

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

# **Das Outcome der ab-interno Trabekulotomie mittels Kahook Dual Blade als minimal-invasive Methode bei einem fortgeschrittenem Glaukom**

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

vorgelegt von  
Hannah Franziska Bleiel  
aus Bad Honnef Deutschland

promoviert am 24. April 2026

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität zu Köln

2026

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

1. Gutachter: Professor Dr. med. T. Dietlein
2. Gutachter: Professor Dr. med. C. Lüke

#### 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 Priv.-Doz. Dr. A. Lappa  
Herr Prof. Dr. Thomas Dietlein

Weitere Personen waren an der Erstellung der vorliegenden Arbeit nicht beteiligt. Insbesondere habe ich nicht die Hilfe einer Promotionsberaterin/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.

Der dieser Arbeit zugrunde liegende Datensatz wurde ohne meine Mitarbeit in dem Zentrum für Augenheilkunde der Uniklinik Köln von Herrn Prof. Dr. Thomas Dietlein und Frau Priv.-Doz. Dr. A. Lappa zur Verfügung gestellt.

Die dieser Arbeit zugrunde liegenden Messergebnisse wurden ohne meine Mitarbeit im Zentrum für Augenheilkunde der Uniklinik Köln durch die dort arbeitenden Ärzte ermittelt.

#### 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 25.11.2025

Unterschrift: .....

## **Danksagung**

Mein besonderer Dank gilt Herrn Prof. Dietlein und Frau Priv.-Doz. Dr. Lappa, die mich im Rahmen der Promotion umfangreich betreut und unterstützt haben. Ich bin Ihnen sehr dankbar, dass Sie sich stets Zeit genommen haben, mir bei meinen Fragen und Anliegen weiterzuhelfen.

Bei meinen Kolleginnen und Kollegen sowie guten Freunden, die mir stets mit Rat und Unterstützung zur Seite standen und bei denen ich in Pausen neue Energie tanken konnte, um weiterzuarbeiten.

Nicht zuletzt möchte ich jedoch meiner Familie, insbesondere Dr. Dirk und Dr. Pia Bleiel danken, die mich, weit über das Promotionsverfahren hinaus und ganz unabhängig, mein Leben lang unterstützen und immer ein offenes Ohr für mich haben. Sie stehen immer an meiner Seite und waren für mich stets ein großes Vorbild.

Für meine Eltern

# Inhaltsverzeichnis

<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS</b>	<b>7</b>
<b>1. ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>8</b>
<b>2. EINLEITUNG</b>	<b>9</b>
2.1. Epidemiologie und Bedeutung des Glaukoms	9
2.2. Definition des Glaukoms	10
2.2.1. Klassifikation des Glaukoms	11
2.3. Therapeutische Maßnahmen	12
2.4. Fragestellung und Ziel der Arbeit	14
<b>3. MATERIAL UND METHODEN</b>	<b>16</b>
3.1. Patientenauswahl	16
3.2. Auswertungsschemata	16
3.3. Komplikationen	17
3.4. Folgeoperationen	17
3.5. Operationserfolg	17
3.6. Allgemeine Statistik	18
3.6.1. Statistische Auswertung der Ergebnisse	18
<b>4. ERGEBNISSE</b>	<b>22</b>
4.1. Patienten	22
4.1.1. Geschlecht	23
4.1.2. Alter	23
4.1.3. Familienanamnese	23
4.1.4. Diagnosen	24
4.1.5. Voroperationen	24
4.2. Ergebnisse der Operation	27
4.2.1. Operation unter lokaler oder allgemeiner Anästhesie	27

4.2.2.	Präoperativer intraokularer Druck	27
4.2.3.	Veränderung des intraokularen Drucks über die Zeit	30
4.2.4.	Korrelation zwischen Glaukomdiagnose und intraokularem Druck	42
4.2.5.	Veränderung des Fernvisus über die Zeit	45
4.2.6.	Duale Thrombozytenaggregationshemmer	47
4.2.7.	Antiglaukomatosa	50
4.2.8.	Korrelation zwischen Glaukomdiagnose und Anwendung der Antiglaukomatosa	57
4.2.9.	Postoperative Komplikationen	60
4.3.	Folgeoperationen	65
5.	<b>DISKUSSION</b>	<b>66</b>
5.1.	Kontraindikationen der Operation	67
5.2.	Intraokularer Druck	67
5.2.1.	Vergleich drucksenkender Verfahren	69
5.3.	Fernvisus	70
5.4.	Postoperative Komplikationen	71
5.5.	Folgeoperationen	74
5.6.	Limitationen der vorliegenden Arbeit	74
5.7.	Zusammenfassung	76
6.	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>77</b>
7.	<b>ANHANG</b>	<b>98</b>
7.1.	Abbildungsverzeichnis	98
7.2.	Tabellenverzeichnis	99
8.	<b>VORABVERÖFFENTLICHUNGEN VON ERGEBNISSEN</b>	<b>100</b>

## Abkürzungsverzeichnis

ALT	Argonlasertrabekuloplastik
ANOVA	Analysis of Variance
Bas-IO	Basale Iridektomie
bzw.	beziehungsweise
ca.	circa
DG	Dysgenetisches Glaukom
et al.	et alia
EWG	Engwinkelglaukom
GA	Allgemeinanästhesie
IBM	International Business Machines
ICD	International Classification of Diseases
LA	Lokalanästhesie
logMAR	logarithm of the minimum angle of resolution
MIGS	Mikroinvasive Glaukomchirurgie
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
n	Anzahl
OR	Odds ratio
PDG	Pigmentdispersionsglaukom
PEX	Pseudoexfoliation
POWG	Primäres Offenwinkelglaukom
s	siehe
SLT	Selektive Lasertrabekuloplastik
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
TE + Mito	Trabekulektomie mit Mitomycin C
ZPK	Zyklophotokoagulation

## **1. Zusammenfassung**

Die Phako-Kahook-Trabekulotomie stellt eine Behandlungsmethode für Patienten mit Glaukom und gleichzeitiger Katarakt dar, die den Augeninnendruck signifikant senkt und den Fernvisus bei niedrigem Komplikationsprofil verbessert.

Bereits ab dem ersten postoperativen Tag konnte der Augeninnendruck signifikant reduziert und über einen Beobachtungszeitraum von bis zu zwei Jahren stabil gehalten werden.

Die mittlere Drucksenkung lag bei 27,4%, wobei in unserer Kohorte die meisten Patienten Werte zwischen 11,0 und 15,0 mmHg erreichten, gefolgt von der Gruppe zwischen 16,0 und 20,0 mmHg. Der Fernvisus war bei 68,9% der Patienten besser als vor der Operation und blieb im Verlauf der Nachbeobachtungszeit weitgehend konstant.

Die Notwendigkeit zur Anwendung drucksenkender Tropfen konnte bei den meisten Patienten reduziert werden. Eine systemische Behandlung mit Carboanhydrasehemmern war nach dem ersten postoperativen Monat bei keinem Patienten mehr notwendig.

