

Aus dem Zentrum für Augenheilkunde der Universität zu Köln
Klinik und Poliklinik für Allgemeine Augenheilkunde
Direktor: Universitätsprofessor Dr. med. C. Cursiefen

Spezifische und gemeinsame Komplikationen nach Trabekulektomie und Kanalooplastik – Eine Analyse der Komplikationsprofile

Inaugural-Dissertation zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Universität zu Köln

vorgelegt von
Sarah-Kathrin Weber
aus Essen

promoviert am 30. September 2025

Dekan: Universitätsprofessor Dr. med. G. R. Fink

1. Gutachterin: Universitätsprofessorin Dr. med. V. Prokosch
2. Gutachterin: Privatdozentin Dr. med. F. Bucher

Erklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Dissertationsschrift ohne unzulässige Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Hilfsmittel angefertigt habe; die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Bei der Auswahl und Auswertung des Materials sowie bei der Herstellung des Manuskriptes habe ich Unterstützungsleistungen von folgenden Personen erhalten:

Frau Univ.-Prof. Dr. med. Verena Prokosch

Herr Dr. rer. nat. Dr. rer. medic. Dipl.-Biol. M. Sc. Medical Kija Shah-Hosseini des Instituts für Medizinische Statistik und Bioinformatik der Universität zu Köln.

Weitere Personen waren an der Erstellung der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt. Insbesondere habe ich nicht die Hilfe eines Promotionsberaters in Anspruch genommen. Dritte haben von mir weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen für Arbeiten erhalten, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertationsschrift stehen.

Die Dissertationsschrift wurde von mir bisher weder im Inland noch im Ausland in gleicher oder ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Die dieser Arbeit zugrunde liegenden Patientenakten wurden ohne meine Mitarbeit in der Klinik für Augenheilkunde durch die dortigen Assistenzärzte erstellt, um die durchgeführten Untersuchungsergebnisse erweitert und in das Krankenhausdokumentationssystem ORBIS eingepflegt.

Diese vorliegenden Patienteninformationen wurden von mir retrospektiv gesichtet, hinsichtlich meiner benötigten Merkmale erhoben und in einer Excel-Tabelle zusammengetragen. Die statistische Analyse und Auswertung der Daten erfolgte anschließend durch mich mittels der statistischen Datenanalysesoftware SPSS.

Erklärung zur guten wissenschaftlichen Praxis:

Ich erkläre hiermit, dass ich die Ordnung zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis und zum Umgang mit wissenschaftlichem Fehlverhalten (Amtliche Mitteilung der Universität zu Köln AM 132/2020) der Universität zu Köln gelesen habe und verpflichte mich hiermit, die dort genannten Vorgaben bei allen wissenschaftlichen Tätigkeiten zu beachten und umzusetzen.

Köln, den 10.06.2025

Unterschrift:

Danksagung

Zuallererst möchte ich meiner Doktormutter, Frau Prof. Dr. Verena Prokosch, für ihre fachliche Betreuung, ihre wertvollen Anregungen und ihre stetige Unterstützung während der gesamten Promotionszeit danken.

Für die Beratung bei statistischen Fragestellungen gilt mein Dank Herrn Dr. rer. nat. Dr. rer. medic. Dipl.-Biol. M. Sc. Medical Kija Shah-Hosseini.

Mein besonderer Dank gilt meinem Partner Martin Hamacher, der mir mit Geduld, Ausdauer und allem voran seinem Humor immer wieder geholfen hat, auch schwierige Phasen zu überstehen und mich aus so manchem Tief herausgeholt hat.

Meiner Schwester Sabrina Weber danke ich für die unermüdlichen Korrekturen, die vielen Diskussionen und ihre ehrliche Meinung, die meine Arbeit entscheidend verbessert haben.

Ein großes Dankeschön geht auch an Hannah Zenzen, die mich mit Korrekturen und wertvollen Anregungen unterstützt hat.

Nicht zuletzt danke ich meinen Eltern, die mich stets ermuntern haben, meinen Weg zu gehen und an mich zu glauben, und meinen Freunden, die mir den Rücken freigehalten haben, auch wenn ich oft wenig Zeit für sie hatte. Eure Unterstützung und euer Verständnis waren und sind für mich von unschätzbarem Wert.

Vielen Dank.

„Der Kopf ist nicht nur Deko“ – Sarah Weber, Juli 2022

Inhaltsverzeichnis

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	8
1. ZUSAMMENFASSUNG	10
2. EINLEITUNG	11
2.1. Anatomischer Überblick	11
2.2. Glaukom	12
2.2.1. Klassifizierung	12
2.2.2. Pathophysiologie	13
2.3. Therapie	14
2.3.1. Medikamentöse Therapie	15
2.3.2. Operative Therapie	16
2.4. OP-Erfolg	17
2.5. Ziele der Arbeit	17
3. MATERIAL UND METHODEN	18
3.1. Studiendesign	18
3.2. Auswahl der Stichprobe	18
3.3. Erhobene Parameter	19
3.4. Angewandte statistische Verfahren	20
4. ERGEBNISSE	21
4.1. Demografie	21
4.2. Voroperationen	21
4.3. Normalvariablen	21
4.3.1. Glaukomart	22
4.3.2. Hornhautdicke	22
4.3.3. Augeninnendruck	23
4.3.4. Bester brillenkorrigierter Visus	26

4.3.5.	Refraktion	28
4.3.6.	Gesichtsfeld	30
4.3.7.	Retinale Nervenfaserschicht	31
4.3.8.	Medikamenteneinnahme	33
4.4.	Erweiterte Parameter	35
4.4.1.	Komplikationen	35
4.4.2.	Revision	38
4.4.3.	IOD-Score	38
4.4.4.	IOD-Senkung	42
4.4.5.	OP-Erfolg	44
4.4.6.	Wirkstoffanzahl	45
4.5.	Komplikationsprofile	48
4.5.1.	Trabekulektomie	48
4.5.2.	Kanaloplastik	52
4.6.	Zusammenfassung Ergebnisse	55
5.	DISKUSSION	56
5.1.	Allgemeine Diskussion der Daten	56
5.2.	Augendrucksenkung	57
5.3.	OP-Erfolg	58
5.4.	Komplikationsraten	59
5.4.1.	Trabekulektomie	59
5.4.2.	Kanaloplastik	60
5.4.3.	Zusammenfassung Komplikationsraten	61
5.5.	Komplikationsprofile	62
5.5.1.	Trabekulektomie	62
5.5.2.	Kanaloplastik	69
5.5.3.	Zusammenfassung Komplikationsprofile	71
5.6.	Fazit und Ausblick	74
6.	LITERATURVERZEICHNIS	76
7.	ANHANG	87

7.1.	Abbildungsverzeichnis	87
7.2.	Tabellenverzeichnis	88

Abkürzungsverzeichnis

5-FU	5-Fluorouracil
AGIS	Glaucoma Intervention Study
AH	Aderhaut
BH	Bindehaut
BSCVA	Beste brillenkorrigierte Sehschärfe (Best spectacle-corrected visual acuity)
CAH	Carboanhydrasehemmer
CIGTS	Collaborative Initial Glaucoma Treatment Study
Erstv./Erstvorst.	Erstvorstellung
EWG	Engwinkelglaukom
GF	Gesichtsfeld
GON	Glaukomatöse Optikus-Neuropathie
HH	Hornhaut
IOD	Intraokularer Druck
IOD _{max}	Maximal gemessener intraokularer Druck
KP	Kanaloplastik
MD	Durchschnittliche Differenz (Mean Deviation)
Mdn	Median
Mdn _{KP}	Median in der Gruppe der Kanaloplastik
Mdn _{TE}	Median in der Gruppe der Trabekulektomie
n	Anzahl
NDG	Normaldruckglaukom
n _{KP}	Anzahl in der Gruppe der Kanaloplastik
n _{TE}	Anzahl in der Gruppe der Trabekulektomie
OP	Operation
OWG	Offenwinkelglaukom
PDS	Pigmentdispersionssyndrom
PEWG	Primäres Engwinkelglaukom
PEX	Pseudoexfoliationssyndrom
Phako	Phakoemulsifikation
POWG	Primäres Offenwinkelglaukom
präOP	Präoperativ (Synonyme Verwendung für präoperativer Tag)
RCT	Randomisierte kontrollierte Studien (randomized controlled trial)
Re	Revision
RNFL	Retinale Nervenfaserschicht (Retinal nerve fiber layer)

G	Global
T	Temporal
TS	Temporal-superior
TI	Temporal-inferior
SEWG	Sekundäres Engwinkelglaukom
SiKi	Sickerkissen
SOWG	Sekundäres Offenwinkelglaukom
Std.-Abw.	Standardabweichung
TE	Trabekulektomie
TVC	Trabeculectomy versus Canaloplasty Study
TVT	Tube versus Trabeculectomy Study
VK	Vorderkammer
WGA	World Glaucoma Association

1. Zusammenfassung

Die Trabekulektomie (TE) und Kanaloplastik (KP) sind etablierte drucksenkende OP-Verfahren zur Behandlung des Glaukoms. Allerdings konnte noch nicht abschließend ermittelt werden, welche Faktoren das Auftreten von Komplikationen begünstigen bzw. prognostizieren.

Ziel dieser Arbeit ist es daher, für spezifische und gemeinsame Komplikationen der TE und KP anamnestische Prägnanzen zu identifizieren und Komplikationsprofile herauszuarbeiten.

Dazu wurden retrospektiv alle Patienten nach TE bzw. KP ermittelt, die von Oktober 2020 bis Oktober 2021 durch Frau Prof. Verena Prokosch-Willing operiert wurden. Dies ergab 80 TE- und 40 KP-Patienten, die zu zwei präoperativen und fünf postoperativen Zeitpunkten untersucht wurden, sodass ein Follow-up von zwölf Monaten entstand. Erhoben wurden unter anderem Glaukomart, Intraokularer Druck (IOD), Visus, Medikation und aufgetretene Komplikationen. Ein Unqualified Success wurde druckunabhängig über das Erreichen von Tropfenfreiheit definiert. Erhobene Komplikationen für die TE waren: Sickerkissenvernarbung, Hornhautulkus, Irisprolaps, externe Fistulation und malignes Glaukom. Für die KP wurden erhoben: Hyphäma, Irisanlagerung, Cheese wiring, periphere Descemetablösung und Bindehautdehiszenz. Gemeinsame Komplikationen waren: Aderhautamotio (AH-Amotio), Makulafalten, Vorderkammerabflachung (VK-Abflachung), Hornhautdelle und Gesichtsfeldverschlechterung (GF-Verschlechterung).

Die TE erreichte nach zwölf Monaten einen IOD von $14,7 \pm 6,0$ mmHg, die KP von $16,4 \pm 6,3$ mmHg ($p = 0,512$); dies entsprach einer IOD-Senkung von durchschnittlich $55,1 \pm 23,8$ % für die TE und von $43,3 \pm 25,9$ % für die KP ($p = 0,041$). Insgesamt 75 % der Patienten nach TE und 54,5 % nach KP erreichten Tropfenfreiheit nach zwölf Monaten ($p = 0,244$). Im Qualified Success erzielte die TE eine Wirkstoffreduktion von 1,5 Wirkstoffen, die KP hingegen von 0,9 Wirkstoffen ($p = 0,317$). Die Komplikationsrate der TE lag bei 35 % entgegen 68,4 % bei der KP ($p < 0,001$), wobei 52,6 % auf das Hyphäma entfielen. Die Komplikationen Sickerkissenvernarbung bei der TE und Descemetablösung bei der KP traten zu jeweils 2,5 % auf. Hypotonie-assoziierte Komplikationen (Aderhautamotio, Makulafalten und Vorderkammerabflachung) lagen bei der TE zu 18,8 % im Vergleich zu 0 % nach KP vor ($p = 0,085$). Als Komplikationsfaktoren wurden identifiziert: Glaukomart für AH-Amotio, VK-Abflachung, GF-Verschlechterung und Descemetablösung, TE als Voroperation (VorOP) für Sickerkissenvernarbung, Phako mit Kahook Dual Blade für AH-Amotio und Hyphäma, KP als VorOP für Descemetablösung und Myopie für Makulafalten, VK-Abflachung und GF-Verschlechterung. Um Hypotonie-assoziierten Komplikationen entgegenzuwirken, sollte eine initial übermäßige IOD-Senkung vermieden werden.

Zusammenfassend konnten Risikofaktoren identifiziert werden, allerdings wird die Empfehlung zu äquivalenten Untersuchungen ausgesprochen, um Komplikationsprädiktoren zu validieren und das Komplikationsmanagement eines Patienten individuell optimieren zu können.

2. Einleitung

Zunächst soll eine kurze Einführung in die anatomischen Grundlagen und anschließend in die Komplexität des Krankheitsbildes „Glaukom“ gegeben werden, sowohl definitionsgemäß als auch bezüglich der Therapie. Da es sich bei der vorliegenden Arbeit um einen Vergleich zweier Operationsverfahren handelt, liegt der Fokus auf diesen Themenbereichen einschließlich Komplikationsspektren und zu definierenden Erfolgskriterien.

2.1. Anatomischer Überblick

Die für die vorliegende Arbeit wichtigen anatomischen Strukturen umfassen einerseits den Ziliarkörper in der hinteren und den Kammerwinkel in der vorderen Augenkammer sowie andererseits den Sehnervenkopf. Der Ziliarkörper dient unter anderem der Kammerwasserproduktion. Dieses fließt von der hinteren Augenkammer durch die Pupille in die vordere Augenkammer und gelangt hier zu einem Großteil über das im Kammerwinkel gelegene Trabekelmaschenwerk in den Schlemm-Kanal, der das Kammerwasser in die episkleralen Venen transportiert¹. Neben diesem Abflussweg fließt ein geringerer Anteil des Kammerwassers über das uveosklere Gefäßsystem ab². Die Anatomie des Kammerwinkels ist nach Augustin modifiziert auf der linken Seite von Abbildung 1 dargestellt³. Das Kammerwasser erfüllt unter anderem die wichtige Aufgabe der Tonisierung des Augapfels, der physiologische Augeninnendruck (IOD) beträgt in etwa 15 mmHg⁴.

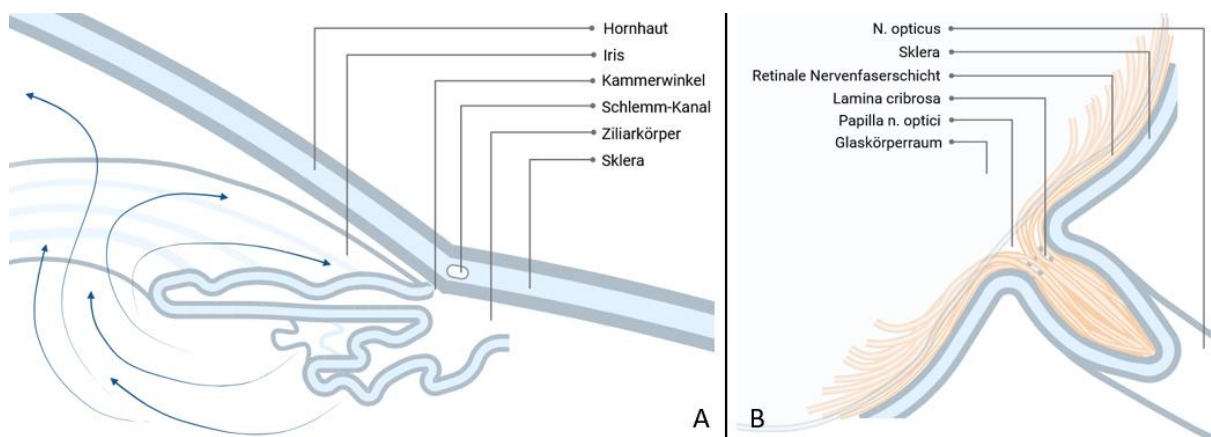


Abbildung 1: Stilisierte anatomischer Überblick. A: Kammerwinkel und Strömungsverlauf Kammerwasser (Quelle: Eigene Darstellung, modifiziert n. Augustin) B: Augenhintergrund (Quelle: Eigene Darstellung)

Am Augenhintergrund befindet sich der Sehnervenkopf (Papilla n. optici). Er wird durch die Axone der retinalen Ganglienzellen gebildet, die die retinale Nervenfaserschicht (RNFL) durchziehen, und stellt nach Verlassen des Augapfels durch die Lamina cribrosa den N. opticus dar^{5,6}, siehe Abbildung 1 rechte Seite. Die RNFL stellt sowohl in der Frühdiagnostik als auch im Verlauf eines Glaukoms eine wichtige Struktur dar, da sie vorrangig temporal-superior und temporal-inferior geschädigt wird⁷.

2.2. Glaukom

Unter dem Begriff „Glaukom“ werden verschiedene Krankheitsätiologien zusammengefasst, die alle denselben Endpunkt erreichen: Die Atrophie des Sehnervenkopfes und der RNFL⁸. Die tatsächliche Ursache ist noch ungeklärt, sodass auch die genaue Definition des Krankheitsbildes noch nicht abgeschlossen ist^{9,10}. Früher wurde der erhöhte IOD als Merkmal der Erkrankung angesehen, heutzutage wird dieser eher als Risikofaktor bewertet¹¹. Stattdessen wurden die Schäden am Sehnerven definitionsgemäß in den Vordergrund gerückt: Es entstand der Begriff der „glaukomatösen Optikus-Neuropathie“ (GON)^{11,12}. Während die Erkrankung initial bei gleichbleibender Sehschärfe (Visus) meist asymptomatisch zu einem Gesichtsfeldverlust führt, endet sie bei fortschreitender Progredienz in der Erblindung^{11,13}. Gemäß der World Health Organization stellt das Glaukom weltweit den vierthäufigsten Grund für Erblindungen dar¹⁴, in Deutschland bildete das Glaukom 2011 die zweihäufigste Ursache¹⁵.

Diagnostisch stehen verschiedene Parameter im Vordergrund, die sowohl bei der Erstvorstellung als auch in Nachkontrollen helfen, die Diagnose eines Glaukoms zu stellen bzw. dessen Progredienz abzuschätzen. Dazu zählen unter anderem der Augeninnendruck, der Visus inkl. Refraktionsfehler, die Gesichtsfeldmessung (Perimetrie) und die funduskopische Untersuchung der Sehnervpapille sowie der RNFL. Unter diesen Parametern stellt die Perimetrie den wichtigsten Verlaufsparemeter dar. Eine optische Kohärenztomografie kann die funduskopische Beurteilung der Papille und RNFL ergänzen. Weiterhin kann einmalig bei Erstvorstellung die zentrale Hornhautdicke mittels Pachymetrie erhoben werden, wobei die Verwendung hornhautkorrigierter Augeninnendrucke nicht empfohlen wird.¹⁶

2.2.1. Klassifizierung

Da die Definition „Glaukom“ noch nicht abschließend geklärt ist, ist auch die Klassifizierung dieses Krankheitsbildes fortwährend Gegenstand des internationalen Austausches. Voraussetzung für das Vorliegen eines Glaukoms sollte gemäß Foster et al. eine bestehende glaukomatöse Optikus-Neuropathie, eine glaukomtypische Gesichtsfeldverschlechterung (GF-Verschlechterung) oder, sofern die Papille und das Gesichtsfeld nicht beurteilt werden können, ein IOD oberhalb der 99,5. Perzentile der Normalbevölkerung sein.¹⁰

Die etablierteste Klassifizierung richtet sich nach der Anatomie des Kammerwinkels: Liegt der Kammerwinkel offen vor, sodass der Abfluss des Kammerwassers nicht behindert wird, wird von einem Offenwinkelglaukom (OWG) gesprochen, andernfalls liegt ein Engwinkelglaukom (EWG) vor^{17,18}. Diese werden wiederum in primär und sekundär sowie akut und chronisch unterteilt^{11,19}.

Anders als im amerikanischen Raum wird in den europäischen und asiatischen Leitlinien innerhalb der Gruppe der Primären Offenwinkelglaukome (POWG) ergänzend das

Normaldruckglaukom (NDG) definiert, da zwischen 25 % und 50 % der POWG-Patienten einen normalen IOD aufweisen^{11,16,20–22}.

Neben den oben genannten Glaukomarten existieren weitere, als Sekundärglaukom bezeichnete Entitäten, bspw. Glaukome aufgrund eines Pigmentdispersionssyndroms (PDS-Glaukom) oder eines Pseudoexfoliationssyndroms (PEX-Glaukom) oder uveitische Glaukome. Diese stehen allerdings noch in der Diskussion, ebenfalls Unterformen des POWG zu sein.¹⁰ Da in der vorliegenden Arbeit weitestgehend erwachsene Individuen untersucht wurden, werden kongenitale Glaukome hier ausgeklammert.

Anhand dieser Angaben lässt sich folgende vereinfachte Übersicht (Abbildung 2) zur Klassifizierung konzipieren:

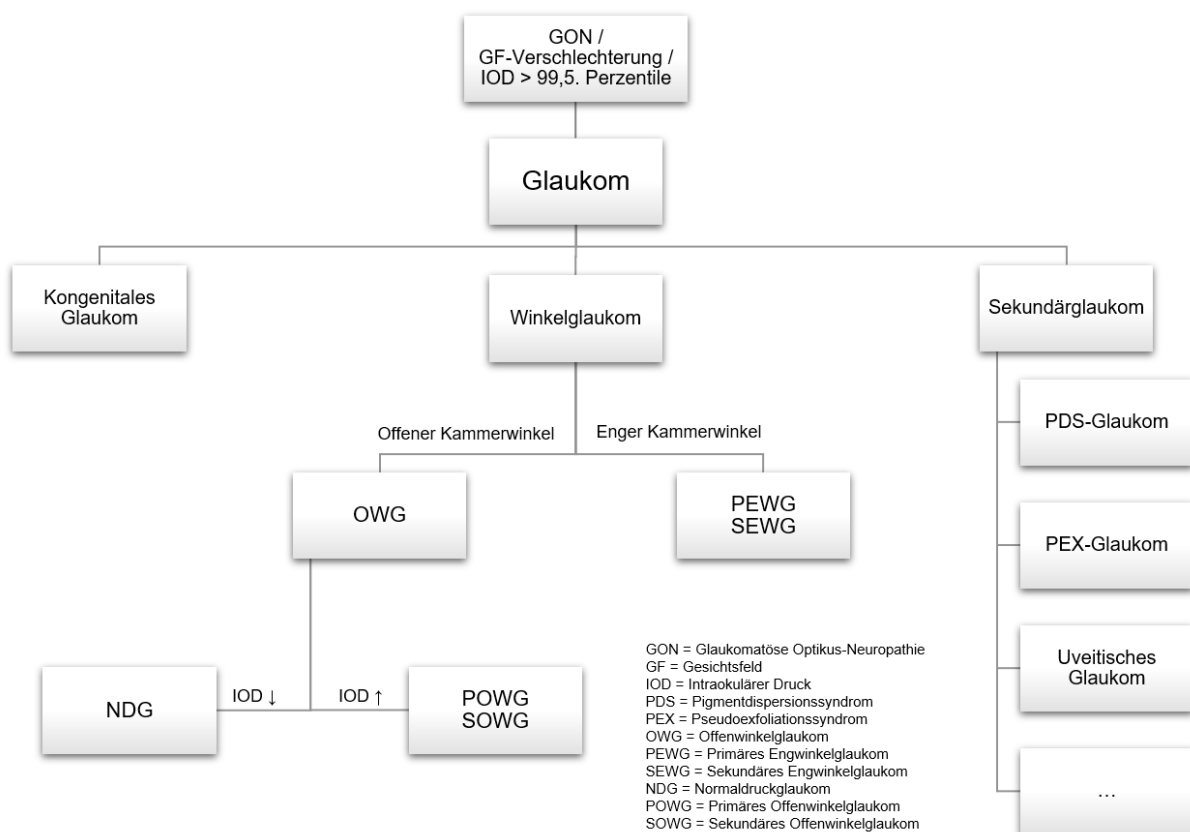


Abbildung 2: Klassifikationsübersicht Glaukom (Quelle: Eigene Darstellung)

Auf die Gesamtbevölkerung bezogen ist das POWG die häufigste Glaukomentität, gefolgt vom Primäres Engwinkelglaukom (PEWG)^{23,24}. Dennoch ist das Engwinkelglaukom für eine größere Anzahl an schwerwiegenden Sehverlusten verantwortlich¹. Die höchste Prävalenz erreicht das POWG in Afrika, während in Asien die höchste Prävalenz an PEWG vorliegt²⁵.

2.2.2. Pathophysiologie

Die bisher verstandene Pathophysiologie des Glaukoms beschreibt sowohl beim OWG als auch beim EWG einen beeinträchtigten Kammerwasserabfluss. Beim OWG liegt ein erhöhter

Widerstand im Trabekelmaschenwerk vor, der den Kammerwasserabfluss verhindert, während beim EWG dieser Abfluss mechanisch durch die Iris blockiert wird – entweder am Kammerwinkel oder durch einen Pupillarblock zwischen Iris und Linse. Durch den ansteigenden Augeninnendruck werden retinale Axone auf Höhe der Lamina cribrosa geschädigt. Es kommt zur Atrophie und konsekutiv zu Gesichtsfeldverlusten.¹ Einen ähnlichen Pathomechanismus zum OWG weist bspw. auch ein durch die Anwendung von Glukokortikoiden entstandenes Glaukom auf (Steroidresponder)²⁶.

Jene Glaukome, die durch PDS oder PEX verursacht sind, weisen die gemeinsame Endstrecke des Kammerwasserabflusshindernisses auf, jedoch auf sekundärer Grundlage. Während beim PDS-Glaukom die Theorie besteht, dass der Kammerwinkel durch Pigmentabrieb der Iris verlegt wird²⁷, besteht beim PEX eine systemische Erkrankung, die sich unter anderem durch Proteinablagerungen im Kammerwinkel manifestiert²⁸.

Wie der Name bereits vermuten lässt, ist anhand dieser Pathophysiologie die Entstehung des NDG nicht erklärt. Hier werden des Weiteren eine anomale Morphologie des Sehnervenkopfes, eine dünnere zentrale Hornhautdicke oder ein reduzierter okulärer Blutfluss als Ursache diskutiert.²⁹

Es ist ersichtlich, dass die Festlegung einer einheitlichen Definition des Krankheitsbildes unter Zusammenfassung aller verschiedener Ätiologien erschwert ist.

2.3. Therapie

Obwohl nicht mehr davon ausgegangen wird, dass der IOD alleine für das Fortschreiten der Erkrankung verantwortlich ist, so stellt er doch den einzig modifizierbaren Risikofaktor dar^{10,17}. Demnach ist eine okulär angepasste Definition des Zieldrucks bei Diagnosestellung und wiederholte Reevaluierung bei Nachkontrollen von essentieller therapeutischer Bedeutung. Die Therapie bedarf einer individuellen Entscheidung, abhängig von verschiedensten Faktoren wie Patientenalter, Risikoprofil und bereits vorliegenden Gesichtsfelddefekten.¹⁶ Als therapeutische Optionen stehen initial die medikamentöse Einstellung und im Verlauf die laserchirurgische oder operative Versorgung zur Auswahl^{10,17}.

Gemäß der European Glaucoma Society bildet das Mittel der ersten Wahl die medikamentöse Monotherapie. Wird unter dieser Therapie der Zieldruck nicht erreicht (sei es aus Unverträglichkeit oder fehlender Wirksamkeit) kann diese nach mehrfacher Reevaluierung und Anpassung der Therapie auf bis zu drei Medikamente erhöht werden. Bei jeder Evaluierungsstufe steht weiterhin die Möglichkeit der Selektiven Lasertrabekuloplastik zur Verfügung.¹⁶ Die Entscheidung zur Operation wird anhand verschiedener Parameter getroffen, die in Kapitel 2.3.2 dargelegt werden.

2.3.1. Medikamentöse Therapie

Unter den verfügbaren antiglaukomatösen Wirkstoffklassen stehen unter anderem Prostaglandine, β -Adrenorezeptor-Antagonisten, α -Agonisten, Carboanhydrasehemmer (CAH) und cholinerge Medikamente zur Auswahl.

Prostaglandine stellen die Erstlinientherapie dar¹⁶. Dies beruht auf ihren geringen systemischen Nebenwirkungen, der guten Verträglichkeit und der patientenfreundlichen Anwendung von einer täglich einmaligen nächtlichen Applikation. Sie senken den IOD am effektivsten von allen anderen Wirkstoffklassen um bis zu 30 % durch Steigerung des uveoskleralen Abflusses.^{30,31} Als Nebenwirkungen sind konjunktivale Hyperämie, Wimpern- und Irisverdunkelung und der Verlust des periorbitalen Fettgewebes zu nennen¹.

β -Blocker reduzieren durch Blockade der β -Adrenorezeptoren am Ziliarkörper die Produktion des Kammerwassers. Dadurch wird der IOD um ca. 25 % gesenkt.^{31–33} Trotz der lokalen Anwendung sind systemische Nebenwirkungen wie Bronchospasmen oder Bradykardie unter β -Blocker-Therapie beobachtet worden³⁴.

α -Agonisten senken durch Blockade der α_2 -Rezeptoren den IOD um ca. 15 - 25 %, indem sie einerseits die Kammerwasserproduktion drosseln und andererseits den uveoskleralen Abfluss unterstützen^{31,33,35}. Neben häufig vorkommenden lokalen Nebenwirkungen wie konjunktivaler Hyperämie und lokalen allergischen Veränderungen³⁶ können auch systemische sympathische Nebenwirkungen wie Mundtrockenheit auftreten³⁷.

Carboanhydrasehemmer beeinflussen die Kammerwasserproduktion durch Inhibition des an diesem Prozess maßgeblich beteiligten Enzyms Carboanhydrase³⁸. Bei topischer Anwendung wird eine IOD-Senkung von ca. 20 % erreicht^{31,33}, systemisch können Drucksenkungen von bis zu 40 % verzeichnet werden¹⁶. Während CAH bei lokaler Applikation gut verträglich sind und allenfalls zu okulären Irritationen und trockenen Augen führen können, sind die systemischen Nebenwirkungen durch die weite Verbreitung der Carboanhydrase bedeutsamer: Hier werden Parästhesien, Hörstörungen, Verdauungsstörungen und weitere beschrieben^{1,16}.

Obwohl Parasympathomimetika wie Pilocarpin zu den ersten antiglaukomatösen Medikamenten zählten, werden sie neben den neueren Wirkstoffen kaum mehr angewandt¹⁶. Eine IOD-Senkung findet bei bis zu viermaliger täglicher Applikation um bis zu 25 % statt^{1,16}. Nebenwirkungen sind sowohl lokal beschrieben wie bspw. eine Visusminderung durch die entstehende Miosis als auch systemisch im Sinne parasympathischer Erscheinungen wie intestinale Beschwerden oder Bronchospasmen¹⁶.

Als nicht-antiglaukomatöses Medikament kann Atropin postoperativ Anwendung finden. Durch Tropfen des Parasympatholytikums wird die Pupille in Miosis versetzt und somit die Entstehung eines malignen Glaukoms und posteriorer Synechien verhindert³⁹. Weiterhin wird der Ziliarmuskel relaxiert und die Tendenz zur Sickerkissenvernarbung reduziert⁴⁰.

2.3.2. Operative Therapie

Die Entscheidung zur Operation hängt von diversen Faktoren ab: Der Glaukomart, dem Zieldruck sowie Risikoprofil des Patienten und nicht zuletzt von der Präferenz des Patienten und Operateurs. Ziel der Operation sollte es nicht nur sein, den IOD zu senken, sondern postoperativ bestmöglich Tropfenfreiheit zu erlangen und ein geringes Komplikationsspektrum aufzuweisen.¹⁶

Da es sich bei der vorliegenden Arbeit um einen Vergleich zwischen Trabekulektomie und Kanalooplastik handelt, sollen auch nur diese beiden Operationsverfahren beschrieben werden.

Die Trabekulektomie (TE) ist das etablierteste drucksenkende Operationsverfahren (OP-Verfahren)⁴¹. Hierbei wird ein alternativer Abflussweg des Kammerwassers aus der vorderen Augenkammer angelegt, wodurch das Kammerwasser das Trabekelmaschenwerk umgehen und subkonjunktival abfließen kann. Es entsteht ein Sicker- bzw. Filterkissen.⁴² Durch die Umgehung des Schlemm-Kanals liegen keine physiologischen Abflussbehinderungen des Kammerwassers vor. Dadurch senkt die Trabekulektomie so effektiv wie kein anderer Eingriff den IOD und erlangt im Gegensatz zu anderen Operationsverfahren am ehesten Tropfenfreiheit. Allerdings ist die TE durch eine höhere Komplikationsrate gekennzeichnet. Diese können zwar entweder spontan ausheilen oder durch eine adäquate Nachbehandlung therapiert werden, allerdings machen sie eine intensive Nachkontrolle erforderlich.⁴³ Neben der gefürchtetsten Komplikation der Sickerkissenvernarbung (SiKi-Vernarbung), deren Häufigkeit durch die intraoperative Applikation des Zytostatikums Mitomycin C reduziert werden konnte⁴⁴, sind zahlreiche weitere postoperative Komplikationen wie choroidale Blutungen, Vorderkammerabflachungen (VK-Abflachung) und Hypotonien mit Makulafalten beschrieben^{45,46}.

Im Gegensatz zur TE senkt die Kanalooplastik (KP) den IOD im geringeren Maße. Durch Dilatation und Aufspannen des Schlemm-Kanals mittels eines chirurgischen Fadens mobilisiert sie den natürlichen Abflussweg des Kammerwassers. Es wird kein Sickerkissen angelegt. Daher sind der IOD-Senkung die physiologischen Grenzen des Schlemm-Kanal-Widerstandes und des Drucks in den episkleralen Venen gesetzt.⁴⁷ Allerdings bietet die Kanalooplastik ein geringeres Komplikationsspektrum, sodass sie vor allem für Patienten erwählt werden kann, die keiner immensen Drucksenkung bedürfen oder ein hohes Komplikationsrisiko, insbesondere für SiKi-Vernarbungen, aufweisen⁴¹. Durch diesen Kompromiss kann die postoperative Fortführung der topischen Medikation vonnöten sein. Trotz geringen Komplikationsspektrums sind bei der Kanalooplastik Komplikationen wie Hyphäma, Descemetablösung und Synechien beschrieben.⁴⁶ Das Hyphäma jedoch wird mitunter nicht als Komplikation im engeren Sinne eingestuft, sondern als positiver

Prädiktionsfaktor für den Erfolg der OP angesehen. Des Weiteren stellt es eine zumeist nur transiente und selbstlimitierende Erscheinung dar⁴⁸.

