesamtastigmatismus

Die Veränderung des Gesamtastigmatismus durch die Operation wurde mit der Subtraktionsmethode ermittelt.

Die Differenz zwischen dem früh postoperativen und dem präoperativen Gesamtastigmatismus wurde bei 196 Augen berechnet und betrug durchschnittlich 0,48 dpt \pm 1,08 dpt. Abbildung 12 zeigt die Ergebnisse. Werte über 0 bezeichnen eine Zunahme, Werte unter 0 eine Abnahme des Astigmatismus durch die Operation.

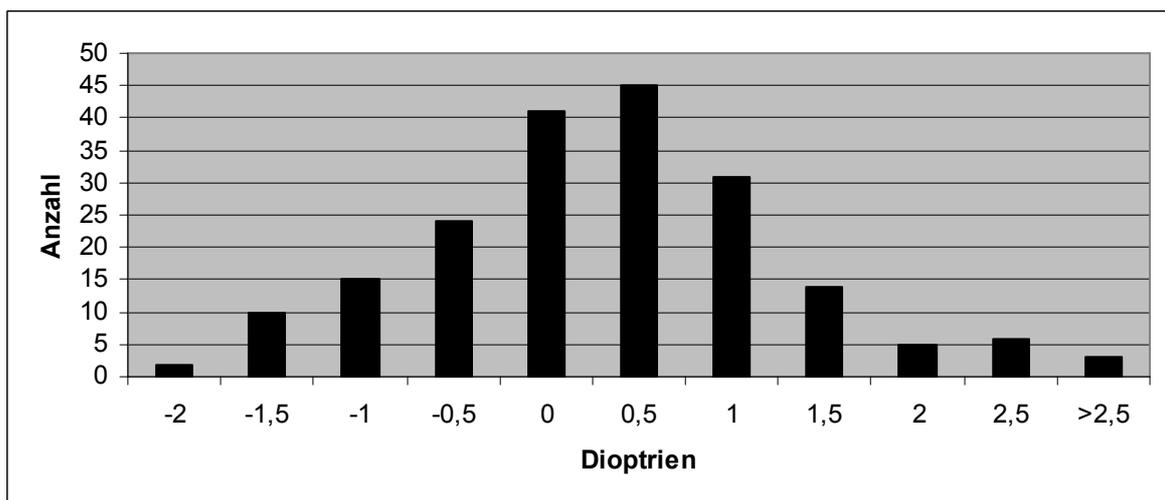


Abb. 12: Differenz des Gesamtastigmatismus früh postoperativ – präoperativ (196 Augen)

Die Differenz des Gesamtastigmatismus spät postoperativ – präoperativ wurde bei 113 Augen gemessen. Durchschnittlich betrug sie $0,38 \text{ dpt} \pm 0,89 \text{ dpt}$. Die Ergebnisse sind in Abbildung 13 dargestellt.

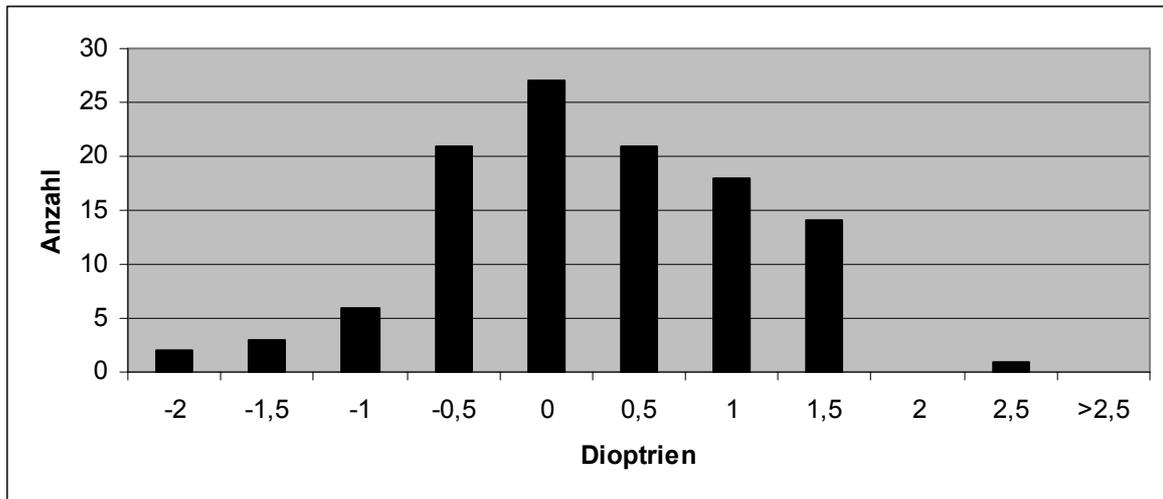


Abb. 13: Differenz des Gesamtastigmatismus spät postoperativ – präoperativ (113 Augen)

3.3.4 Intraokularlinse

Implantiert wurden 119 Hinterkammerlinsen und 2 Vorderkammerlinsen. Von den 119 Hinterkammerlinsen wurden 4 Linsen im Sulcus ciliaris fixiert. Tabelle 4 zeigt die Verteilung der einzelnen Linsentypen.

Tab. 4: Verwendete Linsentypen

Linsentyp	Anzahl
722A	15
722C	3
757C	1
811B	152
811C	1
88Ti	13
SIFLEX 4	19
SIFLEX 8	14
Staar	1
adato med Vorderkammerlinse 23 A	2

Die Darstellung der Refraktionswerte der Linsen ergab eine Streuung um 22 dpt mit einem Minimum von 5 dpt und einem Maximum von 26,5 dpt. Abbildung 14 zeigt die Verteilung der Werte der Linsenbrechkraft.

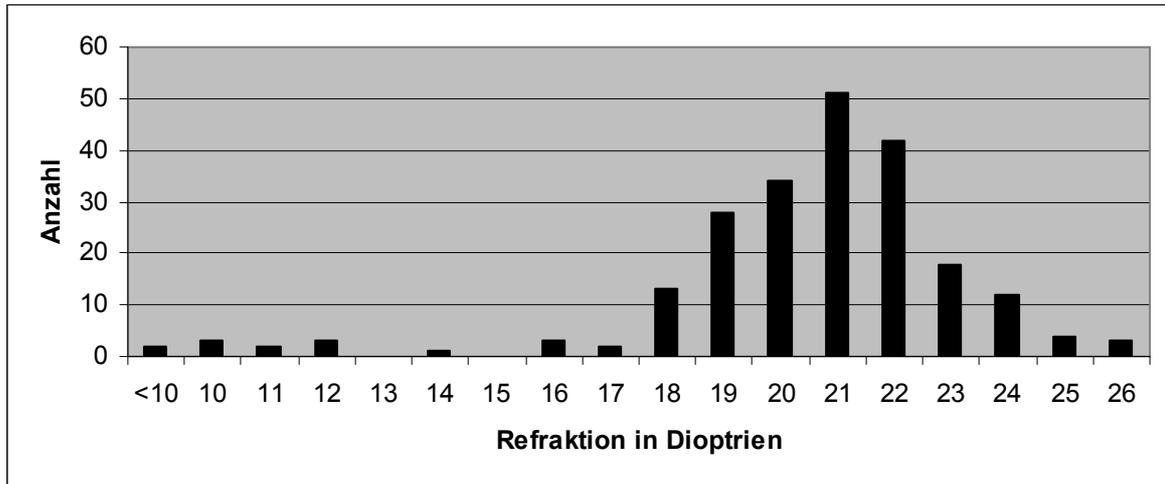


Abb. 14: Verteilung der Brechkraftwerte der 221 Intraokularlinsen

3.4 Visus

3.4.1 Visusergebnisse

Bei 221 Augen wurde präoperativ der Visus gemessen. Er betrug durchschnittlich $0,25 \pm 0,14$. Keiner der operierten Patienten hatte einen präoperativen Visus von mehr als 0,6. Der niedrigste präoperative Visus lag bei „Lichtschein und Projektion werden erkannt“. Abbildung 15 zeigt die Verteilung des präoperativen Visus.

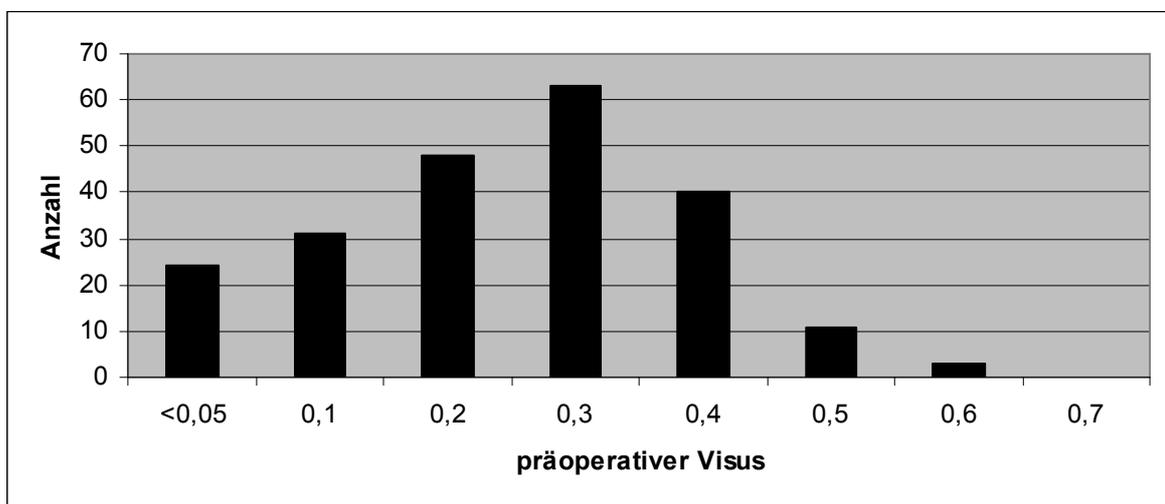


Abb. 15: Verteilung des präoperativen Visus (221 Augen)

Bei 220 Augen wurde postoperativ der Visus gemessen. Er betrug durchschnittlich $0,49 \pm 0,23$. Der kleinste Wert lag bei „Fingerzählen möglich“, der größte bei 1. Abbildung 16 zeigt die Verteilung des frühen postoperativen Visus.

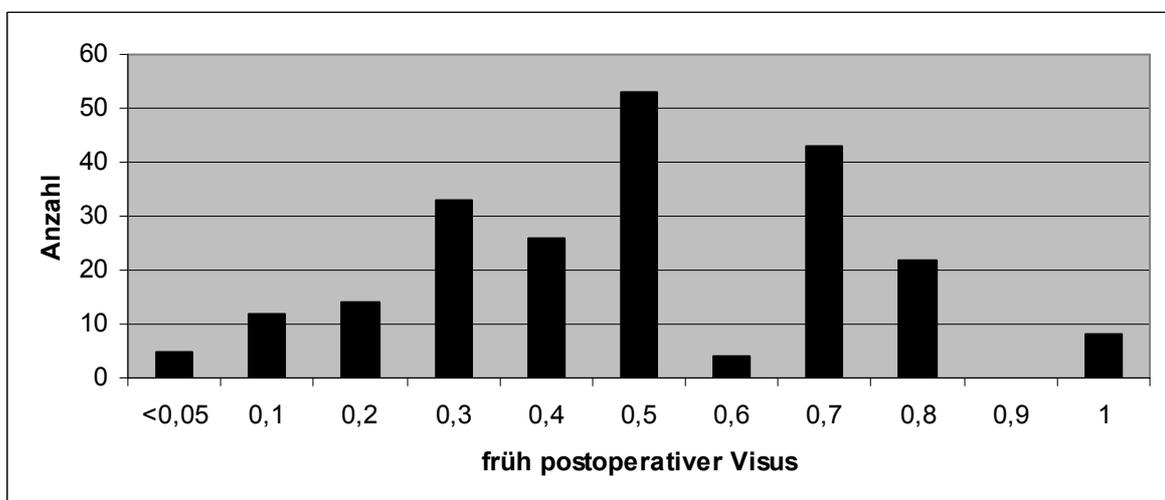


Abb. 16: Verteilung des früh postoperativen Visus (220 Augen)

In Abbildung 17 sind der prä- und der postoperative Visus jedes Auges gegeneinander aufgetragen. Bei den meisten Patienten konnte eine Visusverbesserung bereits kurz nach der Operation festgestellt werden. Bei 32 Patienten änderte sich der Visus direkt postoperativ nicht. Bei 8 Patienten verschlechterte er sich.

Punkte oberhalb der eingezeichneten Diagonalen stellen eine Verbesserung des Visus dar, Punkte unterhalb der Diagonalen eine Verschlechterung. Bei Punkten auf der Diagonalen änderte sich der Visus prä- zu postoperativ nicht.

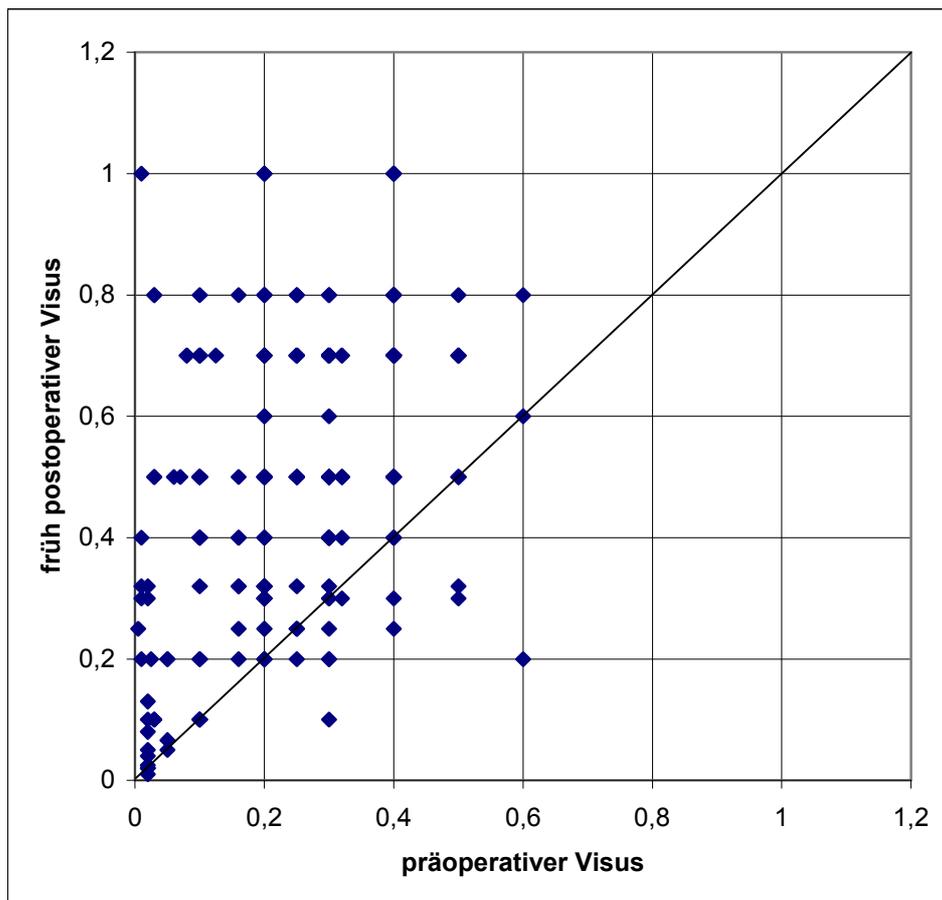


Abb. 17: Streudiagramm: präoperativer und früher postoperativer Visus (220 Augen)

Für jedes Auge wurde die Visusverbesserung berechnet. Sie betrug durchschnittlich $0,25 \pm 0,22$. Abbildung 18 zeigt die Verteilung der Visusdifferenzen.

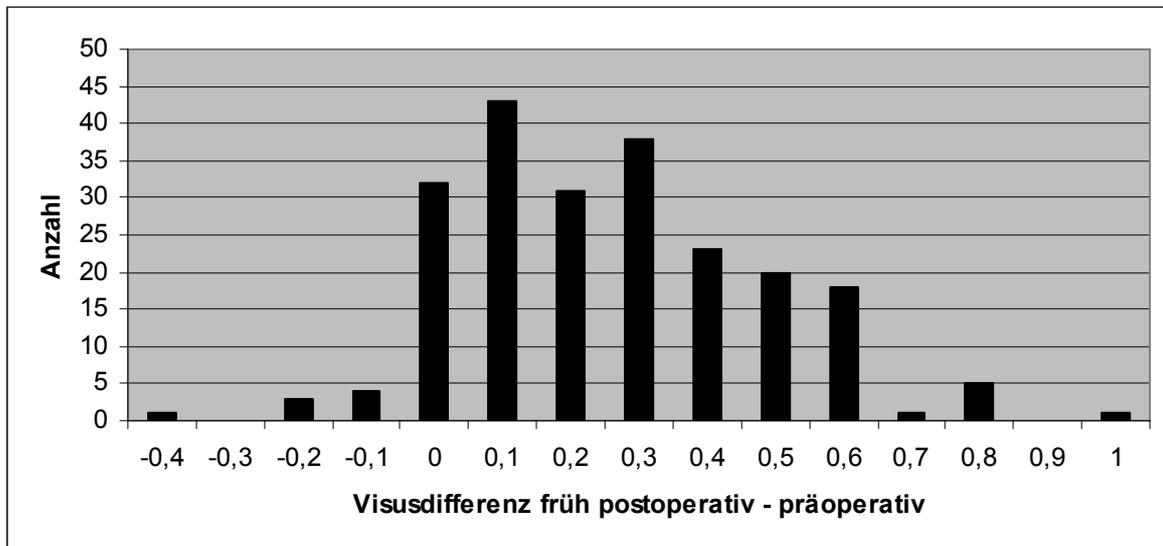


Abb. 18: Verteilung der Visusdifferenzen: früh postoperativ - präoperativ (220 Augen)

Bei 121 Augen wurde mindestens 3 Monate postoperativ erneut der Visus gemessen. Er betrug durchschnittlich $0,73 \pm 0,31$. Der niedrigste Wert des spät postoperativen Visus lag bei „Lichtschein, intakte Projektion“, der höchste bei 1,2. 78,5% der untersuchten Augen wiesen einen Visus von 0,5 oder besser auf. Abbildung 19 zeigt die Verteilung des spät postoperativen Visus.