Schwere Komplikationen, wie expulsive Blutungen oder eine Endophthalmitis, traten bei keinem Patienten auf. Ein Absetzen der Thrombozytenaggregationshemmer scheint für den Operationserfolg nicht notwendig zu sein, da kein Zusammenhang mit der Häufigkeit von Vorderkammerblutungen festgestellt werden konnte.

## 2. Einleitung

### 2.1. Epidemiologie und Bedeutung des Glaukoms

Aufgrund des demographischen Wandels erhöht sich der Anteil der Bevölkerung, der ein erhöhtes Risiko für Augenerkrankungen hat<sup>1-5</sup>. Dadurch steigt die Prävalenz degenerativer Augenerkrankungen sowie die Erblindung, die die Einschränkung der Selbstständigkeit zur Folge haben<sup>5-7</sup>.

Das Glaukom zählt zu den wichtigsten Augenerkrankungen, welche einer der häufigsten Ursachen für eine Erblindung darstellen<sup>8-13</sup>. Pro Jahr erblinden weltweit ca. 6,7 Millionen Menschen an einem Glaukom<sup>8</sup>. Der prozentuale Anteil der Erwachsenen in einem Alter von 50 oder mehr Jahren, bei denen die Glaukomerkrankung zur Erblindung führte, lag weltweit im Jahr 2020 bei 11%<sup>14</sup>.

In Deutschland kann die Prävalenz einer Glaukomerkrankung mit etwa 1 Millionen Betroffener angenommen werden, wobei die Dunkelziffer der Patienten mit nicht diagnostizierter bzw. therapierter Glaukomerkrankung unbekannt ist<sup>15-17</sup>.

Derzeitige Studien zu Schätzungen der Glaukomprävalenz zeigen unterschiedliche Ergebnisse in Bezug auf die einzelnen Glaukomformen<sup>18-27</sup>. Auf der Grundlage einer Studie der Kassenärztlichen Vereinigung Rheinland-Pfalz aus dem Jahr 2010 wurden Daten für die Prävalenzen verschiedener glaukomassoziierter Diagnosen ermittelt<sup>28</sup>. Die diagnostizierten Glaukomfälle wurden dabei nach der ICD-Klassifikation unterteilt<sup>28,29</sup>.

Die Ergebnisse zeigten, dass das Offenwinkelglaukom mit einer Prävalenz von 0,97% die am häufigsten diagnostizierte Glaukomform darstellte<sup>28</sup>.

Die als „sonstige Glaukome“ klassifizierten Fälle von Patienten zeigten eine Prävalenz von etwa 0,6%<sup>28</sup>. Weiterhin wurde ermittelt, dass bei über 50,0% aller Diagnosen eine unscharfe Diagnose (Glaukomverdacht) gestellt wurde, worunter auch die okuläre Hypertension erfasst wurde<sup>28</sup>.

Im Vergleich dazu, liegt die geschätzte Prävalenz für das Auftreten eines Sekundärglaukoms bei lediglich 0,1%<sup>28</sup>. Die Prävalenz der Diagnose des Engwinkelglaukoms wurde am niedrigsten verzeichnet und beträgt etwa 0,06%<sup>28</sup>. Betrachtet man die geschlechterspezifische Verteilung der Glaukomprävalenz, so wird deutlich, dass Frauen mit 59,4% häufiger von einer Glaukomerkrankung betroffen sind, im Vergleich zu Männern<sup>28</sup>.

Die Behandlungsfälle für Männer liegen dabei bei 40,6%<sup>28</sup>. Es zeigen sich jedoch geschlechterspezifisch Abweichungen in der Prävalenz in Bezug auf die verschiedenen glaukomassozierten Diagnosen<sup>28</sup>.

Die steigende Prävalenz diagnostizierter Glaukome bestätigt der Vergleich der Studienlage basierend auf deutschen Daten mit denen aus anderen, europäischen Ländern<sup>32</sup>.

Es existieren verschiedene Metaanalysen zu Glaukomprävalenzschätzungen, wie unter anderem von Quigley und Broman für die Jahre 2010 und 2020<sup>33</sup>. Diese früheren Schätzungen lassen jedoch nur begrenzte Aussagen zu kommenden Entwicklungen der globalen Prävalenz des Glaukoms zu<sup>34</sup>. Dennoch konnten die Untersuchungen von Quigley und Broman die zunehmende Prävalenz der Glaukomdiagnose bestätigen<sup>33</sup>.

Unter Einbeziehung früherer Studien zeigt sich, dass die Anzahl der Glaukomerkrankungen pro Jahr kontinuierlich steigt und Schätzungen zur Folge 111,8 Millionen Menschen im Jahr 2040 von der Diagnose des Glaukoms betroffen sein werden<sup>34</sup>. Im Rahmen einer systematischen Übersichtsarbeit untersuchten Tham, Y.C. et al. den globalen Trend der Glaukomprävalenz und stellten für die Altersspanne zwischen 40,0 und 80,0 Jahren eine weltweite Prävalenz von etwa 3,5% fest<sup>34</sup>.

Hinsichtlich der Prävalenz der verschiedenen Glaukomformen ließen sich im internationalen Vergleich Unterschiede feststellen<sup>34</sup>.

Das primäre Offenwinkelglaukom besitzt in Afrika die höchste Prävalenz mit 4,2%<sup>34</sup>. Demgegenüber ergaben die Untersuchungen die höchste Prävalenz mit 1,1% für das primäre Winkelblockglaukom in Asien<sup>34</sup>. Die Auswertung der Ergebnisse ergab außerdem, dass im geschlechterspezifischen Vergleich, Männer prozentual mit einer höheren Wahrscheinlichkeit an einem Glaukom erkranken<sup>34</sup>. Es wurde weiterhin festgestellt, dass bei Männern in der afrikanischen Bevölkerung häufiger ein primäres Offenwinkelglaukom diagnostiziert wurde, als im Vergleich zu Männern europäischer Abstammung<sup>34</sup>.

Ursächlich kann der Anstieg der Prävalenz der Glaukomerkrankungen auf den demographischen Wandel zurückgeführt werden, jedoch müssen ebenfalls die verbesserten Möglichkeiten in der Diagnostik im Rahmen der Glaukomfrüherkennung berücksichtigt werden<sup>33-35</sup>.

## **2.2. Definition des Glaukoms**

„Das Glaukom ist definiert als ein Begriff, der eine Gruppe von Augenerkrankungen mit multifaktorieller Ätiologie beschreibt, die sich klinisch durch eine charakteristische Optikusneuropathie auszeichnet.“<sup>8,36</sup>

„Der entscheidende Risikofaktor für die Glaukomentstehung und dessen Progression ist ein erhöhter intraokularer Druck, welcher zu einer Druckschädigung der Sehnervenpapille führt, die schließlich exkaviert.“<sup>5,37</sup> Diese Exkavation und die damit einhergehende Gefäßabknickung ist fundoskopisch ersichtlich<sup>5,16,38,39</sup>. Initial liegen bei den Patienten zunächst keine Beschwerden vor, allerdings entstehen im weiteren Krankheitsverlauf irreversible Gesichtsfeldausfälle durch den Verlust von neuronalem Gewebe<sup>5,40,41</sup>.

