

Aus der Klinik für Augenheilkunde Campus Virchow-Klinikum
der Medizinischen Fakultät Charité – Universitätsmedizin Berlin

DISSERTATION

Ergebnisse und Komplikationen
der kindlichen Kataraktchirurgie am Campus Virchow-Klinikum
von 2010 bis 2014

zur Erlangung des akademischen Grades
Doctor medicinae (Dr. med.)

vorgelegt der Medizinischen Fakultät
Charité – Universitätsmedizin Berlin

von

Roland-Benjamin Bury

aus Wangen im Allgäu

Datum der Promotion: 25.06.2023

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis.....	4
Abbildungsverzeichnis.....	7
Tabellenverzeichnis.....	9
1 Abstrakt / Abstract.....	11
1.1 Zusammenfassung.....	11
1.2 Summary.....	12
2 Einleitung und Fragestellung.....	14
2.1 Kindliche Sehstörungen.....	14
2.2 Die kindliche Katarakt.....	16
2.3 Kindliche Kataraktchirurgie.....	21
2.3.1 Kataraktchirurgie und kindliche Kataraktchirurgie.....	21
2.3.2 Kindliche Kataraktchirurgie an der Charité.....	23
2.4 Komplikationen der kindlichen Kataraktchirurgie.....	25
2.4.1 Nachstar.....	25
2.4.2 Sekundärglaukom.....	26
2.4.3 Weitere mögliche Komplikationen.....	28
2.5 Intraokularlinse.....	31
2.6 Untersuchungsmethoden.....	33
2.6.1 Diagnostik der kindlichen Katarakt.....	33
2.6.2 Visuserhebung im Kindesalter.....	34
2.6.3 Messung der Refraktion.....	37
2.6.4 Bestimmung des Intraokulardrucks.....	38
2.7 Ziele der Arbeit.....	39
3 Methodik.....	41
3.1 Ein- und Ausschlusskriterien.....	41
3.2 Datenerhebung.....	42
3.3 Statistische Auswertung: Verfahren und Methoden.....	44

4	Ergebnisse	48
4.1	Überblick	48
4.2	Operationszeitpunkt.....	50
4.3	Visusentwicklung.....	52
4.4	Komplikationen.....	67
4.5	Linsenimplantation.....	80
4.6	Druckentwicklung	84
4.7	Refraktionsentwicklung.....	85
4.8	Ätiologie, Schwangerschaft und Geburt	87
5	Diskussion.....	94
5.1	Studienparameter	94
5.2	Interpretation der Ergebnisse	95
5.2.1	Visusentwicklung	95
5.2.2	Komplikationen	100
5.2.3	Linsenimplantation	107
5.2.4	Druckentwicklung.....	110
5.2.5	Refraktionsentwicklung.....	111
5.2.6	Ätiologie, Schwangerschaft und Geburt.....	113
5.3	Schlussfolgerung.....	115
5.4	Ausblick.....	117
6	Literaturverzeichnis	119
7	Anhang.....	129
8	Eidesstattliche Versicherung	136
9	Lebenslauf.....	137
10	Danksagung.....	138

Abkürzungsverzeichnis

ALL	akute lymphatische Leukämie
BCV	best corrected vision
BCVA	best corrected visual acuity
BIL	Bag-in-the-Lens
BSS	balanced salt solution
cc	cum correctione
CCFDN	congenitale Katarakt, faciale Dysmorphie und Neuropathie
cdf	kumulative Dichtefunktion
CDR	cup-disc-ratio
CF	counting fingers
chisq	Chi-Quadrat
CMV	Zytomegalievirus
CTG	Kardiotokogramm
CVI	cerebrale visuelle Informationsverarbeitungsstörung
CVK	Campus Virchow-Klinikum der Charité
Diff	Differenz
dpt	Dioptrie
ECCE	extrakapsuläre Kataraktextraktion
FA	Familienanamnese
FCPL	forced-choice preferential looking
FEVR	familiäre exsudative Vitreoretinopathie
FZ	Fingerzählen
GvHD	graft-versus-host disease
HBW	Handbewegungen
HIV	human immunodeficiency virus
HM	hand motion
HWI	Harnwegsinfekt
IATS	Infant Aphakia Treatment Study
IBM	International Business Machines Corporation
ICCE	intrakapsuläre Kataraktextraktion
ICD	internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme

idf	inverse Dichtefunktion
IOL	Intraokularlinse
LA	linkes Auge
LEA, LH	Lea Hyvärinen
LLC	Limited Liability Company
logMAR	logarithm of minimum angle of resolution
LP	light perception
LPCP	light perception with projection
LSP	Lichtscheinprojektion
LSW	Lichtscheinwahrnehmung
MAR	minimum angle of resolution
max	Maximum
min	Minimum
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
MS	Microsoft
N	Anzahl
Nd:YAG-Laser	Neodymium-dotierter Yttrium-Aluminium-Granat-Laser
NLP	no light perception
OP	Operation
OPS	Operationen- und Prozedurenschlüssel
<i>p</i>	partieller Visus (ein Testzeichen nicht erkannt)
p	p-Wert
p_kor	korrigierter p-Wert
PFV	persistierende fetale vaskuläre Strukturen
PHPV	persistierender hyperplastischer primärer Vitreus
PMMA	Polymethylmetacrylat
<i>pp</i>	partieller Visus (zwei Testzeichen nicht erkannt)
Q1	erstes Quartil
Q3	drittes Quartil
RA	rechtes Auge
SAP	SAP Societas Europaea (Systeme, Anwendungen, Produkte)
sc	sine correctione
sd	standard deviation
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences

SS	Schwangerschaft
SSW	Schwangerschaftswoche
TAC	Teller Acuity Cards
TORCH	Toxoplasmosis, Other, Röteln, CMV, Herpes-simplex-Virus
TRD	tapetoretinale Dystrophie
U2	zweite Kindervorsorgeuntersuchung
U7	siebte Kindervorsorgeuntersuchung
V0	Visite 0
V1	Visite 1
VA	vorderer Augenabschnitt
VAO	visual axis opacification
Vmax	letzte Visite
WAUGEN	Augenheilkunde Berlin Wedding (CVK)
z	z-Wert
ZNS	zentrales Nervensystem

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: „Kongenitale und juvenile Katarakte“ (Sachsenweger et al. [22])	19
Abbildung 2: Diagnosen	48
Abbildung 3: Eingriffe im Beobachtungszeitraum	49
Abbildung 4: Altersverteilung	50
Abbildung 5: Altersverteilung in Altersgruppe 1	51
Abbildung 6: Visus (logMAR) monokular, alle operierten Augen, Visite V0, V1 und Vmax, Altersgruppe 1 bis 3	52
Abbildung 7: Visus (logMAR) monokular, ohne (aphak) und mit Linse (pseudophak) operiert, Visite Vmax, Altersgruppe 1 bis 3.....	55
Abbildung 8: Δ -Visus (logMAR) monokular, alle operierten Augen, ohne und mit Komplikation, Δ Vmax-V0, Altersgruppe 1 bis 3	56
Abbildung 9: Δ -Visus (logMAR) monokular, einseitig und beidseitig operiert, Δ Vmax-V0, alle Altersgruppen.....	57
Abbildung 10: Δ -Visus (logMAR) monokular, ein- und beidseitig operiert, mit und ohne Komplikation, Δ Vmax-V0, Altersgruppe 1	58
Abbildung 11: Δ -Visus (logMAR) monokular, ein- und beidseitig operiert, mit und ohne Komplikation, Δ Vmax-V0, Altersgruppe 2	59
Abbildung 12: Visus (logMAR) monokular, nicht operierte (gesunde) Augen, Visite V0 und Vmax, alle Altersgruppen	60
Abbildung 13: Visus (logMAR) monokular, alle operierten Augen, Visite V0, V1 und Vmax, alle Altersgruppen	61
Abbildung 14: Δ -Visus (logMAR) monokular, nicht operiert und operiert, Δ Vmax-V0, alle Altersgruppen	62
Abbildung 15: prozentualer Ist- vom Soll-Visus (%), monokular, alle operierten Augen, Visite V0 und Vmax, alle Altersgruppen	65
Abbildung 16: prozentualer Ist- vom Soll-Visus (%), monokular, alle operierten Augen, Visite V0 und Vmax, Altersgruppe 1 bis 3	66
Abbildung 17: Ausprägung der Amblyopie nach Altersgruppen.....	74
Abbildung 18: Zeit und Rate ohne Komplikation (Kaplan-Meier-Kurven) nach Altersgruppen	75
Abbildung 19: Zeit und Rate ohne Komplikation (Kaplan-Meier-Kurven) aphak und pseudophak.....	77

Abbildung 20: Zeit und Rate ohne Komplikation (Kaplan-Meier-Kurven) aphak und pseudophak für Altersgruppe 1 und 279

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: „Entwicklung visueller Fähigkeiten“ (Zihl et al. [1] modifiziert nach Reinis und Goldman [10])	15
Tabelle 2: mögliche Ursachen bilateraler kongenitaler Katarakt (nach Bowling und Tönjes [14]).....	17
Tabelle 3: Formen kongenitaler und juveniler Katarakte, Erläuterungen zu Abbildung 1 ³ (nach Sachsenweger et al. [22])	19
Tabelle 4: „Normales visuelles Verhalten in den ersten 12 Monaten“ (Zihl et al. [1] modifiziert nach Hyvärinen [70])	35
Tabelle 5: Durchschnittliche visuelle Entwicklung von 89 Kindern im Alter von 24 bis 48 Monaten (modifiziert nach Lithander [71])	36
Tabelle 6: low vision (nach Grover et al. [76]).....	45
Tabelle 7: Beobachtungszeitraum in Jahren.....	49
Tabelle 8: Altersverteilung in Monaten	51
Tabelle 9: Visus (logMAR) monokular, ohne Linse operiert (aphake Gruppe), Visite V0 und Vmax, Altersgruppe 1 bis 3.....	53
Tabelle 10: Visus (logMAR) monokular, mit Linse operiert (pseudophake Gruppe), Visite V0 und Vmax, Altersgruppe 1 bis 3	54
Tabelle 11: prozentuale Visusentwicklung der Referenzgruppe (Ist-Visus operierte Augen / Soll-Visus gesunde Augen)	63
Tabelle 12: Referenzkurve Soll-Visus.....	64
Tabelle 13: prozentuale Visusentwicklung der Gesamtstichprobe (Ist-Visus operierte Augen / Soll-Visus Referenzkurve).....	64
Tabelle 14: Komplikationen und Ereignisse.....	68
Tabelle 15: Komplikationen und Altersgruppen	69
Tabelle 16: Befunde bei letzter Visite (Vmax).....	71
Tabelle 17: Ausprägung der Amblyopie.....	73
Tabelle 18: Zeit und Rate ohne Komplikation nach Altersgruppen (Log-Rank-Test).....	76
Tabelle 19: Zeit und Rate ohne Komplikation aphak und pseudophak (Log-Rank-Test)	77
Tabelle 20: Zeit und Rate ohne Komplikation aphak und pseudophak für Altersgruppe 1 und 2 (Log-Rank-Test)	78
Tabelle 21: primäre Linsenimplantation	80

Tabelle 22: sekundäre Linsenimplantation	81
Tabelle 23: Linsen und Komplikationen.....	82
Tabelle 24: Linsen, Nachstar und Glaukom.....	83
Tabelle 25: Entwicklung des Intraokulardrucks.....	84
Tabelle 26: Refraktionsentwicklung (in Dioptrien).....	86
Tabelle 27: Ätiologie	88
Tabelle 28: Schwangerschaft	89
Tabelle 29: Entbindung und Geburtsgewicht.....	91
Tabelle 30: Entbindung und Schwangerschaftswoche	92
Tabelle 31: Art der Entbindung und kongenitale Katarakt (chi ²)	93
Tabelle 32: Art der Entbindung und Komplikationen (chi ²)	93

1 Abstrakt / Abstract

1.1 Zusammenfassung

Hintergrund: Eine Katarakt ist im Kindesalter selten, birgt aber die Gefahr der Amblyopie bis hin zur Erblindung. In der Klinik für Augenheilkunde der Charité werden jährlich etwa 40 Kataraktoperationen an Kindern und Jugendlichen durchgeführt.

Methoden und Patienten: Diese Studie untersucht 140 Patienten retrospektiv. Im Zeitraum Januar 2010 bis Dezember 2014 wurden 199 Augen kataraktchirurgisch operiert, 118 Augen bilateral und 81 unilateral. Davon waren 112 Fälle eine *Cataracta congenita*, 43 Fälle eine *Cataracta complicata*, 25 Fälle eine *Cataracta juvenilis* und 13 Fälle eine *Cataracta traumatica*. 77 Augen blieben aphak (linsenlos), 112 hatten eine primäre und 10 Augen eine sekundäre Intraokularlinsenimplantation.

Das durchschnittliche Alter zum Zeitpunkt der Operation betrug $5,06 \pm 5,13$ Jahre (2 Wochen bis 20,14 Jahre), eingeteilt in Altersgruppe 1: 2 Wochen bis 9 Monate (65 Augen), Altersgruppe 2: >9 Monate bis 6 Jahre (65 Augen) und Altersgruppe 3: >6 bis 20,14 Jahre (69 Augen). Die postoperative Nachbeobachtungszeit war durchschnittlich $2,06 \pm 1,5$ Jahre (1 Tag bis 5,75 Jahre).

Resultate: Die Visusverbesserung durch die Operation betrug median 52,9% ($p < 0,001$), mit einer tendenziell besseren Visusprognose für die pseudophake gegenüber der aphaken Gruppe ($p = 0,08$) und der bilateral betroffenen gegenüber der unilateral betroffenen Augen ($p = 0,071$). Der präoperative Visus zeigte sich mit den Altersgruppen zunehmend ($p < 0,001$), postoperativ fand sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Altersgruppen ($p = 0,117$). Eine frühzeitige, im Vergleich zu einer späteren Operation, zeigte ein geringeres Amblyopierisiko ($p = 0,039$).

37,7% der operierten Augen zeigten bei letzter Visite postoperativ einen altersentsprechenden Visus, 32,6% eine leichte Amblyopie, bei 12,1% zeigte sich eine mittlere und bei 17,6% eine tiefe Amblyopie.

Postoperative Komplikationen traten im Beobachtungszeitraum bei 43,7% der Eingriffe auf: Ein Nachstar bei 25,1%, Glaukom und Glaukomverdacht bei 22,1%, kontaktlinsenassoziierter konjunktivaler Reizzustand (nur aphake Gruppe) bei 6,5%, Synechien bei

5,5% und Ablatio retinae bei 3,5%. Ein Strabismus lag bei letzter Visite postoperativ bei 37,1% und ein Nystagmus bei 25,7% der operierten Kinder vor.

Die Zeit ohne Komplikation (Kaplan-Meier-Verfahren) erreichte in Altersgruppe 1 median 4,06 Jahre, in Altersgruppe 2 median 2,51 Jahre und 1,61 Jahre median in Altersgruppe 3. Für die pseudophake Gruppe war sie median 1,73 Jahre lang und für die aphake Gruppe median länger als der Beobachtungszeitraum (>5 Jahre).

Schlussfolgerung: Der kataraktchirurgische Eingriff bei der kindlichen Katarakt verbessert die Prognose bezüglich des Amblyopierisikos und der Visusentwicklung. Der Eingriff bleibt nicht ohne Risiko für postoperative Komplikationen, wobei aber insbesondere ein erhöhtes Glaukomrisiko durch frühzeitigen Eingriff (ab der 3. Lebenswoche) oder durch die Linsenimplantation nicht gezeigt werden konnte.

1.2 Summary

Background: While the incidence of pediatric cataracts is low, it bears a high risk of amblyopia or blindness. The department of ophthalmology at the Charité performs about 40 pediatric cataract surgeries a year.

Methods and patients: This retrospective thesis studies 140 patients. From January 2010 to December 2014 199 eyes went through cataract extraction, 118 bilateral and 81 unilateral. 112 eyes had a primary, 10 eyes a secondary IOL implantation. 77 eyes remained aphakic. The diagnoses were 112 cases of congenital, 43 cases of secondary, 25 cases of juvenile and 13 cases of traumatic cataract.

Mean age at surgery was 5.06 years with a standard deviation of 5.13 years (2 weeks to about 20 years), divided into age group 1 (65 eyes) age ranges from 2 weeks of age to 9 months, age group 2 (65 eyes) >9 months to 6 years, and age group 3 (69 eyes) >6 months to 20 years. Average observation period after surgery was 2.06 years with a standard deviation of 1.5 (1 day to 5.75 years).

Results: Median improvement of visual acuity was 52.9% ($p < 0.001$), tending to better outcomes for the pseudophakic group than the aphakic group ($p = 0.08$) and for the bilateral group than for the unilateral group ($p = 0.071$). Preoperative visual acuity was better

in older age groups ($p < 0.001$), while postoperative there was no significant difference ($p = 0.117$). Early compared to later surgery showed lower risk of amblyopia ($p = 0.039$).

At the last postoperative follow-up examination, 37.7% of the operated eyes showed age-appropriate visual acuity, while 32.6% showed mild, 12.1% moderate and 17.6% severe amblyopia.

Postoperative complications occurred in 43.7%: visual axis opacification (VAO) 25.1%, glaucoma and glaucoma suspect 22.1%, conjunctival irritation due to contact lenses (aphakic group only) 6.5%, synechia 5.5% and Ablatio retinae 3.5%.

At last follow-up, strabismus was present in 37.1% and nystagmus in 25.7% of the operated children.

Median time to complication (Kaplan-Meier analysis) was 4.06 years in age group 1, 2.51 years in age group 2 and 1.61 years in age group 3. The pseudophakic group had a median time to complication of 1.73 and the aphakic group of >5 years.

Conclusion: Pediatric cataract surgery improves visual acuity and helps preventing amblyopia, visual impairment and blindness. There remains a high risk of adverse events after pediatric cataract surgery. However, in particular higher risk of glaucoma was not found for early surgery (from 2 weeks of age) or IOL implantation.

2 Einleitung und Fragestellung

2.1 Kindliche Sehstörungen

Sehstörungen im Kindesalter stellen ein besonderes Problem dar, da diese nicht nur die Entwicklung der visuellen Wahrnehmung beeinflussen, sondern aufgrund der Bedeutung der visuellen Wahrnehmung und der engen Verbindung zur Entwicklung des zentralen Nervensystems (ZNS), die gesamte Entwicklung eines Kindes beeinträchtigen können, u.a. insbesondere bzgl. Aufmerksamkeit, Lernen, Gedächtnis, exekutiver Funktionen, Sprache, Emotionen, Antrieb, Motivation und Sozialverhalten. [1]

Zu unterscheiden sind Sehstörungen im zentralen visuellen System, der Sehrinde (visueller Cortex im Lobus occipitalis), aufgrund von Entwicklungsstörung oder Schädigung des ZNS, von Störungen im peripheren visuellen System, dem Augapfel (Bulbus oculi), aufgrund von Fehlentwicklung oder Schädigung und hier speziell der lichtbrechenden Medien. Persistiert eine Sehstörung des peripheren visuellen Systems, so entwickelt sich eine Amblyopie bzw. bei Linsentrübungen wie Katarakt, eine Deprivationsamblyopie, eine Schwachsichtigkeit des betroffenen Auges, unter Beeinträchtigung der Ausreifung der zentralen Anteile, in den ersten Lebenswochen, -monaten und insbesondere vor dem zweiten Lebensjahr. [1] [2] [3] [4] [5]

Das Amblyopierisiko ist bei einer einseitigen Schädigung besonders groß, da die Sehinformationen des geschädigten, schwächeren, zu Gunsten des besseren Auges „unterdrückt“ werden, was bei geringer Ausprägung und nach entsprechender Intervention, durch eine konsequente Okklusionsbehandlung (zeitweises Abkleben des besseren Auges) teilweise reversibel ist. [2] [4] [6] Eine beidseitige Amblyopie kann jedoch auch zu einer auf Handbewegungen (HBW), Lichtschein oder Hell-Dunkel-Wechsel reduzierten Wahrnehmung führen. [7] [8]

Mit einer besonders kritischen Phase vor dem zweiten bis dritten Lebensmonat, entwickelt sich eine Amblyopie in ihrer Ausprägung insgesamt umso tiefer, je früher sie entsteht. [9] Eine die Sehfähigkeit einschränkende Schädigung des peripheren visuellen Systems bei Neugeborenen und Kindern, sollte deshalb, wenn sie operabel ist, so früh wie möglich operativ korrigiert werden, um der Entwicklung einer Amblyopie entgegen

zu wirken und die Chancen auf eine normale Sehschärfeentwicklung sowie normale Entwicklung der visuellen Fähigkeiten zu verbessern. [1]

Die normale Entwicklung der visuellen Fähigkeiten der ersten zwölf Lebensmonate wird in Tabelle 1 aufgezeigt.

Tabelle 1: „Entwicklung visueller Fähigkeiten“¹
(Zihl et al. [1] modifiziert nach Reinis und Goldman [10])

Alter	Fähigkeiten
Geburt	Blinks (kurzer Lidschluss) auf helles Licht langsame Pupillenreaktionen auf Tageslicht sehr begrenzte Akkommodation Sehschärfe etwa 20/150 Reaktionen auf Bewegung, Farbe und Licht blickmotorisches Abtasten der Umgebung in etwa 5-10% der Wachzeit okulomotorische Suchbewegungen (z. B. auf Lichtquelle) in einem begrenzten Radius (etwa 45 Grad)
1.-2. Lebensmonat	Schwelle für Licht sinkt ab, Sehschärfe nimmt zu Suchbewegungen in einem Radius von 60-90 Grad Augenfolgebewegungen werden präziser beginnendes Binokularsehen ab etwa der 6. Woche
2.-4. Lebensmonat	Zunahme der Akkommodation konjugierte Augenbewegungen in allen Blickrichtungen Lidschluss bei plötzlichen Bewegungen vor den Augen Ausweitung der Suchbewegungen auf einen Radius von 180 Grad blickmotorisches Abtasten der Umgebung in etwa 30-40 % der Wachzeit betrachtet die eigene Hand beim Spielen zeigt Abwehrreaktionen bei Objekten, die sich auf einem Kollisionskurs nähern
4.-6. Lebensmonat	weiterer Anstieg der Sehschärfe Binokularsehen ist etabliert visuelles Erkennen einzelner Objekte und Personen (Gesichter) möglich
6.-12. Lebensmonat	die Sehschärfe beträgt 20/100 Meiden visueller Tiefe

Bei einer zu einem späteren Zeitpunkt im Leben erworbenen Störung des peripheren visuellen Systems ist eine Intervention weniger dringlich, da die Entwicklung der Sehfähigkeit (die sogenannte „sensitive Phase“) etwa bis zum Ende des sechsten Lebensjahres abgeschlossen ist und nach etwa dem 10. Lebensjahr nur geringe Amblyopiegefahr besteht, welche jedoch nicht völlig auszuschließen ist. [8] [11]

¹ Mit freundlicher Genehmigung des Springer Nature Verlags (Lizenznummer 4939360105831).

Lesueur et al. konstatieren, dass bei der kongenitalen Katarakt weniger das Alter zum Zeitpunkt des Eingriffs, als vielmehr die Durchführung vor Eintritt einer (fovealen) Funktionsbeeinträchtigung ausschlaggebend für das Ergebnis sei. [12]

2.2 Die kindliche Katarakt

Eine Katarakt (grauer Star) ist eine Trübung der Linse des Auges (Lens cristallina), welche die Sicht des Betroffenen einschränkt und bei stärkerer Ausprägung zur Erblindung führen kann. Der Begriff Katarakt stammt aus dem Griechischen und bedeutet „Wasserfall“, da man glaubte, die Trübung entstehe durch eine Flüssigkeit, die, aus dem Gehirn kommend, im Auge „heruntergelaufen“ sei. Der deutsche Begriff Star kommt vom starren Blick, der bei Betroffenen zu beobachten ist, und grau, da die Trübung im Auge grau/weißlich zu sehen ist. [13]

Die Katarakt wird als eine Erkrankung der Augen des älteren Menschen (Cataracta senilis) angesehen und gilt als typische Alterungserscheinung der Linse, welche sich über Jahre entwickelt. Symptome sind zunehmende Blendeffekte, vermindertes Kontrastsehen und eine abnehmende Sehschärfe. Es kann sich ein Sekundärglaukom (siehe 2.4.2) entwickeln. Unbehandelt kann es zur Erblindung kommen. Im Unterschied zur senilen Katarakt entsteht die kindliche Katarakt nicht als Alterserscheinung sondern oftmals aufgrund einer Störung während der intrauterinen Entwicklung der Linse. Unbehandelt droht die Entstehung einer Amblyopie (s.u.) und ebenfalls die Erblindung. Von 10.000 Kindern werden etwa 3 mit einer Katarakt geboren oder es manifestiert sich diese im ersten Lebensjahr. Man spricht von einer „kongenitalen“ Katarakt (Cataracta congenita). [14] [15] [16]

Unter einer „kongenitalen“ oder „frühkindlichen“ Katarakt, versteht man nach der Definition von Zihl et al. eine Katarakt, die pränatal, perinatal oder postnatal, also vorgeburtlich, unter der Geburt oder kurz nach der Geburt entsteht, bzw. ihre Ursache hat. [7] [1]

Die beidseitige kongenitale Katarakt ist weltweit noch immer einer der Hauptgründe für die Erblindung von Kindern, der potenziell behandelbar ist und somit vermeidbar wäre.

[9] [17] [18] [19] Nach Zetterström et al. waren es 2005 etwa 5-20% der Fälle kindlicher Erblindung, die durch eine kongenitale Katarakt verursacht wurden. [9]

Zu etwa einem Drittel tritt die kongenitale Katarakt nur auf einem Auge, unilateral auf, sporadisch, bei sonst gesunden Kindern. Die anderen zwei Drittel der Kinder sind beid-seits (bilateral) betroffen. Die bilaterale kongenitale Katarakt ist zu etwa 25% erblich bedingt (autosomal-dominant), bei positiver Familienanamnese oder kann aufgrund wei-terer Ursachen entstehen, u. a. wie sie in Tabelle 2 aufgeführt sind. [14] [20] [21]

Die bilaterale kongenitale Katarakt ist oft mit weiteren Fehlbildungen der Augen verge-sellschaftet, wie Mikrophthalmus (verkleinerter Augapfel) oder Uveakolobom (Spaltbil-dung der mittleren Augenhaut). [8]

Tabelle 2: mögliche Ursachen bilateraler kongenitaler Katarakt
(nach Bowling und Tönjes [14])

Stoffwechselerkrankungen	Galaktosämie Lowe-Syndrom Morbus Fabry Mannosidose Hyper- oder Hypoglykämie Hypoparathyreoidismus
Intrauterin (während der ersten drei Monate)	Infektionen während der Schwangerschaft (TORCH): <ul style="list-style-type: none"> • Toxoplasmose • Others: Varizellen, Masern, HIV, Syphilis • Röteln (häufigste Ursache [22] [23]) • CMV (Zytomegalievirusinfektion) • Herpes simplex Röntgenstrahlung Medikamente während der Schwangerschaft
Chromosomenabberationen	Trisomie 21 (Down-Syndrom) [24] Trisomie 18 (Edwards-Syndrom)

Als eine der Ursachen einer unilateralen, isolierten Katarakt findet sich Früh-geburtschaft, häufig vor der vollendeten 32. Schwangerschaftswoche, und (damit ver-bunden) ein geringes Geburtsgewicht. [25] Es wird ein bis zu viermal höheres Vorkom-

men einer isolierten Katarakt bei einem Geburtsgewicht von weniger als 2500g beschrieben. [15] [26]

Auch ein persistierender hyperplastischer primärer Glaskörper (PHPV²) kann die Ursache einer unilateralen Kataraktentstehung sein (sehr selten auch bilateral). Es handelt sich hierbei um eine stark mit Gefäßen durchsetzte Struktur, die während der Embryonalzeit bei der Entstehung der Augen angelegt wird und sich normalerweise vollständig zurückbildet. Ein PHPV hat die Tendenz zu schrumpfen, sodass neben der Linseneintrübung oft auch ein Mikrophthalmus und/oder eine Mikrokornea besteht. Die sorgfältige operative Versorgung führt hier nicht selten zu nur geringer Verbesserung der Sehfähigkeit bzw. des Visus, ist mit einer hohen Komplikationsrate vergesellschaftet (intra- oder postoperative Blutung, Netzhautablösung), aber dennoch notwendig, da andernfalls der vollständige Verlust des betroffenen Auges droht. [27] [8] Müllner-Eidenböck et al. berichten hier jedoch auch, bei möglichst frühem operativem Vorgehen, „[...] teilweise überraschend gute Visus-Ergebnisse [...]“ [28] erzielt zu haben. Sie konstatieren, dass bei jeder unilateralen kongenitalen Katarakt während des operativen Eingriffs mit einem (zuvor unbekanntem) PHPV und damit verbundenen Blutungen gerechnet werden sollte. [28]

Umgekehrt besteht aber auch der Verdacht, dass eine unbehandelte kongenitale Katarakt, sowohl uni- als auch bilateral, weitere Erkrankungen (beispielsweise granulomatöse Uveitiden) in den betroffenen Augen auslösen könnte. [29]

Die juvenile Katarakt (Cataracta juvenilis) als „erworbene“ Katarakt tritt später auf, d.h. nach dem ersten Lebensjahr. Sachsenweger et al. beschreiben die Cataracta complicata, der eine andere Augenerkrankung zu Grunde liegt, als mögliche Begleiterscheinung beispielsweise einer Uveitis oder nach dem 10. Lebensjahr auch bei einer atopischen Dermatitis (Cataracta syndermatotica). [22] [30]

Eine traumatische Katarakt (Cataracta traumatica) entsteht als Folge von Verletzungen, meist durch Perforation oder Kontusion und bedarf in der Regel einer schnellen operativen Intervention, da bei Eröffnung der Linsenkapsel durch Quellung die Gefahr eines starken Anstiegs des Intraokulardrucks besteht (siehe auch 2.6.4). [8]

² In neueren Veröffentlichungen auch als persistierende fetale vaskuläre Strukturen (PFV) bezeichnet.

Abbildung 1: „Kongenitale und juvenile Katarakte“³ (Sachsenweger et al. [22])

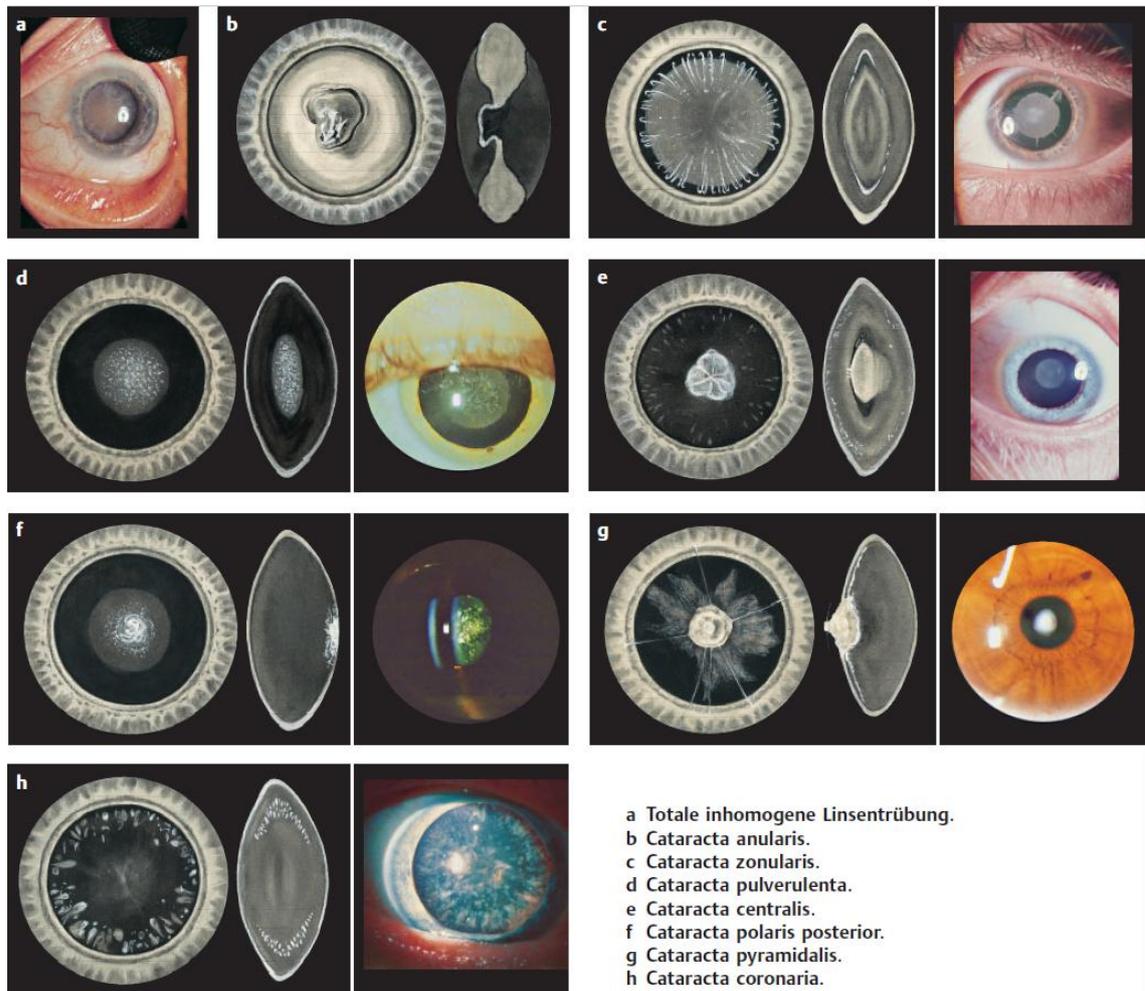


Tabelle 3: Formen kongenitaler und juveniler Katarakte, Erläuterungen zu Abbildung 1³ (nach Sachsenweger et al. [22])

a	Cataracta totalis	eine komplette Trübung der Linse, wie sie uni- oder bilateral auftreten kann
b	Cataracta anularis	zentral ist diese Linse nur eine Membran und peripher eingetrübt
c	Cataracta zonularis	die embryonale Schicht ist getrübt, die Trübungsstreifen werden „Reiterchen“ genannt
d	Cataracta pulverulenta	der Kern ist pulverartig getrübt
e	Cataracta centralis	der Kern ist verhältnismäßig gering getrübt
f	Cataracta polaris	vorderer oder hinterer Linsenpol ist getrübt
g	Cataracta pyramidalis	Poltrübung mit pyramidenförmiger Ausstülpung
h	Cataracta coronaria	leichte Trübung im Linsenrand

³ Mit freundlicher Genehmigung des Georg Thieme Verlags (Lizenznummer 4801370903043).

Mögliche Formen kongenitaler und juveniler Katarakte sind in Abbildung 1 veranschaulicht und werden in Tabelle 3 erläutert.

Die Cataracta coronaria ist eine juvenile Katarakt, bei der bilateral eine leichte Trübung kranzförmig im Linsenrand auftritt. Etwa ab dem dritten Lebensjahr entsteht sie bei ca. 25% der Menschen und hat zunächst keine Auswirkung auf den Visus, weshalb zunächst auch keine Behandlung notwendig wird. Im höheren Alter kann sie aber die Entwicklung einer senilen Katarakt begünstigen. [22]

Aufgrund des erhöhten Risikos für ein Sekundärglaukom (siehe 2.4.2) sollte nach Bowling et al. vor der vierten Lebenswoche kein kataraktchirurgischer Eingriff vorgenommen werden. [14] Weniger stark ausgeprägte oder später erworbene Katarakte beim älteren Kind, können zunächst engmaschig kontrolliert und bei Einschränkung der Sehfähigkeit zu einem späteren Zeitpunkt operiert werden. [14]

Eine Operationsindikation besteht aufgrund der Gefahr einer Deprivationsamblyopie (siehe 2.1) aber auch, um der Entstehung eines Strabismus (Schielen) oder Nystagmus (unkontrollierte, rhythmische Augenbewegungen) vorzubeugen, bereits im Alter von vier bis 10 Wochen für stark ausgeprägte Katarakte. Bilaterale Katarakte sollten möglichst zwischen der sechsten und achten Lebenswoche operiert werden. [21] Bei einer rechtzeitigen Operation besteht ein Visuspotential von bis zu 100%, das bei Verzögerung jedoch extrem abfällt. Steinhorst et al. betonen hier die Wichtigkeit der kurzen zeitlichen Abstände zwischen den Eingriffen an beiden Augen. [31] Der simultane Eingriff an beiden Augen wird aufgrund möglicher Komplikationen jedoch weniger empfohlen, ist allerdings effizienter und weniger kostenintensiv und wird deshalb in Entwicklungsländern präferiert. [32] Neuere Publikationen berichten aber auch von einer hohen Sicherheit bzgl. intra- und postoperativer Komplikationen bei einem simultanen Vorgehen an beiden Augen mit zwei komplett getrennten Operationssets. [33] [34]

Die unilaterale Katarakt geht mit einer weniger günstigen Prognose einher. [11] Eine stark ausgeprägte unilaterale Katarakt sollte deshalb ab der vierten und vor Abschluss der sechsten Lebenswoche operativ entfernt werden. [4] [21] Aufgrund des geringeren Visuspotentials und optisch anderer Abbildung, ist eine anschließende Okklusionsbehandlung zwingend notwendig. [2] [14]

2.3 Kindliche Kataraktchirurgie

2.3.1 Kataraktchirurgie und kindliche Kataraktchirurgie

Die Operation einer Katarakt zielt darauf ab, die eingetrübte Linse zu entfernen, um (wieder) eine freie optische Achse herzustellen und den maximal möglichen Visus zu erreichen. [2]

Die Kataraktoperation beim erwachsenen bzw. älteren Menschen, ist mit über 400.000 Eingriffen pro Jahr in Deutschland eine der häufigsten Operationen überhaupt und mit einer nur sehr geringen Komplikationsrate vergesellschaftet. [22] [35]

Aufgrund des sich noch in Entwicklung befindlichen Auges finden sich bei der kindlichen Kataraktchirurgie jedoch einige Besonderheiten. Die okulären anatomischen Verhältnisse sind im Vergleich zu erwachsenen Augen wesentlich minimiert, das Gewebe elastischer, Strukturen sind nicht komplett ausgereift und befinden sich wachstumsbedingt in ständiger Veränderung. [2] [6] [33] [36] [37]

Gimbel et al. beschreiben eine starke Variation der Härte der kindlichen Linse, von sehr weich bis extrem hart und verkalkt. [38] Nach Sinsky und Patel korreliert speziell die Härte der Linse weniger mit dem Alter des Patienten, als vielmehr mit Alter bzw. Reifegrad der Katarakt. [39]

Der prinzipielle Ablauf der Kataraktchirurgie bei Säuglingen und Kleinkindern ist [14] [38] [40]:

- Eröffnung der vorderen Linsenkapsel (anteriore Kapsulorhexis)
- Absaugung des Linsenmaterials (Phakoaspiration)
- Eröffnung der hinteren Linsenkapsel (posteriore Kapsulorhexis)
- Teilentfernung des vorderen Glaskörpers (vordere Vitrektomie)
- ggf. Implantation einer Intraokularlinse (i. d. R. > 2 Jahre)

Nur selten wird noch die Extraktion der gesamten Linse mit der kompletten Kapsel (intrakapsuläre Kataraktextraktion, ICCE) durchgeführt, angestrebt wird vielmehr, dass

nach der Lentektomie ein peripherer Rest der Linsenkapsel, ein Kapselring verbleibt, in welchen ggf. eine Kunstlinse (Intraokularlinse, siehe 2.5) implantiert werden kann. [8] [14] [22] [40] Wird die komplette Kapsel extrahiert, ohne dass ein Kapselring verbleibt, so ist die sekundäre Linsenimplantation erschwert und es wird eine sulkus- oder irisfixierte Intraokularlinse erforderlich. [38] [40] [41]

In der Literatur wird das Vorgehen bei Säuglingen und Kleinkindern so beschrieben, dass unter 1 Jahr keine Linse implantiert wird, zwischen 1 und 2 Jahren eine Implantation ggf. erwogen werden kann und ab 2 Jahren in der Regel eine Intraokularlinse primär implantiert wird. Da der Linsenkern bei Kindern häufig noch sehr weich ist, kann dieser, nach Trennung von der Kapsel, meist mittels eines (bimanuellen) Saug-Spül-Systems entfernt werden, während er beim Erwachsenen zunächst mittels Ultraschall zertrümmert und anschließend abgesaugt wird (Phakoemulsifikation). Das Vorgehen der Linsenabsaugung aus der Kapsel wird als extrakapsuläre Kataraktextraktion (ECCE) bezeichnet, ein Kapselring und ggf. die hintere Linsenkapsel bleiben hierbei erhalten. [8] [36] [42]

Eckstein et al. zeigten in einer Studie in welcher 56 Kinder in Indien 3 Jahre postoperativ nachbeobachtet wurden, dass besonders in Entwicklungsländern mit wenig Möglichkeiten einer guten Nachsorge, die intrakapsuläre Kataraktextraktion (ICCE) der extrakapsulären Kataraktextraktion (ECCE) überlegen ist, da die Komplikationsrate, besonders die Rate des Nachstars und damit die Notwendigkeit von Folgeoperationen, geringer ausfällt. [43]