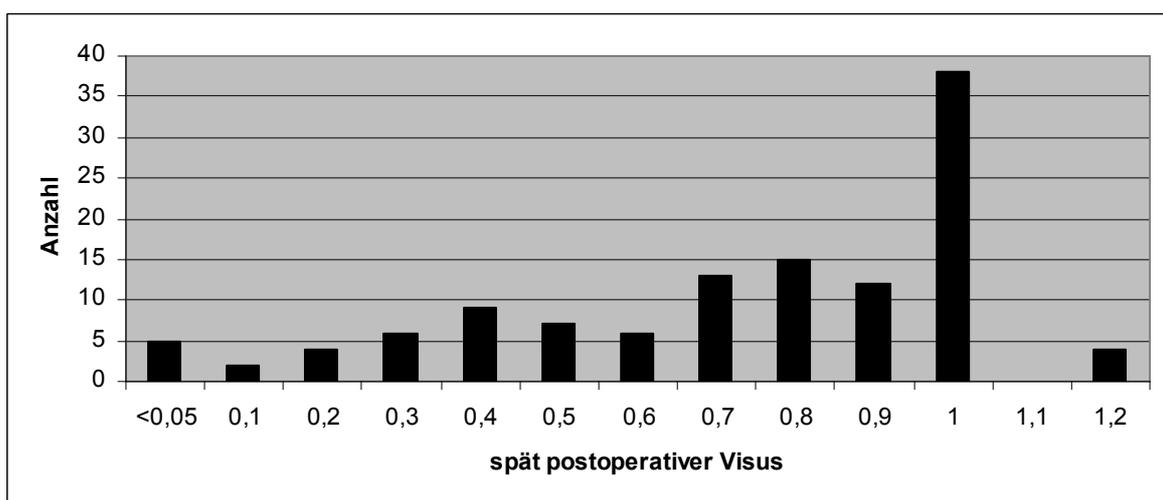


Abb. 19: Verteilung des spät postoperativen Visus (121 Augen)

Die präoperativen und die spät postoperativen Visuswerte wurden für jedes Auge zusammengestellt und in Abbildung 20 dargestellt.

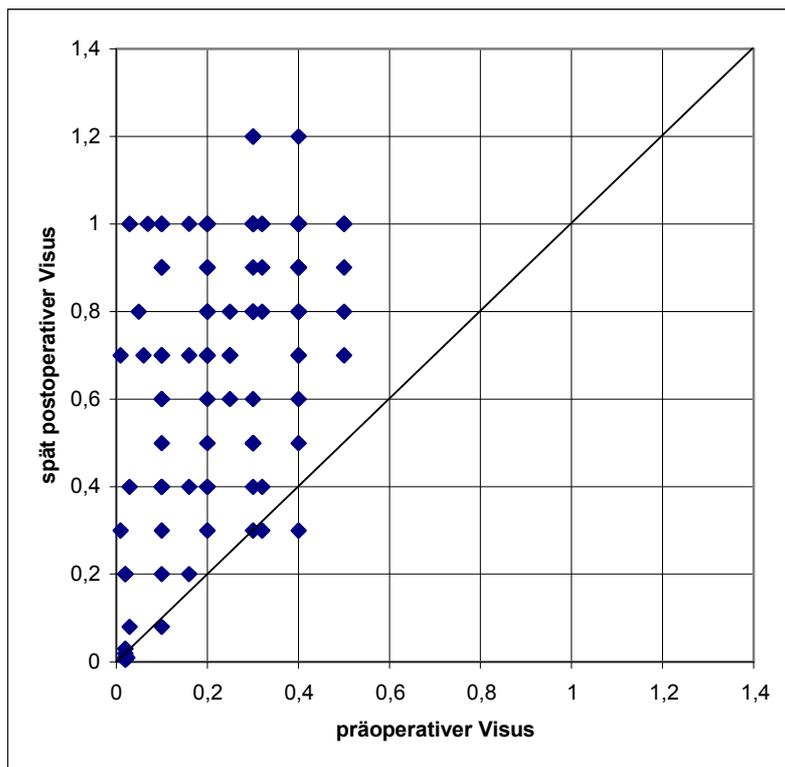


Abb. 20: Streudiagramm: präoperativer und spät postoperativer Visus (220 Augen)

Für jedes der 121 Augen wurde wiederum die Visusdifferenz zur präoperativen Situation berechnet. Sie betrug durchschnittlich $0,48 \pm 0,27$. In einem Fall konnte keine Verbesserung, sondern eine Verschlechterung festgestellt werden. In 9 Fällen konnte ebenfalls keine Verbesserung erreicht werden, der Visus blieb im Vergleich zur präoperativen Situation gleich. Die Verteilung ist in Abbildung 21 dargestellt.

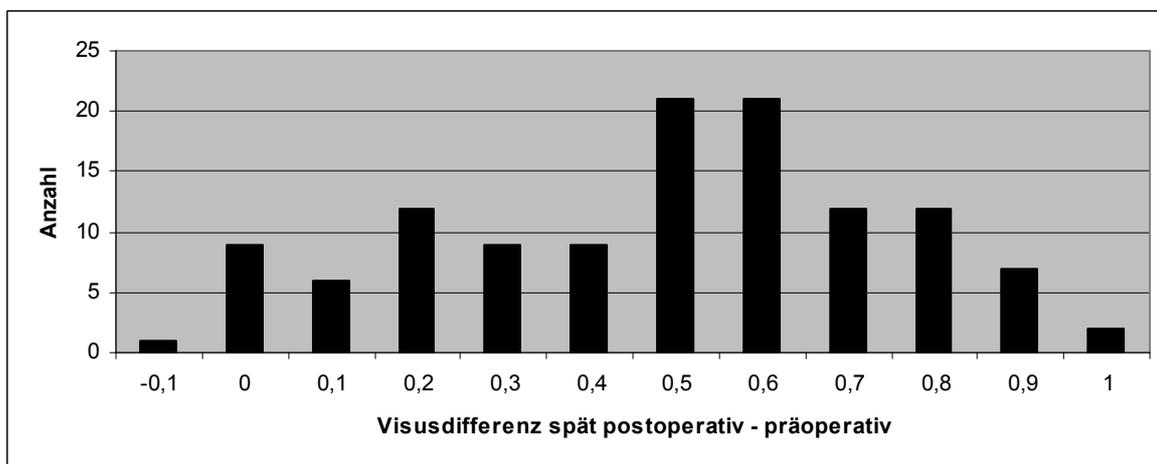


Abb. 21: Verteilung der Visusdifferenzen: spät postoperativ - präoperativ (121 Augen)

Außerdem wurden für 120 Augen die Visuswerte früh und spät postoperativ miteinander verglichen. Bei einem Auge der spät postoperativen Untersuchung lag kein früher postoperativer Visuswert vor. Abbildung 22 zeigt das entsprechende Streudiagramm.

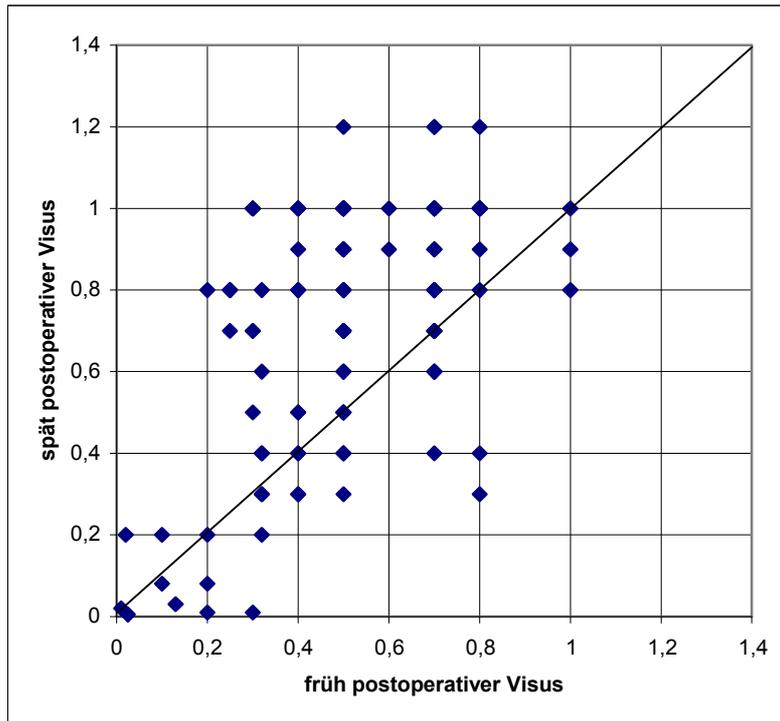


Abb. 22: Streudiagramm: früh postoperativer und spät postoperativer Visus (220 Augen)

Die Visusdifferenz betrug durchschnittlich $0,21 \pm 0,26$. In 38 Fällen gab es keine Verbesserung zum frühen postoperativen Wert, in 19 Fällen musste eine Verschlechterung festgestellt werden. Abbildung 23 zeigt die Verteilung der errechneten Visusdifferenzen.

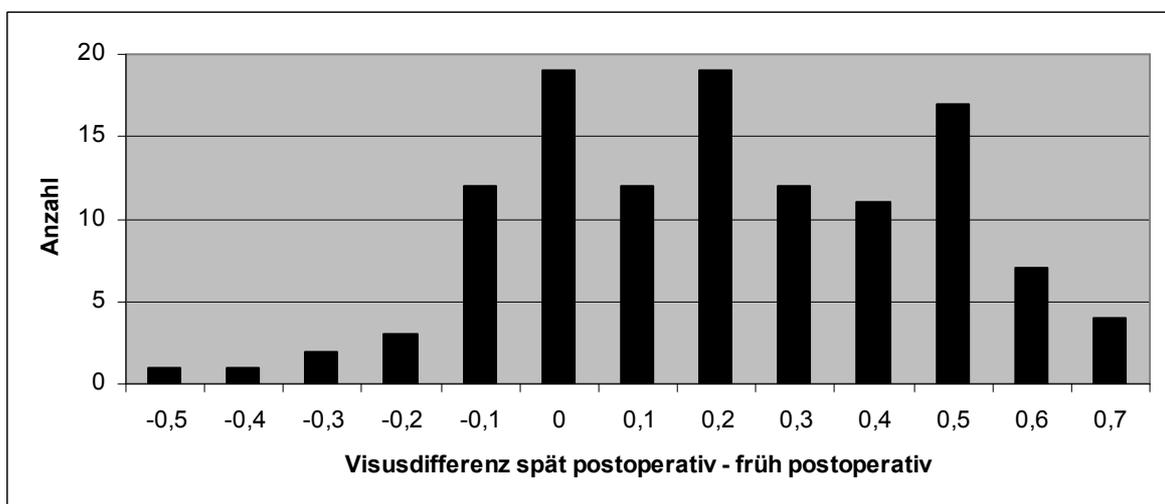


Abb. 23: Verteilung der Visusdifferenzen: spät postoperativ – früh postoperativ (120 Augen)

3.4.2 Visus und Vorerkrankungen

Bei 47 Augen bestand zum Zeitpunkt der Operation eine okuläre Vorerkrankung. Die häufigsten Vorerkrankungen waren altersbezogene Makuladegeneration, diabetische Retinopathie, Myopie und Glaukom. Tabelle 5 zeigt die Verteilung der okulären Erkrankungen.

Tab. 5: Okuläre Vorerkrankungen

Art der Erkrankung	absolute Häufigkeit	relative Häufigkeit in % aller Augen
Diabetische Retinopathie	11	5,0
Altersbezogene Makuladegeneration	11	5,0
Myopie	7	3,2
Glaukom	6	2,7
Pseudoexfoliatio lentis	4	1,8
Amblyopie	2	0,9
Zustand nach Chorioretinitis	1	0,5
Glaskörperblutung	1	0,5
Aderhautnävus	1	0,5
Zustand nach Trauma	1	0,5
Akute ischämische Optikoneuropathie	1	0,5
epiretinale Gliose	1	0,5
gesamt	47	21,3

Bei einem postoperativen Visus $<0,5$ wurde das Vorhandensein einer okulären Zusatzerkrankung ermittelt. Tabelle 6 zeigt diese Verteilung. Von den 90 Augen mit einem früh postoperativen Visus von $<0,5$ war der Anteil an Augen mit Vorerkrankungen 34,4%. Von den 25 Augen mit einem spät postoperativem Visus $<0,5$ betrug der relative Anteil 44,0%.

Tab. 6: Okuläre Vorerkrankungen bei Patienten mit schlechtem Visus bzw. bei allen Patienten

	Anzahl	absoluter Anteil der Augen mit okulären Vorerkrankungen	relativer Anteil der Augen mit okulären Vorerkrankungen
alle Augen	221	47	21,3 %
Augen mit früh postoperativem Visus $<0,5$	90	31	34,4 %
Augen mit spät postoperativem Visus $<0,5$	25	11	44,0 %

Die Art der okulären Vorerkrankung und ihre Häufigkeit bei allen Augen mit einem spät postoperativen Visus $<0,5$ ist in Tabelle 7 aufgelistet.

Tab. 7: Häufigkeit der okulären Vorerkrankungen bei spät postoperativen Visus $<0,5$

Art der okulären Vorerkrankung	Anzahl
Diabetes	3
Glaukom	2
Amblyopie	2
Myopie	2
Zustand nach Trauma	1
Altersbezogene Makuladegeneration	1
gesamt	11

3.5 Hornhautastigmatismus

3.5.1 Astigmatismusergebnisse

Bei 219 Augen wurde präoperativ der Astigmatismus gemessen. Er betrug durchschnittlich 1,03 dpt bei 95 Grad. Abbildung 24 zeigt die gemessenen Werte des präoperativen Astigmatismus.

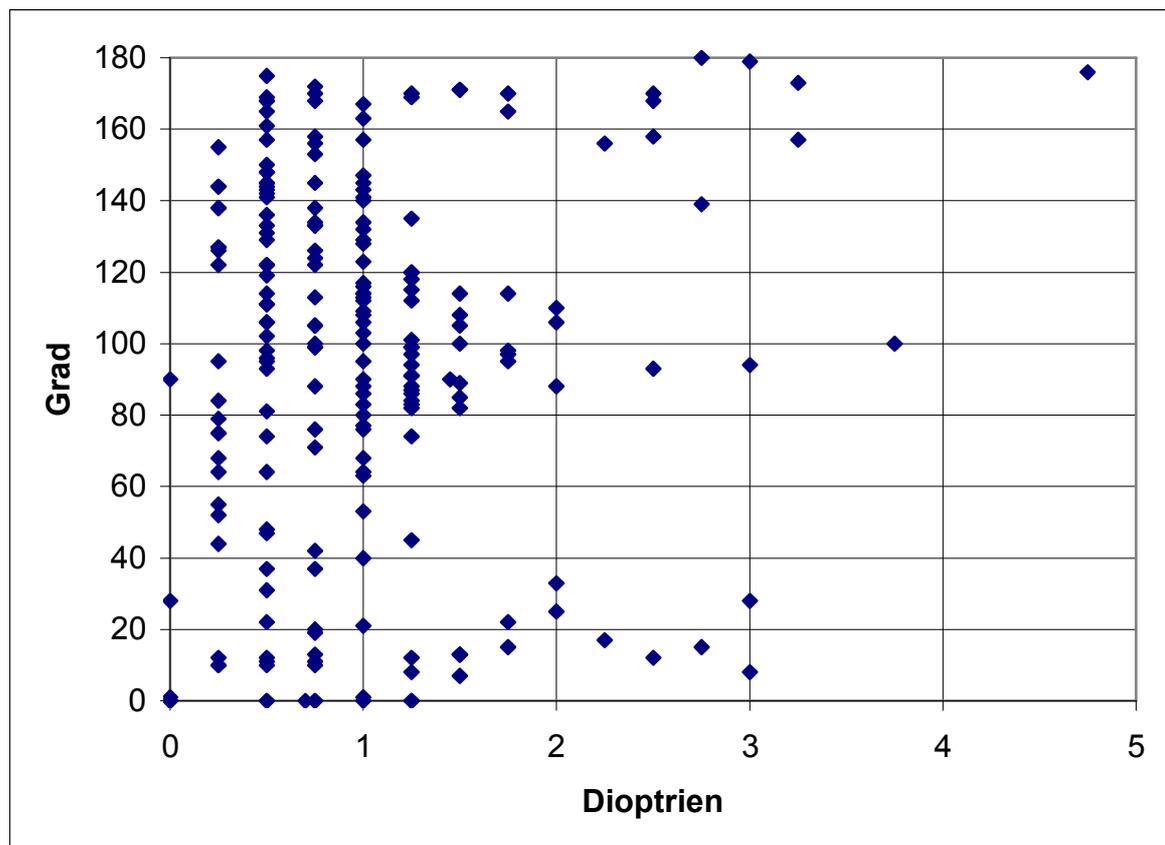


Abb. 24: Präoperativer Astigmatismus (219 Augen)

Bei 166 Augen wurde 1-13 Tage postoperativ erneut der Astigmatismus gemessen. Er betrug durchschnittlich 1,62 dpt bei 114 Grad. Abbildung 25 zeigt diese Werte.