2.4. OP-Erfolg

Gemäß den Richtlinien der World Glaucoma Association (WGA) wird der OP-Erfolg in zwei Kategorien eingeteilt: Ein Unqualified (Complete) Success liegt vor, sofern zur Erreichung des Zieldrucks postoperativ keine Medikamentenapplikation vonnöten ist, während die postoperative Anwendung von Antiglaukomatosa den Qualified Success definiert. Weiterhin kann der OP-Erfolg anhand des Augeninnendrucks definiert werden. Mögliche Szenarien lauten ≤ 21 mmHg, ≤ 18 mmHg, ≤ 15 mmHg und ≤ 12 mmHg. Aber auch die prozentuale IOD-Senkung sollte berücksichtigt werden, da v.a. in Fällen von Normaldruckglaukomen der präoperative Augeninnendruck bereits im physiologischen Druckbereich liegt und somit durch absolute Zielwerte nicht ausreichend therapeutisch abgedeckt wird. Von Interesse sind hier die Drucksenkungen ≥ 20 %, ≥ 30 % und ≥ 40 %.⁴⁹

2.5. Ziele der Arbeit

Durch diverse Studien konnte bereits dargestellt werden, dass die TE zwar ein potentes OP-Verfahren zur Senkung des Augeninnendruckes darstellt, allerdings eine höhere Komplikationsrate als die KP aufweist. Jedoch konnte noch nicht abschließend herausgearbeitet werden, welche Faktoren das Auftreten von Komplikationen begünstigen bzw. prognostizieren und ob spezifische Patienteneigenschaften eine Tendenz zu einem der beiden Operationsverfahren nahelegen. Um dies zu ermitteln, werden sowohl spezifische als auch gemeinsame Komplikationen erfasst und auf möglicherweise zugrundeliegende anamnestische Faktoren hin untersucht. Als weiteres Ziel gilt die Prüfung des Erfolgs der OP-Verfahren bezüglich IOD-Senkung und Tropfenfreiheit.

Die gesammelten Ergebnisse werden anschließend mit anderen Studien verglichen, um Übereinstimmungen oder neue Erkenntnisse herauszuarbeiten.

3. Material und Methoden

Im folgenden Kapitel werden zunächst das Studiendesign und Patientenkollektiv vorgestellt, um anschließend die klinischen Eckpunkte sowie die statistische Auswertung samt verwendeter Verfahren zu beleuchten.

3.1. Studiendesign

Bei der vorliegenden Studie handelt es sich um eine retrospektive, postinterventionelle klinische Beobachtungsstudie, die mithilfe vorliegender Patientenakten des Zentrums für Augenheilkunde der Universitätsklinik Köln durchgeführt wurde. Untersucht wurden Patienten, die eine Trabekulektomie respektive Kanalooplastik erhalten haben. Zur Erhebung wurden insgesamt sieben Zeitpunkte bestimmt: Zwei präoperative Zeiteinheiten im Sinne der Erstvorstellung (Erstv./Erstvorst.) sowie der präoperative Tag (präOP) und fünf postoperative Zeitpunkte, die sich aus dem ersten postoperativen (postOP) Tag sowie Nachkontrollen nach einem, drei, sechs und zwölf Monaten zusammensetzen. Das Patientenkollektiv wurde in zwei Gruppen unterteilt: Gruppe 1 für die Trabekulektomie und Gruppe 2 für die Kanalooplastik.

Gewertet wurden nur jene Visiten, die an der Uniklinik Köln stattfanden. Die Nachkontrollen bei niedergelassenen Ärzten wurden nicht berücksichtigt. Um einen Performance Bias auszuschließen, wurden nur Patienten in die Studie eingeschlossen, die von derselben Operateurin operiert wurden.

Als statistischer Berater fungierte Herr Dr. rer. nat. Dr. rer. medic. Dipl.-Biol. M. Sc. Medical Kija Shah-Hosseini des Instituts für Medizinische Statistik und Bioinformatik der Universität zu Köln.

3.2. Auswahl der Stichprobe

In die Studienpopulation wurden all jene Patienten einbezogen, die vom 01.10.2020 bis zum 30.09.2021 am Zentrum für Augenheilkunde der Universitätsklinik Köln von Frau Prof. Dr. med. Verena Prokosch-Willing einer Glaukomoperation unterzogen wurden. Durch das gewählte Follow-up von einem Jahr ergab sich somit ein Beobachtungszeitraum vom 01.10.2020 bis 30.09.2022. Als Einschlusskriterien galten neben dem festgelegten Zeitraum und der Operateurin das durchgeführte Operationsverfahren im Sinne einer Trabekulektomie inkl. Mitomycin C-Applikation oder Kanalooplastik. In die Stichprobe wurden anhand dieser Kriterien insgesamt 120 Augen von 108 Patienten erhoben.

Die Daten wurden dem Krankenhausinformationssystem ORBIS der Firma Agfa HealthCare sowie Heidelberg Eye Explorer der Firma Heidelberg Engineering entnommen und pseudoanonymisiert in Microsoft Excel übertragen.

3.3. Erhobene Parameter

Neben den epidemiologischen Parametern wie Geburtsdatum, Alter, Geschlecht, Jahr der Erstdiagnose, OP-Datum, durchgeführte OP und operierte Seite wurden studienbezogene Endpunkte erhoben. Zu diesen zählen Glaukomart, Hornhautdicke, IOD samt maximal gemessenem IOD (IOD_{max}), die beste brillenkorrigierte Sehschärfe (BSCVA), Gesichtsfeld in Mean Deviation (MD), Refraktion, RNFL (global (G), temporal (T), temporal-superior (TS), temporal-inferior (TI)) sowie applizierte Medikamente (Prostaglandine, β -Blocker, α -Agonisten, Carboanhydrasehemmer topisch und systemisch, Pilocarpin, Atropin). Diese Variablen werden im Folgenden „Normalvariablen“ genannt.

Glaukomart, Hornhautdicke sowie der IOD_{max} wurden einmalig zum Zeitpunkt der Erstvorstellung erhoben. Der angegebene IOD zur Erstvorstellung bildet somit nicht den zu diesem Zeitpunkt gemessenen IOD ab, sondern den anamnestischen IOD_{max} . Die übrigen Parameter wurden zu allen sieben Erhebungszeitpunkten kontrolliert. Bezüglich des IOD wurden applanatorisch erhobene Werte bevorzugt. Waren diese nicht vorhanden, wurde sich über den iCare gemessener Werte bedient. Der Visus wurde in das international angewandte System logMAR übersetzt⁴⁹, jedoch wird in den nachfolgenden Kapiteln der deutschgebräuchliche Dezimalvisus in Klammern hintangestellt.

Als primärer Zielparameter wurde der IOD definiert. Dieser wurde sowohl metrisch erhoben als auch nachträglich ordinal in den sogenannten „IOD-Score“ eingeteilt: ≤ 15 mmHg, ≤ 18 mmHg, ≤ 21 mmHg und > 21 mmHg mit zusätzlicher Angabe, ob dieser Augeninnendruck ohne oder mit Medikation erreicht wurde. Aus dem IOD-Score wurde anschließend die Variable „OP-Erfolg“ generiert, die die Bedingungen eines Unqualified bzw. Qualified Success‘ überprüfte.

Sekundäre Zielparameter waren das Auftreten ausgewählter Komplikationen spezifisch für das jeweilige Operationsverfahren. Das Auswahlverfahren der zu untersuchenden Komplikationen fand vor Datenerhebung auf Grundlage einer Literaturrecherche statt. Daraus wurden für die Trabekulektomie folgende zehn Komplikationen erwählt: Sickerkissenvernarbung^{50,51}, Aderhautamotio (AH-Amotio)⁵⁰⁻⁵², Makulafalten⁵¹, VK-Abflachung⁵⁰⁻⁵², Hornhautdelle (HH-Delle)⁵⁰, HH-Ulkus⁵³, Irisprolaps⁵⁰, externe Fistulation^{50,51}, malignes Glaukom^{50,51} und GF-Verschlechterung ≥ 1 dB⁵¹. Für die Kanalooplastik wurden ebenfalls zehn Komplikationen zusammengetragen: Hyphäma^{54,55}, AH-Amotio⁵⁵, Makulafalten, VK-Abflachung^{54,55}, HH-Delle, Irisanlagerung⁵⁴, Cheese wiring⁵⁴, periphere Descemetablösung^{54,55}, Bindehautdehiszenz (BH-Dehiszenz)⁵⁴ und GF-Verschlechterung ≥ 1 dB⁵⁴. Da die vorliegende Studie einen Zeitraum von einem Jahr untersuchte, wurde die GF-Verschlechterung pro Jahr erfasst.

Komplikationen und IOD-Score zählen, ebenso wie aus ihnen und den Normalvariablen entstandene Variablen, zu den „erweiterten Parametern“. Diese sind des Weiteren stattgefundene Revisionen, die prozentuale IOD-Senkung, OP-Erfolg (Unqualified bzw.

Qualified Success) und die eingenommene Wirkstoffanzahl. Abgesehen von den Revisionen wurden sie in jedem der fünf Follow-up-Intervalle bezüglich ihres Auftretens erhoben. Die Revisionen wurden lediglich auf das stattgehabte Auftreten hin untersucht. Inkludiert wurden operative Revisionen, während Suturen oder ähnliches nicht gewertet wurden. Weiterhin wurden jene Patienten mit Komplikationen auf anamnestische Gemeinsamkeiten untersucht, um ein Komplikationsprofil ermitteln zu können.

3.4. Angewandte statistische Verfahren

Vor Beginn der Datenerhebung wurde eine Poweranalyse mithilfe der frei zugänglichen Software G*Power der Universität Düsseldorf durchgeführt.

Die initiale Datenauswertung erfolgte in Microsoft Excel. Hier wurden die Daten via Schlüsseldatei pseudoanonymisiert und die einzelnen erhobenen Parameter codiert.

Anschließend folgte die Überführung in die Windows-Version der Softwareplattform SPSS® Statistics der Firma IBM® Version 29.0.0.0. Zur Qualitätssicherung der Daten wurden diese vor Überführung in SPSS mehrmalig kontrolliert und nach der Überführung in SPSS bereinigt. Bei Prüfung auf Normalverteilung der Daten wurde der Shapiro-Wilk-Test angewandt. Es lag keine Normalverteilung der Daten vor, sodass im Folgenden nicht-parametrische Tests angewandt wurden.

Auf dieser Grundlage wurde der Mann-Whitney-U-Test verwendet, um Unterschiede zwischen den unabhängigen Stichproben festzustellen⁵⁶. Getestet wurden die einzelnen Erhebungszeitpunkte jener Variablen, die TE und KP gemeinsam haben: die Normalvariablen Hornhautdicke, IOD, Visus, Refraktion, MD, RNFL (G, T, TS, TI) sowie erweiterte Parameter wie aufgetretene Komplikationen, der vierstufige IOD-Score, die vorliegende prozentuale IOD-Senkung und die eingenommene Wirkstoffanzahl. Zur Ermittlung der Effektstärke wurde der Pearson-Korrelationskoeffizient berechnet.

Bei Variablen, die die Bedingungen des Mann-Whitney-U-Tests nicht erfüllten, bedurfte es des Chi²-Tests auf Unabhängigkeit. Dieser testet die Unabhängigkeit vom jeweiligen OP-Verfahren⁵⁷ und wurde bei den Normalvariablen Glaukomart und eingenommene Medikamente sowie bei den erweiterten Parametern der gleichsam untersuchten Komplikationen, den stattgefundenen Revisionen und dem OP-Erfolg vorgenommen. Waren die Bedingungen des Chi²-Tests nicht erfüllt, wurde der exakte Test nach Fisher berechnet⁵⁸. Des Weiteren wurden die ermittelten anamnestischen Gemeinsamkeiten und die erwähnten OP-Komplikationen auf etwaige Korrelationen mit den Normalvariablen und erweiterten Parametern überprüft. Bei Korrelationen metrischer mit nominaler Variablen wurde sich des Eta-Koeffizienten bedient, bei rein nominalen Variablen des Phi-Koeffizienten bzw. Cramers V. Als Signifikanzniveau wurde $p < 0,05$ gewählt.

4. Ergebnisse

In die Studie konnten 120 Augen von 108 Patienten inkludiert werden, davon wurden 80 Augen einer Trabekulektomie (66,7 %) und 40 Augen einer Kanalooplastik (33,3 %) unterzogen. Es lagen 67 rechte und 53 linke Augen vor. Das gesamte Durchschnittsalter betrug $68,6 \pm 11,9$ Jahre. Der Median lag bei 71,5 Jahren. Da keine Altersbeschränkung zur Aufnahme in die Studie vorlag, erstreckte sich die Altersspanne von mindestens 16 bis maximal 88 Jahren. Insgesamt wurden 58 Frauen und 50 Männer operiert.

Im Nachfolgenden werden die einzelnen erhobenen Parameter nach OP-Verfahren sortiert und chronologisch beschrieben. Nicht erhobene Parameter werden mittels „-“ angegeben.

4.1. Demografie

Das mittlere Alter in der Gruppe der Trabekulektomie lag bei $69,0 \pm 11,1$ Jahren bei einem Mindestalter von 34 Jahren und einem Maximalalter von 88 Jahren. Das Geschlechterverhältnis lag mit je 36 Frauen und Männern gleichverteilt vor. Es wurden 43 rechte und 37 linke Augen operiert.

In der Gruppe der Kanalooplastik betrug das mittlere Alter $68,3 \pm 13,5$ Jahren bei einem Mindestalter von 16 Jahren und einem Maximalalter von 87 Jahren. Es wurden 22 Frauen und 15 Männer mittels Kanalooplastik therapiert. 24 der 40 Augen, die einer Kanalooplastik unterzogen wurden, waren rechts und 16 links.

4.2. Voroperationen

Von den 80 Augen, die einer TE unterzogen wurden, waren 58,7 % voroperiert. Die am häufigsten durchgeführten Voroperationen bestanden aus Phakoemulsifikationen (Phako), teilweise in Kombination mit Kahook Dual Blade, und Lasereingriffen. Zwölf Augen hatten bereits zuvor eine TE, zwei eine KP.

Bei 38 untersuchten Augen, die eine Kanalooplastik erhalten haben, waren 60,5 % voroperiert. Analog zur TE lagen auch hier am meisten Phakoemulsifikationen teilweise in Kombination mit Kahook Dual Blade und Lasereingriffe vor. Zwei Augen hatten bereits eine KP erhalten.

4.3. Normalvariablen

Zu den Normalvariablen zählen Glaukomart, Hornhautdicke, IOD, BSCVA, MD, Refraktion, RNFL und Medikamente.

4.3.1. Glaukomart

In der Gruppe der TE wurden insgesamt 80 Augen operiert. Bei 66,2 % bestand ein POWG, des Weiteren lagen 21,6 % PEX-Glaukome, 8,1 % Normaldruckglaukome, 2,7 % Engwinkelglaukome und 1,4 % Juveniles Glaukom vor.

Von den insgesamt 40 Kanaloplastiken entfielen 61,1 % auf das POWG, 30,6 % auf PEX-Glaukome und je 2,8 % auf Normaldruckglaukom, Pigmentdispersionsglaukom und Steroidresponder.

Zu sehen sind diese Ergebnisse in Abbildung 3.

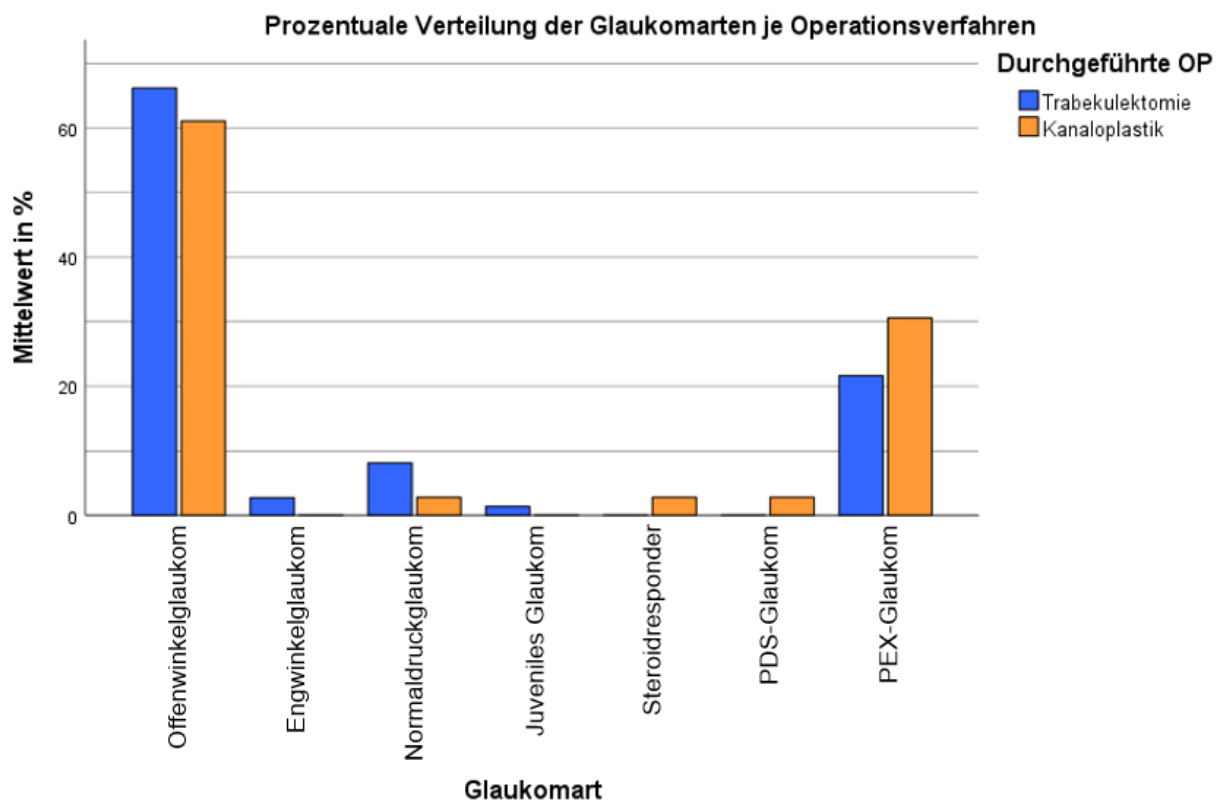


Abbildung 3: Prozentuale Verteilung der einzelnen Glaukomarten für TE und KP (Quelle: Eigene Darstellung)

Der exakte Test nach Fisher ergab kein signifikantes Ergebnis der Glaukomarten zwischen TE und KP ($p = 0,308$).

4.3.2. Hornhautdicke

In der Gruppe der Trabekulektomie wurden zur Erstvorstellung 60 Augen auf ihre Hornhautdicke geprüft. Im Mittel ergab dies einen Wert von $541,3 \pm 33,8 \mu\text{m}$. Die geringste Dicke lag bei $472 \mu\text{m}$, die stärkste bei $621 \mu\text{m}$.

In der Gruppe der Kanaloplastik wurde bei 30 Augen eine Pachymetrie angefertigt. Hier ergab der Mittelwert $544 \pm 37,3 \mu\text{m}$ bei einem Minimum von $491 \mu\text{m}$ und einem Maximum von $649 \mu\text{m}$.

Bezüglich der Hornhautdicke bestand gemäß Mann-Whitney-U-Test (U-Test) kein signifikanter Unterschied ($p = 0,949$).

4.3.3. Augeninnendruck

In der Patientengruppe, die mit einer Trabekulektomie therapiert wurden, wurde bei 56 Augen bei der Erstvorstellung der IOD_{max} erfragt. Dieser lag im Mittel bei $32,0 \pm 11,6$ mmHg. Prä- und auch postoperativ sank der IOD und erreichte im ersten und sechsten postoperativen Monat einen Tiefpunkt von ca. 11 mmHg. Im letzten Follow-up von zwölf Monaten war der mittlere IOD bei einer Anzahl (n) von 21 Augen auf $14,7 \pm 6,0$ mmHg angestiegen.

Der detaillierte Verlauf des IOD nach TE ist in Tabelle 1 ersichtlich. Diese zeigt Informationen über den Mittelwert inkl. Standardabweichung (Std.-Abw.) sowie über Minima und Maxima.

Tabelle 1: Tabellarischer Verlauf IOD [mmHg] TE (Quelle: Eigene Darstellung)

	Erstvorst.	präOP	1. Tag	1. Monat	3. Monat	6. Monat	12. Monat
Fallzahl	56	75	80	55	33	26	21
Mittelwert	32,0	23,4	18,4	11,2	14,0	11,0	14,7
Std.-Abw.	11,6	10,3	10,2	6,3	9,6	4,0	6,0
Minimum	16,0	10,0	2,0	2,0	3,0	5,0	4,0
Maximum	68,0	53,0	44,0	32,0	44,0	22,0	26,0

Bei jenen Patienten, die eine Kanalooplastik erhalten haben, wurde bei der Erstvorstellung ein IOD_{max} von $29,1 \pm 9,1$ mmHg erfragt. Sowohl vor als auch nach der Operation sank der Augeninnendruck und erreichte seinen Tiefpunkt am ersten postoperativen Tag mit einem Mittelwert von $9,1 \pm 5,9$ mmHg. Im sechsten und zwölften Monat lag der IOD mit ca. 16 mmHg annähernd konstant vor.

Der detaillierte Verlauf des IOD nach KP ist in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Tabellarischer Verlauf IOD [mmHg] KP (Quelle: Eigene Darstellung)

	Erstvorst.	präOP	1. Tag	1. Monat	3. Monat	6. Monat	12. Monat
Fallzahl	28	40	39	16	14	13	12
Mittelwert	29,1	21,5	9,1	15,4	19,6	15,9	16,4
Std.-Abw.	9,1	8,5	5,9	8,1	10,1	5,4	6,3
Minimum	10,0	9,0	2,0	5,0	11,0	9,0	6,0
Maximum	46,0	53,0	32,0	34,0	49,0	30,0	29,0

Der U-Test ergab, dass Patienten nach KP am ersten Tag geringere Druckwerte als trabekulektomierte Patienten aufwiesen ($p < 0,001$). Dies änderte sich ab dem ersten Monat zugunsten der TE. Gemäß Cohen bilden die r-Werte des ersten Tages sowie des dritten und sechsten Monats mittlere, der erste Monat einen schwachen Zusammenhang⁵⁹. Der Erhebungszeitpunkt des zwölften Monats ergab kein signifikantes Ergebnis ($p = 0,512$). Eine Übersicht über die Teststatistik zeigt Tabelle 3. Die TE-Werte sind in Blau hinterlegt, jene der KP in Orange. Die schwarze Zahl unter „n“ bildet die Gesamtzahl der getesteten Augen.

Tabelle 3: Mann-Whitney-U-Test IOD für TE und KP (Quelle: Eigene Darstellung)

IOD [mmHg]	Median		n			U-Wert	Z-Wert	r-Wert	p-Wert
1. Tag	18,0	8,0	80	39	119	644,0	-5,192	0,476	< 0,001
1. Monat	10,0	12,0	55	16	71	286,0	-2,127	0,252	0,033
3. Monat	11,0	15,5	33	14	47	104,0	-2,963	0,432	0,003
6. Monat	11,0	15,0	26	13	39	70,0	-2,960	0,474	0,003

Die beschriebenen Verläufe können zusammenfassend in Abbildung 4 unter Angabe der p-Werte des Mann-Whitney-U-Tests betrachtet werden. Diese beinhaltet Angaben zu den Mittel-, Minimal- und Maximalwerten, wobei die TE in Blau und die KP in Orange dargestellt ist. Die Mittelwerte sind über einen Liniengraphen miteinander verbunden.

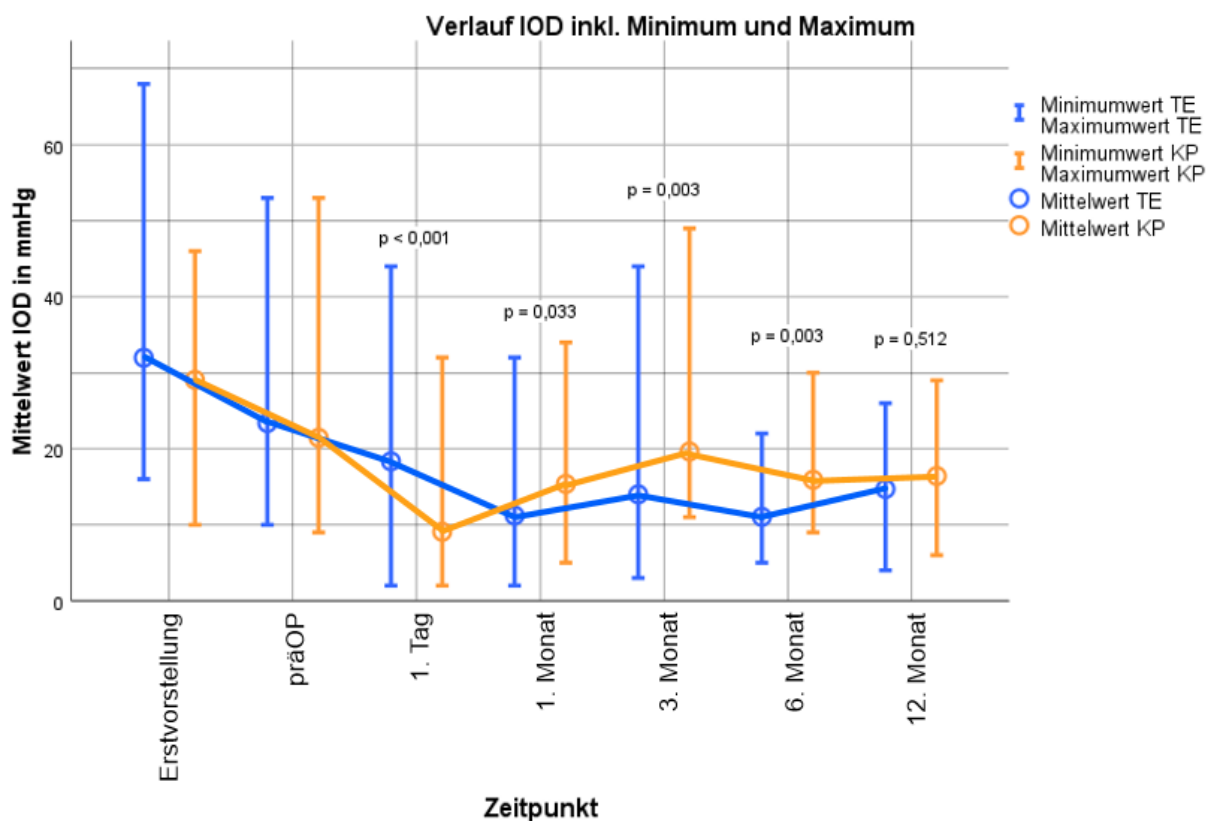


Abbildung 4: Verlauf IOD inkl. Minimum und Maximum für TE und KP (Quelle: Eigene Darstellung)

Abbildung 5 zeigt Gegenüberstellungen des prä- und der postoperativen IOD. Die angefertigten Streudiagramme enthalten Informationen zum jeweiligen Erhebungszeitpunkt (erster postoperativer Tag ausgenommen), OP-Verfahren sowie über die etwaige Notwendigkeit, Medikamente zum Erreichen des Augeninnendrucks zu applizieren.

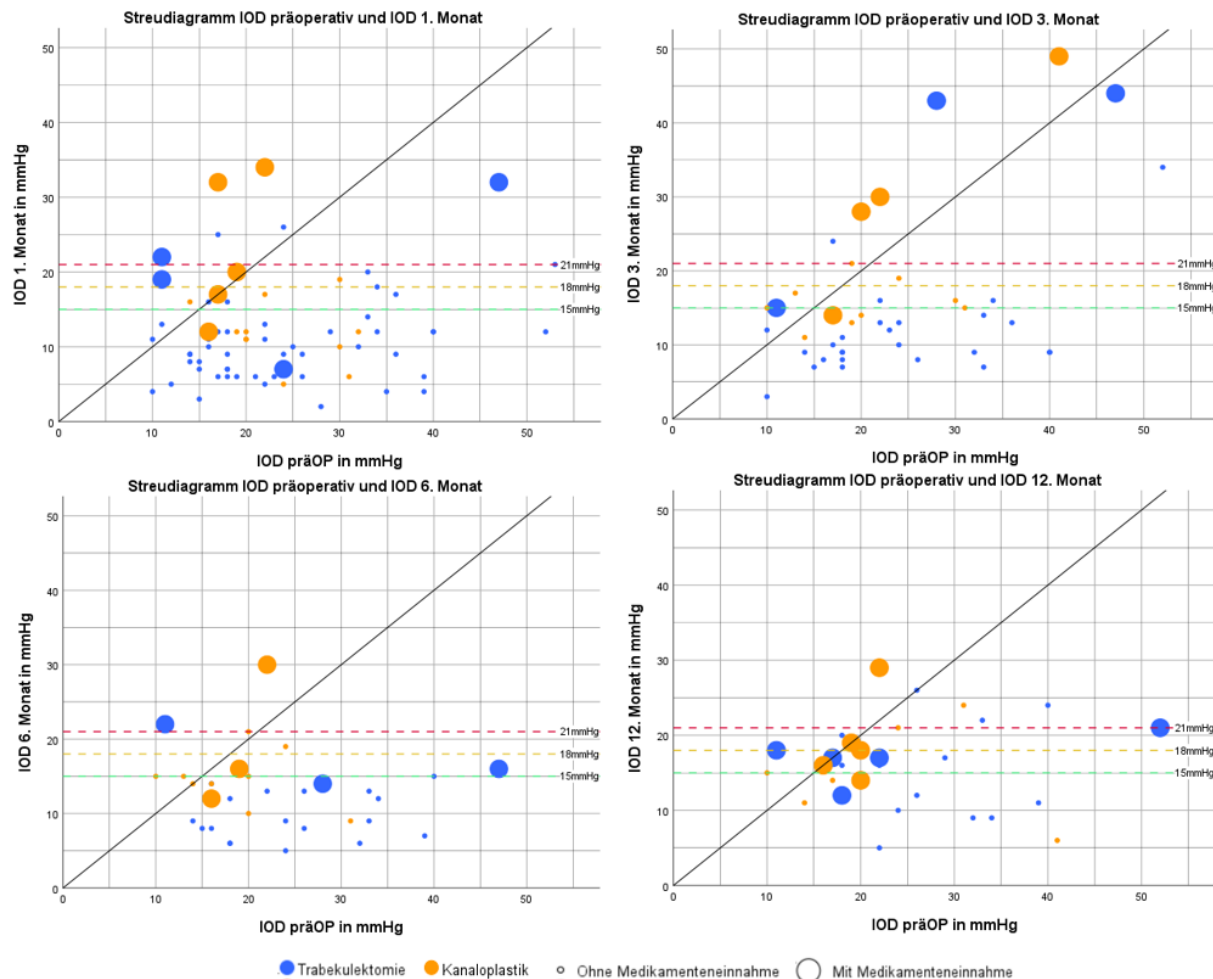


Abbildung 5: Streudiagramme präoperativer und postoperativer IOD (Quelle: Eigene Darstellung)

In der Gruppe der Kanalooplastik wurde weiterhin untersucht, ob das Auftreten eines Hyphämas Auswirkungen auf den IOD barg. Es konnte gezeigt werden, dass Patienten mit einem Hyphäma niedrigere Augeninnendrucke aufwiesen, siehe Tabelle 4.

Tabelle 4: Vergleich IOD [mmHg] bei Patienten mit und Hyphäma (Quelle: Eigene Darstellung)

	Mit Hyphäma	Ohne Hyphäma
1. Tag	7,2 ± 6,7	10,8 ± 5,0
1. Monat	14,0 ± 8,2	17,1 ± 8,1
3. Monat	19,6 ± 12,2	19,7 ± 7,7
6. Monat	14,5 ± 2,8	17,1 ± 6,8
12. Monat	16,0 ± 6,0	16,8 ± 7,1

Der Mann-Whitney-U-Test ergab am ersten postoperativen Tag eine Signifikanz ($p = 0,003$): Bei Medianen von 5,5 mmHg (mit Hyphäma) und 9 mmHg (ohne Hyphäma) und 18 Patienten mit Hyphäma und 20 Patienten ohne Hyphäma lag die Teststatistik bei $U = 82,5$, $Z = -2,864$ und $r = 0,465$. Gemäß Cohen lag somit ein mittlerer Zusammenhang vor⁵⁹.

4.3.4. Bester brillenkorrigierter Visus

Wie bereits in Kapitel 3.3 erwähnt, wurde der bestkorrigierte Visus bei der Erhebung in logMAR umgerechnet, sodass der in Klammern hintangestellte Dezimalvisus nur vage aus dem Mittelwert konzipiert werden konnte.

Bei den trabekulektomierten Patienten wurden in der Erstvorstellung 71 BSCVA-Werte erhoben. Daraus ergab sich ein Mittelwert von logMAR $0,23 \pm 0,32$ (0,63). Am ersten postoperativen Tag verschlechterte sich der BSCVA auf logMAR $0,57 \pm 0,66$ (0,25) und erreichte im letzten Follow-up einen Wert von logMAR $0,53 \pm 0,70$ (0,32).

Der Verlauf des BSCVA nach TE kann in Tabelle 5 nachgesehen werden. Diese enthält sowohl Angaben zum Mittelwert in logMAR inkl. Standardabweichung als auch zum Mittelwert als Dezimalvisus.

Tabelle 5: Tabellarischer Verlauf BSCVA [logMAR + Dezimalvisus] TE (Quelle: Eigene Darstellung)

	Erstvorst.	präOP	1. Tag	1. Monat	3. Monat	6. Monat	12. Monat
Fallzahl	71	69	77	49	29	26	18
Mittelwert [logMAR]	0,23	0,29	0,57	0,36	0,35	0,35	0,53
Std.-Abw.	0,32	0,46	0,66	0,42	0,40	0,36	0,70
Minimum	-0,1	-0,1	0	-0,1	-0,1	-0,1	-0,1
Maximum	1,3	2,3	2,3	2,3	1,5	1,2	2,7
Mittelwert [Dezimal]	0,63	0,50	0,25	0,40	0,40	0,40	0,32

In der Patientengruppe der Kanaloplastik betrug der Mittelwert bei der Erstvorstellung $0,38 \pm 0,5$ (0,4) bei einer untersuchten Anzahl von 36 Augen. Nach der Kanaloplastik sank der BSCVA am ersten postoperativen Tag, erreichte im ersten Monat jedoch wieder annähernd den Ausgangswert von logMAR $0,41 \pm 0,54$ (0,4). Anschließend wurde im letzten Follow-up ein Mittelwert von logMAR $0,45 \pm 0,6$ (0,32) bei zwölf Augen gemessen.