Diese Gesichtsfelddefekte beeinflussen langfristig das zentrale Sehen und können zu einer Erblindung führen<sup>42-44</sup>. Morphologische Sehnervveränderungen, erhöhte, intraokulare

Druckwerte sowie auffällige Gesichtsfeldveränderungen tragen zur Sicherstellung der Glaukomdiagnose bei<sup>45-47</sup>.

Die okuläre Hypertension ist zwar für die Stellung der Glaukomdiagnose hilfreich, dennoch bildet sie kein alleiniges Kriterium für eine sichere Diagnostik<sup>48,49</sup>. Einige Studien stützen diese Aussage, da Glaukome eine sehr heterogene Krankheitsgruppe unterschiedlicher Genese bilden und der intraokulare Druck bei bestimmten Glaukomformen auch in normalen Bereichen von <21 mmHg liegen kann<sup>50,51</sup>.

Der mittlere, intraokulare Druck liegt bei 15,5 mmHg in der gesunden Normalbevölkerung<sup>52-54</sup>. Wird die doppelte Standardabweichung (von  $\pm 5,5$  mmHg) einbezogen, liegt der Normbereich für den intraokularen Druck zwischen 10 und 21 mmHg<sup>53,54</sup>. Sofern die Papille und das Gesichtsfeld keine Schädigung aufweisen, liegt ab einem intraokularen Druck von über 21 mmHg eine okuläre Hypertension vor<sup>52,55,56</sup>.

### **2.2.1. Klassifikation des Glaukoms**

Die Klassifizierung der Glaukome ist abhängig von verschiedenen Gesichtspunkten<sup>59</sup>.

Entsprechend den Leitlinien der European Glaucoma Society werden primäre von sekundären Glaukomen unterschieden<sup>60</sup>.

Ätiologisch gesehen unterscheiden sich primäre von sekundären Glaukomen, dass sie unabhängig von erkennbaren allgemeinen Augenveränderungen, welche eine intraokulare Hypertension erklären würden, auftreten<sup>8,59</sup>. Charakteristisch stehen primäre Glaukome in einem genetischen Zusammenhang<sup>61-63</sup>.

Sekundäre Glaukome gehen wiederum aus einer Grunderkrankung hervor oder können unter anderem traumatisch, entzündlich oder iatrogen bedingt sein<sup>64,65</sup>.

„Das primäre Offenwinkelglaukom ist die häufigste Glaukomform und als eine Optikusneuropathie definiert, der zu einem Verlust von Axonen des Nervus opticus und den dazugehörigen Ganglienzellen führt.“<sup>67</sup> Pathogenetisch werden unterschiedliche Ursachen diskutiert, wie ein erhöhter intraokularer Druck von > 21mmHg sowie eine geringere, okuläre Perfusion<sup>67-69</sup>.

Die Diagnose des primären Offenwinkelglaukoms kann terminologisch betrachtet nur für primäre Offenwinkelglaukome mit einem Augeninnendruck von >21 mmHg gebraucht werden<sup>51,70,71</sup>.

Ein intraokularer Druck von im Mittel unter 21 mmHg bleibt definitionsgemäß dem Normaldruckglaukom vorbehalten<sup>72-75</sup>.

Das häufigste Sekundärglaukom ist das Pseudoexfoliationsglaukom (PEX-Glaukom), welches durch die Ablagerung von abnormem, fibrillogranulärem Material im Kammerwinkel entsteht<sup>76-80</sup>.

Beim PEX-Glaukom handelt es sich streng genommen um ein Pseudoexfoliationssyndrom (PEX-Syndrom), welches eine systemische Erkrankung darstellt<sup>80-83</sup>.

Entsprechende Ablagerungen lassen sich auch in der Haut, den Gefäßen oder anderen Organsystemen nachweisen<sup>83-85</sup>. Allerdings sind die Veränderungen im Bereich des vorderen Augenabschnitts besonders ausgeprägt<sup>83,86-89</sup>.

Bei Patienten mit einem PEX-Syndrom ist die Progression eines fortgeschrittenen Glaukomschadens wahrscheinlich<sup>90-93</sup>.

Therapeutisch ist ein chirurgischer Eingriff bei PEX-Glaukomen meistens bereits in einem frühen Stadium notwendig<sup>83,94,95</sup>.

### **2.3. Therapeutische Maßnahmen**

Im Rahmen der Glaukomtherapie können sowohl medikamentöse, laserchirurgische als auch operative Maßnahmen zur Senkung des Augeninnendrucks ergriffen werden<sup>54,93,96-99</sup>.

Das Ziel ist es, den Progress, des bei einem fortgeschrittenen Glaukom auftretenden Gesichtsfeldausfalls, zu verhindern<sup>93,96,100-103</sup>.

Die medikamentöse Behandlung erfolgt in der Regel durch lokale Tropfentherapie<sup>93,104</sup>.

Bei erfolgloser medikamentöser Behandlung sollte eine Laserbehandlung oder ein chirurgisches Therapieverfahren verfolgt werden<sup>54,93,104-106</sup>. Die Leitlinien der European Glaucoma Society empfehlen chirurgische Interventionen zur Glaukomtherapie erst, nachdem konventionelle medikamentöse Behandlungen versagt haben<sup>60</sup>.

Zu den Verfahren der Lasertherapie zählt die Lasertrabekuloplastik<sup>107-109</sup>.

Neben der Lasertrabekuloplastik, werden kammerwinkelchirurgische sowie filtrierende Verfahren als glaukomchirurgische Behandlungsmethoden eingesetzt<sup>110,111</sup>.

Zu der Kammerwinkelchirurgie zählen die Trabekulotomie, die tiefe Sklerektomie, die Viskokanalostomie nach Stegmann sowie die 360 Grad Kanaloplastik nach Stegmann als ab-externo-Verfahren und nichtpenetrierende glaukomchirurgische Techniken<sup>112,113</sup>.

Ab-interno kammerwinkelchirurgische Verfahren umfassen die Trabektomchirurgie, die Lasertrabekelablation, die Trabekelstentchirurgie sowie die transluminale Trabekulotomie als bulbuseröffnende Verfahren<sup>114</sup>.

Bei diesen chirurgischen Therapieverfahren kann der Augeninnendruck durch die Verbesserung des Kammerwasserabflusses gesenkt werden<sup>113,115,116</sup>. Studien zufolge, kann durch die Kombination dieser Verfahren mit der Phakoemulsifikation ein zusätzlicher drucksenkender Effekt erzielt werden<sup>117-119</sup>. Dies gilt jedoch nicht für die transluminale Trabekulotomie ab-interno, wobei der Unterschied mit oder ohne Phakoemulsifikation nicht signifikant ist<sup>120-122</sup>.

Bei der Trabekulotomie ab-externo erfolgt zunächst die Eröffnung der Bindehaut über den Limbus corneae oder aber auch limbusfern zur Freilegung der Sklera<sup>8,123-128</sup>. Anschließend erfolgt die Präparation des Skleradeckels und die Öffnung des Schlemmschen Kanals<sup>123,128-130</sup>.

Der Schlemmsche Kanal liegt tief und ist auch bei tiefer Deckelpräparation durch die ihn bedeckenden Skleralamellen schwer auffindbar<sup>123,131,132</sup>.