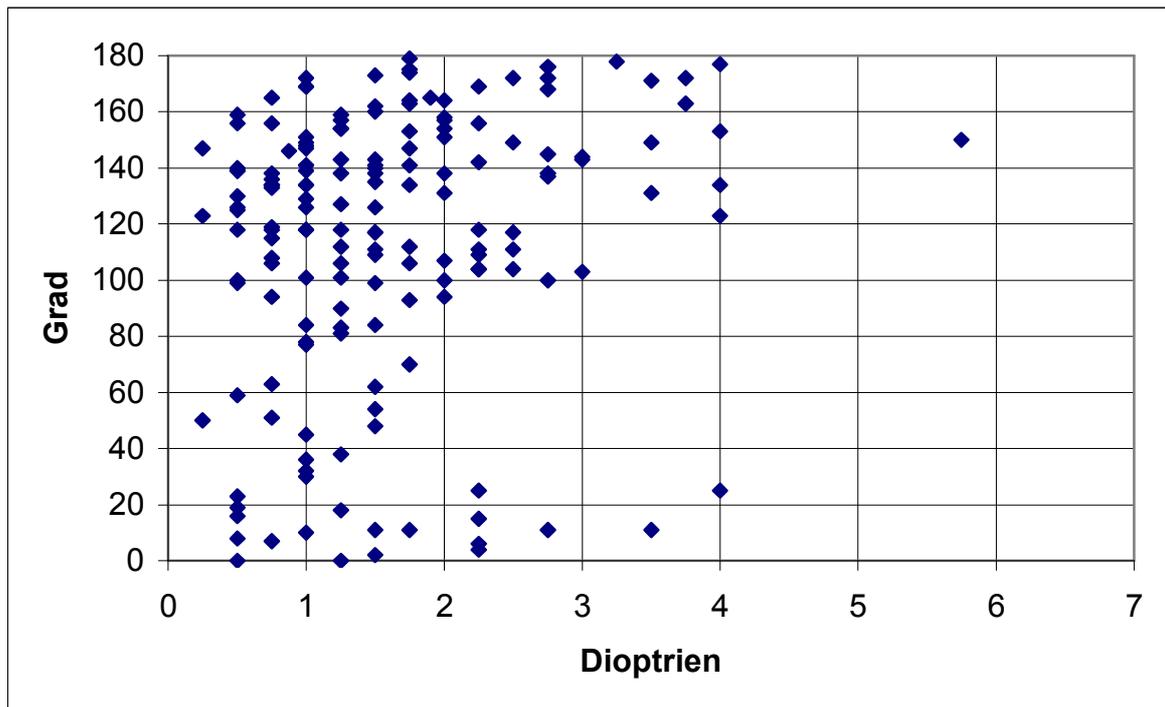


Abb. 25: Früh postoperativer Astigmatismus (166 Augen)

Bei 121 Augen wurde mindestens 3 Monate postoperativ der Astigmatismus gemessen. Im Durchschnitt betrug er 1,42 dpt bei 108 Grad. Abbildung 26 zeigt diese Werte.

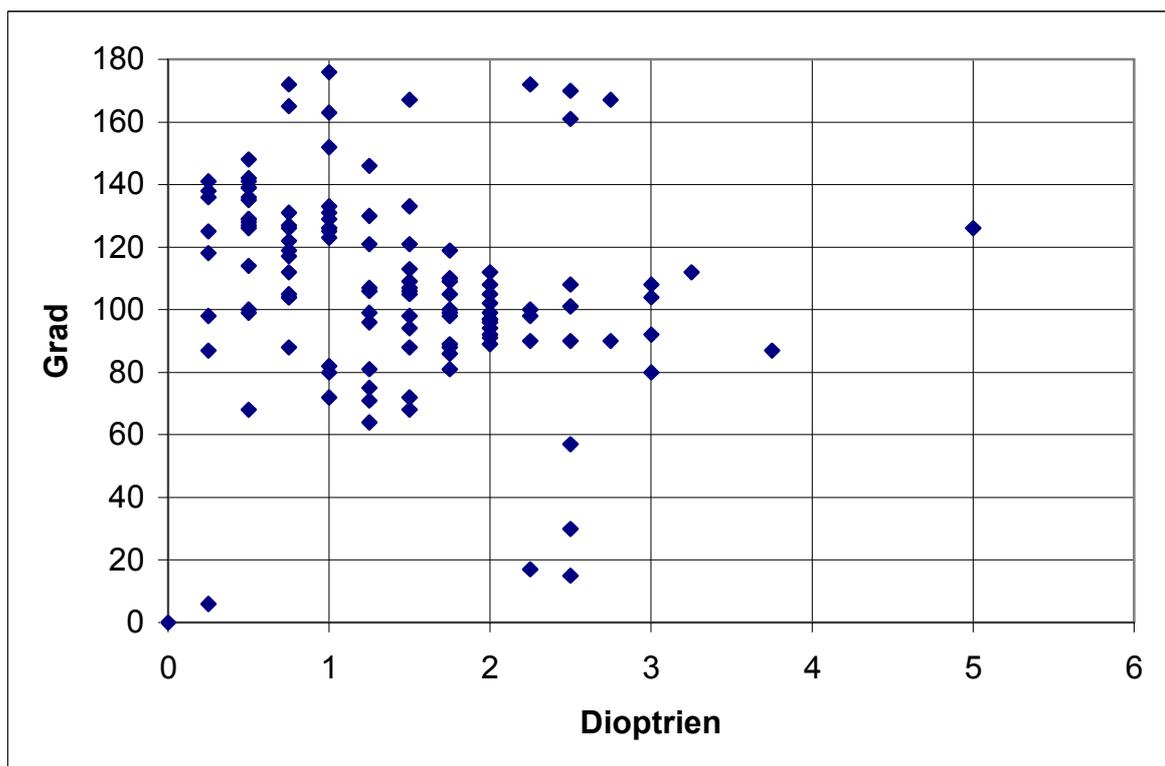


Abb. 26: Spät postoperativer Astigmatismus (121 Augen)

3.5.2 Operativ induzierter Astigmatismus – Berechnung mit der Subtraktionsmethode

Mittels der Subtraktionsmethode wurde die Beziehung zwischen dem postoperativen und dem präoperativen Astigmatismus ermittelt.

Der frühe operativ induzierte Astigmatismus betrug nach dieser Methode durchschnittlich $0,59 \text{ dpt} \pm 1,00 \text{ dpt}$, gemessen bei 164 Augen. Der späte operativ induzierte Astigmatismus betrug $0,37 \text{ dpt} \pm 0,87 \text{ dpt}$, gemessen bei 121 Augen. Abbildung 27 und 28 zeigen die Verteilung der Werte des operativ induzierten Astigmatismus für die frühe und die späte postoperative Situation. Bei Werten <0 kam es zu einer Verringerung des Astigmatismus, bei Werten >0 kam es zu einer Vergrößerung des Astigmatismus.

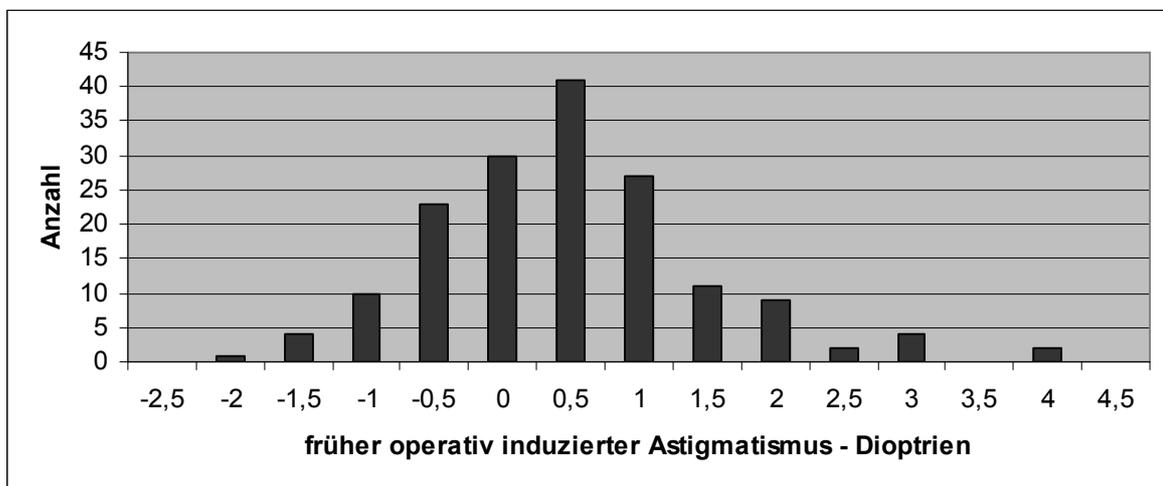


Abb. 27: Verteilung des frühen operativ induzierten Astigmatismus, berechnet mit der Subtraktionsmethode (164 Augen)

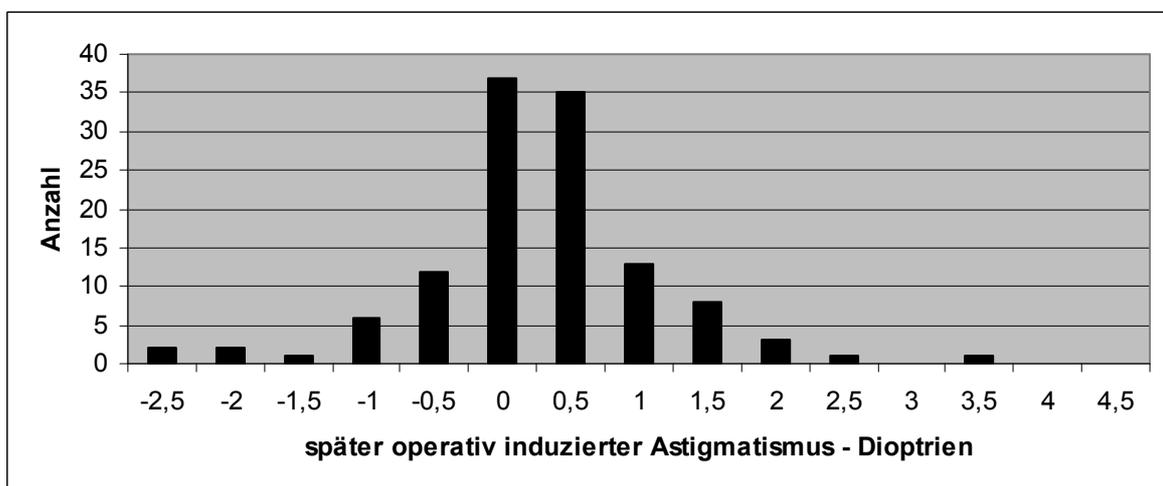


Abb. 28: Verteilung des späten operativ induzierten Astigmatismus, berechnet mit der Subtraktionsmethode (121 Augen)

3.5.3 Operativ induzierter Astigmatismus – Berechnung mit der Vektormethode

Der frühe operativ induzierte Astigmatismus wurde für 164 Augen mit der Vektormethode berechnet. Im Durchschnitt betrug er $1,43 \text{ dpt} \pm 0,86 \text{ dpt}$ bei $105 \pm 55 \text{ Grad}$. In Abbildung 29 sind die berechneten Werte dargestellt.

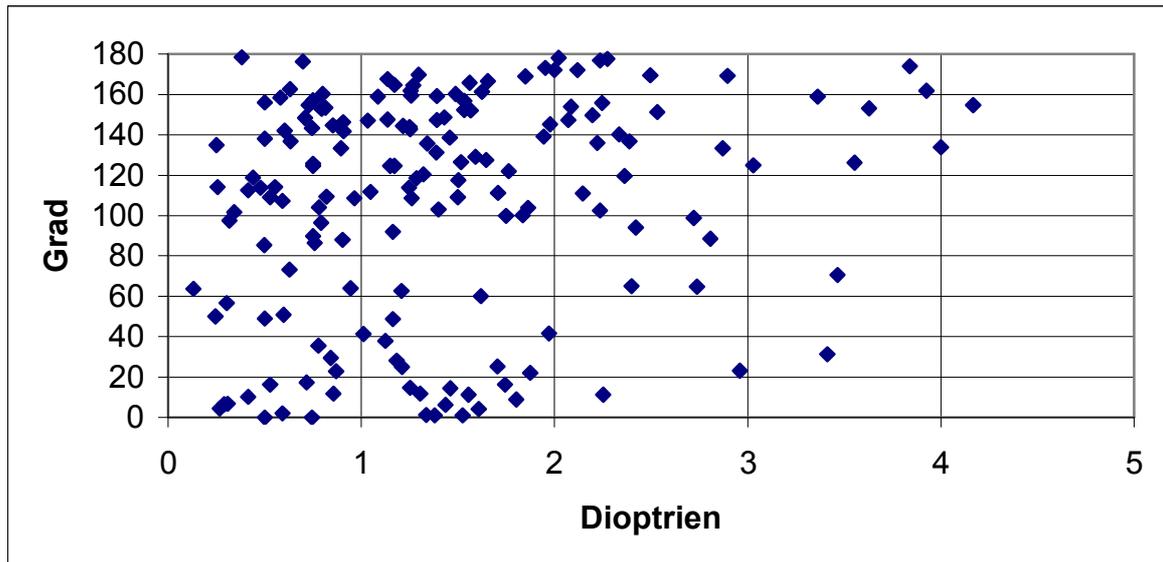


Abb. 29: Früher operativ induzierter Astigmatismus, berechnet mit der Vektormethode (164 Augen)

Der späte operativ induzierte Astigmatismus für 120 Augen wurde berechnet. Er betrug durchschnittlich $1,23 \text{ dpt} \pm 0,87 \text{ dpt}$ und lag im Durchschnitt bei $102 \text{ Grad} \pm 31 \text{ Grad}$. In Abbildung 30 sind die berechneten Werte dargestellt.

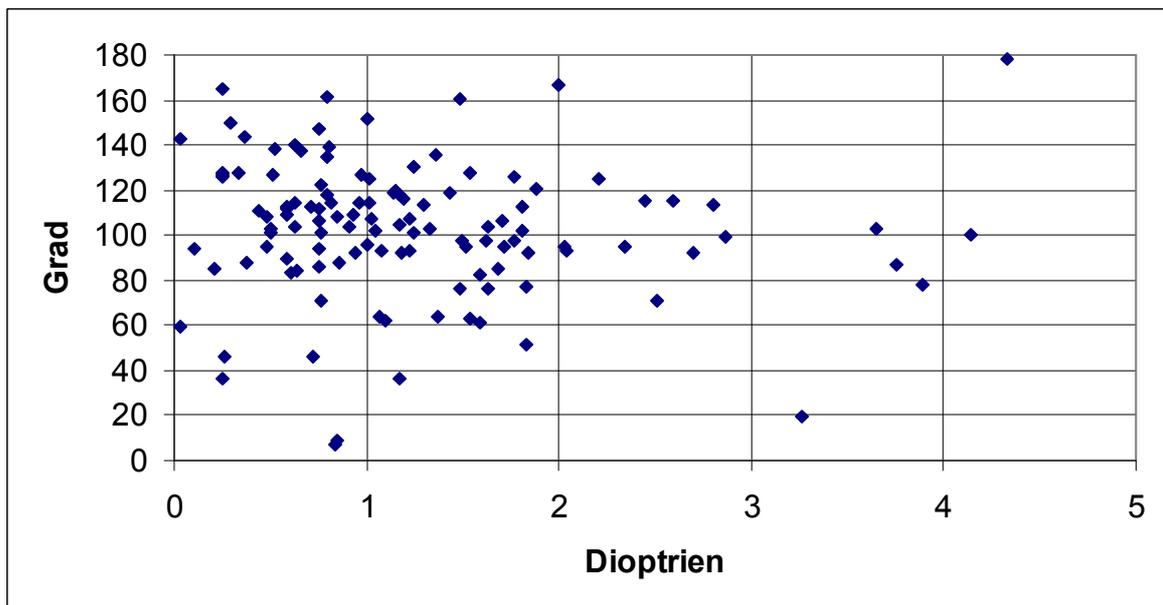


Abb. 30: Später operativ induzierter Astigmatismus, berechnet mit der Vektormethode (120 Augen)

3.6 Subjektive Operationsergebnisse

3.6.1 Ergebnisse des Fragebogens

Befragt wurden die Patienten bei der mindestens drei Monate postoperativen Untersuchung. Patienten, deren beide Augen operiert wurden, wurden für jedes Auge getrennt befragt. Es liegen 119 beantwortete Fragebögen vor. In den Abbildungen 31 - 40 sind die Antworten der Patienten auf die Fragen des Fragebogens zusammengefasst.