Der operative Zugang kann über den vorderen Augenabschnitt, also vor der Iris erfolgen (Zugang über den Limbus), oder über den hinteren Augenabschnitt, hinter Iris und Linse (Pars-plana-Zugang). Der Zugang über den Limbus wird standardmäßig bei der kindlichen Kataraktchirurgie an der Charité vorgenommen (siehe 2.3.2). Eine Pars-plana-Lentektomie empfehlen u.a. Philip et al. oder auch Lagrèze bei der kindlichen Kataraktchirurgie. [33] [40]

2.3.2 Kindliche Kataraktchirurgie an der Charité

In der Klinik für Augenheilkunde der Charité am Campus Virchow-Klinikum (CVK) werden jährlich ca. 40 Kataraktoperationen an Kindern und Jugendlichen durchgeführt, welche meist an einer kongenitalen, aber auch an einer juvenilen, traumatischen oder durch andere Erkrankungen (z.B. Stoffwechselerkrankungen) bedingten, sekundären Katarakt leiden. Die betroffenen Kinder und Jugendlichen werden stationär aufgenommen, die Kataraktoperation erfolgt immer in Allgemeinanästhesie. [44]

Dem Standardvorgehen bei der kindlichen Kataraktchirurgie an der Charité, entspricht der Zugang über den Limbus (Zugang über den vorderen Augenabschnitt, vor der Iris), wie er auch in der Literatur beschrieben wird. Es werden zwei korneolimbale Inzisionen vorgenommen (bei 10 und 2 Uhr). Die Stabilisierung der Vorderkammer erfolgt mittels eines Viskoelastikums (1% Natrium-Hyaluron). Nach einer möglichen Färbung der Kapsel mit *Trypanblau*, erfolgt eine zentrale, runde, 4-6mm durchmessende Eröffnung der Vorderkapsel (anteriore Kapsulorhexis) und nach der Trennung der Linse von der Kapsel mittels physiologischer Kochsalzlösung (Hydrodissektion), die bimanuelle Linsenabsaugung (Phakoaspiration). Nach Möglichkeit, wird ab einem Alter von, in der Regel, mehr als 23 Monaten (bei einseitiger Katarakt ggf. auch schon ab 12 Monaten) eine unifokale Hinterkammerlinse in den Kapselsack implantiert. Soll eine solche primäre Kunstlinsenimplantation durchgeführt werden, so wird die Linse über einen kornealen Tunnel injiziert, entfaltet und platziert. Zur Nachstarprävention wird die hintere Kapsel ebenfalls mindestens für 4mm zentral eröffnet (posteriore Kapsulorhexis) und bis zu einem Alter bei Operation von 4 Jahren (nach Ermessen des Operateurs auch bis zu 6 Jahren) zusätzlich die Entfernung eines Teils des vorderen Glaskörpers durchgeführt (vordere Vitrektomie). Anschließend wird das Viskoelastikum wieder weitgehend abgesaugt und es erfolgt eine Tonisierung des Auges mittels einer ausgeglichenen Salzlösung (balanced salt solution, BSS). Die Inzisionen und ggf. der Tunnelschnitt werden grundsätzlich mit einem Nylon- oder resorbierbaren Vicryl-Faden (Polygalactin) genäht und ggf. einer Dichtprüfung⁴ unterzogen. [8] [21] [38] [44]

⁴ Beim Seidel-Test wird mit 2% Fluorescintropfen eine Dichtprüfung durchgeführt, mit einem Kobaltblaufilter erscheint hierbei am Spaltlampenmikroskop eine Leckage gelbgrün markiert. [14]

Der Hauptunterschied der Operationstechnik im Vergleich zum Vorgehen bei älteren Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen, besteht in der Literatur wie auch beim Vorgehen an der Charité bei Säuglingen und Kleinkindern darin, dass immer eine hintere Kapseleröffnung durchgeführt wird und die Inzisionen grundsätzlich genäht werden müssen. [45] Chee et al. zeigten hier, dass durch Verwendung eines 25-Gauge-Vitrektoms, das einen weit geringeren Durchmesser als das üblicherweise eingesetzte 20-Gauge-Vitrektom aufweist, die Inzisionen so klein gehalten werden können, dass beim Säuglings- oder Kinderauge aphak die Notwendigkeit einer Naht entfallen sowie das durch den Eingriff verursachte Trauma insgesamt geringer ausfallen kann. [46]

Kinderaugen reagieren nach einer Kataraktoperation, im Vergleich zu erwachsenen Augen, mit vermehrter Entzündung, weshalb unmittelbar nach dem Eingriff für die ersten Tage Mydriatika (Atropin 1%) und topische Antiphlogistika, wie Prednisolon-Augensalbe 0,5% (zunächst dreimal täglich) und Prednisolon 1% Augentropfen (zunächst stündlich), verabreicht werden. Zur weiteren Nachbehandlung werden dann, wie auch bei Erwachsenen, Cortison-Antibiotika-Augentropfen viermal täglich über etwa vier Wochen gegeben. Der Fadenzug von Nylon-Fäden erfolgt nach ein bis vier Wochen. Bei Vicryl-Fäden ist ein Fadenzug nicht erforderlich, dafür sind diese evtl. weniger stabil. [38]

Eine intensive postoperative Nachsorge und orthoptische Behandlung ist nach einer kindlichen Kataraktoperation unabdingbar. Diese findet an der Charité ambulant in enger Zusammenarbeit von Augenärzten und Orthoptisten, unter Einbeziehung der Eltern der operierten Kinder statt. Sowohl die Versorgung mit einer Starbrille oder die Kontaktlinsenanpassung beim aphaken Patienten, als auch die Planung und Kontrolle von Okklusionsbehandlungen, sowie regelmäßige augenfachärztliche Kontrolluntersuchungen (innerhalb der ersten drei Tage nach der Operation, dann sieben bis 14 Tage postoperativ, anschließend im vier- bis achtwöchigen und ab ca. einem Jahr postoperativ im jährlichen Intervall; bei Auftreten einer Komplikation etc. ggf. entsprechend häufiger), sichern eine möglichst optimale Entwicklung der Sehfähigkeit. Es sind nach einer kindlichen Kataraktoperation lebenslange Kontrolluntersuchungen empfohlen. [33] [44]

Die konsequente Okklusionstherapie sollte nach etwa einer Woche begonnen werden. Nach bilateraler Katarakt erfolgt die Okklusion im Wechsel und nach unilateraler Katarakt erfolgt eine Okklusion des gesunden Auges. Bei bereits vorhandenem Strabismus sollte die Okklusion ggf. in Vollzeit erfolgen, evtl. auch bis über die Pubertät hinaus. [11]

[38] [47] Nach Abrahamsson et al. besteht eine „Plastizität“ des visuellen Systems bis in das Erwachsenenalter. [48]

2.4 Komplikationen der kindlichen Kataraktchirurgie

2.4.1 Nachstar

Eine der häufigsten Ursachen für eine erneute Verschlechterung des Visus nach einer Kataraktextraktion ist der Nachstar (Cataracta secundaria), die Entstehung einer erneuten Trübung auf der hinteren Linsenkapsel und/oder dem vorderen Glaskörper, sowie auf der Vorder- und Rückseite der Intraokularlinse bei Pseudophakie. [38] [49]

Ein Nachstar kann innerhalb von Monaten bis Jahren nach der Operation auftreten und birgt das Risiko der Amblyopie. Es wird der fibrotische Nachstar (Fibrosierung der Hinterkapsel) vom regenerativen Nachstar (Regeneration/Proliferation von Linsenepithel, sogenannte Elschnig-Perlen) unterschieden. [8]

Die Nachstarbildung ist umso stärker, je jünger der Patient ist. Die Operationstechnik mit Eröffnung der Hinterkapsel und vorderer Vitrektomie beim Säugling und Kleinkind, verhindert einen Nachstar weitgehend. [2] [8] [22] [40] Nach Gimbel et al. kommt es jedoch dennoch häufig zu einem Nachstar, der wiederholte Kapsulotomie erfordert. Es entsteht ein erhöhtes Risiko für einen Glaskörpervorfall, der durch Zug zu einer Netzhautablösung (Ablatio retinae) führen kann, sowie für eine häufigere Dislokation/Subluxation der Intraokularlinse. [38]

Vasavada et al. empfehlen zur Nachstarprävention bis zu einem Alter von 3 Jahren eine Eröffnung der Hinterkapsel und eine vordere Vitrektomie und zwischen 3 und 6-7 Jahren nur eine Eröffnung der Hinterkapsel. [50] Ab einem Alter von 6-7 Jahren ist die Nachstarbildung weniger stark ausgeprägt, weshalb eine Eröffnung der Hinterkapsel sowie die vordere Vitrektomie nicht erforderlich sind. [38] [50] Die Behandlung des Nachstars erfolgt dann mittels eines Nd:YAG-Lasers (Neodymium-dotierter Yttrium-Aluminium-Granat-Laser) mit welchem die Hinterkapsel im Zentrum durchtrennt wird. Diese hintere Kapsulotomie birgt jedoch ein erhöhtes Risiko für einen vorübergehenden Anstieg des Intraokulardrucks und durch den Laser kann es zur Beschädigung der Intraokularlinse kommen. Zudem ist eine erhöhte Ablatorate beschrieben. [51]

2.4.2 Sekundärglaukom

Eine der häufigsten langfristigen Komplikationen des aphaken, also linsenlosen Auges, ist besonders beim Säugling und Kleinkind die postoperative Entwicklung eines kindlichen Sekundärglaukoms, des sogenannten Aphakieglaukoms. Aber auch ein pseudophakes Auge ist gefährdet, ein sogenanntes Pseudophakieglaukom zu entwickeln. [51] Das Risiko für ein solches postoperatives Sekundärglaukom ist nach Solebo et al. umso höher, je jünger das Kind zum Zeitpunkt des Eingriffs ist. [52] Grehn nennt ein erhebliches Risiko für die Entwicklung eines Sekundärglaukoms nach Kataraktoperationen vor dem 9. Lebensmonat. [8]

Magnusson et al. konstatieren, dass neben dem Mikrophthalmus, der kataraktchirurgische Eingriff in den ersten Lebenswochen, besonders vor dem zehnten Lebenstag, einen wichtigen Risikofaktor für die Entwicklung eines postoperativen Glaukoms darstellt. [53] Bei Khan und Al-Dahmesh zeigte sich für Kataraktoperationen innerhalb des ersten Lebensjahres das geringste Risiko für eine postoperative Glaukomentwicklung bei Operation im Alter von 3 bis 4 Monaten und das höchste Risiko im Alter von 5 bis 6 Monaten. [54] In den Untersuchungen von Kuhli-Hattenbach et al. zeigte sich das Risiko für ein Aphakieglaukom signifikant erhöht nach Kataraktoperation innerhalb der ersten 14 Lebenswochen. [55] Nach ElShakankiri und Lotfy Bayoumi sollte ein operativer Eingriff nach Möglichkeit ebenfalls erst nach dem dritten Lebensmonat vorgenommen werden, wobei eine exakte Altersgrenze zur Glaukomprävention (noch) nicht existiert. [37]

Beim Glaukom handelt es sich um eine Gruppe von Erkrankungen, bei welchen es durch Schädigung des Sehnervs (Optikusneuropathie) zu Ausfällen des Gesichtsfeldes (Skotom), im späten Stadium bis auf eine Gesichtsfeldinsel, oder sogar zur vollständigen Erblindung kommen kann. Als ursächlich wird in der Literatur ein multifaktorielles Geschehen diskutiert, wie u.a., dass Fasern des Sehnervs durch erhöhten Intraokulardruck⁵ aber auch durch eine Minderperfusion geschädigt werden, wobei diese Minderperfusion durch den erhöhten Druck entstehen kann, aber auch durch andere vaskuläre Faktoren (z. B. Hypotonie oder auch Vasospasmen). Ein Glaukom kann daher auch bei einem normalen Intraokulardruck bestehen (Normaldruckglaukom). Diskutiert wird hier insbesondere eine Störung des Autoregulationsmechanismus, welcher normalerweise

⁵ In der Literatur finden sich verschiedene Grenzwerte für einen erhöhten Intraokulardruck, meist zwischen 21mmHg und 25mmHg.

bei Blutdruckschwankungen für eine konstant gute Mikrozirkulation sorgt. [14] [56] [57] [58] [59]

Das Sekundärglaukom ist ein Glaukom, das sich aufgrund einer anderen Erkrankung entwickelt. Es kann beispielsweise durch eine postoperative Entzündungsreaktion zur Verlegung des Kammerwinkels kommen, wodurch der Abfluss des Kammerwassers behindert wird und der Intraokulardruck ansteigt. Ein Tatsächliches Sekundärglaukom liegt vor, wenn bereits eine Schädigung am betroffenen Auge eingetreten ist. Bei einem erhöhten Augeninnendruck alleine spricht man von einer *okulären Hypertension*. Die okuläre Hypertension ist einer der wichtigsten Risikofaktoren, führt jedoch nicht zwangsläufig zur Entwicklung eines Glaukoms. Zur tatsächlichen Diagnose eines Sekundärglaukoms muss somit, neben einer Erhöhung des Intraokulardrucks, mindestens ein weiteres Kriterium vorliegen, wie (u.a.) ein vergrößerter Hornhautdurchmesser, ein Hornhautödem, eine erhöhte Cup-Disc-Ratio (CDR, Verhältnis Papillenvertiefung zu Papillenfläche), eine asymmetrische Papillenexkavation oder eine hohe Myopie bzw. asymmetrisch abnormale Verlängerung des Augapfels. [14] [38] [59] [60]

Es besteht eine Assoziation des Sekundärglaukoms mit anderen Erkrankungen (beispielsweise Gregg-Syndrom, Röteln-Embryopathie als Folge einer Rötelninfektion der Mutter in der Schwangerschaft), da Kinder mit kongenitaler Katarakt nicht selten multimorbide sind oder auch die juvenile Katarakt als Komplikation anderer Erkrankungen entsteht. [38]

Die Therapie des Sekundärglaukoms zielt auf eine Senkung des Intraokulardrucks auf einen individuell ermittelten Zieldruck ab. Es werden topische Antiglaukomatosa gegeben wie Augentropfen mit Bimatoprost, einem Prostaglandin-Analogen, welches den Abfluss des Kammerwassers verbessert. Carboanhydrase-Hemmer, wie Brinzolamid oder Dorzolamid, senken die Kammerwasserproduktion. Die Augentropfen werden häufig als Kombinationspräparate mit einem Betablocker, wie Timolol 0,5%, gegeben, welcher ebenfalls die Kammerwasserproduktion reduziert. Eine systemische Therapie kann bei Erwachsenen mit Mannitol, das osmotisch eine schnelle Senkung des Intraokulardrucks bewirkt, oder auch mit einem Carboanhydrase-Hemmer erfolgen. Bei nicht ausreichender Drucksenkung oder Nebenwirkungen der lokalen Therapie, kann eine chirurgische Behandlung erfolgen durch beispielsweise eine Goniotomie (Kammerwinkel-

inzision), Trabekulotomie, Drainage-Implantation oder auch eine Laser-Iridotomie. [14] [39] [58]

Es sollte zum Ausschluss eines Sekundärglaukoms, bzw. zur Kontrolle bei bereits diagnostiziertem Sekundärglaukom, neben der Messung des Intraokularsdrucks (Tonometrie), regelmäßig auch eine Funduskopie erfolgen, sowie Kontrolle des Hornhautdurchmessers, der Länge des Augapfels und eine Skiaskopie. [21]

2.4.3 Weitere mögliche Komplikationen

Endophthalmitis

Die Endophthalmitis ist eine bakterielle Entzündung der inneren Augenstrukturen inklusive des Glaskörpers (Vitritis) und die gefürchtetste postoperative Komplikation. Bei Kindern ist die Inzidenz mit etwa 0,07% jedoch nicht höher als bei Erwachsenen. Als Ursache kommen mangelnde Sterilität oder schlechter Wundverschluss, aber auch die eigene Bakterienflora in Frage. Das Risiko einer Endophthalmitis ist deshalb eines der Hauptargumente gegen das beidseitige Vorgehen bei bilateraler Katarakt beispielsweise in Entwicklungsländern. Auch nach einer traumatischen Katarakt besteht ein besonderes Risiko für eine Endophthalmitis. [38]

Die Symptome einer Endophthalmitis, wie Schmerzen, Visusverschlechterung oder Glaskörpereintrübung, treten oft in den ersten 6 Tagen postoperativ auf. [61]

Zur Therapie ist eine Erregeridentifikation mittels mikrobiologischer Kulturen sinnvoll. Bei positiver Kultur (u.a. Staphylokokken, Pseudomonaden, Acinetobacter) werden gramnegative Bakterien mittels Gentamycin-, grampositive mit Cephazolin- oder Vancomyzin-Injektionen in den Glaskörper behandelt. In besonders schweren Fällen, die nicht auf die Antibiotika ansprechen, wird ggf. eine Vitrektomie (vollständige Entfernung des Glaskörpers) notwendig. Zusätzlich werden Kortikosteroide wie Betamethason periokulär, Prednisolon oral und/oder topisch Dexamethason 0,1%-Tropfen verabreicht. [51] [61]

Eine differenzialdiagnostische Pilzinfektion zeigt charakteristische Abszesse. [51]

Wundleckage oder insuffizienter Wundverschluss

Eine Öffnung oder Leckage des Wundverschlusses kann durch Lösen oder Reißen der Naht, häufiges Augenreiben oder durch ein Trauma entstehen.

Tritt Kammerwasser aus der Wunde aus, so kann eine okuläre Hypotonie zur Abflachung der Vorderkammer führen, wodurch das Risiko für vordere Synechien steigt.

Die Therapie besteht in einem erneuten, festen Wundverschluss und der anschließenden Prüfung auf Dichtigkeit mittels des Seidel-Tests (siehe 2.3). Ggf. ist das Tragen eines Augenschutzes („harte Klappe“) für einige Wochen sinnvoll. [51] [38]

Iris-Prolaps

Ein Vorfall der Iris durch die Inzision tritt nicht nur bei insuffizienter, sondern kann auch bei suffizienter Naht auftreten. Symptomatisch ist eine Verziehung der Pupille in Richtung des Prolapses.

Besteht der Prolaps bei Diagnosestellung nicht länger als 24 Stunden, so ist ein Zurückschieben der Iris möglich, andernfalls muss die Iris entsprechend exzidiert werden. [51]

Synechien

Bei Synechien handelt es sich um Verwachsungen, welche zwischen Iris und Intraokularlinse (hintere Synechien) oder Iris und Hornhaut (vordere Synechien) entstehen. Die Iris kann durch die Verwachsungen blockiert oder verzogen sein. Es besteht ein erhöhtes Risiko für einen intraokularen Druckanstieg.

Die Therapie besteht in der Gabe von Atropin-Augentropfen zur Dilatation der Iris, dem operativen Lösen der Synechien (Synechiolyse) sowie zur zusätzlichen Drucksenkung einer Laser-Iridotomie mittels eines Argon-Ionen- oder Nd:YAG-Lasers und ggf. einer medikamentösen Drucksenkung. [51]

Hyphaema

Ein Hyphaema entsteht durch eine Einblutung in die Vorderkammer, meist in der ersten Woche postoperativ. Kommt es zusätzlich zu einem Anstieg des intraokularen Drucks, so wird dieser zunächst medikamentös gesenkt und das Blut mittels eines Saug-Spül-

Systems durch eine kleine Limbusinzision abgesaugt. Bei normalem Augendruck ist das nicht notwendig, da es in diesen Fällen meist zu einer Spontanheilung durch Resorption kommt. [51]

Strabismus

Strabismus (Schielen) ist eine der häufigeren postoperativen Komplikationen. Ist aufgrund der Ausprägung des Strabismus eine Fusion der Bilder beider Augen nicht möglich, kommt es zum Verlust des Binokularsehens. Für das schwächere Auge besteht ein sehr hohes Risiko für eine Amblyopie (siehe 2.1). Durch die Katarakt bedingt, besteht häufig schon vor der Operation ein Strabismus. Therapeutisch ist die Okklusion des besseren Auges oder auch eine Strabismus-Operation abzuwägen. [38]

Nystagmus

Ein Nystagmus tritt postoperativ öfter auf, wenn die Operation nach dem vierten Lebensmonat vorgenommen wurde. Ein vor der Operation bzw. zum Zeitpunkt der Operation vorhandener Nystagmus ist ein Hinweis auf eine bereits bestehende Amblyopie, es besteht dann bzgl. der Visusentwicklung eine sehr schlechte Prognose. [38]

Netzhautablösung

Die Netzhautablösung (Ablatio retinae) ist eine Spätkomplikation der kindlichen Kataraktchirurgie, die oft erst nach Jahrzehnten, gelegentlich aber auch unmittelbar postoperativ und häufiger bei hoher Myopie vorkommt. [62]

Durch eine vordere Vitrektomie wird das Risiko für einen Glaskörpervorfall und damit ggf. verbundene Traktionen an der Netzhaut verringert, was insgesamt das Risiko für eine Netzhautablösung senkt. [51]

Linsensubluxation

Die Linsensubluxation, das Verschieben oder Luxieren der implantierten Kunstlinse in die Hinterkammer, ist eine Komplikation, für welche ein besonderes Risiko bei einer in den Kapselsack implantierte Hinterkammerlinse, mit primärer hinterer Kapsulotomie und vorderer Vitrektomie besteht. Die luxierte Linse muss operativ geborgen werden und anschließend wird das Auge mit einer iris- oder sulkusfixierten Linse versorgt. [38]

2.5 Intraokularlinse

Die Linse des Auges (Lens cristallina) trägt als variabler Anteil zur Gesamtbrechkraft des Auges bei. Durch Variation ihrer Brechkraft, der Akkommodation, ermöglicht die Linse die Anpassung der Sehschärfe auf unterschiedliche Entfernungen. Bei Nahakkommodation des Kindes nimmt die Brechkraft um +13 bis +15dpt zu. [8]

Eine von einer Katarakt betroffene Linse wird bei der operativen Intervention, der Kataraktchirurgie, weitgehend entfernt. Ohne die Implantation einer Kunstlinse bleibt das Auge aphak und es besteht eine ausgeprägte Hyperopie (Weitsichtigkeit) von zu Beginn +25 Dioptrien abnehmend auf +16 bis +17 Dioptrien mit vier bis sieben Jahren. [40] Mit dem Verlust der Linse verliert das Auge auch die Fähigkeit zur Akkommodation. [8]

Die Versorgung des linsenlosen Auges (Aphakiekorrektur) erfolgt mittels Kontaktlinse oder einer sogenannten Starbrille. Da eine Starbrille wegen der Entfernung zur Netzhaut, im Vergleich zum normalsichtigen Auge, eine 25% größere Abbildung erzeugt, ist sie aufgrund der resultierenden Aniseikonie bei einseitiger Aphakie ungeeignet. Besser eignet sich hier eine Kontaktlinse, diese vergrößert nur um 8 bis 10% und während es bei der Starbrille zu einem Brillenskotom kommt, einem eingeeengten Gesichtsfeld, ist das Gesichtsfeld mit Kontaktlinse annähernd normal. [13]

Jedoch sind Kontaktlinsen sehr aufwendig in Handhabung und Pflege, besonders für die Eltern und daher beispielsweise in Entwicklungsländern keine Option. Eine Intraokularlinse erfordert weniger Compliance und bringt eine sofortige und permanente Korrektur des Brechungsfehlers, das Auge ist dann pseudophak. Die ersten Intraokularlinsen wurden um 1955 zunächst in die Vorderkammer implantiert. Ein großes Problem bei einer implantierten Vorderkammerlinse ist jedoch eine mögliche Endothelschädigung der Hornhaut durch z.B. Augenreiben oder Traumata, weshalb heute bevorzugt Hinterkammerlinsen implantiert werden. [38]

Bei einer primären Implantation, also zum Zeitpunkt der Linsenentfernung, wird eine Hinterkammerlinse in den zurückbleibenden Kapselring, den Kapselsack eingesetzt. Bei einer sekundären Linsenimplantation, also zu einem späteren Zeitpunkt, ist der Kapselring meist bereits verklebt und die Linse wird in den Sulcus ciliaris implantiert. [8]

Eine Intraokularlinse ist aufgebaut aus einer Haptik, bestehend aus zwei Bügeln zur Fixierung und einem optischen Teil, der Linse. Neben monofokalen Linsen mit einer festen Brennweite, gibt es multifokale Linsen mit mehreren verschiedenen Brennweiten oder torische Linsen zum Ausgleich eines Astigmatismus, sowie multifokal-torische Linsen. Multifokale Linsen erlauben zwar das Scharfsehen in Nähe und Ferne, haben aber schlechtere Kontraste und vermehrte Blendeffekte. Harte Intraokularlinsen aus Polymethylmetacrylat (PMMA) benötigen zur Implantation eine große Inzision (5,5-6,5mm), weshalb vermehrt faltbare, weiche Linsen aus Silikon oder Acryl zum Einsatz kommen (2,5-3mm Inzision). [13]

Da etwa zum Ende des zweiten Lebensjahres das Wachstum der Vorderkammer weitgehend abgeschlossen ist, wurde ab einem Alter von mehr als 23 Monaten in der Regel primär eine Intraokularlinse implantiert. [2] Hochstrasser und Gloor sahen 1994 eine Intraokularlinsenimplantation ab einem Alter von 18 Monaten als gerechtfertigt. [63] Vasavada et al. berichten 2018 von mit aphaken Augen vergleichbaren Komplikationsraten in ihren Untersuchungen von primären Implantationen im Alter von durchschnittlich 6,01 Monaten. [64]

Bei einer früheren Implantation einer Kunstlinse, besonders vor einem Alter von 6 Monaten, wird ein sogenannter „myoper Shift“ beschrieben: aufgrund des sich in schnellem (Längen-) Wachstum befindlichen Auges kommt es zu einer starken Myopisierung (Kurzsichtigkeit). Bei einer frühen Implantation wird deshalb die Refraktion mit der implantierten Intraokularlinse unterkorrigiert, hierfür existieren spezielle Formeln. Oftmals wird unter einem Alter von 20 Monaten jedoch keine Kunstlinse implantiert, das Auge bleibt linsenlos (aphak). Doch auch für Implantationen schon in den ersten zwei Lebensmonaten sind gute Resultate beschrieben. [2] [38] [40] [65] [66] [67]

Ein besonders ausgeprägter „myoper Shift“ ist für Kinder mit Down-Syndrom bekannt, ebenfalls vermehrt auftretend, wenn die Kataraktoperation innerhalb der ersten 12 bis 24 Lebensmonate erfolgt. [24]

Bezüglich des Zeitpunktes der Linsenimplantation, ob primär oder sekundär, konnten Ryseck et al. keine Auswirkung auf die zukünftige Refraktion feststellen. Die nach der Implantation einer Intraokularlinse bei Kindern zu erwartende Refraktion sei insgesamt im Voraus schwer zu bestimmen. [65] [68]

Zur Berechnung der benötigten Stärke (Dioptrien) der zu implantierenden Intraokularlinse, wird mittels einer sogenannten A-Bild-Sonographie die Achsenlänge des Auges bestimmt, wobei immer möglichst beide Augen einbezogen werden. Ein ggf. gesundes Auge wird als Referenz herangezogen. [38] [39]

Zwischen zwei und sechs Jahren wird mit der implantierten Linse für die Ferne eine Hyperopie (+2,5dpt), ab sechs Jahren für Schulkinder Emmetropie (Normalsichtigkeit) angestrebt. In der Pubertät bildet sich dann meist eine leichte Myopie. [38]

Durch den Verlust der Akkommodationsfähigkeit ist beim pseudophaken Auge mit unifokaler Intraokularlinse für die Nähe lebenslang eine Lese- bzw. Bifokalbrille notwendig. [2] [38] Von der Implantation einer multifokalen Intraokularlinse bei der kindlichen Kataraktchirurgie, raten Lagrèze et al. ab, da u.a. bei (den aktuellen) multifokalen Intraokularlinsen eine Lichtstreuung entstehe, die wiederum eine Amblyopie fördern kann. [33]

2.6 Untersuchungsmethoden

2.6.1 Diagnostik der kindlichen Katarakt

Nicht in jedem Fall fällt eine kindliche Katarakt den Eltern unmittelbar auf, da nicht immer, wie bei einer reifen Katarakt (Cataracta matura) eine Leukokorie (weiße Pupille) imponiert. Zum Ausschluss bzw. zur möglichst frühzeitigen Diagnose, ist die Untersuchung der Augen in den Früherkennungsuntersuchungen U2 (zwischen dem 3. bis 10. Lebensstag) bis U7 (zwischen dem 21. bis 24. Lebensmonat) mit dem Rotreflextest, dem Durchleuchtungstest nach Brückner (siehe unten) vorgesehen und sinnvoll. [69][33]

Hinweise auf das Vorliegen einer kindlichen Katarakt sind, außer der möglichen Leukokorie, ein vorhandener Strabismus, ein vorhandener Nystagmus, nur geringe bis keine Fixation oder Unsicherheit beim Laufen und Greifen. Des Weiteren kann bei manchen betroffenen Kindern ein sogenanntes *okulodigitales Phänomen* beobachtet werden, bei welchem das Kind mit den Fingern wiederholt auf das betroffene Auge drückt, da hierdurch vermutlich interessante optische Reize entstehen. Eine starke Abwehrreaktion oder Weinen beim Abdecken eines gesunden Auges kann ebenfalls diagnostisch wegweisend sein. [13]

Bei beidseitiger Katarakt findet sich ein verringertes visuelles Interesse neben einer insgesamt verzögerten Entwicklung. [38]

Wichtigstes diagnostisches Kriterium ist die Auswirkung auf die optische Achse, d. h. neben Größe, Dichte und Position einer Katarakt, besonders die Auswirkung auf den Visus (siehe 2.6.2). Zudem erfolgt die Untersuchung der Vorderkammer, der Pupillenreaktion und nach Möglichkeit der Hinterkammer. Beim Durchleuchtungstest nach Brückner wird die Pupille mittels des Lichtes eines Ophthalmoskops durchleuchtet, wobei eine Linsentrübung schwarz in der roten Pupille erscheint. [13] [38] [69]

Mithilfe der B-Bild-Sonographie (zweidimensional), kann bei stark getrübter Linse und keinerlei Sicht in die Hinterkammer oder auf die Retina, auf intraokulare Veränderungen (Tumore, Traktionsablatio etc.) untersucht werden. [39] Kuhli-Hattenbach et al. erachten eine frühzeitige B-Bild-Sonographie für unerlässlich, um einen vorhandenen PHPV bzw. vorhandene PFV möglichst bereits präoperativ diagnostizieren zu können, wenn eine Funduskopie nicht möglich sein sollte. [60]

Ein Strabismus liegt vor, wenn beim Abdecktest (cover-uncover, alternative-cover) das Abdecken eines Auges zu Einstellbewegungen des anderen Auges führt. [13]

Ein bei der Voruntersuchung bereits bestehender Nystagmus ist als Zeichen einer bereits vorhandenen Deprivationsamblyopie zu werten und geht mit einer sehr schlechten Visusprognose einher. [38]

Zur Untersuchung der neurologischen Funktion stehen Elektroretinographie oder visuell-evozierte Potentiale zur Verfügung. [38]

2.6.2 Visuserhebung im Kindesalter

Der Visus stellt eine objektive Messgröße der maximal möglichen Sehschärfe dar. Er gibt an, in welcher Entfernung zwei nebeneinanderliegende Punkte gerade noch getrennt voneinander wahrgenommen werden können. Definiert ist der Visus als Istentfernung geteilt durch Sollentfernung. Die Sollentfernung ist hierbei die Entfernung,

in welcher ein normalsichtiges Auge einen sogenannten Optotypen (Testzeichen) gerade noch identifizieren kann und die Istentfernung entspricht der Entfernung, in welcher das zu untersuchende Auge den Optotypen tatsächlich noch erkennt bzw. identifiziert. [22]

Bei einem normalsichtigen Auge ist der Visus um 1,0 dezimal, dies sind 5/5 bei einer Messung in einer Entfernung von 5 Metern oder 20/20 bei Messung in 20 Fuß. Es wird ein Fern- von einem Nahvisus unterschieden: Kann in 5m Entfernung nichts erkannt werden, wird ein Versuch in 1m unternommen, wird auch hier nichts erkannt, versucht man das sogenannte *Fingerzählen* (FZ) oder ob *Handbewegungen* (HBW) erkannt werden, ist auch dies nicht möglich, wird mit einer Taschenlampe auf Lokalisation der Richtung der Lichtquelle *Lichtscheinprojektion* (LSP) und auf Hell-Dunkel-Wahrnehmung, *Lichtscheinwahrnehmung* (LSW) geprüft, ist hier keine Reaktion zu provozieren, so wird das untersuchte Auge als blind (*nulla lux*) eingestuft. [13]

In den ersten Lebensmonaten spielt sich das Sehen in etwa 30cm Entfernung ab, die Augen sind ausschließlich auf diese Entfernung eingestellt [1]. Diesen Umstand gilt es bei der Visuserhebung, neben dem Entwicklungsstand in diesem Lebensalter zu berücksichtigen, Lesen oder Benennen sind noch nicht möglich.

Die Fixation von Objekten ist ab dem Alter von ca. einem Monat möglich, allerdings mit geringer Stabilität und nur kurzfristig und erreicht schon zwischen dem 4. und 6. Lebensmonat ähnliche Werte, wie die eines Erwachsenen. Augenfolgebewegungen sind ruckartig und mit geringer Geschwindigkeit im ersten Monat und ab dem vierten Monat in deutlich höherer Geschwindigkeit möglich (siehe Tabelle 4).

Tabelle 4: „Normales visuelles Verhalten in den ersten 12 Monaten“⁶
(Zihl et al. [1] modifiziert nach Hyvärinen [70])

Alter	Fähigkeit
0-1 Monat	Schaut zu Lichtquellen, dreht Augen und Kopf Blinken als Abwehrreaktion Aufnahme von Augenkontakt
2-3 Monate	Langsame und ruckartige horizontale Folgebewegungen Intensiver Augenkontakt Interesse an Mobiles Vertikale Folgebewegungen

⁶ Mit freundlicher Genehmigung des Springer Nature Verlags (Lizenznummer 4939361117128).

4-6 Monate	Greifen nach bewegten Objekten Beobachten des Fallens und Wegrollens von Objekten Wechsel der Fixation über die Mittellinie Allmähliche Ausdehnung des visuellen Suchfeldes Beginnende Abkoppelung der Augen- von den Kopfbewegungen Glatte Augenfolgebewegungen
7-10 Monate	Bemerken/Entdecken von kleinen Objekten (z. B. Brotbrösel) Berührung von („Schlagen“ nach) und später Greifen nach stationären Objekten Interesse an Bildern Erkennt teilweise versteckte Objekte Augenkontakt mit Erwachsenen über mehrere Meter Distanz
11-12 Monat	Gute visuelle Orientierung in gewohnter Umgebung zu Hause Schaut durch das Fenster und erkennt andere Menschen Visuelles Wiedererkennen von Bildern; Versteck spielen Betrachtet und untersucht Objekte genau Effiziente visuelle Kommunikation (Mimik, Gestik)

In den ersten zwei Lebensjahren ist man zunächst vermehrt auf indirekte Hinweise angewiesen, sowie Fixierung und Folgebewegungen (siehe auch 2.6.1). [38]

Die Erhebung des Visus erfolgt mittels des sogenannten „forced-choice preferential looking“ (FCPL). Hierbei werden Testtafeln unterschiedlicher Streifung und unterschiedlichen Kontrasts vor dem Kind bewegt und die Reaktion darauf beobachtet. Entsprechende Testtafeln hierfür sind die *Teller Acuity Cards (TAC)* oder ab dem sechsten Lebensmonat auch die *Cardiff Acuity Cards*. [8]

Tabelle 5: Durchschnittliche visuelle Entwicklung von 89 Kindern im Alter von 24 bis 48 Monaten⁷ (modifiziert nach Lithander [71])

Alter (Monate)	dezimaler Visus (mean)	Standardabweichung (sd)	Anzahl (N)
24 - 29	0,48	0,595	30
30 - 35	0,55	0,410	17
36 - 41	0,67	0,263	20
42 - 48	0,77	0,239	22

Ab etwa 24 Monaten ist die direkte Visuserhebung mittels der Wahrnehmung von Formen und Figuren möglich. In Tabelle 5 ist die normale Visusentwicklung im Alter von 24

⁷ Mit freundlicher Genehmigung des John Wiley and Sons Verlags (Lizenznummer 4825480963443).

bis 48 Lebensmonaten aufgezeigt, wie sie von J. Lithander in einer Studie mit 89 ausgehenden Kindern ermittelt wurde. [71]

Ein Sehtest, der mit Formen und Figuren als Optotypen arbeitet, ist der LEA- oder LH-Test (nach der Entwicklerin dieser Methode Lea Hyvärinen). [8] [72] [73]

Beim Pflüger- und Snellen-E-Haken-Test wird der Buchstabe *E* in unterschiedlichen Positionierungen gezeigt und das Kind soll sagen oder zeigen, in welche Richtung das *E* weist. Hier liegt auch schon der große Vorteil dieser Methode, der Gegenstand bzw. Buchstabe muss nicht identifiziert werden, es ist keine Kenntnis von Zahlen oder Buchstaben erforderlich. Bei Schulkindern kommen dann Zahlen- oder Buchstabenreihen zum Einsatz, oder auch die Landoldt-Ringe, bei welchen die Lage einer kleinen Öffnung in einem Ring erkannt werden muss. [23]

Bei einem normalsichtigen Kind nimmt der Visus mit zunehmendem Alter stetig zu. Während mit etwa 2-3 Jahren ein Visus von etwa 0,5 zu erwarten ist, liegt dieser zwischen 3 und 4 Jahren bei etwa 0,75 (siehe Tabelle 5) und erreicht bis zum Vorschulalter etwa 1,0 (>5 Jahre). [71] [23]

2.6.3 Messung der Refraktion

Die Bestimmung der Refraktion, der Brechkraft des Auges, ist wichtig um festzustellen, ob das Auge in der Lage ist, eine scharfe Abbildung auf der Netzhaut zu erzeugen. Die Refraktion wird in Dioptrien (dpt) angegeben. Liegt der Brennpunkt der brechenden Medien auf der Netzhaut, so liegt Emmetropie, also Normalsichtigkeit vor und die Refraktion beträgt etwa 0. Liegt der Brennpunkt vor der Netzhaut, so wird das einfallende Licht zu stark gebrochen oder das Auge ist zu lang, es liegt eine Myopie, also Kurzsichtigkeit vor, die Refraktion fällt ins Negative (-). Hingegen bei einem Brennpunkt, der hinter der Netzhaut liegt, liegt Hyperopie, Weitsichtigkeit vor, d.h. das Auge ist zu kurz oder das einfallende Licht wird zu schwach gebrochen und die Refraktion ist positiv (+). Zur optimalen Korrektur eines Refraktionsfehlers, ist es wichtig, diesen möglichst exakt zu bestimmen. Dies kann mit Untersuchungslinsen erfolgen, die nacheinander vor das Auge gehalten werden, oder mit einem Refraktometer, bei welchem eine Abbildung auf die

Netzhaut projiziert und manuell oder mittels eines Computers (Autorefraktion) scharfgestellt wird. [8] [38]

Bei Säuglingen und Kleinkindern erfolgt die Refraktionsbestimmung mittels *Skiaskopie*. Die Untersuchung mit einem *Handskiaskop* wird in 50cm Entfernung vom Kind vorgenommen. Zuvor wird ggf. die Akkommodation mit Cyclopentolat-Augentropfen ausgeschaltet. Das Skiaskop wird mit einem +2dpt-Glas versehen, womit bei Emmetropie eine Fokussierung auf 50cm besteht. Nun wird das Skiaskop horizontal geschwenkt. Leuchtet die Pupille nur kurz rot auf (Neutralisationspunkt) so besteht Emmetropie, wandert der Lichtreflex in der Pupille jedoch in Bewegungsrichtung, besteht Hyperopie, die bis zum Erreichen des Neutralisationspunktes mit Plusgläsern korrigiert wird. Wandert der Lichtreflex in Gegenrichtung, so besteht eine Myopie, die bis zum Neutralisationspunkt entsprechend mit Minusgläsern korrigiert wird. [8]

Nach Lang ist, nach einer Kataraktoperation die Prüfung der Refraktion zur Anpassung der Gläser bzw. Linsen, im ersten Lebensjahr alle zwei Monate, ab dem zweiten Lebensjahr alle drei bis vier Monate sinnvoll. [13]

2.6.4 Bestimmung des Intraokular-drucks

Die Messung des Intraokular-drucks, die Tonometrie, ist notwendig, um einen erhöhten Intraokular-druck und ein Glaukom bzw. Sekundärglaukom auszuschließen oder zeitnah diagnostizieren und entsprechend behandeln zu können (siehe auch 2.4.2). Der normale Intraokular-druck bewegt sich zwischen 10mmHg und 21mmHg und ist im Mittel 15,5mmHg. Beim Säugling gelten Werte von etwa 10-12mmHg als normal. [14]

Bei der **Handap- plationstonometrie** nach Perkins ist eine Narkose des Kindes notwendig. Es wird gemessen, wie viel Kraft notwendig ist, um eine 3,06mm durchmessende zentrale Stelle auf der Hornhaut abzuflachen. Der Anpressdruck des Tonometers entspricht dann dem Intraokular-druck. [14] [74]

Die **Schiötz- Impressionstonometrie** ermittelt den Intraokular-druck mithilfe eines auf der Hornhaut aufliegenden Stiftes. Es wird hierbei gemessen, wie weit der aufliegende

Stift die Hornhaut „eindellt“ und aus dieser Eindringtiefe kann dann der Intraokulardruck ermittelt werden. [8] [74]

Eine **Palpation** des Intraokulardrucks ist möglich, jedoch nicht ganz einfach und setzt Erfahrung des Untersuchers voraus. Das zu untersuchende Auge wird durch das Oberlid palpiert, während der Patient nach unten sieht. Der Bulbus „fluktuiert“ bei annähernd normalem Augendruck, bei Druckerhöhung ist er hingegen „hart“ bis „steinhart“. [8]

Die **Rebound-Tonometrie (icare)** wird auch als ballistische Tonometrie bezeichnet. Ein kleiner Stift wird hier kurz und sanft gegen das Auge beschleunigt und durch Messung des Rückpralls kann der Intraokulardruck ermittelt werden. Es wird jedoch weder ein Lidschlussreflex noch werden Schmerzen ausgelöst. [8] [14]

2.7 Ziele der Arbeit

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, die Ergebnisse der kindlichen Kataraktchirurgie am Campus Virchow-Klinikum der Charité im Zeitraum vom 01.01.2010 bis 31.12.2014 retrospektiv zu erheben, zu veranschaulichen und zu analysieren sowie nach Möglichkeit ggf. Faktoren zu identifizieren, die Einfluss auf die langfristigen Ergebnisse, d.h. primär auf die Entwicklung der Sehfähigkeit, des Visus, und/oder das Auftreten einer postoperativen Komplikation haben.