Die Eröffnung des Dachs des Schlemmschen Kanals kann durch eine tangentielle oder radiär zum Limbus geführte Inzision durchgeführt werden, wobei darauf geachtet werden sollte, die Vorderkammer nicht zu eröffnen<sup>123,131,133-135</sup>.

Die Identifikation des Schlemmschen Kanals ist über verschiedene Techniken möglich<sup>123,128</sup>. Zum einen kann eine Spülprobe durchgeführt werden, wobei eine dünne Kanüle in die Kanalmündung eingeführt wird und eine spezielle Lösung injiziert werden kann<sup>123,127,128,136</sup>.

Eine weitere Möglichkeit den Schlemmschen Kanal zu identifizieren, ist die Einführung einer speziellen Sonde<sup>127,128,130,133-135,137,138</sup>. Diese Sonde wird in die Vorderkammer eingeführt und gedreht, sodass der Schlemmsche Kanal, durch das anschließende Zurückziehen der Sonde, aufgerissen wird<sup>123,127,128,130,138</sup>.

Verschiedene Studien beleuchteten jedoch die negativen Aspekte der Trabekulotomie ab-externo<sup>8,124,139-144</sup>. Da bei diesem Verfahren das Trabekelmaschenwerk zwar zerrissen wird, das Gewebe jedoch im Auge verbleibt, kann negativ angesehen werden<sup>139,140</sup>.

Ein weiterer Nachteil stellt der Bindehautzugang dar, denn durch dessen Vernarbung, werden folgende Filtrationseingriffe erschwert<sup>8,124,141-144</sup>.

Bei der Trabekulotomie ab-interno hingegen, kann die Bindehaut geschont werden<sup>141,145-149</sup>.

Die Möglichkeit für spätere operative Eingriffe ist dadurch gegeben<sup>141,142</sup>.

Bei der Ab-interno-Trabekulotomie existieren verschiedene Vorgehensweisen<sup>141,150-152</sup>.

Zum einen kann das Trabekelmaschenwerk mechanisch mithilfe einer Goniokürettage entfernt werden<sup>120,153-158</sup>.

Eine weitere Möglichkeit, die Ab-interno-Trabekulotomie durchzuführen, ist über den Einsatz eines Mikrostents oder aber über laserchirurgische Verfahrensweisen<sup>159-167</sup>.

Der Abflusswiderstand kann außerdem gesenkt werden, indem das Trabekelmaschenwerk elektromechanisch mithilfe eines Trabektoms entfernt wird<sup>168-172</sup>.

Neben der Bindehautschonung ist das Ab-interno-Verfahren jedoch auch aufgrund des niedrigen Komplikationsrisikos vorteilhaft<sup>141,145,173,174</sup>. Bezogen auf den zu erwartenden Zieldruck, konnte eine geringere Augeninnendrucksenkung, im Vergleich zu filtrierenden Verfahren, festgestellt werden<sup>141,145,173,174</sup>. Damit ist die Therapie fortgeschrittener Glaukome mithilfe minimalinvasiver Verfahren, wie der Ab-interno-Trabekulotomie, möglicherweise nur begrenzt zielführend<sup>174-176</sup>.

Eine neuere Form der Ab-interno Trabekulotomie stellt das mechanische Ausschälen des Trabekelmaschenwerks aus dem Sklerasporn mithilfe eines chirurgischen Instruments dar, dem Kahook Dual Blade<sup>177-189</sup>.

Die Kahook-Trabekulotomie ist Teil der Kammerwinkelchirurgie und stellt eine in Tropfanästhesie durchführbare minimalinvasive Methode zur Senkung des Augeninnendrucks dar<sup>154,177,182,184,189,190</sup>.

Der chirurgische Zugang erfolgt temporal-korneal durch das Trabekelmaschenwerk in den Schlemmschen Kanal<sup>181,182,184,185,187-189</sup>. Daraufhin wird das Trabekelmaschenwerk über die Spitze des Kahook Dual Blades auf beide Klingen gezogen, am oberen und unteren Rand abgeschnitten, und dadurch entfernt<sup>177,178,180-183,185,186,188,189,191</sup>. Durch die Verbesserung des Kammerwasserabflusses sowie der Freilegung der Kollektorkanäle kann der Augeninnendruck dadurch gesenkt werden<sup>178,187</sup>.

Dies ist eine sehr neue Technik, bei der man noch keine Aussagen darüber treffen kann, inwieweit die Erfolgsaussicht bei fortgeschrittenen Glaukomen langfristig sein wird.

Für fortgeschrittene Glaukome wird normalerweise die bereits beschriebene Trabekulektomie durchgeführt oder es werden Glaukomdrainageimplantate eingesetzt<sup>181,185,189,192-194</sup>.

Der Nachteil dieser Techniken ist jedoch das hohe Auftreten von postoperativen Komplikationen, wie Hypotonien und Visusminderungen<sup>182,195-197</sup>.

Die Kahook-Trabekulotomie kann auch in Kombination mit einer Kataraktoperation durchgeführt werden, was Studien zufolge mit guten Ergebnissen verbunden ist<sup>177-189,198-209</sup>.

Die Ergebnisse beziehen sich meistens jedoch nur auf kurze Nachbeobachtungszeiträume von wenigen Monaten. Man müsste daher der Frage nachgehen, ob bei Patienten, bei denen eine Kataraktoperation in Kombination mit der Kahook-Trabekulotomie durchgeführt wird, eine ausreichende Drucksenkung auch im Langzeitverlauf erreicht werden kann.

## **2.4. Fragestellung und Ziel der Arbeit**

In dieser Arbeit soll untersucht werden, ob die Senkung des intraokularen Drucks durch die Entfernung des Trabekelmaschenwerks mithilfe der Kahook-Trabekulotomie in Kombination mit der Phakoemulsifikation nachhaltig erreicht werden kann. Des Weiteren sollen Komplikationen und funktionelle Ergebnisse erfasst werden.

In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, inwieweit die Kahook-Trabekulotomie in Kombination mit der Phakoemulsifikation auch langfristig den intraokularen Druck regulieren kann.

Zur Prüfung der Hypothese soll eine retrospektive Analyse der im Jahr 2017 operierten Patienten unter Berücksichtigung des perioperativen Verlaufs durchgeführt werden.

Die Ergebnisse der Datenanalyse beziehen sich auf einen Nachbeobachtungszeitraum von bis zu vierundzwanzig Monaten.

Die Kahook-Trabekulotomie ist ein minimalinvasives Verfahren, bei dem ein doppelschneidiges Mikromesser zur Öffnung des Trabekelmaschenwerks verwendet wird, um den trabekulären Abflusswiderstand zu senken<sup>165,182,187,190,192,210,211</sup>.

Mit Hilfe des Kahook Dual Blades kann das Trabekelmaschenwerk vollständig entfernt werden, wobei das umliegende Gewebe nur minimal oder gar nicht geschädigt wird<sup>185,190,212</sup>.