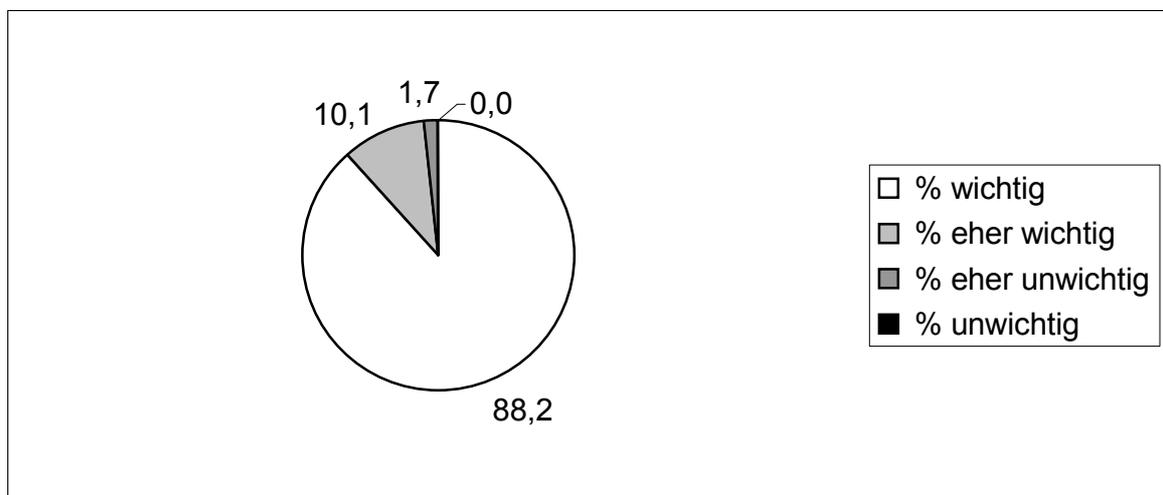


Abb. 31: Verteilung der Antworten auf die Frage: Wie wichtig fanden Sie die Aufklärung über den Eingriff und dessen mögliche Komplikationen?

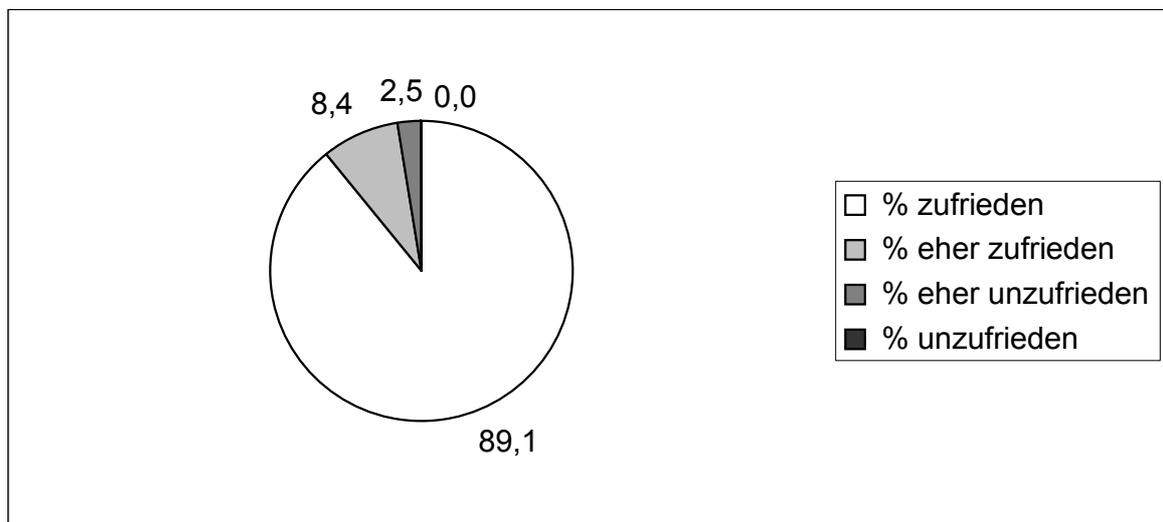


Abb. 32: Verteilung der Antworten auf die Frage: Wie zufrieden waren Sie mit der Aufklärung über den Eingriff und dessen mögliche Komplikationen?

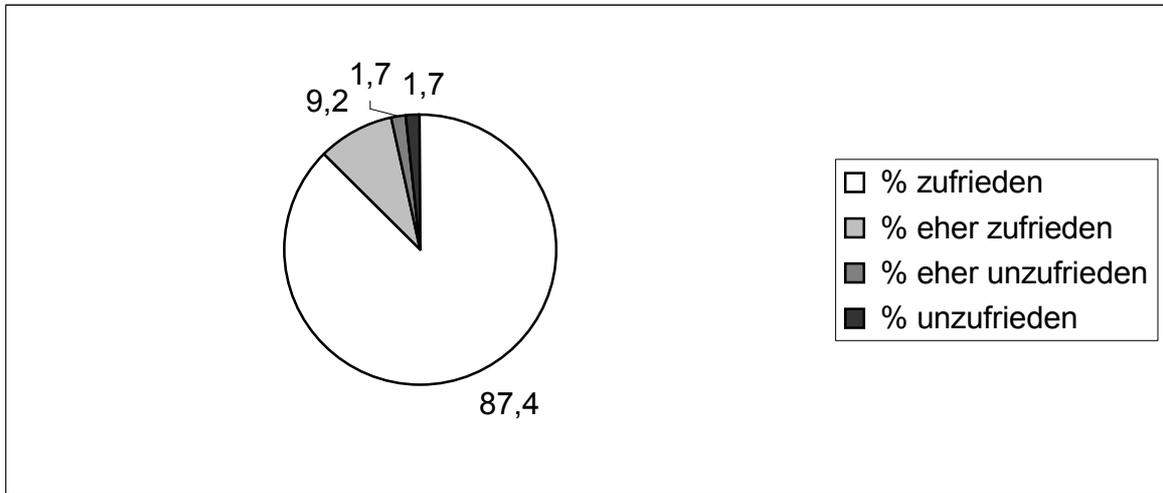


Abb. 33: Verteilung der Antworten auf die Frage: Wie zufrieden waren Sie mit der Beratung zur Nachbehandlung zuhause?

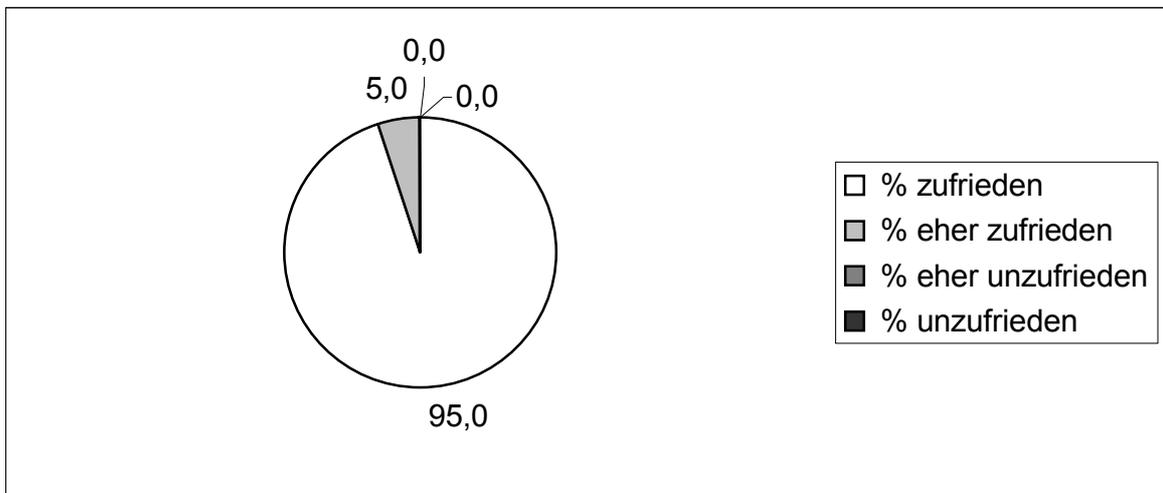


Abb. 34: Verteilung der Antworten auf die Frage: Wie zufrieden waren Sie mit der Betreuung während des Aufenthalts durch ärztliches Personal im Hinblick auf Freundlichkeit?

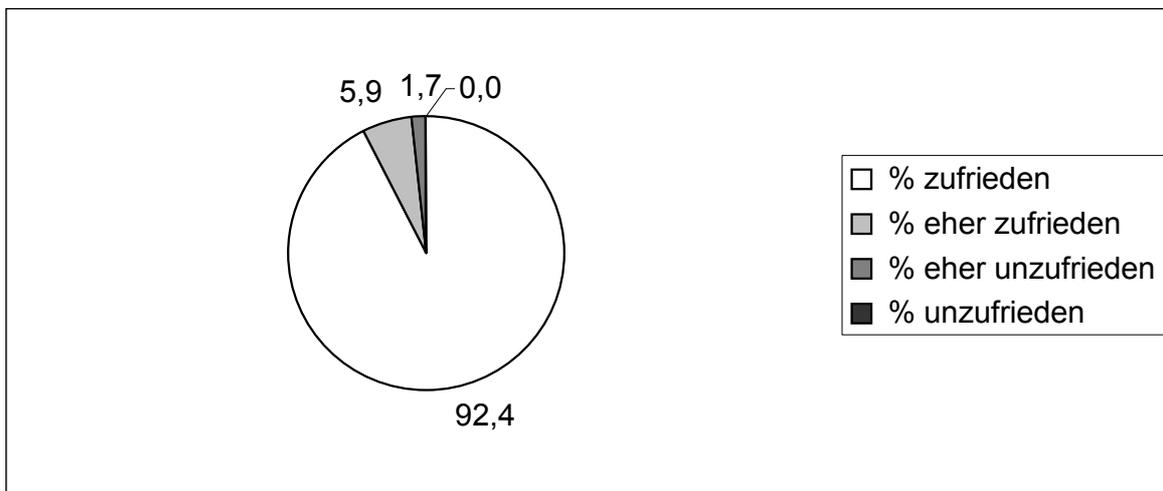


Abb. 35: Verteilung der Antworten auf die Frage: Wie zufrieden waren Sie mit der Betreuung während des Aufenthalts durch ärztliches Personal im Hinblick auf Fähigkeit und Können?

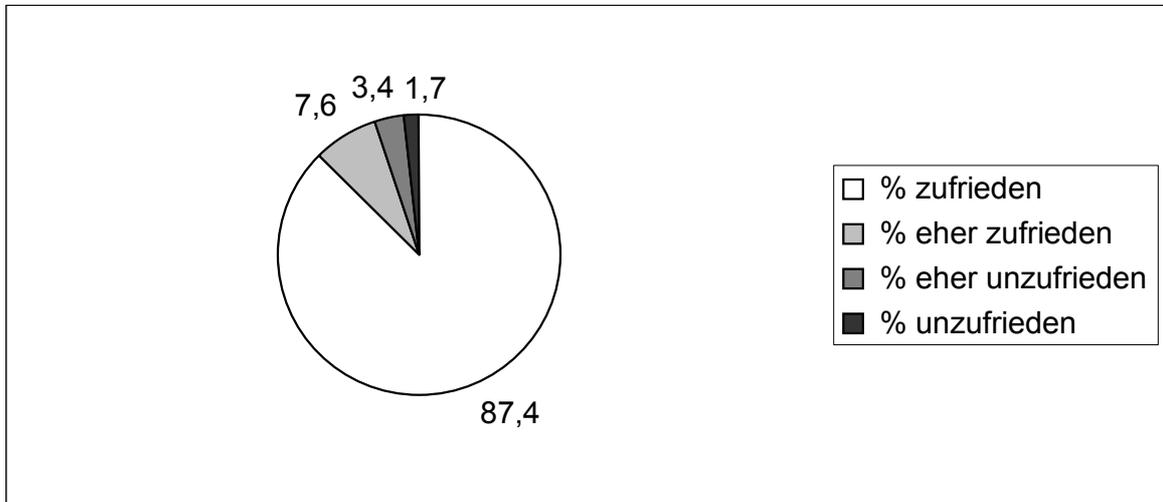


Abb. 36: Verteilung der Antworten auf die Frage: Wie zufrieden waren Sie mit der Betreuung während des Aufenthalts durch ärztliches Personal im Hinblick auf Zeitaufwand?

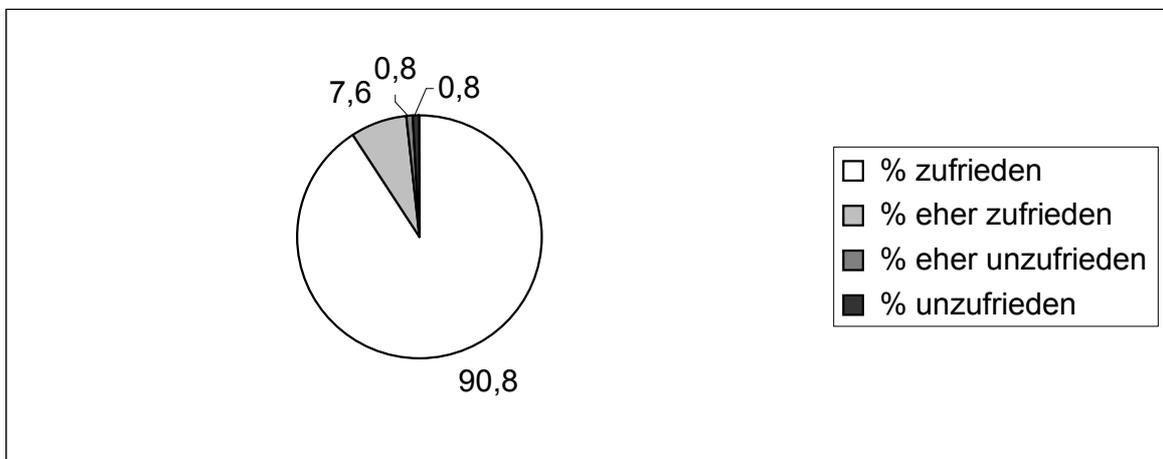


Abb. 37: Verteilung der Antworten auf die Frage: Wie zufrieden waren Sie mit der Betreuung während der Operation?

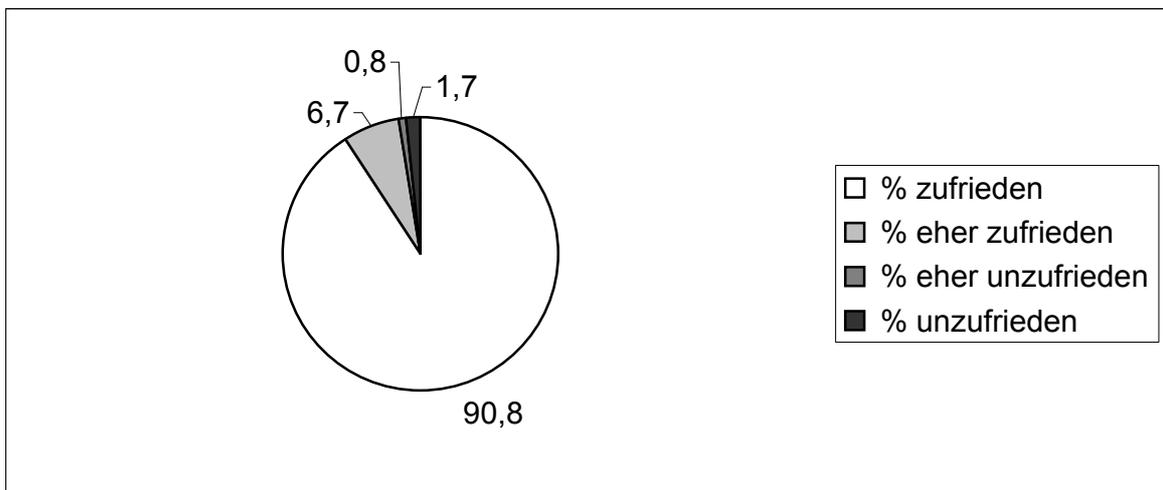


Abb. 38: Verteilung der Antworten auf die Frage: Wie zufrieden waren Sie mit der Atmosphäre in der Klinik?

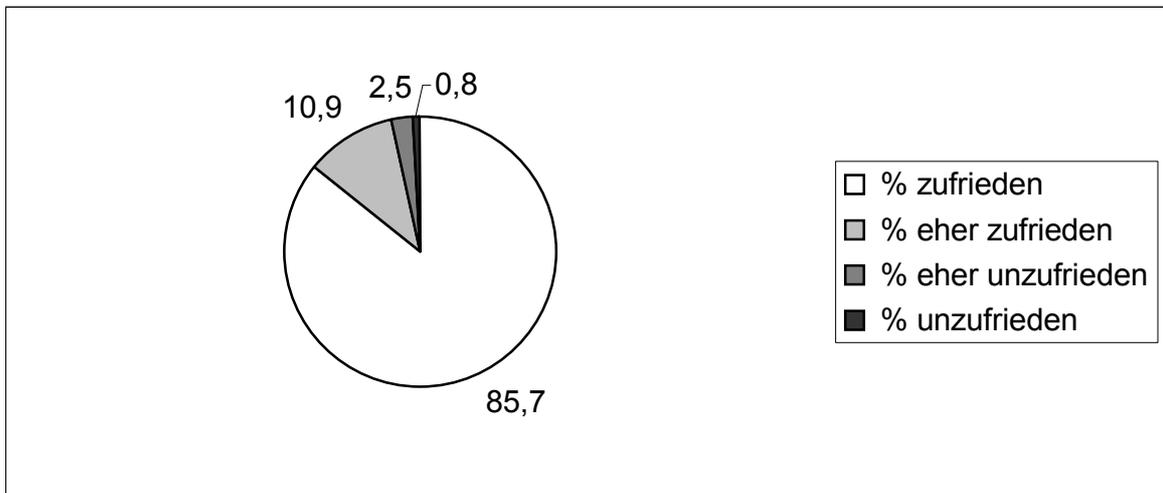


Abb. 39: Verteilung der Antworten auf die Frage: Wie zufrieden waren Sie mit dem Heilungsprozess nach der Operation?