Es sollen in einer retrospektiven Studie die entsprechenden medizinischen Daten und Untersuchungsergebnisse aus Patientenakten und Operationsberichten erhoben und analysiert werden.

Zunächst soll beleuchtet werden, wie viele kindliche kataraktchirurgische Eingriffe es während des Beobachtungszeitraums gab, wie die Alters- und Geschlechterverteilung ausfällt, welche Diagnosen, d.h. welche Arten der Katarakt wie häufig vorlagen und wie viele Augen unilateral, wie viele bilateral betroffen waren.

Als Hauptfragestellung soll untersucht werden, welche Ergebnisse durch den kataraktchirurgischen Eingriff bezüglich der Visusentwicklung erzielt wurden, welche Faktoren

ggf. eine gute Visusentwicklung begünstigen und wie es sich mit dem Amblyopierisiko, insbesondere bei jüngerem Operationsalter (ab der 3. Lebenswoche) verhält. Als weitere Hauptfragestellung soll betrachtet werden, welche Komplikationen wie oft auftraten, wann diese Komplikationen auftraten und ob es Faktoren gibt, welche einen komplikationslosen postoperativen Verlauf ggf. begünstigen. Zusätzlich von Interesse ist, ob es im Speziellen mehr Komplikationen (insb. Glaukom) bei jüngerem Operationsalter gab.

Soweit es die erhobenen bzw. vorhandenen medizinischen Daten und Untersuchungsergebnisse ermöglichen, soll zusätzlich die Bearbeitung der folgend aufgeführten Nebenfragestellungen erfolgen.

Als eine der Nebenfragestellungen soll untersucht werden, welche Linsenimplantationen es gab und wann diese Linsen implantiert wurden (primär oder sekundär) und ob es (mehr) Komplikationen in Zusammenhang mit der Linsenimplantation gab. Als weitere Nebenfragestellungen soll untersucht werden, wie sich der Intraokulardruck postoperativ und wie sich die postoperative Refraktion entwickelten, zudem soll betrachtet werden, welche Ätiologie ggf. vorlag und ob es Auffälligkeiten bzgl. der Schwangerschaft der Mutter und der Geburt der betroffenen Kinder gab.

3 Methodik

3.1 Ein- und Ausschlusskriterien

Ziel war es, möglichst alle Fälle in die Untersuchung einzuschließen, bei welchen im Zeitraum 1. Januar 2010 bis 31. Dezember 2014 im Alter von maximal 20 Jahren in der Augenklinik am CVK eine Kataraktoperation an mindestens einem Auge durchgeführt worden war.

Zur Festlegung der Fallzahl wurde im SAP-System der Charité zur Fachrichtung „WAUGEN“ eine Suche mit folgendem Suchstring durchgeführt:

„H25.0 bis H26.3 5-144.30 bis 5-144.5k 1.1.2010 bis 31.12.2014“.

Für die Diagnosen in ICD-10-Codierung steht H25.- für die *Cataracta seniles*, H26.- für sonstige Kataraktformen und hier speziell H26.0 für die *infantile, juvenile* und *präsenile* Katarakt, H26.1 für die *Cataracta traumatica*, H26.2 für die *Cataracta complicata* und H26.3 für eine *arzneimittelinduzierte Katarakt*. Die senile Katarakt wurde in die Suche eingeschlossen, da die kindliche Katarakt in einzelnen Fällen (aufgrund von Fehlkodierung) auch unter dieser Diagnose geführt wird. Der OPS-Code 5-14 codiert für *Operationen an der Linse* und 5-144 für die *extrakapsuläre Extraktion der Linse [ECCE]*. (siehe Anhang)

Die Suche mit den Prozeduren (OPS-Code) allein, ergab für den untersuchten Zeitraum 14.365 Treffer, durch die kombinierte Suche, inklusive der Diagnosen mit dem obigen Suchstring, wurde das Ergebnis auf 4.593 Fälle eingegrenzt.

Nach einem Export konnten in MS Excel, nach dem Alter zum Operationszeitpunkt sortiert, nur die Fälle der bis zu 20-jährigen Patienten eingeschlossen werden und mithilfe der schriftlichen Erfassung im Rahmen der OP-Planung von 2010 bis 2014 der Augenklinik konnte die Patientenzahl schließlich auf 152 eingegrenzt werden.

Während der Datenerhebung zeigten sich Schwierigkeiten, die zum Ausschluss von 12 Patienten führte: Bei einem Patienten war die Kataraktoperation zwar geplant aber nicht durchgeführt worden. Bei einem anderen Patienten hatte eine Namensänderung statt-

gefunden, weshalb er zweimal eingeschlossen war. Zu drei der Patienten konnten im SAP-System keine weiteren Eintragungen gefunden werden. Bei sieben Patienten waren die Akten zum Zeitpunkt der Datenerhebung nicht auffindbar/verfügbar.

Bei zwei Fällen mit bilateraler Katarakt war jeweils eines der Augen vor dem Beobachtungszeitraum, in den Jahren 2005 und 2009, sowie in zwei weiteren Fällen nach dem Beobachtungszeitraum, im Jahr 2015, operiert worden. Diese vier Augen wurden der Kontinuität wegen dennoch in die Untersuchung aufgenommen und jeweils zwei Fälle den Operationen der Jahre 2010 und 2014 zugeordnet.

Nachdem alle angeführten Ein- und Ausschlusskriterien Berücksichtigung gefunden hatten, konnten schließlich 199 Fälle/Augen von 140 Patienten in die Untersuchung eingeschlossen werden.

3.2 Datenerhebung

Die Erhebung der Daten erfolgte zum einen aus dem SAP-System in elektronischer Form, da jedoch die meisten Untersuchungsergebnisse zum damaligen Zeitpunkt handschriftlich notiert worden waren, größtenteils aus den ambulanten und/oder stationären Patientenakten in Papierform.

Die Patientenakten wurden zu einem großen Teil aus den Archiven der Charité angefordert, waren aber teilweise auch in der Augenklinik bzw. Ambulanz vorzufinden, wenn der letzte Besuch des entsprechenden Patienten nicht zu weit in der Vergangenheit lag.

Name, Vorname, Geschlecht, Geburtsdatum, Geburtsart, Schwangerschaftswoche, Geburtsgewicht und ggf. aufgetretene Ereignisse während der Schwangerschaft wurden als Stammdaten zu jedem der eingeschlossenen Patienten erhoben und diesen als Patientenummer⁸ nach dem Zufallsprinzip eine Zahl zwischen 1 und 152 zugewiesen.

Zudem wurde zu jedem der Patienten erfasst, ob im Beobachtungszeitraum an beiden Augen (bilateral) eine Kataraktoperation durchgeführt worden war oder nicht (unilateral).

⁸ Aus Datenschutzgründen wurde die gesamte Verarbeitung der Daten ohne die Angabe der Namen der Patienten, nur mit der pseudonymisierten Patientenummer vorgenommen.

Alle weiteren Informationen wurden jeweils getrennt für das rechte (RA) und das linke Auge (LA) aufgenommen. Bei Patienten, von welchen nur ein Auge operiert worden war, wurden die Daten des jeweils anderen Auges, soweit vorhanden, ebenfalls erhoben, auch wenn dieses ggf. nicht erkrankt war.

Die Operation und die operierte Katarakt wurden mit folgenden Informationen aus den Operationsberichten und Patientenakten erhoben: Ätiologie, Kataraktdiagnose, Datum der Operation, Operateur, Operationstechnik, implantierter Linsentyp, Dioptrien der implantierten Linse.

Die Untersuchungsergebnisse wurden für jedes der operierten Augen zu drei Visiten erfasst. Als erste Visite (V0) die letzte vorgefundene Untersuchung vor dem operativen Eingriff, die zweite Visite (V1) unmittelbar bis maximal zwei Wochen nach dem operativen Eingriff und die dritte Visite (Vmax) als letztmögliche Visite, d.h. die in den Unterlagen vorgefundene zum spätesten Zeitpunkt durchgeführte Untersuchung.

Für die drei Visiten wurden, falls entsprechende Aufzeichnungen in den Akten vorzufinden waren, erhoben: Datum der Visite, Visus, partieller Visus, Methode der Visuserhebung, Art der Korrektur, Sphäre der Korrektur, Zylinder der Korrektur, Achse der Korrektur, Nahteil der Korrektur, Intraokulardruck, Methode der Druckmessung, Sphäre der Refraktion, Zylinder der Refraktion, Achse der Refraktion, Methode der Refraktionsmessung. Zusätzlich bei der letzten Visite: Teilzeitokklusion, Strabismus, Nystagmus, Medikamente.

Zu jedem Auge wurden bis zu sieben unterschiedliche Komplikationen bzw. Ereignisse berücksichtigt, die im Untersuchungszeitraum aufgetreten waren, mit jeweils: Datum des ersten Auftretens, Datum des letzten Auftretens, Anzahl des Auftretens und Zeitintervall des Auftretens (durchschnittlich in Tagen). Die Diagnose, eine ggf. vorgenommene Intervention und der Operateur bzw. Verantwortliche der Intervention wurden erfasst.

Der Parameter Visus wurde immer als monokularer Visus erhoben, als bestmöglich und ggf. bestkorrigiert, best corrected vision (BCV), bzw. best corrected visual acuity (BCVA), d.h. ggf. mit bestmöglicher Korrektur, Brille oder Kontaktlinsen (cc), wenn der

erreichte Wert hier besser war als ohne Korrektur (sc). Ob ein partieller Visus vorlag, d.h. ein (p) oder zwei Zeichen (pp) nicht erkannt worden waren, wurde ebenfalls erfasst.

3.3 Statistische Auswertung: Verfahren und Methoden

Die statistische Auswertung der erhobenen Daten erfolgte mit den Statistikprogrammen Stata von StataCorp LLC in der Version 14 und IBM SPSS Statistics in der Version 21, sowie mit Microsoft Excel 2007.

Da die visuelle Entwicklung vom Alter abhängig ist, wurden die Patienten bezüglich des Zeitpunktes des operativen Eingriffs in drei Altersgruppen aufgeteilt.

Altersgruppe 1: von 2 Wochen bis 9 Monaten

Altersgruppe 2: von > 9 Monaten bis 6 Jahren

Altersgruppe 3: von > 6 bis 20 Jahren

In erster Linie wurde eine deskriptive Analyse der erhobenen Daten durchgeführt, um die quantitativen und kategoriellen Merkmale in Häufigkeitstabellen, Balkendiagrammen oder Boxplots zu veranschaulichen.

Um aus den erhobenen Daten gegebenenfalls Schlussfolgerungen ziehen zu können, wurde anschließend eine induktive Analyse mithilfe im Folgenden angeführter statistischer Testverfahren durchgeführt.

Die statistische Auswertung des Visus erfolgte zur Berechnung von Median, dem 1. Quartil (Q1) und 3. Quartil (Q3) sowie Mittelwert (mean) weitgehend in logMAR (logarithm of minimum angle of resolution), da die logarithmische Skalierung der physiologischen Funktionsweise des menschlichen Sehvermögens eher entspricht als die arithmetische, lineare Skalierung, welche die Mittelwerte überbewertet. [75] Ein dezimaler Visus von 1,0 entspricht einem logMAR Visus von 0 und ein logMAR Visus von 1,0 einem Visus von 0,1 dezimal, d.h. der logMAR Visus nimmt bei schlechterem Sehvermögen zu und bei besserem ab, die graphische Darstellung eines logMAR Visus erfolgt deshalb in der vorliegenden Arbeit mit umgekehrter Y-Achse.

Zur besseren Vergleichbarkeit und um eine statistische Auswertung zu ermöglichen, war die Umrechnung eines sehr geringen Visus (low vision), wie *Nulla lux*, *Lichtschein*, *Handbewegungen* und *Fingerzählen*, in ein Äquivalent nach Tabelle 6 notwendig. Die Umrechnung basiert auf dem Beispiel von Grover et al., nach welchen eine Abstufung zwischen den Werten in logarithmischen Schritten von 0,1 erfolgt und somit auch die Visuswerte *Nulla lux* und *Lichtschein* Berücksichtigung finden. [76] Bezüglich des *Lichtscheins* wurde mit oder ohne *Projektion* (Lokalisation der Richtung der Lichtquelle) nicht weiter differenziert, d.h. *Lichtscheinwahrnehmung* und *Lichtscheinprojektion* demnach gleichgesetzt.

Tabelle 6: low vision (nach Grover et al. [76])

low vision		dezimal Äquivalent	logMAR Äquivalent
Nulla lux	no light perception (NLP)	0,0013	2,90
Lichtscheinwahrnehmung (LSW)	light perception (LP)	0,0016	2,80
Lichtscheinprojektion (LSP)	light projection (LPCP)	0,0020	2,70
Handbewegungen (HBW)	hand motion (HM)	0,0020	2,70
Fingerzählen (FZ)	counting fingers (CF)	0,0025	2,60
keine Fixation		0,0013	2,90
Fixation		0,0025	2,60

Ein Vorschlag von Holladay, nach welchem *Fingerzählen* mit dezimal 0,01 bzw. logMAR 2,0 und *Handbewegungen* mit dezimal 0,001 bzw. logMAR 3,0 gewertet wird, einem logarithmischen Schritt von 1, wurde nicht angewandt, da dieser vorsieht, *Nulla lux* und *Lichtschein* (mit und ohne Projektion) aus den Untersuchungen auszuschließen. [75] Der Ausschluss hätte hier etwa 70 der erfassten Fälle betroffen.

Konnte bei den Untersuchungen lediglich festgestellt werden, ob der Patient fixiert oder nicht, so wurde *keine Fixation* mit dem geringsten low-vision-Wert und *Fixation* mit dem höchsten low-vision-Wert gleichgesetzt (Tabelle 6).

Ein partiell erreichter Visuswert (p oder pp) wurde unverändert eingeschlossen, was nach Holladay etwa einem akzeptablen Rundungsfehler entspricht. [77]

Als untere Visusgrenze zur Amblyopie wurde eine Abweichung von einer logarithmischen Visusstufe von 0,1 vom altersentsprechenden Sollvisus (siehe Tabelle 12, Seite 64) festgelegt, da in der Literatur bei Kindern ab einem Alter von 6 Jahren, wie auch bei Erwachsenen, ein Visus von dezimal 0,8 und weniger, was ebenfalls einer logarithmischen Abweichung von 0,1 vom Sollvisus 1,0 dieser Altersgruppe entspricht, als Amblyopie gewertet wird. Zur Bestimmung der Amblyopietiefe wurde eine untere Visusabweichung von bis zu logarithmisch 0,5 von der altersentsprechenden unteren Visusgrenze (s.o.) als eine leichte, zwischen logarithmisch 0,5 und 1,0 als eine mittlere und eine untere Abweichung von mehr als logarithmisch 1,0 als eine tiefe Amblyopie gewertet. [55] [78] [79]

Damit bei der Untersuchung der Refraktionsentwicklung auch ein ggf. vorliegender Astigmatismus Berücksichtigung finden konnte, wurden die erhobenen Refraktionswerte vor der Auswertung in ein sphärisches Äquivalent umgerechnet. Das sphärische Äquivalent berechnete sich als Summe der sphärischen Refraktion und der Hälfte des Zylinders (sphärisches Äquivalent = Sphäre + Zylinder/2). [74]

Aufgrund der meist schiefen Verteilung der Daten wurde zur Auswertung der Visusentwicklung (Visus präoperativ und Visus postoperativ) der *Wilcoxon-Test* gewählt, um zu untersuchen, ob signifikante Unterschiede zwischen zwei abhängigen, verbundenen Stichproben vorliegen.

Mit dem nichtparametrischen *Mann-Whitney-U-Test* (auch als *Wilcoxon-Rank-Sum-Test* bezeichnet) wurde untersucht, ob es Unterschiede zwischen zwei unabhängigen Stichproben gibt. Mit dem *Kruskal-Wallis-Test* wurden Unterschiede zwischen mehr als zwei unabhängigen Stichproben untersucht.

Auf einen Zusammenhang zweier nicht-normalverteilter Variablen (bivariate Analyse) wurde mit einem Spearman-Korrelationstest untersucht.

Um einen möglichen Zusammenhang zwischen zwei kategoriellen Variablen zu untersuchen, fand der *Chi-Quadrat-Test nach Pearson* Anwendung sowie der *exakte Chi-Quadrat-Test nach Fisher*, der für kleine Stichproben als zuverlässiger gilt. [80]

Eine *Überlebenszeitanalyse (Survival-Analyse)* mit dem *Kaplan-Meier-Verfahren* wurde zur Untersuchung der Zeit bis zum Auftreten einer postoperativen Komplikation vorgenommen. Vorzeitig ausscheidende Augen, bzw. Augen, bei welchen im Beobachtungszeitraum keine Komplikation aufgetreten war, wurden mit einer *Zensierung* in die Auswertung eingeschlossen. Der Einschluss mit Zensierung bedeutet, dass das entsprechende Auge zunächst (als ein Auge ohne Komplikation) in die Untersuchung eingeschlossen wird. Verlässt dieses Auge nun die Untersuchung zu einem bestimmten Zeitpunkt, ohne dass bis zu diesem Zeitpunkt eine Komplikation aufgetreten ist, wird dies als Zensierung bezeichnet. Die Zensierung wird nicht als Komplikation gewertet. Da aber nicht klar ist, ob im weiteren Verlauf eine Komplikation aufgetreten wäre oder nicht, wird das Auge ab diesem Zeitpunkt nicht mehr für die weiteren Berechnungen berücksichtigt. Eine Zensierung wird in der Kaplan-Meier-Kurve als senkrechter Strich angezeigt. [81] Mit dem *Log-Rank-Test* wurden die Zeiten ohne Komplikation (Kaplan-Meier-Kurven) der Gruppen (Altersgruppen sowie aphake, primär und sekundär pseudophake Gruppe) statistisch miteinander verglichen.

Das Signifikanzniveau, also die Irrtumswahrscheinlichkeit, wurde auf 5% festgelegt (p-Wert $\leq 0,05$).

In die statistische Auswertung flossen teilweise Messungen beider Augen eines Patienten ein. Die Daten der Augen ein und derselben Person sind jedoch nicht unabhängig, sondern korrelieren in gewisser Weise. Aufgrund dieser intraindividuellen Abhängigkeit, wurde eine Korrektur der p-Werte erforderlich, welche das Verhältnis von Patientenzahl zu Anzahl der untersuchten Augen berücksichtigt, da andernfalls der unkorrigierte p-Wert fälschlicherweise eine geringere Irrtumswahrscheinlichkeit angibt und es zu einer Überschätzung der statistischen Ergebnisse kommt. [82] Die p-Wert-Korrektur wurde mit SPSS entsprechend folgender Formel vorgenommen:

$$„p_kor = 1 - \text{cdf.chisq}((\text{idf.chisq}(1 - p_Wert, 1)) * (\text{Anzahl_Patienten} / \text{Anzahl_Augen}), 1)“^9.$$

Eine Bonferroni-Korrektur wurde aufgrund des explorativen Charakters der vorliegenden Studie nicht durchgeführt.

⁹ Kumulative Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion des Korrekturfaktors aus inverser Wahrscheinlichkeitsdichtefunktion des p-Wertes mit dem Quotienten aus Anzahl der Patienten und Anzahl der Augen multipliziert.

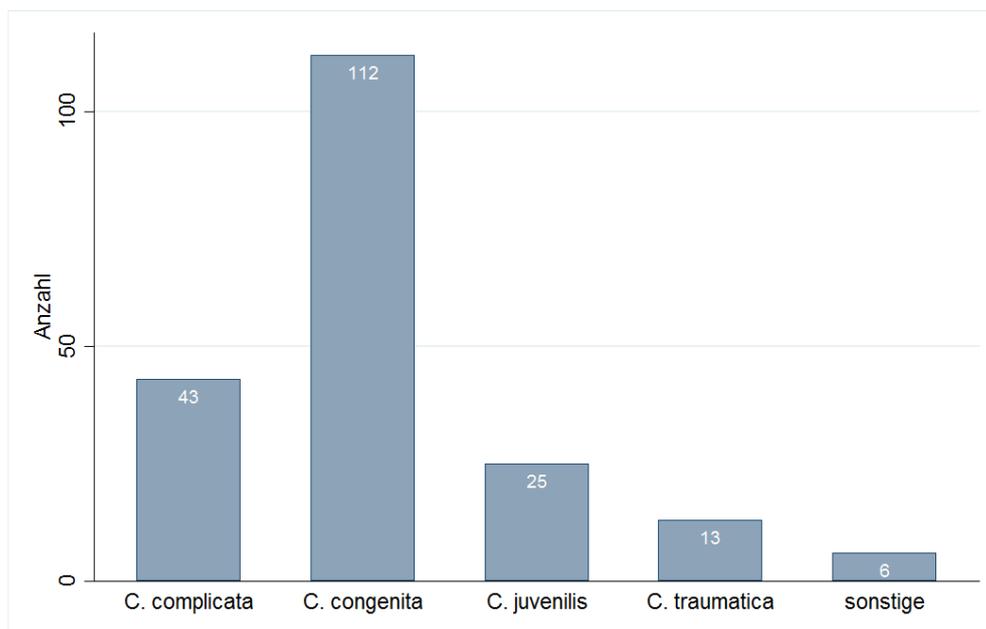
4 Ergebnisse

4.1 Überblick

In die Untersuchung konnten 140 Patienten eingeschlossen werden. Von diesen 140 Patienten wurden 199 Augen operiert, bei 59 Patienten bilateral 118 Augen und bei 81 Patienten wurde jeweils nur ein Auge (unilateral) operiert.

Es wurden 102 rechte (RA) und 97 linke Augen (LA) operiert. Mit 108 Fällen wurden etwas mehr männliche als in 91 Fällen weibliche Patienten operiert.

Abbildung 2: Diagnosen



Die Operationsdiagnose der 199 operierten Augen war in 112 Fällen eine *Cataracta congenita*, in 43 Fällen eine *Cataracta complicata* als Komplikation einer anderen Grunderkrankung, in 25 Fällen eine *Cataracta juvenilis* und in 13 Fällen eine durch eine Verletzung entstandene Katarakt, *Cataracta traumatica*. In 6 Fällen lagen andere Diagnosen vor, die eine Kataraktoperation notwendig machten, dies war in 5 Fällen eine *subluxierte Linse* und in einem Fall eine *Lentodonesis* (Linsenschlottern). (Abbildung 2)

Der Beobachtungszeitraum aller Altersgruppen war 1 Tag bis maximal 5,75 Jahre lang, betrug durchschnittlich 2,06 Jahre, mit einer Standardabweichung von 1,5 Jahren, und median 2,01 Jahre. (Tabelle 7)

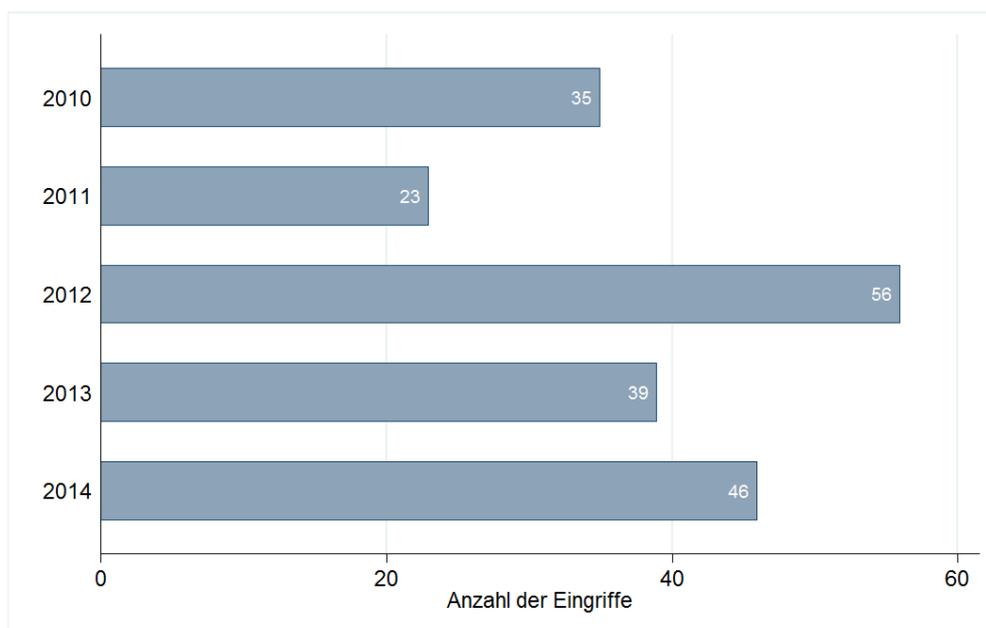
Tabelle 7: Beobachtungszeitraum in Jahren

Altersgruppe	min	max	median	mean	sd	N
1	0,0027*	5,41	2,54	2,39	1,35	65
2	0,0493**	5,75	2,77	2,31	1,59	65
3	0,0027*	4,73	1,16	1,50	1,43	69
alle	0,0027*	5,75	2,01	2,06	1,50	199

*1 Tag, **2,5 Wochen

Die 65 operierten Augen der Altersgruppe 1 wurden 1 Tag bis maximal 5,41 Jahre beobachtet, median 2,54 Jahre und durchschnittlich 2,39 Jahre, mit einer Standardabweichung von 1,35 Jahren. Für Altersgruppe 2 betrug die Beobachtungszeit mindestens 2,5 Wochen, maximal 5,75 Jahre und durchschnittlich 2,31 Jahre, mit einer Standardabweichung von 1,59 Jahren, sowie median 2,77 Jahre. Altersgruppe 3 wurde von einem Tag bis maximal 4,73 Jahre, durchschnittlich 1,5 Jahre mit einer Standardabweichung von 1,43 Jahren und median 1,16 Jahren, etwas kürzer beobachtet als die anderen zwei Gruppen. (Tabelle 7)

Abbildung 3: Eingriffe im Beobachtungszeitraum



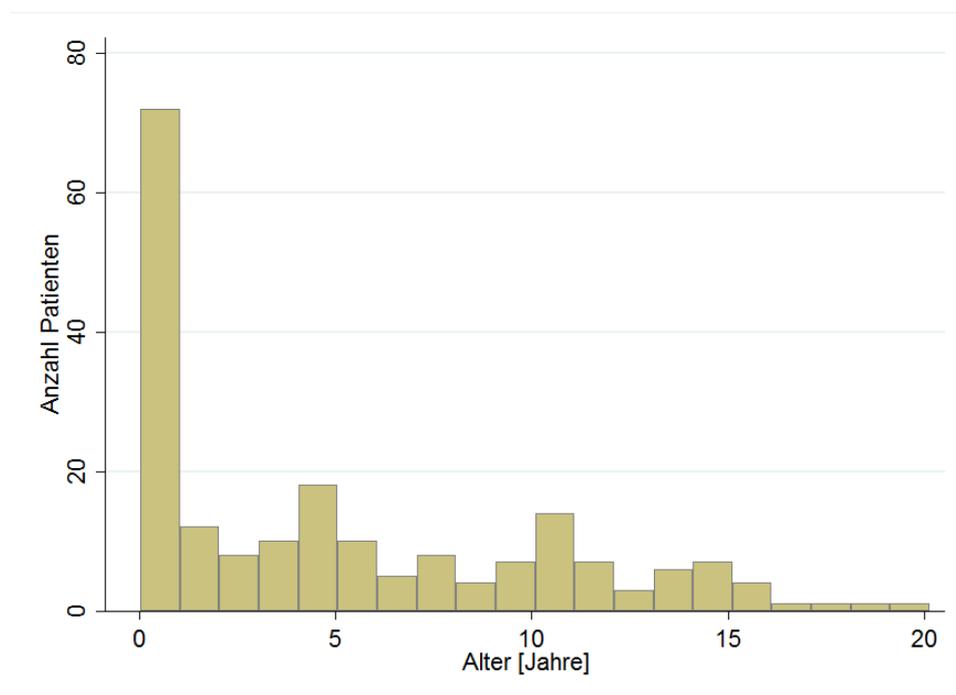
Im Jahr 2012 wurden mit 56 Eingriffen die meisten Augen mit einer kindlichen Katarakt operiert, gefolgt von 39 Eingriffen 2013 und 46 Eingriffen im Jahr 2014. 35 Eingriffe wurden im Jahr 2010 vorgenommen und 2011 mit 23 Eingriffen die geringste Anzahl im Beobachtungszeitraum. (Abbildung 3)

Durchschnittlich waren es im Beobachtungszeitraum 39,8 Augen pro Jahr, die in der Augenklinik am CVK aufgrund einer kindlichen Katarakt operiert wurden.

4.2 Operationszeitpunkt

Das Alter der Patienten zum Zeitpunkt der Operation betrug für die Gesamtstichprobe im Durchschnitt 5,06 Jahre (61,06 Monate) (Median 3,56 Jahre bzw. 42,68 Monate) mit einer Standardabweichung von 5,13 Jahren (61,57 Monate). (Tabelle 8)

Abbildung 4: Altersverteilung



Etwa ein Drittel der eingeschlossenen Augen wurde im ersten Lebensjahr operiert, bzw. in den ersten 9 Monaten (siehe Abbildung 4 und Abbildung 5).

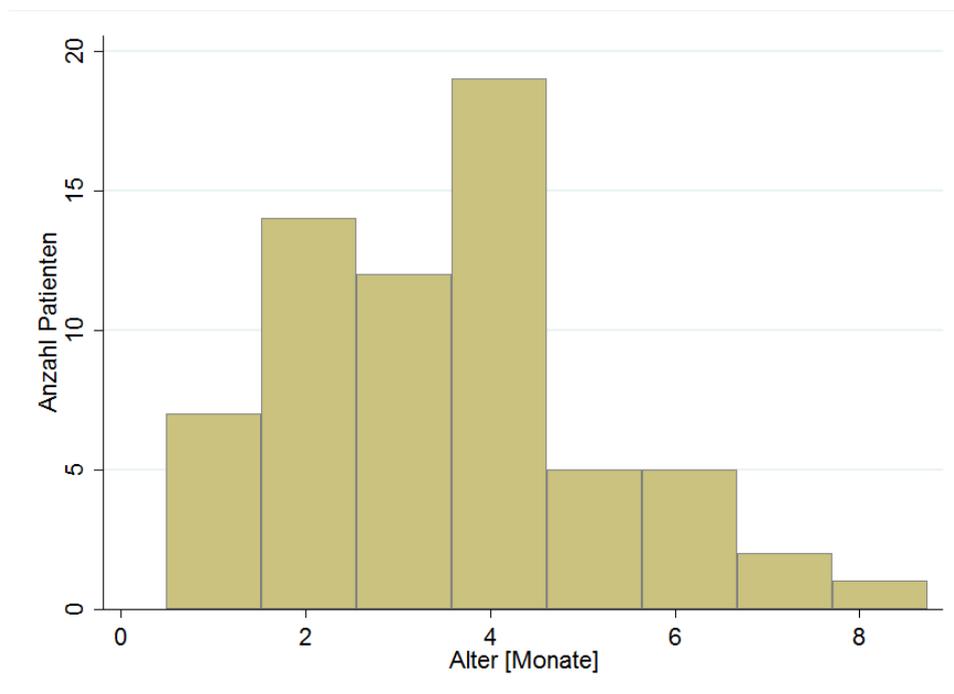
Tabelle 8: Altersverteilung in Monaten

Altersgruppe	min	max	median	mean	sd	N
1	0,49	8,74	3,55	3,55	1,67	65
2	10,91	69,52	41,79	39,46	18,99	65
3	73,00	241,64*	130,89**	135,64***	37,94	69
alle	0,49	241,64*	42,68	61,06	61,57	199

*20,14 Jahre, **10,91 Jahre, ***11,30 Jahre

Der jüngste eingeschlossene Patient war bei Operation 2 Wochen (0,49 Monate), der älteste Patient 20,14 Jahre (241,64 Monate) alt. (Tabelle 8)

Abbildung 5: Altersverteilung in Altersgruppe 1



In *Altersgruppe 1* waren die Patienten durchschnittlich 3,55 Monate alt (median ebenfalls 3,55 Monate), die Standardabweichung betrug 1,67 Monate, der jüngste Patient war 2 Wochen (0,49 Monate), der älteste 8,74 Monate alt. (Tabelle 8)

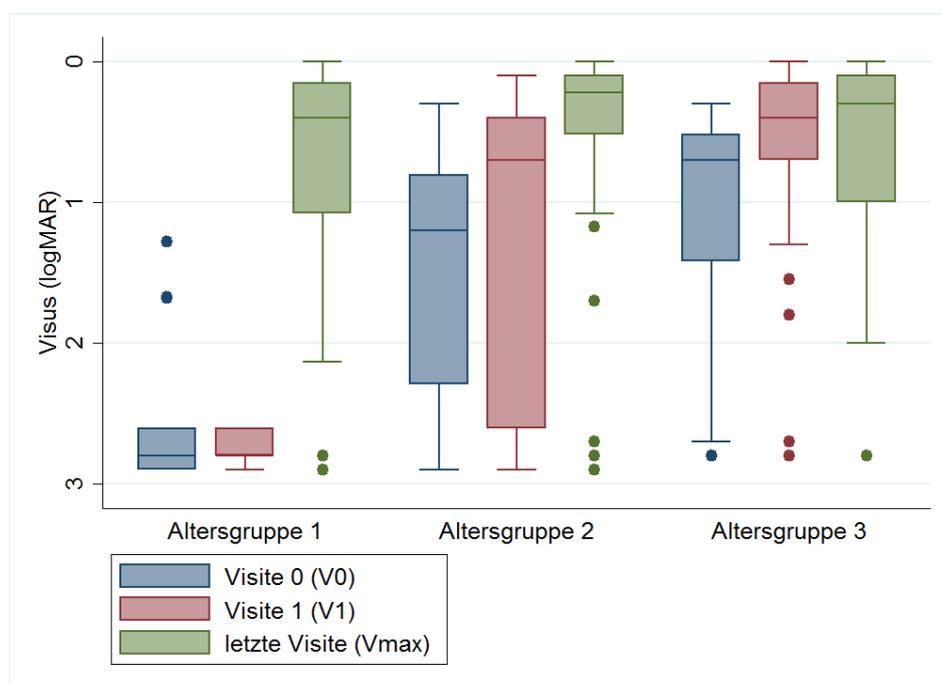
In *Altersgruppe 2* war der Median 41,79 Monate (3,48 Jahre), das Durchschnittsalter 39,46 Monate (3,29 Jahre) und die Standardabweichung 18,99 Monate. Die Patienten der Altersgruppe 2 waren von 10,91 bis 69,52 Monate (0,91 bis 5,79 Jahre) alt. (Tabelle 8)

Die *Altersgruppe 3* ist mit 69 Augen die größte der drei Gruppen. Im Durchschnitt waren die Patienten 11,30 Jahre (135,64 Monate) alt, die Standardabweichung beträgt 3,16 Jahre (37,94 Monate), der Median liegt bei 10,91 Jahren (130,86 Monaten). Die Patienten der Altersgruppe 3 waren mindestens 6,08 Jahre (73 Monate) und maximal 20,14 Jahre (241,64 Monate) alt. (Tabelle 8)

4.3 Visusentwicklung

Die Entwicklung des Visus als wichtigste Messgröße des Ergebnisses der kindlichen Kataraktchirurgie, wurde bzgl. verschiedener Aspekte untersucht, welche im Folgenden aufgezeigt werden.

Abbildung 6: Visus (logMAR) monokular, alle operierten Augen, Visite V0, V1 und Vmax, Altersgruppe 1 bis 3



Nach den Altersgruppen wurde die Visusentwicklung aller operierter Augen (mit und ohne Linsenimplantation) über die präoperative Untersuchung (V0), die unmittelbar postoperative Untersuchung (V1) und die letzte durchgeführte postoperative Untersuchung (Vmax) in Abbildung 6 veranschaulicht. In Altersgruppe 1 steigt der mediane logMAR Visus von 2,8 (Q1-Q3: 2,6-2,9) bei V0, über ebenfalls 2,8 (Q1-Q3: 2,6-2,8) bei V1 auf 0,4 (Q1-Q3: 0,15-1,08) bei der letzten postoperativen Untersuchung (Vmax) an. Altersgruppe 2 verzeichnet den stärksten Anstieg des medianen Visus von 1,2 (Q1-Q3: 0,8-2,29) bei V0 und 0,7 (Q1-Q3: 0,4-2,6) bei V1 auf 0,22 (Q1-Q3: 0,1-0,52) bei Vmax. Die Altersgruppe 3 zeigt einen Anstieg des medianen Visus von 0,7 (Q1-Q3: 0,52-1,42) bei V0 auf 0,4 (Q1-Q3: 0,15-0,7) bei V1 sowie etwas geringer bei Vmax auf 0,3 (Q1-Q3: 0,1-1,0). Ein durchgeführter Kruskal-Wallis-Test zeigte (nach p-Wert-Korrektur bzgl. intraindividuelle Abhängigkeit) einen tendenziell signifikanten Unterschied der Visusentwicklung (logMAR Vmax-V0) in den drei Altersgruppen, mit einem p-Wert von $p=0,059$.

Deutlich wird in Abbildung 6 ebenfalls, dass der mediane präoperative logMAR Visus (V0) mit 2,8 (Q1-Q3: 2,6-2,9) in Altersgruppe 1, 1,2 (Q1-Q3: 0,8-2,29) und 0,7 (Q1-Q3: 0,52-1,42) in Altersgruppe 3 mit den Altersgruppen zunimmt. Ein Kruskal-Wallis-Test zeigte mit einem p-Wert von $p<0,001$ einen statistisch signifikanten Unterschied des präoperativen Visus (logMAR) zwischen den drei Altersgruppen bei Visite 0.

Tabelle 9: Visus (logMAR) monokular, ohne Linse operiert (aphake Gruppe),
Visite V0 und Vmax, Altersgruppe 1 bis 3

Altersgruppe	Visus prae OP (V0)				Visus post OP (Vmax)			
	logMAR			N	logMAR			N
	Q1	median	Q3		Q1	median	Q3	
1	2,60	2,80	2,90	42	0,13	0,40	1,08	56
2	1,37	2,60	2,80	15	0,05	0,30	0,56	16
3	2,80	2,80	2,80	1	1,70	1,70	1,70	1
alle	2,60	2,80	2,90	58	0,10	0,40	0,98	73

Die Entwicklung des logMAR Visus ohne und mit Linsenimplantation, der aphaken und der pseudophaken Gruppe, wird in Tabelle 9 und Tabelle 10 dargestellt sowie in Abbildung 7 als Boxplot gegenübergestellt.

Über alle Altersgruppen betrachtet, stieg der mediane logMAR Visus in der aphaken Gruppe von präoperativ 2,8 (Q1-Q3: 2,6-2,9) für 58 beobachtete Augen, auf postoperativ 0,4 (Q1-Q3: 0,10-0,98) für 73 beobachtete Augen.