Studien zufolge ist die Kahook-Trabekulotomie nicht nur aufgrund des minimalinvasiven Vorgehens und der Kombinierbarkeit mit der Phakoemulsifikation vorteilhaft, sondern kann auch zu einer effektiven Augeninnendrucksenkung und Tropfenreduktion führen<sup>178,181,182,185,188,213</sup>. In Anbetracht der relativen Neuheit des Verfahrens beschränken sich die meisten Studien jedoch auf einen Nachbeobachtungszeitraum von maximal sechs bis zwölf Monaten<sup>178,181,182,185,188,213</sup>. Hinzuzufügen ist, dass die meisten Studienpatienten leichte und mittelschwere Glaukomerkrankungen umfassten. Patienten mit schwereren Glaukomformen werden dagegen oftmals nicht eingeschlossen<sup>182,183,214-217</sup>, bzw. der unterschiedliche Schweregrad des Glaukoms in Bezug auf die Resultate wird nicht berücksichtigt<sup>218,219</sup>. Dies kann die Aussagekraft einzelner Studien in gewissem Maße beeinflussen.

Im Rahmen dieser Arbeit werden auch Patienten mit schweren Glaukomformen einbezogen, wobei postoperative Daten bis zu vierundzwanzig Monaten ausgewertet werden.

### **3. Material und Methoden**

#### **3.1. Patientenauswahl**

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden die Augen/Patienten betrachtet, bei denen die Kahook-Trabekulotomie im Jahr 2017 im Zentrum für Augenheilkunde der Universität zu Köln durchgeführt wurde.

Die Kahook-Trabekulotomie erfolgte dabei in Kombination mit der Phakoemulsifikation.

Der operative Eingriff wurde bei allen Patienten, bei denen ein verminderter Fernvisus in Kombination mit einem Glaukom aufgetreten ist, durchgeführt.

Das Patientenkollektiv umfasste insbesondere Patienten mit präoperativ hohen Augeninnendruckwerten. Wenn ein Patient innerhalb des Jahres 2017 an beiden Augen operiert wurde, erfolgte die Datenerfassung und -auswertung für jedes Auge einzeln. Damit wurden im Rahmen der Arbeit n=78 Augen von n=61 Patienten einbezogen.

#### **3.2. Auswertungsschemata**

Die Auswertung der Daten erfolgte retrospektiv auf Grundlage der Patientenakten einer digital laufenden Kartei der im Jahr 2017 operierten Augen/Patienten, bei denen eine Phako-Kahook-Trabekulotomie durchgeführt wurde.

Der Nachbeobachtungszeitraum erstreckte sich vom ersten postoperativen Tag bis zu vierundzwanzig Monate nach operativem Eingriff.

Der postoperative Verlauf wurde zu definierten Zeitpunkten dokumentiert: nach einem Tag, zwei Tagen, einer Woche, einem Monat, drei, neun und zwölf oder mehr Monaten.

Um die statistische Auswertung durchführen zu können, wurde eine Tabelle erstellt, in derer die Daten strukturiert und anonymisiert erfasst werden konnten. Die Ergebnisse wurden sowohl deskriptiv in Tabellen aufgelistet, als auch in Diagrammen dargestellt.

Der Fokus der Datenerhebung lag auf den zuvor festgelegten Zielgrößen des intraokularen Drucks sowie der drucksenkenden lokal- und systemischen Therapie.

Die intraokularen Druckwerte wurden in diskrete Kategorien eingeteilt, wobei jeder Wertebereich einen festgelegten Abstand von 5,0 mmHg hatte. Jede Druckkategorie/bereich repräsentiert eine spezifische Bandbreite von intraokularen Druckwerten, die bei 0,0 bis 5,0 mmHg beginnt und bis 60,0 mmHg reicht.

Neben den Zielgrößen des intraokularen Drucks und der drucksenkenden Medikation wurden der Fernvisus sowie die intra- und postoperative Komplikationsrate als sekundäre Parameter bestimmt.

Diese Zielgrößen und sekundären Parameter wurden prä- und postoperativ zu jedem Untersuchungszeitpunkt erfasst und analysiert.

Zusätzlich wurden verschiedene Einflussgrößen in die Datenanalyse aufgenommen, die präoperativ für die Auswertung der Daten sinnvoll erschienen.

Alle demographischen Daten, wie das Geschlecht, das Alter zum Zeitpunkt der Operation sowie das operierte Auge wurden berücksichtigt. Hinzukamen alle relevanten Parameter, welche der Patientenanamnese zuzuordnen sind. Dazu zählen die Familienanamnese, die Glaukomdiagnose, vorangegangene Operationen zur Senkung des intraokularen Drucks, Tropfenunverträglichkeiten sowie die Hämostatikaeinnahme. Der Zeitpunkt und die Dauer der Unterbrechung der Hämostatikatherapie wurde ebenfalls dokumentiert.

Postoperativ wurden alle Folgeoperationen notiert, die aufgrund einer unzureichenden Drucksenkung oder aufgrund von Komplikationen notwendig wurden.

### **3.3. Komplikationen**

Die vorliegende Arbeit schloss alle Komplikationen ein, die während des postoperativen Beobachtungszeitraums aufgetreten sind.

In diesem Rahmen wurden vorderkammerbezogene, korneale, konjunktivale, choroidale, retinale und makulabedingte Komplikationen notiert.

Das Auftreten postoperativer Blutungen wurde im Rahmen der Datenanalyse näher betrachtet. Neben dem reinen Nachblutungsaufkommen wurde zwischen aufgewirbeltem Blut und der Bildung eines Hyphämas unterschieden. Für jedes Auge/ jeden Patienten wurde das Vorhandensein und das Ausmaß der Blutung zu jedem Kontrolluntersuchungszeitpunkt bewertet und in die Datenanalyse einbezogen.

### **3.4. Folgeoperationen**

Alle Operationen, die bedingt durch eine unzureichende Drucksenkung oder postoperative Komplikationen nach der Phako-Kahook-Trabekulotomie erforderlich waren, wurden dokumentiert.

### **3.5. Operationserfolg**

Die Erfolgsparameter wurden anhand definierter Kriterien aus bestehenden Studien festgelegt, die das Verfahren der Kahook-Trabekulotomie in Kombination mit der Phakoemulsifikation untersucht haben<sup>219,220</sup>.

Als absoluter Erfolg wurde die postoperative Drucksenkung von mindestens 20,0% und unter 21,0 mmHg bzw. 18,0 mmHg bzw. 15,0 mmHg ohne zusätzliche drucksenkende Medikation definiert. Wurden die genannten Kriterien unter zusätzlicher Gabe von Antiglaukomatosa erreicht, galt die Operation als relativer Erfolg.

Zusätzlich wurde die Verbesserung des Fernvisus als Operationserfolg erfasst.

Im Gegensatz dazu, stellte ein erneuter glaukomchirurgischer Eingriff einen Misserfolg der Phako-Kahook-Trabekulotomie dar.

### **3.6. Allgemeine Statistik**

Die Datenauswertung erfolgte mit Hilfe des Programms SPSS Statistics 26 (IBM, New York). Das Signifikanzniveau wurde vorab auf einen Wert von 0,05 bestimmt. Die Standardabweichung wurde mit „±“ gekennzeichnet.