Zu sehen sind diese Ergebnisse detailliert in Tabelle 6.

Tabelle 6: Tabellarischer Verlauf BSCVA [logMAR + Dezimalvisus] KP (Quelle: Eigene Darstellung)

	Erstvorst.	präOP	1. Tag	1. Monat	3. Monat	6. Monat	12. Monat
Fallzahl	36	38	33	16	14	13	12
Mittelwert [logMAR]	0,38	0,36	0,82	0,41	0,50	0,50	0,45
Std.-Abw.	0,50	0,53	0,61	0,54	0,61	0,59	0,60
Minimum	0	-0,1	0,1	0	0	0	0
Maximum	1,9	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
Mittelwert [Dezimal]	0,40	0,40	0,16	0,40	0,32	0,32	0,32

Gemäß Mann-Whitney-U-Test wies der Visus jener Patienten, die eine Trabekulektomie erhielten, am ersten postoperativen Tag niedrigere logMAR-Werte (Median_{TE} (Mdn) = 0,3 (0,5)) als nach Kanaloplastik (Mdn_{KP} = 0,5 (0,3)) auf: $U(n_{TE} = 77, n_{KP} = 33) = 817,5$, $Z = -2,972$, $p = 0,003$. Die Effektstärke nach Cohen lag bei $r = 0,283$ und entsprach somit einem schwachen Zusammenhang⁵⁹. Die übrigen Erhebungszeitpunkte ergaben keinen signifikanten Unterschied ($p \geq 0,05$).

Grafisch sind die Ergebnisse in Abbildung 6 unter Angabe der p-Werte des U-Tests zu finden. Die Mittelwerte sind sowohl in logMAR als auch in Dezimalvisus abgebildet.

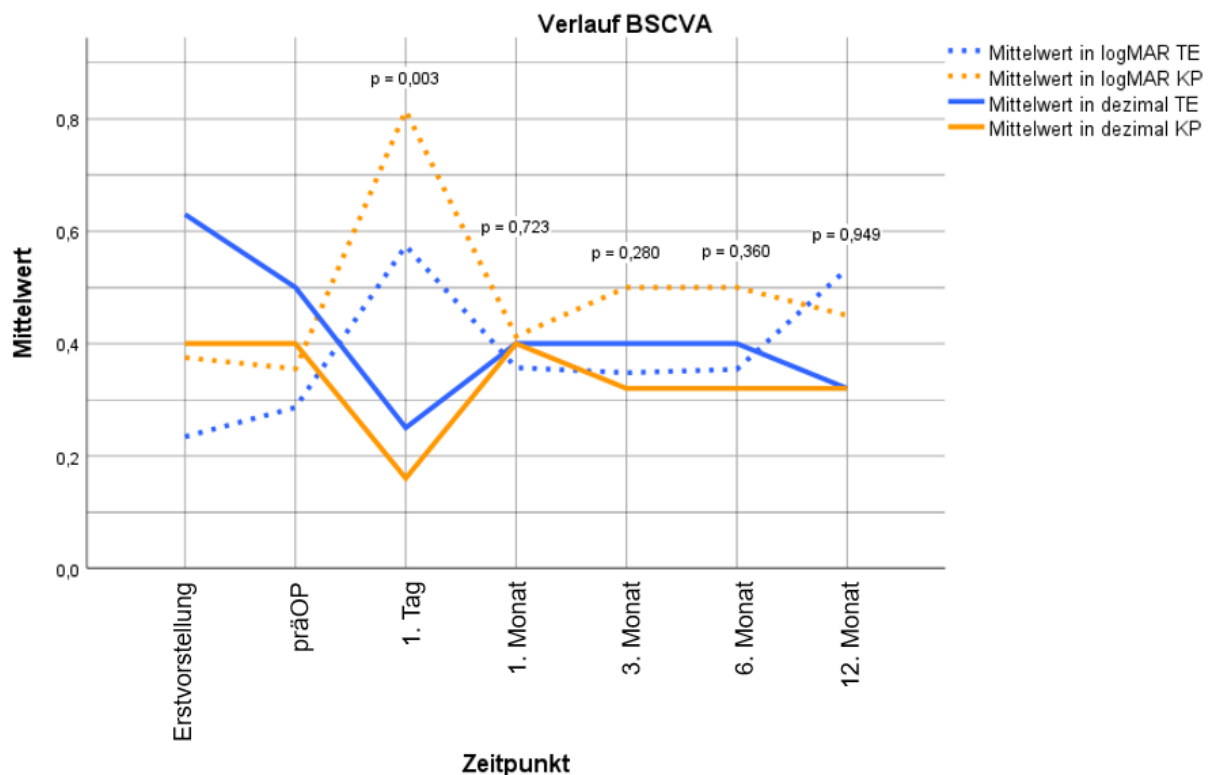


Abbildung 6: Verlauf Visus in logMAR und Dezimalzahl für TE und KP (Quelle: Eigene Darstellung)

4.3.5. Refraktion

Die mittlere Sphäre blieb in der TE-Gruppe sowohl prä- als auch postoperativ nahezu konstant im leicht myopen Bereich (-0,50 dpt). Der Zylinder nahm im Mittel in Richtung negativer Werte ab. Die Achse hingegen unterlag einer sinusförmigen Schwankung mit Maximum zum präoperativen Zeitpunkt und Tiefpunkt im dritten Monat.

Die detaillierten Verläufe der Refraktionsfehler finden sich in Tabelle 7.

Tabelle 7: Tabellarischer Verlauf Sphäre und Zylinder [dpt] und Achse [°] TE (Quelle: Eigene Darstellung)

	Erstvorst.	präOP	1. Tag	1. Monat	3. Monat	6. Monat	12. Monat
Fallzahl	63	66	31	33	25	21	16
Sphäre	-0,50	-0,31	-0,50	-0,46	-1,07	-0,01	-0,01
Std.-Abw.	2,86	2,62	3,07	1,81	2,24	2,51	1,70
Minimum	-11,25	-11,25	-11,25	-5,75	-7,00	-5,25	-2,50
Maximum	4,75	5,50	5,00	2,25	2,50	6,25	2,75
Zylinder	-0,90	-1,1	-0,99	-1,37	-1,31	-1,39	-1,33
Std.-Abw.	0,68	1,2	0,72	1,18	1,01	1,01	0,85
Minimum	-3,25	-7,25	-2,75	-5,25	-4,75	-4,25	-3,00
Maximum	0	1,25	0,00	-0,25	-0,50	-0,25	-0,25
Achse	86	95	90	69	64	83	84
Std.-Abw.	45	52	47	48	44	48	49
Minimum	0	2	11	5	2	1	16
Maximum	178	179	178	172	168	171	176

Die sphärische Refraktion in der Gruppe der KP lag initial bei ca. -2,00 dpt und verringerte sich bis zum letzten Kontrolltermin auf eine Myopie von -1,00 dpt. Der Astigmatismus veränderte sich vom präoperativen zum postoperativen Zustand kaum und lag annähernd konstant bei ca. -1,20 dpt. Die Achse verzeichnete trotz Anstieg zum sechsten Monat einen Abwärtstrend. Die detaillierten Refraktionsfehler können Tabelle 8 entnommen werden.

Tabelle 8: Tabellarischer Verlauf Sphäre und Zylinder [dpt] und Achse [°] KP (Quelle: Eigene Darstellung)

	Erstvorst.	präOP	1. Tag	1. Monat	3. Monat	6. Monat	12. Monat
Fallzahl	32	37	24	13	12	12	9
Sphäre	-1,77	-1,89	-2,54	-1,62	-1,42	-1,04	-1,00
Std.-Abw.	4,57	3,82	4,50	3,60	1,59	1,59	1,93
Minimum	-18,00	-18,00	-18,00	-12,75	-3,75	-3,75	-4,50
Maximum	2,25	1,50	1,25	1,25	1,00	1,00	1,00
Zylinder	-1,14	-0,95	-1,26	-1,25	-1,21	-1,38	-1,22
Std.-Abw.	0,85	0,89	0,72	1,23	0,91	0,77	1,30
Minimum	-4,00	-3,25	-3,25	-3,50	-3,50	-3,50	-3,50

	Erstvorst.	präOP	1. Tag	1. Monat	3. Monat	6. Monat	12. Monat
Maximum	-0,25	1,50	-0,25	0,75	-0,25	-0,50	1,25
Achse	91	89	81	81	87	92	72
Std.-Abw.	50	51	48	46	51	47	45
Minimum	0	5	2	25	11	6	6
Maximum	174	180	171	160	175	158	134

Bezüglich der sphärischen Refraktion am ersten postoperativen Tag ergab der U-Test einen signifikanten Unterschied zwischen TE und KP ($p = 0,026$), $U = 241,0$, $Z = -2,226$ bei $Mdn_{TE} = -0,25$ dpt und $Mdn_{KP} = -1$ dpt sowie $n_{TE} = 31$ und $n_{KP} = 24$. Der r-Wert lag bei 0,300, sodass ein mittlerer Zusammenhang festgestellt werden konnte⁵⁹. Alle weiteren Follow-up-Zeitpunkte sowie Refraktionsfehler ergaben keine Signifikanzen ($p \geq 0,05$).

Optisch wurden die Verlaufsgraphen der Refraktionsfehler in Abbildung 7 dargestellt. Die obere Abbildungshälfte bildet Sphäre und Zylinder ab, die untere Hälfte stellt die Achse dar. Gemäß der Darstellungsform der Graphen beziehen sich die gänzlich umrandeten p-Werte in der unteren Hälfte auf die Sphäre, die gestrichelten auf den Zylinder.

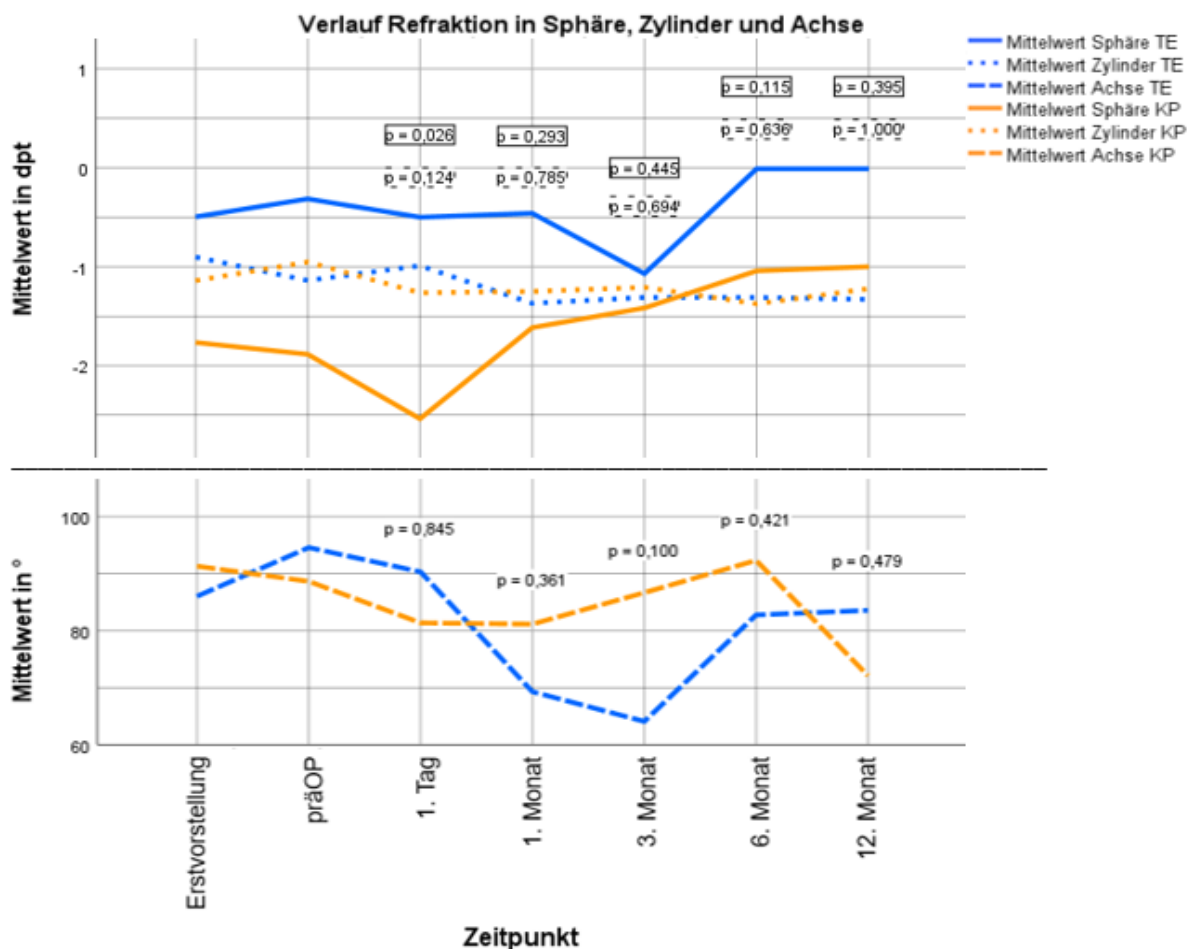


Abbildung 7: Verlaufsgrafiken Refraktion für TE und KP (Quelle: Eigene Darstellung)

4.3.6. Gesichtsfeld

In der Erstvorstellung wurden 56 Augen gemessen, die im weiteren Verlauf eine TE erhalten haben. Der Mittelwert der MD lag bei $-9,1 \pm 6,2$ dB. Nach intermittierenden Schwankungen, die die Untersuchungen von einem Auge am ersten Tag, zwei im ersten Monat und erneut von einem Auge im dritten Monat abbildeten, wurden nach zwölf postoperativen Monaten bei fünf Augen ein Gesichtsfeld angefertigt, das einen Mittelwert von $-11,9 \pm 10,2$ dB ergab. Demnach verlor die Gruppe der TE innerhalb des Untersuchungszeitraums eine MD von 2,8 dB. Diese Ergebnisse sind in Tabelle 9 detailliert aufgelistet.

Tabelle 9: Tabellarischer Verlauf Gesichtsfeld in MD [dB] TE (Quelle: Eigene Darstellung)

	Erstvorst.	präOP	1. Tag	1. Monat	3. Monat	6. Monat	12. Monat
Fallzahl	56	39	1	2	1	4	5
Mittelwert	-9,1	-12,6	-4,6	-8,4	-14,3	-10,5	-11,9
Std.-Abw.	6,2	6,2	-	8,9	-	8,5	10,2
Minimum	-26,1	-26,1	-	-14,7	-	-20,4	-29,1
Maximum	-0,3	-0,4	-	-2,1	-	-1,1	-4,2

In der Gruppe der KP wurde initial bei 30 Augen die MD erhoben. Der Mittelwert belief sich auf $-11,7 \pm 7,5$ dB. Am ersten postoperativen Tag fand keine Perimetrie statt. Nach konträren Schwankungen zur TE, die die Untersuchung lediglich eines Auges im ersten Monat berücksichtigten, betrug die mittlere MD im letzten Follow-up $-11,8 \pm 4,5$ dB. Sie wurde bei vier Augen erhoben. Demnach konnte in der KP-Gruppe kein MD-Verlust nachgewiesen werden. Tabelle 10 fasst diese Ergebnisse zusammen.

Tabelle 10: Tabellarischer Verlauf Gesichtsfeld in MD [dB] KP (Quelle: Eigene Darstellung)

	Erstvorst.	präOP	1. Tag	1. Monat	3. Monat	6. Monat	12. Monat
Fallzahl	30	23	-	1	5	5	4
Mittelwert	-11,7	-14,8	-	-25,7	-14,1	-21,0	-11,8
Std.-Abw.	7,5	8,3	-	-	9,2	6,9	4,5
Minimum	-24,5	-26,3	-	-	-24,0	-31,4	-15,4
Maximum	-0,4	-1,1	-	-	-4,6	-13,5	-5,2

Bezüglich der MD ergab der Mann-Whitney-U-Test zu keinem Erhebungszeitpunkt ein signifikantes Ergebnis ($p \geq 0,05$).

In der zusammenfassenden Abbildung 8 ist der fehlende Werte der KP am ersten postoperativen Tag insofern berücksichtigt, als dass dieser als Erhebungszeitpunkt nicht abgebildet ist.

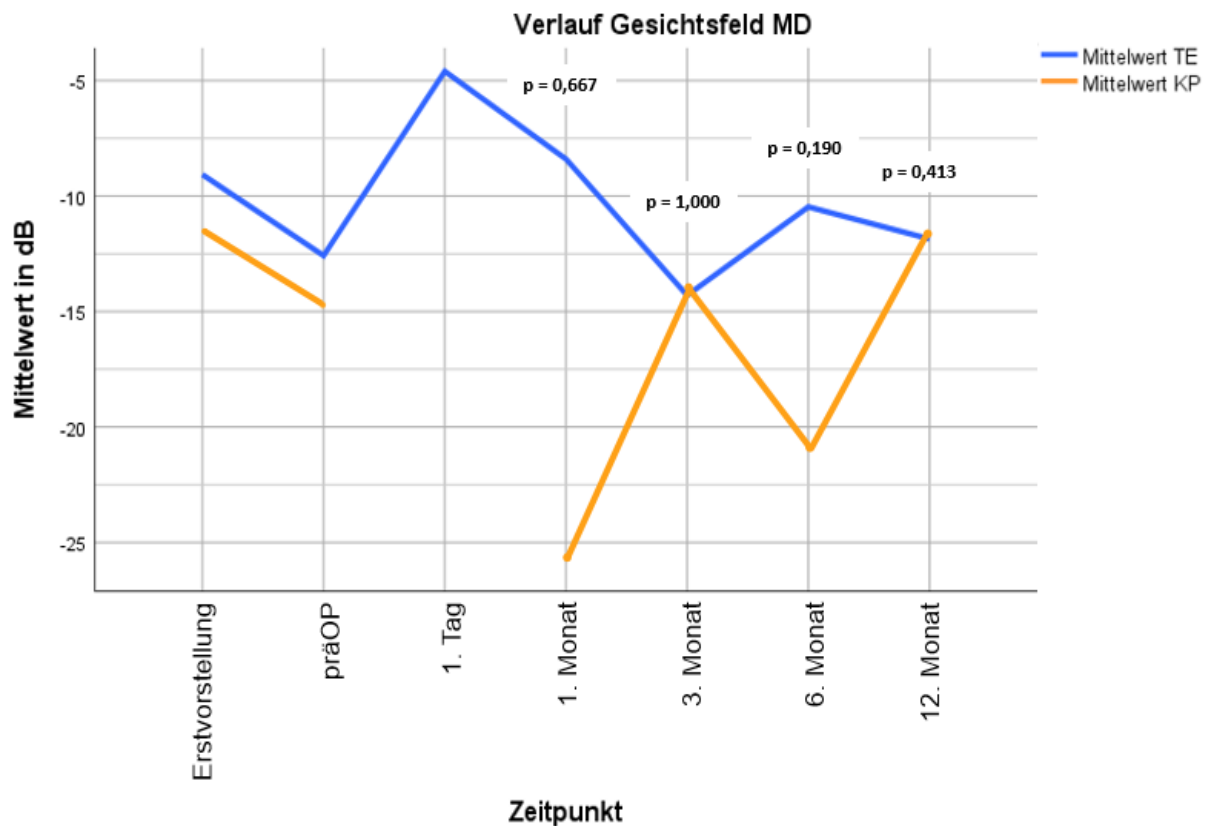


Abbildung 8: Verlauf MD in dB für TE und KP (Quelle: Eigene Darstellung)

4.3.7. Retinale Nervenfaserschicht

In der Gruppe der Trabekulektomie ist bezüglich der mittleren retinalen Nervenfaserschicht trotz Schwankungen am ehesten ein leichter Trend der Abnahme zu erkennen. Nach einem Monat übertrafen die Mittelwerte die Werte der Erstvorstellung. Im dritten postoperativen Monat verzeichneten die Werte in allen vier Bereichen einen Abstieg, dessen Tendenz trotz kurzem Anstieg im sechsten Monat auch im zwölften Monat ersichtlich war.

Diese und weitere Werte sind in Tabelle 11 nachzulesen.

Tabelle 11: Tabellarischer Verlauf RNFL in G, T, TS und TI [μm] TE (Quelle: Eigene Darstellung)

	Erstvorst.	präOP	1. Tag	1. Monat	3. Monat	6. Monat	12. Monat
Fallzahl	69	54	6	13	19	24	22
RNFL G	54,6	56,4	50,3	58,5	51,5	53,4	52,4
Std.-Abw.	14,5	17,9	10,1	20,5	12,1	14,5	12,0
Minimum	27,0	27,0	39,0	35,0	35,0	37,0	36,0
Maximum	96,0	128,0	66,0	94,0	75,0	88,0	77,0

	Erstvorst.	präOP	1. Tag	1. Monat	3. Monat	6. Monat	12. Monat
RNFL T	45,3	44,9	42,3	47,7	40,8	46,1	42,4
Std.-Abw.	14,6	14,2	13,3	17,2	12,7	17,0	13,0
Minimum	13,0	21,0	31,0	29,0	22,0	22,0	23,0
Maximum	83,0	85,0	67,0	90,0	67,0	67,0	73,0
RNFL TS	70,1	71,8	55,3	73,9	61,3	64,3	58,4
Std.-Abw.	25,2	27,4	9,2	34,8	21,3	26,4	23,5
Minimum	21,0	22,0	45,0	42,0	35,0	29,0	24,0
Maximum	145,0	141,0	70,0	153,0	99,0	124,0	108,0
RNFL TI	71,8	69,9	66,5	80,8	62,7	67,9	65,3
Std.-Abw.	29,3	29,2	22,1	37,4	21,2	27,1	22,4
Minimum	23,0	22,0	36,0	40,0	33,0	28,0	33,0
Maximum	150,0	150,0	91,0	164,0	104,0	124,0	123,0

In der Gruppe der Kanaloplastik wurde am ersten präoperativen Tag in allen vier Bereichen eine von der Erstvorstellung ausgehende abgesunkene RNFL verzeichnet. Insgesamt konnte bei RNFL G konstant gebliebene, bei RNFL T und TS angestiegene und bei RNFL TI leicht abgesunkene Werte verzeichnet werden.

In Tabelle 12 sind diese und weitere Werte dargestellt.

Tabelle 12: Tabellarischer Verlauf RNFL in G, T, TS und TI [µm] KP (Quelle: Eigene Darstellung)

	Erstvorst.	präOP	1. Tag	1. Monat	3. Monat	6. Monat	12. Monat
Fallzahl	31	29	2	7	9	11	13
RNFL G	57,2	51,5	60,0	52,9	53,3	56,6	57,2
Std.-Abw.	22,9	15,2	18,4	18,2	21,2	16,9	17,1
Minimum	33,0	28,0	47,0	37,0	33,0	36,0	37,0
Maximum	143,0	86,0	73,0	80,0	90,0	89,0	89,0
RNFL T	48,7	46,6	56,0	44,4	40,3	45,6	50,0
Std.-Abw.	22,6	20,4	22,6	14,5	13,2	13,4	13,7
Minimum	20,0	20,0	40,0	21,0	23,0	22,0	29,0
Maximum	136,0	105,0	72,0	61,0	60,0	59,0	75,0
RNFL TS	75,7	67,5	84,0	56,4	60,2	69,7	82,0
Std.-Abw.	41,8	33,1	32,5	28,1	32,7	33,4	36,8
Minimum	18,0	18,0	61,0	18,0	27,0	17,0	35,0
Maximum	208,0	134,0	107,0	93,0	126,0	125,0	156,0
RNFL TI	72,2	63,9	112,5	70,4	71,7	71,2	70,9
Std.-Abw.	34,0	27,4	0,7	35,0	33,6	37,0	36,9
Minimum	8,0	15,0	112,0	38,0	42,0	21,0	30,0
Maximum	140,0	124,0	113,0	125,0	140,0	139,0	139,0

Der Mann-Whitney-U-Test ergab zu keinem Zeitpunkt einen signifikanten Unterschied zwischen Trabekulektomie und Kanaloplastik ($p \geq 0,05$).

Abbildung 9 fasst den Verlauf der RNFL G, T, TS und TI für TE und KP inkl. der p-Werte des Mann-Whitney-U-Tests zusammen.

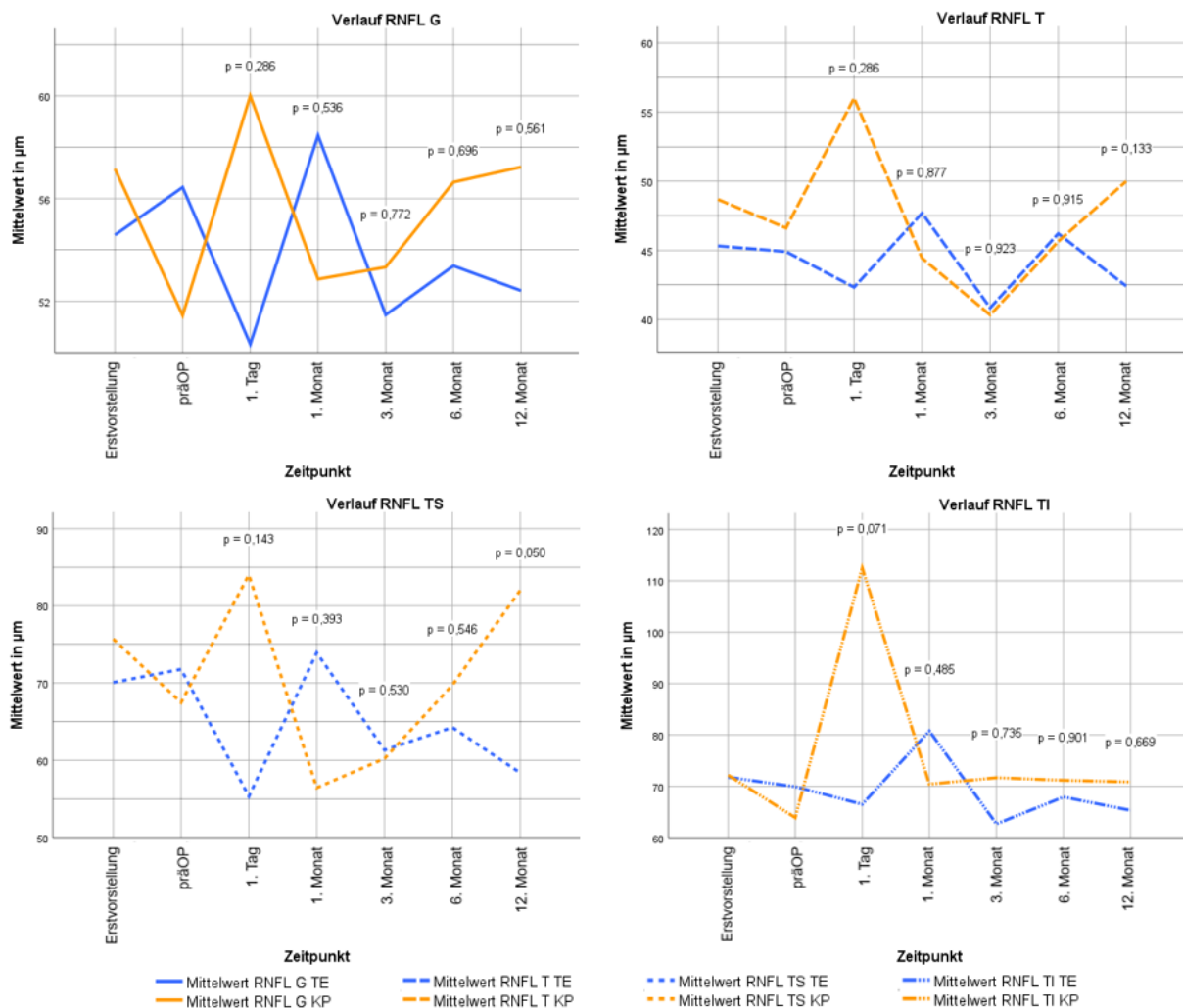


Abbildung 9: Verlauf RNFL G, T, TS und TI für TE und KP (Quelle: Eigene Darstellung)

4.3.8. Medikamenteneinnahme

In diesem Kapitel findet eine Übersicht über die in toto eingenommene Medikation statt, sodass sie Atropin inkludiert, obwohl dieses kein Antiglaukomatosum repräsentiert. Aus diesem Grund wird Atropin in allen nachfolgenden medikamentenbasierten Kapiteln auch bei verzeichneter Einnahme nicht als Medikation gewertet.

In der Erstvorstellung wurden 74 Augen untersucht. Am häufigsten wurden Prostaglandine gefolgt von lokalen Carboanhydrasehemmern und β -Blockern angewandt. Präoperativ zeigte sich das gleiche Applikationsschema, des Weiteren lag hier das Anwendungsmaximum von

systemischen CAH vor (n = 38 bzw. 24,1 % aller angewandter Wirkstoffe). Am ersten postoperativen Tag wurden weitestgehend keine antiglaukomatösen Medikamente verwendet, lediglich Atropin wurde in 20 von 80 Fällen appliziert. Bei einer insgesamt benötigten Anzahl an Wirkstoffen von 28 lag der Atropinanteil bei 71,4 %. Ähnliches zeigte sich am Kontrolltermin nach einem Monat. Gemessen auf das jeweilige Patientenkollektiv erhielten 25 % der Patienten am ersten Tag und 24 % im ersten Monat Atropin. Zur Veranschaulichung sind diese und weitere Ergebnisse in Tabelle 13 dargestellt.

Tabelle 13: Wirkstoffeinnahme pro Erhebungszeitpunkt für TE (Quelle: Eigene Darstellung)

	Erstvorst.	präOP	1. Tag	1. Monat	3. Monat	6. Monat	12. Monat
Fallzahl	74	76	80	55	32	25	20
Prostagl.	58 32,6 %	40 25,3 %	2 7,1 %	2 10,5 %	1 1,1 %	1 25,0 %	2 18,2 %
β-Blocker	38 21,3 %	25 15,8 %	1 3,6 %	2 10,5 %	3 3,3 %	1 25,0 %	2 18,2 %
α-Agonist	25 14 %	21 13,3 %	-	-	1 1,1 %	-	1 9,1 %
CAH lok.	49 27,5 %	31 19,6 %	-	1 5,3 %	1 1,1 %	1 25,0 %	4 36,4 %
Pilocarpin	-	3 1,9 %	-	1 5,3 %	-	-	-
Atropin	-	-	20 71,4 %	13 68,4 %	1 1,1 %	-	1 9,1 %
CAH sys.	8 4,5 %	38 24,1 %	5 17,9 %	-	2 2,2 %	1 25,0 %	1 9,1 %

In der Gruppe der Kanaloplastik wurden zur Erstvorstellung 39 Augen erhoben. Die zumeist verwendeten Wirkstoffe stellten Prostaglandine dar, gefolgt von gleichauf liegenden β-Blockern und lokal verwendeten CAH. Präoperativ stellten die Prostaglandine die Spitze der angewandten Wirkstoffe dar, wieder gefolgt von den lokalen CAH und den β-Blockern. Die Anwendung der systemischen CAH hatte am präoperativen Erhebungszeitpunkt mit 15 Anwendungen ihren Maximalwert (16,7 % aller angewandter Wirkstoffe zu diesem Erhebungszeitpunkt). Am ersten postoperativen Tag wurden bei 40 erhobenen Augen insgesamt je einmalig β-Blocker, Prostaglandine und lokale CAH angewandt. In den nachfolgenden Follow-up-Zeitpunkten stieg die Applikation von Medikamenten wieder an. Zu entnehmen sind diese und weitere Werte aus Tabelle 14.

Tabelle 14: Wirkstoffeinnahme pro Erhebungszeitpunkt für KP (Quelle: Eigene Darstellung)

	Erstvorst.	präOP	1. Tag	1. Monat	3. Monat	6. Monat	12. Monat
Fallzahl	39	40	40	17	14	12	11
Prostagl.	27 31,4 %	26 28,9 %	1 33,3 %	3 30,0 %	3 25,0 %	1 16,7 %	4 30,8 %

	Erstvorst.	präOP	1. Tag	1. Monat	3. Monat	6. Monat	12. Monat
β-Blocker	22 25,6 %	16 17,8 %	1 33,3 %	1 10,0 %	3 25,0 %	2 33,3 %	3 23,1 %
α-Agonist	13 15,1 %	9 10 %	-	2 20,0 %	1 8,3 %	-	3 23,1 %
CAH lok.	22 25,6 %	21 23,3 %	1 33,3 %	3 30,0 %	3 25,0 %	3 50,0 %	2 15,4 %
Pilocarpin	1 1,2 %	1 1,1 %	-	-	1 8,3 %	-	-
Atropin	1 1,2 %	2 2,2 %	-	-	-	-	-
CAH sys.	6 7,0 %	15 16,7 %	-	1 10,0 %	1 8,3 %	-	1 7,7 %

Die Medikamenteneinnahme wurde mittels Chi²-Test auf Unabhängigkeit überprüft. Dieser ergab zwei signifikante Ergebnisse: am ersten postoperativen Tag ($\chi^2(5) = 51,492$, $p < 0,001$) sowie nach einem Monat ($\chi^2(7) = 33,477$, $p < 0,001$). Wurde in beiden Fällen die Atropineinnahme aus der Teststatistik entfernt, so ergab der Test am ersten Tag weiterhin ein positives Ergebnis ($\chi^2(4) = 15,238$, $p = 0,004$), während das Ergebnis im ersten Monat nicht mehr signifikant ausfiel ($p = 0,374$). Jedoch wiesen die Kreuztabellen in allen drei Fällen Zellhäufigkeiten von < 5 auf und auch die kleinste erwartete Zellhäufigkeit lag bei < 1 . Daher sind diese Ergebnisse des Chi²-Tests möglicherweise ungültig. Ein exakter Test nach Fisher konnte alternativ aufgrund der Konzipierung dieser Variable nicht durchgeführt werden.