In Altersgruppe 1 zeigte sich eine Entwicklung des medianen logMAR Visus der aphaken Gruppe von 2,8 (Q1-Q3: 2,6-2,9) präoperativ, zu 0,4 (Q1-Q3: 0,13-1,08) postoperativ. Altersgruppe 2 zeigte in der aphaken Gruppe präoperativ einen medianen logMAR Visus von 2,6 (Q1-Q3: 1,37-2,8), postoperativ 0,3 (Q1-Q3: 0,05-0,56). In Altersgruppe 3 wurde nur ein Auge ohne Linsenimplantation beobachtet, mit einem präoperativen Visus von logMAR 2,8 und 1,7 postoperativ. (Tabelle 9, Abbildung 7)

Tabelle 10: Visus (logMAR) monokular, mit Linse operiert (pseudophake Gruppe), Visite V0 und Vmax, Altersgruppe 1 bis 3

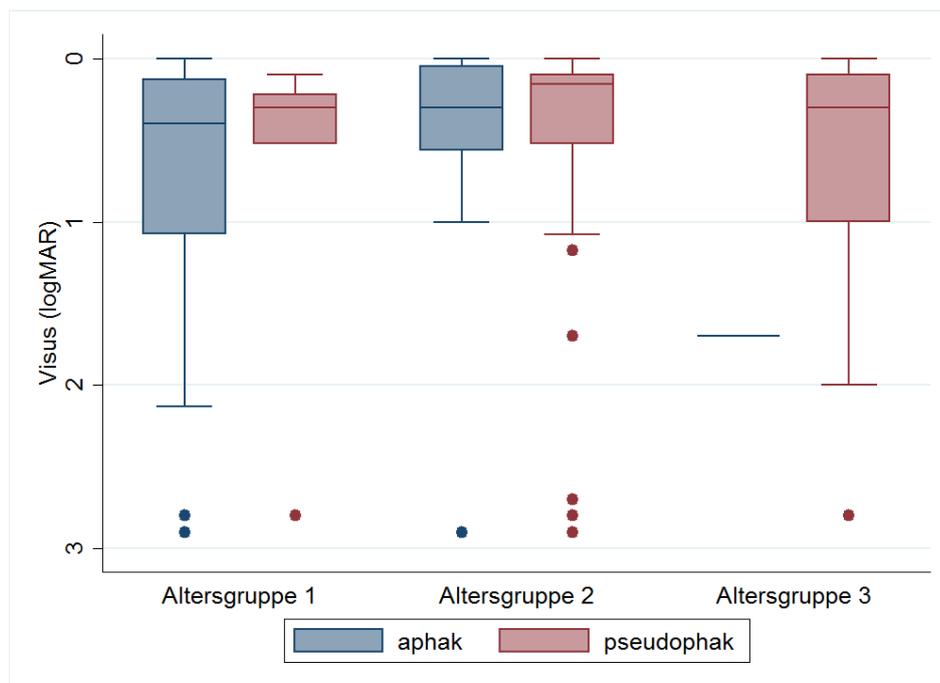
Altersgruppe	Visus prae OP (V0)				Visus post OP (Vmax)			
	logMAR			N	logMAR			N
	Q1	median	Q3		Q1	median	Q3	
1	-	-	-	0	0,22	0,30	0,52	5
2	0,80	1,00	1,67	41	0,10	0,15	0,52	47
3	0,52	0,70	1,30	67	0,10	0,30	1,00	67
alle	0,52	0,92	1,54	108	0,10	0,22	0,70	119

In der pseudophaken Gruppe werden sowohl die Augen mit primär als auch mit sekundär implantierter Intraokularlinse betrachtet. Über alle Altersgruppen stieg der logMAR Visus in der pseudophaken Gruppe für 108 Augen von präoperativ (V0) median 0,92 (Q1-Q3: 0,52-1,54), auf postoperativ (Vmax) median 0,22 (Q1-Q3: 0,1-0,7) für 119 Fälle.

In Altersgruppe 1 wurden in der pseudophaken Gruppe nur 5 Augen mit Linsenimplantation beobachtet, mit einem postoperativen logMAR Visus von median 0,3 (Q1-Q3: 0,22-0,52).

Die Visusentwicklung der pseudophaken Gruppe war in Altersgruppe 2 von median logMAR 1,0 (Q1-Q3: 0,8-1,67) präoperativ (V0), zu median 0,15 (Q1-Q3: 0,10-0,52) postoperativ (Vmax). Altersgruppe 3 zeigte in der aphaken Gruppe präoperativ einen medianen logMAR Visus von 0,70 (Q1-Q3: 0,52-1,3) und postoperativ median 0,3 (Q1-Q3: 0,1-1,0). (Tabelle 10, Abbildung 7)

Abbildung 7: Visus (logMAR) monokular, ohne (aphak) und mit Linse (pseudophak) operiert, Visite Vmax, Altersgruppe 1 bis 3

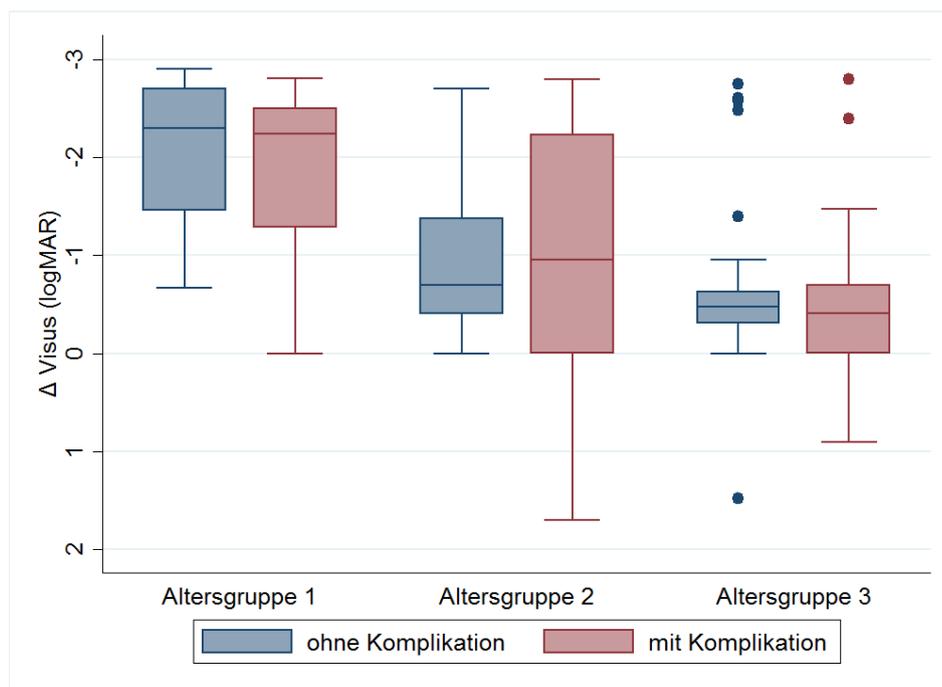


Ein Mann-Whitney-U-Test ergab für den postoperativen Visus nach p-Wert-Korrektur bzgl. intraindividuelle Abhängigkeit, nur noch einen tendenziell signifikanten Unterschied zwischen der aphaken und der pseudophaken (primär und sekundär) Gruppe mit einem p-Wert von $p=0,08$. Betrachtet für die einzelnen Altersgruppen (Abbildung 7), war dieser Unterschied statistisch nicht signifikant, mit einem p-Wert von $p=0,879$ in Altersgruppe 1, $p=0,665$ in Altersgruppe 2 und $p=0,181$ in Altersgruppe 3.

Um den Einfluss des Operationszeitpunktes auf die Amblyopieentwicklung zu untersuchen, war es notwendig, zunächst zu untersuchen, welcher Anteil der (verzögerten) Visusentwicklung auf die Amblyopie selbst und welcher Anteil auf mögliche Komplikationen zurückzuführen ist. Da ohne operativen Eingriff besonders in Altersgruppe 1 eine fortschreitende Amblyopie zu erwarten ist, stellt die Visusentwicklung durch den operativen Eingriff, das Visus-Delta (Δ) als Differenz des logMAR Visus der letzten postoperativen Visite (V_{max}) und der präoperativen Visite (V_0), ohne Störgrößen in Form ggf. aufgetretener Komplikationen, die Reduktion des Amblyopierisikos dar.

In Abbildung 8 ist die Visusentwicklung mit und ohne aufgetretene Komplikationen in den drei Altersgruppen dargestellt.

Abbildung 8: Δ -Visus (logMAR) monokular, alle operierten Augen, ohne und mit Komplikation, $\Delta V_{max}-V_0$, Altersgruppe 1 bis 3

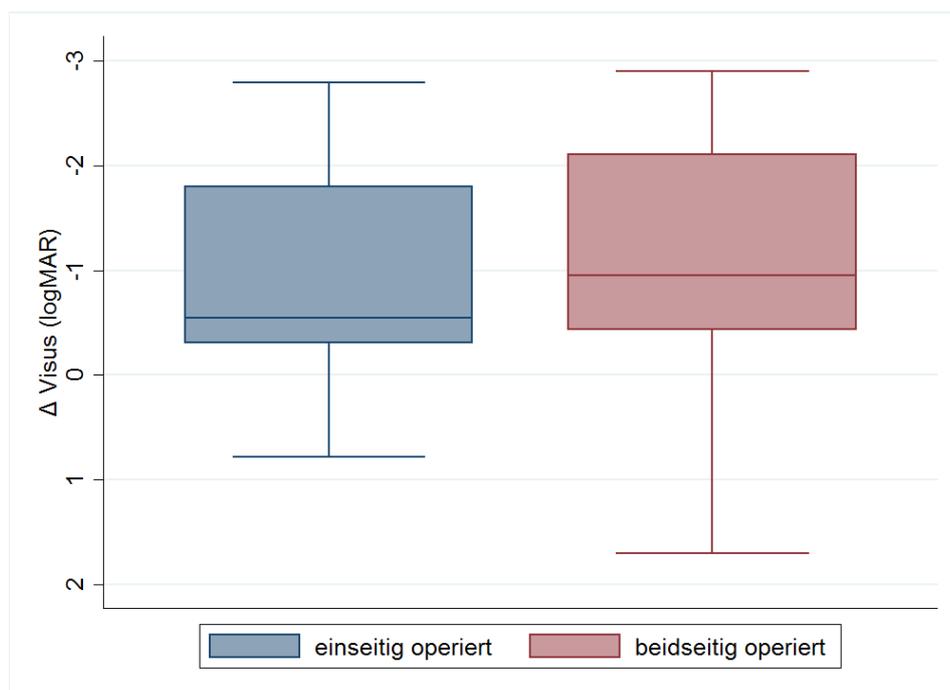


Ohne Komplikation beträgt das mediane logMAR Visus-Delta in Altersgruppe 1 -2,3 (Q1-Q3: -2,7 bis -1,45) für 23 Augen, in Altersgruppe 2 -0,7 (Q1-Q3: -1,38 bis -0,4) für 34 Augen und in Altersgruppe 3 -0,48 (Q1-Q3: -0,63 bis -0,3) für ebenfalls 34 Augen. Mit einem p-Wert von $p=0,733$ konnte ein Kruskal-Wallis-Test zwischen den drei Altersgruppen keinen statistisch signifikanten Unterschied der Visusentwicklung (logMAR $V_{max}-V_0$) ohne Komplikation zeigen.

Bei Betrachtung mit Komplikation beträgt das mediane logMAR Visus-Delta in Altersgruppe 1 -2,24 (Q1-Q3: -2,5 bis -1,28) für 18 Augen, in Altersgruppe 2 -0,95 (Q1-Q3: -2,23 bis 0) für 20 Augen und in Altersgruppe 3 -0,41 (Q1-Q3: -0,7 bis 0) für 34 Augen. Mit einem Kruskal-Wallis-Test bestätigt ein p-Wert von $p=0,006$ einen statistisch signifikanten Unterschied der Visusentwicklung (logMAR $V_{max}-V_0$) bei aufgetretener Komplikation zwischen den drei Altersgruppen.

Zur weiteren Untersuchung des Einflusses des Operationszeitpunktes auf die Amblyopieentwicklung, wurde in Altersgruppe 1 (Alter zum Zeitpunkt der Operation 2 Wochen bis 9 Monate) mit einem Spearman-Korrelationstest der Zusammenhang zwischen Visusentwicklung und Alter zum Zeitpunkt der Operation untersucht. Ohne aufgetretene Komplikation zeigte sich eine negative Korrelation von -0,494, mit einem p-Wert von $p=0,039$, statistisch signifikant. Mit aufgetretener Komplikation zeigte sich nach p-Wert-Korrektur bzgl. intraindividuelle Abhängigkeit, mit einem p-Wert von $p=0,055$, eine tendenziell signifikante positive Korrelation von 0,530. In den Altersgruppen 2 und 3 konnte kein Zusammenhang zwischen Visusentwicklung und Operationsalter gefunden werden.

Abbildung 9: Δ -Visus (logMAR) monokular, einseitig und beidseitig operiert, $\Delta V_{max}-V_0$, alle Altersgruppen

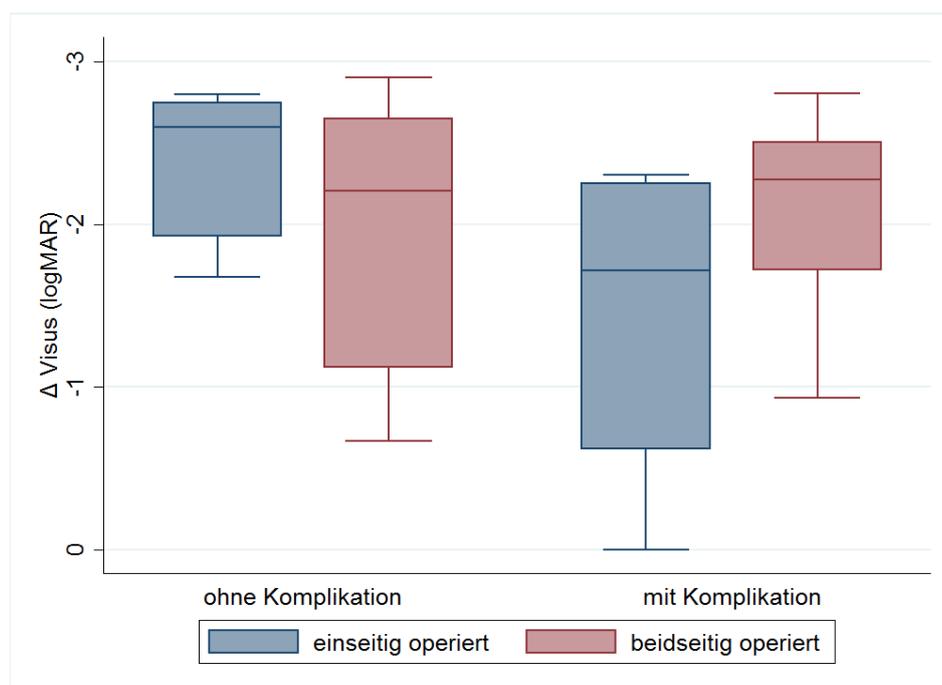


Ein Vergleich der unilateral (einseitig) und der bilateral (beidseitig) operierten Augen ist in Abbildung 9 als Visus-Delta (Δ) in einem Boxplot dargestellt. Für die einseitig operierten Augen beträgt das mediane logMAR Visus-Delta -0,54 (Q1-Q3: -1,8 bis -0,3). Das Visus-Delta der beidseitig operierten Augen beträgt median -0,95 (Q1-Q3: -2,1 bis -0,43). Von den unilateral operierten waren es 65 und von den bilateral operierten 98 Augen, bei welchen sowohl für V0 als auch für Vmax ein Visuswert¹⁰ erhoben werden konnte.

Ein Mann-Whitney-U-Test zeigte mit einem p-Wert von $p=0,071$ für einen Unterschied der Visusentwicklung (logMAR Vmax-V0) bei unilateraler und bilateraler Operation (Abbildung 9) nach p-Wert-Korrektur bzgl. intraindividuelle Abhängigkeit, nur noch eine tendenzielle Signifikanz.

Zur differenzierteren Untersuchung des Einflusses des Operationszeitpunktes auf die Amblyopieentwicklung bei unilateraler oder bilateraler Operation, wurde die Visusentwicklung ohne und mit Komplikation unilateral und bilateral in den Altersgruppen 1 und 2 untersucht (Abbildung 10 und Abbildung 11).

Abbildung 10: Δ -Visus (logMAR) monokular, ein- und beidseitig operiert, mit und ohne Komplikation, Δ Vmax-V0, Altersgruppe 1

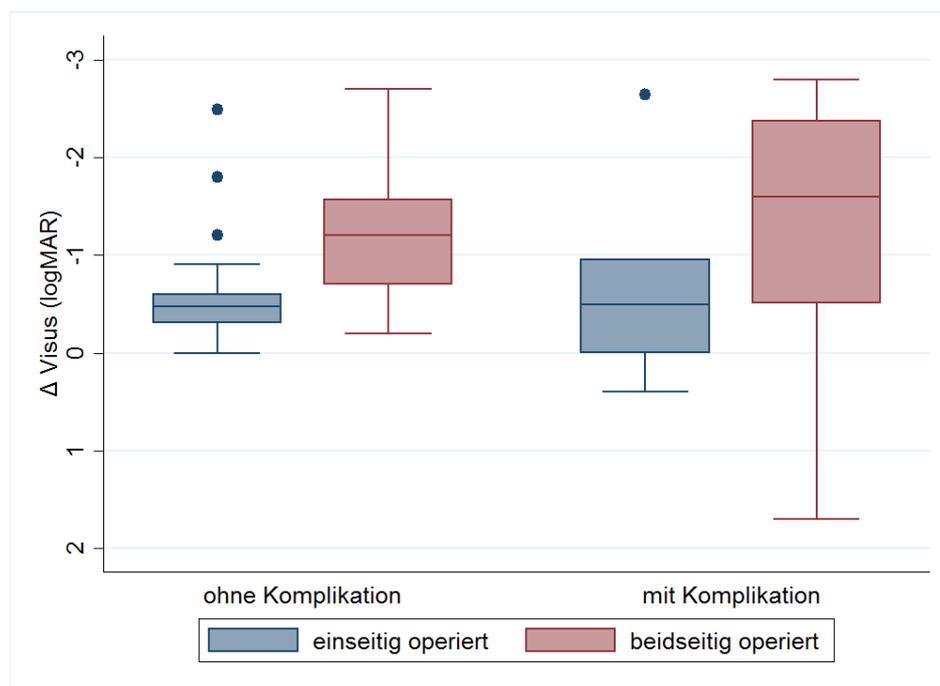


¹⁰ Es handelt sich immer um den Visuswert des untersuchten Auges, d.h. einen monokularen Visus, unabhängig von uni- oder bilateraler Operation (siehe Kapitel 3.2).

Ohne Komplikation beträgt in Altersgruppe 1 das mediane Visus-Delta einseitig operiert logMAR -2,6 (Q1-Q3: -2,75 bis -1,92) für 7 Augen und beidseitig operiert logMAR -2,2 (Q1-Q3: -2,65 bis -1,11) für 16 Augen (Abbildung 10). Ein Mann-Whitney-U-Test ($p=0,730$), konnte keinen statistisch signifikanten Unterschied der Visusentwicklung (logMAR $V_{max}-V_0$) zwischen einseitig und beidseitig operierten Augen in Altersgruppe 1 ohne Komplikation zeigen.

Mit Komplikation beträgt das mediane Visus-Delta in Altersgruppe 1 einseitig operiert logMAR -1,72 (Q1-Q3: -2,25 bis -0,62) für 4 Augen und beidseitig operiert logMAR -2,27 (Q1-Q3: -2,5 bis -1,72) für 14 Augen (Abbildung 10). Mit einem p-Wert von $p=0,457$, konnte ein Mann-Whitney-U-Test keinen statistisch signifikanten Unterschied der Visusentwicklung (logMAR $V_{max}-V_0$) zwischen einseitig und beidseitig operierten Augen und aufgetretener Komplikation in Altersgruppe 1 zeigen.

Abbildung 11: Δ -Visus (logMAR) monokular, ein- und beidseitig operiert, mit und ohne Komplikation, $\Delta V_{max}-V_0$, Altersgruppe 2

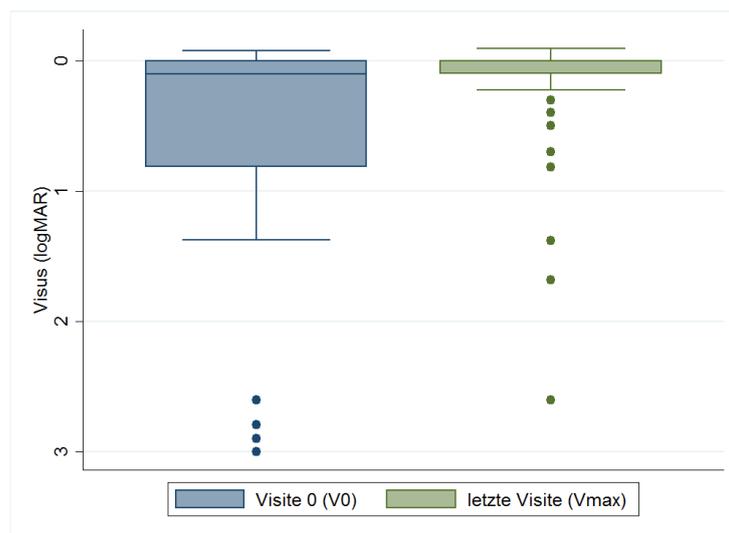


Mit aufgetretener Komplikation beträgt in Altersgruppe 2 das mediane Visus-Delta einseitig operiert logMAR -0,49 (Q1-Q3: -0,95 bis 0) für 7 Augen und beidseitig operiert logMAR -1,6 (Q1-Q3: -2,38 bis -0,5) für 13 Augen (Abbildung 11). Es konnte mit einem

p-Wert von $p=0,356$, ein Mann-Whitney-U-Test für Altersgruppe 2 bei aufgetretener Komplikation, keinen statistisch signifikanten Unterschied der Visusentwicklung (logMAR $V_{max}-V_0$) zwischen einseitig und beidseitig operierten Augen zeigen.

Das mediane Visus-Delta einseitig operiert beträgt in Altersgruppe 2 ohne Komplikation logMAR $-0,48$ (Q1-Q3: $-0,6$ bis $-0,3$) für 17 Augen und beidseitig operiert logMAR $-1,2$ (Q1-Q3: $-1,57$ bis $-0,7$) für ebenfalls 17 Augen (Abbildung 11). Ein Mann-Whitney-U-Test konnte, mit einem p-Wert von $p=0,006$ für Altersgruppe 2 ohne Komplikation, einen statistisch signifikanten Unterschied der Visusentwicklung (logMAR $V_{max}-V_0$) zwischen einseitig und beidseitig operierten Augen zeigen.

Abbildung 12: Visus (logMAR) monokular, nicht operierte (gesunde) Augen, Visite V_0 und V_{max} , alle Altersgruppen



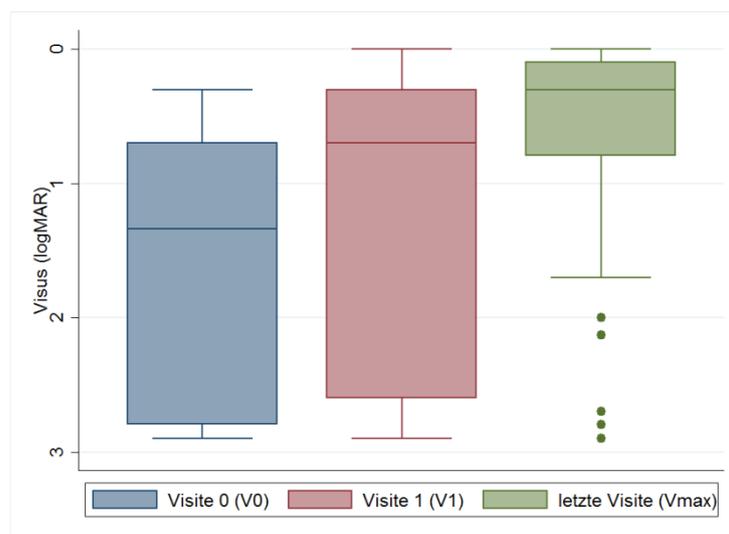
Um den Gesamteffekt der Operation auf die Visusentwicklung zu untersuchen und die durch den operativen Eingriff tatsächlich entstandene Veränderung des Visus aufzeigen zu können, war eine Referenzgruppe gesunder Augen notwendig. Eine solche Referenzgruppe konnte gebildet werden durch Patienten aus der Gesamtstichprobe der vorliegenden Studie, bei welchen eine einseitige Kataraktoperation aufgrund einer unilateralen Katarakt durchgeführt worden war und deren Daten für das zweite, nicht operierte und gesunde Auge verfügbar waren.

Es konnten in diese Referenzgruppe 68 Patienten eingeschlossen werden, deren Visuswerte bei den Untersuchungen sowohl für das erkrankte als auch für das gesunde Auge erhoben worden waren.

Der Visus der Referenzgruppe 68 nicht operierter (gesunder) Augen betrug bei der präoperativen Untersuchung des anderen, zu operierenden Auges (V0, Abbildung 12) median logMAR 0,1 (Q1-Q3: 0-0,81) und bei der letzten postoperativen Visite (Vmax, Abbildung 12) median logMAR 0 (Q1-Q3: 0-0,1).

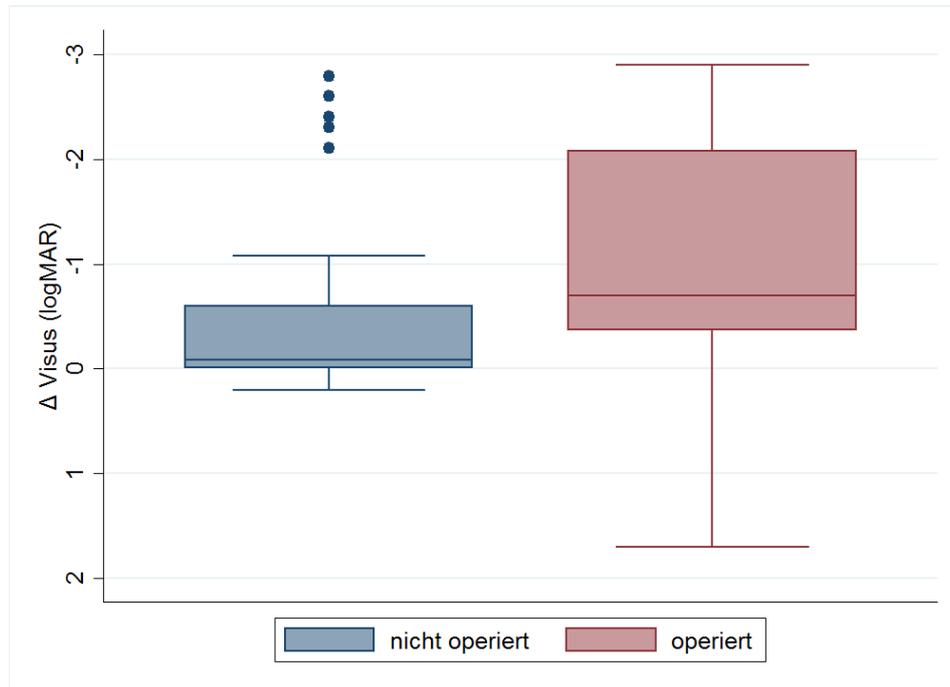
Für die operierten Augen aller Altersgruppen (Abbildung 13) betrug der logMAR Visus bei Visite 0 präoperativ median 1,34 (Q1-Q3: 0,7-2,8) für 166 Augen, bei Visite 1 median 0,7 (Q1-Q3: 0,3-2,6) für 139 Augen und bei der letzten postoperativen Visite (Vmax) median 0,3 (Q1-Q3: 0,1-0,8) für 192 Augen.

Abbildung 13: Visus (logMAR) monokular, alle operierten Augen, Visite V0, V1 und Vmax, alle Altersgruppen



Der Wilcoxon-Test für verbundene Stichproben ergab sowohl für den präoperativen (V0) und den letzten postoperativen (Vmax) logMAR Visus der nicht operierten Referenzgruppe mit einem p-Wert von $p < 0,001$ einen statistisch signifikanten Unterschied als auch für den präoperativen (V0) und den letzten postoperativen (Vmax) logMAR Visus aller operierter Augen, mit einem p-Wert von ebenfalls $p < 0,001$.

Abbildung 14: Δ -Visus (logMAR) monokular, nicht operiert und operiert, Δ Vmax-V0, alle Altersgruppen



Zur Untersuchung der Visusentwicklung (Δ Visus) der operierten Augen im Vergleich zur Referenzgruppe der nicht operierten Augen sind diese in Abbildung 14 in einem Boxplot gegenübergestellt. Die Visus-Differenz (Δ Visus) zwischen der präoperativen (V0) und der letzten postoperativen Visite (Vmax) beträgt für die nicht operierte Referenzgruppe median logMAR -0,09 (Q1-Q3: -0,6 bis 0) und für die operierten Augen median -0,7 (Q1-Q3: -2,1 bis -0,37). Die Untersuchung mittels eines Mann-Whitney-U-Tests, ergab zwischen der Visusentwicklung (logMAR Vmax-V0) der nicht operierten und der operierten Augen einen statistisch signifikanten Unterschied mit einem p-Wert von $p < 0,001$.

Die Referenzgruppe wurde intraindividuell untersucht, d.h. der erhobene Visuswert des operierten Auges (Ist-Visus) wurde mit dem erhobenen Visuswert des gesunden, nicht operierten Auges (Soll-Visus) verglichen. Es wurde eine Ratio, ein Verhältnis bzw. prozentualer Anteil des Ist-Visus vom Soll-Visus gebildet. Für 57 der 68 Augen der Referenzgruppe lag jeweils ein prä- und postoperativer Visuswert vor. Es zeigte sich ein prozentualer Visusanteil von präoperativ (V0) median 20% (Q1-Q3: 4,1-50) und bei der letzten postoperativen Visite (Vmax) 50% (Q1-Q3: 25-80) mit einer Differenz durch die

Operation von median 30% (Q1-Q3: 20,9-30). Anhand eines Wilcoxon-Tests, konnte mit einem p-Wert von $p < 0,001$ eine signifikante Verbesserung des Visus durch die OP bestätigt werden (Tabelle 11).

Tabelle 11: prozentuale Visusentwicklung der Referenzgruppe
(Ist-Visus operierte Augen / Soll-Visus gesunde Augen)

	Ist- vom Soll-Visus (%)		Differenz	p-Wert
	prae OP (V0)	post OP (Vmax)		
Q1	4,1	25,0	20,9	<0,001
median	20,0	50,0	30,0	
Q3	50,0	80,0	30,0	
mean	27,5	55,1	27,6	
sd	30,4	44,1	13,7	
N	57	57	57	

Zur Analyse der Visuswerte der Gesamtstichprobe, wurde mithilfe der Referenzgruppe und den Literaturwerten aus Tabelle 5 (siehe Seite 36) eine *Referenzkurve* mit 6-monatigen Sollwerten der Visusentwicklung, bis zu einem Alter von 72 Monaten bzw. 6 Jahren erstellt (Tabelle 12).

Um die Referenzkurve (Tabelle 12) festzulegen, wurden für den 25. bis 48. Lebensmonat die Literaturwerte von J. Lithander (Tabelle 5, Seite 36) übernommen. [71] Die Werte für die ersten 24 Lebensmonate sowie für die Lebensmonate 49 bis 72 wurden interpoliert, ausgehend von einem dezimalen Visus bei Geburt von 0,01 (logMAR 2,0) und einer Entwicklung bis zu einem Visus von dezimal 1,0 (logMAR 0) mit ca. 72 Monaten (6 Jahren), mithilfe der für die Referenzgruppe nicht operierter Augen ermittelten Werte sowie unter Berücksichtigung anderer publizierter Visuswerte der physiologischen Sehschärfeentwicklung. [83] [84] [55]

Tabelle 12: Referenzkurve Soll-Visus

Alter (Monate)	erhobene Werte (dezimal)			Literaturwerte (dezimal)		Referenzkurve	
	mean	sd	N	mean	sd	dezimal	logMAR
0				0,01		0,01	2,00
1 - 5	0,03	0,046	12			0,03	1,55
6 - 11	0,28	0,324	7			0,15	0,82
12 - 17	0,42	0,346	9			0,27	0,57
18 - 23	0,54	0,244	3			0,38	0,42
24 - 29	1,00	0,000	2	0,48*	0,595*	0,48	0,32
30 - 35	0,64	0,279	3	0,55*	0,410*	0,55	0,26
36 - 41	0,92	0,110	5	0,67*	0,263*	0,67	0,17
42 - 47	0,86	0,228	6	0,77*	0,239*	0,77	0,11
48 - 53	0,83	0,311	7			0,83	0,08
54 - 59	0,94	0,119	8			0,89	0,05
60 - 65	0,98	0,045	4			0,94	0,03
66 - 71	0,96	0,106	8			0,97	0,01
≥ 72				1,00		1,00	0,00

*Lithander [71]

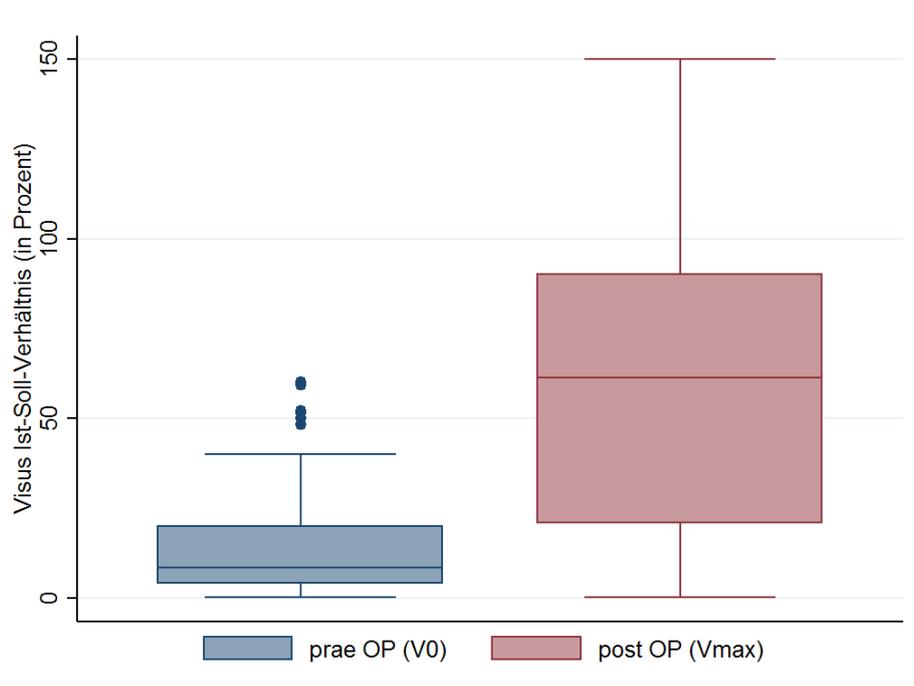
Die Anwendung der ermittelten Referenzkurve als Soll-Visus auf die Gesamtstichprobe (bzw. 163 der operierten Augen, bei welchen entsprechende Werte erhoben werden konnten) und die Untersuchung mittels des Wilcoxon-Tests, ergab mit einem p-Wert von $p < 0,001$ eine statistische Signifikanz für die Verbesserung des Visus durch die Operation um median 52,9% (Q1-Q3: 16,9-70, Tabelle 13).

Tabelle 13: prozentuale Visusentwicklung der Gesamtstichprobe
(Ist-Visus operierte Augen / Soll-Visus Referenzkurve)

	Ist- vom Soll-Visus (%)		Differenz	p-Wert
	prae OP (V0)	post OP (Vmax)		
Q1	3,9	20,8	16,9	
median	8,3	61,2	52,9	<0,001
Q3	20,0	90,0	70,0	
mean	15,1	59,7	44,6	
sd	17,5	41,1	23,6	
N	163	163	163	

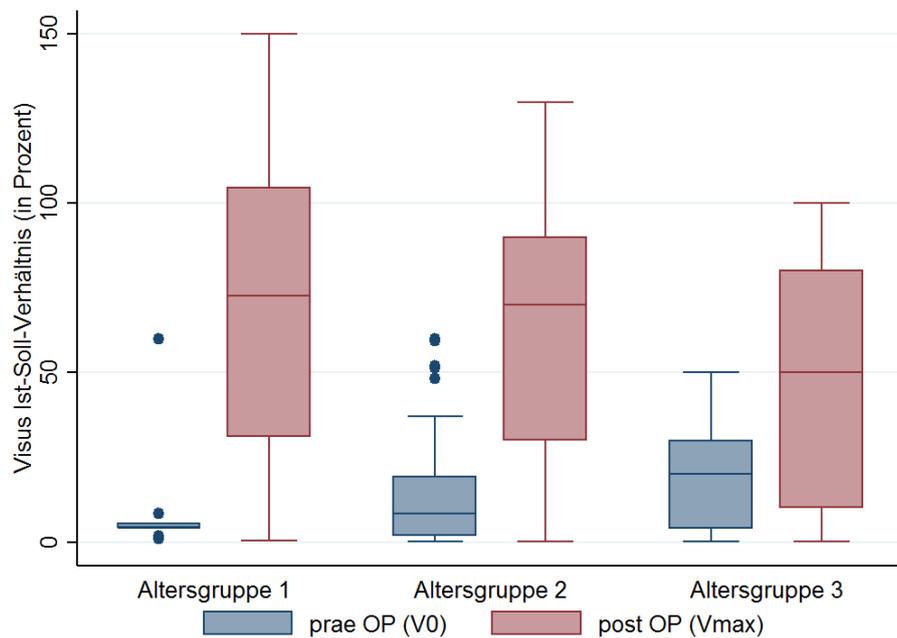
Der prozentuale Anteil des Ist-Visus vom Soll-Visus (Tabelle 13, Abbildung 15) betrug über alle Altersgruppen für 163 Augen präoperativ (V0) median 8,3% (Q1-Q3: 3,9-20,0) und postoperativ bei der letzten Visite (Vmax) median 61,2% (Q1-Q3: 20,8-90,0).

Abbildung 15: prozentualer Ist- vom Soll-Visus (%), monokular, alle operierten Augen, Visite V0 und Vmax, alle Altersgruppen



Bei Untersuchung des Anteils des Ist-Visus vom Soll-Visus der drei Altersgruppen mit Hilfe der Referenzkurve, zeigte sich, dass dieser präoperativ (V0) mit median 4,2% (Q1-Q3: 4,2-5,3) für 41 Augen in Altersgruppe 1, über median 8,3% (Q1-Q3: 1,7-19,3) für 54 Augen in Altersgruppe 2 und median 20% (Q1-Q3: 3,9-30,0) für 68 Augen in Altersgruppe 3 anwächst. Der Anteil des Ist-Visus vom Soll-Visus hingegen bei der letzten postoperativen Visite (Vmax) mit median 72,7% (Q1-Q3: 30,8-104,4) für 41 Augen in Altersgruppe 1, über median 70% (Q1-Q3: 30,0-90,0) für 54 Augen in Altersgruppe 2 und median 50% (Q1-Q3: 10,0-80,0) für 68 Augen in Altersgruppe 3 leicht abnehmend erscheint (siehe Abbildung 16).

Abbildung 16: prozentualer Ist- vom Soll-Visus (%), monokular, alle operierten Augen, Visite V0 und Vmax, Altersgruppe 1 bis 3



Ein Kruskal-Wallis-Test zeigte mit einem p-Wert von $p=0,046$ einen statistisch signifikanten Unterschied des präoperativen Visus-Anteils (V0) zwischen den drei Altersgruppen. Für den letzten postoperativen Visus-Anteil (Vmax) der drei Altersgruppen, konnte der Kruskal-Wallis-Test mit einem p-Wert von $p=0,117$, keinen statistisch signifikanten Unterschied bestätigen. (Abbildung 16)

4.4 Komplikationen

Bei 112 der operierten Augen war im Beobachtungszeitraum kein Ereignis¹¹ im Sinne einer Komplikation aufgetreten, für die übrigen 87 Augen wurden insgesamt 151 Komplikationen erhoben. Diese 151 Komplikationen erklären sich dadurch, dass bis zu sechs Komplikationsarten pro Auge auftraten, erfasst als 1.-6. Komplikation: Eine zweite Komplikation war bei 30 Augen aufgetreten, bei 18 dieser 30 Augen trat eine dritte, bei 9 dieser 18 Augen eine vierte, bei 5 dieser 9 Augen eine fünfte, und bei 2 dieser 5 Augen eine sechste Komplikation auf.

Gewertet wurde das erstmalige Auftreten einer Komplikation an einem operierten Auge, nicht jedoch, wie häufig diese an dem betroffenen Auge gegebenenfalls wiederholt auftrat. Über den gesamten Beobachtungszeitraum betrachtet, ergibt sich für das Auftreten einer Erstkomplikation eine Rate von 43,7% und für eine Folgekomplikation von 34,5% für die von einer Erstkomplikation betroffenen Augen.

Im Beobachtungszeitraum trat ein Nachstar als Komplikation mit 50 und ein Glaukom bzw. Sekundärglaukom mit 44 Fällen¹² auf, gefolgt von konjunktivalem Reizzustand in 13 Fällen und Synechien in 11 Fällen.

In 10 Fällen war eine Uveitis aufgetreten. Da in allen 10 Fällen als Ätiologie bereits eine rezidivierende Uveitis vorlag, ist die Uveitis als Ereignis einer bestehenden Nebendiagnose zu sehen und wird im Weiteren nicht als Komplikation gewertet (siehe hierzu auch Kapitel 5.2.2).

In jeweils 7 Fällen traten Ablatio retinae (in zwei der Fälle bei einem PHPV), Glaskörpertrübung und Linsenluxation auf. Zu Hornhauterosionen war es in 3 Fällen gekommen. Einer dieser Fälle trat unfallbedingt auf, dieser entwickelte eine Keratitis und ein Ulcus corneae, es wurde eine Hornhauttransplantation vorgenommen, hier kam es zur

¹¹ Folgend als Komplikation bezeichnet, da überwiegend ein Ereignis im Sinne einer Komplikation vorlag.

¹² 22 Fälle mit Glaukom und 22 Fälle mit Glaukomverdacht. Die 22 Glaukomfälle in Tabelle 14, und Tabelle 15 sind die tatsächlich als Komplikation aufgetretenen und erhobenen Glaukomfälle. Die Altersberechnung in Tabelle 15 basiert auf diesen 22 Glaukomfällen. In Tabelle 16, Tabelle 23 und Tabelle 24 wurde zudem die Medikation (Antiglaukomatosa) bei letzter Visite berücksichtigt, 22 Fälle mit Glaukomverdacht, was insgesamt 44 Fälle mit Glaukom und Glaukomverdacht ergibt.