Da es sich bei der vorliegenden Arbeit um eine explorative Datenanalyse handelt, wurden mögliche Multiplizitäten oder wiederholte Tests nicht ausgeschlossen. Um das Risiko falsch-positiver Ergebnisse durch wiederholte Tests zu reduzieren, wurde das Signifikanzniveau der Einzeltests mit der Bonferroni-Korrektur angepasst.

In der vorliegenden Arbeit wurden alle Augen der Patienten gleichermaßen behandelt. Die Datenerfassung erfolgte für jedes Auge nach den gleichen Verfahren und Protokollen. Dementsprechend wurde die statistische Auswertung spezifisch für jedes Auge eines Patienten durchgeführt. Dies galt auch für die Patienten, bei denen beide Augen operiert wurden. Um Datenwiederholungen von demographischen Merkmalen beidseitig operierter Patienten, wie Geschlecht und Alter, zu vermeiden, wurden diese Merkmale nur einmalig aufgenommen. Neben der absoluten Anzahl der betroffenen Augen und Patienten wurde ergänzend der jeweilige prozentuale Anteil der Patienten in Bezug auf die Gesamtpatientenzahl angegeben.

#### **3.6.1. Statistische Auswertung der Ergebnisse**

Für die statistische Auswertung wurden einzelne Parameter in standardisierte Einheiten umgewandelt bzw. anhand festgelegter Skalen kategorisiert.

Der Visus cum correctione wurde bestimmt und als logarithmischer Kehrwert der Sehschärfe (logMAR: logarithm of the minimum angle of resolution)<sup>221</sup> basierend auf der Umrechnung des Dezimalwertes angegeben.

Die medikamentöse Glaukomtherapie wurde entsprechend dem Medikationsschema von Jacobi PC und Krieglstein GK kategorisch unterteilt<sup>222</sup>. Die Anzahl der Wirkstoffe wurde dabei jedoch nicht berücksichtigt. Deshalb wurde der Medikamentengebrauch anhand eines Medicationsscores erfasst, dessen Wert der Anzahl der Wirkstoffe entsprochen hat. Bei Kombination mehrerer Augentropfen oder zusätzlicher systemischer Behandlung, wurde die Summe aller Wirkstoffe für die Bestimmung des Scorewerts berücksichtigt.

Der intraokulare Druck, der Fernvisus und die medikamentöse Glaukomtherapie wurden über den gesamten Untersuchungszeitraum hinweg mithilfe statistischer Testverfahren für abhängige Stichproben analysiert.

Die Variablen sind abhängig, da bei denselben Augen/Patienten wiederholt Kontrolluntersuchungen zu unterschiedlichen Zeitpunkten stattgefunden haben.

Die Messwerte des intraokularen Drucks und des Fernvisus stellen metrischskalierte Variablen dar. Da die medikamentöse Glaukomtherapie anhand des Medicationsscores erfasst wurde, kann sie ebenfalls als metrischskalierte Variable eingeordnet werden.

Zur Überprüfung der Verteilungseigenschaften der Daten wurde der Shapiro-Wilk-Test durchgeführt. Bei einer Normalverteilung der Daten wurden parametrische Testverfahren, wie der T-Test für abhängige Stichproben, durchgeführt. Sofern die Daten nicht normalverteilt waren, erfolgten nicht-parametrische Testverfahren, wie der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test. Waren die Testergebnisse unter Berücksichtigung der Bonferroni-Korrektur signifikant, wurde zusätzlich die Effektstärke ermittelt, um die Größe bzw. Stärke der Unterschiede zwischen den Messzeitpunkten bestimmen zu können. Die Effektstärke wurde anhand des Korrelationskoeffizienten  $r$  nach Pearson berechnet.

Die Glaukomdiagnose wurde im Rahmen der Datenauswertung gezielt analysiert. Dabei wurden mögliche Zusammenhänge mit der Veränderung des intraokularen Drucks und dem Medikamentengebrauch im zeitlichen Verlauf untersucht.

Die Veränderung des intraokularen Drucks und der Medikamentengebrauch wurden bereits als metrischskalierte, abhängige Variablen definiert. Die Glaukomdiagnose stellt eine unabhängige, nominalskalierte Variable dar.

Zunächst wurden die Daten der Druckveränderung und des Medikamentengebrauchs mittels Shapiro-Wilk-Test auf Normalverteilung überprüft.

Lagen die Daten normalverteilt vor, wurde eine einfaktorische Varianzanalyse (ANOVA) durchgeführt und zusätzlich der Levene-Test zur Überprüfung der Varianzhomogenität angewendet. Bei fehlender Normalverteilung oder heterogenen Varianzen wurde der Kruskal-Wallis-Test, als nicht-parametrisches Testverfahren, eingesetzt.

Sofern die Testergebnisse signifikant waren, wurden im Rahmen einer Post-hoc-Analyse mehrere paarweise Vergleiche unter Berücksichtigung der Bonferroni-Korrektur durchgeführt. Dadurch konnte festgestellt werden, welche Diagnosegruppen sich in Bezug auf die Veränderung des intraokularen Drucks bzw. des Medikamentengebrauchs signifikant voneinander unterscheiden haben. Zusätzlich wurde die Effektstärke ermittelt, um die Größe der Unterschiede zwischen den Gruppen einordnen zu können.

Dafür wurde bei signifikanten Ergebnissen der Post-hoc-Tests nach Durchführung einer ANOVA Cohen's  $d$  berechnet. Zur Bestimmung der Effektstärke bei signifikanten Post-hoc-

Tests nach Durchführung des Kruskal-Wallis-Tests, wurde der Korrelationskoeffizient  $r$  nach Pearson ermittelt.

Die Häufigkeit postoperativer Komplikationen wurde bei allen Augen/Patienten systematisch erfasst und statistisch ausgewertet.

Zusätzlich erfolgte eine separate Analyse der Blutungshäufigkeit bei den Augen/Patienten unter dualer Thrombozytenaggregationshemmung.

Die Daten wurden nicht über alle Untersuchungszeitpunkte hinweg, sondern paarweise zwischen jeweils zwei Zeitpunkten miteinander verglichen. Die Häufigkeit postoperativer Komplikationen stellt eine abhängige Variable dar, genauso wie die Blutungshäufigkeit bei den Augen/Patienten unter dualer Thrombozytenaggregationshemmung. Grund dafür ist, dass beide Variablen jeweils bei denselben Augen/Patienten ermittelt wurden.

Die Variablen wurden dichotom erfasst, wobei postoperative Komplikationen bei allen Augen/Patienten und Blutungen bei denjenigen unter dualer Thrombozytenaggregationshemmung als vorhanden oder nicht vorhanden bewertet wurden. Zusätzlich wurden alle postoperativen Komplikationen hinsichtlich ihrer Form und Ausprägung zu jedem Untersuchungszeitpunkt deskriptiv beschrieben. Blutungsereignisse wurden je nach Ausmaß kategorisch unterteilt, wobei zwischen einem Hyphäma, aufgewirbeltem Blut und einer einfachen Blutung differenziert wurde.

Da es sich um dichotome, abhängige Variablen handelt, die wiederholt zwischen jeweils zwei Zeitpunkten verglichen wurden, konnte der McNemar-Test als nicht-parametrisches Testverfahren durchgeführt werden.