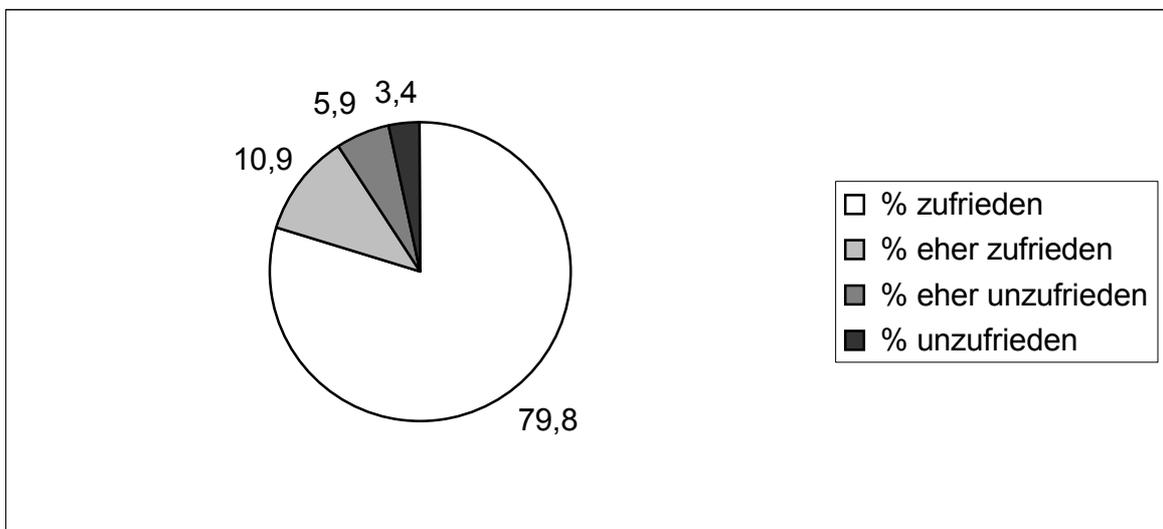


Abb. 40: Verteilung der Antworten auf die Frage: Wie zufrieden sind Sie mit der Sehleistung nach der Operation?

3.6.2 Vergleich der subjektiven mit den objektiven Operationsergebnissen

Die folgende Tabelle zeigt demografische Daten in Abhängigkeit von der subjektiven Zufriedenheit mit der Sehleistung nach der Operation. 95 der befragten 119 Patienten waren zufrieden, unzufrieden waren vier Patienten. Die Gruppe der Zufriedenen hatte durchschnittlich einen besseren Ausgangsvisus und einen deutlich besseren Endvisus als die anderen Gruppen.

Tab. 8: Demografie und Klinik in bezug auf die Zufriedenheit der Patienten mit der Sehleistung

Demografie und Klinik	zufrieden	eher zufrieden	eher unzufrieden	unzufrieden	alle
Anzahl in %	95	13	7	4	119
Mittleres Alter ± Standardabweichung	73 ± 11	74 ± 9	73 ± 11	60 ± 20	72 ± 11
Anteil der Frauen in %	69,5	69,2	42,9	100,0	68,9
Anteil an rechten Augen in %	53,7	38,5	57,1	50,0	52,1
Mittlerer präoperativer Visus	0,26	0,21	0,19	0,23	0,25
Mittlerer früh postoperativer Visus	0,54	0,49	0,33	0,46	0,52
Visusverbesserung (früh postoperativ – präoperativ), Mittelwert	0,28	0,28	0,14	0,23	0,27
Mittlerer spät postoperativer Visus	0,80	0,54	0,31	0,48	0,73
Visusverbesserung (spät postoperativ – präoperativ), Mittelwert	0,55	0,54	0,12	0,25	0,49

3.7 Lernkurve

Um die Frage zu klären, inwieweit eine sogenannte Lernkurve besteht und wie deren Verlauf ist, wurden die 221 Operationen in drei Gruppen aufgeteilt. Einzelne Aspekte der Messungen und Berechnungen wurden im Vergleich der drei Gruppen untersucht.

3.7.1 Vergleich des Operationsverlaufs

3.7.1.1 Vergleich der selbständigen Operationen der drei Gruppen

In der ersten Gruppe konnte der Operateur die Operation in 79,7% der Fälle selbständig beenden. Diese Zahl steigert sich in Gruppe 2 auf 95,9%. In der dritten Gruppe führte er alle Operationen ohne fremde Hilfe durch. Der t-Test ergab hier einen signifikanten Unterschied zwischen Gruppe 1 und Gruppe 2, sowie einen hochsignifikanten Unterschied zwischen Gruppe 1 und Gruppe 3. Tabelle 9 zeigt die Ergebnisse.

Tab. 9: Vergleich der selbständig durchgeführten Operationen

	Anzahl der selbständig durchgeführten Operationen	relative Häufigkeit der selbständig durchgeführten Operationen in %	t-Test
Gruppe 1	59	79,7	Gruppe 1 und Gruppe 2 p<0,005
Gruppe 2	71	95,9	Gruppe 2 und Gruppe 3 p>0,05
Gruppe 3	73	100	Gruppe 1 und Gruppe 3 p<0,0001

3.7.1.2 Vergleich des Verbrauchs an Viskoelastika

Im Durchschnitt wurden bei den Operationen in der ersten Gruppe $1,47 \pm 0,74$ Einheiten an Viskoelastika verbraucht, in der zweiten Gruppe $1,18 \pm 0,47$, in der dritten Gruppe $1,14 \pm 0,35$. Der t-Test ergibt einen signifikanten Unterschied zwischen Gruppe 1 und Gruppe 2, sowie zwischen Gruppe 1 und Gruppe 3. Tabelle 10 zeigt die Ergebnisse.

Tab. 10: Vergleich des Verbrauchs an Viskoelastika der drei Gruppen

	Mittelwerte \pm Standardabweichung	t-Test
Gruppe 1	$1,47 \pm 0,74$	Gruppe 1 und Gruppe 2 p<0,005
Gruppe 2	$1,18 \pm 0,48$	Gruppe 2 und Gruppe 3 p>0,05
Gruppe 3	$1,14 \pm 0,35$	Gruppe 1 und Gruppe 3 p<0,001

3.7.1.3 Vergleich der Komplikationen der drei Gruppen

Die aufgetretenen Komplikationen wurden auf ihr Auftreten innerhalb der Gruppen untersucht. Tabelle 11 zeigt die Anzahl der aufgetretenen Komplikationen sowie die prozentuale Häufigkeit an allen Operationen der jeweiligen Gruppen.

Tab. 11: Verteilung der intraoperativen Komplikationen auf die drei Gruppen

Art der Komplikation	Gruppe 1		Gruppe 2		Gruppe 3	
	Anzahl	Häufigkeit in % aller Operationen	Anzahl	Häufigkeit in % aller Operationen	Anzahl	Häufigkeit in % aller Operationen
Tunnelblutung	1	1,4	0	0,0	0	0,0
Verbliebene Rindenreste im Kapselsack	2	2,7	8	10,8	0	0,0
Hinterkapselruptur mit oder ohne Vitrektomie	4	5,4	1	1,4	1	1,4
- Hinterkapselruptur mit Vitrektomie	2	2,7	1	1,4	0	0,0
- Hinterkapselruptur ohne Vitrektomie	2	2,7	0	0,0	1	1,4
Implantation einer Vorderkammerlinse	2	2,7	0	0,0	0	0,0
Zonulolyse mit oder ohne Vitrektomie	2	2,7	1	1,4	0	0,0
Einriss der Kapsulorhexis	4	5,4	6	8,1	1	1,4
- Einriss der Kapsulorhexis mit Implantation der Intraokularlinse in den Sulcus ciliaris	2	2,7	1	1,4	1	1,4
gesamt	15	20,3	16	21,6	2	2,7

In Gruppe 1 traten mehr Hinterkapselrupturen, Zonulolysen und Vitrektomien auf als in den Gruppen 2 und 3. Die Komplikationen, die in Gruppe 2 häufiger vorkamen als in den anderen Gruppen, waren verbliebene Rindenreste und Einrisse der Kapsulorhexis. Implantationen der Linse in die Vorderkammer oder den Sulcus traten in Gruppe 1 jedoch häufiger auf. In Gruppe 3 kam es nicht zu häufigeren Komplikationen als in den anderen Gruppen.

Zu einer Vitrektomie kam es in Gruppe 1 insgesamt in 5,4% der Operationen, in Gruppe 2 in 1,4% und in Gruppe 3 kam es zu keiner Vitrektomie.

3.7.2 Vergleich des Visus

3.7.2.1 Visusmessungen

Der gemessene Visus der drei Gruppen wurde miteinander verglichen. Die Mittelwerte und Standardabweichungen für jede Gruppe wurden berechnet. Mittels des t-Tests wurde berechnet, ob ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen besteht.

Tabellen 12 – 14 zeigen die Mittelwerte und Standardabweichungen für den präoperativen, frühen postoperativen und späten postoperativen Visus.

Tab.12 : Vergleich des präoperativen Visus der drei Gruppen

	Mittelwert ± Standardabweichung	Anzahl der Messungen	t-Test
Gruppe 1	0,24 ± 0,15	74	Gruppe 1 mit Gruppe 2 p=0,54
Gruppe 2	0,26 ± 0,14	74	
Gruppe 3	0,24 ± 0,14	73	Gruppe 1 mit Gruppe 3 p=0,81

Tab. 13: Vergleich des frühen postoperativen Visus der drei Gruppen

	Mittelwert ± Standardabweichung	Anzahl der Messungen	t-Test
Gruppe 1	0,45 ± 0,22	74	Gruppe 1 mit Gruppe 2 p<0,01
Gruppe 2	0,56 ± 0,24	73	Gruppe 2 mit Gruppe 3 p<0,05
Gruppe 3	0,47 ± 0,23	73	Gruppe 1 mit Gruppe 3 p=0,57

Tab. 14: Vergleich des späten postoperativen Visus der drei Gruppen

	Mittelwert ± Standardabweichung	Anzahl der Messungen	t-Test
Gruppe 1	0,74 ± 0,27	35	Gruppe 1 mit Gruppe 2 p=0,22
Gruppe 2	0,65 ± 0,33	42	Gruppe 2 mit Gruppe 3 p<0,05
Gruppe 3	0,79 ± 0,30	44	Gruppe 1 mit Gruppe 3 p=0,43

Der Vergleich des präoperativen Visus ergibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den drei Gruppen. Der Mittelwert schwankt zwischen 0,24 und 0,26 mit ähnlicher Standardabweichung.

Bei der Messung des frühen postoperativen Visus wurden in Gruppe 2 die höchsten Werte gemessen, die auch signifikant besser waren als in Gruppe 1 oder Gruppe 3. Zwischen

Gruppe 1 und Gruppe 3 ergab sich jedoch kein Unterschied. Der Mittelwert in Gruppe 2 lag bei 0,56, in Gruppe 1 und 3 bei 0,45 und 0,47.

Die Messung des späten postoperativen Visus ergab jedoch die niedrigsten Werte in Gruppe 2. Signifikant unterschieden sie sich von den besseren Werten in Gruppe 3.

3.7.2.2 Visusdifferenzen

Die Mittelwerte und Standardabweichungen der errechneten Visusdifferenzen früh und spät postoperativ zu präoperativ wurden für die drei Gruppen berechnet.

Bei der früh postoperativen Visusverbesserung war die Differenz in der zweiten Gruppe am größten, in der ersten Gruppe am geringsten. Sie betrug in der ersten Gruppe $0,21 \pm 0,20$, in der zweiten Gruppe $0,30 \pm 0,25$, in der dritten Gruppe $0,24 \pm 0,20$. Einen signifikanten Unterschied ergab der t-Test zwischen Gruppe 1 und Gruppe 2. Der Unterschied zwischen Gruppe 1 und Gruppe 3 war jedoch nicht signifikant. Tabelle 15 zeigt die Ergebnisse der drei Gruppen.

Tab. 15: Vergleich der Visusdifferenz (früh postoperativ - präoperativ) der drei Gruppen

	Mittelwert \pm Standardabweichung	Anzahl der Messungen	t-Test
Gruppe 1	$0,21 \pm 0,20$	74	Gruppe 1 mit Gruppe 2 p<0,05
Gruppe 2	$0,30 \pm 0,24$	74	Gruppe 2 mit Gruppe 3 p=0,10
Gruppe 3	$0,24 \pm 0,20$	73	Gruppe 1 mit Gruppe 3 p=0,42

Tabelle 16 zeigt die Ergebnisse der gemessenen Differenzen spät postoperativ zu präoperativ. Beim Vergleich der Gruppen mit dem t-Test ergab sich kein signifikanter Unterschied ($p>0,05$). Durchschnittlich betrug die errechnete Differenz 0,52 in Gruppe 3, 0,50 in Gruppe 1, und 0,41 in Gruppe 2.

Tab. 16: Vergleich der Visusdifferenz (spät postoperativ - präoperativ) der drei Gruppen

	Mittelwert \pm Standardabweichung	Anzahl der Messungen	t-Test
Gruppe 1	$0,50 \pm 0,23$	35	Gruppe 1 mit Gruppe 2 p=0,15
Gruppe 2	$0,41 \pm 0,30$	42	Gruppe 2 mit Gruppe 3 p=0,07
Gruppe 3	$0,52 \pm 0,24$	44	Gruppe 1 mit Gruppe 3 p=0,68

3.7.3 Vergleich des Astigmatismus

3.7.3.1 Operativ induzierter Astigmatismus – Subtraktionsmethode

Beim Vergleich des operativ induzierten Astigmatismus, berechnet mit der Subtraktionsmethode, ergab sich weder für die frühe noch für die späte postoperative Situation ein signifikanter Unterschied zwischen den drei Gruppen. Tabelle 17 und 18 zeigen die Mittelwerte und Standardabweichungen sowie die Ergebnisse der t-Tests.

Der frühe operativ induzierte Astigmatismus lag durchschnittlich bei 0,47 dpt in Gruppe 3, bei 0,63 dpt in Gruppe 2, bei 0,64 dpt in Gruppe 1.

Der späte operativ induzierte Astigmatismus war am geringsten in Gruppe 1 und Gruppe 3 mit 0,34 dpt und 0,35 dpt. In Gruppe 2 lag er bei 0,43 dpt.

Tab. 17: Vergleich des frühen postoperativen Astigmatismus – Differenzmethode

	Mittelwert ± Standardabweichung	Anzahl der Messungen	t-Test
Gruppe 1	0,64 ± 1,01	62	Gruppe 1 mit Gruppe 2 p=0,94
Gruppe 2	0,63 ± 0,96	59	Gruppe 2 mit Gruppe 3 p=0,42
Gruppe 3	0,47 ± 1,05	43	Gruppe 1 mit Gruppe 3 p=0,39

Tab. 18: Vergleich des späten postoperativen Astigmatismus – Differenzmethode

	Mittelwert ± Standardabweichung	Anzahl der Messungen	t-Test
Gruppe 1	0,34 ± 0,89	35	Gruppe 1 mit Gruppe 2 p=0,65
Gruppe 2	0,43 ± 0,83	42	Gruppe 2 mit Gruppe 3 p=0,66
Gruppe 3	0,35 ± 0,92	44	Gruppe 1 mit Gruppe 3 p=0,97

3.7.3.2. Operativ induzierter Astigmatismus – Vektormethode

Tabelle 19 und 20 zeigen den Vergleich des operativ induzierten Astigmatismus, berechnet mit der Vektormethode, für die drei Gruppen. In Tabelle 19 sind die Mittelwerte und Standardabweichungen für die frühe postoperative Situation aufgeführt. Die drei Gruppen unterscheiden sich hierbei laut t-Test nicht signifikant.

Tab. 19: Vergleich des frühen postoperativen Astigmatismus

	Mittelwert ± Standardabweichung	Anzahl der Messungen	t-Test
Gruppe 1	1,42 ± 0,91	63	Gruppe 1 mit Gruppe 2 p=0,76
Gruppe 2	1,47 ± 0,90	59	
Gruppe 3	1,39 ± 0,76	42	Gruppe 1 mit Gruppe 3 p=0,85

Tabelle 20 zeigt die Mittelwerte und Standardabweichungen für die späte postoperative Situation. Auch hier unterscheiden sich die Werte nicht signifikant. Die Mittelwerte reichen von 1,22 dpt in Gruppe 3 bis 1,24 dpt in Gruppe 2.

Tab. 20: Vergleich des späten postoperativen Astigmatismus

	Mittelwert ± Standardabweichung	Anzahl der Messungen	t-Test
Gruppe 1	1,23 ± 0,85	35	Gruppe 1 mit Gruppe 2 p=0,96
Gruppe 2	1,24 ± 0,96	42	
Gruppe 3	1,22 ± 0,82	43	Gruppe 1 mit Gruppe 3 p=0,97

4 Diskussion

Wir untersuchten die ersten 221 Kataraktoperationen eines Operateurs. Die Ergebnisse der Untersuchungen sollen mit Daten aus der Literatur verglichen werden. Im einzelnen werteten wir den Verlauf der Operation aus, die objektiven Ergebnisse der Refraktion, des Visus und des Astigmatismus, sowie die subjektiven Ergebnisse, gemessen durch einen Fragebogen. Anschließend soll die Existenz einer Lernkurve nachgeprüft werden durch den Vergleich der Werte untereinander. Dazu wurden die 221 Operationen in drei Gruppen aufgeteilt.