Tabelle 14: Komplikationen und Ereignisse

Komplikation/Ereignis	Summe	Komplikation/Ereignis Nummer					
		1	2	3	4	5	6
Nachstar	50	37	5	3	3	2	
Glaukom	22	17	2	1		1	1
konjunktivaler Reizzustand	13	9	3	1			
Synechien	11	3	4	4			
Uveitis	(10)*						
Ablatio retinae	7	5	1	1			
Glaskörpertrübung	7	3	4				
Linsenluxation	7	2	5				
Hornhauterosion	3	2		1			
Esotropie	3	1		1	1		
Makulaödem	3		1	1	1		
Makulaforamen	2	2					
Glaskörpervorfall	2	1		1			
Glaskörperblutung	2	1	1				
Bandkeratopathie	2		1	1			
Netzhautriss	2			2			
okuläre Hypotonie	2		1		1		
Abriss der Iris	1		1				
Bindehautdehiszenz	1	1					
Chalazion	1	1					
Hornhautdegeneration	1		1				
Iris bombata	1				1		
Iris-Capture-Syndrom	1				1		
Kapselphimose	1	1					
Nahruptur	1					1	
Ulcus corneae	1				1		
Keratitis	1					1	
Hornhauttransplantat-Abst.	(1)*						
Hornhautneovaskularisation	1						1
Endophthalmitis	1	1					
Leucoma corneae	1			1			
Komplikation	151	87	30	18	9	5	2
keine Komplikation		112	169	181	190	194	197

*nicht als Komplikation gewertet

Hornhauttransplantat-Abstoßung und später zu Hornhautneovaskularisation. Dieser Fall stellt keine Komplikation der Kataraktoperation im eigentlichen Sinne dar, trat aber als Ereignis nach der Operation auf und wird deshalb im Weiteren mit seinen Folgekomplikationen ebenfalls aufgeführt.

Eines der operierten Augen entwickelte eine Endophthalmitis (und Synechien), die zu einem Leucoma corneae (1 Fall) führte (siehe Tabelle 14).

Ein postkataraktchirurgisches Makulaödem (Irvine-Gass-Syndrom) und eine Esotropie waren in jeweils 3 Fällen aufgetreten. Ein Makulaforamen und ein Glaskörpervorfall traten in jeweils 2 Fällen nach einer traumatischen Katarakt auf. Weitere Ereignisse und Komplikationen siehe Tabelle 14.

Tabelle 15: Komplikationen und Altersgruppen

Komplikation	Summe	%	Altersgruppe					
			1		2		3	
			N	post OP [Jahre]	N	post OP [Jahre]	N	post OP [Jahre]
Nachstar	50	25,1	11	1,00	15	1,17	24	1,04
Glaukom	22	11,1	9	0,55	5	2,23	8	1,15
konj. Reizzustand	13	6,5	10	1,56	3	1,04	-	-
Synechien	11	5,5	2	1,63	7	0,34	2	0,54
Ablatio retinae	7	3,5	1	0,04	4	1,43	2	0,34
weitere	48	24,1	6	1,75	21	0,98	21	1,05
alle	151		39	1,16	55	1,10	57	1,02

Tabelle 15 zeigt die fünf häufigsten postoperativen Komplikationen und deren Verteilung auf die Altersgruppen sowie den durchschnittlichen zeitlichen Abstand des Auftretens zum Zeitpunkt der Kataraktoperation in Jahren. In der ersten Altersgruppe fallen die Komplikationen insgesamt mit 39 Fällen nach durchschnittlich 1,16 Jahren postoperativ etwas geringer aus als in Altersgruppe 2 mit 55 Fällen nach durchschnittlich 1,1 Jahren und Altersgruppe 3 mit 57 Fällen nach durchschnittlich 1,02 Jahren.

Ein *Nachstar* trat insgesamt mit einer Rate von 25,1% auf, in allen Altersgruppen ähnlich um ein Jahr postoperativ. In Altersgruppe 1 in 11 Fällen, in Altersgruppe 2 in 15 Fällen und in Altersgruppe 3 in 24 Fällen.

Ein *Glaukom*¹³ trat in der Altersgruppe 1 nach durchschnittlich 6,6 Monaten (0,55 Jahren), in Altersgruppe 2 nach durchschnittlich 2,23 Jahren und in Altersgruppe 3 nach durchschnittlich 1,15 Jahren auf. Die Fallzahl betrug 9 in Altersgruppe 1, fünf in Altersgruppe 2 und 8 in Altersgruppe 3. Unter Berücksichtigung der Medikation zum Zeitpunkt der letzten Visite (Vmax) traten insgesamt 44 Fälle (22,1%) mit Glaukom (11,1%) oder Glaukomverdacht (11,1%, s.u.) auf.

Um auf einen Zusammenhang zwischen Glaukomentwicklung und Alter zum Zeitpunkt der Operation zu untersuchen, wurde für 199 operierte Augen mit 22 als Komplikation aufgetretenen Glaukomfällen ein Mann-Whitney-U-Test durchgeführt. Mit einem p-Wert von $p=0,738$, konnte kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Alter zum Zeitpunkt der Operation und der Glaukomentwicklung gezeigt werden.

Ein *konjunktivaler Reizzustand* trat insgesamt mit einer Rate von 6,5% auf, in Altersgruppe 1 nach durchschnittlich 1,56 Jahren in 10 Fällen und in Altersgruppe 2 in 3 Fällen durchschnittlich nach etwa einem Jahr. In Altersgruppe 3 trat kein konjunktivaler Reizzustand auf.

Synechien traten insgesamt mit einer Rate von 5,5%, in Altersgruppe 1 in 2 Fällen nach durchschnittlich 1,63 Jahren, in Altersgruppe 2 mit 7 Fällen am häufigsten, nach durchschnittlich 4 Monaten (0,34 Jahren) und in Altersgruppe 3 in 2 Fällen nach 6,5 Monaten (0,54 Jahren) auf, bzw. wurden zu diesen Zeitpunkten dokumentiert.

Eine *Netzhautablösung* (Ablatio retinae) trat insgesamt mit einer Rate von 3,5% auf, einmal in Altersgruppe 1 nach 2 Wochen (0,04 Jahren), in Altersgruppe 2 in vier Fällen nach durchschnittlich 17 Monaten (1,43 Jahren) und in Altersgruppe 3 zweimal nach 4 Monaten (0,34 Jahren) durchschnittlich.

¹³ Definition und Diagnostik des Glaukoms siehe Kapitel 2.4.2.

Von den weiteren 48 Komplikationen (24,1%) traten 6 in Altersgruppe 1 nach durchschnittlich 1,75 Jahren, 21 in Altersgruppe 2 nach 0,98 Jahren durchschnittlich und ebenfalls 21 in Altersgruppe 3 nach durchschnittlich 1,05 Jahren postoperativ auf (Tabelle 15).

Für die letzte durchgeführte Visite (Vmax) war zusätzlich erhoben worden, ob ein Strabismus oder Nystagmus vorlag. Weiter war erfasst worden, ob ggf. Antiglaukomatosa verabreicht wurden. Erhielt ein Auge Antiglaukomatosa, bei welchem kein Glaukom als Vorerkrankung oder Komplikation bekannt war, konnte somit die Diagnose eines Glaukomverdachts¹⁴ gestellt werden. Anhand der Visusdaten bei letzter Visite, konnte zudem auf das Vorliegen einer Amblyopie untersucht werden (Tabelle 16).

Tabelle 16: Befunde bei letzter Visite (Vmax)

Komplikation	Summe	%	Altersgruppe					
			1		2		3	
			N	post OP [Jahre]	N	post OP [Jahre]	N	post OP [Jahre]
Amblyopie	124	62,3	39	2,50	36	2,32	49	1,64
Strabismus	52	37,1	23	2,63	21	2,32	8	2,29
Nystagmus	36	25,7	22	2,54	10	2,73	4	1,92
Glaukomverdacht	22	11,1	3	3,54	9	2,59	10	1,92
alle	234		87	2,58	76	2,41	71	1,77

Ein *Strabismus* lag bei letzter Visite (Vmax) insgesamt bei 52 Kindern (37,1%) vor, bei 23 (53,5%) in Altersgruppe 1 durchschnittlich nach 2,63 Jahren postoperativ, in Altersgruppe 2 durchschnittlich 2,32 Jahre postoperativ bei 21 (42,9%) und in Altersgruppe 3 bei 8 Kindern (15,7%) durchschnittlich 2,29 Jahre postoperativ diagnostiziert (Tabelle 16). Sowohl ein Mann-Whitney-U-Test, zur Untersuchung auf einen Zusammenhang des Auftretens eines Strabismus mit dem Alter zum Zeitpunkt der Operation, als auch

¹⁴ Glaukomverdacht, da nicht bekannt war, ob bereits eine weitere Schädigung (Glaukom) oder eine alleinige Erhöhung des Intraokularsdrucks (okuläre Hypertension) vorlag (siehe Kapitel 2.4.2).

ein Kruskal-Wallis-Test, zur Untersuchung auf Unterschiede in den Altersgruppen, zeigte jeweils mit einem p-Wert von $p < 0,001$ einen statistisch signifikanten Unterschied in den zentralen Tendenzen.

Bei insgesamt 36 Kindern (25,7%) lag in der letzten durchgeführten Visite (V_{max}) ein *Nystagmus* vor, in Altersgruppe 1 nach durchschnittlich 2,54 Jahren bei 22 Kindern (51,2%), in Altersgruppe 2 bei 10 Kindern (29,4%) nach durchschnittlich 2,73 Jahren und in Altersgruppe 3 bei 4 Kindern (7,8%) durchschnittlich 1,92 Jahre postoperativ diagnostiziert (Tabelle 16). Ein Durchgeführter Mann-Whitney-U-Test, zeigte auch für das Auftreten eines Nystagmus mit einem p-Wert von $p < 0,001$, einen statistisch signifikanten Zusammenhang bzgl. des Alters zum Zeitpunkt der Operation. Mit einem p-Wert von $p = 0,001$, bestätigte ein Kruskal-Wallis-Test auch für den Nystagmus einen statistisch signifikanten Unterschied bzgl. des Auftretens in den einzelnen Altersgruppen.

Ein *Glaukomverdacht* wurde bei letzter Visite (V_{max}) insgesamt für 22 Augen (11,1%) gestellt. Der Glaukomverdacht zeigte sich in 3 Fällen in Altersgruppe 1 nach durchschnittlich 3,54 Jahren, in 9 Fällen nach durchschnittlich 2,59 Jahren in Altersgruppe 2 und in 10 Fällen in Altersgruppe 3 durchschnittlich 1,92 Jahre postoperativ, mit den Altersgruppen zunehmend (Tabelle 16). Mit einem p-Wert von $p = 0,100$, konnte ein durchgeführter Mann-Whitney-U-Test jedoch keinen statistisch signifikanten Zusammenhang zwischen Alter zum Zeitpunkt der Operation und dem Auftreten eines Glaukomverdachts bestätigen.

Eine *Amblyopie* konnte anhand der bei letzter Visite erfassten Visusdaten für insgesamt 124 Augen (62,3%) erhoben werden. In Altersgruppe 1 lag eine Amblyopie bei 39 Augen vor, diagnostiziert nach durchschnittlich 2,5 Jahren postoperativ, in Altersgruppe 2 bei 36 Augen nach durchschnittlich 2,32 Jahren und in Altersgruppe 3 nach durchschnittlich 1,64 Jahren bei 49 Augen (Tabelle 16). Es konnte hier in den durchgeführten Untersuchungen (Mann-Whitney-U- und Kruskal-Wallis-Test) weder ein signifikanter Unterschied in den Altersgruppen noch ein Zusammenhang zwischen Amblyopie und dem Alter bei Operation gefunden werden ($p = 0,434$).

Die Amblyopie wurde in ihrer Ausprägung, wie im Kapitel Methodik (siehe Kapitel 3.3) beschrieben, differenzierter untersucht (Tabelle 17, Abbildung 17). Für 75 der 199 operierten Augen (37,7%) lag bei der letzten Visite (Vmax) keine Amblyopie vor, in Altersgruppe 1 bei 26 der 65 operierten Augen (40%), in Altersgruppe 2 bei 29 der 65 operierten Augen (44,6%) und in Altersgruppe 3 bei 20 der 69 operierten Augen (29%), diagnostiziert durchschnittlich 2,28 (Altersgruppe 1), 2,38 (Altersgruppe 2) und 1,12 (Altersgruppe 3) Jahre postoperativ.

Tabelle 17: Ausprägung der Amblyopie

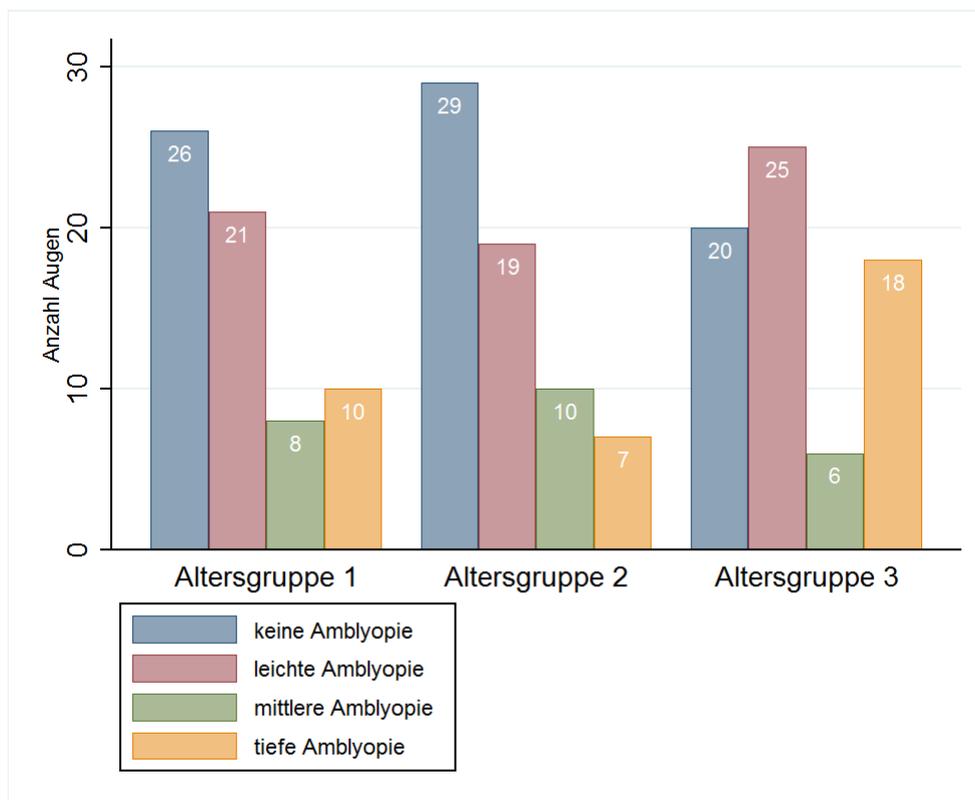
Amblyopie	Summe	%	Altersgruppe					
			1		2		3	
			N	post OP [Jahre]	N	post OP [Jahre]	N	post OP [Jahre]
keine	75	37,7	26	2,28	29	2,38	20	1,12
leicht	65	32,6	21	3,00	19	2,59	25	1,60
mittel	24	12,1	8	1,87	10	2,07	6	2,04
tief	35	17,6	10	1,96	7	1,97	18	1,56
alle	199		65	2,41	65	2,35	69	1,49

Eine *leichte Amblyopie* wurde für insgesamt 65 der 199 operierten Augen (32,6%) anhand der Visusdaten der letzten Visite (Vmax) diagnostiziert. 21 Augen (32,3%) nach durchschnittlich 3 Jahren postoperativ in Altersgruppe 1, in Altersgruppe 2 bei 19 Augen (29,2%) durchschnittlich 2,59 Jahre postoperativ und in Altersgruppe 3 für 25 Augen (36,2%) nach durchschnittlich 1,6 Jahren postoperativ.

Für insgesamt 24 der 199 operierten Augen (12,1%) zeigte sich anhand der bei letzter Visite erhobenen Visusdaten eine *mittlere Amblyopie*. In Altersgruppe 1 nach durchschnittlich 1,87 Jahren für 8 Augen (12,3%), in Altersgruppe 2 für 10 Augen (15,4%) nach durchschnittlich 2,07 Jahren und in Altersgruppe 3 für 6 Augen (8,7%) durchschnittlich 2,04 Jahre postoperativ.

Eine *tiefe Amblyopie* lag bei der letzten Visite (Vmax) für insgesamt 35 der 199 operierten Augen vor (17,6%). In Altersgruppe 1 bei 10 Augen (15,4%) durchschnittlich 1,96 Jahre postoperativ, in Altersgruppe 2 bei 7 Augen (10,8%) nach durchschnittlich 1,97 Jahren und in Altersgruppe 3 bei 18 der 69 operierten Augen (26,1%) durchschnittlich 1,56 Jahre postoperativ (Tabelle 17, Abbildung 17). Mit einem durchgeführten Mann-Whitney-U-Test, zeigte sich bei einem p-Wert von $p=0,030$ ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Alter zum Zeitpunkt der Operation und dem Auftreten einer tiefen Amblyopie. Ein Unterschied zwischen den Altersgruppen bei Auftreten einer tiefen Amblyopie, zeigte sich mit einem Kruskal-Wallis-Test nach p-Wert-Korrektur bzgl. intraindividuellem Abhängigkeit mit $p=0,084$, tendenziell signifikant.

Abbildung 17: Ausprägung der Amblyopie nach Altersgruppen

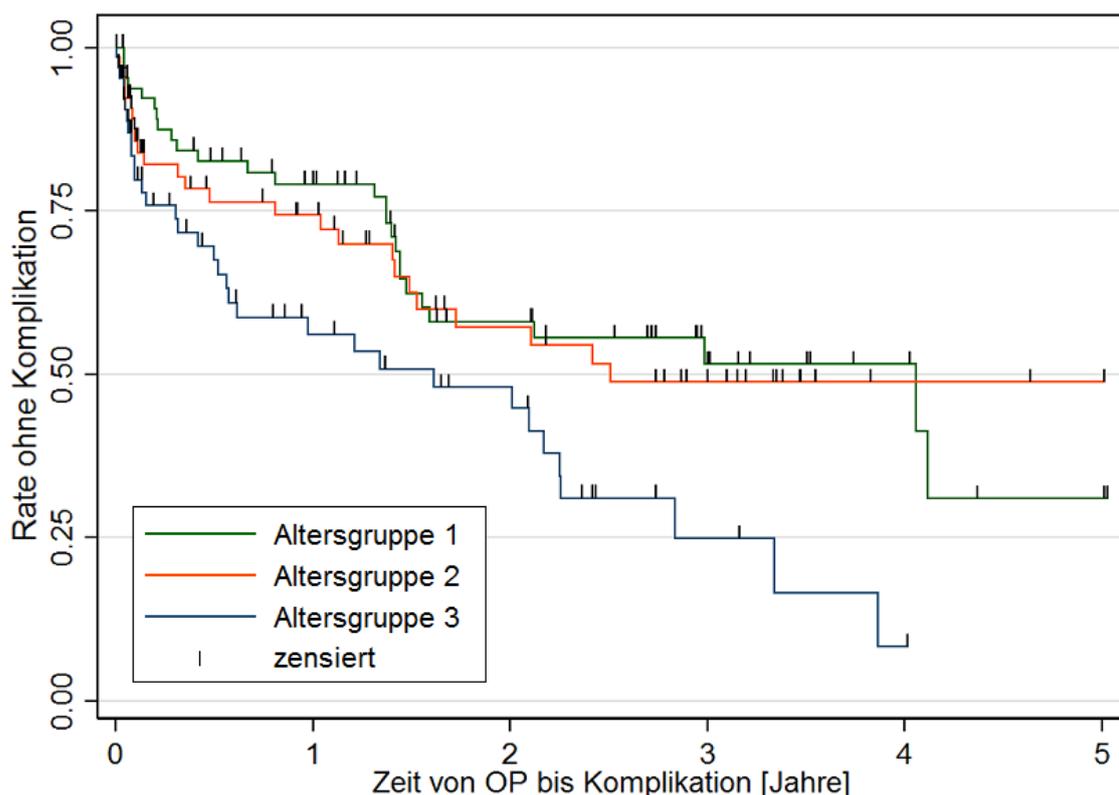


Die Zeit bis zum Auftreten einer ersten Komplikation (Zeit ohne Komplikation), wurde mit einer Überlebenszeitanalyse nach Kaplan-Meier für den Vergleich der drei Altersgruppen (Abbildung 18) untereinander und den Vergleich der Linsenimplantation, aphak sowie primär und sekundär pseudophak, durchgeführt (Abbildung 19).

In Altersgruppe 1 traten 27 erste Komplikationen auf, 38 Augen hatten keine Komplikation im Untersuchungszeitraum (zensiert¹⁵), die mediane Zeit ohne Komplikation ist 4,06 Jahre, eine 5-Jahres-Rate ohne Komplikation von 30,9% konnte mit einer Standardabweichung (sd) von 12,2% bestimmt werden (Tabelle 18).

Altersgruppe 2 zeigte 26 erste Komplikationen, 39 Augen ohne Komplikation im Untersuchungszeitraum (zensiert) und eine mediane Zeit ohne Komplikation von 2,51 Jahren. Die 5-Jahres-Rate ohne Komplikation für Altersgruppe 2 beträgt 48,7% bei einer Standardabweichung (sd) von 7,7% (Tabelle 18).

Abbildung 18: Zeit und Rate ohne Komplikation (Kaplan-Meier-Kurven) nach Altersgruppen



Altersgruppe 3 hatte 34 erste Komplikationen, an 35 Augen trat keine Komplikation im Untersuchungszeitraum (zensiert) auf. Die mediane Zeit ohne Komplikation beträgt 1,61

¹⁵ Zensierung bedeutet hier, dass das entsprechende Auge die Untersuchung zu einem bestimmten Zeitpunkt verlässt, ohne dass eine Komplikation aufgetreten ist (siehe Kapitel 3.3). Die Zensierung wird in der Kaplan-Meier-Kurve mit einem senkrechten Strich markiert und nicht als Komplikation gewertet.

Jahre und eine 4-Jahres-Rate ohne Komplikation von 8,3% zeigt eine Standardabweichung (sd) von 7,3% (Tabelle 18).

Tabelle 18: Zeit und Rate ohne Komplikation nach Altersgruppen (Log-Rank-Test)

Altersgruppe	N	Kompl.	zensiert	Zeit ohne Kompl. (Jahre)		Rate ohne Kompl. (%)	
				median	max.	%	sd
1	65	27	38	4,06	5,00	30,9	12,2
2	65	26	39	2,51	5,00	48,7	7,7
3	69	34	35	1,61	4,00	8,3	7,3
alle	199	87	112	2,17			(p-Wert=0,025)

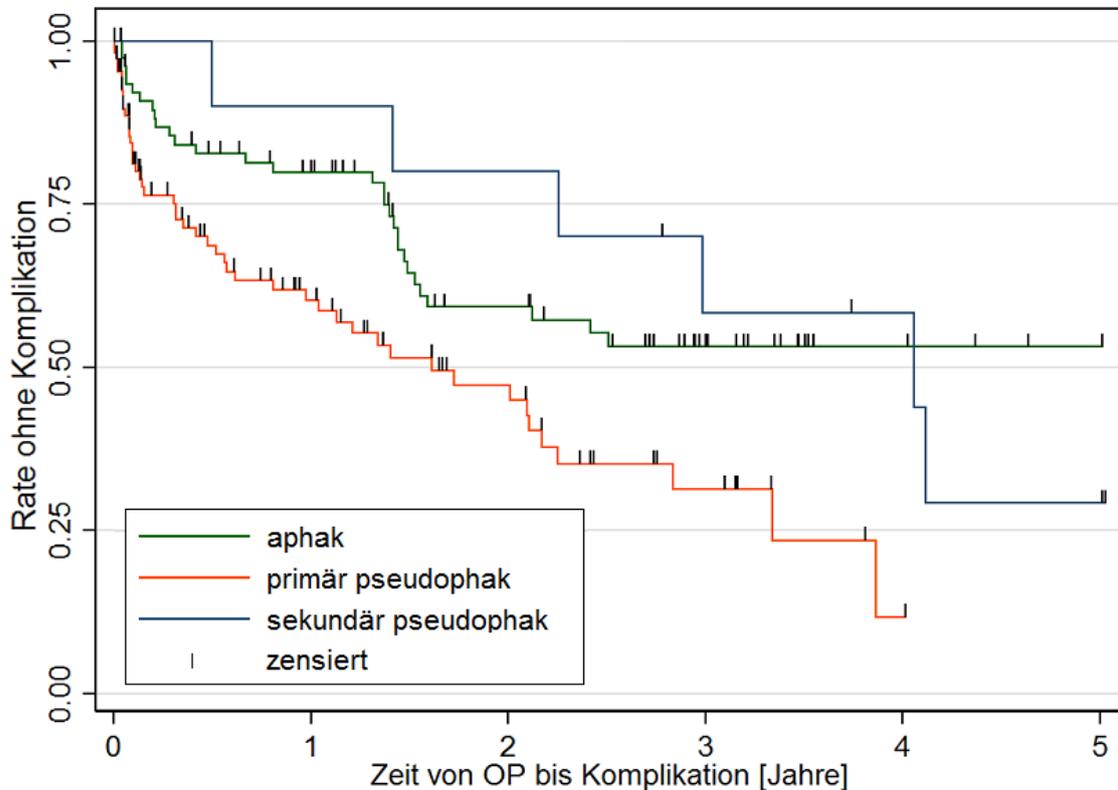
Der für die Altersgruppen durchgeführte Log-Rank-Test ergab mit einem p-Wert von $p=0,025$ bei einem Signifikanzniveau von 5%, einen statistisch signifikanten Unterschied der Raten ohne Komplikation.

In der aphaken Gruppe trat bei 31 Augen eine erste Komplikation auf, 46 Augen blieben im Untersuchungszeitraum ohne Komplikation (zensiert). Es zeigte sich eine 5-Jahres-Rate ohne Komplikation von 53,1% mit einer Standardabweichung von 6,5%. Im Untersuchungszeitraum konnte eine mediane Zeit ohne Komplikation für die aphake Gruppe nicht bestimmt werden¹⁶, da mehr als die Hälfte der Augen (53,1%) im Beobachtungszeitraum keine Komplikation erleiden (Tabelle 19).

Die primär pseudophake Gruppe wies 50 erste Komplikationen im Untersuchungszeitraum auf, 62 Augen ohne Komplikation sowie eine mediane Zeit ohne Komplikation von 1,61 Jahren und eine 4-Jahres-Rate ohne Komplikation von 11,7%, bei einer Standardabweichung von 9,3% (Tabelle 19).

¹⁶ Die mediane Überlebenszeit ist erst erreicht, wenn (mehr als) die Hälfte der (zum entsprechenden Zeitpunkt) untersuchten Augen eine Komplikation erlitten haben und somit die Kaplan-Meier-Kurve eine Rate ohne Komplikation von 50% (0,50) erreicht oder unterschreitet.

Abbildung 19: Zeit und Rate ohne Komplikation (Kaplan-Meier-Kurven)
aphak und pseudophak



Die sekundär pseudophake Gruppe zeigte als kleinste Gruppe 6 erste Komplikationen und 4 Augen ohne Komplikation im Untersuchungszeitraum. Die mediane Zeit ohne Komplikation liegt bei 4,06 Jahren. Eine 5-Jahres-Rate ohne Komplikation von 29,2%, mit einer Standardabweichung von 16,7%, wurde ermittelt (Tabelle 19).

Tabelle 19: Zeit und Rate ohne Komplikation aphak und pseudophak (Log-Rank-Test)

Gruppe	N	Kompl.	zensiert	Zeit ohne Kompl. (Jahre)		Rate ohne Kompl. (%)	
				median	max.	%	sd
aphak	77	31	46	*	5,00	53,1	6,5
pseudophak (prim.)	112	50	62	1,61	4,00	11,7	9,3
pseudophak (sek.)	10	6	4	4,06	5,00	29,2	16,7
alle	199	87	112	2,17			(p-Wert=0,015)

*nicht bestimmbar

Zum Vergleich der Linsenimplantationen untereinander, wurde ein Log-Rank-Test vorgenommen, dieser ergab bei einem Signifikanzniveau von 5% einen statistisch signifikanten Unterschied der Raten ohne Komplikation mit einem p-Wert von $p=0,015$.

Um die Vor- oder Nachteile einer frühen Linsenimplantation genauer zu untersuchen, war es notwendig, die Raten ohne Komplikation der aphaken und pseudophaken Gruppe differenzierter zu analysieren. Durch Altersgruppe 3 (Alter bei Operation über 6 Jahre) war hier von einer Verzerrung der Ergebnisse auszugehen, unter anderem dadurch, dass möglicherweise keine primäre Kapsulotomie durchgeführt worden war, wodurch es ggf. zu einer höheren Nachstarrate kam, oder auch aufgrund traumatischer Katarakte oder Katarakte bei einer Uveitis, welche mit einer höheren Komplikationsrate einhergehen. Die Raten ohne Komplikation aphak und (primär) pseudophak wurden deshalb folgend ohne Altersgruppe 3 untersucht, d. h. bis zu einem Alter zum Zeitpunkt der Operation von maximal 6 Jahren (Altersgruppe 1 und 2).

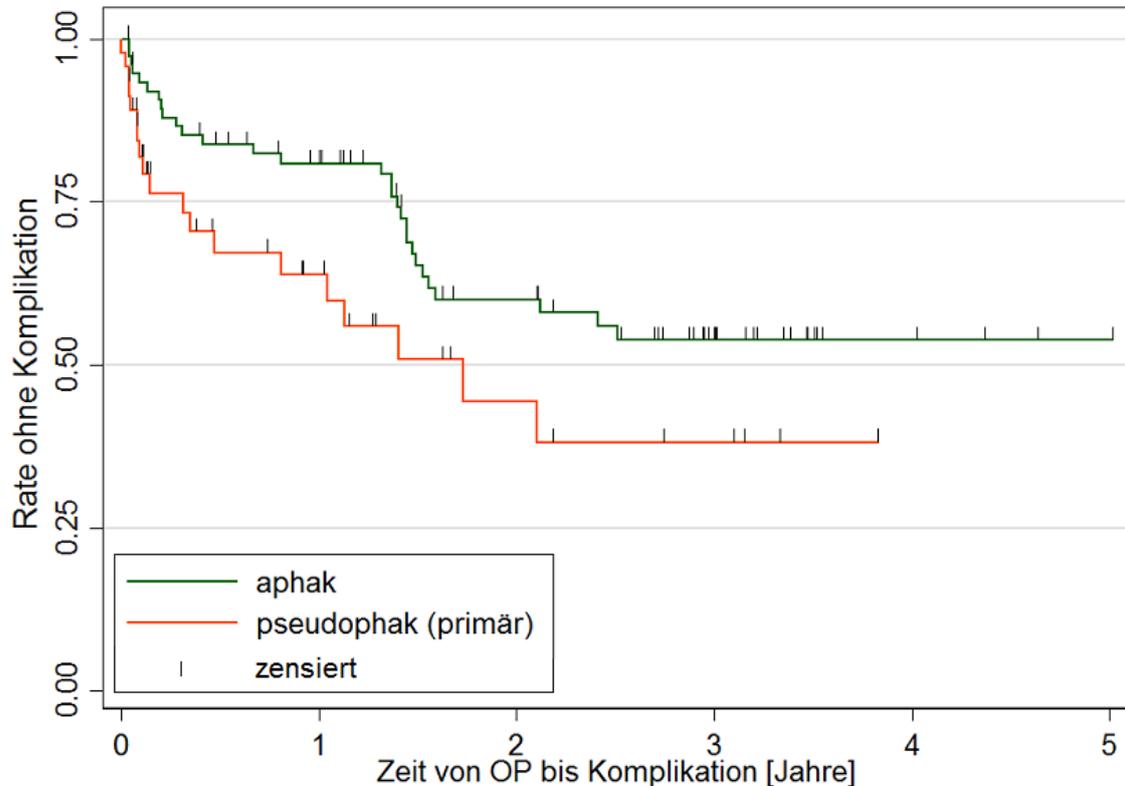
Für Altersgruppe 1 und 2 trat in der aphaken Gruppe bei 30 Augen eine erste Komplikation auf, im Untersuchungszeitraum blieben 46 Augen ohne Komplikation (zensiert). Eine 5-Jahres-Rate ohne Komplikation zeigte sich mit 53,8% und einer Standardabweichung von 6,5%. Eine mediane Zeit ohne Komplikation für die aphake Gruppe konnte weiterhin nicht bestimmt werden, da nach Kaplan-Meier weiterhin mehr als die Hälfte der Augen (53,8%) im Untersuchungszeitraum keine Komplikation erlitten (Tabelle 20).

Tabelle 20: Zeit und Rate ohne Komplikation aphak und pseudophak für Altersgruppe 1 und 2 (Log-Rank-Test)

Gruppe	N	Kompl.	zensiert	Zeit ohne Kompl. (Jahre)		Rate ohne Kompl. (%)	
				median	max.	%	sd
aphak	76	30	46	*	5,00	53,8	6,5
pseudophak (prim.)	46	19	27	1,73	4,00	38,1	10,5
alle	122	49	73	2,51			(p-Wert=0,081)

*nicht bestimmbar

Abbildung 20: Zeit und Rate ohne Komplikation (Kaplan-Meier-Kurven)
aphak und pseudophak für Altersgruppe 1 und 2



Die primär pseudophake Gruppe wies für Altersgruppe 1 und 2 im Untersuchungszeitraum 19 erste Komplikationen auf, 27 Augen blieben ohne Komplikation. Die mediane Zeit ohne Komplikation liegt bei 1,73 Jahren. Es konnte weiterhin eine 4-Jahres-Rate ohne Komplikation von 38,1%, mit einer Standardabweichung von 10,5%, gezeigt werden (Tabelle 20).

Ein Log-Rank-Test zum Vergleich der aphaken und der primär pseudophaken Gruppe für Altersgruppe 1 und 2 ergab (nach p-Wert-Korrektur bzgl. intraindividuelle Abhängigkeit) mit einem p-Wert von $p=0,081$, einen tendenziell signifikanten Unterschied der Raten ohne Komplikation.

4.5 Linsenimplantation

Es wurden im Beobachtungszeitraum 112 Kataraktoperationen mit primärer Linsenimplantation und 87 ohne Linsenimplantation (sine lente) durchgeführt.

Tabelle 21: primäre Linsenimplantation

Linsentyp	N	Dioptrien (mean)	Altersgruppe		
			1	2	3
PolyLens BioVue III	6	21,5		2	4
Domilens 125DY	2	19,8			2
AcrySof SA60AT	90	23,0		41	49
AcrySof SN60AT	4	24,4			4
AcrySof IQ SN60WF	1	24,5			1
Verisyse VRSA54	4	9,5		2	2
Tecnis ZCB00	2	30,5			2
unbekannt	3	23,0		1	2
mit Linse	112	22,8		46	66
sine lente	87		65	19	3
Total	199		65	65	69

Zum Einsatz kamen bei der primären Implantation sieben verschiedene Linsentypen (siehe Tabelle 21).

Es handelt sich bei den sieben Linsentypen um monofokale Intraokularlinsen. PolyLens BioVue III ist eine dreiteilige, Domilens 125DY, AcrySof SA60AT, AcrySof SN60AT, AcrySof IQ SN60WF und Tecnis ZCB00 sind einteilige Acryl-Hinterkammerlinsen, sie werden in den Kapselsack implantiert.

Bei der Verisyse VRSA54 handelt es sich um eine einteilige irisfixierte (Iris-Klauenhaptik) PMMA-Vorderkammerlinse der Firma Abbott Medical Optics Incorporated.

Die mit Abstand am häufigsten implantierte Linse ist mit 90 primären Implantationen die AcrySof SA60AT, eine einteilige Acryl-Hinterkammerlinse zur Implantation in den Kapselsack von Alcon (Unternehmensbereich von Novartis). Die durchschnittliche Brech-

kraft der SA60AT lag bei 23,0dpt, die aller Linsen bei 22,8dpt. In drei Fällen wurde ein, aufgrund fehlender Dokumentation, unbekannter Linsentyp implantiert, mit durchschnittlich ebenfalls 23,0dpt.

In der Altersgruppe 1 wurden keine primären Linsenimplantationen durchgeführt (65 sine lente), in Altersgruppe 2 primär 46 Implantationen, 19 sine lente und in Altersgruppe 3 primär 66 Linsenimplantationen und 3 sine lente.

Tabelle 22: sekundäre Linsenimplantation

Linsentyp	N	Dioptrien mean	Altersgruppe					
			1		2		3	
			N	post Kat.-OP (Jahre)	N	post Kat.-OP (Jahre)	N	post Kat.-OP (Jahre)
PolyLens BioVue III	6	18,8	3	3,8	3	0,7		
AcrySof SA60AT	1	21,5					1	0,1
Sensar AR40	2	27,0	2	3,0				
Verisyse VRSA54	2	18,0					2	2,4
unbekannt	1	22,0			1	0,9		
Total	12	20,5	5	3,5	4	0,75	3	1,6

Eine sekundäre Linsenimplantation wurde in 12 Fällen erhoben, die durchschnittliche Brechkraft der sekundär implantierten Intraokularlinsen reicht von 18,0dpt bis zu 27,0dpt (siehe Tabelle 22). Es kamen sekundär vier Linsentypen zum Einsatz. Die häufigste sekundär implantierte Linse war mit durchschnittlich 18,8dpt in sechs Fällen die PolyLens BioVue III, eine dreiteilige Hinterkammerlinse zur Implantation in den Kapselsack der Firma Polytech Domilens GmbH. In einem Fall handelte es sich um eine Reimplantation bei Subluxation bei einem 3,5-Jährigen nach kongenitaler Katarakt und einer primär implantierten SA60AT und bei zwei Fällen um beide Augen eines knapp 4-jährigen Patienten mit Trisomie 21. In einem weiteren unilateralen Fall musste die Linse im Verlauf aufgrund einer Subluxation wieder explantiert werden.

Die SA60AT wurde sekundär nur einmal implantiert, bei einem 8-Jährigen nach traumatischer Katarakt.

Die Verisyse VRSA54 wurde in zwei Fällen mit durchschnittlich 18,0dpt sekundär implantiert. Als Reimplantation nach Subluxation bei einem 14-Jährigen Patienten mit

Stickler-Syndrom, der die VRSA54 bereits primär nach einer Subluxation implantiert bekommen hatte und bei einem 9-jährigen Patienten mit familiärer exsudativer Vitreoretinopathie (FEVR), der primär aphak geblieben war.

Die Sensar AR40 wurde mit durchschnittlich 27,0dpt nur sekundär implantiert, in beide Augen eines 3-Jährigen mit Mikrodeletion 15q11.2. Eines der beiden Augen entwickelte im Verlauf eine Endophthalmitis. Die Sensar AR40 ist eine dreiteilige Acryl-Hinterkammerlinse der Firma Abbott Medical Optics Inc.

Für die Altersgruppe 1 lag der zeitliche Abstand zwischen der primären Kataraktoperation und der sekundären Intraokularlinsenimplantation bei durchschnittlich 3,5 Jahren. In Altersgruppe 2 erfolgte die sekundäre Linsenimplantation nach durchschnittlich 9 Monaten (0,75 Jahren) und in Altersgruppe 3 wurde die SA60AT in einem Fall nach 1,2 Monaten (0,1 Jahr) und die VRSA54 in zwei Fällen nach durchschnittlich 2,4 Jahren implantiert (Tabelle 22).

Tabelle 23: Linsen und Komplikationen¹⁷

Linsentyp	N	Dioptrien (mean)	Nachstar	Glaukom	konj. Reizzustand	Synechien	Ablatio	weitere
Polylens BioVue III	6	21,5	2	2				1
Domilens 125DY	2	19,8						
AcrySof SA60AT	90	23,0	30	24	7	4		9
AcrySof SN60AT	4	24,4	2					
AcrySof IQ SN60WF	1	24,5						
Verisyse VRSA54	4	9,5						1
Tecnis ZCB00	2	30,5						
unbekannt	3	23,0	2	2	2			3
mit Linse	112	22,8	36	28	9	4		14
sine lente	87		14	16	13	2	3	12
Total	199		50	44	13	11	7	26

¹⁷ Für jedes Auge können mehrere Komplikationen aufgetreten sein, auffällig ist dies besonders bei dem unbekanntem Linsentyp.

Während Nachstar, Glaukom, Synechien und Netzhautablösung (Ablatio retinae) sowohl in der aphaken (sine lente) als auch in der pseudophaken Gruppe auftraten (pseudophak > aphak), traten konjunktivale Reizzustände nur in der aphaken Gruppe auf (Tabelle 23).

Tabelle 24: Linsen, Nachstar und Glaukom

Linsentyp	N	Nachstar			Glaukom			
		alle	Altersgruppe		alle	Altersgruppe		
			1	2		3	1	2
PolyLens BioVue III	6	2			2		1	1
Domilens 125DY	2							
AcrySof SA60AT	90	30		13	17	24	10	14
AcrySof SN60AT	4	2			2			
AcrySof IQ SN60WF	1							
Verisyse VRSA54	4							
Tecnis ZCB00	2							
unbekannt	3	2		1	1	2	1	1
mit Linse	112	36		14	22	28	12	16
sine lente	87	14	11	1	2	16	12	2
Total	199	50	11	15	24	44	12	18

In Tabelle 24 werden die zwei häufigsten Komplikationen Nachstar und Glaukom sowie die implantierten Linsen in Bezug zu den Altersgruppen gesetzt.