Waren die Ergebnisse unter Berücksichtigung der Bonferroni-Korrektur signifikant, wurde die Effektstärke anhand des Odds ratio (OR) berechnet. Traten im Rahmen der Berechnung Nullwerte innerhalb der 2x2-Kontingenztafeln auf, wurde der Haldane-Ansatz angewendet.

Mithilfe der Effektstärke konnte bestimmt werden, wie groß die Veränderung zwischen den jeweiligen Untersuchungszeitpunkten gewesen ist.

Zusätzlich wurde der Fernvisus bei den Augen/Patienten mit und ohne postoperative Komplikationen zu jedem Untersuchungszeitpunkt verglichen, um potenziell signifikante Unterschiede feststellen zu können.

Die Patientengruppen wurden unabhängig voneinander betrachtet, da sie nach dem Vorhandensein oder Fehlen von Komplikationen kategorisch eingeteilt wurden.

Zunächst wurde mithilfe des Shapiro-Wilk-Tests überprüft, ob die Daten des Fernvisus normalverteilt waren. Bei Normalverteilung der Daten wurde der T-Test für unabhängige Stichproben angewendet. Waren die Daten nicht normalverteilt, wurde der Mann-Whitney-U-Test als nicht-parametrisches Verfahren durchgeführt.

Sofern die Testergebnisse unter Berücksichtigung der Bonferroni-Korrektur signifikant waren, wurde die Effektstärke bestimmt. Die Berechnung erfolgte bei signifikanten Ergebnissen des T-Tests für unabhängige Stichproben anhand des Cohen's  $d$ . Bei Signifikanz des Mann-Whitney-U-Tests wurde die Effektstärke anhand des Korrelationskoeffizienten  $r$  nach Pearson ermittelt. Dadurch konnte das Ausmaß der Unterschiede zwischen den Gruppen mit und ohne postoperative Komplikationen bestimmt werden.

Bei den Augen/Patienten unter dualer Thrombozytenaggregationshemmung wurde zusätzlich untersucht, ob sich die Blutungshäufigkeit zwischen fortgesetzter und unterbrochener Therapie signifikant unterschieden hat. Dafür wurden die Gruppen mit und ohne Therapiepause der Hämostatika zu allen postoperativen Untersuchungszeitpunkten als unabhängige Stichproben miteinander verglichen. Berücksichtigt man die Größe der Patientenkohorte, war der zweiseitige exakte Test nach Fisher das geeignete statistische Verfahren für den Vergleich der Gruppen. Konnten signifikante Unterschiede festgestellt werden, erfolgte die Berechnung der Effektstärke anhand des OR, wobei der Haldane-Ansatz bei Nullwerten innerhalb der 2x2-Kontingenztafeln berücksichtigt wurde. Mithilfe der Effektstärke konnte beurteilt werden, wie stark eine Therapiepause die postoperative Blutungshäufigkeit beeinflusst hat.

## 4. Ergebnisse

### 4.1. Patienten

In der vorliegenden Arbeit wurde eine retrospektive Datenauswertung von konsekutiven Patienten durchgeführt, welche im Jahr 2017 im Zentrum für Augenheilkunde der Universität zu Köln operiert wurden.

Das Verfahren der Kahook-Trabekulotomie wurde dabei in Kombination mit der Phakoemulsifikation durchgeführt.

Es wurden n=61 Patienten in die Kohorte eingeschlossen (s. Tabelle 1). Der operative Eingriff erfolgte bei n=17 von n=61 Patienten sowohl am rechten als auch am linken Auge. Damit konnten n=78 Augen von n=61 Patienten in der Datenauswertung berücksichtigt werden (s. Tabelle 1).

Der postoperative Beobachtungszeitraum umfasste bis zu vierundzwanzig Monate.

Die Follow-up Zeit variierte zwischen einem Tag und vierundzwanzig Monaten. Die durchschnittliche Follow-up Zeit betrug  $332,8 \pm 382,3$  Tage. Der Median der Follow-up Zeit belief sich auf 165 Tage.

Daten des ersten postoperativen Tages konnten bei n=76 Augen/ n=60 Patienten (98,4%) dokumentiert werden (s. Tabelle 1). Nach der ersten postoperativen Woche waren Daten von n=33 Augen/ n=31 Patienten (50,8%) vorhanden (s. Tabelle 1).

Im weiteren Verlauf der Nachbeobachtungszeit blieb die Anzahl der untersuchten Augen/Patienten weitgehend konstant (s. Tabelle 1). Ab dem ersten postoperativen Monat konnten die Daten von n=34 Augen/ n=29 Patienten (47,5%) ausgewertet werden (s. Tabelle 1). Die Gesamtanzahl der untersuchten Augen/Patienten zu den Kontrolluntersuchungszeitpunkten prä- und postoperativ, sind in Tabelle 1 erfasst.

Zeit (Monate)	Männliches Geschlecht		Weibliches Geschlecht		Operierte Fälle	
	Patienten	Augen	Patienten	Augen	Patienten	Augen
0,00	34	42	27	36	61	78
0,03	34	42	26	34	60	76
0,06	21	22	12	12	33	35
0,35	16	17	15	16	31	33
1,00	14	16	15	18	29	34
3,00	21	25	18	19	39	44
6,00	16	19	11	13	27	32
12,00	17	20	9	12	26	32

**Tabelle 1.** Darstellung der Gesamtanzahl der untersuchten Augen/Patienten prä- und postoperativ, bezogen auf das jeweilige Patientengeschlecht

#### 4.1.1. Geschlecht

Insgesamt wurden n=42 Augen von n=34 männlichen Patienten (55,7%) sowie n=36 Augen von n=27 weiblichen Patienten (44,3%) untersucht (s. Tabelle 1 und 2).

#### 4.1.2. Alter

Betrachtet man das Alter aller Patienten, bei denen die Kahook-Trabekulotomie in Kombination mit der Phakoemulsifikation durchgeführt wurde, befand sich dieses im Durchschnitt bei 69,9±9,2 Jahren.

Das Alter des jüngsten Patienten betrug 29,0 Jahre und das des ältesten Patienten 86,0 Jahre. Der Median lag bei 72,0 Jahren. Das durchschnittliche Alter der männlichen Patienten war 67,3±10,7 Jahre, während im Durchschnitt das Alter der weiblichen Patienten bei 73,2±5,4 Jahren lag (s. Tabelle 2).

#### 4.1.3. Familienanamnese

Eine positive Familienanamnese gilt bekanntermaßen als Risikofaktor für das Auftreten eines Glaukoms<sup>223,224</sup>. Daher ist eine detaillierte Erfassung der Familienanamnese im Rahmen der Glaukomdiagnosestellung sinnvoll<sup>225,226</sup>.

Familienanamnestisch gaben n=8 Augen/ n=7 Patienten (11,5%) eine nachgewiesene Glaukomerkrankung an, bei n=5 Augen/ n=5 Patienten (8,2%) betraf dies einen Verwandten

ersten Grades. Hinsichtlich der positiven Familienanamnese wurden insbesondere die Eltern und Geschwister genannt. Darüber hinaus beschrieben n=3 Augen/ n=2 Patienten (3,3%) das Auftreten einer Myopie bei einem oder mehreren Familienmitgliedern.