4.1 Operationsverlauf

Das Gelingen einer Operation lässt sich zum Teil bereits intraoperativ feststellen. Ein Zeichen für während der Operation auftretende Schwierigkeiten ist es, wenn die Operation nicht selbständig durchgeführt werden kann. Mehrere Autoren stellten fest, dass das Erlernen der Phakoemulsifikation unter Aufsicht erforderlich ist (38, 39, 40). In der Praxis wird es so gehandhabt, dass ein unerfahrener Operateur dann Assistenz bekommt, wenn es nötig ist. Im vorliegenden Fall konnten 91,8% der Operationen selbständig durchgeführt werden. In vielen Fällen mit Assistenz war nur ein spezieller Teil der Operation problematisch. In 5 Fällen wurde der Operateur beim Einsetzen der Intraokularlinse unterstützt, wobei häufig der zweite Bügel nicht eingebracht werden konnte. In weiteren 5 Fällen war es die vollständige Entfernung des Kortex, insbesondere subinzisionell bei 12 Uhr. In zwei Fällen wurde dem Operateur bei der Kapsulorhexis assistiert. Dies zeigt, welche Operationsschritte häufig Probleme bereiten. Die hohe Rate an Operationen ohne Assistenz zeigt jedoch, wie schnell ein unerfahrener Operateur in der Lage ist, die Operation vollkommen selbständig durchzuführen.

Ein weiterer Aspekt des Operationsverlaufs ist die Verwendung eines Viskoelastikums. Der Einsatz einer viskoelastischen Substanz zur Schonung des Hornhautendothels während der Kataraktextraktion und der Kunstlinsenimplantation hat sich als Standard etabliert (32). Aus Kostengründen ist es jedoch sinnvoll, die Verwendung nach Möglichkeit zu beschränken. Als Grund für eine große Menge an Viskoelastikum während der Operation kommt eine Undichtigkeit der Inzision in Frage. Ein anderer Grund ist eine schwierige

Phakoemulsifikation oder Linsenimplantation bzw. die hintere Kapselruptur. In der vorliegenden Arbeit wurden durchschnittlich 1,26 Einheiten Healon[®] 0,55 ml benötigt. Bei jeder Operation wurde mindestens eine Einheit verwendet. Einmal wurden fünf Einheiten verwendet. Bei dieser Operation war der Tunnel zu steil, war undicht und musste mit einem Kreuzstich genäht werden. Bei einer weiteren Operation wurden vier Einheiten Healon[®] verwendet. Auch hier war der Schnitt undicht, zusätzlich ließ sich der Kern schwer drehen. Bei 78,3% aller Operationen konnte der Operateur mit einer Einheit auskommen.

Bedeutend und auch in früheren Studien gut dokumentiert ist das Auftreten von Komplikationen während der Operation (4, 8, 36, 37). Die Komplikationsrate stellt einen Gradmesser für die Sicherheit der Operation dar. Wie auch Tarbet et al. feststellten, sind die wichtigsten intraoperativen Komplikationen die Ruptur der hinteren Kapsel und die Zonulolyse (39). Beide können im ungünstigen Fall einen Glaskörperverlust nach sich ziehen (39).

Der Erhalt der hinteren Kapsel ist ein Ziel der extrakapsulären Kataraktoperation zur möglichst sicheren Kunstlinsenimplantation. Eine Eröffnung der hinteren Kapsel kann ohne Folgen bleiben. Kommt es jedoch zum Vorfall des Glaskörpers, muss eine Vitrektomie durchgeführt werden. In diesem Fall muss mit einer höheren Amotiorate gerechnet werden. Weitere folgende Komplikationen können eine persistierende Hornhautendothel-Epitheldekompensation sein sowie ein zystoides Makulaödem (3). Häufig ist es nicht mehr möglich, die Linse im Kapselsack zu fixieren. Die Kunstlinse muss dann in den Sulcus ciliaris oder in die Vorderkammer implantiert werden. Eine Dislokation der Hinterkammerlinse ist ebenfalls eine mögliche Komplikation. Als Risikofaktor für einen Kapseldefekt gilt unter anderem ein Pseudoexfoliationssyndrom. Augen mit Pseudoexfoliationssyndrom werden jedoch eher erfahreneren Operateuren zugeteilt (3), so auch in der vorliegenden Arbeit. Nur bei vier von 221 Augen war ein Pseudoexfoliationssyndrom bekannt, bei keinem trat jedoch eine Hinterkapselruptur auf. Ähnliche weitere Komplikationen kann eine Zonulolyse hervorrufen. Auch hier kann eine Vitrektomie mit weiteren Problemen die Folge sein.

In unserer Studie kam es in 2,7% der Fälle zu einer Ruptur der hinteren Kapsel. In 1,4% kam es zu einer Zonulolyse. In insgesamt 2,7% der Fälle kam es zu einer Vitrektomie. In zwei Fällen (0,9%) musste sogar eine Vorderkammerlinse eingesetzt werden. In einer Studie von 1993 wurde die Kapselruptur in den ersten 200 Fällen mit 7,5% angegeben, die

Rate an Vitrektomien lag bei 2,0% (36). Ng et al. untersuchten die ersten 1000 Fälle eines Operateurs und fanden eine Häufigkeit an Vitrektomien von 1,4% (20).

Eine Erklärung für die niedrigeren Komplikationsraten in neueren Studien ist die Verbesserung der Technik und Materialien, die ein noch sichereres Operieren auch nicht erfahrenen Chirurgen ermöglicht.

Die zahlenmäßig bedeutsamste Komplikation war in unserer Studie der Einriss der Kapsulorhexis. Dies kam in 5,0% aller Operationen vor. In vier Fällen (1,8%) musste die Hinterkammerlinse dann in den Sulcus ciliaris implantiert werden. Auch dies zeigt die Problematik der Kapsulorhexis und Kunstlinsenimplantation, was das Ergebnis bei der Auswertung der Operationsassistenzen bestätigt.

Weitere erfasste Komplikationen waren das Verbleiben von Kortexresten im Kapselsack, das in 4,5% der Fälle auftrat und eine Tunnelblutung, die einmal (0,5%) auftrat.

4.2 Refraktion

Das Erreichen der Zielrefraktion bei möglichst geringem Astigmatismus ist ein Ziel der Kataraktchirurgie. Die Patienten sollen nach der Operation eine gute Sehkraft ohne Korrektur erreichen können. Vor allem hoch myope Patienten profitieren in hohem Maße von der Verbesserung der Refraktion, weil sie erstmals ohne Sehhilfe eine gute Sehkraft erreichen können (25).

Dabei wird die Zielrefraktion im leicht myopen Bereich angesetzt. Meist liegt sie zwischen 0 und -1 Dioptrien. Die tatsächlich erreichte Refraktion wird als sphärisches Äquivalent dargestellt. Olsen und Bargum zeigten in einer Studie mit 1473 Patienten eine erreichte Refraktion am ersten postoperativen Tag von durchschnittlich $0,43 \text{ dpt} \pm 1,03 \text{ dpt}$. Die durchschnittliche Differenz zur Zielrefraktion betrug hier $0,04 \text{ dpt} \pm 0,84 \text{ dpt}$. Sie wurde jedoch nur für 754 Augen berechnet (25). In unserer Arbeit betrug die durchschnittliche frühe postoperative Refraktion $0,04 \text{ dpt} \pm 1,18 \text{ dpt}$. Die durchschnittliche früh postoperative Differenz zur Zielrefraktion lag bei uns bei $0,68 \text{ dpt} \pm 1,13 \text{ dpt}$. Der Mittelwert der Refraktion der implantierten Intraokularlinsen betrug bei Olsen $+22,7 \text{ dpt}$ (25), was gut mit den bei uns gefundenen Werten übereinstimmt.

Insgesamt betrachtet muss man feststellen, dass das Ergebnis der Refraktion nach der Operation mehr in den hyperopen Bereich abweicht. Es ist eine Überlegung, grundsätzlich

die Stärke der Linse etwas zu erhöhen, um die Zielrefraktion noch genauer zu erreichen. Dennoch ist das Ergebnis zufriedenstellend.

Änderungen der Refraktion durch die Erfahrung des Operateurs sind höchstens zu erwarten, wenn die Rate der nicht im Kapselsack fixierten Linsen ungewöhnlich hoch ist. Dies ist hier jedoch mit vier sulcusfixierten Linsen und zwei Vorderkammerlinsen nicht der Fall.

4.3 Visus

Der Erfolg einer Kataraktoperation wird im Wesentlichen durch den erreichten Visus ermittelt. Die Herabsetzung des Visus durch die Krankheit bewirkt den Wunsch nach einer Behandlung. Der präoperative Visus lag in der vorliegenden Studie im Mittel bei $0,25 \pm 0,14$. Der Median lag ebenfalls bei 0,25. Im Vergleich dazu lag bei einer Studie von Olsen und Bargum von 1995 der Visus bei 56% der Patienten bei 0,25 oder weniger (25). Der präoperative Visus war somit durchaus vergleichbar. Jedoch war die Häufigkeit der Patienten mit einem Visus von kleiner als 0,1 bedeutend größer. Dies bedeutet, der Trend führt zu einer früheren Operationsindikation. Das kann sowohl vom Patienten ausgehen, der höhere Ansprüche an die Lebensqualität hat, als auch vom Operateur, der den Erfolg der Operation als besser einschätzt als noch vor einigen Jahren.

Ebenfalls mit den Werten von Olsen vergleichbar ist unser früher postoperativer Visus, der bei der Hälfte aller Augen 0,5 oder besser war (25). Die Verbesserung betrug durchschnittlich 0,25. Allerdings musste in 8 Fällen eine Verschlechterung direkt postoperativ festgestellt werden. In 32 Fällen änderte sich der Visus nicht. Als Ursache bei diesen Patienten kommt hierfür ein durch die Operation bedingtes Hornhautödem in Frage. Der späte postoperative Visus wurde nur bei 121 Augen gemessen. Dieser betrug in 78,5% der Fälle mindestens 0,5. Der Mittelwert lag bei 0,73. Hierbei muss kritisch angemerkt werden, dass die Reduktion der Patientenzahl eine gewisse Selektion darstellt. Patienten mit schlechtem Allgemeinzustand konnten für diese zusätzliche Untersuchung nicht gewonnen werden.

Diese Werte sind vergleichbar mit einer Studie von Hunold et al. (10), der innerhalb 6 Monaten postoperativ Visuswerte um durchschnittlich 0,7 erreichte. Seward, der die ersten 200 Operationen untersuchte, erreichte sechs Wochen postoperativ Visuswerte von 0,5 oder besser bei 94% aller Augen (36). Im Vergleich dazu sind die vorliegenden Ergebnisse

etwas schlechter. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass unsere Untersuchung häufig deutlich später stattfand, was die Wahrscheinlichkeit des Auftretens von visusmindernden Erkrankungen (Nachstar, Fortschreiten oder Neuauftreten von Netzhauterkrankungen) begünstigt.

Von unseren 121 Augen konnte der präoperative Wert in neun Fällen nicht verbessert werden, in einem Fall trat sogar eine Verschlechterung ein. Von diesen zehn Augen waren zwei amblyop, bei weiteren zwei war präoperativ eine diabetische Retinopathie bekannt, bei einem ein Glaukom.

Der späte postoperative Visus erreichte bei 25 Augen weniger als 0,5. In elf Fällen bestand eine zusätzliche okuläre Erkrankung wie beispielsweise Myopia magna, Amblyopie, Glaukom. In den übrigen 14 Fällen wurde keine okuläre Vorerkrankung festgestellt.

Beim Vergleich des späten mit dem frühen postoperativen Visus musste in einem Teil der Fälle eine Verschlechterung festgestellt werden. Der Mittelwert der Visusverbesserung betrug $0,21 \pm 0,26$. In 36 der 120 Fälle gab es keine weitere Verbesserung, in 17 Fällen verschlechterte sich der Visus sogar. Dennoch ist meist noch eine Visusverbesserung einige Zeit nach der Operation zu erwarten. Ein häufiger Grund für eine Verschlechterung ist der Nachstar (25). Laut Schneider stellt diese sekundäre Eintrübung der hinteren Linsenkapsel die häufigste Komplikation nach extrakapsulärer Kataraktextraktion dar (34). Der sogenannte regeneratorsche Nachstar entsteht aus Epithelzellen, die am Linsenäquator verblieben sind. Diese können sich vermehren und blasenartige Zellkonglomerate produzieren (34).

Insgesamt betrachtet bestätigen die guten Visusergebnisse den hohen Standard der Kataraktchirurgie auch in der Lernphase.

4.4 Astigmatismus

Eine starke Hornhautkrümmung kann den Visus und die Rehabilitation der Patienten erheblich beeinträchtigen (5). Die postoperative Astigmatismusedwicklung wird durch mehrere Faktoren beeinflusst. Wichtige Bedeutung haben die Art und die Länge der Inzision, sowie der Ort der Inzision und die Nahttechnik (2, 9, 16, 21). Alle Augen unserer Arbeit erhielten dieselbe Inzision, einen sklerokornealen Tunnel von oben mit 6 mm Schnittlänge. Bis auf vier Augen blieb der Schnitt nahtlos.

Das Ziel ist, den postoperativen Astigmatismus so gering wie möglich zu halten. Dazu ist ebenfalls notwendig, die durch die Operation verursachte Veränderung des Astigmatismus zu kennen.

Interessant ist es, eine Beziehung zwischen dem präoperativ vorhandenen und dem postoperativ gemessenen Astigmatismus herzustellen. Es gibt verschiedene Möglichkeiten, diese zu berechnen. Prinzipiell kann man die Achsenlage in die Berechnung einbringen, oder man rechnet lediglich mit der Größe des Astigmatismus in Dioptrien. Ersteres wurde bei der Vektormethode nach Jaffe und Clayman (11) berücksichtigt, letzteres bei der Subtraktionsmethode. Die Berechnung mittels der Subtraktionsmethode ist leicht nachvollziehbar. Gut ablesbar ist auch die Tatsache, ob der Betrag des Astigmatismus zu- oder abgenommen hat. Die gewonnenen Werte sind jedoch aufgrund der Missachtung einer Achsenänderung geringer (31). Im Einzelfall kann es sogar so aussehen, als hätte keine Änderung des Astigmatismus stattgefunden, beispielsweise bei einem präoperativen Astigmatismus von $-1,0$ dpt bei 0° und einem postoperativen Astigmatismus von $-1,0$ dpt bei 90° . Die Berechnung ergibt eine Änderung von 0 dpt, obwohl der Operationseffekt offensichtlich bei $-2,0$ dpt bei 90° lag (24). Zum anderen werden deutlich geringere Mittelwerte errechnet, da sich große Schwankungen in den Ergebnissen aufheben (31).

Die genaueren Ergebnisse werden mittels der Vektormethode erreicht, die auch die Achsenlage des Astigmatismus berücksichtigt. Der Nachteil der Methode ist, dass nur die Beträge angegeben werden. Aus der Berechnung wird nur die Änderung des Astigmatismus ersichtlich. Ob der sich Astigmatismus tatsächlich gebessert oder verschlechtert hat, kann nicht festgestellt werden (10).

Verschiedene Modelle zur Berechnung werden ermittelt und untereinander verglichen. Noch immer sind Vor- und Nachteile verwendeter Methoden Gegenstand der Diskussion (15).

Der durchschnittliche Mittelwert des postoperativen Astigmatismus wird in verschiedenen Arbeiten angegeben. Kohnen et al. maßen unter Verwendung von computergestützter Videokeratografie eine Woche nach der Phakoemulsifikation einen mittleren Astigmatismus von $0,86$ dpt – $1,06$ dpt je nach Inzisionslänge (16). Olsen et al. maßen den Astigmatismus einen Tag nach Phakoemulsifikation mit dem Autokeratometer. Sie fanden einen durchschnittlichen Astigmatismus von $1,37$ dpt heraus (25). Bei Hunold et al. lagen die durchschnittlichen postoperativen Astigmatismuswerte bei $0,93$ dpt bis $1,19$ dpt bei nahtloser Tunnelinzision, Tunnelinzision mit Naht bzw. korneoskleraler Inzision. Die Messtechnik wurde nicht erläutert (10). In einer anderen Studie wurde der

durchschnittliche Hornhautastigmatismus am ersten postoperativen Tag mit 1,67 dpt, nach einer Woche mit 1,62 angegeben, mit Messung eines Autokeratometers (5). Nach dem vierten Monat lag er bei 0,93 dpt, nach einem Jahr bei 0,96 dpt (5). Operiert wurde mit einer 6 mm skleralen Tunnelinzision.

In der vorliegenden Arbeit wurde der frühe postoperative Astigmatismus zwischen 1 und 13 Tagen postoperativ gemessen und betrug im Durchschnitt 1,62 Dioptrien. Der späte postoperative Astigmatismus lag bei 1,42 dpt durchschnittlich. Damit lag er etwas höher als in vergleichbaren Arbeiten.

Der frühe und der endgültige operativ induzierte Astigmatismus wurde sowohl nach der Vektormethode als auch nach der Subtraktionsmethode berechnet.