Ein *Nachstar* trat in 36 Fällen in der pseudophaken Gruppe mit primärer Linsenimplantation auf und in 14 Fällen in der aphaken Gruppe. Mit der AcrySof SA60AT trat in Altersgruppe 2 ein Nachstar in 13 und in Altersgruppe 3 in 17 Fällen auf. Bei der PolyLens BioVue III und der AcrySof SN60AT waren es jeweils zwei Fälle mit einem Nachstar in Altersgruppe 3 und bei einer unbekanntem Linse jeweils ein Fall in den Altersgruppen 2 und 3.

Ein *Glaukom* trat in 28 Fällen der pseudophaken Gruppe und in 16 Fällen der aphaken Gruppe auf. Bei der SA60AT waren es in Altersgruppe 2 zehn und in Altersgruppe 3 14

Glaukomfälle. Mit der BioVue III und bei dem unbekanntem Linsentyp kam es zu jeweils einem Glaukomfall in Altersgruppe 2 und 3.

Auf einen Zusammenhang zwischen der Glaukomentwicklung und der Linsenimplantation (aphak oder primär pseudophak) wurde mit einem Mann-Whitney-U-Test untersucht. Für 189 Augen mit 41 Glaukomfällen, davon 77 aphak mit 13 Glaukomfällen und 122 (primär) pseudophak mit 28 Glaukomfällen, zeigte sich mit einem p-Wert von $p=0,264$ kein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Glaukomentwicklung und (primärer) Implantation einer Intraokularlinse.

4.6 Druckentwicklung

Die Entwicklung des Intraokulardrucks konnte für alle Fälle untersucht werden, bei welchen sowohl zum Zeitpunkt der präoperativen Visite (V0) als auch bei der letzten Visite (Vmax) eine Messung des Intraokulardrucks vorgenommen worden war. Dies betraf 183 Fälle, 100 aus der pseudophaken Gruppe (mit Linse) und 83 aus der aphaken Gruppe (sine lente).

Tabelle 25: Entwicklung des Intraokulardrucks

Linsentyp	N	Druck		Altersgruppe					
		Vmax (mean)	Diff. zu V0 (mean)	1		2		3	
				N	Druck	N	Druck	N	Druck
PolyLens BioVue III	6	15,8	-0,8			2	17,0	4	15,3
Domilens 125DY	2	24,0	3,0					2	24,0
AcrySof SA60AT	82	15,7	0,8			35	15,3	47	16,1
AcrySof SN60AT	2	20,3	6,5					2	20,3
AcrySof IQ SN60WF	1	9,0	-5,0					1	9,0
Verisyse VRSA54	2	17,5	2,5					2	17,5
Tecnis ZCB00	2	10,0	-10,5					2	10,0
unbekannt	3	14,7	-3,5			1	15,0	2	14,5
mit Linse	100	15,8	0,4			38	15,4	62	16,1
sine lente	83	15,1	3,1	61	14,9	19	15,5	3	18,5
Total	183			61		57		65	

In Tabelle 25 wird die Entwicklung des Intraokulardrucks aufgezeigt und diese zu den Altersgruppen und den implantierten Linsen in Bezug gesetzt.

In der aphaken Gruppe lag der durchschnittliche Druck zum Zeitpunkt der letzten Visite (Vmax) bei 15,1mmHg und die Druckdifferenz zur präoperativen Visite (V0) betrug durchschnittlich +3,1mmHg. In Altersgruppe 1 gab es ohne Linse 61 Fälle mit durchschnittlich 14,9mmHg, 19 Fälle mit durchschnittlich 15,5mmHg in Altersgruppe 2 und 3 Fälle mit durchschnittlich 18,5mmHg in Altersgruppe 3.

In der pseudophaken Gruppe lag der Druck bei der letzten Visite (Vmax) durchschnittlich bei 15,8mmHg mit +0,4mmHg Druckdifferenz zur ersten Visite (V0).

Mit der SA60AT betrug der Intraokulardruck zum Zeitpunkt der letzten Visite in 82 Fällen durchschnittlich 15,7mmHg und die Druckdifferenz zur präoperativen Visite (V0) im Schnitt +0,8mmHg. In Altersgruppe 2 für 35 Fälle durchschnittlich 15,3mmHg in Altersgruppe 3 bei 47 Fällen im Durchschnitt 16,1mmHg.

Mit der BioVue III war in 6 Fällen ein durchschnittlicher Intraokulardruck von 15,8mmHg bei der letzten Visite (Vmax) gemessen worden und es zeigte sich eine Differenz von -0,8mmHg durchschnittlich zwischen den präoperativen (V0) und den letzten (Vmax) Messungen. In Altersgruppe 2 für 2 Fälle durchschnittlich 17,0mmHg und in Altersgruppe 3 durchschnittlich 15,3mmHg in 4 Fällen.

4.7 Refraktionsentwicklung

Zur Bestimmung der Refraktionsentwicklung wurden alle Fälle eingeschlossen, bei welchen zum Zeitpunkt der letzten Visite (Vmax) eine Refraktionsmessung vorlag.

In der aphaken Gruppe (sine lente) wurde in 51 Fällen eine durchschnittliche Refraktion bei der letzten Visite von +15,12dpt gemessen. Davon 40 Fälle mit durchschnittlich +15,45dpt in Altersgruppe 1 und 11 Fälle mit durchschnittlich +13,93dpt in Altersgruppe 2.

In Tabelle 26 ist die Refraktion bei der letzten Visite (Vmax) dargestellt, bezogen auf die jeweiligen Linsen und auf die drei Altersgruppen verteilt. Es finden sowohl die primär als auch die sekundär implantierten Intraokularlinsen Berücksichtigung.

Tabelle 26: Refraktionsentwicklung (in Dioptrien)

Linsentyp	Refraktion (dpt)		Altersgruppe					
			1		2		3	
			N	Refraktion (dpt)	N	Refraktion (dpt)	N	Refraktion (dpt)
Hyperopie (Refraktion > +0,5 dpt)								
PolyLens BioVue III	2	+ 1,25			1	+ 0,63	1	+ 1,88
AcrySof SA60AT	21	+ 1,92			11	+ 2,55	10	+ 1,23
Verisyse VRSA54	1	+ 1,13			1	+ 1,13		
mit Linse	24	+ 1,83			13	+ 2,29	11	+ 1,28
sine lente	51	+ 15,12	40	+ 15,45	11	+ 13,93		
Emmetropie (Refraktion ±0,5 dpt)								
PolyLens BioVue III	2	+ 0,19	1	- 0,13	1	+ 0,25		
AcrySof SA60AT	14	+ 0,19			8	+ 0,24	6	+ 0,13
mit Linse	16	+ 0,19	1	- 0,13	9	+ 0,24	6	+ 0,13
Myopie (Refraktion < -0,5 dpt)								
PolyLens BioVue III	4	- 3,25	2	- 2,88	1	- 3,50	1	- 3,8
Domilens 125DY	2	- 1,56					2	- 1,56
AcrySof SA60AT	7	- 2,20			5	- 1,68	2	- 3,50
Verisyse VRSA54	3	- 1,38			1	- 1,38	2	- 1,38
Tecnis ZCB00	2	- 1,69					2	- 1,69
mit Linse	18	- 2,17	2	- 2,88	7	- 1,89	9	- 2,22
Total	109		43		40		26	

Mit der AcrySof SA60AT wurde durchschnittlich in 21 Fällen eine Hyperopie von +1,92dpt und in 7 Fällen eine Myopie von -2,2dpt erreicht. In Altersgruppe 2 in 11 Fällen durchschnittlich +2,55dpt und in 5 Fällen durchschnittlich -1,68dpt. In Altersgruppe 3 betrug in 10 Fällen die durchschnittliche Refraktion +1,23dpt und in 2 Fällen -3,5dpt. Annähernde Emmetropie wurde mit der SA60AT für 14 Augen mit durchschnittlich

+0,19dpt erreicht. In Altersgruppe 2 waren es 8 Augen mit +0,24dpt und 6 Augen mit durchschnittlich +0,13dpt in Altersgruppe 3.

Mit der PolyLens BioVue III wurde bei der letzten Visite (Vmax) in 2 Fällen +1,25dpt und in 4 Fällen -3,25dpt durchschnittlich gemessen. In Altersgruppe 1 erreichten 2 Fälle durchschnittlich -1,88dpt. In Altersgruppe 2 war es 1 Fall mit durchschnittlich +0,63dpt und 1 Fall mit -3,5dpt. In Altersgruppe 3 fand sich 1 Fall mit +1,88dpt sowie ein Fall mit -3,8dpt. Emmetropie wurde mit der BioVue III annähernd für 2 Augen mit durchschnittlich +0,06dpt erreicht. In Altersgruppe 1 für ein Auge mit -0,13dpt und in Altersgruppe 2 für ein Auge mit +0,25dpt.

Die Verisyse VRSA54 erreichte in Altersgruppe 2 in einem Fall +1,13dpt und in einem anderen Fall -1,38dpt. In Altersgruppe 3 betrug die durchschnittliche Refraktion für 2 Fälle ebenfalls -1,38dpt.

Die Domilens 125DY erreichte in Altersgruppe 3 für 2 Fälle eine durchschnittliche Refraktion von -1,56dpt und die Tecnis ZCB00 in ebenfalls 2 Fällen der Altersgruppe 3 durchschnittlich -1,69dpt.

4.8 Ätiologie, Schwangerschaft und Geburt

In 95 Fällen der 199 erhobenen Kataraktoperationen war die Ätiologie unbekannt. Bei 31 Patienten mit unbekannter Ätiologie wurde bilateral (62 Augen) bei 33 Patienten unilateral operiert.

Die *Cataracta complicata* trat in 16 Fällen bei rezidivierenden Uveitiden auf, in 4 Fällen bei einem kongenitalen Glaukom und in weiteren 4 Fällen bei Neurodermitis, nach einer Kortisontherapie. In drei Fällen lag ein Stickler-Syndrom und in 16 weiteren Fällen lagen 11 andere Ursachen vor (siehe Tabelle 27).

Die Ätiologie der *Cataracta congenita* war mit 71 Fällen meistens unbekannt, in 12 Fällen lag eine positive Familienanamnese vor, in 7 Fällen ein persistierender hyperplastischer primärer Glaskörper (PHPV), in 6 Fällen eine Trisomie 21 und in 4 Fällen eine

Konsanguinität. Rezidivierende Uveitiden waren in 2 Fällen die Ursache einer kongenitalen Katarakt und in weiteren 10 Fällen fanden sich andere Ursachen als ätiologisch (siehe Tabelle 27).

Tabelle 27: Ätiologie

Aetiologie	Summe	C. complicata	C. congenita	C. juvenilis	C. traumatica	sonstige	bilateral	unilateral
unbekannt	95	71	24				62	33
pos. FA	13	12	1				12	1
PHPV	7	7						7
Trisomie 21	6	6					4	2
Konsanguinität	4	4					4	
rezid. Uveitis	18	16	2				8	10
CCFDN-Syndrom	2	2					2	
Mikrodeletion 15q11.2	2	2					2	
V.a. Mikrodeletion	2	2					2	
Z.n. CMV i.d. SS	2	2					2	
cong. Aniridie (PAX6 assoz.)	1	1						1
komplexe Fehlbildung des VA	1	1						1
cong. Glaucoma	4	4					2	2
Neurodermitis (Z.n. Cortisontherapie)	4	4					4	
Stickler-Syndrom	5	3			2		4	1
Goldmann-Favre-Syndrom	2	2					2	
Morbus Coats	2	2						2
okuläre Hypertension	2	2					2	
Z.n. Radiatio (bei GvHD, Z.n. ALL)	2	2					2	
Z.n. Radiatio (bei Retinoblastom)	2	2						2
Marphan-Syndrom	3	1			2		2	1
Alkoholembryopathie	1	1						1
FEVR	1	1						1
Glaukom	1	1						1
tapetoretinale Dystrophie (TRD)	1	1						1
Z.n. Vitrektomie (bei Ablatio)	1	1						1
Contusio bulbi	7			7				7
perforierende Verletzung	6			6				6
Homocystinurie	2				2		2	
Total	199	43	112	25	13	6	118	81

Eine *Cataracta juvenilis* trat in 24 Fällen bei unbekannter Ätiologie auf und in einem Fall mit einer positiven Familienanamnese.

Die Ätiologie einer *Cataracta traumatica* war in 7 Fällen eine Contusio bulbi und in 6 Fällen eine perforierende Verletzung. Es wurde hier in allen Fällen nur unilateral operiert.

In jeweils 2 Fällen war ein Stickler-Syndrom, ein Marphan-Syndrom und eine Homocystinurie die Ursache der 6 sonstigen zu einer Kataraktoperation führenden Diagnosen (5 *subluxierte Linsen* und eine *Lentodonesis*).

Die vorangegangene Schwangerschaft der Mutter hatte in 90 Fällen einen unauffälligen Verlauf, 59 mit einer *Cataracta congenita*, 17 mit einer *Cataracta complicata* 8 mit einer *Cataracta juvenilis*, 2 mit einer *Cataracta traumatica* und 4 mit sonstigen Diagnosen. (siehe Tabelle 28)

Tabelle 28: Schwangerschaft

Schwangerschaft	Summe	C. complicata	C. congenita	C. juvenilis	C. traumatica	sonstige	bilateral	unilateral
unauffällig	90	17	59	8	2	4	56	34
unbekannt	81	22	32	14	11	2	46	35
SS-Diabetes	6	2	4				4	2
Zwillings-SS	5		3	2			4	1
pathologisches CTG	3	1	2				2	1
Placentalösung	3		3				2	1
CMV-Infektion	2		2				2	
HWI	2		2				2	
Hyperemesis gravidarum	1	1						1
SS-Hypertonus	1			1				1
Borreliose	1		1					1
Kell-Antikörper	1		1					1
Uterusprolaps	1		1					1
frühzeitige Wehen	1		1					1
intraut. Aortenkl.-Dilat.	1		1					1
Total	199	43	112	25	13	6	118	81

Bei 58 Kindern mit 81 der operierten Augen lag ein unbekannter Schwangerschaftsverlauf der Mutter vor. In 6 Fällen war ein Schwangerschaftsdiabetes aufgetreten, 2 mit

einer Cataracta complicata und 4 mit einer Cataracta congenita, es wurden 4 Augen bilateral und 2 Augen unilateral operiert. (Tabelle 28)

Eine Zwillingschwangerschaft hatte in 5 Fällen vorgelegen, 3 mit der Diagnose Cataracta congenita und 2 mit einer Cataracta juvenilis, 4 Augen wurden bilateral und ein Auge unilateral operiert.

Bei 3 Fällen hatte während der Schwangerschaft der Mutter ein pathologisches Kardiotokogramm (CTG) vorgelegen und in ebenfalls 3 anderen Fällen war es zu einer Plazentalösung gekommen.

In 2 Fällen hatte eine Infektion der Mutter mit dem humanen Zytomegalievirus (CMV) und in weiteren 2 Fällen ein Harnwegsinfekt der Mutter vorgelegen.

Jeweils einmal war eine Hyperemesis gravidarum, ein Schwangerschaftshypertonus, eine Borreliose, Anti-Kell-Antikörper, ein Uterusprolaps, frühzeitige Wehen und eine intrauterine Aortenklappendilatation aufgetreten, die betroffenen Kinder wurden alle unilateral operiert.

Für den Patienten, bei welchem die Borreliose, sowie für den Patienten, bei welchem die Hyperemesis gravidarum während der Schwangerschaft der Mutter aufgetreten war und auch für einen der Fälle mit dem pathologischen CTG, wurden zudem ätiologisch rezidivierende Uveitiden erhoben.

Zu jeweils einem der Fälle mit Plazentalösung und Schwangerschaftsdiabetes war ätiologisch ein persistierender hyperplastischer primärer Vitreus/Glaskörper (PHPV) bei dem betroffenen Kind bekannt.

Das Geburtsgewicht war bei einem Patienten, bei welchem beide Augen operiert werden mussten, mit 780g sehr gering. Dieser Patient war in der 27. Schwangerschaftswoche (SSW) per Not-Kaiserschnitt geboren worden. (Tabelle 29)

Tabelle 29: Entbindung und Geburtsgewicht

Geburts- gewicht	Summe	SSW	spontan	Sectio	Not-Sectio	unbekannt	C. complicata	C. congenita	C. juvenilis	C. traumatica	sonstige	bilateral	unilateral
780	2	27			2		2					2	
1088	1	26			1		1						1
1480	1	30			1		1						1
1600	4	37 33	2		2		2	2				4	
1960	1	33		1			1						1
2030	2	37			2		2					2	
2130	2	35				2	2					2	
2160	2	35			2		2					2	
2365	2	36				2	2					2	
2480	2	39	2				2					2	
2560	1	37		1			1						1
2600	2	38	2				1	1				2	
2640	1	40	1				1						1
2680	1	38	1				1						1
2770	2	39		2			2					2	
2800	2					2	2					2	
2835	2	39		2			2					2	
2900	1	38	1						1				1
2950	1	38		1			1						1
3090	2	40			2		2					2	
3190	1	41	1				1						1
3200	2	39 40	2				1	1					2
3250	2	40	2				2					2	
3350	2	36 39	2				2						2
3370	2	41	2				2					2	
3390	2	40		2			2					2	
3420	2		2				2					2	
3430	2	43				2			2			2	
3450	2	40				2		2				2	
3465	2	41	2				2					2	
3500	2	39	2				2					2	
3530	2	39		2			2					2	
3540	1	39	1				1						1
3550	4	40	4				4					4	
3620	1	39		1			1						1
3660	2	40	2							2		2	
3800	2	41	2				2					2	
3810	1	40	1				1						1
3880	1	38		1			1						1
3900	1	40	1				1						1
3982	1	38	1				1						1
4000	2	37	1	1			2						2
4120	2	40	2					2				2	
4820	1	40	1				1						1
unbekannt	123		45	11		67	36	51	20	12	4	64	59
Total	199		85	25	12	77	43	112	25	13	6	118	81

Der Patient mit dem zweitniedrigsten Geburtsgewicht wog 1088g und war in der 26. SSW per Not-Kaiserschnitt geboren worden. Dieser Patient wurde nur unilateral aufgrund einer Cataracta congenita operiert. (Tabelle 29)

Bei 123 Patienten war das Geburtsgewicht in der Augenklinik nicht dokumentiert worden, die weiteren (ohne die zwei oben angeführten Patienten) bewegten sich zwischen 1480g in der 30. SSW bis 4820g in der 40. SSW.

Die Art der Entbindung war für 77 Fälle unbekannt, für 85 Fälle eine Spontangeburt ab der 36. SSW und für 25 Fälle war ab der 33. bzw. 36. SSW ein Kaiserschnitt vorgenommen worden. Die Diagnosen waren Cataracta congenita, Cataracta complicata, Cataracta juvenilis und sonstige. Ein Not-Kaiserschnitt war ab der SSW 26 für 12 Fälle durchgeführt worden, die Diagnose war in allen diesen Fällen eine kongenitale Katarakt. (Tabelle 30)

Tabelle 30: Entbindung und Schwangerschaftswoche

Schwangerschafts- woche	Summe	spontan	Sectio	Not-Sectio	unbekannt	C. complicata	C. congenita	C. juvenilis	C. traumatica	sonstige	bilateral	unilateral
26	1		1			1						1
27	2		2			2					2	
30	1		1			1						1
33	3		1	2		3					2	1
35	4			2	2	4					4	
36	9	5	2		2	9					4	5
37	10	6	2	2		2	5	2	1		6	4
38	14	10	4			1	9	3	1		4	10
39	17	10	7			1	16				12	5
40	27	21	2	2	2	4	19	2		2	20	7
41	15	11	4			4	9		2		12	3
43	2				2			2			2	
unbekannt	94	22	3		69	31	34	16	11	2	50	44
Total	199	85	25	12	77	43	112	25	13	6	118	81

Um zu untersuchen, ob eine kongenitale Katarakt häufiger nach einer spontanen Geburt oder einer Kaiserschnittgeburt auftrat, wurde ein Chi-Quadrat-Test nach Pearson durchgeführt. (Tabelle 31)

Der Chi-Quadrat-Test nach Pearson ergab bzgl. des Auftretens einer kongenitalen Katarakt, einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den beiden Entbindungsarten (p-Wert $p=0,020$). Der exakte Chi-Quadrat-Test nach Fisher, bestätigte mit einem p-Wert von $p=0,025$ einen statistisch signifikanten Unterschied. (Tabelle 31)

Tabelle 31: Art der Entbindung und kongenitale Katarakt (χ^2)

Entbindung	keine C. congenita	C. congenita	Total
Sectio	6	31	37
spontan	36	49	85
Total	42	80	122
Pearson			$p = 0,020$
Fisher's exact			$p = 0,025$

Ob Komplikationen nach der Kataraktoperation häufiger nach einer spontanen Geburt oder einer Kaiserschnittgeburt auftraten, wurde ebenfalls mit einem Chi-Quadrat-Test nach Pearson untersucht. Es konnte mit einem p-Wert von $p=0,138$ jedoch kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Entbindungsarten bzgl. des Auftretens einer ersten postoperativen Komplikation gezeigt werden. (Tabelle 32)

Tabelle 32: Art der Entbindung und Komplikationen (χ^2)

Entbindung	keine Komplikation	Komplikation	Total
Sectio	26	11	37
spontan	45	40	85
Total	71	51	122
Pearson			$p = 0,138$
Fisher's exact			$p = 0,185$

5 Diskussion

5.1 Studienparameter

Stärken der vorliegenden Studie liegen neben der Fallzahl von 199 operierten Augen, in der Vielzahl der beleuchteten Parameter, wie der Visusentwicklung, Komplikationen, Intraokularlinsen, Intraokulardruck, Refraktion, Ätiologie, Schwangerschaft und Geburt.

Die besondere Stärke stellt der Vergleich der Visusentwicklung eines operierten Auges, mit der eines gesunden, nicht operierten Auges intraindividuell aber auch interindividuell dar. Es wurden von 57 Patienten mit einer unilateralen Kataraktoperation zusätzlich die Daten der gesunden, nicht operierten Augen erfasst. Diese Daten der gesunden Augen ermöglichten den direkten intraindividuellen Vergleich und die Erstellung einer Referenzkurve, durch welche der interindividuelle Vergleich, d.h. die Entwicklung gesunder Augen, mit der Gesamtstichprobe operierter Augen, möglich wurde.

Durch diese Vergleichsmöglichkeit eines operierten Auges mit einem nicht operierten Auge ein und desselben Patienten, können zudem Fehler, die aufgrund erschwelter Visuserhebung bei Neugeborenen, Säuglingen und Kleinkindern auftreten, aufgehoben bzw. ausgeglichen werden.

Eine Limitation ist, dass ein Fehler, der aufgrund einer erschwerten Visuserhebung eines erkrankten, im Vergleich zu einem gesunden Auge entsteht, nicht ausgeglichen oder aufgehoben werden kann und bestehen bleibt. Zudem ist nur der Vergleich eines monokularen, keines binokularen Visus möglich. Des Weiteren ist zu bedenken, dass auch, wenn keine dokumentierte Pathologie vorlag, als gesund eingestufte Augen, nicht zwingend auch tatsächlich gesund waren.

Eine weitere Einschränkung ist die unterschiedlich lange postoperative Beobachtungszeit, von minimal 1 Tag bis maximal 5,75 Jahren. Dies ergab sich durch die Charakteristik einer retrospektiven Studie, der größten Schwäche der vorliegenden Untersuchung. Die Untersuchungen waren nicht speziell für die vorliegende Studie durchgeführt, die Daten nicht speziell zu diesem Zweck aufgezeichnet worden. Die Aufzeichnungen waren deshalb oftmals lückenhaft, handschriftliche Aufzeichnung nicht immer eindeutig lesbar, Akten nicht immer auffindbar oder unvollständig.

Die erhobenen und untersuchten Daten spiegeln dies alles wider.

5.2 Interpretation der Ergebnisse

5.2.1 Visusentwicklung

Der Visus als Quantifizierung der Sehschärfe und damit Repräsentant der Sehfähigkeit, gilt als wichtigste Messgröße des Erfolgs der kindlichen Kataraktchirurgie. Es ist dessen Entwicklung in einer positiven Richtung angestrebt, eine Verbesserung durch die, bzw. nach der kataraktchirurgischen Intervention und hierdurch auch speziell die Reduktion des Amblyopierisikos.

Der Vergleich der gesunden Augen mit der postoperativen Entwicklung der erkrankten Augen, wie er in der vorliegenden Studie durch die in Abschnitt 4.3 erstellte Referenzkurve möglich wurde, erlaubt den intraindividuellen Vergleich der Entwicklung des gesunden, nicht operierten Auges, mit der des operierten Auges, bei welchem in den meisten Fällen ohne die operative Intervention die Prognose eine Visusverschlechterung, Amblyopie oder vollständige Erblindung bedeutet.

Der Visus des Kleinkindes beginnt auf einem niedrigen Niveau und entwickelt sich besonders im ersten Lebensjahr sehr schnell. Durch die Referenzgruppe wird, den individuellen Entwicklungsschritten entsprechend, ein Vergleich des Ist-Visus mit einem Soll-Visus möglich.

Es zeigt sich in der vorliegenden Studie eine Verbesserung bzw. Entwicklung des Visus durch die Operation in der Referenzgruppe um median 30% (27,6% durchschnittlich). Dies verdeutlicht, dass das operierte Auge keiner Verschlechterung unterliegt, sondern eine ähnliche Visusentwicklung durchläuft wie ein gesundes, nicht operiertes Auge, es also in der Entwicklung „aufholt“.

Die Anwendung der ermittelten Referenzkurve auf die Gesamtstichprobe der vorliegenden Studie, ergab eine Verbesserung des Visus durch die Operation um median 52,9% (durchschnittlich 44,6%).

Es konnte in der vorliegenden Studie ebenfalls gezeigt werden, dass der präoperative Visus in den einzelnen Altersgruppen signifikant verschieden ist ($p < 0,001$). Dies dürfte im Wesentlichen auf die schlechte Visusprognose der jüngeren Patienten ohne Opera-

tion und die erschwerte Visuserhebung beim Neugeborenen und Säugling zurückzuführen sein sowie eine bereits weiter fortgeschrittene physiologische Visusentwicklung, je älter der Patient zum Zeitpunkt des Katarakterwerbs ist. Postoperativ ließ sich jedoch kein signifikanter Unterschied der Visuswerte zwischen den Altersgruppen aufzeigen ($p=0,117$). Dies kann indirekt als Merkmal für den Erfolg des operativen Eingriffs gewertet werden.

Khatib et al. fanden einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen dem postoperativen Visus einer Gruppe mit bei der Operation unter 2-jährigen und einer Gruppe von über 6-jährigen Patienten. Es zeigte sich ein durchschnittlicher dezimaler Visus (BCVA) von 0,25-1,0 bei 45,8% der unter 2-Jährigen und 91,2% der über 6-Jährigen. [85]

Bei Qi et al. zeigte sich ein statistisch signifikanter Unterschied der Visusentwicklung zwischen einer Gruppe, welche im Alter von 2 bis 4 Monaten operiert worden war und einer im Alter von 5 bis 8 Monaten operierten Patientengruppe, mit einer besseren Visusprognose für die jüngeren Patienten. [86]

In der vorliegenden Studie würde ohne den Vergleich, der durch die Referenzgruppe möglich wird, der Effekt des operativen Eingriffs überschätzt, da besonders beim jüngeren Patienten eine ähnliche Entwicklung der Sehkraft am gesunden Auge stattfindet (physiologische Visusentwicklung), wie sie am erkrankten Auge durch die Operation erreicht wird und bei diesem insbesondere einer Visusverschlechterung bzw. Amblyopie entgegenwirkt.

Magnusson et al. führten postoperativ eine Langzeituntersuchung von durchschnittlich 9,3 Jahren durch. Es wurden 38 Patienten einbezogen, die im Alter von unter sieben Wochen bis 12 Jahren einer Kataraktoperation unterzogen worden waren. Es zeigte sich ein durchschnittlicher dezimaler Visus von 0,4 oder besser bei 50% der untersuchten Augen. Den Erkenntnissen von Magnusson et al. zufolge, imponiert bei einer Kataraktoperation in den ersten sieben Lebenswochen zwar eine schnellere Visusregeneration, jedoch kein statistisch signifikanter Vorteil für die Visusentwicklung. [87]

Asferaw et al. untersuchten 176 Augen von 142 Kindern, welche im Alter von durchschnittlich 7,9 Jahren einer Kataraktoperation unterzogen worden waren. Es zeigte sich eine Verbesserung des dezimalen Visus durch die OP von präoperativ 4% mit 0,33-1,0 und 92% mit $<0,1$ zu postoperativ 37% mit 0,33-1,0 und 43% mit $<0,1$. [88]

Bei Moreira et al. entwickelte sich der Visus (BCVA) in einer Studie mit 20 Patienten (33 Augen) in einem Alter bei Operation von durchschnittlich 5,5 Jahren (± 5) von präoperativ dezimal 0,3 ($\pm 0,2$) bei 13 Patienten zu postoperativ dezimal 0,6 ($\pm 0,4$) bei 18 Patienten. [89]

In der Untersuchung von Qi et al. zeigte sich nach median 5,6 Jahren postoperativ, bei 57 im Alter von (median) 6 Monaten operierten Augen, ein medianer Visus von logMAR 0,52. [86]

Chaudhary et al. untersuchten 51 Augen von 30 Patienten, die im Alter von durchschnittlich 3,84 Jahren eine Kataraktoperation hatten. Nach 6 Monaten postoperativ konnte eine Visusverbesserung durch die Operation bestätigt werden. Vor dem Eingriff hatten nur 26,7% der Patienten einen dezimalen Visus $>0,1$ und 36,7% einen dezimalen Visus $<0,05$ und postoperativ berichteten Chaudhary et al. bei 70% von einem dezimalen Visus $>0,1$ und nur noch bei 13,3% von $<0,05$ dezimal. [90]

Lin et al. beobachteten 114 Augen von 57 Patienten für durchschnittlich vier Jahre nach einer bilateralen Kataraktoperation im Alter von 3 (31 Patienten) oder 6 Monaten (26 Patienten). Es entwickelte sich ein durchschnittlicher logMAR Visus von 0,96 ($\pm 0,30$) in der Gruppe der 3 Monate alten und von 0,81 ($\pm 0,28$) in der Gruppe der 6 Monate alten Patienten. Zudem fanden Lin et al. keinen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Auftreten von Komplikationen und der Visusentwicklung. [91]

In einer retrospektiven Untersuchung von Kuhli-Hattenbach et al. wurden 52 Augen von 26 Kindern, welche aufgrund einer bilateralen Katarakt an beiden Augen ohne primäre Linsenimplantation operiert worden waren, nach Alter zum Zeitpunkt der Operation eingeteilt. Die 1. Gruppe war in den ersten 10 Lebenswochen operiert worden (16 Augen) und zwischen der 10. Lebenswoche und 12 Monaten die 2. Gruppe (36 Augen). Es konnte statistisch kein signifikanter Unterschied in der Visusentwicklung bzw. dem Amblyopierisiko der beiden untersuchten Altersgruppen gezeigt werden. Ohne aufgetretene Komplikation erreichten postoperativ 69,2% der Augen während einer durchschnittlichen Nachbeobachtungszeit von 59,7 Monaten einen altersentsprechenden Visus. Bei aufgetretener Komplikation zeigte sich die Visusprognose jedoch signifikant verschlechtert bzw. das Amblyopierisiko signifikant erhöht. 20 der Augen waren für mindestens 72 Monate nachbeobachtet worden, hier zeigte sich ohne aufgetretene Komplikation bei 50% der Augen ein dezimaler Visus von median 0,8, hingegen bei aufgetretenem Aphakieglaukom von median nur noch 0,4 dezimal. [55]

In der vorliegenden Studie zeigte der durchgeführte Spearman-Korrelationstest für Altersgruppe 1 (Alter bei Operation 2 Wochen bis 9 Monate) ohne aufgetretene Komplikation einen negativen Zusammenhang zwischen Visusentwicklung und Operationszeitpunkt ($p=0,039$) sowie einen tendenziell positiven Zusammenhang bei aufgetretener Komplikation ($p=0,055$). Hieraus ist zu schließen, dass eine frühere Operation (ohne Komplikation) eine bessere Visusentwicklung ermöglicht, das Amblyopierisiko also geringer ist. Bei Auftreten einer Komplikation verhält es sich umgekehrt, hier ist zu einem späteren Operationszeitpunkt die Visusentwicklung besser. Besonders auffällig ist hier Altersgruppe 2 (Alter von > 9 Monaten bis 6 Jahre), hier erscheint das mediane Visus-Delta ($\log\text{MAR } V_{\text{max}}-V_0$) mit aufgetretener Komplikation besser ($\log\text{MAR } -0,95$) als ohne Komplikation ($\log\text{MAR } -0,7$). Eine mögliche Erklärung hierfür wäre, dass eine aufgetretene Komplikation beim etwas älteren Kind ggf. besser behandelt werden kann und ein größerer Behandlungseffekt erzielt wird, da auch die Visusentwicklung in dieser Gruppe (<6 Jahre) noch nicht abgeschlossen ist. Zudem könnte ein unbehandelter und somit nicht als Komplikation erfasster Nachstar besonders in dieser Altersgruppe, aufgrund der nicht abgeschlossenen Visusentwicklung, einen größeren Einfluss haben.

Ein deutlicher Unterschied in der Visusentwicklung ($\log\text{MAR}$ monokular) zeigt sich in der vorliegenden Studie zwischen den unilateral und den bilateral betroffenen bzw. operierten Augen. Während die unilateral operierten Augen ein medianes Visus-Delta ($\log\text{MAR } V_{\text{max}}-V_0$) von $\log\text{MAR } -0,54$ zeigen, beträgt dieses bei den beidseitig (bilateral) operierten median $\log\text{MAR } -0,95$. Es lässt sich hieraus eine tendenziell bessere Prognose für bilateral betroffene Augen ableiten ($p=0,071$).

Diese bessere Prognose bestätigten auch Asferaw et al., welche in ihrer Untersuchung 24,5% bilateral und 12,5% unilateral, sowie 63% von einer unilateralen *Cataracta traumatica* betroffene Augen unterschieden. Es zeigte sich ein postoperativer dezimaler Visus von 0,33-1,0 bei 58% der bilateral betroffenen, bei 40% der unilateral traumatisch betroffenen und nur 33% bei den unilateral nicht-traumatisch betroffenen Augen. [88]

Ambroz et al. untersuchten von 69 Patienten 94 Augen, 72% bilateral und 28% unilateral betroffen und berichten, nach einer Beobachtungszeit von median 2,6 Jahren, ebenfalls einen besseren Visus in der bilateralen im Vergleich zur unilateralen Gruppe erzielt zu haben. [92]

Auch Moreira et al. berichten von einem Unterschied in der Visusentwicklung zwischen unilateral und bilateral operierten Augen von dezimal 0,3 ($\pm 0,1$) zu 0,8 ($\pm 0,1$). [89]

Bei Ram et al. zeigte sich für 302 bilateral operierte Augen in 62,2% ein Visus von mindestens logMAR 0,3 und für 79 unilateral operierte in nur 30,9%. [93]

Qi et al. fanden jedoch keine statistische Signifikanz für einen Unterschied in der postoperativen Visusentwicklung nach uni- (7 Augen) oder bilateraler (50 Augen) Katarakt. [86]

In der vorliegenden Studie zeigte sich in Altersgruppe 1 allein betrachtet (Alter bei Operation 2 Wochen bis 9 Monate) kein statistisch signifikanter Unterschied der Visusentwicklung zwischen einseitig und beidseitig operierten Augen ohne aufgetretene Komplikation, während sich dieser Unterschied in Altersgruppe 2 (Alter von > 9 Monaten bis 6 Jahre) wiederum statistisch signifikant zeigte ($p=0,006$). Die frühe Operation (vor einem Alter von 9 Monaten) einer einseitigen Katarakt, scheint hier für Altersgruppe 1 das Amblyopierisiko auf ein ähnliches Niveau zu senken, wie das einer beidseitigen Katarakt, d.h. das Amblyopierisiko erscheint besonders für die einseitige Katarakt durch sehr frühe Operation (ab der 3. Lebenswoche) geringer.

Für die pseudophake, gegenüber der aphaken Gruppe, zeigte sich in der vorliegenden Studie ebenfalls eine tendenziell bessere Prognose bzgl. der Entwicklung der Sehfähigkeit ($p=0,08$). Ein Unterschied zwischen den verschiedenen Altersgruppen konnte hier allerdings nicht bestätigt werden, was ggf. an der geringen Fallzahl von nur 5 pseudophaken Augen in Altersgruppe 1 liegt.

Vasavada et al. beobachteten 60 Patienten über 5 Jahre postoperativ, bei welchen im Alter von maximal 2 Jahren eine Kataraktoperation sowohl aphak (50%) als auch primär pseudophak (50%) durchgeführt worden war. Der durchschnittliche Visus zeigte sich in der pseudophaken Gruppe mit logMAR 0,5 ($\pm 0,23$) auch hier etwas besser als in der aphaken Gruppe mit logMAR 0,59 ($\pm 0,23$). [64]

5.2.2 Komplikationen

112 der operierten Augen zeigten in der vorliegenden Studie einen komplikationslosen postoperativen Verlauf, bei 87 der operierten 199 Augen trat während des Beobachtungszeitraums eine Erstkomplikation auf, was einer Komplikationsrate von 43,7% entspricht.

In der retrospektiven Untersuchung von Kuhli-Hattenbach et al., bei welcher bilateral ohne primäre Linsenimplantation operierte Kinder zweier Altersgruppen (1. Gruppe: Operationsalter < 10 Lebenswochen, 16 Augen und 2. Gruppe: >10. Lebenswoche bis 12 Monate, 36 Augen) untersucht wurden, zeigte sich eine Komplikationsrate von 42,3% in einer durchschnittlichen Nachbeobachtungszeit von 59,7 Monaten. [55]

In einer Studie von Moreira et al. wurden 20 im Alter von durchschnittlich 5,5 Jahren aufgrund einer kindlichen Katarakt operierte Augen untersucht, 13 waren mit primärer Linsenimplantation operiert und 7 zunächst aphak geblieben und später einer sekundären Implantation unterzogen worden. Es zeigte sich während einer Nachbeobachtungszeit von durchschnittlich 7 Jahren eine Komplikationsrate von 35%. [89]

In einer früheren Studie von Kuhli-Hattenbach et al. wurden retrospektiv 65 Augen von 43 Kindern, welche im Alter von 12 Wochen bis 15 Monaten eine Kataraktoperation (ohne primäre Linsenimplantation) hatten untersucht. 21 Kinder hatten eine unilaterale und 22 Kinder eine bilaterale Katarakt. Innerhalb einer durchschnittlichen Nachbeobachtungszeit von 39 Monaten (6-108 Monate) zeigte sich eine Komplikationsrate von 35,4%. [60]

Khatib et al. berichten von einer Komplikationsrate von 20,32% im ersten postoperativen Jahr und 26,9% in den folgenden, durchschnittlich 4,3 Jahren Nachbeobachtungszeit. [85]

Bei Sukhija et al. fand sich eine Komplikationsrate von 64 Fällen bei 100 untersuchten Augen von 60 Patienten innerhalb von durchschnittlichen 3,4 Jahren (Standardabweichung 0,3 Jahre), wobei es sich um Erst- und Folgekomplikationen handelt. [94]

Der Nachstar zeigte sich in der vorliegenden Studie als postoperative Komplikation mit insgesamt 50 aufgetretenen Fällen, mit einer Rate von 25,1%, in allen Altersgruppen ähnlich, nach durchschnittlich etwa einem Jahr postoperativ auftretend.

Die Nachstarrate der Altersgruppe 3 war in der vorliegenden Studie mit 24 Fällen fast so hoch wie in Altersgruppe 1 und 2 zusammen (26 Fälle). Dies spricht für eine Reduktion der Nachstarfälle durch die Operationstechnik der hinteren Kapseleröffnung mit vorderer Vitrektomie, wie sie bei jüngeren Patienten durchgeführt wird (siehe Kapitel 2.3).

Ein Nachstar trat bei Moreira et al. in 25% nach durchschnittlich 1,17 Jahren postoperativ auf. [89] Sukhija et al. verzeichneten eine Nachstarrate von 26,2% nach durchschnittlich 6,8 Monaten postoperativ. [94] Bei Ambroz et al. trat ein Nachstar bei 30,9% der untersuchten 94 Augen auf. [92] Chaudhary et al. berichten nach 6 Monaten bei 39% der 51 untersuchten Augen von einem Nachstar. [90] Bei Khatib et al. betrug die Nachstarrate für 123 Augen 21,1% nach durchschnittlich 7,5 Jahren postoperativ. [85] Qi et al. berichten hingegen, dass bei ihren 57 retrospektiv untersuchten Augen innerhalb von durchschnittlich postoperativ 5,6 Jahren in nur 8,77% der Fälle ein Nachstar aufgetreten sei. [86] Kuhli-Hattenbach et al. berichten ebenfalls von einer geringen Nachstarrate von 9,2% der 65 operierten Augen, zwischen einem bis 5 Monate postoperativ aufgetreten, wobei sich ein signifikanter Zusammenhang mit einem jüngeren Operationsalter von unter 5 Monaten zeigte. [60] Bei Jinagal et al. zeigte sich eine Nachstarrate von 22,2% in der untersuchten Gruppe mit einem PHPV vom anterioren Typ (9 Augen) und 55% in der Gruppe vom kombinierten PHPV-Typ (20 Augen). [27] Asferaw et al. berichten von einem Nachstar von 23% nach der bilateralen Katarakt, 14,6% nach der traumatischen, und nur 6% nach der unilateralen nicht-traumatischen Katarakt. [88]

Das Glaukom hatte in der vorliegenden Studie mit 22 bzw. 44 Fällen (Glaukom und Glaukomverdacht) eine Komplikationsrate von 11,1% bzw. 22,1% über den gesamten Beobachtungszeitraum.