4.4. Erweiterte Parameter

Die erweiterten Parameter sind einerseits die Komplikationen, Revisionen und der IOD-Score sowie weitere aus diesen und den Normalvariablen entstandene Parameter wie die prozentuale IOD-Senkung, der OP-Erfolg und die Wirkstoffanzahl.

4.4.1. Komplikationen

Am ersten postoperativen Tag lagen in 95,1 % der TE-Fälle keine Komplikationen vor. Der erste Monat war von simultan vorliegenden Komplikationen je Auge geprägt, wodurch die Aufsummierung der Prozentzahlen zu einer Gesamtpopulation von > 100 % führt. Dies betraf AH-Amotiones und Makulafalten, die in zwei Fällen gleichzeitig auftraten. Im sechsten Monat wurden 75,9 % komplikationsfreie Befunde erhoben, im letzten Follow-up 85,7 %. Insgesamt lagen bis zum sechsten Monat 25 Komplikationsfälle vor, sodass sich gemessen auf die Gesamtheit von 80 Patienten eine Komplikationsrate von 31,3 % ergab. Bis zum zwölften Monat erhöhte sie sich durch Aufsummierung dreier weiterer Komplikationen auf 35 %.

Zur Übersichtlichkeit werden diese Daten in Tabelle 15 zusammengefasst.

Tabelle 15: Prävalenzen postoperativer Komplikationen der TE (Quelle: Eigene Darstellung)

	1. Tag	1. Monat	3. Monat	6. Monat	12. Monat	Gesamt
Fallzahl	80	55	32	29	21	80
Komplikationslos	76 (95,0 %)	49 (89,1 %)	26 (81,3 %)	22 (75,9 %)	18 (85,7 %)	-
SiKi-Vernarbung	-	-	1 (3,1 %)	-	1 (4,8 %)	2,5 %
AH-Amotio	-	4 (7,2 %)	-	-	-	5,0 %
Makulafalten	2 (2,5 %)	2 (3,6 %)	2 (6,3 %)	2 (6,9 %)	1 (4,8 %)	11,3 %
VK-Abflachung	1 (1,3 %)	-	-	1 (3,4 %)	-	2,5 %
HH-Delle	-	-	1 (3,1 %)	-	-	1,3 %
HH-Ulkus	-	1 (1,8 %)	1 (3,1 %)	-	-	2,5 %
Irisprolaps	-	1 (1,8 %)	-	-	-	1,3 %
Ext. Fistulation	-	-	-	-	-	-
Mal. Glaukom	-	-	-	-	-	-
GF-Verschlechterung	1 (1,3 %)	-	1 (3,1 %)	4 (13,8 %)	1 (4,8 %)	8,8 %
Summe Kompl.	5,0 %	14,5 %	18,8 %	24,1 %	14,3 %	

Nach Kanaloplastik wurde bei zwei Patienten der Komplikationsstatus nicht erhoben. Initial bestanden bei 50 % der Fälle keine Komplikationen. Die anderen 50 % verteilten sich auf 18 Augen (47,4 %) mit Hyphäma und einem Auge (2,6 %) mit einer peripheren Descemetolyse. Nach einem Monat verringerte sich die Komplikationsrate auf 12,5 % bedingt durch zwei Augen mit einem Hyphäma. Als einzige Komplikation lag ab dem dritten postoperativen Monat konstant die GF-Verschlechterung vor. Wird das Hyphäma nicht als Komplikationen gewertet⁴⁸ und aus der Statistik herausgerechnet, so verringert sich die Komplikationsrate am ersten Tag auf 2,6 % und im ersten Monat auf 0 %. Bis zum sechsten Monat lagen mit Hyphäma 65,8 % der Komplikationen vor und bis zum zwölften Monat 68,4 %. Ohne Hyphäma lag die Komplikationsrate bis zum sechsten Monat bei 13,2 % und bis zum zwölften Monat bei 15,8 %.

Die das Hyphäma inkludierenden Ergebnisse werden tabellarisch in Tabelle 16 dargestellt.

Tabelle 16: Prävalenzen postoperativer Komplikationen der KP (Quelle: Eigene Darstellung)

	1. Tag	1. Monat	3. Monat	6. Monat	12. Monat	Gesamt
Fallzahl	38	16	14	13	11	38
Komplikationslos	19 (50,0 %)	14 (87,5 %)	13 (92,9 %)	10 (76,9 %)	10 (90,9 %)	-
Hyphäma	18 (47,4 %)	2 (12,5 %)	-	-	-	52,6 %
AH-Amotio	-	-	-	-	-	-
Makulafalten	-	-	-	-	-	-
VK-Abflachung	-	-	-	-	-	-
HH-Delle	-	-	-	-	-	-

	1. Tag	1. Monat	3. Monat	6. Monat	12. Monat	Gesamt
Irisanlagerung	-	-	-	-	-	-
Cheese wiring	-	-	-	-	-	-
Periphere Descemetolyse	1 (2,6 %)	-	-	-	-	2,6 %
BH-Dehiszenz	-	-	-	-	-	-
GF-Verschlechterung	-	-	1 (7,1 %)	3 (23,1 %)	1 (9,1 %)	13,2 %
Summe Kompl.	50,0 %	12,5 %	7,1 %	23,1 %	9,1 %	

Der Mann-Whitney-U-Test ergab bei der Komplikationsanzahl am ersten postoperativen Tag ein signifikantes Ergebnis ($p < 0,001$), sofern das Hyphäma als Komplikation gewertet wurde: $Mdn_{TE} = 0$ und $Mdn_{KP} = 0,5$ mit $U = 836,0$, $Z = -5,741$ und $n_{TE} = 80$ bzw. $n_{KP} = 38$. Mit $r = 0,529$ lag ein starker Zusammenhang vor⁵⁹. Andernfalls war das Ergebnis mit $p = 0,552$ nicht signifikant. Die übrigen Erhebungszeitpunkte fielen mit $p \geq 0,05$ nicht signifikant aus.

Das Auftreten der Komplikationen wird in Abbildung 10 als Verlaufskurven dargestellt. Der Anteil der Hyphämata wurde mittels gestrichelter Linie dargestellt und auch die p-Werte wurden mittels gestricheltem Rahmen für „mit Hyphäma“ und durchgehendem Rahmen für „ohne Hyphäma“ angepasst. Weiterhin ist zu sehen, dass beide Operationsverfahren im sechsten postoperativen Monat einen Peak an Komplikationen aufwiesen.

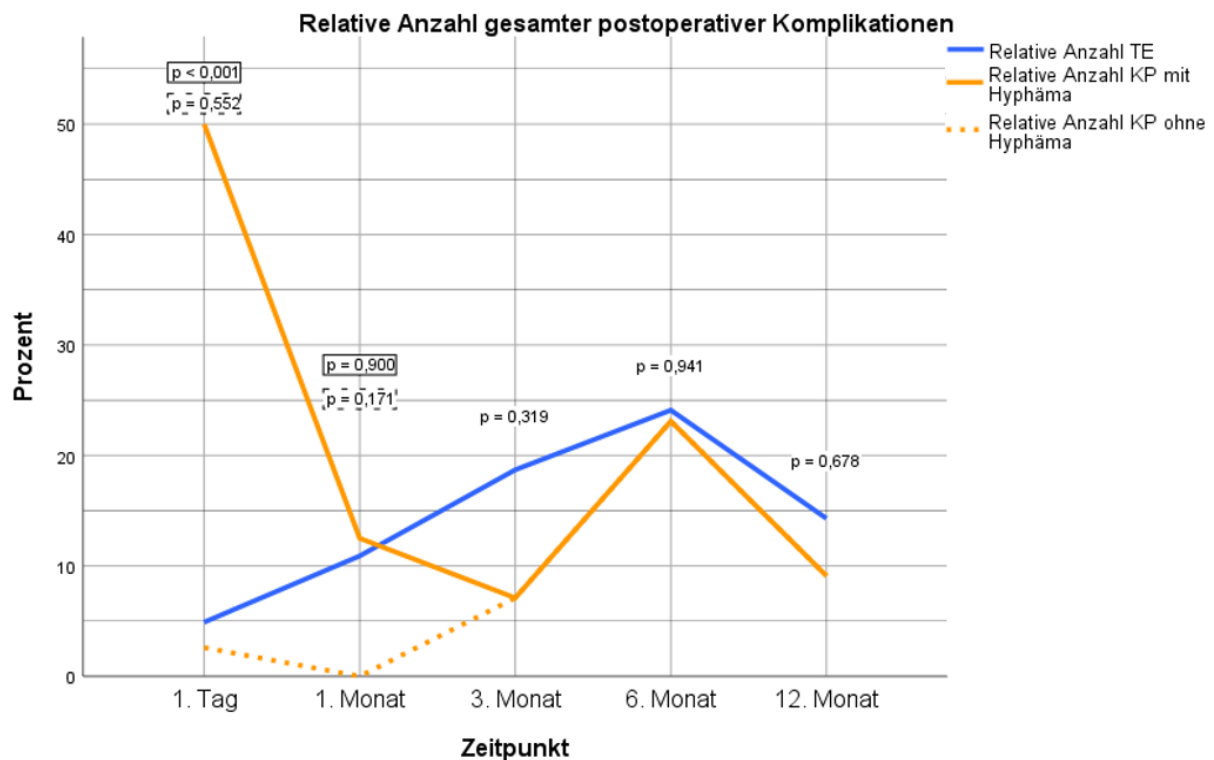


Abbildung 10: Verlaufsgrafik gesamter postoperativer Komplikationen für TE und KP (Quelle: Eigene Darstellung)

Bei den gleichsam vorliegenden Komplikationen AH-Amotio, Makulafalten, VK-Abflachung, HH-Delle und GF-Verschlechterung wurde der Chi²-Test auf Unabhängigkeit bzw. exakter Test nach Fisher verwendet, um signifikante Unterschiede zwischen der Trabekulektomie und Kanaloplastik zu ermitteln. Diese konnten allerdings nicht bestätigt werden ($p \geq 0,05$).

4.4.2. Revision

Bei insgesamt 22 Augen nach TE konnte der Revisionsstatus erhoben werden, davon wurden sechs Augen (27,3 %) revidiert. Nach Kanaloplastik wurden von 13 Augen, bei denen der Revisionsstatus erhoben wurde, zwei Augen einer Revision unterzogen (15,4 %).

Um zu verdeutlichen, dass nicht alle komplikationsträchtigen Verläufe auch revidiert wurden, wurde die Anzahl jener Fälle, bei denen Komplikationen vorlagen, als Gesamtheit gewertet und darauf bezogen der prozentuale Anteil an Revisionen errechnet. Demnach wurden bei der TE auf alle Komplikationsfälle betrachtet im Durchschnitt ca. 21,4% der Patienten revidiert, während bei der Kanaloplastik die Revisionsrate bei 7,7 % lag. Tabelle 17 dient der besseren Übersichtlichkeit zwischen komplikationslosen und revidierten Verläufen und zeigt zusätzlich die Verteilung der absoluten Revisionspatienten je Erhebungszeitpunkt an. Die blauen Werte repräsentieren die Trabekulektomie, die orangenen die Kanaloplastik.

Tabelle 17: Verteilung der Revisionen je Erhebungszeitpunkt im Vergleich zu komplikationslosen Verläufen für TE und KP zusammengefasst (Quelle: Eigene Darstellung)

		1. Tag		1. Monat		3. Monat		6. Monat		12. Monat	
Fallzahl		80	38	55	16	32	14	29	13	21	11
Komplikation	Nein	76	19	49	14	26	13	22	10	18	10
		95 %	50 %	89,1 %	87,5 %	81,3 %	92,9 %	75,9 %	76,9 %	85,7 %	90,9 %
	Ja	4	19	8	2	6	1	7	3	3	1
		5 %	50 %	14,5 %	12,5 %	18,8 %	7,1 %	24,1 %	23,1 %	14,3 %	9,1 %
Revision		-	-	3	1	2	-	-	1	1	-
				37,5 %	50 %	33,3 %			33,3 %	33,3 %	

Der exakte Test nach Fisher ergab keine Signifikanz ($p = 0,557$).

4.4.3. IOD-Score

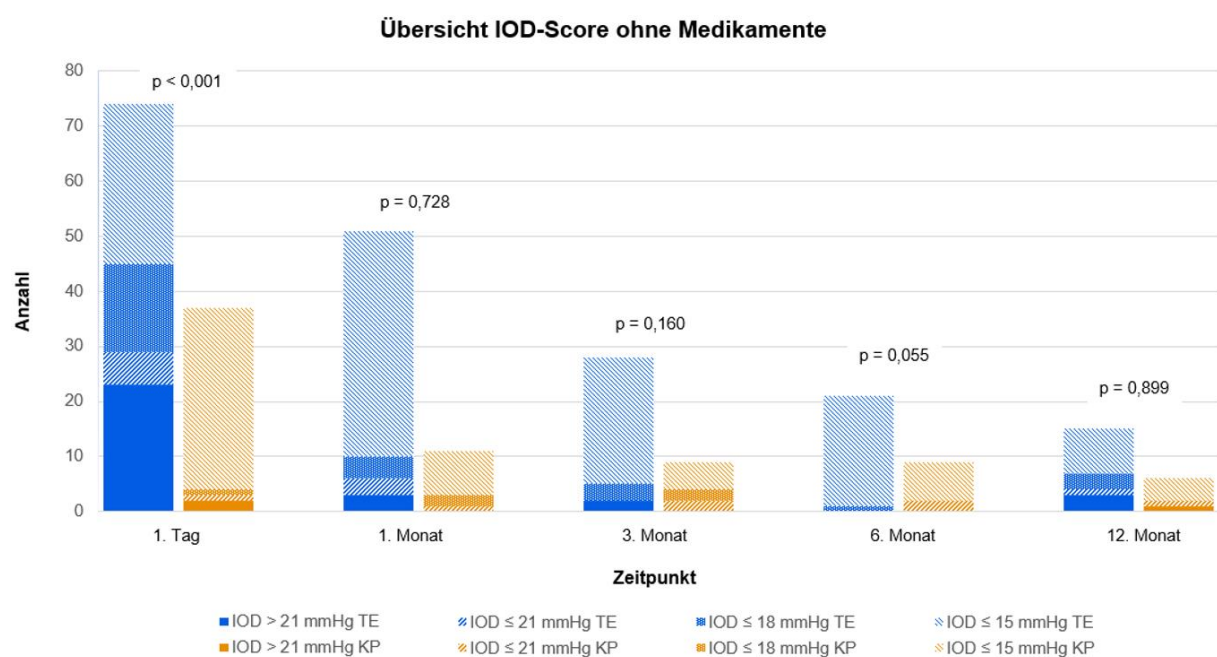
Der IOD-Score beinhaltet Informationen darüber, ob der IOD ohne oder mit Medikation (topisch oder systemisch) erreicht wurde. Als Einteilung wurden folgende vier Abstufungen gewählt: ≤ 15 mmHg, ≤ 18 mmHg, ≤ 21 mmHg und > 21 mmHg.

Vom ersten Tag bis dritten postoperativen Monat blieb die Anzahl jener Augen, die einer TE unterzogen wurden und keine Medikation bedurften, mit über 90 % annähernd konstant (siehe

Tabelle 18). In allen drei Erhebungszeitpunkten war am häufigsten ein IOD von ≤ 15 mmHg vertreten. Nach sechs Monaten lag die medikationslose Rate bei 84 %, keine Augen wiesen einen Druck von > 21 mmHg auf. Im zwölften Monat sank die Rate ohne Medikation auf 75 %. Entsprechend veränderten sich die Werte jener Augen mit Medikation.

Am ersten Tag nach Kanaloplastik bedurften 97,4 % der Augen keine Medikation. Vom ersten bis sechsten Monat sank die Rate auf durchschnittlich ca. 70 % ab, wobei ein IOD ≤ 15 mmHg stets die häufigste Kategorie darstellte. Im zwölften Monat erreichte die Rate ohne und mit Medikation ein nahezu ausgeglichenes Verhältnis von 54,5 % und 45,5 %.

Die Werte des IOD-Scores ohne Medikamente sind in Abbildung 11 dargestellt.



In Abbildung 12 findet sich die Übersicht zum IOD-Score mit Medikamenten.

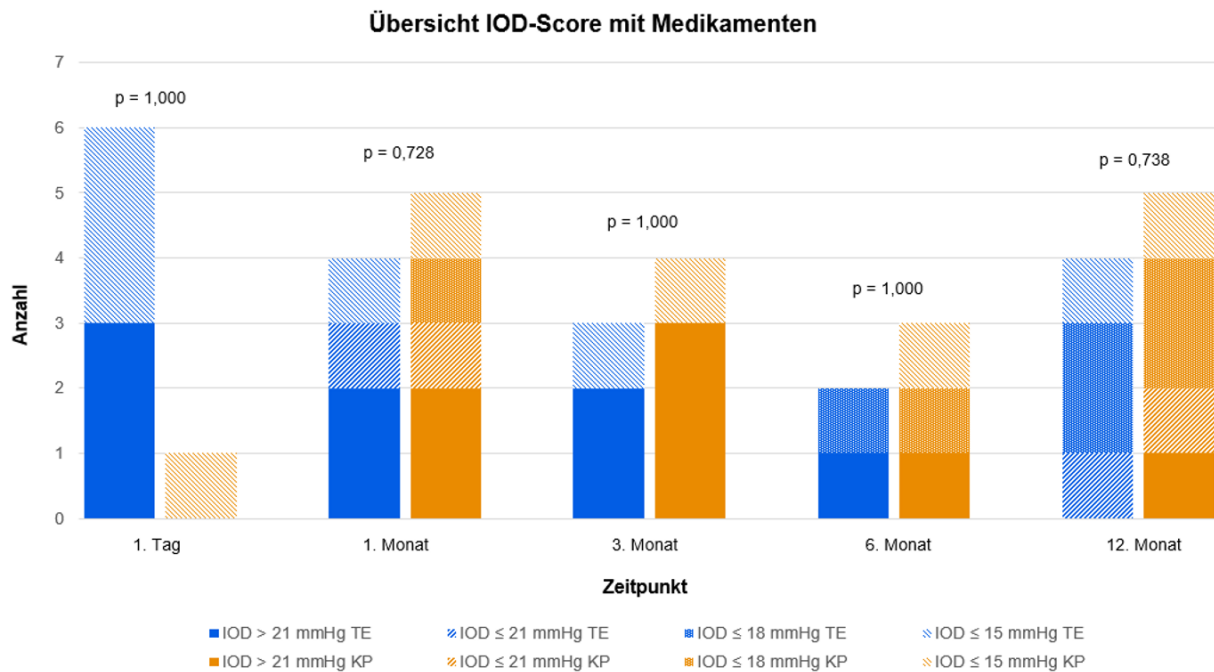


Abbildung 12: Übersicht IOD-Score mit Medikamente für TE und KP (Quelle: Eigene Darstellung)

Der U-Test ergab ein signifikantes Ergebnis am ersten postoperativen Tag ohne Medikamenteneinnahme. Der Median nach Trabekulektomie lag bei ≤ 18 mmHg, während der Median nach Kanaloplastik ≤ 15 mmHg betrug. Die Teststatistik ergab: $U(n_{TE} = 74, n_{KP} = 37) = 688,5$, $Z = -4,728$, $p = < 0,001$, $r = 0,449$. Dies bildete einen mittleren Zusammenhang ab⁵⁹. Die weiteren Follow-up-Zeitpunkte ergaben keine Signifikanzen ($p \geq 0,05$).

Weiterhin ist der IOD-Score in Tabelle 18 auf der nachfolgenden Seite zusammengefasst.

Tabelle 18: Übersicht IOD-Score für TE und KP zusammengefasst (Quelle: Eigene Darstellung)

Medikamente	1. Tag		1. Monat		3. Monat		6. Monat		12. Monat	
	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit	ohne	mit
Fallzahl	74	6	51	4	29	4	21	4	15	5
	92,5 %	7,5 %	92,7 %	7,3 %	87,9 %	12,1 %	84,0 %	16,0 %	75,0 %	25,0 %
	38	1	11	5	9	4	9	3	6	5
	97,4 %	2,6 %	68,8 %	31,3 %	69,2 %	30,8 %	75,0 %	25,0 %	54,5 %	45,5 %
≤ 15mmHg	29	3	41	1	23	2	20	2	8	1
	36,3 %	3,8 %	74,5 %	1,8 %	69,7 %	6,1 %	80,0 %	8,0 %	40,0 %	5,0 %
	34	1	8	1	5	1	7	1	4	1
	87,2 %	2,6 %	50,0 %	6,3 %	38,5 %	7,7 %	58,3 %	8,3 %	36,4 %	9,1 %
≤ 18mmHg	16	-	4	-	3	-	1	1	3	3
	20,0 %		7,3 %		9,1 %		4,0 %	4,0 %	15,0 %	15,0 %
	1	-	2	1	2	-	-	1	-	2
	2,6 %		12,5 %	6,3 %	15,4 %			8,3 %		18,2 %
≤ 21mmHg	6	-	3	1	-	-	-	-	1	1
	7,5 %		5,5 %	1,8 %					5,0 %	5,0 %
	1	-	1	1	2	-	2	-	1	1
	2,6 %		6,3 %	6,3 %	15,4 %		15,4 %		9,1 %	9,1 %
> 21mmHg	23	3	3	2	3	2	-	1	3	-
	28,8 %	3,8 %	5,5 %	3,6 %	9,1 %	6,1 %		4,0 %	15,0 %	
	2	-	-	2	-	3	-	1	1	1
	5,1 %			12,5 %		23,1 %		8,3 %	9,1 %	9,1 %

4.4.4. IOD-Senkung

Gemessen wurde die prozentuale IOD-Senkung zwischen dem erstmals erfassten IOD (im Idealfall IOD_{max}, andernfalls der IOD am präoperativen Tag) und dem zuletzt gemessenen IOD (im Idealfall jener nach zwölf Monaten, andernfalls nach sechs oder drei Monaten).

Die IOD-Senkung nach Trabekulektomie betrug im Mittel $55,1 \pm 23,8$ % bei einer Fallzahl von 43 Augen. Die höchste Drucksenkung lag bei 94 %, die geringste entsprach einer Druckerhöhung um 20 %. Wird die IOD-Senkung gruppiert betrachtet, so erreichten die meisten Augen eine Drucksenkung von ≥ 40 % gefolgt von < 20 %, zu sehen in Tabelle 19.

Tabelle 19: Tabellarische Übersicht prozentuale IOD-Senkung [%] TE (Quelle: Eigene Darstellung)

	< 20 %	≥ 20 %	≥ 30 %	≥ 40 %
Gruppierte IOD-Senkung	9,2	2,3	7,0	81,4
Totale IOD-Senkung	$55,1 \pm 23,8$			
Minimum + Maximum	-20,0		94,0	

Die Drucksenkung nach Kanaloplastik fiel mit im Mittel $43,3 \pm 25,9$ % geringer aus. Der höchste Wert betrug eine Senkung von 85 %, der geringste eine Druckerhöhung um 32 % bei $n = 19$. Gruppiert betrachtet entfiel der Hauptanteil auf eine Drucksenkung von ≥ 40 % gefolgt von gleichen Anteilen ≥ 30 % und < 20 %, zu sehen in Tabelle 20.

Tabelle 20: Tabellarische Übersicht prozentuale IOD-Senkung [%] KP (Quelle: Eigene Darstellung)

	< 20 %	≥ 20 %	≥ 30 %	≥ 40 %
Gruppierte IOD-Senkung	15,8	-	15,8	68,4
Totale IOD-Senkung	$43,3 \pm 25,9$			
Minimum + Maximum	-32,0		85,0	

Weiterhin wurde getestet, ob innerhalb der prozentualen IOD-Senkung Unterschiede zwischen der TE- und KP-Gruppe bestanden. Das Ergebnis der metrischen IOD-Senkung ergab im Mann-Whitney-U-Test bei Medianen von 63 % (TE) und 47 % (KP) einen signifikanten Unterschied ($p = 0,041$) bei $n_{TE} = 43$ und $n_{KP} = 19$ von $U = 274,5$, $Z = -2,047$ und $r = 0,260$. Somit lag ein schwacher Zusammenhang vor⁵⁹. Die gruppierte IOD-Senkung ergab keine Signifikanzen ($p \geq 0,05$).

Zur besseren Veranschaulichung sind die Ergebnisse für die metrische IOD-Senkung als Boxplot und die ordinale IOD-Senkung als Balkendiagramm in Abbildung 13 dargestellt.

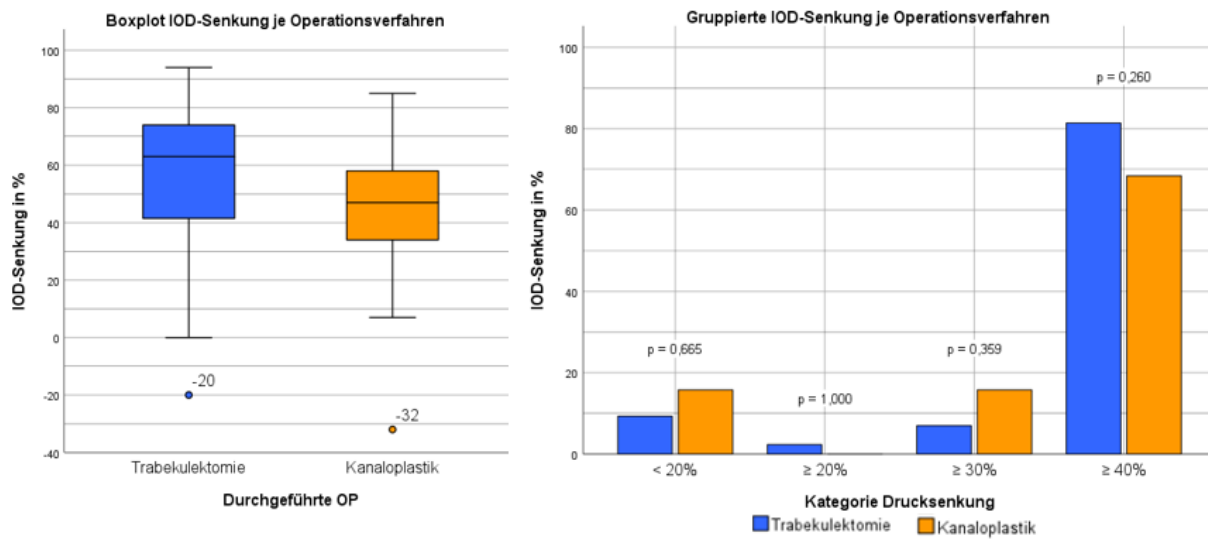


Abbildung 13: IOD-Senkung als Boxplot und Balkendiagramm für TE und KP (Quelle: Eigene Darstellung)

Abbildung 14 zeigt analog zu Abbildung 5 in Kapitel 4.3.3 die Differenzierung der Drucksenkung in Streudiagrammen der einzelnen Follow-up (ausgenommen erster Tag).

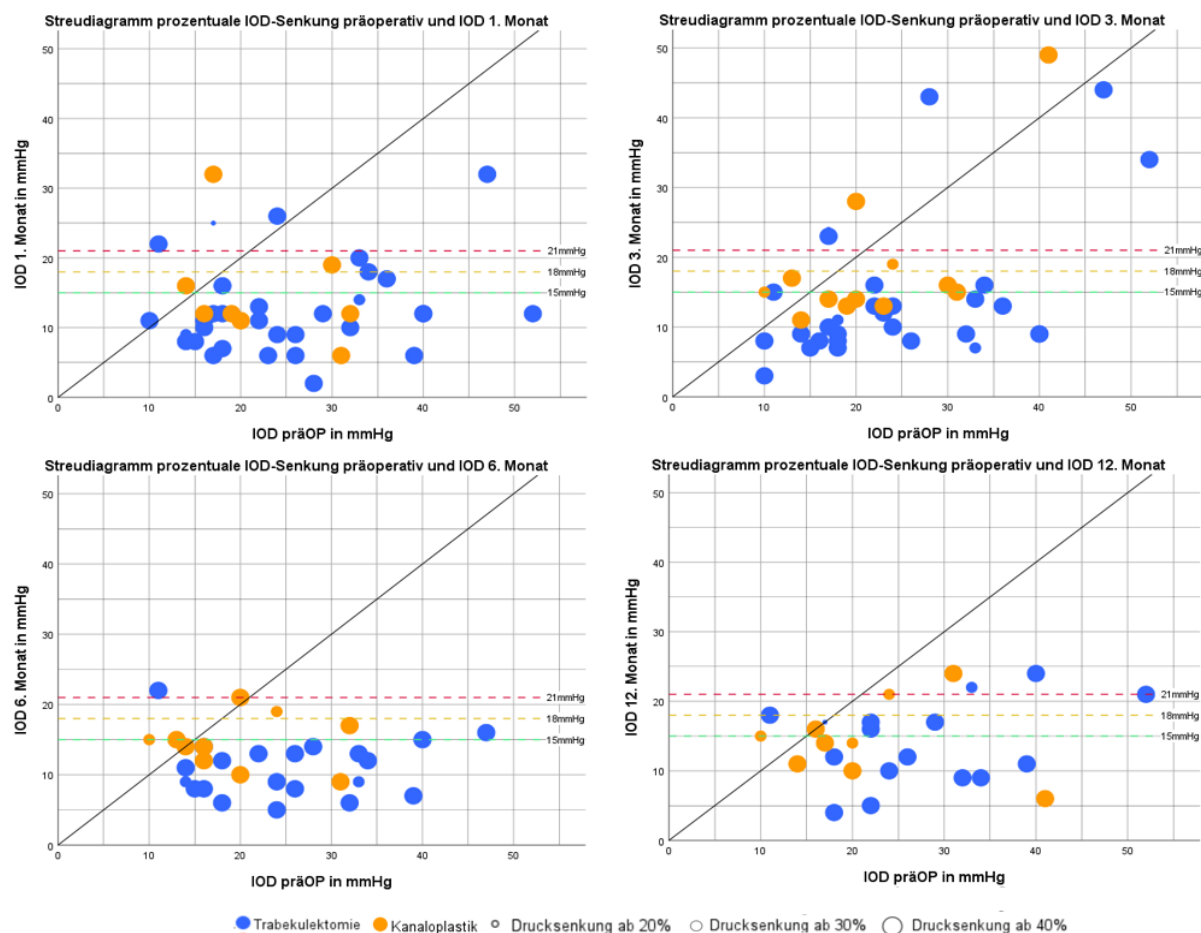


Abbildung 14: Streudiagramme IOD-Senkung präoperativer und postoperativer IOD (Quelle: Eigene Darstellung)

Weiterhin wurde eine Gegenüberstellung der KP-Patienten mit und ohne Hyphäma vollzogen. Trotz niedrigerer IOD-Werte bei postoperativem Vorliegen eines Hyphämas (siehe Tabelle 4 in Kapitel 4.3.3) fiel die IOD-Senkung im Mittel annähernd gleich aus. In der gruppierten IOD-Senkung wiesen beide Gruppen am häufigsten eine Drucksenkung $\geq 40\%$ auf. Die Ergebnisse sind in Tabelle 21 zu sehen.

Tabelle 21: Vergleich IOD-Senkung [%] bei Patienten mit und Hyphäma (Quelle: Eigene Darstellung)

	Mit Hyphäma	Ohne Hyphäma
Totale IOD-Senkung	44,5 $\pm$ 22,8	42,0 $\pm$ 30,4
IOD-Senkung < 20 %	20,0	11,1
IOD-Senkung $\geq 30\%$	10,0	22,2
IOD-Senkung $\geq 40\%$	70,0	66,7

Der Mann-Whitney-U-Test ergab keine Signifikanzen bzgl. der IOD-Senkung ($p \geq 0,05$).

4.4.5. OP-Erfolg

Aufgrund der Beschaffenheit der Variable des IOD-Scores ist der OP-Erfolg bereits aus Tabelle 18 ablesbar. Da der OP-Erfolg jedoch einen signifikanten Bestandteil der Glaukomtherapie darstellt⁴⁹, ist dieser in diesem Kapitel nochmals explizit veranschaulicht.

Von den Trabekulektomien erreichten am ersten postoperativen Tag und im ersten Monat über 90 % einen Unqualified Success. Ab dem dritten Monat sank dies auf unter 90 %. Im letzten Follow-up fiel die Rate auf 75 % ($n = 20$).

Die Unqualified-Success-Rate der Kanalooplastik lag am ersten Tag nach der Operation bei 97,5 % ($n = 40$) und sank vom ersten bis zum sechsten Monat in den 70 %-Bereich. Im letzten Follow-up wurden noch 54,5 % der Fälle ($n = 11$) mit einem Unqualified Success verzeichnet. Der gegensätzliche Verlauf der Qualified-Success-Rate ist zusammen mit den Unqualified-Success-Werten der TE und KP in Tabelle 22 zusammengetragen.

Tabelle 22: OP-Erfolg für TE und KP zusammengefasst (Quelle: Eigene Darstellung)

	1. Tag		1. Monat		3. Monat		6. Monat		12. Monat	
Fallzahl	80	40	55	17	33	14	25	12	20	11
Unqualified Success	74 92,5 %	39 97,5 %	51 92,7 %	12 70,6 %	29 87,9 %	10 71,4 %	21 84 %	9 75 %	15 75 %	6 54,5 %
Qualified Success	6 7,5 %	1 2,5 %	4 7,3 %	5 29,4 %	4 12,1 %	4 28,6 %	4 16 %	3 25 %	5 25 %	5 45,5 %

Mithilfe des exakten Tests nach Fisher erwies sich der Unterschied zwischen Trabekulektomie und Kanaloplastik im ersten postoperativen Monat als signifikant: $p = 0,023$, $n = 72$. Nach Cohen lag ein schwacher Zusammenhang vor ($\Phi = 0,284$)⁵⁹. Am ersten Tag, dritten, sechsten und zwölften Monat betrug der p-Wert $\geq 0,05$.

Diese Ergebnisse sind als Verlaufskurve des 'Unqualified Success' in Abbildung 15 ersichtlich.