Die Subtraktionsmethode ergab ein mittleres Ergebnis von 0,59 dpt \pm 1,00 dpt für den frühen operativ induzierten Hornhautastigmatismus. Der späte operativ induzierte Astigmatismus betrug im Mittel 0,37 dpt \pm 0,87 dpt. Seward fand bei den ersten 200 Operationen einen Astigmatismus von weniger als 1 dpt bei 85,5% der untersuchten 69 Augen. Diese Untersuchung fand 6 Wochen postoperativ statt und es wurde der Astigmatismus der Refraktion bestimmt (36). In unserer Arbeit wurde bei der Messung des operativ induzierten Gesamtastigmatismus für die früh postoperative Situation ein Mittelwert von 0,48 dpt \pm 1,08 dpt gemessen, für die spät postoperative Situation 0,38 dpt \pm 0,89 dpt. Feil untersuchte den Astigmatismus bei Operationen mit nahtloser Kleinschnitttechnik – 4 mm Schnittbreite – und fand mit der Subtraktionsmethode Mittelwerte von 0,84 dpt nach einer Woche bis 0,68 dpt nach einem Jahr. Diese Astigmatismuswerte wurden allerdings mit einem Photokeratoskop gemessen (7). Dam-Johansen et al. berechneten den operativ induzierten Astigmatismus ebenfalls unter anderem mit der Subtraktionsmethode. Ihr Ergebnis war 0,77 dpt am ersten postoperativen Tag, 0,72 dpt nach einer Woche, 0,03 dpt nach vier Monaten und 0,06 dpt nach einem Jahr (5).

Es ist relativ schwierig, Vergleiche mit anderen Arbeiten anzustellen, da es verschiedene Operationstechniken gibt, verschiedene Messarten und Berechnungsarten, sowie unterschiedliche Messzeitpunkte. Die Streuung bestehender Daten ist daher groß. Feststellen lässt sich, dass der Astigmatismus bei allen betrachteten Arbeiten wie in der vorliegenden durch die Operation zunimmt. Dies lässt sich vor allem durch die Betrachtung mit der Subtraktionsmethode feststellen. Zu den späteren Messzeitpunkten nimmt der operativ induzierte Astigmatismus jedoch wieder ab. Die vorliegenden Daten

sind vergleichbar mit Daten aus der Literatur, auch wenn es sich nicht um Ergebnisse aus der Lernphase von Operateuren handelt.

Es wurde zusätzlich zur Subtraktionsmethode der operativ induzierte Astigmatismus mit der Vektormethode berechnet. Im Durchschnitt betrug er $1,43 \text{ dpt} \pm 0,86 \text{ dpt}$ bei 105 ± 55 Grad bei der frühen postoperativen Situation. Bei der späten postoperativen Situation betrug er $1,23 \text{ dpt} \pm 0,87 \text{ dpt}$ und lag im Durchschnitt bei $102 \text{ Grad} \pm 31 \text{ Grad}$. Dam-Johansen untersuchte in einer Studie 110 Augen mit 6 – 6,5 mm breiter skleraler Inzision und berichtete über einen Mittelwert von $1,33 \text{ dpt} \pm 0,99 \text{ dpt}$ am ersten postoperativen Tag, sowie durchschnittlich $0,72 \text{ dpt} \pm 0,64 \text{ dpt}$ nach drei Monaten (5). Gross fand bei Operationen mit 4-mm skleraler Inzision einen Mittelwert von $1,26 \text{ dpt}$ am ersten postoperativen Tag, sowie $0,42 \text{ dpt}$ nach 6 Wochen (9). Olsen und Bargum berichteten über einen durchschnittlichen operativ induzierten Astigmatismus, berechnet mit der Vektormethode, von $1,37 \text{ dpt} \pm 1,38 \text{ dpt}$ am ersten postoperativen Tag. Gemessen wurde insgesamt bei 1333 Fällen, von denen jedoch 60% als extrakapsuläre Kataraktextraktion durchgeführt wurden. Dieser Mittelwert lag deutlich höher, bei $4,91 \text{ dpt} \pm 2,08 \text{ dpt}$. Die Phakoemulsifikation wurde mit einem skleralen Tunnel operiert, die Breite des Schnitts war nicht angegeben. Die Operateure dieser Studie waren zu mehr als 90% der Fälle erfahrene Operateure mit mehr als 1000 Operationen, zu weniger als 10% unerfahrene Operateure mit weniger als 50 Operationen Erfahrung (25). Eine andere Studie verglich den Hornhautastigmatismus bei kornealer und korneoskleraler Inzision. Diese Werte wurden mit dem Videokeratoskop gemessen und mit der Vektoranalyse berechnet. Sechs Monate postoperativ fand sich ein mittlerer Astigmatismus von $0,66 \text{ dpt} \pm 0,492 \text{ dpt}$ für die korneosklerale Inzision, sowie $0,5 \text{ dpt} \pm 0,366 \text{ dpt}$ für die korneale Inzision. Die Schnittbreite betrug hierbei 3,2 mm (27).

Auch bei der Betrachtung mit der Vektormethode hängt die Größe des operativ induzierten Astigmatismus stark von der Art der Inzision ab. In der vorliegenden Arbeit wurde bei allen Operationen dieselbe Inzision verwendet, ein 6 mm breiter, korneoskleraler Tunnel. Der operativ induzierte Astigmatismus scheint in unserer Studie größer zu sein als in den anderen genannten. Ein möglicher Grund ist die geringere Erfahrung des Operateurs. Nicht nur die Art des Schnitts ist von Bedeutung, sondern auch dessen Gelingen. Der Schnitt kann ausreißen, zu klein oder zu groß geraten und so den Astigmatismus ungünstig beeinflussen.

Dass nicht nur die Art der Inzision, sondern auch die Lokalisation des Zugangs den Wert des Astigmatismus beeinflussen können, zeigten Weindler et al. in einer Studie, bei der der

temporale sowie der kraniale Zugang bei Patienten mit präoperativem Astigmatismus gegen die Regel untersucht wurde. Hier betrug der operativ induzierte Astigmatismus am 5. postoperativen Tag $1,48 \text{ dpt} \pm 1,1 \text{ dpt}$ bei kranialem Zugang, bei temporalem Zugang $1,14 \text{ dpt} \pm 0,8 \text{ dpt}$ bei temporalem Zugang. Bei der Abschlussuntersuchung 10 – 14 Monate postoperativ betrug er noch $1,30 \text{ dpt} \pm 0,8 \text{ dpt}$ bei kranialem Zugang, $0,78 \text{ dpt} \pm 0,6 \text{ dpt}$ bei temporalem Zugang. Es konnte gezeigt werden, dass ein kranialer Zugang bei präoperativem Astigmatismus gegen die Regel kontraindiziert ist (43). In unserer Arbeit wurde ausschließlich die kraniale Inzision durchgeführt.

4.5 Zufriedenheit

Abgesehen von objektiv erfassbaren Daten ist auch die Zufriedenheit der Patienten von Bedeutung. Um dies zu berücksichtigen, wurde mittels eines Fragebogens die subjektive Einschätzung der operierten Patienten erfasst. Erfragt wurden dabei einzelne Punkte zu Aufklärung, Beratung, Betreuung und Ergebnis der Operation. Die Antwortmöglichkeiten lagen zwischen „unzufrieden“, „eher unzufrieden“, „eher zufrieden“ und „zufrieden“, bzw. „unwichtig“, „eher unwichtig“, „eher wichtig“, „wichtig“. Dabei antworteten bei jeder Frage mehr als 79% aller Befragten mit „zufrieden“ bzw. „wichtig“.

Inhaltlich gab es dabei gewisse Unterschiede. Am besten bewertet wurde die Frage, wie zufrieden die Patienten mit der Freundlichkeit der Ärzte waren. 95% gaben die Antwort „zufrieden“, 5% waren „eher zufrieden“. Mit der Kompetenz der Ärzte waren 92,4% zufrieden, 5,9% eher zufrieden, nur 1,7% waren eher unzufrieden. Die Betreuung während der Operation war für 90,8% der befragten Patienten zufriedenstellend, 7,6% waren eher zufrieden, je 0,8% waren unzufrieden oder eher unzufrieden. Die nächstbeste Bewertung erhielt die Atmosphäre in der Klinik – 90,8% zufrieden, 6,7% eher zufrieden, 0,8% eher unzufrieden, 1,7% unzufrieden. Mit der Aufklärung über die Operation waren immerhin 89,1% zufrieden, 8,4% waren eher zufrieden, 2,5% waren eher unzufrieden. Die Wichtigkeit dieser Aufklärung wurde ebenfalls erfragt, sie wurde von 88,2% mit „wichtig“ bewertet, von 10,1% mit „eher wichtig“, von 1,7% mit „eher unwichtig“. Mit der Beratung zur Nachbehandlung zuhause waren noch 87,4% zufrieden, 9,2% waren eher zufrieden, je 1,7% waren eher unzufrieden oder unzufrieden. Eine ähnliche Bewertung erhielt die Frage, inwiefern die Patienten mit dem Zeitaufwand der Ärzte zufrieden waren – 87,4% zufrieden, 7,6% eher zufrieden, 3,4% eher unzufrieden, 1,7% unzufrieden. Relativ schlecht

bewertet wurde der Heilungsprozess nach der Operation, den 85,7% als zufriedenstellend empfanden, 10,9% eher zufriedenstellend, 2,5% waren eher unzufrieden, und 0,7% waren unzufrieden. Nur 79,8% aller befragten Patienten waren mit der Sehleistung nach der Operation zufrieden, 10,9% waren eher zufrieden, 5,9% waren eher unzufrieden, und 3,4% waren sogar unzufrieden.

Insgesamt erhielten alle Fragen eine sehr positive Bewertung. Am wenigsten zufrieden schienen die Patienten mit dem Operationsergebnis zu sein. Dies kann mehrere Gründe haben. Zum einen kann das Ergebnis der Operation tatsächlich schlecht sein, zum anderen kann die Erwartung der Patienten zu hoch sein. In einer Studie von Mönestam und Wachtmeister waren 8% aller Patienten nach der Kataraktoperation unzufrieden. Die Unzufriedenheit schien mit dem erreichten Visus nach der Operation zu korrelieren. Als Risikofaktoren für einen subjektiv schlechten Visus galten vor allem altersbezogene Makuladegeneration und ein schlechter präoperativer Visus (18). Im Vergleich mit dieser Studie muss angemerkt werden, dass die Bewertung unserer Fragebögen zusammen mit der Abschlussuntersuchung stattfand. Von den 221 Augen liegen 119 beantwortete Fragebögen vor. Es muss davon ausgegangen werden, dass hier eine gewisse Selektion stattgefunden hat. Es wurden lediglich die Patienten evaluiert, die bereit und in der Lage waren, zur Nachuntersuchung in die Augenklinik zu kommen. Ein weiterer Unterschied ist die Auswahl der Patienten. In unserer Studie wurden die ersten Operationen eines Chirurgen gewählt. Möglicherweise gab es hier Unterschiede bezüglich der Indikationsstellung.

Es wird angenommen, die Erwartung der Patienten im Hinblick auf das Operationsergebnis sei zu groß. Da das jedoch in erster Linie in Zusammenhang mit zusätzlichen Erkrankungen steht, liegt der Fehler mehr bei den Ärzten als bei den Patienten. Es ist Aufgabe der Ärzte, durch ausführliche Beratung vor der Operation realistische Erwartungen bei den Patienten zu setzen (18). Auch das scheint sich in unserer Studie zu bestätigen. Aufklärung und Beratung, sowie der Zeitaufwand der Ärzte wurde etwas zurückhaltender bewertet.

Die besten Bewertungen erhielten die Freundlichkeit und Kompetenz der Ärzte sowie die Atmosphäre in der Klinik. In diesen Punkten ist es notwendig, die bisherigen Bemühungen fortzuführen und aufrechtzuerhalten.

Die erreichten guten subjektiven Ergebnisse der Phakoemulsifikation in der Lernphase bestätigen die objektiven Werte. Die befragten Patienten waren nur zu einem kleinen Teil unzufrieden mit dem Ergebnis oder dem Verlauf der Operation und der damit zusammenhängenden Bestandteile.

4.6 Lernkurve

Sicherheit und Erfolg beim Erlernen der Phakoemulsifikation waren bereits das Thema verschiedener Studien. (17, 28, 36, 40). Früher war vor allem der Wechsel von extrakapsulärer Kataraktextraktion zur Phakoemulsifikation von Interesse (29, 40). Heutzutage lernen Operateure häufig direkt die Phakoemulsifikation. Auch in diesem Fall ist die Sicherheit für die Patienten in dieser Lernphase von Bedeutung. Die Dauer der Lernphase wird von den Autoren unterschiedlich bewertet. Es existieren Studien über die ersten 50 bis 3000 Operationen eines angehenden Chirurgen. (17, 40). Eine Abflachung der Lernkurve bei etwa 100 bis 150 Fällen ist sehr häufig beobachtet worden. (17, 20). Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit den ersten 221 Operationen. Diese wurden zum Vergleich aufgeteilt in drei Gruppen. Die ersten beiden Gruppen bestanden aus je 74 Operationen, die letzte aus 73 Operationen.

Die Rate der selbständig durchgeführten Operationen wurde anhand der drei Gruppen miteinander verglichen. Wir stellten fest, dass in Gruppe 1 79,7% der Operationen selbständig durchgeführt wurden. In Gruppe 2 steigerte sich diese Zahl auf 95,9%, und in Gruppe 3 waren es 100% aller Operationen. Der Unterschied zwischen Gruppe 1 und Gruppe 2, sowie zwischen Gruppe 1 und Gruppe 3 war hierbei signifikant. Dies zeigt die Existenz einer Lernkurve, was die Anzahl der selbständig beendeten Operationen betrifft. Bereits nach 74 Operationen kommt es zu einer deutlich erhöhten Selbständigkeit.

Ebenso wurde der Verbrauch an Viskoelastika während der Operation dokumentiert und, auf die Gruppen aufgeteilt, miteinander verglichen. Durchschnittlich wurde in Gruppe 1 eine größere Menge an Healon[®] pro Operation verbraucht, nämlich $1,47 \pm 0,74$ Einheiten. In Gruppe 2 waren es noch $1,18 \pm 0,48$ Einheiten, in Gruppe 3 noch $1,14 \pm 0,35$ Einheiten. Auch hier ist der Unterschied zwischen Gruppe 1 und Gruppe 2, sowie zwischen Gruppe 1 und Gruppe 3 signifikant. Mögliche Gründe für einen erhöhten Verbrauch an viskoelastischer Substanz wurden bereits erwähnt. Ein deutlich geringerer Verbrauch konnte ab Gruppe 2 – nach 74 Operationen – festgestellt werden.

Sicherheit und Erfolg während der Lernphase müssen in irgendeiner Weise quantifiziert werden. Ein Gradmesser für die Sicherheit stellt die Komplikationsrate dar. Die Bedeutung der Komplikationen wurde bereits erörtert. Tabandeh et al. untersuchten die ersten 160 Operationen von 3 Chirurgen und fanden eine Rate an Vitrektomien von 3,8 % (38). Prasad berichtete über eine Häufigkeit von 2,9% in den ersten 102 Operationen (28). Andererseits gibt es Studien wie die von Thomas et al. mit einem Anteil von 13,7% in den ersten 51 Operationen und die von Francis et al., die in 8 von 100 Fällen einen Glaskörperverlust beobachteten (8, 40).

In der vorliegenden Arbeit wurde eine Vitrektomie in 5,4% der ersten 74 Operationen durchgeführt. Diese Rate sank auf 1,4% in der zweiten Gruppe. In den letzten untersuchten 73 Operationen musste keine Vitrektomie durchgeführt werden. Auch die Verminderung dieser Komplikation fand zwischen Gruppe 1 und Gruppe 2 statt.

Kapselruptur und Zonulolyse, sowohl mit als auch ohne Glaskörperverlust, wurden in insgesamt 11 Fällen gefunden. Aufgeschlüsselt in die drei Gruppen bedeutet dies eine Komplikationsrate von 8,1% in Gruppe 1, 2,8% in Gruppe 2 und 1,4% in Gruppe 3. Francis et al. beobachteten in 11 der 100 Fälle eine Ruptur der hinteren Kapsel (8). Bei Martin et al. gab es ebenfalls einen Rückgang nach den ersten 100 Operationen (17). Hier fand sich sogar eine Rate von 20% in den ersten 100, danach eine Rate von 2% in den folgenden 2000 Operationen (17). Prasad hatte eine Häufigkeit von 5,8% in den ersten 102 Operationen (28).

Ein Einriss der vorderen Kapsel bei der Kapsulorhexis kam in Gruppe 2 mit 8,1% am häufigsten vor. In Gruppe 1 lag die Rate bei 5,4%, in Gruppe 3 bei 1,4%. Dass die Intraokularlinse nicht im Kapselsack fixiert werden konnte, kam allerdings in Gruppe 1 am häufigsten vor, zwei sulcusfixierte Linsen und zwei Vorderkammerlinsen waren die Folge. In Gruppe 2 und 3 musste je eine Linse in den Sulcus implantiert werden. Francis berichtete über einen Einriss der vorderen Kapsel in 17 der untersuchten 100 ersten Fälle (8).

Die Komplikationsrate in der vorliegenden Arbeit ist also durchaus vergleichbar mit den Angaben in der Literatur. Kritisch muss man anmerken, dass der Vergleich dieser Zahlen aufgrund der notwendigerweise geringen Fallzahlen etwas schwierig ist. Was die Komplikationen betrifft, scheint eine Lernkurve vor allem zwischen Gruppe 1 und Gruppe 2, also in den ersten 148 Operationen, zu existieren. Die Häufigkeit der Komplikationen vor Abflachung dieser Lernkurve liegt allerdings in einem vertretbaren Rahmen.