Ein Glaukom trat in der vorliegenden Studie postoperativ durchschnittlich nach 0,55 Jahren in Altersgruppe 1 auf und nach 2,25 Jahren in Altersgruppe 2. Die Hypothese, dass ein jüngeres Alter zum Zeitpunkt der Operation mit einem erhöhten Glaukomrisiko einhergeht, konnte jedoch statistisch nicht bestätigt werden ($p=0,738$).

Ambroz et al. berichten von einem Glaukom in 12,8% der 94 beobachteten Augen. [92] Bei Qi et al. entwickelten nur 3,51% der 57 untersuchten Augen ein Glaukom. [86]

Vasavada et al. beschreiben, für zum Zeitpunkt der Operation maximal 2-jährige Patienten, ein Auftreten der meisten Glaukomfälle im ersten Jahr postoperativ. [64]

In den Untersuchungen von Kuhli-Hattenbach et al. trat ein Glaukom bei 15,5% der 65 operierten Augen zwischen 3 und 48 Monate postoperativ auf, mit signifikant häufigerem Auftreten bei jüngerem Alter zum Zeitpunkt der Operation von unter 3 Monaten und ebenfalls signifikanter Häufung bei positiver Familienanamnese bzgl. eines Aphakieglaukoms. [60]

In der vorliegenden Studie waren konjunktivale Reizzustände mit 13 Fällen im Beobachtungszeitraum die dritthäufigste Komplikation, bei einer Komplikationsrate von 6,5%.

Konjunktivale Reizzustände traten nur am aphaken Auge mit 10 Fällen primär in Altersgruppe 1 und mit 3 Fällen in Altersgruppe 2 auf. Eine Erklärung hierfür ist, dass sie in erster Linie durch das Tragen von Kontaktlinsen beim aphaken Auge verursacht wurden. Konjunktivale Reizzustände sind in den Wochen postoperativ ein Bestandteil des normalen Heilungsvorgangs, der durch Kontaktlinsen verstärkt wird. Durchschnittlich traten die als Komplikation erfassten Fälle jedoch 1,44 Jahre postoperativ auf.

Plager et al. berichten von 18% kontaktlinsenassoziierter Komplikationen in der aphaken Gruppe der Infant Aphakia Treatment Study (IATS) bei drei Fällen im ersten Jahr und 7 im zweiten bis fünften Jahr postoperativ. [95] [96]

Ambroz et al. berichten von Keratitis und Hornhautneovaskularisation, welche kontaktlinsenassoziiert nur in der aphaken Gruppe als dritthäufigste Komplikation auftraten. [92]

Synechien waren in der vorliegenden Studie mit 11 Fällen die vierthäufigste Komplikation, die Komplikationsrate beträgt 5,5%.

In der Untersuchung von Sukhija et al. waren Synechien in 10,5% der Fälle (27 von 257 Augen), aufgetreten. [97] Bei Ambroz et al. traten Synechien mit einer Komplikationsrate von etwa 7% sowohl in der aphaken als auch in der pseudophaken Gruppe auf. [92]

Die Uveitis zeigte in der vorliegenden Studie insgesamt mit 10 Fällen im Beobachtungszeitraum eine Rate von 5%. Es waren allerdings ätiologisch für alle 10 Augen, bei welchen postoperativ eine Uveitis auftrat, rezidivierende Uveitiden präoperativ bekannt,

weshalb diese weniger als Komplikation als vielmehr als Ereignisse einer bekannten Nebendiagnose gesehen werden.

Chaudhary et al. berichten von einer Uveitis in 3,9% der untersuchten 51 Augen. [90] Bei Asferaw et al. zeigte sich eine Uveitisrate von 21,3% nach einer Cataracta traumatica. Nach der unilateralen nicht-traumatischen Katarakt waren es 11% und nach einer bilateralen Katarakt 6%. [88]

Eine Ablatio retinae war in der vorliegenden Studie mit einer Komplikationsrate von 3,5% bei 7 der operierten Augen aufgetreten.

Von einer Ablatio retinae berichten Kuhli-Hattenbach et al. bei ebenfalls 3,5% der 65 retrospektiv untersuchten Augen, aufgetreten zwischen 3 Wochen und 4 Jahren postoperativ, mit einem signifikanten Zusammenhang zu einem vorhandenen PHPV bzw. vorhandenen PFV. [60]

In der untersuchten Gruppe mit einem anterioren PHPV (9 Augen) war bei Jinagal et al. keine Ablatio retinae aufgetreten, in der Gruppe mit einem kombinierten PHPV (20 Augen) hingegen mit einer Rate von 15%. [27]

Ein Strabismus lag in der vorliegenden Studie bei letzter Visite bei insgesamt 37,1% der operierten Kinder vor. Es zeigte sich ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen Auftreten eines Strabismus und dem Alter zum Zeitpunkt der Operation sowie ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den drei Altersgruppen bzgl. des Auftretens eines Strabismus. In Altersgruppe 1 waren 53,5% der operierten Kinder von einem Strabismus betroffen, in Altersgruppe 2 42,9% und in Altersgruppe 3 nur 15,7%.

In den Untersuchungen von Kuhli-Hattenbach et al. von 26 Kindern mit bilateraler Kataraktoperation ohne primäre Linsenimplantation, entwickelte sich ein Strabismus in der 2. Altersgruppe (Operationsalter > 10 Lebenswochen bis 12 Monate, 18 Kinder) mit 76,4% signifikant häufiger als mit 25% in der 1. Altersgruppe (Operationsalter < 10 Lebenswochen, 8 Kinder). [55]

Bei der letzten Visite zeigte sich in der vorliegenden Studie ein Nystagmus bei insgesamt 25,7% der operierten Kinder. Auch für den Nystagmus zeigte sich ein statistisch

signifikanter Zusammenhang bzgl. des Alters des Kindes bei der Operation sowie ebenfalls ein statistisch signifikanter Unterschied in den Altersgruppen. In Altersgruppe 1 trat ein Nystagmus bei 51,2% der operierten Kinder auf, in Altersgruppe 2 bei 20,4% und in Altersgruppe 3 bei nur 7,8%.

Ein Nystagmus zeigte sich in den Untersuchungen von Kuhli-Hattenbach et al. in der 1. Altersgruppe bei 25% (2 Kinder) und in der 2. Altersgruppe bei 45% (7 Kinder) der untersuchten Kinder. Nach einer Operation vor der 8. Lebenswoche (3 Kinder) entwickelte sich kein Nystagmus. [55]

Eine Amblyopie war in der vorliegenden Studie bei letzter Visite bei 62,3% der operierten Augen zu diagnostizieren, es lag demnach bei 37,7% der operierten Augen keine Amblyopie vor. In 32,6% lag eine leichte Amblyopie, in 12,1% eine mittlere und in 17,6% eine tiefe Amblyopie vor. Es zeigte sich kein statistisch signifikanter Unterschied bzgl. der Entwicklung einer Amblyopie zwischen den einzelnen Altersgruppen. In Altersgruppe 1 war eine leichte Amblyopie bei 32,3% der operierten Augen aufgetreten, eine mittlere Amblyopie bei 12,3% und eine tiefe Amblyopie in 15,4%. In Altersgruppe 2 trat eine leichte bei 29,2%, eine mittlere bei 15,4% und eine tiefe Amblyopie bei 10,8% auf. Die leichte bis mittlere Amblyopie zeigt sich somit über die Altersgruppen ähnlich verteilt, während sich eine tiefe Amblyopie in Altersgruppe 1 mit 15,4% und in Altersgruppe 2 mit 10,7% zeigte, fiel diese in Altersgruppe 3 mit 26% deutlich höher aus. Ein Unterschied in der Entwicklung einer Amblyopie in den verschiedenen Altersgruppen, konnte nur tendenziell gezeigt werden, während sich ein Zusammenhang mit dem Auftreten und dem Alter zum Zeitpunkt der Operation statistisch signifikant zeigte.

In den Untersuchungen von Kuhli-Hattenbach et al. zeigte sich in der 1. Altersgruppe (Operationsalter < 10 Lebenswochen) für 12,5% ein Visus innerhalb der Altersnorm, eine leichte Amblyopie für 50%, eine mittlere für 12,5% und eine tiefe Amblyopie für 25% der operierten Augen. In der 2. Altersgruppe (Operationsalter > 10 Lebenswochen bis 12 Monate) hatten 22,2% einen Visus innerhalb der Altersnorm, 38,9% eine leichte, 22,2% eine mittlere und 16,7% eine tiefe Amblyopie. Es zeigte sich eine signifikant bessere Visusprognose, wenn keine postoperativen Komplikationen auftraten. [55]

In der vorliegenden Studie wurde bei der Untersuchung der postoperativen Zeit bis zum Auftreten einer Erstkomplikation, der „Überlebenszeitanalyse“, ein signifikanter Unterschied in der medianen Zeit ohne Komplikation der drei Altersgruppen deutlich. Diese zeigte sich mit 4,06 Jahren in Altersgruppe 1, 2,51 Jahren in Altersgruppe 2 und nur 1,61 Jahren in Altersgruppe 3, mit zunehmendem Alter abnehmend.

Da der letzte beobachtete Patient in Altersgruppe 3 nach nur etwas über 4 Jahren aus-schied, kann hier nur eine 4-Jahres-Rate ohne Komplikation von 8,3% angegeben wer-den. Für die Altersgruppen 1 und 2 konnten hingegen 5-Jahres-Raten ohne Komplika-tion von 30,9% in Altersgruppe 1 und 48,7% in Altersgruppe 2 ermittelt werden. Betrachtet man hier zum besseren Vergleich ebenfalls nur die 4-Jahres-Raten ohne Komplika-tion, so liegt diese für Altersgruppe 2 unverändert bei 48,7% und für Altersgruppe 1 bei etwa 54%.

Sukhija et al. untersuchten zwei Altersgruppen, von welchen die eine Gruppe aus Pati-enten zwischen 3 und 6 Monaten zum Zeitpunkt der Operation und die andere Gruppe aus Patienten im Alter zwischen 6 und 12 Monaten bestand. Während einer postopera-tiven Beobachtungszeit von durchschnittlich 3,4 Jahren, fanden Sukhija et al. keinen signifikanten Unterschied bzgl. des Auftretens von Komplikationen zwischen den zwei untersuchten Altersgruppen. [94]

Lin et al beobachteten hingegen in einer Gruppe von zum Zeitpunkt der Kataraktopera-tion 3 Monate alten Patienten, mehr postoperative Komplikationen als in einer Gruppe von 6 Monate alten Patienten. Die Patienten wurden bei Lin et al. zudem eingeteilt nach Operationstechnik (eine Gruppe ohne, eine mit Eröffnung der Hinterkapsel sowie die dritte Gruppe mit Eröffnung der Hinterkapsel und vorderer Vitrektomie) und es zeigte sich in der Gruppe mit Eröffnung der hinteren Kapsel und vorderer Vitrektomie die ger-ingste Nachstarrate. [91]

Auch Chaudhary et al. fanden einen statistisch signifikanten Unterschied der Nachstar-rate von 75% zu 11,8% zwischen Patienten, bei welchen keine Eröffnung der Hinter-kapsel und solchen, bei welchen eine Eröffnung vorgenommen worden war. [90]

Die längere mediane Zeit ohne Komplikation in Altersgruppe 1 von etwa 4 Jahren scheint auch in der vorliegenden Studie im Zusammenhang mit der Operationstechnik (hintere Kapseleröffnung und vordere Vitrektomie) zu stehen. Da hier die Augen primär aphak blieben, wurde die postoperative Zeit bis zum Auftreten einer Erstkomplikation

der aphaken und der pseudophaken Gruppe, sowie mit der Unterscheidung primär oder sekundär pseudophak, untersucht. Es zeigte sich eine signifikant höhere Rate ohne Komplikation für die aphake Gruppe gegenüber der pseudophaken Gruppe, von aphak 53,1% gegenüber 11,7% primär und 29,2% sekundär pseudophak ($p=0,015$). Die mediane Zeit ohne Komplikation wurde von der aphaken Gruppe im Untersuchungszeitraum nicht erreicht, weshalb diese mit >5 Jahre angenommen werden kann. Für die primär pseudophake Gruppe betrug die mediane Zeit ohne Komplikation nur 1,61 Jahre. Für die sekundär pseudophake Gruppe waren es median 4,06 Jahre, jedoch sollte bei einer Stichprobengröße von nur 10 sekundären Implantationen, die Aussagekraft hier als nur gering eingestuft werden.

In den Studien von Ambroz et al. und Vasavada et al. zeigten sich ebenfalls geringere Komplikationsraten in der aphaken Gruppe, mit Ausnahme des (Aphakie-) Glaukoms (siehe auch 5.2.3). [92] [64]

In der vorliegenden Studie ließ sich durch Untersuchung der Raten ohne Komplikation für Altersgruppe 1 und 2 eine Verzerrung durch Störfaktoren, wie sie überwiegend bei den zum Zeitpunkt der Operation älteren Augen (Altersgruppe 3) auftreten (Operation ohne primäre Kapsulotomie, traumatische Katarakt, Uveitis etc.), reduzieren. Es zeigte sich auch hier eine tendenziell höhere Rate ohne Komplikation für die aphake Gruppe gegenüber der pseudophaken Gruppe mit 53,8% gegenüber 38,1% ($p=0,081$). Die mediane Zeit ohne Komplikation wurde von der aphaken Gruppe im Untersuchungszeitraum nicht erreicht, weshalb diese weiterhin mit >5 Jahre angenommen werden kann. Für die primär pseudophake Gruppe betrug die mediane Zeit ohne Komplikation 1,71 Jahre für Altersgruppe 1 und 2, gegenüber 1,61 Jahren für alle Altersgruppen (Altersgruppe 1 bis 3). Die Rate ohne Komplikation der (primär) pseudophaken Gruppe zeigte sich mit 38,1% für Altersgruppe 1 und 2 deutlich höher, gegenüber der Rate ohne Komplikation von 11,7% für alle Altersgruppen (Altersgruppe 1 bis 3) mit den Störfaktoren durch Altersgruppe 3 (s.o.).

5.2.3 Linsenimplantation

In der vorliegenden Studie liegt die durchschnittliche Brechkraft aller primär implantierten Intraokularlinsen bei 22,6 dpt, die der sekundär implantierten Linsen bei 20,5 dpt durchschnittlich. Damit zeigt sich eine Abnahme der Brechkraft um durchschnittlich 2,1 dpt. Diese Abnahme dürfte im Wesentlichen auf den „myopen Shift“ des sich im (Längen-) Wachstum befindlichen kindlichen Auges zurückzuführen sein. (siehe auch 5.2.5)

Auch in einer Untersuchung von Sukhija et al. an 100 Augen mit primärer Intraokularlinsenimplantation zeigt sich diese Abnahme der Brechkraft. Es wurde in einer Gruppe von zum Zeitpunkt der Implantation 3 bis 6 Monate alten Patienten eine Linse mit durchschnittlich 28,04 dpt ($\pm 3,48$ dpt) und in der anderen Gruppe mit 6 bis 12 Monate alten Patienten mit durchschnittlich 25,71 dpt ($\pm 4,2$ dpt) implantiert. [94]

Lambert et al. fanden in ihrer Untersuchung in der Infant Aphakia Treatment Study (IATS) keinen signifikanten Unterschied des „myopen Shifts“ zwischen aphaken und pseudophaken Augen. Es zeigte sich allerdings, dass der „myope Shift“ in der aphaken Gruppe Auswirkung auf die Entwicklung des Visus hat, nicht jedoch in der pseudophaken Gruppe. [66]

Die sekundäre Implantation erfolgte in der vorliegenden Studie in Altersgruppe 1 erst durchschnittlich 3,5 Jahre nach der Kataraktoperation, in Altersgruppe 2 deutlich früher nach durchschnittlich 0,75 Jahren und in Altersgruppe 3 nach durchschnittlich 1,6 Jahren (Subluxation bei Stickler-Syndrom und ein Fall mit FEVR), bzw. schon nach 0,1 Jahr nach einer traumatischen Katarakt.

Moreira et al. berichten von 4 Patienten, die durchschnittlich 3,5 Jahre nach der primären Kataraktoperation sekundär eine Intraokularlinse implantiert bekamen. Das Alter zum Zeitpunkt der primären OP war durchschnittlich 6 Monate (23 Tage bis 1,8 Jahre), es waren 33 Augen operiert worden, von welchen 14 aphak blieben. [89]

Li et al. untersuchten die Daten von 110 Patienten, welche im Alter von median 7,5 Monaten einer Kataraktoperation unterzogen worden waren und im Alter von median 2,9 Jahren eine Intraokularlinse sekundär implantiert bekamen, d.h. median 2,3 Jahre nach der primären Operation. Es zeigte sich, nach einer Beobachtungszeit von mehr als 5 Jahren, ein Visus von median 0,2. Der Fokus war hier jedoch weniger auf dem Zeit-

punkt der sekundären Implantation, sondern vielmehr zeigten Li et al., dass eine frühzeitige Kataraktextraktion später zu einem besseren Visus führt, aber dieser, sollte der optimale Operationszeitpunkt verpasst worden sein, mit einer zusätzlichen, konsequenten postoperativen Okklusionsbehandlung ebenfalls annähernd zu erreichen ist. [98]

Bei Qi et al. zeigte sich in der Gruppe der zum Zeitpunkt der IOL-Implantation unter 2-Jährigen eine statistisch signifikant bessere Visusentwicklung als in der Gruppe der bei Implantation bereits über 2,5 Jahre alten Patientengruppe. [86]

Betrachtet man in der vorliegenden Studie die Komplikationsraten der einzelnen Linsen, so zeigt sich, dass bei der Domilens 125DY (2 Fälle) und der Tecnis ZCB00 (2 Fälle) ein komplikationsloser postoperativer Verlauf beobachtet wurde, während mit den Linsen PolyLens BioVue III, AcrySof SA60AT, SN60AT, IQ SN60WF und der Verisyse VRSA54 zwar Komplikationen auftraten, sich diese bei Berücksichtigung der Implantationshäufigkeit, jedoch nicht für eine spezielle Linse auffällig zeigen. Nur der, aufgrund fehlender Dokumentation, unbekanntes Linsentyp zeigt eine erhöhte Komplikationsrate. Für die aphake Gruppe ist die Komplikationsrate geringer (siehe 5.2.2).

Sukhija et al. untersuchten die Daten von 257 Augen von 159 Patienten, die im Alter von 6 bis 23 Monaten eine Kataraktoperation mit hinterer Kapseleröffnung und vorderer Vitrektomie sowie eine primäre Linsenimplantation hatten. Es wurden vier verschiedene Linsentypen verglichen, die AcrySof SA60AT und die Hoya PC60AD als einteilige IOL, sowie die Sensar AR40e und die AcrySof MA60AC als dreiteilige IOL. Es zeigte sich nach 1,5 Jahren postoperativ bei einer Gesamtrate von 16,3% zwischen den Linsen ebenfalls kein statistisch signifikanter Unterschied bzgl. der Nachstarrate, sowie dem Auftreten einer Erstkomplikation allgemein. [97].

Bei Ram et al. zeigte sich in einer Gruppe mit 208 primären PMMA-Intraokularlinsenimplantationen durchschnittlich nach 2,6 Jahren ein Nachstar von 18,3%, in einer Gruppe mit 144 Acryl-Intraokularlinsen (u.a. AcrySof SA60AT) von 14,6% und von 13,8% in einer Gruppe mit 29 Silikon-Intraokularlinsen. [93]

In der vorliegenden Studie trat ein Nachstar mit 32,1% doppelt so häufig in der pseudophaken Gruppe wie mit 16,1% in der aphaken Gruppe auf. Glaukom und Glaukomverdacht zeigten sich hingegen weniger unterschiedlich, mit 25% in der pseudophaken und

18% in der aphaken Gruppe. Ein Einfluss der Linsenimplantation auf das Glaukomrisiko konnte mit den vorliegenden Daten nicht gezeigt werden ($p=0,264$).

Bei der Untersuchung von Ambroz et al. zeigten sich etwas höhere Werte, die Nachstarrate lag pseudophak bei 38,8% und aphak bei 22,2%, der Unterschied war jedoch statistisch nicht signifikant. Ein Aphakieglaukom hatte sich nach median 6,8 Monaten postoperativ bei 27% der aphaken Gruppe eingestellt. [92]

Bei Vasavada et al. zeigten sich bis 5 Jahre postoperativ geringere Raten, ein Nachstar in der pseudophaken Gruppe von 10,3%, in der aphaken Gruppe hingegen nur von 8%. Ein Glaukom war in der pseudophaken Gruppe mit 13,8% und etwas häufiger in der aphaken Gruppe mit 16% aufgetreten sowie Synechien pseudophak in 27,6% und aphak nur in 8% der Fälle. [64]

Plager et al. beobachteten in der Infant Aphakia Treatment Study (IATS) 114 Patienten, die im Alter von unter 7 Monaten aufgrund einer kongenitalen Katarakt operiert worden waren. Die Komplikationsrate (der IATS) innerhalb von 5 Jahren postoperativ betrug 81% in der pseudophaken und 56% in der aphaken Gruppe insgesamt. Innerhalb des ersten Jahres postoperativ zeigte sich in der pseudophaken Gruppe (57 Patienten) eine Komplikationsrate von 77% und in der aphaken Gruppe von 24,6%. Nach dem ersten Jahr fand ein Angleichen der Komplikationsraten statt, von 24% in der pseudophaken Gruppe und 42% in der aphaken Gruppe im zweiten bis fünften Jahr postoperativ. Die Nachstarrate (der IATS) betrug 40% in der pseudophaken und nur 4% in der aphaken Gruppe. Ein Glaukom (in der IATS) war in der pseudophaken Gruppe in 19% und in der aphaken Gruppe in 16% aufgetreten, es bestand jedoch bei 19% aphak und 9% pseudophak ein (weiterer) Glaukomverdacht. In der aphaken Gruppe fanden sich zudem 3,5% Ablatio retinae (in der IATS) und 1,75% (1 Fall) mit Endophthalmitis. Innerhalb der 5 Jahre postoperativ waren in der pseudophaken Gruppe 66 erneute Eingriffe notwendig, in der aphaken Gruppe hingegen nur 17. Plager et al. erwarten, dass sich die Komplikationsraten durch sekundäre Linsenimplantationen und Linsentausch weiter angleichen werden aber kommen zu dem Schluss, dass eine frühzeitige Implantation (unter 7 Monaten) mit Vorsicht abzuwägen ist, da auch die Visusentwicklung keinen signifikanten Vorteil zeigte. [95] [96] [99] [100]

5.2.4 Druckentwicklung

In der vorliegenden Studie zeigt die Entwicklung des Intraokulardrucks in der aphaken Gruppe einen durchschnittlichen Druckanstieg von 3,1mmHg von der präoperativen (V0) zur letzten postoperativen Visite (Vmax), während die pseudophake Gruppe nur einen durchschnittlichen Anstieg von 0,4mmHg zu verzeichnen hat.

Dennoch zeigt sich in der vorliegenden Studie sowohl aphak mit 15,1mmHg als auch pseudophak mit 15,8mmHg ein durchschnittlich normotoner Intraokulardruck.

In Altersgruppe 3 der vorliegenden Studie lag für drei aphake Fälle ein durchschnittlicher Intraokulardruck von 18,5mmHg vor, für zwei pseudophake Fälle mit einer Domilens 125DY von 24mmHg und zwei Fälle mit einer AcrySof SN60AT von 20,3mmHg. Es lässt sich die Ursache hier jedoch eher im Alter der betroffenen Patienten vermuten als in der Bauart einer speziellen Linse, da auch aphake Augen betroffen sind.

Ein grenzwertig niedriger Druck in Richtung okuläre Hypotonie findet sich in der vorliegenden Studie ebenfalls in Altersgruppe 3 für einen Fall mit der AcrySof IQ SN60WF von 9mmHg und in zwei Fällen mit einer Tecnis ZCB00 von 10mmHg. Jedoch lässt die geringe Fallzahl hier keine relevante Aussage zu, zudem ist zu berücksichtigen, dass 22 der Patienten zum Zeitpunkt der letzten postoperativen Visite (Vmax) bereits Antiglaukomatosa angewandt haben (22 Fälle mit Glaukomverdacht, siehe auch Kapitel 4.4), was auch die Anzahl der normotonen Augen nicht unbeeinflusst vermuten lässt.

Sukhija et al. berichten von keinem aufgetretenen Pseudophakieglaukom bei 100 Augen in durchschnittlich 3,4 Jahren postoperativ, trotz primärer Linsenimplantation im ersten Lebensjahr. Nur bei zwei der 100 Augen gab es eine okuläre Hypertonie, welche mit Antiglaukomatosa gut kontrolliert werden konnte. [94]

5.2.5 Refraktionsentwicklung

In der vorliegenden Studie zeigte sich die Refraktion in der aphaken Gruppe mit zunehmendem Alter abnehmend, von durchschnittlich +15,45dpt in Altersgruppe 1 zu +13,93dpt in Altersgruppe 2, was auf den „myopen Shift“ hindeutet.

Ezisi et al. berichten in einer Gruppe mit 5 aphaken Augen, die größtenteils vor dem zweiten Lebensjahr operiert worden waren, nach mindestens 2 Jahren postoperativ von einem „myopen Shift“ von durchschnittlich $-8,75 \pm 1,84$ dpt. [101]

In der vorliegenden Studie zeigte sich in der pseudophaken Gruppe eine Hyperopie von durchschnittlich +1,83dpt, in Altersgruppe 2 durchschnittlich +2,29dpt und in Altersgruppe 3 durchschnittlich +1,28dpt. Mit etwa 41% zeigen sich mehr Augen hyperop als emmetrop oder myop.

Eine Myopie von durchschnittlich -3,17dpt lag in der vorliegenden Studie für etwa 31% der erfassten Fälle bei der letzten postoperativen Visite (V_{max}) vor, in Altersgruppe 1 von durchschnittlich -2,88dpt, in Altersgruppe 2 von -1,89 durchschnittlich. Die Altersgruppe 3 zeigt sich mit durchschnittlich -4,22dpt von einer Myopie am stärksten betroffen.

Sukhija et al. erreichten bei 257 pseudophaken Augen nach durchschnittlich 1,5 Jahren eine Refraktion (sphärisches Äquivalent) von +1,2dpt durchschnittlich. Mit einer AcrySof SA60AT betrug die durchschnittliche Refraktion bei 29 Augen +1,74dpt ($\pm 3,39$ dpt) und bei 70 Augen mit einer Sensar AR40 +1,15dpt ($\pm 2,7$ dpt). [97]

Khatib et al. erreichten nach 6 Monaten postoperativ bei 123 pseudophaken Augen mit einer AcrySof MA60BM eine durchschnittliche Refraktion von -0,45dpt ($\pm 2,8$ dpt). [85]

Ram et al. fanden 3 Jahre nach einer primären Linsenimplantation für eine Altersgruppe von zum Zeitpunkt der Operation unter 2-Jährigen eine Refraktion von -0,51dpt ($\pm 3,58$ dpt), für eine Altersgruppe von bei Operation 2 bis 8 Jahre alten Patienten von -0,62dpt ($\pm 2,81$ dpt) und von -0,89dpt ($\pm 1,6$ dpt) in einer Gruppe von über 8 Jahre alten Patienten zum Zeitpunkt des operativen Eingriffs. [93]

In der vorliegenden Studie wurde in 16 Fällen eine annähernde Emmetropie innerhalb der Grenzen von $\pm 0,5$ dpt erreicht, für 14 Augen mit einer SA60AT, davon 8 in Altersgruppe 2 sowie 6 in Altersgruppe 3. Mit einer BioVue III zeigte sich für jeweils ein Auge in Altersgruppe 1 und 2 ebenfalls annähernd Emmetropie mit $-0,13$ dpt und $+0,25$ dpt.

Bei der Refraktionsentwicklung gilt zu bedenken, dass es bei Kinderaugen im Laufe des Wachstums und der Entwicklung des Kindes oftmals zu einer starken Myopisierung kommt („myoper Shift“).

Weakley et al. untersuchten die Daten von 43 pseudophaken Augen, die in einem Alter von 1 bis 6,8 Monaten einen kataraktchirurgischen Eingriff mit einer primären Intraokularlinsenimplantation hatten, auf die Auswirkungen des „myopen Shifts“. Untersucht wurde bis zu einem Alter von 5 Jahren und es zeigte sich ein durchschnittlicher Refraktionsfehler von $-2,5$ dpt. Die Untersuchung von Weakley et al. ergab, dass die Myopisierung in den ersten 1,5 Lebensjahren postoperativ mit einer Rate von $0,35$ dpt/Monat und danach mit etwa $0,08$ dpt/Monat weitgehend linear fortschreitet (bis zu einem Alter von 5 Jahren untersucht). Insgesamt zeigte sich die Myopisierung aber sehr individuell und schwer vorhersagbar, was es nicht leicht macht, diese und besonders eine später resultierende Anisometropie zu vermeiden. [65]

Für eine pseudophake Gruppe von 6 Augen, größtenteils vor dem zweiten Lebensjahr operiert, berichten Ezisi et al. von einem durchschnittlichen „myopen Shift“ von $-3,07 \pm 2,51$ dpt, mindestens zwei Jahre postoperativ. [101]

Auch Ram et al. fanden einen statistisch signifikanten „myopen Shift“ in ihren Untersuchungen von 381 Augen nach primärer Intraokularlinsenimplantation im Alter von einem Monat bis 15 Jahre. [93]

In Altersgruppe 1 der vorliegenden Studie gab es 3 pseudophake Augen mit sekundärer Linsenimplantation ca. 3 Jahre nach der primären Kataraktoperation, $-0,13$ dpt in einem Auge und durchschnittlich $-2,88$ dpt für die beiden anderen, scheinen hier eine Myopisierung zu bestätigen, durch die geringe Stichprobengröße allerdings nur mit geringer Aussagekraft. In Altersgruppe 2 zeigen sich mehr Augen hyperop als myop.

5.2.6 Ätiologie, Schwangerschaft und Geburt

Es zeigten sich in der vorliegenden Studie ätiologisch in den meisten Fällen unbekannte Ursachen für die Entstehung der kongenitalen oder juvenilen Katarakt. Für die kongenitale Katarakt zeigte sich zudem eine positive Familienanamnese, ein PHPV, eine Trisomie 21, Konsanguinität, rezidivierende Uveitiden (und andere) als ggf. ursächliche Faktoren.

Für die *Cataracta complicata* sind in der vorliegenden Studie rezidivierende Uveitiden meist als ursächlich beobachtet sowie u.a. ein kongenitales Glaukom.

Die Ätiologie der *Cataracta traumatica* ist jedoch in der vorliegenden Studie aufgrund ihres Charakters, mit *Contusio bulbi* oder perforierenden Verletzungen, immer bekannt.

Jinagal et al. untersuchten 28 Patienten (29 Augen) mit einer kongenitalen Katarakt bei einem PHPV. Einer der untersuchten Patienten war bilateral betroffen, die anderen 27 unilateral. Das mediane Alter bei Diagnose war 9 Monate. [27]

Ambroz et al. fanden bei 63 Patienten für 82 Augen mit einer kongenitalen Katarakt in 56 Fällen unbekannte Ursachen, in 12 Fällen eine Mikrokornea, in 5 Fällen einen PHPV und in 9 Fällen weitere möglicherweise ursächliche Faktoren. Für 12 Augen lag eine juvenile Katarakt vor, wobei Ambroz et al. auch die *Cataracta traumatica*, als eine erworbene Katarakt, zur juvenilen Katarakt zählen. Für 7 Patienten war eine positive Familienanamnese dokumentiert. [92]

Bei Moreira et al. war die Ätiologie der kindlichen Katarakt in 59,5% der Fälle unbekannt, in 19% der Fälle lagen genetische Syndrome oder metabolische Erkrankungen vor (u.a. Trisomie 21, Typ-II-Diabetes), in 9,5% eine positive Familienanamnese, 4,8% nach systemischer Kortisontherapie und 2,4% mit einem PHPV. [89]

Sukhija et al. untersuchten 100 Augen von 60 Patienten mit kongenitaler Katarakt, es fand sich ein Mikrophthalmus bei 10% und ein PHPV bei 6% der Augen. Ein positiver Titer als Hinweis auf eine Infektion (Toxoplasmose, Röteln, CMV und Herpes simplex) imponierte bei drei von 60 Patienten und bei einem der Patienten lag eine positive Familienanamnese vor. [94]

In der vorliegenden Studie hatte die Schwangerschaft der Mutter in den meisten Fällen einen unauffälligen Verlauf und war vermutlich nicht ursächlich für die Kataraktentste-

hung oder es ist unbekannt, ob ggf. ursächliche Ereignisse im Verlauf aufgetreten waren. Für nur 28 Fälle wurden in der vorliegenden Studie Ereignisse erhoben, welche zur Entstehung einer kongenitalen Katarakt geführt haben könnten, bzw. in vier Fällen zu einer Cataracta complicata (siehe Kapitel 4.8).

Moreira et al. berichten von einer kindlichen Katarakt aufgrund einer Röteln-Embryopathie in 2,4% von 42 untersuchten Fällen einer kindlichen Katarakt. [89]

Frühgeburtlichkeit und niedriges Geburtsgewicht zeigten sich in der vorliegenden Studie besonders in Kombination als mögliche Ursache einer kongenitalen Katarakt. Bei den vor der 37. Schwangerschaftswoche (SSW) geborenen Patienten, zeigte sich als Diagnose nur die kongenitale Katarakt und meistens waren die Patienten bilateral betroffen, bei einem Geburtsgewicht von 780g bis 2365g bis zur 37. SSW.

Vor der 37. SSW war zudem die Rate an Not-Kaiserschnitten von 61,5% auffällig, bei 30,7% war die Art der Entbindung unbekannt, eine Spontangeburt war für dieses geringe Gestationsalter nicht erfasst worden.

In der Mehrzahl der Fälle, für welche diese Informationen erfasst werden konnten, lag jedoch bei einem Geburtsgewicht über 2500g und Spontangeburten nach der 37. SSW als Diagnose dennoch überwiegend eine Cataracta congenita vor.

Bei Jinagal et al. hatte in 10,71% von 19 Fällen einer kongenitalen Katarakt (bei einem PHPV) eine Frühgeburt vorgelegen. [27] Ambroz et al. berichten bei 6% der Fälle von einer Frühgeburt, in der 31. und 36. SSW. [92]

In der vorliegenden Studie zeigt sich für die Entstehung einer kongenitalen Katarakt ein statistisch signifikanter Zusammenhang von einem vermehrten Auftreten nach einem Kaiserschnitt gegenüber einer Spontangeburt ($p=0,025$). Da in die vorliegende Studie primär Kinder mit einer kongenitalen Katarakt eingeschlossen wurden (siehe Kapitel 4.1), handelt es sich hierbei jedoch am ehesten um eine Stichprobenverzerrung (ascertainment bias).

Ein Zusammenhang einer Geburtsart mit dem Auftreten postoperativer Erstkomplikationen konnte in der vorliegenden Studie nicht gefunden werden.

5.3 Schlussfolgerung

Innerhalb dieser Studie wurden 140 Patienten identifiziert, von welchen zwischen Januar 2010 und Dezember 2014 199 Augen im kindlichen bis jugendlichen Alter einer Kataraktoperation am Campus Virchow-Klinikum der Charité unterzogen worden waren und deren postoperativer Verlauf als Hauptfragestellung bzgl. Entwicklung des Visus und evtl. aufgetretener Komplikationen untersucht.

Insgesamt stellt der kataraktchirurgische Eingriff bei der kindlichen Katarakt eine die Prognose bezüglich des Amblyopierisikos und der Visusentwicklung, deutlich verbessernde Maßnahme dar. Es konnte durch den Eingriff eine signifikante Verbesserung des Visus um median 52,9% (durchschnittlich 44,6%) erreicht werden ($p < 0,001$). Eine tendenziell bessere Prognose für die Visusentwicklung besteht für die pseudophake Gruppe gegenüber der aphaken Gruppe ($p = 0,08$) und insgesamt bei bilateraler Katarakt gegenüber der unilateral betroffenen Augen ($p = 0,071$). In der Gruppe der bei Operation zwischen 2 Wochen und 9 Monate alten Kinder (Altersgruppe 1) wird das Amblyopierisiko durch frühzeitige Operation gesenkt ($p = 0,039$) und erscheint für die unilaterale Katarakt durch eine sehr frühe Operation (ab der 3. Lebenswoche) geringer.

Der Eingriff zeigte eine relativ hohe Komplikationsrate von 43,7% für eine Erstkomplikation und es zeigte sich in der Altersgruppe 1 (Gruppe der bei Operation 2 Wochen bis 9 Monate alten Kinder), für einen früheren Operationszeitpunkt, bei Auftreten einer Komplikation, eine tendenziell schlechtere Visusprognose ($p = 0,055$). Da auch Patienten mit präoperativ bekannten Augenerkrankungen, wie Uveitis oder Glaukom, von den Untersuchungen nicht ausgeschlossen wurden, fallen die Komplikationsraten insgesamt etwas schlechter als in Vergleichsstudien aus. Eine tendenziell geringere Komplikationsrate zeigte sich für aphake Augen ($p = 0,081$). Ein erhöhtes Glaukomrisiko bei früherem Operationszeitpunkt konnte nicht bestätigt werden.

Der Nachstar hatte eine Rate von 25,1%, das Glaukom von 11,1% (22 Komplikationen) bzw. 22,1% (44 Fälle Glaukom und Glaukomverdacht bei letzter Visite, s.u.), konjunktivale Reizzustände von 6,5%, Synechien von 5,5%, die Ablatio retinae von 3,5% und die weiteren Komplikationen zeigten zusammen insgesamt eine Rate von 24,1%.

Bei der letzten postoperativen Visite zeigte sich, unter Berücksichtigung der Medikation (Antiglaukomatosa), ein Glaukomverdacht bei 11,1% der operierten Augen, ein Nystagmus bei 25,7% sowie ein Strabismus bei 37,1% der operierten Kinder. Eine Amblyopie zeigte sich insgesamt bei letzter Visite mit 62,3%, in 32,6% eine leichte Amblyopie, in 12,1% eine mittlere und in 17,6% eine tiefe Amblyopie. Zu 37,7% lag bei letzter Visite keine Amblyopie vor, d.h. es hatte sich ein Visus oberhalb der altersentsprechenden unteren Visusgrenze entwickelt.

Als Nebenfragestellung wurde die Auswirkung der Linsenimplantation, die Entwicklung des Intraokular drucks und der Refraktion sowie die mögliche Ätiologie einer Kataraktentstehung untersucht und ob ggf. Auffälligkeiten bei der Schwangerschaft der Mutter und Geburt des Kindes vorlagen.

112 Augen hatten eine primäre Intraokularlinsenimplantation und 87 Augen blieben aphak, davon erhielten 10 Augen eine sekundäre Implantation. Es konnte kein vermehrtes Auftreten von Komplikationen im Zusammenhang mit einem bestimmten Linsentyp festgestellt werden. Ein Einfluss der Linsenimplantation auf das Glaukomrisiko konnte ebenfalls nicht gezeigt werden.

Der postoperative Intraokular druck zeigte sich sowohl aphak als auch pseudophak durchschnittlich normoton.

Postoperative Refraktionswerte lagen für 58 der mit einer Intraokularlinse versorgten Augen vor. Die Refraktionsentwicklung mit Intraokularlinse führte zu einer annähernden Emmetropie von 16 Augen, zu Myopie von 18 Augen und trotz eines „myopen Shifts“ mit 24 Augen überwiegend zu Hyperopie.

Die Ätiologie der Kataraktentstehung zeigte sich, neben positiver Familienanamnese und einem persistierenden PHPV, für die meisten Fälle unbekannt.

Auffälligkeiten bei Schwangerschaft und Geburt (geringes Gestationsalter, niedriges Geburtsgewicht) fanden sich häufig bei einer kongenitalen Katarakt. Es zeigte sich statistisch signifikant häufiger eine kongenitale Katarakt nach einem Kaiserschnitt als nach einer Spontangeburt ($p=0,025$), wobei es sich hierbei jedoch am ehesten um eine Stichprobenverzerrung handelt (ascertainment bias).

5.4 Ausblick

Im Bereich der kindlichen Kataraktchirurgie besteht nach wie vor viel Entwicklungspotential. Im Folgenden werden mögliche Ansätze aufgezeigt, die auch zukunftsweisend, vielversprechende Lösungen anbieten.