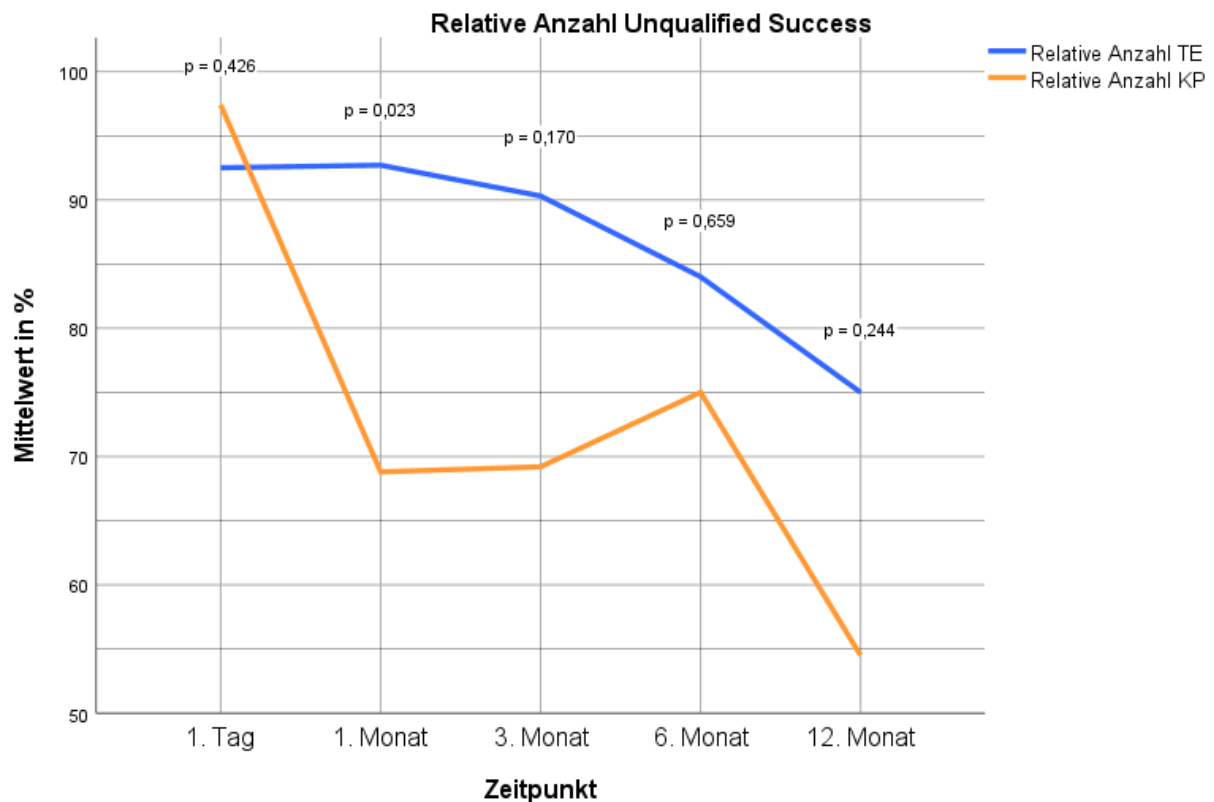


Abbildung 15: OP-Erfolg für TE und KP (Quelle: Eigene Darstellung)

4.4.6. Wirkstoffanzahl

Mittels dieser Variable wurde untersucht, wie viele antiglaukomatöse Wirkstoffe ein Patient benötigte, um seinen Zieldruck zu erreichen.

In Tabelle 23 ist zu sehen, dass bei der Erstvorstellung vor TE zumeist drei Wirkstoffe eingenommen werden mussten, um den Ziel-IOD zu erreichen und präoperativ ein Wirkstoff. Demnach betrug der Mittelwert an Wirkstoffen präoperativ $2,0 \pm 1,2$. Postoperativ zeigte sich eine Abnahme der eingenommenen Wirkstoffmenge. Generell war die Einnahme von einem Wirkstoff die häufigste Anwendung, seltener musste auf mehrere Wirkstoffe zurückgegriffen werden. Nach zwölf Monaten betrug der durchschnittliche Bedarf an Wirkstoffen $0,5 \pm 1,0$. Somit senkte die TE den Wirkstoffbedarf von präoperativ auf zwölf Monate um 1,5 Wirkstoffe.

Tabelle 23: Übersicht Wirkstoffanzahl prä- und postOP TE (Quelle: Eigene Darstellung)

		Erstv.	präOP	1. Tag	1. Monat	3. Monat	6. Monat	12. Monat
Fallzahl		74	76	80	55	33	25	20
Wirkstoffanzahl	0	6 8,1 %	5 6,6 %	74 92,5 %	51 92,7 %	29 87,9 %	21 84,0 %	15 75,0 %
	1	10 13,5 %	31 40,8 %	5 6,3 %	2 3,6 %	2 6,1 %	4 16,0 %	2 10,0 %
	2	21 28,4 %	15 19,7 %	1 1,3 %	1 1,8 %	1 3,0 %	-	1 5,0 %
	3	29 39,2 %	14 18,4 %	-	1 1,8 %	-	-	2 10,0 %
	4	8 10,8 %	10 13,2 %	-	-	1 3,0 %	-	-
	5	-	1 1,3 %	-	-	-	-	-
	Mittelwert	2,3	2,0	0,1	0,1	0,2	0,2	0,5
Std.-Abw.		1,1	1,2	0,3	0,5	0,8	0,4	1,0

Auch in der Gruppe der Kanalooplastik zeigte sich in der Erstvorstellung wie auch präoperativ ein Anwendungsmaximum von drei Wirkstoffen je Auge. Präoperativ ergab dies durchschnittlich eine Einnahme von $2,1 \pm 1,1$ Wirkstoffen. Die angewandte Wirkstoffmenge reduzierte sich postoperativ, jedoch war gelegentlich die Anwendung mehrerer Wirkstoffe pro Auge verzeichnet. Im sechsten und zwölften Monat wurden zumeist zwei Wirkstoffe je Auge verordnet, sodass die mittlere Wirkstoffeinnahme bei $1,2 \pm 1,6$ lag. Es stach ein Patient im zwölften Monat mit der Einnahme von fünf Wirkstoffklassen hervor. Demnach sank der Wirkstoffgebrauch nach KP von präoperativ auf zwölf Monate um 0,9 Wirkstoffe.

Zur genauen Einsicht der Ergebnisse siehe Tabelle 24.

Tabelle 24: Übersicht Wirkstoffanzahl prä- und postOP KP (Quelle: Eigene Darstellung)

		Erstv.	präOP	1. Tag	1. Monat	3. Monat	6. Monat	12. Monat
Fallzahl		39	40	40	17	14	12	11
Wirkstoffanzahl	0	6 15,4 %	4 10,0 %	39 97,5 %	12 70,6 %	10 71,4 %	9 75,0 %	6 54,5 %
	1	4 10,3 %	10 25,0 %	-	3 17,6 %	1 7,1 %	-	-
	2	7 17,9 %	8 20,0 %	-	-	-	3 25,0 %	4 36,4 %
	3	18 46,2 %	16 40,0 %	1 2,5 %	1 5,9 %	1 7,1 %	-	-
	4	4 10,3 %	2 5,0 %	-	1 5,9 %	2 14,3 %	-	-
	5	-	-	-	-	-	-	1 9,1 %
	Mittelwert	2,3	2,1	0,1	0,6	0,9	0,5	1,2
Std.-Abw.		1,3	1,1	0,5	0,2	1,6	0,9	1,6

Der Mann-Whitney-U-Test ergab ein signifikantes Ergebnis am ersten postoperativen Tag. Bei gleichen Medianen von 0 ergab die Teststatistik einen signifikanten Unterschied von $p < 0,001$ bei $N_{TE} = 79$ und $N_{KP} = 40$ von $U = 1.112,5$, $Z = -3,613$ und $r = 0,331$. Es lag ein mittlerer Zusammenhang vor⁵⁹. Neben dem ersten Tag konnten keine weiteren Signifikanzen ermittelt werden ($p \geq 0,05$). Zur besseren Veranschaulichung des Ergebnisses des ersten Tages wurde Abbildung 16 erstellt. Daraus kann entnommen werden, dass die Kanaloplastik gemessen auf die Gesamtheit trotz gleicher Mediane weniger Wirkstoffeinnahmen benötigte.

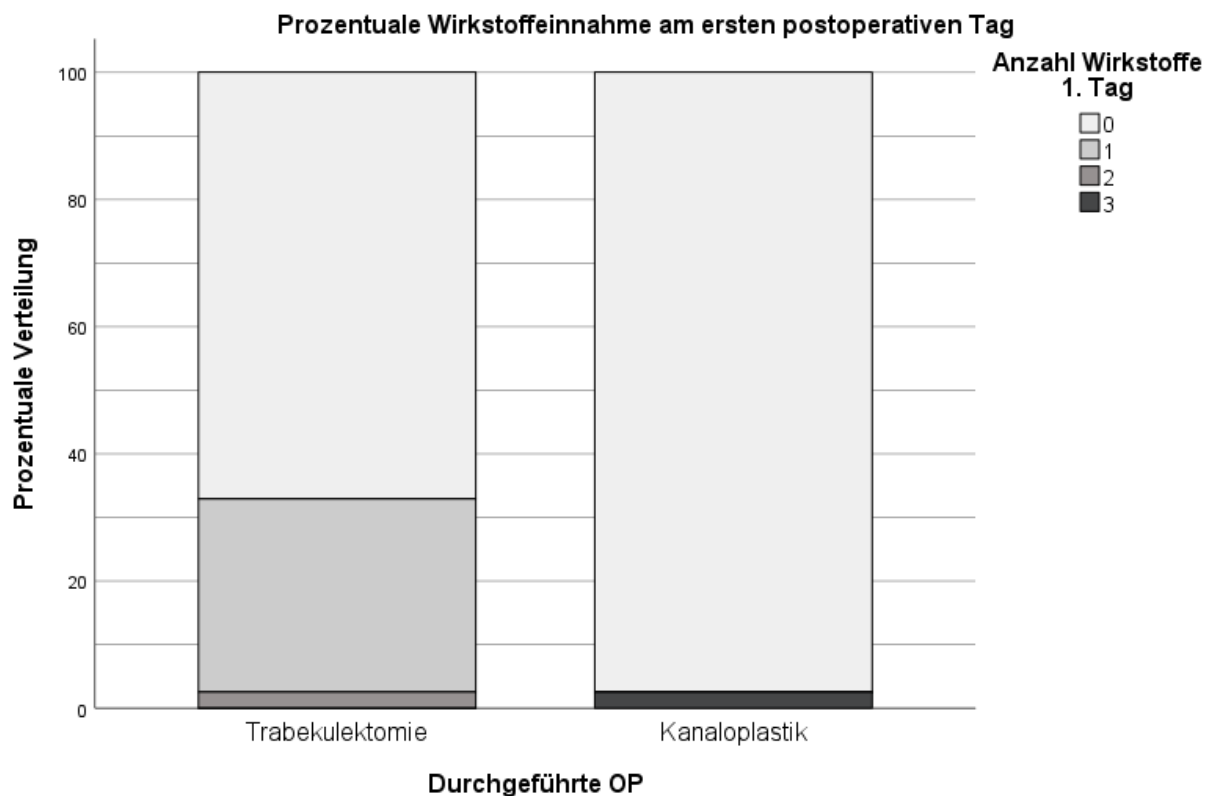


Abbildung 16: Prozentuale Wirkstoffeinnahme am ersten postoperativen Tag für TE und KP (Quelle: Eigene Darstellung)

Des Weiteren ergab der Mann-Whitney-U-Test zur gesamten Wirkstoffreduktion keine Signifikanz ($p = 0,317$).

Der Verlaufsgraph der mittleren eingenommenen Wirkstoffanzahl ist in Abbildung 17 zu sehen.

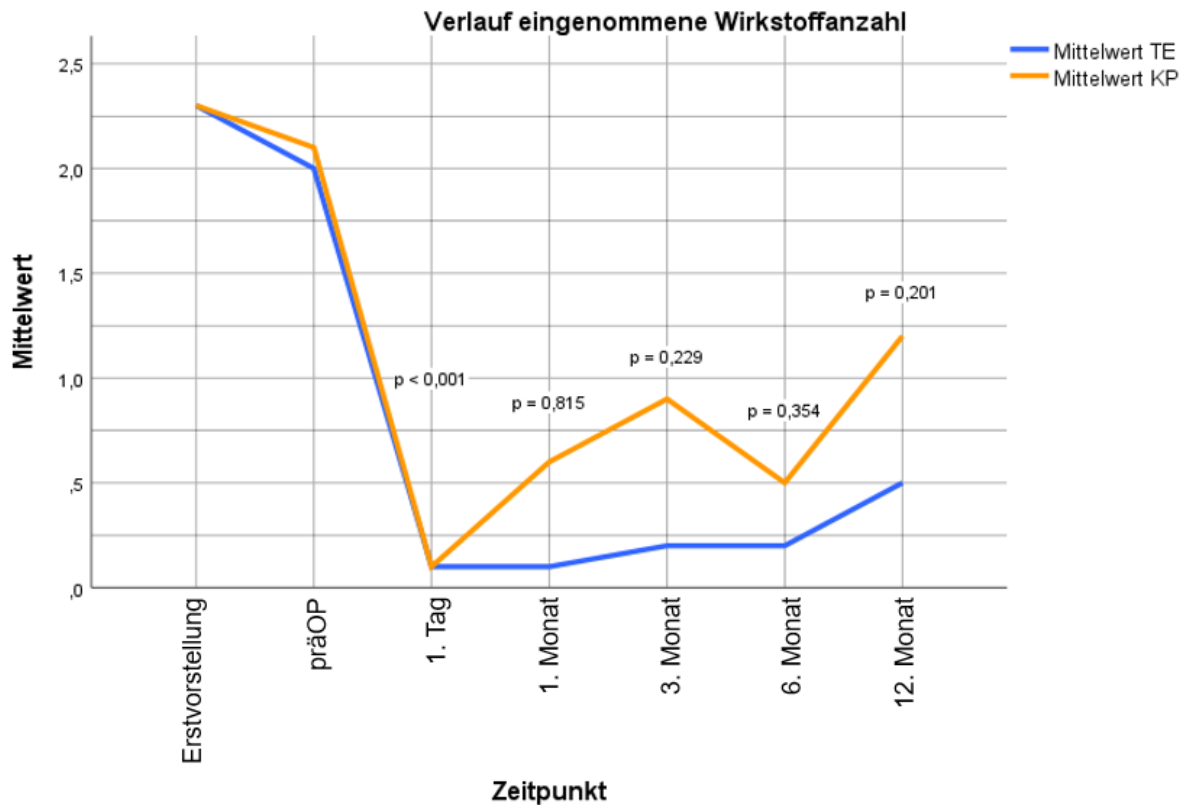


Abbildung 17: Verlauf eingenommene Wirkstoffanzahl für TE und KP (Quelle: Eigene Darstellung)

4.5. Komplikationsprofile

Zur Ermittlung des Komplikationsprofils wurden jene Patienten mit komplikationsträchtigen Verläufen innerhalb einer Komplikationsentität auf gemeinsame Parameter und signifikante Korrelationen hin untersucht. Konnte über die verschiedenen Erhebungszeitpunkte hinweg ein Komplikationsauftreten als Verlauf eines einzelnen Patienten identifiziert werden, so wurde lediglich der Zeitpunkt der Erstmanifestation berücksichtigt. Bei metrischen Patientenparametern wurden diese auch bei Doppelung in den folgenden Tabellen dargelegt, während nominale Patientenmerkmale aufgrund eines fehlenden Mehrwertes bei mehrfacher Ausführung zur besseren Übersichtlichkeit lediglich einmalig aufgelistet wurden.

Die nachfolgenden Tabellen weisen Informationen zu entsprechenden Patientenmerkmalen auf sowie über die Korrelationsstatistiken bzgl. r-Wert und p-Wert.

4.5.1. Trabekulektomie

Die Komplikationsprofile werden gemäß der Reihenfolge der Komplikationen in Tabelle 15 erläutert.

Sickerkissenvernarbung

Auffällig bei den beiden SiKi-Vernarbungen waren drei Gemeinsamkeiten: Einerseits handelte es sich bei beiden Komplikationsfällen um Revisions-TEs (Re-TEs), beide Patienten wiesen bei der Erstvorstellung myope Augen auf und als drittes gemeinsames Merkmal lag bei beiden Patienten eine niedrige MD vor. Der Patient mit der SiKi-Vernarbung im zwölften Monat wies darüber hinaus diverse weitere Auffälligkeiten auf: Es lagen drei signifikante Korrelationsmaße bzgl. des Visus^{*} und ein signifikantes Ergebnis bzgl. der Atropingabe im dritten Monat vor. Analog zum positiven Zusammenhang der Atropineinnahme korrelierte auch die Wirkstoffanzahl im dritten Monat positiv. Des Weiteren ergab die SiKi-Vernarbung nach zwölf Monaten einen positiven Zusammenhang mit dem IOD-Score im ersten Monat ohne Medikamenteneinnahme. Jedoch konnten weder die Korrelationen mit dem IOD an sich als Normalvariable noch mit dem OP-Erfolg dieses Ergebnis bestätigen (IOD erster Monat: $r = 0,445$, $p = 0,064$ und OP-Erfolg: $r = 0,059$, $p = 0,803$).

In der Gruppe der TE lagen insgesamt zwölf Patienten mit einer TE als Voroperation vor. Der Anteil der zwei SiKi-Vernarbungen in dieser Gruppe betrug demnach 16,7 %.

Die Gemeinsamkeiten und einzelnen signifikanten Korrelationen zeigt Tabelle 25.

Tabelle 25: Komplikationsprofil Sickerkissenvernarbung TE (Quelle: Eigene Darstellung)

		Merkmal	r-Wert	p-Wert
Sickerkissenvernarbung 3. Monat				
Voroperation		Re-TE	0,416	0,020**
Sphäre Erstvorstellung		-9,25 dpt	0,585	< 0,001*
MD Erstvorstellung		-13,3 dB	0,057	0,781*
Sickerkissenvernarbung 12. Monat				
Voroperation		TE	0,394	0,086**
Sphäre Erstvorstellung		-1,5 dpt	0,133	0,634*
MD Erstvorstellung		-26,1 dB	0,628	0,012*
Visus	Erstvorstellung	1,0 logMAR (0,1)	0,555	0,011*
	präOP	1,3 logMAR (0,05)	0,756	< 0,001*
	3. Monat	1,5 logMAR (0,03)	0,801	0,002*
Medikamente 3. Monat		Atropin	1,000	< 0,001**
Wirkstoffanzahl 3. Monat		1	0,677	0,011*
IOD-Score 1. Monat		> 21 mmHg ohne Medis	0,685	0,047***

* Eta-Koeffizient

** Phi-Koeffizient

*** Chi²-Test

Aderhautamotio

Bei den aufgetretenen Aderhautamotionen fielen zwei Gemeinsamkeiten auf: Drei Patienten hatten ein PEX-Glaukom und zwei der vier Patienten waren zuvor einer Katarakt-OP (Phako) mit Kahook Dual Blade unterzogen worden.

Die statistischen Korrelationsmaße dieser Gemeinsamkeiten können Tabelle 26 entnommen werden.

Tabelle 26: Komplikationsprofil Aderhautamotio TE (Quelle: Eigene Darstellung)

	Merkmal	r-Wert	p-Wert (Phi)
Aderhautamotio			
Glaukomart	PEX-Glaukom	0,359	0,008
Voroperation	Phako + Kahook	0,348	0,012

Makulafalten

Die insgesamt neun aufgetretenen Makulafalten konnten auf vier Patienten zurückverfolgt werden. Bei drei der vier Patienten war ein POWG diagnostiziert und zwei von vier waren durch eine Phako inkl. Kahook Dual Blade voroperiert. Des Weiteren wurden beide Patienten, bei denen im dritten Monat Makulafalten diagnostiziert wurden, im ersten postoperativen Monat mit Atropin behandelt. Wie eingangs erwähnt, wurde das Auftreten der jeweiligen Komplikationen dem Zeitpunkt der Erstmanifestation zugeschrieben (siehe Tabelle 27).

Tabelle 27: Komplikationsprofil Makulafalten TE (Quelle: Eigene Darstellung)

	Merkmal	r-Wert	p-Wert (Phi)
Makulafalten 1. Tag			
Glaukomart	POWG	0,119	0,306
Voroperation	Phako + Kahook	0,256	0,028
Makulafalten 1. Monat			
Voroperation	Phako + Kahook	0,554	< 0,001
Makulafalten 3. Monat			
Glaukomart	POWG	0,238	0,185
Medikamente 1. Monat	Atropin	0,484	0,008

Vorderkammerabflachung

Eine der beiden Gemeinsamkeiten bei den Patienten mit VK-Abflachungen war eine Myopie; bei einem Patienten präoperativ, bei dem anderen zum Zeitpunkt des Komplikationsauftretens. Weiterhin lag bei beiden eine niedrige MD von < -23 dB vor. Als einzelne Auffälligkeiten war bei einem Patienten die Diagnose eines Engwinkelglaukoms, der gleichzeitig an zwei Erhebungszeitpunkten einen ausgeprägten Astigmatismus aufwies.

Die Korrelationsstatistiken der Auffälligkeiten sind in Tabelle 28 dargestellt.

Tabelle 28: Komplikationsprofil Vorderkammerabflachung TE (Quelle: Eigene Darstellung)

		Merkmal	r-Wert	p-Wert
Vorderkammerabflachung 1. Tag				
Sphäre präOP		-0,75 dpt	0,021	0,872*
MD präOP		-23,5 dB	0,359	0,025*
Vorderkammerabflachung 6. Monat				
Glaukomart		EWG	1,000	< 0,001**
Sphäre 6. Monat		-4,75 dpt	0,456	0,043*
MD präOP		-26,1 dB	0,040	0,892*
Zylinder	präOP	-7,25 dpt	0,692	< 0,001*
	3. Monat	-4,75 dpt	0,738	< 0,001*

* Eta-Koeffizient

** Phi-Koeffizient

Hornhautdelle und -ulkus

Die zwei verzeichneten Hornhautulcera konnten als Verlauf eines einzelnen Patienten identifiziert werden, sodass effektiv ein Hornhautulkus im ersten und eine Hornhautdelle im dritten Monat vorlagen. Aufgrund der Ähnlichkeit dieser Entitäten und geringen Prävalenz in dieser Studie werden sie in diesem Kapitel zusammengefasst.

Als einzige Gemeinsamkeit der beiden Fälle konnte ein überlaufendes Sickerkissen herausgearbeitet werden. Da dies nicht für die gesamte Studienpopulation erhoben wurde, konnte dies nicht statistisch überprüft werden. Während jener Patient mit dem HH-Ulkus durch keinerlei weitere Prägnanzen auffiel, wies der Patient mit der HH-Delle, wie Tabelle 29 zu entnehmen ist, diverse positive Korrelationen auf.

Tabelle 29: Komplikationsprofil Hornhautdelle und -ulkus TE (Quelle: Eigene Darstellung)

		Merkmal	r-Wert	p-Wert
Hornhautdelle 3. Monat				
Besonderheit		Überlaufendes SiKi	-	-
Glaukomart		NDG	0,466	0,010**
Sphäre 1. Monat		-5,75 dpt	0,598	0,014*
Achse	1. Monat	168°	0,574	0,020*
	3. Monat	168°	0,506	0,014*
Hornhautulkus 1. Monat				
Besonderheit		Überlaufendes SiKi	-	-

* Eta-Koeffizient

** Phi-Koeffizient

Irisprolaps

Da lediglich ein Irisprolaps vorlag, konnte dieser einzig auf Auffälligkeiten dieses einen Patienten hin untersucht werden. Wie Tabelle 30 zu entnehmen ist, lagen folgende zwei Besonderheiten vor: Der Patient hatte ein Normaldruckglaukom und war bereits durch eine TE voroperiert.

Tabelle 30: Komplikationsprofil Irisprolaps TE (Quelle: Eigene Darstellung)

	Merkmal	r-Wert	p-Wert (Phi)
Irisprolaps			
Glaukomart	NDG	0,486	< 0,001
Voroperation	TE	0,256	0,065

Gesichtsfeldverschlechterung

Sieben Patienten erlitten während des Erhebungszeitraumes eine GF-Verschlechterung. Tabelle 31 zeigt als Gemeinsamkeiten bei drei dieser sieben Patienten ein PEX-Glaukom und vier Patienten mit myopen Augen. Als einzelne Besonderheit lag bei einem Patienten ein Normaldruckglaukom vor.

Tabelle 31: Komplikationsprofil Gesichtsfeldverschlechterung TE (Quelle: Eigene Darstellung)

Merkmal		r-Wert	p-Wert
Gesichtsfeldverschlechterung 1. Tag			
Glaukomart	PEX-Glaukom	0,223	0,055**
Gesichtsfeldverschlechterung 3. Monat			
Glaukomart	NDG	0,695	< 0,001**
Sphäre präOP	-0,5 dpt	0,120	0,548*
Gesichtsfeldverschlechterung 6. Monat			
Glaukomart	PEX-Glaukom	0,156	0,409**
Sphäre präOP	-0,5 dpt	0,056	0,789*
	-2,5 dpt		
Gesichtsfeldverschlechterung 12. Monat			
Glaukomart	PEX-Glaukom	0,400	0,067**
Sphäre präOP	-1,5 dpt	0,106	0,674*

* Eta-Koeffizient

** Phi-Koeffizient

4.5.2. Kanaloplastik

Die Komplikationsprofile werden gemäß der Reihenfolge in Tabelle 16 dargelegt und ausgeführt.

Hyphäma

Die Komplikationen wurden erneut bei jenem Zeitpunkt verzeichnet, an dem sie zum ersten Mal in Erscheinung traten, sodass die zwei Hyphämata im ersten postoperativen Monat entfallen. Auffällig waren drei Gemeinsamkeiten: Neun der 18 Patienten mit Hyphäma waren durch eine Phako voroperiert, fünf davon in Verbindung mit Kahook Dual Blade. Wie Tabelle 32 entnommen werden kann, waren weitere 14 der 18 Patienten myop.

Tabelle 32: Komplikationsprofil Hyphäma KP (Quelle: Eigene Darstellung)

	Merkmal	r-Wert	p-Wert
Hyphäma			
Voroperation	Phako	0,213	0,202**
	Phako + Kahook	0,350	0,036**
Sphäre präOP	-0,25 dpt	0,011	0,952*
	-0,25 dpt		
	-0,25 dpt		
	-0,5 dpt		
	-0,75 dpt		
	-1 dpt		
	-1 dpt		
	-1,5 dpt		
	-2 dpt		
	-3 dpt		
	-3,25 dpt		
	-3,25 dpt		
	-4,25 dpt		
	-12,75 dpt		

* Eta-Koeffizient

** Phi-Koeffizient

Periphere Descemetablösung

Da nur eine periphere Descemetablösung vorlag, wurde lediglich dieser einzelne Patient auf Besonderheiten hin untersucht. Von diesen lagen drei vor: Der Patient wies ein PEX-Glaukom auf, er war bereits durch eine Kanalooplastik voroperiert und wie in Tabelle 33 zu sehen ist, erhielt er sowohl bei der Erstvorstellung als auch präoperativ Atropintropfen.

Tabelle 33: Komplikationsprofil periphere Descemetablösung KP (Quelle: Eigene Darstellung)

	Merkmal	r-Wert	p-Wert (Phi)
Periphere Descemetablösung			
Glaukomart	PEX-Glaukom	0,255	0,126
Voroperation	KP	0,697	< 0,001

		Merkmal	r-Wert	p-Wert (Phi)
Medis	Erstvorstellung	Atropin	1,000	< 0,001
	präOP	Atropin	0,697	< 0,001

Gesichtsfeldverschlechterung

Bei den fünf aufgetretenen GF-Verschlechterungen konnten folgende Gemeinsamkeiten ausfindig gemacht werden: Vier von fünf Patienten hatten am ersten Tag ein Hyphäma und ebenfalls vier von fünf Patienten waren sowohl präoperativ als auch zum Zeitpunkt des Komplikationsauftretens myop (drei Patienten im sechsten Monat und ein Patient im zwölften Monat), wobei eine positive Korrelation nur die GF-Verschlechterung im sechsten Monat mit den myopen Werten am ersten postoperativen Tag bestand. Als weitere einzelne Prägnanzen war ein Patient mittels Kanaloplastik voroperiert und ein anderer wies im dritten postoperativen Monat einen auffallend hohen IOD auf.

Die statistische Korrelationsübersicht kann aus Tabelle 34 abgelesen werden.

Tabelle 34: Komplikationsprofil Gesichtsfeldverschlechterung KP (Quelle: Eigene Darstellung)

		Merkmal	r-Wert	p-Wert
Gesichtsfeldverschlechterung 3. Monat				
Besonderheit		Hyphäma	0,240	0,369**
Gesichtsfeldverschlechterung 6. Monat				
Besonderheit		Hyphäma	0,225	0,416**
Voroperation		KP	0,527	0,057**
Sphäre	präOP	-0,25 dpt		
		-3 dpt	0,489	0,107*
		-3,25 dpt		
	1. Tag	-1 dpt	0,600	0,013*
		-3 dpt		
		-3,25 dpt		
	6. Monat	-0,5 dpt	0,396	0,203*
		-2,75 dpt		
		-3 dpt		
Gesichtsfeldverschlechterung 12. Monat				
Besonderheit		Hyphäma	0,289	0,338**
IOD 3. Monat		49 mmHg	0,884	0,004*
Sphäre	präOP	-4,25 dpt	0,725	0,012*
	12. Monat	-4,5 dpt	0,681	0,044*

* Eta-Koeffizient

** Phi-Koeffizient

4.6. Zusammenfassung Ergebnisse

Zusammenfassend werden an dieser Stelle die wichtigsten Ergebnisse dargestellt. Dies umfasst die Augendrucksenkung, den OP-Erfolg sowie die Komplikationen.

Der IOD nahm sowohl nach TE als auch nach KP postoperativ ab, nach beiden Operationsverfahren stieg er jedoch vom sechsten bis zum zwölften Monat wieder an. Die IOD-Senkung fiel nach TE höher aus als nach KP und auch die Rate des Unqualified Success¹ war sowohl im sechsten als auch im zwölften Monat nach TE höher. Nach KP bedurfte es häufiger wieder einer Wirkstoffeinnahme. Sofern das Hyphäma als Komplikation inkludiert wurde, lag die Komplikationsrate etwa doppelt so hoch wie bei der TE, ohne Hyphäma hingegen lagen die Werte unterhalb jener der TE.

Diese zusammengefassten Ergebnisse sind in Tabelle 35 gezeigt. Durch die Individualität der Komplikationsprofile wird darauf verzichtet, diese ebenfalls erneut tabellarisch darzustellen.

Tabelle 35: Zusammenfassende Tabelle wichtigster Ergebnisse für TE und KP (Quelle: Eigene Darstellung)

	6. Monat		p-Wert	12. Monat		p-Wert
IOD [mmHg]	11,0 ± 4,0	15,9 ± 5,4	0,003*	14,7 ± 6,0	16,4 ± 6,3	0,512*
IOD-Senkung [%]	-	-	-	55,1 ± 23,8	43,3 ± 25,9	0,041*
Unqualified Success [%]	84,0	75,0	0,659**	75,0	54,5	0,423**
Wirkstoffanzahl	0,2 ± 0,4	0,5 ± 0,9	0,354*	0,5 ± 1,0	1,2 ± 1,6	0,201*
Komplikationsrate [%]	31,3	65,8 mH 13,2 oH	0,605* < 0,001*	35,0	68,4 mH 15,8 oH	0,206* < 0,001*

* Mann-Whitney-U-Test

** Exakter Test nach Fisher

mH = mit Hyphäma

oH = ohne Hyphäma

5. Diskussion

Die Trabekulektomie ist der Goldstandard zur glaukomchirurgischen Versorgung, beinhaltet neben einer exzellenten Drucksenkung jedoch ein ausgeprägtes Komplikationsprofil. Die Kanaloplastik hingegen erwirkt zwar keine äquivalente Drucksenkung, ist dafür jedoch ein weniger komplikationsträchtiges Verfahren.

Um evaluieren zu können, welche Patienteneigenschaften Risikofaktoren für Komplikationen darstellen und ob eines der Operationsverfahren für bestimmte Patienten am ehesten geeignet wäre, wurden neben den Daten zur Drucksenkung und zum OP-Erfolg die aufgetretenen Komplikationen ausgewertet und entsprechende Komplikationsprofile angelegt. Diese Daten werden im folgenden Kapitel mittels vergleichender Literatur geprüft.

5.1. Allgemeine Diskussion der Daten

Im vorliegenden Datensatz ist zu beachten, dass die TE-Gruppe doppelt so groß ausfiel wie die KP-Gruppe. Dies beeinflusst und verzerrt nicht nur prozentuale Angaben, sondern auch die Ergebnisse statistischer Tests. Daher wären weitere Untersuchungen mit ausgeglichenen Studienpopulationen empfehlenswert.

Wird Kapitel 4.3.1 betrachtet, so fällt auf, dass mittels Kanaloplastik nahezu alle untersuchten Glaukomformen therapiert wurden. Dies steht im Widerspruch zu Thederan et al., die die Kanaloplastik als Therapieform des Offenwinkelglaukoms beschrieben⁶⁰. Allerdings existieren diverse Studien, die die Kanaloplastik auch bei anderen Glaukomarten anwendeten, etwa NDG⁶¹, PEX- und PDS-Glaukom⁶², bei Steroidrespondern⁶³, juvenilen⁶⁴ und uveitischen Glaukomen⁶⁵. Als Kontraindikation zeigten Riva et al. das Engwinkelglaukom auf⁶², welches unter den mittels Kanaloplastik operierten Augen nicht vertreten ist. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die Repräsentation der Glaukomformen unter den OP-Verfahren valide ist. Weiterhin beschrieb Mills, dass die Glaukomart die Vernarbungstendenz ungünstig beeinflussen kann⁶⁶.

Anhand Kapitel 4.3.5 ist ersichtlich, dass sowohl die Patientengruppe der KP als auch der TE myop war. Generell gilt die Myopie als Risikofaktor für die glaukomatöse Optikus-Neuropathie^{22,67}. Da der vorliegende Datensatz aus Patienten mit diagnostiziertem Glaukom besteht, kann der durchschnittlich myope sphärische Refraktionsfehler dies bestätigen.