Der Erfolg der Operation wird durch den erreichten Visus belegt. Wir maßen den Visus präoperativ, direkt postoperativ sowie bei etwas mehr als der Hälfte der Patienten mindestens 3 Monate postoperativ. Diese Ergebnisse wurden ebenfalls zwischen den Gruppen verglichen. Der präoperative Visus lag durchschnittlich bei 0,24 bis 0,26 mit ähnlicher Standardabweichung in jeder Gruppe. Der Unterschied zwischen den Gruppen war nicht signifikant. Der frühe postoperative Visus lag in Gruppe 2 durchschnittlich am höchsten mit 0,56 und war signifikant höher als der frühe postoperative Visus in Gruppe 1 oder Gruppe 3 mit durchschnittlich 0,45 und 0,47. Langfristig erzielte die Gruppe 2 aber die schlechteren Ergebnisse. Der spät postoperative Visus war in Gruppe 2 am geringsten mit durchschnittlich 0,65 und signifikant geringer als in Gruppe 3 mit 0,79. Gruppe 1 erreichte 0,74. Smeets et al., die die ersten 160 Fälle von insgesamt drei Chirurgen untersuchten, fanden einen postoperativen Visus von 0,5 oder besser in 88% der Augen. Diese Messung fand 6 Wochen postoperativ statt (37). Sowohl in deren als auch in unserer Studie waren Augen mit okulären Vorerkrankungen eingeschlossen. Bei Smeets lag der postoperative Visus in 94% der Fälle bei 0,7 oder besser bei den Augen ohne zusätzliche Erkrankungen (37). Cruz et al. untersuchten 181 Operationen mit Phakoemulsifikation, die von acht Operateuren durchgeführt wurden. Die letzte postoperative Messung wurde mindestens 2 Monate postoperativ oder später durchgeführt. In 92,6% aller Fälle wurde ein Visus von 0,5 oder besser gemessen (4). Unsere Messungen bestätigen die Auffassung von Seward et al., dass die guten Visusergebnisse der Phakoemulsifikation auch während der Lernkurve nicht gefährdet sind (36).

Als weiteren Aspekt in der Betrachtung der Lernkurve wählten wir den operativ induzierten Astigmatismus. Jeweils der früh und spät postoperativ gemessene Hornhautastigmatismus ging in die Berechnung ein. Weder mit der Subtraktionsmethode noch mit der Vektormethode ließ sich zwischen den drei Gruppen ein signifikanter Unterschied feststellen. Mit der Subtraktionsmethode erhielten wir Durchschnittswerte, die von 0,47 dpt (Gruppe 3) – 0,64 dpt (Gruppe 1) reichten, früh postoperativ gemessen. Spät postoperativ lagen sie noch bei 0,34 dpt (Gruppe 1) – 0,43 dpt (Gruppe 2). Bei der Berechnung mit der Vektormethode lagen die Werte höher, früh postoperativ durchschnittlich bei 1,39 dpt (Gruppe 3) – 1,47 dpt (Gruppe 2). Spät postoperativ lagen sie noch im Mittel bei 1,22 dpt (Gruppe 3) – 1,24 dpt (Gruppe 2). Thomas et al. untersuchten die ersten 51 Operationen, die von einem Operateur innerhalb zwei Wochen durchgeführt wurden. Sie berichteten über einen operativ induzierten Astigmatismus von 1,24 dpt bei den mindestens 6 mm breiten Inzisionen, was sehr gut mit unserem Wert übereinstimmt.

Bei den 3mm-Inzisionen lag dieser Wert nur bei 0,66 dpt (40). Seward berechnete den refraktiven Astigmatismus mit der Subtraktionsmethode und berichtet über eine Änderung des Astigmatismus um 1 dpt oder weniger in 85% der ersten 400 Fälle (36). Was die Änderung des Astigmatismus betrifft, so ist die Existenz einer Lernkurve nicht nachzuweisen.

5 Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden die subjektiven und objektiven Ergebnisse während der Lernphase der Phakoemulsifikation evaluiert. Untersucht wurden die ersten 221 Operationen eines einzelnen Operateurs. Diese wurden wiederum aufgeteilt in drei Gruppen, bestehend aus den ersten 74 Operationen, den folgenden 74 Operationen und den letzten 73 Operationen. Die Rate an Komplikationen war insgesamt gering. Die Rate an Vitrektomien betrug 2,3%, die Rate an Hinterkapselrupturen betrug 2,7%. Von Gruppe 1 zu Gruppe 3 konnte eine Abnahme an Komplikationen beobachtet werden. Auch der Verbrauch an Viskoelastikum, sowie das selbständige Beenden der Operation wurde von Gruppe 1 bis Gruppe 3 besser. Die objektiven Operationsergebnisse wurden anhand des Visus sowie des Astigmatismus bestimmt. Beides wurde früh postoperativ (1 – 13 Tage postoperativ) sowie spät postoperativ (mindestens drei Monate postoperativ) bestimmt. Der erreichte Visus war zufriedenstellend im Vergleich zu Daten in der Literatur und abhängig von Vorerkrankungen, wie in der vorliegenden Arbeit gezeigt wurde. Der Astigmatismus wurde gemessen und der operativ induzierte Astigmatismus nach der Subtraktionsmethode und nach der Vektormethode berechnet. Auch die Werte des Astigmatismus entsprachen den in der Literatur angegebenen Werten. Bei einer Betrachtung zwischen den Gruppen konnte ein Unterschied bezüglich des Visus festgestellt werden, allerdings wurde kein Anstieg des Visus von Gruppe 1 zu Gruppe 3 festgestellt. Die Werte des Astigmatismus änderten sich innerhalb der Gruppen nicht. Der subjektive Operationserfolg wurde anhand eines Fragebogens ermittelt, den die Patienten erhielten, die zur späteren postoperativen Untersuchung kamen. 80% der befragten Patienten waren mit der erreichten Sehleistung zufrieden, was der höchsten Bewertung entsprach. Mit der Klinikatmosphäre, der Betreuung und der Kompetenz der Ärzte waren 90% zufrieden. Aufklärung, Beratung zur Nachbehandlung zuhause war für mehr als 87% der Patienten zufriedenstellend.

Die gewonnenen Ergebnisse sind für nicht erfahrene Operateure ermutigend. Die Patienten sind mit dem Operationsergebnis zufrieden, wobei das Augenmerk noch mehr auf die Aufklärung und Visusprognose gerichtet werden sollte. Die akzeptable Komplikationsrate sinkt innerhalb der ersten 150 Operationen, was allerdings keinen Einfluss auf den erreichten Visus zu haben scheint. Keine Probleme bereitet der operativ induzierte Astigmatismus.

Ein interessanter Aspekt, mit dem weitergehende Untersuchungen sich befassen könnten, ist die Indikationsstellung und Patientenauswahl in der Lernphase eines Operateurs.

6 Anhang

Fragebogen zur subjektiven Zufriedenheit

Sehr geehrte Patientin, sehr geehrter Patient,

die folgenden Fragen beziehen sich auf Ihre Staroperation. Bitte kreuzen Sie die am meisten zutreffende Antwort an.

1. Aufklärung

Wie wichtig finden Sie die Aufklärung über den Eingriff und dessen mögliche Komplikationen?

wichtig eher wichtig eher unwichtig unwichtig

Wie zufrieden waren Sie mit der Aufklärung über den Eingriff und dessen mögliche Komplikationen?

zufrieden eher zufrieden eher unzufrieden unzufrieden

2. Beratung

Wie zufrieden waren Sie mit der Beratung zur Nachbehandlung zuhause?

zufrieden eher zufrieden eher unzufrieden unzufrieden

3. Betreuung

Wie zufrieden waren Sie mit der Betreuung während des Aufenthalts durch ärztliches Personal im Hinblick auf
-Freundlichkeit?

zufrieden eher zufrieden eher unzufrieden unzufrieden

-Fähigkeit und Können?

zufrieden eher zufrieden eher unzufrieden unzufrieden

-Zeitaufwand?

zufrieden eher zufrieden eher unzufrieden unzufrieden

Wie zufrieden waren Sie mit der Betreuung während der Operation?

zufrieden eher zufrieden eher unzufrieden unzufrieden

Wie zufrieden waren Sie mit der Atmosphäre in der Klinik?

zufrieden eher zufrieden eher unzufrieden unzufrieden

4. Ergebnis

Wie zufrieden waren Sie mit dem Heilungsprozess nach der Operation?

zufrieden eher zufrieden eher unzufrieden unzufrieden

Wie zufrieden sind Sie mit der Sehleistung nach der Operation?

zufrieden eher zufrieden eher unzufrieden unzufrieden

7 Literatur

1. Allinson RW, Metrikin DC, Fante RG:
Incidence of vitreous loss among third-year residents performing phacoemulsification.
Ophthalmology 99: 726-730 (1992)
2. Azar DT, Stark WJ, Dodick J, Khoury JM, Vitale S, Enger C, Reed C:
Prospective, randomized vector analysis of astigmatism after three-, one-, and no-suture phacoemulsification.
J Cataract Refract Surg 23: 1164-1173 (1997)
3. Budde WM, Jonas JB:
Komplikationen nach Linsenkapselruptur mit Glaskörperprolaps während Routine-Kataraktoperationen.
Klin Monatsbl Augenheilkd 215: 237-240 (1999)
4. Cruz OA, Wallace GW, Gay CA, Matoba AY, Koch DD:
Visual results and complications of phacoemulsification with intraocular lens implantation performed by ophthalmology residents.
Ophthalmology 99: 448-452 (1992)
5. Dam-Johansen M, Olsen T, Theodorsen F:
The long-term course of the surgically-induced astigmatism after a scleral tunnel incision.
Eur J Implant Ref Surg 6: 337-343 (1994)
6. Ernest PH, Neuhann T:
Posterior limbal incision.
J Cataract Refract Surg 22: 78-84 (1996)
7. Feil SH, Crandall AS, Olson RJ:
Astigmatic decay following small incision, self-sealing cataract surgery: one-year follow-up.
J Cataract Refract Surg 21: 433-436 (1995)

8. Francis IC, Irvine S, O'Brien DP, Haylen MJ, Schumacher RS, Alexander S:
Prospective evaluation of one surgeon's first 100 cases of endocapsular phacoemulsification cataract surgery.
Aust N Z J Ophthalmol 21: 147-152 (1993)
9. Gross RH, Miller KM:
Corneal astigmatism after phacoemulsification and lens implantation through unsutured scleral and corneal tunnel incisions.
Am J Ophthalmol 121: 57-64 (1996)
10. Hunold W, Auffarth GU, Bailitis S, Mehdorn E, Wesendahl T:
No-stitch-Tunnelinzision vs. Korneosklerale Inzision. Eine prospektive, randomisierte Studie.
Ophthalmologie 92: 274-279 (1995)
11. Jaffe NS, Clayman HM:
The pathophysiology of corneal astigmatism after cataract extraction.
Tr Am Acad Ophth And Otol 79:615-630 (1975)
12. Jaffe NS:
History of cataract surgery.
Ophthalmology 103: 5-16 (1996)
13. Kammann J, Dornbach G, Cosmar E:
2 Jahre korneale Kleinschnittchirurgie.
Ophthalmologie 92: 266-269 (1995)
14. Kelman CD:
Phaco-emulsification and aspiration. A new technique of cataract removal. A preliminary report.
Am J Ophthalmol 64: 23-35 (1967)
15. Koch DD:
How should we analyze astigmatic data?
J Cataract Refract Surg 27: 1-3 (2001)

16. Kohnen T, Dick B, Jacobi KW:
Comparison of the induced astigmatism after temporal clear corneal tunnel incisions of different sizes.
J Cataract Refract Surg 21: 417-424 (1995)
17. Martin KR, Burton RL:
The phacoemulsification learning curve: per-operative complications in the first 3000 cases of a experienced surgeon.
Eye 14: 190-195 (2000)
18. Mönestam E, Wachtmeister L:
Dissatisfaction with cataract surgery in relation to visual results in a population-based study in Sweden.
J Cataract Refract Surg 25: 1127-1134 (1999)
19. Monka M, Voß W:
Statistik am PC - Lösungen mit Excel.
Carl Hanser Verlag, München Wien, S. 619-642 (1995)
20. Ng DT, Rowe NA, Francis IC, Kappagoda MB, Haylen MJ, Schumacher RS, Alexander SL, Boytell KA, Lee BB:
Intraoperative complications of 1000 phacoemulsification procedures: a prospective study.
J Cataract Refract Surg 24: 1390-1395 (1998)
21. Nielsen PJ:
Prospective evaluation of surgically induced astigmatism and astigmatic keratotomy effects of various self-sealing small incisions.
J Cataract Refract Surg 21: 43-48 (1995)
22. Ohrloff C:
Vergleichende Bewertung von ICCE, ECCE und Phakoemulsifikation.
Fortschr Ophthalmol 87: 14-21 (1990)

23. Ohrloff C, Kohnen T:
Kataraktchirurgie.
In: Biermann H (Hrsg) Augenheilkunde in Deutschland: Bericht zur Lage eines Faches, Hans Biermann Verlag Zülpich, S. 21-27 (1998)
24. Olsen T, Dam-Johansen M:
Evaluating surgically induced astigmatism.
J Cataract Refract Surg 20: 517-522 (1994)
25. Olsen T, Bargum R:
Outcome monitoring in cataract surgery.
Acta Ophthalmol Scand 73: 433-437 (1995)
26. Oshika T, Tsubori S:
Astigmatic and refractive stabilization after cataract surgery.
Ophthalmic Surg 26: 309-315 (1995)
27. Poort-van Nouhuijs HM, Hendrickx KH, van Marle WF, Boesten I, Beekhuis WH:
Corneal astigmatism after clear corneal and corneoscleral incisions for cataract surgery.
J Cataract Refract Surg 23: 758-760 (1997)
28. Prasad S:
Phacoemulsification learning curve: experience of two junior trainee ophthalmologists.
J Cataract Refract Surg 24: 73-77 (1998)
29. Prince RB, Tax RL, Miller DH:
Conversion to small-incision phacoemulsification: experience with the first 50 eyes.
J Cataract Refract Surg 19: 246-250 (1993)
30. Prünte Ch:
Katarakt: Ist die Entwicklung beeinflussbar? In:
Erb C, Flammer J (Hrsg) Risikofaktoren für Augenerkrankungen, Verlag Hans Huber, Bern, S. 269-277 (1999)

31. Rauber M, Grewing R, Mester U:
Berechnung des induzierten, computertopographisch gemessenen
Hornhautastigmatismus nach Kataraktchirurgie mit Kleinschnitttechnik und
Wundverschuß mit Einzelnahttechnik anhand verschiedener mathematischer
Modelle.
Ophthalmologie 90: 336-338 (1993)
32. Ravalico G, Tognetto D, Baccara F, Lovisato A:
Corneal endothelial protection by different viscoelastics during
phacoemulsification.
J Cataract Refract Surg 23: 433-439 (1997)
33. Sasse CH:
Geschichte der Augenheilkunde.
In: Thiel R (Hrsg) Bücherei des Augenarztes, Heft 18, Ferdinand Enke Verlag
Stuttgart, S. 9-40 (1947)
34. Schneider T:
Sekundäre Trübungen der hinteren Linsenkapsel und ihre Durchtrennung mit Nd-
YAG-Laser.
Ophthalm-Chirurgie 3: 61-74 (1991)
35. Seiler T, Wollensak J:
Über die mathematische Darstellung des postoperativen regulären
Hornhautastigmatismus.
Klin Monatsbl Augenheilkd 203: 70-76 (1993)
36. Seward HC, Dalton R, Davis A:
Phacoemulsification during the learning curve: risk/ benefit analysis.
Eye 7: 164-8 (1993)
37. Smeets B, Tabandeh H, Teimory M, Seward H:
Learning phaco in a teaching environment.
Bull Soc Belge Ophthalmol 249: 23-28 (1993)

38. Tabandeh H, Smeets B, Teimory M, Seward H:
Learning phacoemulsification: the surgeon-in-training.
Eye 8: 475-477 (1994)
39. Tarbet KJ, Mamalis N, Theurer J, Jones BD, Olsen RJ:
Complications and results of phacoemulsification performed by residents.
J Cataract Refract Surg 21: 661-665 (1995)
40. Thomas R, Braganza A, Raju R, Lawrence, Spitzer KH:
Phacoemulsification - a senior surgeon's learning curve.
Ophthalmic Surg 25: 504-509 (1994)
41. Uusitalo RJ, Ruusuvaara P, Jarvinen E, Raivio I, Krootila K:
Early rehabilitation after small incision cataract surgery.
Refract Corneal Surg 9: 67-70 (1993)
42. Watson A, Sunderraj P:
Comparison of small-incision phacoemulsification with standard extracapsular
cataract surgery: post-operative astigmatism and visual recovery.
Eye 6: 626-629 (1992)
43. Weindler J, Spang S, Weik R, Ruprecht KW:
Ist eine kraniale 6 mm "No-stitch"-Tunnelinzision bei einem Astigmatismus gegen
die Regel kontraindiziert?
Klin Monatsbl Augenheilkd 208: 428-430 (1996)
44. Werblin TP:
Astigmatism after cataract extraction: 6-year follow up of 6,5- and 12-millimeter
incisions.
Refract Corneal Surg 8: 448-458 (1992)