Um den Nachstar als häufigste postoperative Komplikation zu reduzieren, scheint die Optic-capture-Implantationstechnik (Knopflochtechnik) ein vielversprechender Ansatz. Bei dieser Technik wird die Linse nach der Implantation in den Kapselsack durch die hintere Kapselöffnung gefädelt, sodass der optische Teil der Linse hinter der Kapsel liegt, die Haptiken aber im Kapselsack verbleiben. Die Vorder- und Hinterkapsel verkleben, eine vordere Vitrektomie wird nicht vorgenommen, wodurch deren Risiken entfallen. [102] In einer Studie mit 61 Augen von maximal 4-jährigen Patienten, konnten Vasavada et al. nach 12 Monaten postoperativ keinen Nachstar in der Gruppe der 31 mit dieser Technik operierten Augen feststellen, während die anderen Komplikationsraten ähnlich der Vergleichsgruppe (30 Augen) mit vorderer Vitrektomie waren. [103] [50] Khatib et al. zeigten mit ihren Untersuchungen von ebenfalls zwei Gruppen, von welchen eine mit dem Optic-capture-Verfahren (21 Augen), die andere mit vorderer Vitrektomie (102 Augen) operiert worden war, dass es keinen statistisch signifikanten Unterschied im Auftreten von Komplikationen, in der Nachstarrate und in der Visusentwicklung zwischen den zwei Operationstechniken gab. [85] [50]

Van Looveren et al. oder auch Boonstra und Haugen untersuchten die Bag-in-the-Lens (BIL) Technik und zeigten ebenfalls vielversprechende Ergebnisse bezüglich der Nachstarentwicklung. Für diese Technik kommen spezielle Bag-in-the-Lens Linsen zum Einsatz, deren Haptiken eine tiefe Furche um die gesamte Linse bilden, in welche die vorderen und hinteren Kapselränder (bei gleichgroßer vorderer und hinterer Kapselöffnung) implantiert werden. In der Untersuchung von Van Looveren et al. waren 8,7% der operierten 46 Augen in 5 Jahren postoperativ von einem Nachstar betroffen. [104] [33] [50]. Boonstra und Haugen sahen median 2,8 Jahre nach einer Bag-in-the-Lens Implantation einen Nachstar bei nur 8% der 50 operierten Augen von 30 unter 12-jährigen Patienten. [105]

Da bei einer intakten hinteren Kapsel die Nachstarrate beim Kleinkind bei nahezu 100% liegt und die Eröffnung der hinteren Kapsel aufgrund der anatomisch kleineren und elastischeren Strukturen bei Kinderaugen eine besondere Herausforderung darstellt, empfehlen Dick et al. oder Scott und Scott zur Nachstarprävention die Eröffnung insbesondere der hinteren Kapsel bei der kindlichen Kataraktchirurgie mit einem Femtosekundenlaser vorzunehmen. Mittels des Lasers wird eine präzisere Schnittführung und eine exakte Größe der vorderen und hinteren Kapselöffnung erreicht. Die insgesamt anspruchsvolle und risikobehaftete Eröffnung der hinteren Kapsel würde mit dem Femtosekundenlaser auch bei Kinderaugen sicher durchführbar. [106] [107] [50]

Eine mögliche zukünftige Behandlung der kindlichen Katarakt ist die Regeneration der Linse mithilfe von endogenen Linsenepithelstammzellen, wie sie von Lin et al. mit dem Ziel untersucht wird, eine vollkommen funktionstüchtige Linse künstlich zu regenerieren und damit komplikationslos eine normale Entwicklung der visuellen Fähigkeiten zu ermöglichen. Trotz visueller Funktion erreicht die regenerierte Linse jedoch noch nicht Volumen und Form einer normalen Linse, da hier die menschliche Regenerationsfähigkeit an ihre Grenzen stößt. Inwiefern diese Behandlungsmöglichkeit schließlich in den klinischen Alltag Einzug hält, wird sich in der Zukunft zeigen. [108] [109]

6 Literaturverzeichnis

1. Zihl J, Mendius K, Schuett S, Priglinger S: Sehstörungen bei Kindern: Visuoperzeptive und visuokognitive Störungen bei Kindern mit CVI. Wien: Springer-Verlag 2012.
2. Vanselow K, Ohrloff C, Zubcov-Iwantscheff A: Die kindliche Katarakt – eine interdisziplinäre Herausforderung. *Monatsschr Kinderheilkd* 2002; 150(3): 260-266.
3. Arnold RW: Amblyopia risk factor prevalence. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 2013; 50(4): 213-217.
4. Lüchtenberg M, Kohnen T: Untersuchungsmethodik zur Diagnostik der ein- und beidseitigen kindlichen Katarakt. *Ophthalmologe* 2007; 104(7): 552-558.
5. Solebo AL, Hammond CJ, Rahi JS: Improving outcomes in congenital cataract. *Nature* 2016; 556(7699): E1–E2.
6. Lagrèze WA: Die Behandlung der Katarakt im Kindesalter. *Klin Monbl Augenheilkd* 2009; 226(1): 15-21.
7. Zihl J, Priglinger S: Sehstörungen bei Kindern. Wien: Springer-Verlag 2002.
8. Grehn F: Augenheilkunde. Heidelberg: Springer-Verlag 2012.
9. Zetterström C, Lundvall A, Kugelberg M: Cataracts in children. *J Cataract Refract Surg* 2005; 31(4): 824-840.
10. Reinis S, Goldman MJ: The development of the brain: biological and functional perspectives. Springfield IL: Charles C. Thomas 1980.
11. Steinhorst U, Haase W: Zum Amblyopierisiko einseitiger Deprivationen im Kindes- und frühen Erwachsenenalter. *Spektrum Augenheilkd* 1990; 4(2): 61-64.
12. Lesueur LC, Arné JL, Chapotot EC, Thouvenin D, Malecaze F: Visual outcome after paediatric cataract surgery: is age a major factor? *Br J Ophthalmol* 1998; 82(9): 1022-1025.
13. Lang GK, Esser J, Gareis O, Lang GE, Lang SJ, Recker D, Spraul CW, Wagner P: Augenheilkunde. Stuttgart: Georg Thieme Verlag 2014.
14. Bowling B, Tönjes S: KANSKIs klinische Ophthalmologie. München: Elsevier, Urban & Fischer 2017.
15. Lorenz B: Genetische Untersuchungen bei kongenitaler Katarakt. *Ophthalmologe*

- 2007; 104(7): 559-565.
16. Abrahamsson M, Magnusson G, Sjöström A, Popovic Z, Sjöstrand J: The occurrence of congenital cataract in western Sweden. *Acta Ophthalmol Scand* 1999; 77(5): 578-580.
 17. Wu X, Long E, Lin H, Liu Y: Prevalence and epidemiological characteristics of congenital cataract: a systematic review and meta-analysis. *Sci Rep* 2016; 6: 28564.
 18. Pi LH, Chen L, Liu Q, Ke N, Fang J, Zhang S, Xiao J, Ye WJ, Xiong Y, Shi H, Zhou XY, Yin ZQ: Prevalence of eye diseases and causes of visual impairment in school-aged children in Western China. *J Epidemiol* 2012; 22(1): 37-44.
 19. Yorston D, Wood M, Foster A: Results of cataract surgery in young children in east Africa. *Br J Ophthalmol* 2001; 85(3): 254-255.
 20. Amon M: Editorial - Kongenitale Katarakt. *Spektrum Augenheilkd* 2005; 19(3): 159.
 21. Kuhli-Hattenbach C, Fronius M, Kohnen T: Operationszeitpunkt der kongenitalen Katarakt. Zwischen Amblyopie und Aphakieglaukom. *Ophtalmologe* 2020; 117(3): 190-198.
 22. Sachsenweger M, Klauß V, Nasemann J, Ugi I: *Augenheilkunde*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag 2002.
 23. Küchle HJ, Busse H: *Augenerkrankungen im Kindesalter*. Stuttgart; New York: Georg Thieme Verlag 1985.
 24. Gardiner C, Lanigan B, O'Keefe M: Postcataract surgery outcome in a series of infants and children with Down syndrome. *Br J Ophthalmol* 2008; 92(8): 1112-1116.
 25. Jayadev C, Vinekar A, Bauer N, Mangalesh S, Mahendradas P, Kemmanu V, Mallipatna A, Shetty B: Look what else we found - clinically significant abnormalities detected during routine ROP screening. *Indian J Ophthalmol* 2015; 63(5): 373-377.
 26. SanGiovanni JP, Chew EY, Reed GF, Remaley NA, Bateman JB, Sugimoto TA, Klebanoff MA: Infantile cataract in the collaborative perinatal project: prevalence and risk factors. *Arch Ophthalmol* 2002; 120(11): 1559-1565.
 27. Jinagal J, Gupta PC, Ram J, Sharma M, Singh SR, Yangzes S, Sukhija J, Singh R:

- Outcomes of cataract surgery in children with persistent hyperplastic primary vitreous. *Eur J Ophthalmol* 2018; 28(2): 193-197.
28. Müllner-Eidenböck A, Amon M, Moser E, Hauff W, Schlemmer J: Persistierender hyperplastischer primärer Vitreus (PHPV) als Ursache der monokularen Katarakt im Kindesalter — chirurgisches und postoperatives Management. *Spektrum Augenheilkd* 2000; 14(3): 152-158.
29. Basso A, Mansouri K, Frueh BE, Guex-Crosier Y: Granulomatous uveitis and congenital cataract: a rare association. In: Lang GK, Lang GE, Esser J (Hrsg.): *Schlaglicht Augenheilkunde: Kinderophthalmologie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag 2015; 182-184.
30. Benezra D, Cohen E: Cataract surgery in children with chronic uveitis. *Ophthalmology* 2000; 107(7): 1255-1260.
31. Steinhorst U, Haase W, Schulz E: Funktionelle Ergebnisse nach kongenitaler bilateraler Katarakt — eine retrospektive Analyse. *Spektrum Augenheilkd* 1990; 4(4): 123-125.
32. Wagner RS: Simultaneous bilateral cataract surgery in children. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus* 2012; 49(3): 138.
33. Lagrèze WA: Behandlung der kongenitalen und frühkindlichen Katarakt. *Spektrum Augenheilkd* 2022; 36: 1-17.
34. Eibenberger K, Stifter E, Pusch F, Schmidt-Erfurth U: Simultaneous bilateral pediatric and juvenile cataract surgery under general anesthesia: outcomes and safety. *Am J Ophthalmol* 2020; 214: 63-71.
35. Kieselbach G, Dillinger T, Kralinger M, Troger J: Kombinierte Kataraktextraktion und Vitrektomie. *Spektrum Augenheilkd* 2005; 19(3): 160-163.
36. Parooei F, Alidadi A, Salehi-Rad S, Salarzaei M: Cataract surgery in children - a review article. *IAJPS* 2017; 4(9): 2796-2798.
37. El Shakankiri NM, Lotfy Bayoumi NH: The timing of surgery for congenital cataracts: Delayed surgery for best surgical outcomes. *J AAPOS* 2016; 20(3): 192-193.
38. Gimbel HV, Dahan E, DeBroff BM: Surgical management of pediatric cataracts. In: Steinert RF (Hrsg.): *Cataract surgery: technique, complications & management*. Boston: W.B. Saunders Company 1995; 247-265.

39. Sinskey RM, Patel JV: Kataraktchirurgie. Stuttgart: Ferdinand Enke Verlag 1989.
40. Philipp W, Riha W, Speicher L, Baldissera I: Pars-plana-Lensektomie bei kongenitaler Katarakt, klinische Langzeitergebnisse. Spektrum Augenheilkd 2005; 19(3): 155-158.
41. Liu X, Luo Y, Zhou X, Jiang L, Zhou P, Lu Y: Combined pars plana and limbal approach for removal of congenital cataracts. J Cataract Refract Surg 2012; 38(12): 2066-2070.
42. Zuberbühler B, Haefliger E, Menapace R, Neuhann T: Kataraktchirurgie. Heidelberg: Springer 2008.
43. Eckstein M, Vijayalakshmi P, Gilbert C, Foster A: Randomised clinical trial of lensectomy versus lens aspiration and primary capsulotomy for children with bilateral cataract in south India. Br J Ophthalmol 1999; 83(5): 524-529.
44. Charité – Universitätsmedizin Berlin: Katarakt / Grauer Star: Klinik für Augenheilkunde. https://augenklinik.charite.de/leistungen/katarakt_grauer_star/ (abgerufen am: 23.06.2018)
45. Bahadur GG, Sinskey RM: Manual of cataract surgery. Woburn, MA: Butterworth-Heinemann Ltd 2002.
46. Chee KY, Lam GC: Management of congenital cataract in children younger than 1 year using a 25-gauge vitrectomy system. J Cataract Refract Surg 2009; 35(4): 720-724.
47. Kishiki E, van Dijk K, Courtright P: Strategies to improve follow-up of children after surgery for cataract: findings from Child Eye Health Tertiary Facilities in sub-Saharan Africa and South Asia. Eye 2016; 30(9): 1234-1241.
48. Abrahamsson M, Sjöström A, Sjöstrand J: Verzögerte Sehentwicklung bei drei Kindern mit kongenitaler Katarakt. Klin Monbl Augenheilkd 1999; 215(8): 91-94.
49. Kohnen T: Die kongenitale Katarakt. Ophthalmologe 2007; 104(7): 550-551.
50. Vasavada AR, Praveen MR, Tassignon MJ, Shah SK, Vasavada VA, Van Looveren J, De Veuster I, Trivedi RH: Posterior capsule management in congenital cataract surgery. J Cataract Refract Surg 2011; 37(1): 173-193.
51. Packard RBS, Kinnear FC: Manual of cataract and intraocular lens surgery. London: Longman Group UK Limited 1991.

52. Solebo AL, Rahi J, Grehn F: Aphakie- und Pseudophakieglaukom nach Kataraktoperation im Kindesalter. *Ophthalmologe* 2012; 109(1): 83-92.
53. Magnusson G, Abrahamsson M, Sjöstrand J: Glaucoma following congenital cataract surgery: an 18-year longitudinal follow-up. *Acta Ophthalmol Scand* 2000; 78(1): 65-70.
54. Khan AO, Al-Dahmesh S: Age at the time of cataract surgery and relative risk for aphakic glaucoma in nontraumatic infantile cataract. *J AAPOS* 2009; 13(2): 166-169.
55. Kuhli-Hattenbach C, Fronius M, Kohnen T: Bilaterale kongenitale Katarakt: Klinische und funktionelle Ergebnisse in Abhängigkeit vom Operationszeitpunkt. *Ophthalmologe* 2017; 114(3): 252-258.
56. Hahne D: Glaukom: Gefäßleiden mit neuem therapeutischen Ansatz. *Dtsch Arztebl* 2001; 98(23): A-1572 / B-1334 / C-1194.
57. Gerste RD: Glaukom: Eine vaskuläre Neuropathie. *Dtsch Arztebl* 2008; 105(11): A-562 / B-500 / C-489.
58. Schuster AK, Erb C, Hoffmann EM, Dietlein T, Pfeiffer N: The diagnosis and treatment of glaucoma. *Dtsch Arztebl Int* 2020; 117: 225-34.
59. International Glaucoma Association (IGA): Glaucoma UK. www.glaucoma-association.com (abgerufen am: 15.08.2022)
60. Kuhli-Hattenbach C, Lüchtenberg M, Kohnen T, Hattenbach LO: Risk factors for complications after congenital cataract surgery without intraocular lens implantation in the first 18 months of life. *Am J Ophthalmol* 2008; 146(1): 1-7.
61. Agarkar S, Desai R, Jambuligam M, Sumeer SH, Raman R: Incidence, management, and visual outcomes in pediatric endophthalmitis following cataract surgery by a single surgeon. *J AAPOS* 2016; 20(5): 415-418.
62. Agarkar S, Gokhale VV, Raman R, Bhende M, Swaminathan G, Jain M: Incidence, risk factors, and outcomes of retinal detachment after pediatric cataract surgery. *Ophthalmology* 2018; 125(1): 36-42.
63. Hochstrasser P, Gloor B: Operationsresultate ein- und beidseitiger kongenitaler und traumatischer Katarakt vom Säuglings- bis Jugendalter. *Klin Monbl Augenheilkd* 1994; 204(5): 274-278.

64. Vasavada AR, Vasavada V, Shah SK, Praveen MR, Vasavada VA, Trivedi RH, Rawat F, Koul A: Five-year postoperative outcomes of bilateral aphakia and pseudophakia in children up to 2 years of age: a randomized clinical trial. *Am J Ophthalmol* 2018; 193: 33-44.
65. Weakley DR, Lynn MJ, Dubois L, Cotsonis G, Wilson ME, Buckley EG, Plager DA, Lambert SR, Group IATS: Myopic Shift 5 Years after Intraocular Lens Implantation in the Infant Aphakia Treatment Study. *Ophthalmology* 2017; 124(6): 822-827.
66. Lambert SR, Cotsonis G, DuBois L, Wilson ME, Plager DA, BEG, McClatchey SK, Group IATS: Comparison of the rate of refractive growth in aphakic eyes versus pseudophakic eyes in the Infant Aphakia Treatment Study. *J Cataract Refract Surg* 2016; 42(12): 1768-1773.
67. McClatchey SK, Hofmeister EM: The Optics of Aphakic and Pseudophakic Eyes in Childhood. *Surv Ophthalmol* 2010; 55(2): 174-182.
68. Ryseck I, Wahl B, Lischka T, Hassenstein A: Pseudophakie bei Kindern - Refraktionsentwicklung nach primärer und sekundärer Intraokularlinsen-Implantation. In: Lang GK, Lang GE, Esser J (Hrsg.): *Schlaglicht Augenheilkunde: Kinderophthalmologie*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag 2015; 185-190.
69. Gräf M: Durchleuchtungstest nach Brückner bei Früherkennungsuntersuchungen. *Klin Monbl Augenheilkd* 2017; 234(10): S1-S13.
70. Hyvärinen L: Visual evaluation of infants and children. In: Silverstone B, Lang MA, Rosenthal BP, Faye EE (Hrsg.): *The lighthouse handbook on vision impairment and vision rehabilitation*. New York: Oxford University Press 2000; 799-820.
71. Lithander J: Visual development in healthy eyes from 24 months to four years of age. *Acta Ophthalmol Scand* 1997; 75(3): 275-276.
72. Hyvärinen L, Jacob N: *What and how does this child see?* Helsinki: VISTEST Ltd. 2011.
73. Flögel I, Langmann A: Ergebnisse der Sehschärfestimmung bei Kindern mit LH-(Lea Hyvärinen-)Tests. *Spektrum Augenheilkd* 1998; 12(4): 148-154.
74. Burk A, Burk ROW: *Checkliste Augenheilkunde*. Stuttgart: Georg Thieme Verlag 2014.
75. Holladay JT: Visual acuity measurements. *J Cataract Refract Surg* 2004; 30(2): 287-290.

76. Grover S, Fishman GA, Anderson RJ, Tozatti MSV, Heckenlively JR, Weleber RG, Edwards AO, Brown J: Visual acuity impairment in patients with retinitis pigmentosa at age 45 years or older. *Ophthalmology* 1999; 106(9): 1780-1785.
77. Holladay JT: Proper method for calculating average visual acuity. *J Refract Surg* 1997; 13(4): 388-391.
78. Bangerter A: Amblyopia therapy. *Bibl Ophthalmol* 1953; 112: 1-96.
79. Nentwich MM: Amblyopie - Grundlagen und aktuelle Standards in Diagnostik und Therapie. *Ophthalmologie* 2019; 116: 391-404.
80. Bellolio MF, Serrano LA, Stead LG: Understanding statistical tests in the medical literature: which test should I use? *Int J Emerg Med* 2008; 1(3): 197-199.
81. Zwiener I, Blettner M, Hommel G: Survival analysis- part 15 of a series on evaluation of scientific publications. *Dtsch Arztebl Int* 2011; 108(10): 163-169.
82. Herber R, Kaiser A, Grählert X, Range U, Raiskup F, Pillunat LE, Spörl E: Statistische Auswertung korrelierter Messdaten in der Augenheilkunde. *Ophthalmologie* 2020; 117: 27-35.
83. Haase W: Amblyopien. *Ophtalmologie* 2003; 100: 69-87, 160-174.
84. Pan Y, Tarczy-Hornoch K, Cotter SA, Wen G, Borchert MS, Azen SP, Varma R, Multi-ethnic pediatric eye study (MEPEDS) group: Visual acuity norms in preschool children: the multi-ethnic pediatric eye disease study. *Optom Vis Sci* 2009; 86(6): 607-612.
85. Khatib N, Tsumi E, Baidousi A, Nussinovitch H, Bilenko N, Lifshitz T, Levy J: Infantile cataract: comparison of two surgical approaches. *Can J Ophthalmol* 2017; 52(5): 527-532.
86. Qi JY, Xiao W, Wang MY, Zhao DX, Pu W: Long-term outcomes after cataract surgery in infants with congenital cataract. *Zhonghua Yan Ke Za Zhi* 2017; 53(4): 266-273.
87. Magnusson G, Abrahamsson M, Sjöstrand J: Changes in visual acuity from 4 to 12 years of age in children operated for bilateral congenital cataracts. *Br J Ophthalmol* 2002; 86(12): 1385-1389.
88. Asferaw M, Mekonen SY, Woodruff G, Gilbert CE, Tesfaye S: Outcome of paediatric cataract surgery in Northwest Ethiopia: a retrospective case series. *Br J*

- Ophthalmol 2019; 103(1): 112-118.
89. Moreira J, Ribeiro I, Mota Á, Gonçalves R, Coelho P, Maio T, Tenedório P: Pediatric cataracts: a retrospective study of 12 years (2004 - 2016). *Acta Med Port* 2017; 30(3): 169-174.
90. Chaudhary S, Lavaju P, Shrestha BG, Shah S, Chaudhary SK: Factors affecting the visual outcome of pediatric cataract surgery: a hospital based prospective study in eastern Nepal. *Nepal J Ophthalmol* 2017; 9(18): 143-148.
91. Lin HT, Long EP, Chen JJ, Liu ZZ, Lin ZL, Cao QZ, Zhang XY, Wu XH, Wang QW, Lin DR, Li XY, Liu JC, Luo LX, Qu B, Chen WR, Liu YZ: Timing and approaches in congenital cataract surgery: a four-year, two-layer randomized controlled trial. *Int J Ophthalmol* 2017; 10(12): 1835-1843.
92. Ambroz SC, Töteberg-Harms M, Hanson JVM, Funk J, Barthelmes D, Gerth-Kahlert C: Outcome of pediatric cataract surgeries in a tertiary center in Switzerland. *J Ophthalmol* 2018; 2018: 3230489.
93. Ram J, Gupta N, Sukhija JS, Chaudhary M, Verma N, Kumar S, Severia S: Outcome of cataract surgery with primary intraocular lens implantation in children. *Br J Ophthalmol* 2010; 95(8): 1086-1090.
94. Sukhija J, Kaur S, Ram J: Outcome of primary intraocular lens implantation in infants: Complications and rates of additional surgery. *J Cataract Refract Surg* 2016; 42(7): 1060-1065.
95. Plager DA, Lynn MJ, Buckley EG, Wilson ME, Lambert SR, Group IATS: Complications, adverse events, and additional intraocular surgery 1 year after cataract surgery in the infant Aphakia Treatment Study. *Ophthalmology* 2011; 118(12): 2330-2334.
96. Plager DA, Lynn MJ, Buckley EG, Wilson ME, Lambert SR, Group IATS: Complications in the first 5 years following cataract surgery in infants with and without intraocular lens implantation in the Infant Aphakia Treatment Study. *Am J Ophthalmol* 2014; 158(5): 892-898.
97. Sukhija J, Kaur S, Ram J, Yangzes S, Madan S, Jinagal J: Outcome of various hydrophobic acrylic intraocular lens implantations in children with congenital cataract. *Eur J Ophthalmol* 2017; 27(6): 711-715.
98. Li L, Wang Y, Xue C: Effect of timing of initial cataract surgery, compliance to

- amblyopia therapy on outcomes of secondary intraocular lens implantation in Chinese children: a retrospective case series. *J Ophthalmol* 2018; 2018: 2909024.
99. Lambert SR, Buckley EG, Drews-Botsch C, DuBois L, Hartmann EE, Lynn MJ, Plager DA, Wilson ME: A randomized clinical trial comparing contact lens with intraocular lens correction of monocular aphakia during infancy: grating acuity and adverse events at age 1 year. *Arch Ophthalmol* 2010; 128(7): 810-818.
100. Kumar P, Lambert SR: Evaluating the evidence for and against the use of IOLs in infants and young children. *Expert Rev Med Devices* 2016; 13(4): 381-389.
101. Ezisi CN, Kekunnaya R, Jalali S, Balakrishnan D, Kumari PR, Mohamed A, Patil Chhablani P: Cataract surgery in children with retinopathy of prematurity (ROP): surgical outcomes. *Br J Ophthalmol* 2017; 101(8): 1128-1131.
102. Grieshaber MC, Olivier J, Pienaar A, Stegmann R: Capsular opacification after vitreous-sparing cataract surgery in children. *Klin Monbl Augenheilkd* 2009; 226(4): 258-263.
103. Vasavada AR, Vasavada V, Shah SK, Trivedi RH, Vasavada VA, Vasavada SA, Srivastava S, Sudhalkar A: Postoperative outcomes of intraocular lens implantation in the bag versus posterior optic capture in pediatric cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2017; 43(9): 1177-1183.
104. Van Looveren J, Ní Dhubhghaill S, Godts D, Bakker E, De Veuster I, Mathysen DG, Tassignon MJ: Pediatric bag-in-the-lens intraocular lens implantation: long-term follow-up. *J Cataract Refract Surg* 2015; 41(8): 1685-1692.
105. Boonstra NE, Haugen OH: Bag-in-the-lens intraocular lens in paediatric cataract surgery: intraoperative and postoperative outcomes. *Acta Ophthalmol* 2022; 100(1): e135 - e141.
106. Dick HB, Shelenz D, Schultz T: Femtosecond laser-assisted pediatric cataract surgery: Bochum formula. *Journal of Cataract & Refractive Surgery (J Cataract Refract Surg)* 2015; 41: 821-826.
107. Scott W, Scott RA: Primary posterior capsulotomy and the femtosecond laser. *J Cataract Refract Surg* 2017; 43(4): 577-578.
108. Lin H, Ouyang H, Zhu J, Huang S, Liu Z, Chen S, Cao G, Li G, Signer RAJ, Xu Y, Chung C, Zhang Y, Lin D, Patel S, Wu F, Cai H, Hou J, Wen C, Jafari M, Liu X, Luo L, Zhu J, Qiu A, Hou R, Chen B, Chen J, Granet D, Heichel C, Shang F, Li X,

Krawczyk M, Skowronska-Krawczyk D, Wang Y, Shi W, Chen D, Zhong Z, Zhong S, Zhang L, Chen S, Morrison SJ, Maas RL, Zhang K, Liu Y: Lens regeneration using endogenous stem cells with gain of visual function. *Nature* 2016; 531(7594): 323-8.

109. Liu Z, Wang R, Lin H, Liu Y: Lens regeneration in humans: using regenerative potential for tissue repairing. *Ann Transl Med* 2020; 8(22): 1544.

110. Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information DIMDI: Internationale statistische Klassifikation der Krankheiten und verwandter Gesundheitsprobleme. 10. Revision. German Modification. Version 2010.

111. Deutsches Institut für Medizinische Dokumentation und Information DIMDI: Operationen- und Prozedurenschlüssel. Version 2010.

7 Anhang

Auszug aus ICD-10-GM (German Modification) Version 2010 [110]

„Kapitel VII

Krankheiten des Auges und der Augenanhangsgebilde

(H00-H59)

Affektionen der Linse

(H25-H28)

H25.- Cataracta senilis

H25.0 Cataracta senilis incipiens

Cataracta senilis:

- coronaria
- corticalis
- punctata

Senile subkapsuläre Katarakt (anterior) (posterior)

Wasserspaltens-Speichen-Katarakt

H25.1 Cataracta nuclearis senilis

Cataracta brunescens

Linsenkernsklerose

H25.2 Cataracta senilis, Morgagni-Typ

Cataracta senilis hypermatura

H25.8 Sonstige senile Kataraktformen

Kombinierte Formen der senilen Katarakt

H25.9 Senile Katarakt, nicht näher bezeichnet

H26.- Sonstige Kataraktformen

H26.0 Infantile, juvenile und präsenile Katarakt

H26.1 Cataracta traumatica

Soll die äußere Ursache angegeben werden, ist eine zusätzliche Schlüsselnummer (Kapitel XX) zu benutzen.

H26.2 *Cataracta complicata*

Glaukomflecken (subkapsulär)

Katarakt bei chronischer Iridozyklitis

Katarakt infolge anderer Augenkrankheiten

H26.3 *Arzneimittelinduzierte Katarakt*

Soll die Substanz angegeben werden, ist eine zusätzliche Schlüsselnummer (Kapitel XX) zu benutzen.“ [110]

„Kapitel 5

OPERATIONEN

(5-01...5-99)

Operationen an den Augen

(5-08...5-16)

5-14 Operationen an der Linse

5-144 Extrakapsuläre Extraktion der Linse [ECCE]

5-144.3 Linsenkernverflüssigung [Phakoemulsifikation] über sklero-kornealen Zugang

5-144.30 Linsenkernverflüssigung [Phakoemulsifikation] über sklero-kornealen Zugang :
Ohne Implantation einer alloplastischen Linse

5-144.35 Linsenkernverflüssigung [Phakoemulsifikation] über sklero-kornealen Zugang :
Mit Einführung einer kammerwinkelgestützten Vorderkammerlinse

5-144.36 Linsenkernverflüssigung [Phakoemulsifikation] über sklero-kornealen Zugang :
Mit Einführung einer irisfixierten Vorderkammerlinse

5-144.37 Linsenkernverflüssigung [Phakoemulsifikation] über sklero-kornealen Zugang :
Mit Einführung einer sonstigen Vorderkammerlinse

5-144.38 Linsenkernverflüssigung [Phakoemulsifikation] über sklero-kornealen Zugang :
Mit Einführung einer Vorderkammerlinse, n.n.bez.

5-144.39 Linsenkernverflüssigung [Phakoemulsifikation] über sklero-kornealen Zugang :
Mit Einführung mehrerer alloplastischer Linsen

5-144.3a Linsenkernverflüssigung [Phakoemulsifikation] über sklero-kornealen Zugang :
Mit Einführung einer kapselfixierten Hinterkammerlinse, monofokale Intraokular-
linse

5-144.3b Linsenkernverflüssigung [Phakoemulsifikation] über sklero-kornealen Zugang :
Mit Einführung einer sulkusfixierten Hinterkammerlinse, monofokale Intraokular-
linse

5-144.3c Linsenkernverflüssigung [Phakoemulsifikation] über sklero-kornealen Zugang :

- Mit Einführung einer sklerafixierten Hinterkammerlinse, monofokale Intraokularlinse
- 5-144.3d Linsenkernverflüssigung [Phakoemulsifikation] über sklero-kornealen Zugang :
Mit Einführung einer Hinterkammerlinse, n.n.bez., monofokale Intraokularlinse
- 5-144.3e Linsenkernverflüssigung [Phakoemulsifikation] über sklero-kornealen Zugang :
Mit Einführung einer kapselfixierten Hinterkammerlinse, Sonderform der Intraokularlinse
- 5-144.3f Linsenkernverflüssigung [Phakoemulsifikation] über sklero-kornealen Zugang :
Mit Einführung einer sulkusfixierten Hinterkammerlinse, Sonderform der Intraokularlinse
- 5-144.3g Linsenkernverflüssigung [Phakoemulsifikation] über sklero-kornealen Zugang :
Mit Einführung einer sklerafixierten Hinterkammerlinse, Sonderform der Intraokularlinse
- 5-144.3h Linsenkernverflüssigung [Phakoemulsifikation] über sklero-kornealen Zugang :
Mit Einführung einer Hinterkammerlinse, n.n.bez., Sonderform der Intraokularlinse
- 5-144.3j Linsenkernverflüssigung [Phakoemulsifikation] über sklero-kornealen Zugang :
Mit Einführung einer irisfixierten Hinterkammerlinse, monofokale Intraokularlinse
- 5-144.3k Linsenkernverflüssigung [Phakoemulsifikation] über sklero-kornealen Zugang :
Mit Einführung einer irisfixierten Hinterkammerlinse, Sonderform der Intraokularlinse
- 5-144.3x Linsenkernverflüssigung [Phakoemulsifikation] über sklero-kornealen Zugang :
Sonstige
- 5-144.4 **Linsenkernexpression und/oder -Aspiration über kornealen Zugang**
- 5-144.40 Linsenkernexpression und/oder -Aspiration über kornealen Zugang : Ohne Implantation einer alloplastischen Linse
- 5-144.45 Linsenkernexpression und/oder -Aspiration über kornealen Zugang : Mit Einführung einer kammerwinkelgestützten Vorderkammerlinse
- 5-144.46 Linsenkernexpression und/oder -Aspiration über kornealen Zugang : Mit Einfüh-

- rung einer irisfixierten Vorderkammerlinse
- 5-144.47 Linsenkerneexpression und/oder -Aspiration über kornealen Zugang : Mit Einführung einer sonstigen Vorderkammerlinse
- 5-144.48 Linsenkerneexpression und/oder -Aspiration über kornealen Zugang : Mit Einführung einer Vorderkammerlinse, n.n.bez.
- 5-144.49 Linsenkerneexpression und/oder -Aspiration über kornealen Zugang : Mit Einführung mehrerer alloplastischer Linsen
- 5-144.4a Linsenkerneexpression und/oder -Aspiration über kornealen Zugang : Mit Einführung einer kapselselfixierten Hinterkammerlinse, monofokale Intraokularlinse
- 5-144.4b Linsenkerneexpression und/oder -Aspiration über kornealen Zugang : Mit Einführung einer sulkusfixierten Hinterkammerlinse, monofokale Intraokularlinse
- 5-144.4c Linsenkerneexpression und/oder -Aspiration über kornealen Zugang : Mit Einführung einer sklerafixierten Hinterkammerlinse, monofokale Intraokularlinse
- 5-144.4d Linsenkerneexpression und/oder -Aspiration über kornealen Zugang : Mit Einführung einer Hinterkammerlinse, n.n.bez., monofokale Intraokularlinse
- 5-144.4e Linsenkerneexpression und/oder -Aspiration über kornealen Zugang : Mit Einführung einer kapselselfixierten Hinterkammerlinse, Sonderform der Intraokularlinse
- 5-144.4f Linsenkerneexpression und/oder -Aspiration über kornealen Zugang : Mit Einführung einer sulkusfixierten Hinterkammerlinse, Sonderform der Intraokularlinse
- 5-144.4g Linsenkerneexpression und/oder -Aspiration über kornealen Zugang : Mit Einführung einer sklerafixierten Hinterkammerlinse, Sonderform der Intraokularlinse
- 5-144.4h Linsenkerneexpression und/oder -Aspiration über kornealen Zugang : Mit Einführung einer Hinterkammerlinse, n.n.bez., Sonderform der Intraokularlinse
- 5-144.4j Linsenkerneexpression und/oder -Aspiration über kornealen Zugang : Mit Einführung einer irisfixierten Hinterkammerlinse, monofokale Intraokularlinse
- 5-144.4k Linsenkerneexpression und/oder -Aspiration über kornealen Zugang : Mit Einführung einer irisfixierten Hinterkammerlinse, Sonderform der Intraokularlinse
- 5-144.4x Linsenkerneexpression und/oder -Aspiration über kornealen Zugang : Sonstige
- 5-144.5 Linsenkernelverflüssigung [Phakoemulsifikation] über kornealen Zugang**
- 5-144.50 Linsenkernelverflüssigung [Phakoemulsifikation] über kornealen Zugang : Ohne

Implantation einer alloplastischen Linse

- 5-144.55 Linsenkernverflüssigung [Phakoemulsifikation] über kornealen Zugang : Mit Einführung einer kammerwinkelgestützten Vorderkammerlinse
- 5-144.56 Linsenkernverflüssigung [Phakoemulsifikation] über kornealen Zugang : Mit Einführung einer irisfixierten Vorderkammerlinse
- 5-144.57 Linsenkernverflüssigung [Phakoemulsifikation] über kornealen Zugang : Mit Einführung einer sonstigen Vorderkammerlinse
- 5-144.58 Linsenkernverflüssigung [Phakoemulsifikation] über kornealen Zugang : Mit Einführung einer Vorderkammerlinse, n.n.bez.
- 5-144.59 Linsenkernverflüssigung [Phakoemulsifikation] über kornealen Zugang : Mit Einführung mehrerer alloplastischer Linsen
- 5-144.5a Linsenkernverflüssigung [Phakoemulsifikation] über kornealen Zugang : Mit Einführung einer kapselfixierten Hinterkammerlinse, monofokale Intraokularlinse
- 5-144.5b Linsenkernverflüssigung [Phakoemulsifikation] über kornealen Zugang : Mit Einführung einer sulkusfixierten Hinterkammerlinse, monofokale Intraokularlinse
- 5-144.5c Linsenkernverflüssigung [Phakoemulsifikation] über kornealen Zugang : Mit Einführung einer sklerafixierten Hinterkammerlinse, monofokale Intraokularlinse
- 5-144.5d Linsenkernverflüssigung [Phakoemulsifikation] über kornealen Zugang : Mit Einführung einer Hinterkammerlinse, n.n.bez., monofokale Intraokularlinse
- 5-144.5e Linsenkernverflüssigung [Phakoemulsifikation] über kornealen Zugang : Mit Einführung einer kapselfixierten Hinterkammerlinse, Sonderform der Intraokularlinse
- 5-144.5f Linsenkernverflüssigung [Phakoemulsifikation] über kornealen Zugang : Mit Einführung einer sulkusfixierten Hinterkammerlinse, Sonderform der Intraokularlinse
- 5-144.5g Linsenkernverflüssigung [Phakoemulsifikation] über kornealen Zugang : Mit Einführung einer sklerafixierten Hinterkammerlinse, Sonderform der Intraokularlinse
- 5-144.5h Linsenkernverflüssigung [Phakoemulsifikation] über kornealen Zugang : Mit

- Einführung einer Hinterkammerlinse, n.n.bez., Sonderform der Intraokularlinse
- 5-144.5j Linsenkernverflüssigung [Phakoemulsifikation] über kornealen Zugang : Mit Einführung einer irisfixierten Hinterkammerlinse, monofokale Intraokularlinse
- 5-144.5k Linsenkernverflüssigung [Phakoemulsifikation] über kornealen Zugang : Mit Einführung einer irisfixierten Hinterkammerlinse, Sonderform der Intraokularlinse
- 5-144.5x Linsenkernverflüssigung [Phakoemulsifikation] über kornealen Zugang : Sonstige“ [111]

8 Eidesstattliche Versicherung

„Ich, Roland-Benjamin Bury, versichere an Eides statt durch meine eigenhändige Unterschrift, dass ich die vorgelegte Dissertation mit dem Thema: „Ergebnisse und Komplikationen der kindlichen Kataraktchirurgie am Campus Virchow-Klinikum von 2010 bis 2014“ (engl.: *Outcomes and complications of pediatric cataract surgery at Campus Virchow-Klinikum from 2010 to 2014*) selbstständig und ohne nicht offengelegte Hilfe Dritter verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel genutzt habe.

Alle Stellen, die wörtlich oder dem Sinne nach auf Publikationen oder Vorträgen anderer Autoren/innen beruhen, sind als solche in korrekter Zitierung kenntlich gemacht. Die Abschnitte zu Methodik (insbesondere praktische Arbeiten, Laborbestimmungen, statistische Aufarbeitung) und Resultaten (insbesondere Abbildungen, Graphiken und Tabellen) werden von mir verantwortet.

Meine Anteile an etwaigen Publikationen zu dieser Dissertation entsprechen denen, die in der untenstehenden gemeinsamen Erklärung mit dem/der Erstbetreuer/in, angegeben sind. Für sämtliche im Rahmen der Dissertation entstandenen Publikationen wurden die Richtlinien des ICMJE (International Committee of Medical Journal Editors; www.icmje.org) zur Autorenschaft eingehalten. Ich erkläre ferner, dass ich mich zur Einhaltung der Satzung der Charité – Universitätsmedizin Berlin zur Sicherung Guter Wissenschaftlicher Praxis verpflichte.

Weiterhin versichere ich, dass ich diese Dissertation weder in gleicher noch in ähnlicher Form bereits an einer anderen Fakultät eingereicht habe.

Die Bedeutung dieser eidesstattlichen Versicherung und die strafrechtlichen Folgen einer unwahren eidesstattlichen Versicherung (§§156, 161 des Strafgesetzbuches) sind mir bekannt und bewusst.“

Datum

Unterschrift

Mein Lebenslauf wird aus datenschutzrechtlichen Gründen in der elektronischen Version meiner Arbeit nicht veröffentlicht.

10 Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dr. med. Eckart Bertelmann für die Überlassung des Themas der Arbeit und dafür, dass er mir stets mit Rat und Tat zur Seite stand.

Besonders bedanken möchte ich mich auch bei dem gesamten Team der Augen-Poliklinik des CVK, das mich jederzeit unterstützt hat und sich bezüglich der Aktenanforderung und Blockierung diverser Arbeitsplätze durch mich, immer verständnisvoll, hilfsbereit und nachsichtig zeigte.

Den Mitarbeitern des Zentralarchivs am CVK und des Alt-Archivs der Charité gilt mein großer Dank für die freundliche Bereitstellung der unzähligen Akten.

Ebenfalls bedanken möchte ich mich bei all den Kolleginnen und Kollegen der Augen-klinik am CVK die mich vielfältig unterstützt haben.

Weiterhin bedanke ich mich bei Frau Dipl.-Math. Andrea Stroux für die kompetente statistische Beratung.

Meiner Familie möchte ich danken für die moralische Unterstützung, besonders meinen Eltern und meinem Bruder Johannes.

Meinen Freunden danke ich für den regen Austausch, die vielen Denkanstöße und die konstruktive Kritik.