Auffallend in Kapitel 4.3.8 ist einerseits das präoperative Maximum an eingenommenen systemischen CAH sowohl bei TE als auch bei KP und andererseits die hohe Anzahl an Atropinapplikationen postoperativ nach TE. Die Einnahme systemischer CAH dient der präoperativen Vorbereitung, da topische Antiglaukomatosa die Bindehaut irritieren. Um optimale OP-Bedingungen zu schaffen, werden diese in ausreichendem Abstand zur Operation abgesetzt und die IOD-Senkung wenn möglich über systemische CAH erreicht.^{51,68}

Die postoperative Atropineinnahme dient der Verhinderung eines malignen Glaukoms und posteriorer Synechien³⁹. Durch die Effekte der Relaxierung des Ziliarmuskels (Zykloplegie) trägt dies zu einer Reduzierung der Sickerkissenvernarbung bei⁴⁰. In der vorliegenden Studie erhielten am ersten postoperativen Tag 25 % und im ersten Monat 24 % der TE-Patienten Atropin. Es erscheint daher möglich, dass ein Großteil der positiven Chi²-Teststatistik auf die Atropineinnahme zurückzuführen ist. Nachdem Atropin aus der Statistik entfernt wurde, war die Signifikanz im ersten Monat nicht mehr gegeben, während sie am ersten postoperativen Tag weiterhin signifikant blieb ($p = 0,004$). Demzufolge ist davon auszugehen, dass die knapp 18 % systemische Gabe von CAH am ersten Tag nach TE den Chi²-Test ausschlagen ließen.

5.2. Augendrucksenkung

Die TE besitzt den Ruf, den Augeninnendruck so gut wie kein anderes glaukomchirurgisches Verfahren senken zu können⁴³.

Ayyala et al. sowie Brüggemann et al. beschrieben nach zwölf Monaten einen höheren drucksenkenden Effekt der TE im Vergleich zur KP (43 % vs. 32 % bzw. 53,4 % vs. 50,3 %) ^{42,46} und zeigten somit ähnliche Ergebnisse zur vorliegenden Studie mit ca. 55 % vs. 43 % ($p = 0,041$). Brüggemann et al. beschrieben nach TE einen Abfall des IOD von 12,4 mmHg auf 11,6 mmHg⁴² vom sechsten auf den zwölften Monat, während dieser bei Ayyala et al. und Thederan et al. mit 11,2 mmHg zu 11,6 mmHg bzw. 13,2 mmHg zu 13,1 mmHg annähernd konstant blieb^{46,60}. Auch nach KP blieb der IOD bei Thederan et al. von 15,7 mmHg auf 15,8 mmHg nach zwölf Monaten konstant, während er sowohl bei Ayyala et al. als auch bei Brüggemann et al. von 12,1 mmHg auf 13,8 mmHg und von 12,4 mmHg auf 13,2 mmHg anstieg. In der vorliegenden Studie präsentierte die Werteentwicklung bei beiden Operationsverfahren einen Aufwärtstrend. Der IOD nach TE stieg vom sechsten zum zwölften Monat von 11 mmHg auf 14,7 mmHg und nach KP von 15,9 mmHg auf 16,4 mmHg an.

Während die IOD-Werte nach TE im sechsten und zwölften Monat bei Thederan et al. keine Signifikanz ergaben⁶⁰, lagen die Werte in dieser Arbeit im sechsten Monat signifikant vor ($p = 0,003$), für den zwölften Monat hingegen nicht mehr ($p = 0,512$).

Die Druckwerte nach zwölf Monaten lagen in der vorliegenden Studie bei beiden OP-Verfahren höher als die Vergleichswerte. Während jedoch die Trabekulektomie im Mittel noch einen Druck von ≤ 15 mmHg erreichte, lag die Kanaloplastik bereits im sechsten Monat darüber.

Grieshaber et al. untersuchten den drucksenkenden Effekt eines Hyphämas nach Kanaloplastik. Die Patientenpopulation mit Hyphäma erreichte im Gegensatz zu jener ohne Hyphäma niedrigere Druckwerte sowohl am postoperativen Tag als auch nach einem Jahr und erzielten mit einer höheren Wahrscheinlichkeit eine Druckreduktion von > 30 % nach zwei Jahren.⁴⁸ Eine ähnliche Beobachtung schilderten Koch et al. in ihrer Studie⁶⁹. Diese Ergebnisse konnten nur teilweise in der vorliegenden Untersuchung bestätigt werden. Als

Gemeinsamkeit lagen niedrigere Druckwerte bei Patienten mit Hyphäma als ohne vor, allerdings erreichten 80 % der Patienten mit Hyphäma eine IOD-Senkung von > 30 % gegenüber 88,9 % der Patienten ohne Hyphäma (siehe Tabelle 21).

Insgesamt stimmen die Ergebnisse der vorliegenden Studie mit jenen vergleichbarer Untersuchungen überein, aus denen sich ableiten lässt, dass die TE einen höheren drucksenkenden Effekt als die Kanalooplastik ausübt. Dies ist am ehesten darauf zurückzuführen, dass mittels TE ein neuer Abflussweg für das Kammerwasser kreiert wird und die Drucksenkung somit keinen physiologischen Grenzen unterliegt⁴², während die Druckminimierung nach KP durch Mobilisierung des natürlichen Abflusses durch die Druckverhältnisse in Schlemm-Kanal und den episkleralen Venen limitiert wird⁴⁷.

5.3. OP-Erfolg

Der Vergleich des OP-Erfolgs mit anderen Studien ist durch die Setzung unterschiedlicher Definitionen erschwert. Gemäß WGA liegt ein Unqualified (Complete) Success vor, sofern keine Medikamente appliziert werden, eine weitere Definition findet allerdings nicht statt⁴⁹. Daher wurde sich in dieser Arbeit dazu entschieden, keine zusätzliche Bedingung an den IOD zur Erfüllung dieses Kriteriums zu koppeln. Dies wurde von diversen Autoren und Studiengruppen anders umgesetzt.

Brüggemann et al. definierten den OP-Erfolg über einen IOD von ≤ 18 mmHg und erreichten somit nach zwölf Monaten nach TE 80 % und nach KP 92,2 % einen Unqualified Success⁴². Thederan et al. hingegen definierten unter anderem zusätzlich eine IOD-Senkung von mindestens 20 % bei einem IOD von ≤ 21 mmHg als Erfolgskriterium und erzielten 66,7 % nach TE bzw. 47,6 % nach KP⁶⁰. In der Trabeculectomy versus Canaloplasty-Studie (TVC) wurden beide Kriterien aufgegriffen. Nach TE erlangten in beiden Fällen 77,4 % der Patienten Tropfenfreiheit, während nach KP bei einem IOD von ≤ 18 mmHg 56,5 % vorlagen und bei einem IOD von ≤ 21 mmHg in Verbindung mit einer IOD-Senkung von mindestens 20 % die Zahl auf 60,9 % anstieg³⁹. In der Trabeculectomy versus Canaloplasty-Studie (TVC) und in der Untersuchung von Thederan et al. bestach demnach die TE durch höhere Unqualified-Success-Werte^{39,60}. Im Gegensatz dazu wies die Studie von Brüggemann et al. bessere Werte nach KP auf⁴². Mit dem Kriterium der reinen Tropfenfreiheit wies die vorliegende Studie ebenfalls höhere Werte für die TE (75 %) als für die KP (54,5 %) auf. In der Studie von Brüggemann et al. ist festzustellen, dass in die Gruppe der Kanalooplastik auch jene in Kombination mit einer Phako integriert wurden. Da eine Phako-Kanalooplastik jedoch niedrigere Druckwerte erreicht als eine Kanalooplastik alleine⁷⁰, könnten die abweichenden Ergebnisse von Brüggemann et al. im Vergleich zu anderen und der vorliegenden Studie darin begründet liegen. Weiterhin untersuchten die drei genannten Studien geringere Patientenpopulationen

als die vorliegende, wobei sich der Beobachtungszeitraum in der TVC über zwei Jahre erstreckte.

Gemäß Ayyala et al. sowie Matlach und Klink erreicht die TE eine höhere Tropfenfreiheit als die KP^{41,46}. Dies konnte bestätigt werden. Innerhalb des 'Qualified Success' konnte die TE nach zwölf Monaten eine Wirkstoffreduktion von ca. 1,5 Wirkstoffen verzeichnen, die KP von 0,9 Wirkstoffen. Damit lag diese Studie unterhalb der Ergebnisse vergleichbarer Studien, die im Durchschnitt nach TE eine Wirkstoffreduktion von 2,1 – 3,0 und nach KP von 1,8 – 2,5 erzielten.^{39,42,46,60}

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die TE eher zu Tropfenfreiheit führt als die KP. Auch im 'Qualified Success' erreicht die TE eine größere Wirkstoffreduktion als die KP. Somit unterstreichen die vorliegenden Ergebnisse größtenteils die Auswertungen der genannten vorangegangenen Studien.

5.4. Komplikationsraten

Wie bereits erwähnt, ist die effiziente Senkung des Augeninnendrucks das primäre Ziel einer Operation, jedoch sollte dies möglichst mit einem geringen Komplikationsspektrum vergesellschaftet sein. Zur Ermittlung, welches der beiden Operationsverfahren im geringeren Ausmaße zu Komplikationen führt, wurden sie einander gegenübergestellt.

5.4.1. Trabekulektomie

Obwohl die TE ein potentes Verfahren zur Reduzierung des Augeninnendrucks darstellt, lässt sich anhand vergleichender Literatur herausarbeiten, dass sie eine höhere Komplikationsrate als die Kanaloplastik aufweist^{41,43,46}.

Die gefürchtetste Komplikation der TE ist die Sickerkissenvernarbung⁴⁴, deren Auftreten nach Picht et al. vor allem in den ersten drei postoperativen Wochen bis zum dritten postoperativen Monat zu verzeichnen ist⁵⁰. In dieser Arbeit lagen gemessen auf den gesamten Beobachtungszeitraum zwei SiKi-Vernarbungen vor (2,5 %). Höhere Raten zeigten die drei randomisierten kontrollierten Studien (RCT) Advanced Glaucoma Intervention Study (AGIS), Collaborative Initial Glaucoma Treatment Study (CIGTS) und Tube versus Trabeculectomy Study (TVT) mit 14,1 %, 10,1 % und 6 %. Auch bei den Komplikationen VK-Abflachung und externe Fistulation lagen die RCT bedeutend höher (17,3 %, 10 % und 10 % bzw. 6,5 %, 5 % und 11 %), als die Datenauswertung der vorliegenden Arbeit mit 2,5 % bzw. 0 %⁷¹⁻⁷³. Zu beachten ist allerdings, dass die RCTs weitgehend größere Studienpopulationen untersuchten und somit die Wahrscheinlichkeit aufkommender Komplikationen erhöht war. Die TVT legte weiterhin Komplikationsraten zu Makulafalten (5 %), Irisprolaps (1 %) und HH-Ulkus (1 %) dar⁷³ und lag mit ihren Ergebnissen unterhalb derer dieser Arbeit (11,3 %, 1,3 %, 2,5 %).

Picht et al. schilderten das Auftreten von AH-Amotio, VK-Abflachung, HH-Delle, Irisprolaps, externe Fistulation und malignes Glaukom gemessen auf 113 Augen mit 18,6 %, 8 %, 3,5 %, 3,5 %, 2,7 % und 0,9 %⁵⁰. Mills schilderte 1981 nach seiner Untersuchung von 444 Augen niedrigere Komplikationswerte als Picht et al. bzgl. VK-Abflachungen (13,1 %), Irisprolaps (0,5 %) und malignem Glaukom (0,7 %)⁶⁶. Thederan et al. beschrieben aufgetretene externe Fistulationen zu 4,5 %, aber keine VK-Abflachungen⁶⁰. Obwohl die Patientenzahl zwischen Picht et al. und der vorliegenden Arbeit eine größere Annäherung darstellt als bspw. mit den RCT sind auch hier teilweise erhebliche Unterschiede im Vorhandensein der Komplikationen zu erkennen. Bezüglich der Gesichtsfeldverschlechterung konnten zwei Studien gefunden werden, die diese Messung ebenfalls über die MD angaben: Bei Kotecha et al. fielen 14 % der Augen durch eine alleinige GF-Verschlechterung auf⁷⁴ und auch Strouthidis et al. ermittelten mit 15 % einen ähnlichen Anteil⁷⁵. Beide Werte lagen über den hier vorliegenden 8,8 %, wobei zu beachten gilt, dass Kotecha et al. einen Beobachtungszeitraum von durchschnittlich fünf Jahren und Strouthidis von durchschnittlichen sechs Jahren aufwiesen. Andere Studien untersuchten das Gesichtsfeld über die Progression des GF-Verlustes pro Jahr^{76–78} und waren somit nicht zum direkten Vergleich geeignet.

Zusammenfassend sind die Ergebnisse der TE-Komplikationen sehr heterogen verteilt, sodass sie teils niedriger teils höher als die Ergebnisse vergleichbarer Studien liegen. Dies ist nicht zuletzt durch die unterschiedliche Größe der Studienpopulation bedingt.

5.4.2. Kanaloplastik

Matlach und Klink fassten zusammen, dass die Komplikationen der TE zumeist entweder Hypotonie-assoziiert oder Sickerkissen-assoziiert sind⁴¹. Durch die Operationstechnik der Kanaloplastik entfallen laut Francis et al. diese beiden Komplikationsspektren⁴⁷. Eine generell geringe Rate an Hypotonien ließ sich anhand Konopińska et al. feststellen, die von 0,6 % Hypotonien berichteten⁷⁹. Höhere Werte schilderten Thederan et al., Brusini sowie die TVC, auch wenn die KP stets unterhalb der TE-Werte lag^{39,60,64}. Allerdings zeigten sich in der vorliegenden Arbeit keine Komplikationen, die mit einer Hypotonie assoziiert wären wie AH-Amotio oder Makulafalten⁴¹. Auch Ayyala et al. beschrieben die Absenz von Makulafalten nach KP⁴⁶. Des Weiteren konnten in der vorliegenden Studie keine VK-Abflachungen nachgewiesen werden, welcher Umstand sich mit den Ergebnissen von Bull et al. und der TVC deckt^{39,80}.

Die mit Abstand häufigste Komplikation nach KP stellte das Hyphäma dar. In der vorliegenden Arbeit lag das Auftreten bei 50 %, während Vergleichsarbeiten 4,5 - 31,3 %^{42,46,60,80} und sogar 71,4 %⁶⁹ bzw. 85,1 %⁴⁸ beschrieben. Jedoch stellten Grieshaber et al. fest, dass das Auftreten eines Hyphämas weniger als Komplikation, sondern viel mehr als günstiger Prognosefaktor interpretiert werden kann. Sie gaben an, dass jene Patienten mit Hyphäma einen weniger komplikationsträchtigen Verlauf aufwiesen.⁴⁸ Dies konnte mithilfe der vorliegenden Arbeit nicht

verifiziert werden. Von den 20 Patienten, die kein Hyphäma erlitten hatten, wurde bei einem Patienten im Verlauf eine weitere Komplikationen nachgewiesen, dies entspricht 5 %. Dem gegenüber standen 18 Hyphäma-Patienten, von denen vier nachträglich von Komplikationen betroffen waren, also 22 %.

Als Theorie für den stärker ausgeprägten drucksenkenden Effekt des Hyphämas wird eine durch Dilatation des Schlemm-Kanals induzierte Druckumkehr angeführt, die bis zur Wiederherstellung des physiologischen Drucks zu einem retrograden Bluteinstrom in die Vorderkammer führt^{48,69}. Somit ist das Hyphäma nach Kanaloplastik als Ergebnis einer erfolgreichen Rekanalisierung und weniger als Traumafolge zu sehen, die es im Falle einer TE darstellt. Dies sahen Koch et al. dadurch bestätigt, dass eine Hypertonisierung am Ende des operativen Eingriffs die Inzidenz des Hyphämas verringerte.⁶⁹

Eine seltene, aber schwere Komplikation der KP stellt die Descemetablösung dar⁴¹. In vergleichenden Arbeiten wurden Komplikationsraten von 2,3 – 7,4 % ermittelt^{42,46,80–82}, während sie mit 2,5 % in der vorliegenden Arbeit vorlag. Des Weiteren wurde in Studien von Cheese wiring (0,4 – 13 %)^{54,64,82} und zu jeweils 0,9 % von Bindehautdehiszenz, Irisanlagerung und GF-Verschlechterung⁵⁴ berichtet. Cheese wiring, BH-Dehiszenzen sowie Irisanlagerungen konnten in der vorliegenden Studie nicht identifiziert werden, allerdings lagen 13,2 % Gesichtsfeldverschlechterung auf den gesamten Beobachtungszeitraum vor. Neben der Beschreibung von Brüggemann et al. konnten keine weiteren Studien zur Validierung der vorliegenden GF-Verschlechterung gefunden werden.

Zusammenfassend liegen die Ergebnisse der durchgeführten Studie unterhalb oder innerhalb der Range anderer Forschungsarbeiten und konnten die vergleichbaren Ergebnisse somit bestätigen.

5.4.3. Zusammenfassung Komplikationsraten

In der direkten Gegenüberstellung wies die TE insgesamt 35 % Komplikationen auf, während die KP 68,4 % verzeichnete. Werden die Komplikationen der KP genauer betrachtet, so fällt auf, dass insgesamt 52,6 % der Komplikationen auf das Hyphäma entfallen. Davon liegen 47,4 % am ersten postoperativen Tag vor, wovon zwei Hyphämata (5,3 %) bis zum ersten Monat andauerten. Wie bereits in Kapitel 5.4.2 dargelegt, ist die Anwesenheit eines Hyphämas nicht unumgänglich als Komplikation zu werten. Zudem stellt es eine zumeist nur kurzweilig vorliegende und selbstlimitierende Erscheinung dar. Würde also das Vorliegen des Hyphämas gemäß Grieshaber et al. nicht als Komplikation gewertet werden, würde die KP mit 15,8 % Komplikationen auf den gesamten Zeitraum gesehen unterhalb der TE liegen und somit die Ergebnisse vorangegangener Studien unterstreichen⁴⁸.

Innerhalb der gleichsam untersuchten Komplikationen AH-Amotio, Makulafalten, VK-Abflachung, HH-Delle und GF-Verschlechterung zeigte die TE in 28,8 % der Fälle

Komplikationen, die KP allerdings nur 12,5 %, auch wenn die Unterschiede nicht signifikant waren. Bei Gegenüberstellung der schweren spezifischen Komplikationen SiKi-Vernarbung für die TE und Descemetablösung für die KP lagen beide OP-Verfahren mit jeweils ca. 2,5 % gleichauf. Allerdings wird die Descemetablösung als selbstlimitierend und -heilend beschrieben⁴⁶, während die fulminante Sickerkissenvernarbung als OP-Versagen gewertet werden kann⁴⁹. Um dies zu verhindern, benötigt die TE eine intensivere Nachbehandlung und bei Anzeichen einer Vernarbungssituation eine adjuvante Therapie mit Antifibrotika wie 5-Fluorouracil (5-FU)⁵⁰. Ayyala et al. zeigten daher den Vorteil der KP auf, durch die Unabhängigkeit vom Sickerkissen auch unabhängig von der subkonjunktivalen Heilung zu sein⁴⁶. Die durch das Sickerkissen entstehende potentere Drucksenkung der TE wird ihr in der Bewertung der Komplikationsrate zum Verhängnis: Diverse Studien zeigten, dass die TE häufiger zu Hypotonien führte^{39,60} und auch die Hypotonie-assoziierten Komplikationen AH-Amotio, Makulafalten und VK-Abflachung lagen in der hier präsentierten Studie nach TE häufiger vor als nach KP (18,8 % vs. 0 %) und beschrieben ca. 50 % der TE-Komplikationen. Demnach ist festzustellen, dass die KP in der vorliegenden Studie durch Integration des Hyphämas als Komplikation die TE zwar zahlenmäßig übertrifft, die KP-Komplikationen in ihrem Schweregrad jedoch deutlich geringer zu werten sind als jene der TE.

5.5. Komplikationsprofile

Die Komplikationsprofile wurden auf Grundlage anamnestisch vorliegender Gemeinsamkeiten und signifikanter Korrelationen erstellt. Limitationen zeigte dieses Vorgehen darin, dass die Komplikationen je Erhebungszeitpunkt erhoben und auf Korrelationen getestet wurden. Dementsprechend ist ihre Aussagekraft eingeschränkt, da pro Erhebungszeitpunkt weniger Komplikationen vorlagen als in Gänze auf zwölf Monate betrachtet, sodass auch die Signifikanz lediglich den Komplikationszeitpunkt abdeckt.

Weiterhin war die Diskussion der Komplikationsprofile durch rare vergleichbare Arbeiten erschwert. Diverse Studien untersuchten das Auftreten von Komplikationen, jedoch nicht ihre zugrundeliegenden Bedingungen. Somit stellt die vorliegende Arbeit die erste ihrer Art dar und kann einen Ansatzpunkt für nachfolgende Studien sein.

5.5.1. Trabekulektomie

Für die Trabekulektomie konnten Komplikationsprofile zu Sickerkissenvernarbung, Aderhautamotio, Makulafalten, Vorderkammerabflachung, Hornhautdelle bzw. -ulkus, Irisprolaps und Gesichtsfeldverschlechterung angefertigt werden. Diese sollen in diesem Kapitel diskutiert werden.

Sickerkissenvernarbung

Das in dieser Arbeit herausgearbeitete Komplikationsprofil für die SiKi-Vernarbung setzt sich zusammen aus TE als VorOP, einem geringen Visus, einer Myopie und einem schlechten Gesichtsfeld.

Für die Re-TE konnten in der Literatur zustimmende Belege gefunden werden. Die Fluorouracil Filtering Surgery Study Group beschrieb, dass die Anzahl der konjunktivaverletzenden Eingriffe das Risiko für Sickerkissenvernarbungen erhöht⁸³. Ähnlich zeigten Skuta und Parrish diverse Studien, die den negativen Einfluss einer vorangegangenen gescheiterten Filtrationschirurgie auf weitere glaukomchirurgische Operationen darlegten und dass eine langjährige Lokalthherapie das Vernarbungsrisiko steigere⁸⁴. Lavin et al. schilderten, dass die Erfolgschancen der TE als Primärtherapie gegenüber einer Sekundärtherapie nach jahrelanger Medikamentenapplikation höher lagen⁸⁵. Allerdings lagen in der vorliegenden Arbeit in der TE-Gruppe insgesamt zwölf Re-TEs vor, von denen lediglich zwei eine SiKi-Vernarbung erlitten. Dies macht einen Anteil von 16,7 % aus.

Weiterhin ermittelten Skuta und Parrish in ihrer Übersichtsarbeit, dass mit steigendem Alter die Erfolgsaussichten der TE stiegen⁸⁴. Dies könnte auf eine altersbedingte verzögerte und inadäquatere Wundheilung zurückzuführen sein, die in diesem Falle wünschenswert ist.

Wie bereits in Kapitel 5.1 geschildert, stellen myope Augen Risikoaugen dar. Daher erscheint es nicht überraschend, myope Augen im Komplikationsprofil der SiKi-Vernarbung vorzufinden. Allerdings stellt nur die Sphäre von -9,25 dpt eine signifikante Korrelation dar ($p < 0,001$). Gleiches gilt für die Perimetrie, bei der ebenfalls der tiefere Wert von -26,1 dB eine Signifikanz darstellt ($p = 0,012$). Zu beiden geschriebenen Merkmalen konnte keine vergleichende Literatur gefunden werden.

Interessant bei jenem Patienten mit der SiKi-Vernarbung im zwölften Monat waren die drei signifikanten Korrelationen bzgl. des Visus'. Allerdings ist fraglich, ob dies als prognostischer Faktor im Hinblick auf eine Sickerkissenvernarbung gedeutet werden kann. Atropin stellte das einzige Medikament dar, welches dieser Patient im dritten Monat erhielt, wodurch auch die Korrelation mit der Wirkstoffanzahl eine Signifikanz ergab ($p = 0,011$). Eine etwaige Begründung für die Atropineinnahme konnte aufgrund des Studiendesigns nicht ermittelt werden. Generell kann die Verwendung von Atropin in der postoperativen Phase auf einen komplikationsträchtigen Verlauf hinweisen und als Indikator für ein erhöhtes Risiko einer späteren Sickerkissenvernarbung dienen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass eher jüngere und voroperierte Patienten von der Gefahr einer SiKi-Vernarbung betroffen sind. Als prognostischer Hinweis kann die Notwendigkeit der Atropinapplikation angesehen werden. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass eher ältere Patienten von einer TE profitieren würden.

Aderhautamotio

Aderhautamotiones zählen zu den Hypotonie-assoziierten Komplikationen⁴¹ und sind gemäß Grehn und Klink intraoperativ bedingt⁵¹.

Reddy und Salim führten aus, dass die Genese einer AH-Amotio in der Akkumulation von Flüssigkeit in den supraschleralen Raum begründet liegt, die durch gestörte Druckverhältnisse infolge einer Hypotonie zustande kommen⁸⁶. Da Hypotonien durch glaukomchirurgische Verfahren verursacht werden können, könnten diese bereits als Risikofaktor für eine AH-Amotio gewertet werden. Je tiefer ein OP-Verfahren den IOD zu senken vermag, ein desto höheres Risiko müsste infolge für eine AH-Amotio bestehen. Da 18,8 % Hypotonie-assoziierte Komplikationen nach TE, im Speziellen 5 % AH-Amotio, 0 % Hypotonie-assoziierten Komplikationen nach KP gegenüberstehen, unterstreichen die vorliegenden Ergebnisse diese Annahme. Neben dieser Begründung einer AH-Amotio beschrieben Reddy und Salim Patienten mit vorangegangenen AH-Amotiones, Nanophthalmus und Sturge-Weber-Syndrom als Hochrisikopatienten⁸⁶.

Bei Haga et al. lagen bei 18,8 % der Patienten eine AH-Amotio vor, deren niedrigster IOD nach sieben postoperativen Tagen $3,9 \pm 3,5$ mmHg betrug, während der niedrigste IOD in der Patientengruppe ohne AH-Amotio bei $7,9 \pm 4,5$ mmHg lag ($p < 0,001$). Diese Ergebnisse bestärken ebenfalls obige Theorie, dass ein niedrigerer IOD ein Risikofaktor für Aderhautamotiones darstellt. Bei den von Haga et al. festgestellten 18,8 % AH-Amotio wiesen 24,1 % der Patienten ein PEX-Glaukom auf⁸⁷. Auch in der vorliegenden Studie bildete bei den vorhandenen AH-Amotio das PEX-Glaukom mit 75 % die häufigste Glaukomart ($p = 0,008$). Ebenso beschrieben Haga et al., dass 43 % der Patienten mit AH-Amotio zuvor eine Phakoemulsifikation als Voroperation aufwiesen ($p = 0,417$). In der vorliegenden Arbeit waren 50 % der betroffenen Patienten durch eine Phako voroperiert, allerdings in Verbindung mit einem Kahook Dual Blade ($p = 0,013$).

Weiterhin zeigten Studien, dass mit steigendem Alter das Risiko für AH-Amotiones steige^{87,88}. Demnach kann zusammenfassend gesagt werden, dass ein PEX-Glaukom sowie eine VorOP via Phako inkl. Kahook Blade ebenso wie fortgeschrittenes Alter Risikofaktoren für die Entstehung einer AH-Amotio darstellen. Sowohl präventiv als auch prognostisch sollte auf eine IOD-Sturzsenkung geachtet werden.

Makulafalten

Makulafalten können ebenso Folge einer Hypotonie wie eine Aderhautamotio sein⁵¹. Das Auftreten von Makulafalten wurde in zahlreichen Studien beschrieben, zunehmend nach der Verwendung von Antifibrotika wie Mitomycin C oder 5-FU⁸⁹. Fannin et al. präsentierten Daten zur IOD-Senkung, aus denen abgeleitet werden kann, dass nicht nur ein niedriger postoperativer IOD für die Entwicklung von Makulafalten ausschlagend ist, sondern auch die

Stärke der OP-bedingten IOD-Senkung⁹⁰. Demnach wäre die sofortige Senkung des Augeninnendrucks nicht förderlich und wünschenswert, sodass zur Prävention Hypotonie-assoziierten Komplikationen die Verwendung mehrerer Skleranähte erwogen werden sollte, die dann sukzessive zur Anpassung des IOD per lasergesteuerter Suturolyse entfernt werden können^{91,92}.

Bezüglich der Glaukomart lagen in der von Suñer et al. publizierten Studie bei von Makulafalten betroffenen Patienten häufiger ein POWG vor als bei der Vergleichsgruppe⁹². Auch wenn dies keine Signifikanz aufwies, so decken sich diese Ergebnisse doch mit der vorliegenden Studie. Fraglich ist daher, ob das POWG tatsächlich einen Risikofaktor darstellt oder lediglich aufgrund der weitverbreiteten Entität gehäuft auftrat, denn bei Fannin et al. war das POWG in der Patientengruppe mit Makulafalten geringer repräsentiert als bei jener Patientengruppe ohne Makulafalten ($p = 0,01$)⁹⁰.

Als Risikofaktor konnte das männliche Geschlecht identifiziert werden^{90,93} und auch Myopie, vorausgegangene Augeneingriffe und junges Alter gelten als potenzielle Risikofaktoren^{90,92,93}. Suñer et al. schilderten, dass 67 % der Patienten, die von Makulafalten betroffen waren, vorher bereits einen glaukomchirurgischen Eingriff erhalten hatten⁹². In dieser Studie wiesen 50 % der betroffenen Patienten eine Phako in Verbindung mit Kahook Dual Blade auf. Bei Fannin et al. lag die Rate der Filtrations- inkl. Kataraktchirurgie bei 13,6 % gegenüber 32 % innerhalb der Patientengruppe ohne Makulafalten⁹⁰. Caprioli und Suñer et al. stellten fest, dass von Makulafalten betroffene Patienten jünger seien, als die Vergleichsgruppe (Suñer et al. $p < 0,02$) und auch Fannin et al. konnten dies bestätigen ($p < 0,001$)^{90,92,93}. Eine Begründung für die Risikoassoziation zwischen jungem Alter und Makulafalten wird in der flexibleren Sklera gesehen, die aufgrund fehlender Steifigkeit in jungen Jahren bei Hypotonie kollabieren kann und somit die Grundlage für Makulafalten bildet^{89,93,94}.

Laut Caprioli kann als prognostischer Hinweis für die Entwicklung von Makulafalten eine Visusverschlechterung ohne korrelierende Ursachen bei unauffälligem Untersuchungsbefund dienen⁹³. Dies schilderten auch Budenz et al.⁹⁵. Gemäß Thomas et al. kann ein weiterer Prognosefaktor in einer relativen Hyperopisierung gesehen werden⁹⁴.

Neben der diagnostizierten Glaukomart und den filtrierenden Voroperationen stellte die Atropinapplikation in der vorliegenden Studie ebenfalls ein signifikantes Ereignis dar ($p = 0,008$). Diese erhielten zwei Patienten (50 %) im ersten postoperativen Monat, bevor sie im dritten Monat Makulafalten aufzeigten. In Zusammenhang mit Makulafalten findet Atropin Anwendung bei kindlicher Myopie, um die Progression der Myopie und somit unter anderem die Entwicklung einer myopieassoziierten Makulopathie zu verhindern⁹⁶. Da beide Patienten dem Kindesalter entwachsen waren und keine ausgeprägte Myopie aufwiesen, erscheint diese Erklärung hier nicht sinnvoll. Wahrscheinlicher kann die Atropinapplikation analog zur SiKi-

Vernarbung als Andeutung eines komplikationsträchtigen Verlaufs dienen, sodass auf das Auftreten von Hypotonie-assoziierten Komplikationen geachtet werden sollte.

Für Makulafalten gelten daher folgende Risikofaktoren: Glaukomchirurgische Voroperation bzw. Phako und Kahook Blade, junges Patientenalter und männliches Geschlecht. Auch hier kann eine IOD-Sturzsenkung die Entstehung von Makulafalten begünstigen, sodass diese vermieden werden sollte.

Vorderkammerabflachung

VK-Abflachungen können bei erhöhtem IOD beispielsweise durch einen Pupillarblock oder ein malignes Glaukom entstehen. Bei einem niedrigen IOD mit flachem Sickerkissen sind sie Ausdruck einer Hypotonie, etwa durch undichte konjunktivale Nähte oder eine AH-Amotio, während sie bei einem niedrigen IOD mit prominentem Sickerkissen durch Überfiltration bedingt sein können^{97,98}.

Wie auch in dieser Untersuchung herausgearbeitet, finden sich in der Literatur Hinweise darauf, dass das EWG ein Risikofaktor für die Entstehung einer VK-Abflachung darstellt⁹⁸⁻¹⁰¹. Uneinigkeit liegt bezüglich des sphärischen Refraktionsfehlers vor. Khairnar et al. schilderten, dass 75 % jener Patienten mit VK-Abflachung myope Augen aufwiesen⁹⁸ und auch Castrén und Pohjola beschrieben mehr betroffene myope Augen¹⁰², während Schuster et al. als generellen Risikofaktor für flache Vorderkammern die Hyperopie aufführten¹⁰³. In der vorliegenden Arbeit wiesen beide betroffenen Patienten eine Myopie auf. Eine mögliche Begründung für die Entstehung einer flachen Vorderkammer in myopen Augen stellt, vergleichbar mit der Genese von Makulafalten, eine geringe Steifigkeit der Sklera dar¹⁰².

Auffällig waren bei einem Patienten an weiteren Refraktionsfehlern die Zylinderwerte, die sowohl präoperativ als auch nach drei Monaten signifikant mit dem Auftreten der VK-Abflachung korrelierten. Eine mögliche Begründung konnte in der Literatur nicht gefunden werden, allerdings könnte eine Erklärung die ungleichmäßige Struktur der Hornhaut darstellen, die infolge einer Hypotonie einen Stabilitätsverlust erfährt und somit eine Abflachung der Vorderkammer bedingen könnte.

Als prognostischen Hinweis konnte in der vergleichenden Literatur die Entstehung einer flachen Vorderkammer am zuerst operierten Auge identifiziert werden^{98,104}. Um das Risiko für das erste zu operierende Auge abzuschätzen, sollten Charakteristika wie Glaukomart, Alter über 60 Jahren, das weibliche Geschlecht sowie ein IOD bei Erstvorstellung von > 50 mmHg berücksichtigt werden^{98,101,103}.

Eine Untersuchung von Blok et al. zeigte eine bestehende Signifikanz zwischen der Menge der Skleranähte und der Inzidenz der VK-Abflachung¹⁰⁵. Um das Risiko für Hypotonie-bedingte VK-Abflachungen in Folge einer postoperativen Sturzsenkung des IOD zu minimieren, können

analog zum Vorschlag der Prävention von Makulafalten zunächst mehrere Skleranähte angelegt werden, die dann sukzessive bei Bedarf per Suturelyse aufgetrennt werden.

Zusammenfassend gilt zur Prävention der VK-Abflachung ein analoges Vorgehen zu AH-Amotio und Makulafalten: Eine schlagartige IOD-Senkung postoperativ sollte vermieden werden. Insbesondere dann, wenn das zuerst operierte Auge bereits eine VK-Abflachung erlitten hat. Weiterhin stellen fortgeschrittenes Alter, weibliches Geschlecht und ein EWG Risikofaktoren dar.

Hornhautdelle und -ulkus

Sowohl beim Auftreten der Hornhautdelle als auch des Hornhautulkus‘ waren visitär ausladende Sickerkissen beschrieben. Prominente Filterkissen können durch den Lidschlag auf die Hornhaut übertreten, sodass durch den inadäquaten Lidschluss oder Überfiltration Benetzungstörungen der Hornhaut auftreten können, die wiederum in Hornhautdellen bis hin zu einem Hornhautulkus resultieren können.^{106–108} Als weitere Kausalität von Hornhautepithelschäden wurde die Anwendung von Antimetaboliten erörtert. In einer Stellungnahme schilderte Grehn, dass die Anwendung von 5-FU das Hornhautepithel schädige und somit bei wiederholter Applikation eine Hornhauteserosio entstehen könne⁵¹. Gleiche Ergebnisse lieferte die Untersuchung von Reiter et al., in der festgestellt wurde, dass die Inzidenz von HH-Erosionen von der 5-FU-Dosierung abhängig war. Allerdings postulierten Reiter et al., dass aufgrund der seltenen langfristigen HH-Komplikationen bei gleichzeitiger Priorisierung des Sickerkissenerhalts die Anwendung von 5-FU gerechtfertigt sei¹⁰⁹.

Ein Patient wies als positive Korrelation ein Normaldruckglaukom auf. Dies konnte durch die Literaturrecherche allerdings nicht bestätigt werden und auch in der Untersuchung von 61 ausladenden Sickerkissen von Muzuno et al. konnte kein NDG identifiziert werden¹¹⁰, wobei fraglich ist, ob diese Differenzierung des POWG vorgenommen wurde.

Zu den ermittelten refraktiven Korrelationen konnten keine Nachweise gefunden werden.

Demnach bergen ausladende Sickerkissen das Risiko für HH-Schäden, ein NDG kann ein Risikofaktor sein.

Irisprolaps

Ein Irisprolaps kann sowohl intraoperativ als auch postoperativ auftreten. Intraoperative Warnzeichen sind eine klaffende Wunde sowie eine deutliche VK-Abflachung¹⁰⁸. Besonders unter Einnahme von α_1 -Antagonisten wie Tamsulosin für die Behandlung der benignen Prostatahyperplasie steigt das Risiko für einen intraoperativen Irisprolaps^{111,112}.

In der vorliegenden Arbeit trat der einzig verzeichnete Irisprolaps nach einem Monat postoperativ auf. Bei dem Patienten stachen ein NDG sowie eine TE als Voroperation hervor. Zu beiden Korrelaten konnten keine Belege in vergleichbaren Studien gefunden werden.

Allerdings könnte dies unter Umständen durch ein geschwächtes Irisgewebe infolge der vorherigen TE erklärt werden. Harju et al., die eine Studie zur tiefen Sklerektomie bei NDG durchführten, schilderten allerdings die Theorie, dass ein niedriger Zieldruck einen Irisprolaps bzw. -inkarzeration begünstige, da bei der Drucksenkung in der Vorderkammer bereits ein niedrigerer Druck herrsche, während in der Hinterkammer noch höhere Druckverhältnisse bestehen¹¹³. Dies unterstreicht die von Jonescu-Cuypers und Seitz ausgeführten präventiven Maßnahmen der niedrigen Tonisierung des Auges und Oberkörperhochlagerung gegen einen intraoperativen Irisprolaps¹⁰⁸. Diese Theorie könnte durch das Vorliegen einer Re-TE mit erhöhtem Hypotonierisiko bekräftigt werden. Zur Prävention eines Irisprolaps sollte somit analog der Hypotonie-assoziierten Komplikationen auf eine initial ausgeprägte IOD-Senkung verzichtet werden.

Gesichtsfeldverschlechterung

Drei der sieben von einer Gesichtsfeldverschlechterung betroffenen Patienten wiesen ein PEX-Glaukom auf, das entspricht 43 %. Gemäß der in dieser Arbeit angewandten Definition einer GF-Verschlechterung von ≥ 1 dB ergab die Studie von Topouzis die gleiche Anzahl an vorliegenden PEX-Glaukomen bei Patienten mit GF-Verschlechterung bei endständigem Glaukom¹¹⁴. Da die Senkung des IOD zu einer langsameren Progression des GF-Verlustes führt¹¹⁵, besteht eine mögliche Erklärung für die Prominenz des PEX-Glaukoms unter den Patienten mit einer GF-Verschlechterung darin, dass PEX-Glaukome generell einen höheren IOD aufweisen^{116,117} und demzufolge auch die GF-Verschlechterung schneller voranschreitet als beispielsweise beim POWG¹¹⁸. Einen erhöhten präoperativen IOD werteten auch Swaminathan et al. und Law et al. als Risikofaktor für die Progression des GF-Defekts^{77,119}. Bertrand et al. zeigten in ihrer Untersuchung, dass die Reduzierung des IOD von 18 mmHg auf 11 mmHg einen inhibitorischen Effekt auf die GF-Verschlechterung ausübte⁷⁶. Beim positiv korrelierten Normaldruckglaukom scheint die alleinige Druckreduzierung jedoch nicht ausreichend. Yamagata et al. beschrieben die Progression der GF-Verschlechterung trotz Erreichen des Zieldrucks beim NDG¹²⁰. Als Ursache dafür werden druckunabhängige Faktoren beim NDG vermutet, wie etwa die Papillentorsion und spezifische Sehnervenkopf-Parameter wie ein abnormaler Blutfluss. Diese werden v.a. bei myopen Augen mit NDG diskutiert^{121–123}. Daugeliene et al. stellten fest, dass die GF-Verschlechterung in Verbindung mit einer Myopie eine schnellere Progression zeigte¹²⁴ und auch Yamagata et al. beschrieben, dass die Verbesserung der GF-Verschlechterungsrate bei hoher Myopie geringer ausfiel¹²⁰. Weiterhin zeigte die Untersuchung von Chua et al., dass Patienten mit schwerem Glaukom einen schlechteren Rückgang der GF-Verschlechterung aufwiesen¹²⁵. Seah et al. bestätigten, dass Patienten mit bereits fortgeschrittenen GF-Defekten eine verzögerte Erholung nach TE aufwiesen als jene mit milden Defekten¹²⁶ und auch Swaminathan et al. listeten eine schlechte

MD als Risikofaktor für einen schnellen GF-Verlust auf⁷⁷. Daher ist es denkbar, dass Patienten mit NDG aufgrund normwertiger Augendruckwerte und verzögerter Diagnose bereits stärkere GF-Defekte zum Operationszeitpunkt und somit eine schlechtere Prognose aufweisen. Als weitere Risikofaktoren wurden fortgeschrittenes Alter, Diabetes und schwarze Hautfarbe genannt^{77,127}. Fraglich ist jedoch, ob ein höheres Alter tatsächlich einen Risikofaktor darstellt oder aufgrund der wahrscheinlichen längeren Krankheitsdauer mit einer Progression des GF-Verlusts einhergeht.

Zusammenfassend können sowohl das NDG als auch das PEX-Glaukom und eine ausgeprägte Myopie als Risikofaktoren für eine GF-Verschlechterung genannt werden. PräOP bereits fortgeschrittene GF-Defekte weisen prognostisch eine weitere Verschlechterung auf.

5.5.2. Kanaloplastik

Für die KP konnten Komplikationsprofile zu Hyphäma, peripherer Descemetablösung und GF-Verschlechterung erarbeitet werden, die in diesem Kapitel diskutiert werden sollen.

Hyphäma

Dass das Hyphäma weniger als Komplikation, sondern vielmehr als positiver Prognosefaktor zu werten ist, wurde bereits ausführlich in Kapitel 5.2. und 5.4.2 dargelegt. Dennoch sollen auch für das Hyphäma mögliche Ursachen beleuchtet werden.

Als Gründe für das Auftreten eines Hyphämas wird die Druckumkehr zwischen episkleralen Venen und Vorderkammer durch die Katheterisierung des Schlemm-Kanals gesehen⁴⁸. Wird in der Vorderkammer ein Druck von < 10 mmHg erreicht, kommt es zu retrogradem Bluteinstrom, bis der physiologische Druck dort wieder erreicht wurde⁶⁹. Demnach müsste bei tieferer Drucksenkung auch eine höhere Wahrscheinlichkeit für ein Hyphäma bestehen. Zhang et al. ermittelten in ihrer Metaanalyse, dass eine Kanaloplastik in Verbindung mit einer Phako eine potentere Drucksenkung besitzt als eine isolierte Kanaloplastik⁷⁰ und Sieck et al. untersuchten den drucksenkenden Effekt des Kahook Dual Blades in Verbindung mit einer Phako¹²⁸. In der vorliegenden Arbeit fielen als Gemeinsamkeit jener Patienten mit Hyphäma eine Voroperation mittels Phako bzw. Phako und Kahook Dual Blade auf. Allerdings lagen in der vorliegenden Arbeit jene OP-Verfahren bereits als Voroperation vor, während Zhang et al. sowie Sieck et al. die jeweiligen Operationsverfahren an sich bezüglich ihrer drucksenkenden Effekte untersuchten. Nach Sichtung der hiesigen Daten konnte dementsprechend festgestellt werden, dass zum Zeitpunkt des Hyphämas eine isolierte Kanaloplastik ohne eine Voroperation im Sinne einer Phako oder Phako inkl. Kahook Blade die niedrigsten Druckwerte erreichte ($5,3 \pm 2,7$ mmHg vs. $11,5 \pm 13,7$ mmHg vs. $7,2 \pm 2,2$ mmHg). Eine mögliche Erklärung dafür wäre die nach jeder Operation entstehende Vernarbung. Da diese beim

Kahook Dual Blade am Trabekelmaschenwerk entsteht¹²⁸, kann ein suffizienter Kammerwasserabfluss an dieser Stelle beeinträchtigt sein.

Trotz auffälliger myoper Gemeinsamkeit der Patienten mit Hyphäma lag weder eine Signifikanz vor, noch konnte in der Literatur eine Begründung dafür gefunden werden. Allerdings könnte die erhöhte Achslänge myoper Augen und somit dünnere Gewebsschichten und eine erhöhte Fragilität der Blutgefäße als potenzieller Erklärungsansatz dienen.

Demnach kann gesagt werden, dass das Auftreten eines Hyphämas ohne vorherige Operation und somit Vernarbungssituation sowie bei Myopie begünstigt ist.

Periphere Descemetablösung

Als auslösender Faktor für eine Descemetablösung während einer Kanaloplastik wird die Injektion von viskoelastischen Lösungen in den Schlemm-Kanal angeführt^{46,81,129}. Darüber hinaus berichteten Harrer et al. sowie Patemkin und Goltsmann von Descemetablösungen bei ausgeprägtem PEX-Glaukom, wenn auch in Verbindung mit Kataraktchirurgie^{130,131}. Akkumulierendes PEX-Material zerstört dabei die extrazelluläre Matrix der Basalmembran, sodass es zur Atrophie und Degeneration der Zellen kommt. Naumann et al. untersuchten, dass ein PEX-Syndrom zu einer verminderten Endothelzellzahl und zu endothelialer Dekompensation führt¹¹⁷. Auch anatomische Veränderungen, stromale Adhärenzen an der Descemetmembran und eine Verjüngung des Durchmessers des Schlemm-Kanals wie beispielsweise nach glaukomchirurgischer Operation können zu einer Descemetablösung beitragen^{117,132,133}.

Wen et al. untersuchten die zytotoxische Wirkung von Atropin. Sie entdeckten eine dosis- und zeitabhängige apoptoseinduzierende Wirkung von Atropin auf die cornealen Endothelzellen in gering höherer Konzentration als der therapeutischen Dosis¹³⁴. Die Verabreichung von Atropin sowohl zur Erstvorstellung als auch präoperativ bei einer durch das PEX-Syndrom vorgeschädigten Descemetmembran und einem potenziell geringeren Durchmesser des Schlemm-Kanals durch die Kanaloplastik als Voroperation schien bei diesem Patienten die Synergie mehrerer Risikofaktoren zu sein, die zu einer Descemetablösung führten.

Die Notwendigkeit der Atropinapplikation sollte die Detektion einer möglichen Descemetablösung sensibilisieren. Weiterhin kann das Auftreten durch vorangegangene KPs oder ein PEX-Glaukom ungünstig beeinflusst werden.

Gesichtsfeldverschlechterung

Wie bereits im Kapitel „Gesichtsfeldverschlechterung“ der TE beschrieben, ist die Verlangsamung der Progression von der Höhe des IOD abhängig. Da die Kanaloplastik den IOD geringer zu senken vermag als die TE, kann dies eine mögliche Begründung für das häufigere Vorkommen der GF-Verschlechterung nach KP darstellen. Ein Zusammenhang

zwischen der GF-Verschlechterung und der Myopie konnte, wie auch bei der TE, nicht gefunden werden. Bezüglich der Überschneidungen der GF-Verschlechterung mit einem Hyphäma berichteten Sunaric-Mégevand und Leuenberger sowie Wagdy ebenfalls von Hyphämata als postoperative Komplikation und von Patienten mit GF-Verschlechterung, allerdings schilderte keiner einen Zusammenhang zwischen beiden Gegebenheiten oder ob es sich um dieselben Patienten handelte^{135,136}. Da jedoch 50 % der KP-Patienten von einem Hyphäma betroffen waren, wäre eine Überschneidung zwischen den beiden Komplikationen nicht überraschend.

Auffällig war, dass kein Patient mit GF-Verschlechterung nach KP ein PEX-Glaukom aufwies, im Gegensatz zur Patientengruppe nach TE. Es stellt sich somit die Frage, ob die KP diesbezüglich eine geeignetere Versorgung von Patienten mit PEX-Glaukom darstellt.

Demnach kann analog zur TE ein hoher IOD und die Myopie Risikofaktoren für eine GF-Verschlechterung nach KP darstellen.

5.5.3. Zusammenfassung Komplikationsprofile

Trotz rarer Evidenzlage der Komplikationsprofile konnten einige Merkmale validiert sowie neue Attribute ergänzt werden.

Das Alter hat einen gegensätzlichen Einfluss auf das Auftreten von Komplikationen. So scheinen SiKi-Vernarbungen und Makulafalten eher bei jungen Patienten aufzutreten, während AH-Amotiones, VK-Abflachungen und GF-Verschlechterungen eher bei fortgeschrittenem Patientenalter beschrieben wurden. Bezüglich des Geschlechts ließen sich literarisch Hinweise auf ein erhöhtes Risiko für Makulafalten bei Männern und VK-Abflachungen bei Frauen finden. Die Glaukomart ist bzgl. des EWG bei VK-Abflachungen relevant, das PEX-Glaukom hingegen bei AH-Amotio, GF-Verschlechterung und Descemetablösungen sowie das NDG bei Irisprolaps, HH-Störungen und GF-Verschlechterung. Eine TE als Voroperation erwies sich als Risikofaktor für eine SiKi-Vernarbung und einen Irisprolaps, eine vorangegangene Phako inkl. Kahook Dual Blade für die Hypotonie-assoziierten Komplikationen der AH-Amotio und Makulafalten sowie eine KP für die Descemetablösung. Ein Hyphäma nach KP trat vor allem bei nicht-voroperierten myopen Patienten auf. Eine Sturzsenkung des IOD sollte bei den Hypotonie-assoziierten Komplikationen AH-Amotio, Makulafalten und VK-Abflachung ebenso wie beim Irisprolaps vermieden werden. Tritt diese dennoch auf, kann sie als prognostischer Hinweis für das potenzielle Auftreten der genannten Komplikationen dienen. Demnach stellt die TE durch ihren drucksenkenden Charakter jedoch generell einen Risikofaktor für das Auftreten der Hypotonie-assoziierten Komplikationen dar. Eine Myopie kann zur Entstehung von SiKi-Vernarbungen, Makulafalten, VK-Abflachung und GF-Verschlechterung beitragen. Eine VK-Abflachung kann ebenfalls bei ausgeprägtem Astigmatismus auftreten. Mit GF-Verschlechterungen ist weiterhin

zu rechnen, sofern der Patient bereits präoperativ fortgeschrittene GF-Defekte aufzeigte und in der Nachsorge fortwährend hohe Augendrucke aufweist. Aufgrund der geringer ausfallenden drucksenkenden Potenz der KP kann diese ebenfalls als Risikofaktor für GF-Verschlechterungen angesehen werden. Ein überladendes SiKi kann bei andauernden Benetzungsstörungen zu HH-Dellen oder gar HH-Ulcera führen. Sofern eine postoperative Atropinapplikation vonnöten ist, sollte sensibel auf potenzielle Komplikationen wie eine SiKi-Vernarbung, Hypotonie-assoziierten Komplikationen nach TE oder einer Descemetablösung nach KP geachtet werden. Weiterhin erhöhen Konjunktivaschäden, sei es durch vorangegangene Glaukomchirurgie oder langjährige Tropfenapplikation, das Risiko einer Sickerkissenvernarbung und Makulafalten.

Potenziell präventive Maßnahmen richten sich gezielt an einzelne Komplikationen. Obwohl die Leitlinien der European Glaucoma Society die Anwendung von Antiglaukomatosa als initiale Therapie empfehlen¹⁶, existieren Hinweise auf eine höhere Erfolgschance der filtrierenden Chirurgie als Primärversorgung⁸⁵. Auch die Tatsache, dass Patienten mit bereits fortgeschrittenen GF-Defekten eine geringere Verlangsamung der Progression nach OP erfahren, könnte zur Überlegung einer frühen OP beitragen, insbesondere bei Patienten mit NDG, PEX-Glaukom oder ausgeprägter Myopie. Um den Hypotonie-assoziierten Komplikationen präventiv entgegenzuwirken, empfiehlt sich die Anlage mehrerer Skleranähte, um eine Sturzsenkung des IOD zu vermeiden. Diese können anschließend sukzessive und bedarfsadaptiert via Suturolyse entfernt werden, bis eine individuelle Druckeinstellung des Auges erfolgt ist. Eine Visusverschlechterung bei unauffälligem Befund oder eine relative Hyperopisierung können Hinweise auf vorliegende Makulafalten sein. Sollten diese funduskopisch nicht eruiert werden können, kann eine optische Kohärenztomografie sinnvoll sein⁹⁵. Ein erhöhtes Risiko einer VK-Abflachung oder eines malignen Glaukoms kann das Auftreten dieser Komplikationen bei der zuerst operierten Seite darstellen, sodass beim zweiten Auge differenzierter auf diese Komplikationen geachtet werden sollte.

Wie diese und andere Arbeiten gezeigt haben, kann das Hyphäma zu einer verbesserten IOD-Senkung beitragen. Um das Druckoutcome der Patienten nach KP zu verbessern, könnte also das gezielte Herbeiführen eines Hyphämas eine Möglichkeit darstellen.

Zusammengefasst konnten Risikofaktoren identifiziert und in Bezug zu vorangegangenen Studien gesetzt werden. Darüber hinaus konnten einige präventive Maßnahmen gegen einzelne Komplikationen erarbeitet werden. Um diese für den klinischen Gebrauch übersichtlich darzustellen, wurde abschließend Tabelle 36 konzipiert. Diese ist insofern für den klinischen Bedarf ausgelegt, als dass die Risikofaktoren in den Vordergrund gestellt werden, um bei spezifischen Patienteneigenschaften explizite Komplikationen zu identifizieren und ggf. deren Prävention zu ermöglichen.

Tabelle 36: Tabellarische Darstellung der Risikoprofile für die klinische Anwendung (Quelle: Eigene Darstellung)

		Risikofaktor	Komplikation	Prognostischer Hinweis	Potenzielle Prävention
Trabekulektomie	Alter	Jünger	SiKi-Vernarbung	Atropinapplikation	
			Makulafalten	Sturzsenkung	Mehr Skleranähte
		Älter	GF-Verschlechterung	Fortgeschr. GF-Defekt	PostOP IOD ↓ Frühere OP
			AH-Amotio		
	Geschlecht	Weiblich	VK-Abflachung	Sturzsenkung	Mehr Skleranähte
		Männlich	Makulafalten		
	Voroperation	Re-TE	SiKi-Vernarbung	Atropinapplikation	
			Irisprolaps		
		Glaukomchirurgie	Makulafalten		
		Phako ± Kahook	AH-Amotio	Sturzsenkung	Mehr Skleranähte
	Glaukomart	EWG	VK-Abflachung		
			Irisprolaps		
		NDG	HH-Delle/ -Ulkus		
			GF-Verschlechterung	Fortgeschr. GF-Defekt	PostOP IOD ↓ Frühere OP
		PEX-Glaukom	AH-Amotio	Sturzsenkung	Mehr Skleranähte
	Refraktion		GF-Verschlechterung	Fortgeschr. GF-Defekt	PostOP IOD ↓ Frühere OP
		Myopie	SiKi-Vernarbung	Atropinapplikation	
			Makulafalten		
		Astigmatismus	VK-Abflachung	Sturzsenkung	Mehr Skleranähte
	Sonstiges	Z.n. Kompl. 1. Auge			
		Visusverschl. opB	Makulafalten		
		Rel. Hyperopisierung	SiKi-Vernarbung	Atropinapplikation	Frühere OP
		Lange AT-Historie/ Konjunktivaschäden			
		Ausladendes SiKi	HH-Delle/ - Ulkus		
Kanaloplastik	VorOP	Re-KP			
		Glaukomchirurgie	Descemetablösung	Atropinapplikation	
		PEX-Glaukom			
	Refraktion	Myopie	Hyphäma		
			GF-Verschlechterung	Fortgeschr. GF-Defekt	PostOP IOD ↓ Frühere OP

Z.n. = Zustand nach

opB = ohne pathologischen (Untersuchungs-)Befund

AT = Augentropfen

5.6. Fazit und Ausblick

Sowohl die Trabekulektomie als auch die Kanaloplastik sind etablierte Verfahren zur Senkung des intraokularen Drucks. Obwohl die TE den Goldstandard zur operativen Drucksenkung repräsentiert, visualisiert das Existieren zahlreicher alternativer Verfahren, dass auch die TE nicht das optimale Verfahren darstellt. Dies ist nicht zuletzt im vorhandenen Komplikationsspektrum begründet. Daher wurde in dieser Arbeit eine Gegenüberstellung spezifischer und gemeinsamer Komplikationen zur Erstellung etwaiger Risikoprofile der beiden Operationsverfahren vorgenommen, um ein gezielteres Komplikationsmanagement zu ermöglichen.

Die Limitationen dieser Arbeit begründeten sich im retrospektiven Charakter, durch welchen ein hohes Maß an verlorengegangenen Patientenparametern bei fortschreitender Studiendauer verzeichnet wurde. Dies wurde durch den Umstand der SARS-CoV-2-Pandemie verstärkt. Um eine höhere Evidenz an Daten zu erzielen, wird für kommende Studien eine prospektive Vorgehensweise empfohlen. Da bei fortschreitender Studiendauer retrospektive Daten zunehmend unvollständig werden, können diese Daten fälschlicherweise ein Failure imitieren. Allerdings gilt es zu beachten, dass Patienten im deutschen Gesundheitssystem primär von niedergelassenen Ärzten betreut werden. Insofern entspricht eine fehlende Wiedervorstellung am operativen Zentrum eher einem Operationserfolg. Gleiches schildern Stingl et al.⁶¹.

Während vorrangiges Kriterium bei der Behandlung des Glaukoms für den Ophthalmologen die Senkung des Augeninnendrucks darstellt, fanden Klink et al. heraus, dass die Patientenzufriedenheit nach Kanaloplastik höher ausfiel als nach TE¹³⁷. Weiterhin existieren Hinweise darauf, dass eine Kanaloplastik in Verbindung mit einer Phakoemulsifikation höhere drucksenkende Effekte erzielt als eine Kanaloplastik alleine⁷⁰. Da sowohl die operative Versorgung des Glaukoms als auch des grauen Stars weitestgehend im fortgeschrittenen Alter Anwendung findet, wäre zu überprüfen, ob eine standardisierte Phako-Kanaloplastik, die das geringe Komplikationsspektrum der Kanaloplastik mit einer potenteren Drucksenkung kombiniert, ein geeigneteres Alternativverfahren zur Trabekulektomie darstellt als die alleinige Kanaloplastik.

Bei der Überlegung, welcher Patient von einer Kanaloplastik profitieren würde, führten Matlach und Klink vor allem ältere, immobile oder multimorbide Patienten an, da die Nachsorge der KP weniger aufwendig ausfällt⁴¹. Ebenfalls wurden Patienten erwähnt, die ein erhöhtes Risiko für SiKi-Vernarbungen bergen, beispielsweise aufgrund von Bindehautentzündungen und langjähriger Augentropfenapplikation.⁴¹ Dies hoben auch Grieshaber et al. hervor⁴⁸. Neben Patienten mit einem erhöhten Infektionsrisiko und Risiko für choroidale Blutungen führten Riva

et al. ebenfalls junge Patienten an, die den regelmäßigen Gebrauch von Kontaktlinsen praktizieren⁶².

Im Gegensatz dazu konnten in der vorliegenden Arbeit Indizien gefunden werden, dass eher ältere Patienten von einer TE profitieren, da diese weniger von der Failure-Komplikation der SiKi-Vernarbung betroffen sind. Demnach hinge die Wahl auch von der Patientenkonstitution ab: Ältere immobile Patienten könnten durch die geringere Nachsorge für die KP ausgewählt werden, während ältere mobile Patienten für eine TE infrage kämen. Die KP hingegen scheint generell das geeignetere Therapieverfahren für jüngere Patienten, für jene mit Bindehautveränderungen oder mit PEX-Glaukom zu sein.

Anhand der Literaturrecherche kann vermutet werden, dass dies die erste Studie zu gezielten Komplikationen in Verbindung mit anamnestischen Patientenparametern darstellt. Aufgrund der geringen Evidenzlage war ein Vergleich der Ergebnisse erschwert, sodass die Empfehlung zu äquivalenten Untersuchungen ausgesprochen wird. Weiterhin wäre eine einheitliche Strategie zur Erfassung von Komplikationen ähnlich den WGA-Richtlinien wünschenswert, um die Vergleichbarkeit von Ergebnissen transparenter zu gestalten.

Zusammengefasst sind sowohl die potenziell auslösenden Faktoren von Komplikationen als auch entsprechende protektive Maßnahmen multifaktorieller Genese, sodass zum jetzigen Kenntnisstand noch keine adäquaten Aussagen zum expliziten Komplikationsprofil eines Patienten möglich sind. Daher wären zukünftige Arbeiten dahingehend von Relevanz und würden essenziell zum individuellen Komplikationsmanagement eines jeden Patienten beitragen.

6. Literaturverzeichnis

- 1 Weinreb RN, Aung T, Medeiros FA. The pathophysiology and treatment of glaucoma: a review. *JAMA* 2014; **311**: 1901–11. <https://doi.org/10.1001/jama.2014.3192>.
- 2 Nilsson SF. The uveoscleral outflow routes. *Eye (Lond)* 1997; **11 (Pt 2)**: 149–54. <https://doi.org/10.1038/eye.1997.43>.
- 3 Augustin AJ. Glaukom. In: Augenheilkunde. Springer, Berlin, Heidelberg, 2001: 291–321.
- 4 Kirsch J. Auge - Sehorgan. Augapfel (Bulbus oculi) - Linse und Augenkammern. In: Aumüller G, Aust G, Conrad A, et al., eds. Duale Reihe Anatomie. Stuttgart: Georg Thieme Verlag, 2020: 1068–71.
- 5 Welsch U, Deller T. Sinnesorgane. Vordere Augenhälfte. In: Welsch U, Deller T, eds. Lehrbuch Histologie. München: Elsevier Urban & Fischer, 2010: 505–12.
- 6 Jonas JB, Nguyen NX, Strahwald H, Naumann G. O. H. Die retinale Nervenfaserschicht in Normal- und Glaukomaugen. I. Semiquantitative Daten von 398 Glaukomaugen. *Klin Monbl Augenheilkd* 1989; **194**: 437–46.
- 7 Gmeiner JMD, Schrems WA, Mardin CY, Laemmer R, Kruse FE, Schrems-Hoesl LM. Comparison of Bruch's Membrane Opening Minimum Rim Width and Peripapillary Retinal Nerve Fiber Layer Thickness in Early Glaucoma Assessment. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2016; **57**: OCT575-84. <https://doi.org/10.1167/iovs.15-18906>.
- 8 Sekhar GC. Glaucoma definition: Implications for equitable care. *Indian J Ophthalmol* 2021; **69**: 1025–26. https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_3771_20.
- 9 Liu S-A, Zhao Z-N, Sun N-N, Han Y, Chen J, Fan Z-G. Transitions of the Understanding and Definition of Primary Glaucoma. *Chin Med J (Engl)* 2018; **131**: 2852–59. <https://doi.org/10.4103/0366-6999.246069>.
- 10 Foster PJ, Buhrmann R, Quigley HA, Johnson GJ. The definition and classification of glaucoma in prevalence surveys. *Br J Ophthalmol* 2002; **86**: 238–42. <https://doi.org/10.1136/bjo.86.2.238>.
- 11 Casson RJ, Chidlow G, Wood JPM, Crowston JG, Goldberg I. Definition of glaucoma: clinical and experimental concepts. *Clin Exp Ophthalmol* 2012; **40**: 341–49. <https://doi.org/10.1111/j.1442-9071.2012.02773.x>.
- 12 Nakazawa T, Fukuchi T. What is glaucomatous optic neuropathy? *Jpn J Ophthalmol* 2020; **64**: 243–49. <https://doi.org/10.1007/s10384-020-00736-1>.
- 13 Leske MC, Heijl A, Hyman L, Bengtsson B. Early Manifest Glaucoma Trial: design and baseline data. *Ophthalmology* 1999; **106**: 2144–53. [https://doi.org/10.1016/S0161-6420\(99\)90497-9](https://doi.org/10.1016/S0161-6420(99)90497-9).
- 14 World Health Organization. Vision impairment and blindness. <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment> (Zuletzt abgerufen am 28.09.2023).

- 15 Finger RP, Fimmers R, Holz FG, Scholl HPN. Prevalence and causes of registered blindness in the largest federal state of Germany. *Br J Ophthalmol* 2011; **95**: 1061–67. <https://doi.org/10.1136/bjo.2010.194712>.
- 16 European glaucoma society. Terminology and guidelines for glaucoma. Savona: Publicomm, 2020.
- 17 Stein JD, Khawaja AP, Weizer JS. Glaucoma in Adults-Screening, Diagnosis, and Management: A Review. *JAMA* 2021; **325**: 164–74. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.21899>.
- 18 Barkan O. Glaucoma: Classification, Causes, and Surgical Control*. *American Journal of Ophthalmology* 1938; **21**: 1099–117. [https://doi.org/10.1016/S0002-9394\(38\)90805-0](https://doi.org/10.1016/S0002-9394(38)90805-0).
- 19 Kang JM, Tanna AP. Glaucoma. *Medical Clinics of North America* 2021; **105**: 493–510.
- 20 Prum BE, Rosenberg LF, Gedde SJ, et al. Primary Open-Angle Glaucoma Preferred Practice Pattern(®) Guidelines. *Ophthalmology* 2016; **123**: P41-P111. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2015.10.053>.
- 21 Asia-Pacific Glaucoma Society. Asia Pacific glaucoma guidelines. Amsterdam: Kugler Publications, 2016.
- 22 Kroese M, Burton H. Primary open angle glaucoma. The need for a consensus case definition. *J Epidemiol Community Health* 2003; **57**: 752–54. <https://doi.org/10.1136/jech.57.9.752>.
- 23 Coleman AL, Brigatti L. The glaucomas. *Minerva Med* 2001; **92**: 365–79.
- 24 Reis TF, Paula JS, Furtado JM. Primary glaucomas in adults: Epidemiology and public health-A review. *Clin Exp Ophthalmol* 2022; **50**: 128–42. <https://doi.org/10.1111/ceo.14040>.
- 25 Tham Y-C, Li X, Wong TY, Quigley HA, Aung T, Cheng C-Y. Global prevalence of glaucoma and projections of glaucoma burden through 2040: a systematic review and meta-analysis. *Ophthalmology* 2014; **121**: 2081–90. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2014.05.013>.
- 26 Clark AF, Wordinger RJ. The role of steroids in outflow resistance. *Exp Eye Res* 2009; **88**: 752–59. <https://doi.org/10.1016/j.exer.2008.10.004>.
- 27 Campbell DG. Pigmentary dispersion and glaucoma. A new theory. *Archives of ophthalmology (Chicago, Ill. : 1960)* 1979; **97**: 1667–72. <https://doi.org/10.1001/archopht.1979.01020020235011>.
- 28 Schweitzer C. Syndrome pseudo-exfoliatif et glaucome exfoliatif. *J Fr Ophtalmol* 2018; **41**: 78–90. <https://doi.org/10.1016/j.jfo.2017.09.003>.
- 29 Killer HE, Pircher A. Normal tension glaucoma: review of current understanding and mechanisms of the pathogenesis. *Eye (Lond)* 2018; **32**: 924–30. <https://doi.org/10.1038/s41433-018-0042-2>.

- 30 Gaton DD, Sagara T, Lindsey JD, Gabelt BT, Kaufman PL, Weinreb RN. Increased matrix metalloproteinases 1, 2, and 3 in the monkey uveoscleral outflow pathway after topical prostaglandin F(2 alpha)-isopropyl ester treatment. *Archives of ophthalmology (Chicago, Ill. : 1960)* 2001; **119**: 1165–70. <https://doi.org/10.1001/archopht.119.8.1165>.
- 31 Stewart WC, Konstas AGP, Nelson LA, Kruff B. Meta-analysis of 24-hour intraocular pressure studies evaluating the efficacy of glaucoma medicines. *Ophthalmology* 2008; **115**: 1117-1122.e1. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2007.10.004>.
- 32 Green K, Elijah D, Lollis G, Mayberry L. Beta adrenergic effects on ciliary epithelial permeability, aqueous humor formation and pseudofacility in the normal and sympathectomized rabbit eye. *Curr Eye Res* 1981; **1**: 419–23. <https://doi.org/10.3109/02713688109019980>.
- 33 van der Valk R, Webers CAB, Schouten JSAG, Zeegers MP, Hendrikse F, Prins MH. Intraocular pressure-lowering effects of all commonly used glaucoma drugs: a meta-analysis of randomized clinical trials. *Ophthalmology* 2005; **112**: 1177–85. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2005.01.042>.
- 34 Kido A, Miyake M, Akagi T, et al. Association between topical β -blocker use and asthma attacks in glaucoma patients with asthma: a cohort study using a claims database. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2022; **260**: 271–80. <https://doi.org/10.1007/s00417-021-05357-z>.
- 35 Nguyen QH. Combination of brinzolamide and brimonidine for glaucoma and ocular hypertension: critical appraisal and patient focus. *Patient Prefer Adherence* 2014; **8**: 853–64. <https://doi.org/10.2147/PPA.S53162>.
- 36 Lusthaus JA, Goldberg I. Brimonidine and brinzolamide for treating glaucoma and ocular hypertension; a safety evaluation. *Expert Opin Drug Saf* 2017; **16**: 1071–78. <https://doi.org/10.1080/14740338.2017.1346083>.
- 37 Lusthaus J, Goldberg I. Current management of glaucoma. *Med J Aust* 2019; **210**: 180–87. <https://doi.org/10.5694/mja2.50020>.
- 38 Silver LH. Clinical efficacy and safety of brinzolamide (Azopt), a new topical carbonic anhydrase inhibitor for primary open-angle glaucoma and ocular hypertension. Brinzolamide Primary Therapy Study Group. *American Journal of Ophthalmology* 1998; **126**: 400–08. [https://doi.org/10.1016/S0002-9394\(98\)00095-6](https://doi.org/10.1016/S0002-9394(98)00095-6).
- 39 Matlach J, Dhillon C, Hain J, Schlunck G, Grehn F, Klink T. Trabeculectomy versus canaloplasty (TVC study) in the treatment of patients with open-angle glaucoma: a prospective randomized clinical trial. *Acta Ophthalmol* 2015; **93**: 753–61. <https://doi.org/10.1111/aos.12722>.

- 40 Pakravan M, Alvani A, Esfandiari H, Ghahari E, Yaseri M. Post-trabeculectomy ocular biometric changes. *Clin Exp Optom* 2017; **100**: 128–32. <https://doi.org/10.1111/cxo.12477>.
- 41 Matlach J, Klink T. Trabekulektomie versus Kanaloplastik. *Ophthalmologe* 2015; **112**: 325–31. <https://doi.org/10.1007/s00347-014-3160-7>.
- 42 Brüggemann A, Despouy JT, Wegent A, Müller M. Intraindividual comparison of Canaloplasty versus trabeculectomy with mitomycin C in a single-surgeon series. *Journal of glaucoma* 2013; **22**: 577–83. <https://doi.org/10.1097/IJG.0b013e318255bb30>.
- 43 Strzalkowska A, Dietlein T, Erb C, Hoffmann EM. Warum die Trabekulektomie besser ist als ihr Ruf. *Ophthalmologie* 2022; **119**: 1000–05. <https://doi.org/10.1007/s00347-022-01720-5>.
- 44 Fan Gaskin JC, Nguyen DQ, Soon Ang G, O'Connor J, Crowston JG. Wound Healing Modulation in Glaucoma Filtration Surgery-Conventional Practices and New Perspectives: The Role of Antifibrotic Agents (Part I). *J Curr Glaucoma Pract* 2014; **8**: 37–45. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10008-1159>.
- 45 Alemu B. Trabeculectomy: complications and success in IOP control. *Ethiop Med J* 1997; **35**: 1–11.
- 46 Ayyala RS, Chaudhry AL, Okogbaa CB, Zurakowski D. Comparison of surgical outcomes between canaloplasty and trabeculectomy at 12 months' follow-up. *Ophthalmology* 2011; **118**: 2427–33. <https://doi.org/10.1016/j.ophtla.2011.05.021>.
- 47 Francis BA, Singh K, Lin SC, et al. Novel glaucoma procedures: a report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology* 2011; **118**: 1466–80. <https://doi.org/10.1016/j.ophtla.2011.03.028>.
- 48 Grieshaber MC, Schoetzau A, Flammer J, Orgül S. Postoperative microhyphema as a positive prognostic indicator in canaloplasty. *Acta Ophthalmol* 2013; **91**: 151–56. <https://doi.org/10.1111/j.1755-3768.2011.02293.x>.
- 49 Heuer DK, Barton K, Grehn F, Shaarawy T, Sherwood M. Consensus on definitions of success. In: Shaarawy T, ed. Guidelines on design and reporting of glaucoma surgical trials. Amsterdam: Kugler, 2009.
- 50 Picht G, Mutsch Y, Grehn F. Nachbetreuung von Trabekulektomien. Komplikationen und therapeutische Konsequenzen. *Ophthalmologe* 2001; **98**: 629–34. <https://doi.org/10.1007/s003470170098>.
- 51 Grehn F, Klink T. Nachsorge nach Glaukomoperationen. *Zeitschrift für praktische Augenheilkunde* 2009; **30**: 235–43.
- 52 Jünemann AGM, Rejdak R, Hohberger B. Revision nach Filtrationschirurgie. *Ophthalmologe* 2016; **113**: 897–905. <https://doi.org/10.1007/s00347-016-0372-z>.

- 53 Papaconstantinou D, Georgopoulos G, Kalantzis G, Krassas A, Georgalas I. Peripheral Ulcerative Keratitis After Trabeculectomy in a Patient With Rheumatoid Arthritis. *Cornea* 2009; **28**: 111–13.
- 54 Brüggemann A, Müller M, eds. Kanaloplastik und Phako-Kanaloplastik – was kann passieren? Komplikationsspektrum und Interventionen von 115 konsekutiven Fällen. German Medical Science GMS Publishing House, 2012.
- 55 Körber N. Kanaloplastik – Neue Aspekte der nicht-perforierenden Glaukomchirurgie. *Der Augenspiegel* 2007; **09**: 47–50.
- 56 IBM Documentation. Nicht parametrische Tests. Mann-Whitney-U-Test. <https://www.ibm.com/docs/de/spss-statistics/beta?topic=tests-mann-whitney-u-test> (Zuletzt abgerufen am 07.08.2023).
- 57 IBM Documentation. Teststatistiken. Tests auf Unabhängigkeit (Chi-Quadrat). https://www.ibm.com/docs/de/spss-statistics/25.0.0?topic=SSLVMB_25.0.0/spss/tables/sig_tests_chisq_ex.htm (Zuletzt abgerufen am 06.09.2023).
- 58 IBM Documentation. Kreuztabellen. Kreuztabellen: Statistik (Zuletzt abgerufen am 06.09.2023).
- 59 Cohen, J. Statistical power analysis for the behavioral sciences. Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1988.
- 60 Thederan L, Grehn F, Klink T. Kanaloplastik und Trabekulektomie im Vergleich. *Klin Monbl Augenheilkd* 2014; **231**: 256–61. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1360392>.
- 61 Stingl JV, Wagner FM, Liebezeit S, et al. Long-Term Efficacy and Safety of Modified Canaloplasty Versus Trabeculectomy in Open-Angle Glaucoma. *Life (Basel)* 2023; **13**. <https://doi.org/10.3390/life13020516>.
- 62 Riva I, Brusini P, Oddone F, Michelessi M, Weinreb RN, Quaranta L. Canaloplasty in the Treatment of Open-Angle Glaucoma: A Review of Patient Selection and Outcomes. *Adv Ther* 2019; **36**: 31–43. <https://doi.org/10.1007/s12325-018-0842-6>.
- 63 Brusini P, Tosoni C, Zeppieri M. Canaloplasty in Corticosteroid-Induced Glaucoma. Preliminary Results. *J Clin Med* 2018; **7**. <https://doi.org/10.3390/jcm7020031>.
- 64 Brusini P. Canaloplasty in open-angle glaucoma surgery: a four-year follow-up. *ScientificWorldJournal* 2014; **2014**: 469609. <https://doi.org/10.1155/2014/469609>.
- 65 Lommatzsch C, Heinz C, Heiligenhaus A, Koch JM. Canaloplasty in patients with uveitic glaucoma: a pilot study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2016; **254**: 1325–30. <https://doi.org/10.1007/s00417-016-3325-y>.
- 66 Mills KB. Trabeculectomy: a retrospective long-term follow-up of 444 cases. *British Journal of Ophthalmology* 1981; **65**: 790–95.

- 67 Jonas JB, Wang YX, Dong L, Panda-Jonas S. High Myopia and Glaucoma-Like Optic Neuropathy. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)* 2020; **9**: 234–38.
<https://doi.org/10.1097/APO.0000000000000288>.
- 68 Picht G, Grehn F. Sickerkissenentwicklung nach Trabekulektomie. Klassifikation, Histopathologie, Wundheilungsprozess. *Ophthalmologe* 1998; **95**: W380-7.
<https://doi.org/10.1007/s003470050285>.
- 69 Koch JM, Heiligenhaus A, Heinz C. Kanaloplastie und transiente Vorderkammerblutung: ein prognostischer Faktor? *Klin Monbl Augenheilkd* 2011; **228**: 465–67.
<https://doi.org/10.1055/s-0029-1245486>.
- 70 Zhang B, Kang J, Chen X. A System Review and Meta-Analysis of Canaloplasty Outcomes in Glaucoma Treatment in Comparison with Trabeculectomy. *Journal of Ophthalmology* 2017; **2017**: 2723761. <https://doi.org/10.1155/2017/2723761>.
- 71 The AGIS Investigators. The Advanced Glaucoma Intervention Study (AGIS): 11. Risk factors for failure of trabeculectomy and argon laser trabeculoplasty. *American Journal of Ophthalmology* 2002; **134**: 481–98. [https://doi.org/10.1016/S0002-9394\(02\)01658-6](https://doi.org/10.1016/S0002-9394(02)01658-6).
- 72 Gupta D, Musch DC, Niziol LM, Chen PP. Refusal of Trabeculectomy for the Fellow Eye in Collaborative Initial Glaucoma Treatment Study (CIGTS) Participants. *American Journal of Ophthalmology* 2016; **166**: 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2016.03.016>.
- 73 Gedde SJ, Herndon LW, Brandt JD, Budenz DL, Feuer WJ, Schiffman JC. Postoperative complications in the Tube Versus Trabeculectomy (TVT) study during five years of follow-up. *American Journal of Ophthalmology* 2012; **153**: 804-814.e1.
<https://doi.org/10.1016/j.ajo.2011.10.024>.
- 74 Kotecha A, Spratt A, Bunce C, Garway-Heath DF, Khaw PT, Viswanathan A. Optic disc and visual field changes after trabeculectomy. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2009; **50**: 4693–99. <https://doi.org/10.1167/iovs.08-3115>.
- 75 Strouthidis NG, Scott A, Peter NM, Garway-Heath DF. Optic disc and visual field progression in ocular hypertensive subjects: detection rates, specificity, and agreement. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2006; **47**: 2904–10. <https://doi.org/10.1167/iovs.05-1584>.
- 76 Bertrand V, Fieuws S, Stalmans I, Zeyen T. Rates of visual field loss before and after trabeculectomy. *Acta Ophthalmol* 2014; **92**: 116–20. <https://doi.org/10.1111/aos.12073>.
- 77 Swaminathan SS, Jammal AA, Kornmann HL, et al. Visual Field Outcomes in the Tube Versus Trabeculectomy Study. *Ophthalmology* 2020; **127**: 1162–69.
<https://doi.org/10.1016/j.optha.2020.02.034>.
- 78 Folgar FA, Moraes CGV de, Prata TS, et al. Glaucoma surgery decreases the rates of localized and global visual field progression. *American Journal of Ophthalmology* 2010; **149**: 258-264.e2. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2009.09.010>.

- 79 Konopińska J, Mariak Z, Rękas M. Improvement of the Safety Profile of Canaloplasty and Phacocanaloplasty: A Review of Complications and Their Management. *Journal of Ophthalmology* 2020; **2020**: 8352827. <https://doi.org/10.1155/2020/8352827>.
- 80 Bull H, Wolff K von, Körber N, Tetz M. Three-year canaloplasty outcomes for the treatment of open-angle glaucoma: European study results. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2011; **249**: 1537–45. <https://doi.org/10.1007/s00417-011-1728-3>.
- 81 Jaramillo A, Foreman J, Ayyala RS. Descemet membrane detachment after canaloplasty: incidence and management. *Journal of glaucoma* 2014; **23**: 351–54. <https://doi.org/10.1097/IJG.0b013e318279ca7f>.
- 82 Vastardis I, Fili S, Gatziofas Z, Kohlhaas M. Ab externo canaloplasty results and efficacy: a retrospective cohort study with a 12-month follow-up. *Eye and Vis* 2019; **6**: 9. <https://doi.org/10.1186/s40662-019-0134-5>.
- 83 THE FLUOROURACIL FILTERING SURGERY STUDY GROUP. Five-year follow-up of the Fluorouracil Filtering Surgery Study. The Fluorouracil Filtering Surgery Study Group. *American Journal of Ophthalmology* 1996; **121**: 349–66. [https://doi.org/10.1016/s0002-9394\(14\)70431-3](https://doi.org/10.1016/s0002-9394(14)70431-3).
- 84 Skuta GL, Parrish II RK. Wound Healing in Glaucoma Filtering Surgery. *Survey of Ophthalmology* 1987; **32**: 149-170.
- 85 Lavin MJ, Wormald RP, Migdal CS, Hitchings RA. The influence of prior therapy on the success of trabeculectomy. *Archives of ophthalmology (Chicago, Ill. : 1960)* 1990; **108**: 1543–48. <https://doi.org/10.1001/archopht.1990.01070130045027>.
- 86 Reddy, A. C., Salim, S. Choroidal Effusions. <https://www.aao.org/eyenet/article/choroidal-effusions> (Zuletzt abgerufen am 29.10.2023).
- 87 Haga A, Inatani M, Shobayashi K, Kojima S, Inoue T, Tanihara H. Risk factors for choroidal detachment after trabeculectomy with mitomycin C. *Clin Ophthalmol* 2013; **7**: 1417–21. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S46375>.
- 88 Jampel HD, Musch DC, Gillespie BW, Lichter PR, Wright MM, Guire KE. Perioperative complications of trabeculectomy in the collaborative initial glaucoma treatment study (CIGTS). *American Journal of Ophthalmology* 2005; **140**: 16–22. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2005.02.013>.
- 89 Stamper RL, McMenemy MG, Lieberman MF. Hypotonous maculopathy after trabeculectomy with subconjunctival 5-fluorouracil. *American Journal of Ophthalmology* 1992; **114**: 544–53. [https://doi.org/10.1016/S0002-9394\(14\)74481-2](https://doi.org/10.1016/S0002-9394(14)74481-2).
- 90 Fannin LA, Schiffman JC, Budenz DL. Risk factors for hypotony maculopathy. *Ophthalmology* 2003; **110**: 1185–91. [https://doi.org/10.1016/S0161-6420\(03\)00227-6](https://doi.org/10.1016/S0161-6420(03)00227-6).

- 91 Costa VP, Wilson RP, Moster MR, Schmidt CM, Gandham S. Hypotony maculopathy following the use of topical mitomycin C in glaucoma filtration surgery. *Ophthalmic Surg* 1993; **24**: 389–94.
- 92 Suñer IJ, Greenfield DS, Miller MP, Nicolela MT, Palmberg PF. Hypotony maculopathy after filtering surgery with mitomycin C. Incidence and treatment. *Ophthalmology* 1997; **104**: 207-14; discussion 214-5. [https://doi.org/10.1016/s0161-6420\(97\)30332-7](https://doi.org/10.1016/s0161-6420(97)30332-7).
- 93 American Academy of Ophthalmology. Trabeculectomy-Induced Hypotony: When and How to Intervene. <https://www.aaof.org/eyenet/article/trabeculectomy-induced-hypotony> (Zuletzt abgerufen am 07.11.2023).
- 94 Thomas M, Vajaranant TS, Aref AA. Hypotony Maculopathy: Clinical Presentation and Therapeutic Methods. *Ophthalmol Ther* 2015; **4**: 79–88. <https://doi.org/10.1007/s40123-015-0037-z>.
- 95 Budenz DL, Schwartz K, Gedde SJ. Occult hypotony maculopathy diagnosed with optical coherence tomography. *Archives of ophthalmology (Chicago, Ill. : 1960)* 2005; **123**: 113–14. <https://doi.org/10.1001/archopht.123.1.113>.
- 96 Sen S, Yadav H, Jain A, Verma S, Gupta P. Effect of atropine 0.01% on progression of myopia. *Indian J Ophthalmol* 2022; **70**: 3373–76. https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_256_22.
- 97 Vijaya L, Manish P, Ronnie G, Shantha B. Management of complications in glaucoma surgery. *Indian J Ophthalmol* 2011; **59 Suppl**: S131-40. <https://doi.org/10.4103/0301-4738.73689>.
- 98 Khairnar A, Agrawal A, Jadhav V, Gokhale E, Khobragade V, Nicholson AD. Analysis of Shallow Anterior Chamber Following Trabeculectomy Surgery: A Prospective Study of 32 Eyes. *International Journal of Contemporary Medical Research* 2016; **3**: 2503–06.
- 99 Austin MW, Wishart PK. Reformation of the anterior chamber following trabeculectomy. *Ophthalmic Surg* 1993; **24**: 461–66.
- 100 Barros DSM de, Navarro JBVK, Mantravadi AV, et al. The early flat anterior chamber after trabeculectomy: a randomized, prospective study of 3 methods of management. *Journal of glaucoma* 2009; **18**: 13–20. <https://doi.org/10.1097/IJG.0b013e31816f7647>.
- 101 Li X-J, Filek R, He X-G, et al. Risk factors for flat anterior chamber after glaucoma filtration surgery. *Int J Ophthalmol* 2018; **11**: 1322–29. <https://doi.org/10.18240/ijo.2018.08.12>.
- 102 Castrén JA, POHJOLA S. Myopia and scleral rigidity. *Acta Ophthalmol* 1962; **40**: 33–36. <https://doi.org/10.1111/j.1755-3768.1962.tb02349.x>.
- 103 Schuster AK, Pfeiffer N, Nickels S, et al. Distribution of Anterior Chamber Angle Width and Correlation With Age, Refraction, and Anterior Chamber Depth-The Gutenberg Health Study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2016; **57**: 3740–46. <https://doi.org/10.1167/iov.16-19600>.

- 104 Stan C. Glaucom malign bilateral--prezentare de caz. *Oftalmologia* 2005; **49**: 33–34.
- 105 Blok MDW, Greve EL, Dunnebie EA, Muradin F, Kijlstra A. Scleral Flap Sutures and the Development of Shallow or Flat Anterior Chamber After Trabeculectomy. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging* 1993; **24**: 309–13. <https://doi.org/10.3928/1542-8877-19930501-07>.
- 106 Funk J. Customized glaucoma surgery. *Zeitschrift für praktische Augenheilkunde* 2010; **31**: 139–44. <https://doi.org/10.5167/UZH-38809>.
- 107 Scheie HG, Guehl JJ. Surgical management of overhanging blebs after filtering procedures. *Archives of ophthalmology (Chicago, Ill. : 1960)* 1979; **97**: 325–26. <https://doi.org/10.1001/archopht.1979.01020010171019>.
- 108 Jonescu-Cuyppers CP, Seitz B. Postoperative Komplikationen und Management der Filtrationschirurgie. *Ophthalmologe* 2009; **106**: 1029–39. <https://doi.org/10.1007/s00347-009-2071-5>.
- 109 Reiter C, Wimmer S, Schultheiss A, Klink T, Grehn F, Geerling G. Korneale Epitheliopathie nach Trabekulektomie mit postoperativer subkonjunktivaler 5-Fluorouracil-Injektion. *Klin Monbl Augenheilkd* 2010; **227**: 887–91. <https://doi.org/10.1055/s-0029-1245456>.
- 110 Mizuno Y, Hirooka K, Kiuchi Y. Influence of Overhanging Bleb on Corneal Higher-Order Aberrations after Trabeculectomy. *J Clin Med* 2021; **11**. <https://doi.org/10.3390/jcm11010177>.
- 111 Norris JH, Mall S, Burnett CAM. Floppy Iris Syndrome Hull Hooks (FISH Hooks): a new technique for managing IFIS in trabeculectomy surgery. *Eye* 2009; **23**: 743–44. <https://doi.org/10.1038/eye.2008.107>.
- 112 Abdel-Aziz S, Mamalis N. Intraoperative floppy iris syndrome. *Curr Opin Ophthalmol* 2009; **20**: 37–41. <https://doi.org/10.1097/ICU.0b013e32831bc0ad>.
- 113 Harju M, Suominen S, Allinen P, Vesti E. Long-term results of deep sclerectomy in normal-tension glaucoma. *Acta Ophthalmol* 2018; **96**: 154–60. <https://doi.org/10.1111/aos.13529>.
- 114 Topouzis F, Tranos P, Koskosas A, et al. Risk of sudden visual loss following filtration surgery in end-stage glaucoma. *American Journal of Ophthalmology* 2005; **140**: 661–66. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2005.04.016>.
- 115 Heijl A, Leske MC, Bengtsson B, Hyman L, Bengtsson B, Hussein M. Reduction of intraocular pressure and glaucoma progression: results from the Early Manifest Glaucoma Trial. *Archives of ophthalmology (Chicago, Ill. : 1960)* 2002; **120**: 1268–79. <https://doi.org/10.1001/archopht.120.10.1268>.
- 116 Konstas AG, Mantziris DA, Stewart WC. Diurnal intraocular pressure in untreated exfoliation and primary open-angle glaucoma. *Archives of ophthalmology (Chicago, Ill. : 1960)* 1997; **115**: 182–85. <https://doi.org/10.1001/archopht.1997.01100150184006>.

- 117 Naumann GO, Schlötzer-Schrehardt U, Küchle M. Pseudoexfoliation syndrome for the comprehensive ophthalmologist. Intraocular and systemic manifestations. *Ophthalmology* 1998; **105**: 951–68. [https://doi.org/10.1016/S0161-6420\(98\)96020-1](https://doi.org/10.1016/S0161-6420(98)96020-1).
- 118 Teus MA, Castejón MA, Calvo MA, Pérez-Salaíces P, Marcos A. Intraocular pressure as a risk factor for visual field loss in pseudoexfoliative and in primary open-angle glaucoma. *Ophthalmology* 1998; **105**: 2225-9; discussion 2229-30. [https://doi.org/10.1016/S0161-6420\(98\)91220-9](https://doi.org/10.1016/S0161-6420(98)91220-9).
- 119 Law SK, Nguyen AM, Coleman AL, Caprioli J. Severe loss of central vision in patients with advanced glaucoma undergoing trabeculectomy. *Archives of ophthalmology (Chicago, Ill. : 1960)* 2007; **125**: 1044–50. <https://doi.org/10.1001/archopht.125.8.1044>.
- 120 Yamagata Y, Suda K, Akagi T, et al. Influence of Trabeculectomy with Mitomycin C on Longitudinal Changes in the Visual Field in Glaucoma Patients with High Myopia. *Clin Ophthalmol* 2023; **17**: 2413–22. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S415654>.
- 121 Park H-YL, Lee K, Park CK. Optic disc torsion direction predicts the location of glaucomatous damage in normal-tension glaucoma patients with myopia. *Ophthalmology* 2012; **119**: 1844–51. <https://doi.org/10.1016/j.opthta.2012.03.006>.
- 122 Han JC, Lee EJ, Kim SB, Kee C. The Characteristics of Deep Optic Nerve Head Morphology in Myopic Normal Tension Glaucoma. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2017; **58**: 2695–704. <https://doi.org/10.1167/iovs.17-21791>.
- 123 Hong KE, Kim SA, Shin D-Y, Park CK, Park H-YL. Ocular and Hemodynamic Factors Contributing to the Central Visual Function in Glaucoma Patients With Myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2022; **63**: 26. <https://doi.org/10.1167/iovs.63.5.26>.
- 124 Daugeliene L, Yamamoto T, Kitazawa Y. Effect of Trabeculectomy on Visual Field in Progressive Normal-Tension Glaucoma. *Jpn J Ophthalmol* 1998; **42**: 286–92.
- 125 Chua J, Kadziauskienė A, Wong D, et al. One year structural and functional glaucoma progression after trabeculectomy. *Sci Rep* 2020; **10**: 2808. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-59792-9>.
- 126 Seah SKL, Prata JA, JR., Minckler DS, et al. Visual Recovery After Trabeculectomy : Journal of Glaucoma. *Journal of glaucoma* 1995; **4**: 228–34.
- 127 Wahl J. Ergebnisse der "Collaborative Initial Glaucoma Treatment Study" (CIGTS). *Ophthalmologe* 2005; **102**: 222–26. <https://doi.org/10.1007/s00347-005-1173-y>.
- 128 Sieck EG, Epstein RS, Kennedy JB, et al. Outcomes of Kahook Dual Blade Goniectomy with and without Phacoemulsification Cataract Extraction. *Ophthalmology Glaucoma* 2018; **1**: 75–81. <https://doi.org/10.1016/j.ogla.2018.06.006>.
- 129 Gismondi M, Brusini P. Intracorneal hematoma after canaloplasty in glaucoma. *Cornea* 2011; **30**: 718–19. <https://doi.org/10.1097/ICO.0b013e3182000955>.

- 130 Harrer S, Kaminski S, Rigal K, Rossmann M, Steinek M. Descemetablösung bei PEX-Syndrom — eine seltene Komplikation der Vorderabschnittschirurgie. *Spektrum Augenheilkd* 1999; **13**: 10–13. <https://doi.org/10.1007/BF03162710>.
- 131 Potyomkin VV, Goltsman EV. Cataract surgery in pseudoexfoliation syndrome. *Ophthalmology Reports* 2020; **13**: 37–42. <https://doi.org/10.17816/OV25739>.
- 132 Irshad FA, Mayfield MS, Zurakowski D, Ayyala RS. Variation in Schlemm's canal diameter and location by ultrasound biomicroscopy. *Ophthalmology* 2010; **117**: 916–20. <https://doi.org/10.1016/j.optha.2009.09.041>.
- 133 Orejudo de Rivas M, Martínez Morales J, Pardina Claver E, et al. Descemet's Membrane Detachment during Phacocanaloplasty: Case Series and In-Depth Literature Review. *J Clin Med* 2023; **12**. <https://doi.org/10.3390/jcm12175461>.
- 134 Wen Q, Fan T-J, Tian C-L. Cytotoxicity of atropine to human corneal endothelial cells by inducing mitochondrion-dependent apoptosis. *Exp Biol Med (Maywood)* 2016; **241**: 1457–65. <https://doi.org/10.1177/1535370216640931>.
- 135 Sunaric-Mégevand G, Leuenberger PM. Results of viscocanalostomy for primary open-angle glaucoma. *American Journal of Ophthalmology* 2001; **132**: 221–28. [https://doi.org/10.1016/S0002-9394\(01\)00972-2](https://doi.org/10.1016/S0002-9394(01)00972-2).
- 136 Wagdy FM. Canaloplasty versus Viscocanalostomy in Primary Open Angle Glaucoma. *Electron Physician* 2017; **9**: 3665–71. <https://doi.org/10.19082/3665>.
- 137 Klink T, Sauer J, Körber NJ, et al. Quality of life following glaucoma surgery: canaloplasty versus trabeculectomy. *Clin Ophthalmol* 2015; **9**: 7–16. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S72357>.

7. Anhang

7.1. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Stilisierte anatomische Übersicht. A: Kammerwinkel und Strömungsverlauf Kammerwasser (Quelle: Eigene Darstellung, modifiziert n. Augustin) B: Augenhintergrund (Quelle: Eigene Darstellung).....	11
Abbildung 2: Klassifikationsübersicht Glaukom (Quelle: Eigene Darstellung)	13
Abbildung 3: Prozentuale Verteilung der einzelnen Glaukomarten für TE und KP (Quelle: Eigene Darstellung).....	22
Abbildung 4: Verlauf IOD inkl. Minimum und Maximum für TE und KP (Quelle: Eigene Darstellung).....	24
Abbildung 5: Streudiagramme präoperativer und postoperativer IOD (Quelle: Eigene Darstellung).....	25
Abbildung 6: Verlauf Visus in logMAR und Dezimalzahl für TE und KP (Quelle: Eigene Darstellung).....	27
Abbildung 7: Verlaufsgrafiken Refraktion für TE und KP (Quelle: Eigene Darstellung)	29
Abbildung 8: Verlauf MD in dB für TE und KP (Quelle: Eigene Darstellung)	31
Abbildung 9: Verlauf RNFL G, T, TS und TI für TE und KP (Quelle: Eigene Darstellung)	33
Abbildung 10: Verlaufsgrafik gesamter postoperativer Komplikationen für TE und KP (Quelle: Eigene Darstellung).....	37
Abbildung 11: Übersicht IOD-Score ohne Medikamente für TE und KP (Quelle: Eigene Darstellung).....	39
Abbildung 12: Übersicht IOD-Score mit Medikamenten für TE und KP (Quelle: Eigene Darstellung).....	40
Abbildung 13: IOD-Senkung als Boxplot und Balkendiagramm für TE und KP (Quelle: Eigene Darstellung).....	43
Abbildung 14: Streudiagramme IOD-Senkung präoperativer und postoperativer IOD (Quelle: Eigene Darstellung).....	43
Abbildung 15: OP-Erfolg für TE und KP (Quelle: Eigene Darstellung)	45
Abbildung 16: Prozentuale Stoffeinnahme am ersten postoperativen Tag für TE und KP (Quelle: Eigene Darstellung).....	47
Abbildung 17: Verlauf eingenommene Stoffanzahl für TE und KP (Quelle: Eigene Darstellung).....	48

7.2. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Tabellarischer Verlauf IOD [mmHg] TE (Quelle: Eigene Darstellung).....	23
Tabelle 2: Tabellarischer Verlauf IOD [mmHg] KP (Quelle: Eigene Darstellung).....	23
Tabelle 3: Mann-Whitney-U-Test IOD für TE und KP (Quelle: Eigene Darstellung)	24
Tabelle 4: Vergleich IOD [mmHg] bei Patienten mit und Hyphäma (Quelle: Eigene Darstellung)	25
Tabelle 5: Tabellarischer Verlauf BSCVA [logMAR + Dezimalvisus] TE (Quelle: Eigene Darstellung).....	26
Tabelle 6: Tabellarischer Verlauf BSCVA [logMAR + Dezimalvisus] KP (Quelle: Eigene Darstellung).....	27
Tabelle 7: Tabellarischer Verlauf Sphäre und Zylinder [dpt] und Achse [°] TE (Quelle: Eigene Darstellung).....	28
Tabelle 8: Tabellarischer Verlauf Sphäre und Zylinder [dpt] und Achse [°] KP (Quelle: Eigene Darstellung).....	28
Tabelle 9: Tabellarischer Verlauf Gesichtsfeld in MD [dB] TE (Quelle: Eigene Darstellung) .	30
Tabelle 10: Tabellarischer Verlauf Gesichtsfeld in MD [dB] KP (Quelle: Eigene Darstellung)	30
Tabelle 11: Tabellarischer Verlauf RNFL in G, T, TS und TI [µm] TE (Quelle: Eigene Darstellung).....	31
Tabelle 12: Tabellarischer Verlauf RNFL in G, T, TS und TI [µm] KP (Quelle: Eigene Darstellung).....	32
Tabelle 13: Wirkstoffaufnahme pro Erhebungszeitpunkt für TE (Quelle: Eigene Darstellung)	34
Tabelle 14: Wirkstoffaufnahme pro Erhebungszeitpunkt für KP (Quelle: Eigene Darstellung)	34
Tabelle 15: Prävalenzen postoperativer Komplikationen der TE (Quelle: Eigene Darstellung)	36
Tabelle 16: Prävalenzen postoperativer Komplikationen der KP (Quelle: Eigene Darstellung)	36
Tabelle 17: Verteilung der Revisionen je Erhebungszeitpunkt im Vergleich zu komplikationslosen Verläufen für TE und KP zusammengefasst (Quelle: Eigene Darstellung)	38
Tabelle 18: Übersicht IOD-Score für TE und KP zusammengefasst (Quelle: Eigene Darstellung).....	41
Tabelle 19: Tabellarische Übersicht prozentuale IOD-Senkung [%] TE (Quelle: Eigene Darstellung).....	42

Tabelle 20: Tabellarische Übersicht prozentuale IOD-Senkung [%] KP (Quelle: Eigene Darstellung).....	42
Tabelle 21: Vergleich IOD-Senkung [%] bei Patienten mit und Hyphäma (Quelle: Eigene Darstellung).....	44
Tabelle 22: OP-Erfolg für TE und KP zusammengefasst (Quelle: Eigene Darstellung).....	44
Tabelle 23: Übersicht Wirkstoffanzahl prä- und postOP TE (Quelle: Eigene Darstellung).....	46
Tabelle 24: Übersicht Wirkstoffanzahl prä- und postOP KP (Quelle: Eigene Darstellung).....	46
Tabelle 25: Komplikationsprofil Sickerkissenvernarbung TE (Quelle: Eigene Darstellung) ...	49
Tabelle 26: Komplikationsprofil Aderhautamotio TE (Quelle: Eigene Darstellung)	50
Tabelle 27: Komplikationsprofil Makulafalten TE (Quelle: Eigene Darstellung)	50
Tabelle 28: Komplikationsprofil Vorderkammerabflachung TE (Quelle: Eigene Darstellung)	51
Tabelle 29: Komplikationsprofil Hornhautdelle und -ulkus TE (Quelle: Eigene Darstellung) ..	51
Tabelle 30: Komplikationsprofil Irisprolaps TE (Quelle: Eigene Darstellung).....	52
Tabelle 31: Komplikationsprofil Gesichtsfeldverschlechterung TE (Quelle: Eigene Darstellung)	52
Tabelle 32: Komplikationsprofil Hyphäma KP (Quelle: Eigene Darstellung).....	53
Tabelle 33: Komplikationsprofil periphere Descemetablösung KP (Quelle: Eigene Darstellung)	53
Tabelle 34: Komplikationsprofil Gesichtsfeldverschlechterung KP (Quelle: Eigene Darstellung)	54
Tabelle 35: Zusammenfassende Tabelle wichtigster Ergebnisse für TE und KP (Quelle: Eigene Darstellung).....	55
Tabelle 36: Tabellarische Darstellung der Risikoprofile für die klinische Anwendung (Quelle: Eigene Darstellung).....	73