#### **4.1.4. Diagnosen**

Mit einer Anzahl von n=25 Augen/ n=19 Patienten (31,1%) wurde das primäre Offenwinkelglaukom (POWG) am häufigsten diagnostiziert (s. Tabelle 2). Als zweithäufigste Diagnose trat das PEX-Glaukom bei n=21 Augen/ n=16 Patienten (26,2%) auf (s. Tabelle 2). Bei n=9 Augen/ n=7 Patienten (11,5%) konnte die Diagnose des Engwinkelglaukoms (EWG) gestellt werden (s. Tabelle 2). Die geringste Augen-/Patientenanzahl stand im Zusammenhang mit dem Pigmentdispersionsglaukom (PDG) und dem dysgenetischen Glaukom (DG) (s. Tabelle 2). Lediglich n=4 Augen/ n=4 Patienten (6,6%) litten an einem PDG und n=5 Augen/ n=4 Patienten (6,6%) an einem DG (s. Tabelle 2).

Bei n=14 Augen/ n=11 Patienten (18,0%) war die Glaukomdiagnose in den verfügbaren Daten nicht vermerkt.

Betrachtet man den Zusammenhang zwischen dem Alter der untersuchten Patienten und deren Glaukomdiagnosen, lag das mittlere Alter der Patienten mit der Diagnose des POWGs bei  $71,5 \pm 7,1$  Jahren (s. Tabelle 2). Das Alter der Patienten mit einem PEX-Glaukom lag im Mittelwert bei  $74,2 \pm 4,3$  Jahren (s. Tabelle 2). Patienten mit einem DG besaßen ein mittleres Alter von  $71,3 \pm 3,2$  Jahren (s. Tabelle 2). Alle Patienten, bei denen ein EWG diagnostiziert wurde, waren im Durchschnitt  $66,4 \pm 8,8$  Jahre alt (s. Tabelle 2). Das mittlere Alter der Patienten mit einem PDG lag durchschnittlich bei  $53,5 \pm 18,3$  Jahren (s. Tabelle 2).

#### **4.1.5. Voroperationen**

Betrachtet man alle Augen/Patienten, die im Rahmen der Datenauswertung herangezogen wurden, erfolgte bereits vor der Phako-Kahook-Trabekulotomie bei n=27 Augen/ n=26 Patienten (42,6%) eine Operation zur Senkung des intraokularen Drucks (s. Tabelle 2).

Am häufigsten wurden lasertherapeutische Verfahren vorgenommen (s. Tabelle 2).

Im Rahmen der Lasertherapieverfahren, wurde bei n=3 Augen/ n=3 Patienten (4,9%) eine Argonlasertrabekuloplastik (ALT) durchgeführt (s. Tabelle 2). Außerdem erfolgte bei n=11 Augen/ n=10 Patienten (16,4%) präoperativ eine selektive Lasertrabekuloplastik (SLT) (s. Tabelle 2).

Zu den prächirurgischen Eingriffen gehörte auch die Trabekulektomie mit Mitomycin C (TE + Mito), die bei n=8 Augen/ n=8 Patienten (13,1%) vorgenommen wurde (s. Tabelle 2). Bei n=4 Augen/ n=4 Patienten (6,6%) fand im Vorfeld der Phako-Kahook-Trabekulotomie eine basale

Iridektomie (Bas-IO) statt (s. Tabelle 2). Lediglich bei n=1 Auge/ n=1 Patient (1,6%) wurde präoperativ eine Zyklphotokoagulation (ZPK) durchgeführt (s. Tabelle 2). Eine Übersicht der durchgeführten Voroperationen, unter Berücksichtigung der Glaukomdiagnose, des Geschlechts und des Alters der Patienten, ist in Tabelle 2 dargestellt.

	männliches Geschlecht	weibliches Geschlecht	Alter	Diagnose: PEXG	Diagnose: EWG	Diagnose: POWG	Diagnose: PDG	Diagnose: DG	Vor-OP: ALT	Vor-OP: SLT	Vor-OP: Bas-IO	Vor-OP: TE + Mito	Vor-OP: ZPK
männliches Geschlecht	42 Aug./ 34 Pat.	-	67,3±10,7	16 Aug./ 12 Pat.	5 Aug./ 4 Pat.	5 Aug./ 4 Pat.	4 Aug./ 4 Pat.	0 Aug./ 0 Pat.	1 Aug./ 1 Pat.	5 Aug./ 5 Pat.	2 Aug./ 2 Pat.	4 Aug./ 4 Pat.	1 Aug./ 1 Pat.
weibliches Geschlecht	-	36 Aug./ 27 Pat.	73,2±5,4	5 Aug./ 4 Pat.	4 Aug./ 3 Pat.	20 Aug./ 15 Pat.	0 Aug./ 0 Pat.	5 Aug./ 4 Pat.	2 Aug./ 2 Pat.	6 Aug./ 5 Pat.	2 Aug./ 2 Pat.	4 Aug./ 4 Pat.	0 Aug./ 0 Pat.
Alter	67,3±10,7	73,2±5,4	74,2±4,3	74,2±4,3	66,4±8,8	71,5±7,1	53,5±18,3	71,3±3,2	71,7±5,5	68,1±7,3	57,0±19,5	61,1±14,3	54,0
Diagnose: PEXG	16 Aug./ 12 Pat.	5 Aug./ 4 Pat.	74,2±4,3	-	-	-	-	-	1 Aug./ 1 Pat.	3 Aug./ 3 Pat.	0 Aug./ 0 Pat.	2 Aug./ 2 Pat.	0 Aug./ 0 Pat.
Diagnose: EWG	5 Aug./ 4 Pat.	4 Aug./ 3 Pat.	66,4±8,8	-	-	-	-	-	0 Aug./ 0 Pat.	2 Aug./ 2 Pat.	2 Aug./ 2 Pat.	0 Aug./ 0 Pat.	0 Aug./ 0 Pat.
Diagnose: POWG	5 Aug./ 4 Pat.	20 Aug./ 15 Pat.	71,5±7,1	-	-	-	-	-	2 Aug./ 2 Pat.	3 Aug./ 2 Pat.	1 Aug./ 1 Pat.	2 Aug./ 2 Pat.	0 Aug./ 0 Pat.
Diagnose: PDG	4 Aug./ 4 Pat.	0 Aug./ 0 Pat.	53,5±18,3	-	-	-	-	-	0 Aug./ 0 Pat.	0 Aug./ 0 Pat.	1 Aug./ 1 Pat.	1 Aug./ 1 Pat.	0 Aug./ 0 Pat.
Diagnose: DG	0 Aug./ 0 Pat.	5 Aug./ 4 Pat.	71,3±3,2	-	-	-	-	-	0 Aug./ 0 Pat.	2 Aug./ 2 Pat.	0 Aug./ 0 Pat.	2 Aug./ 2 Pat.	0 Aug./ 0 Pat.
Vor-OP: ALT	1 Aug./ 1 Pat.	2 Aug./ 2 Pat.	71,7±5,5	1 Aug./ 1 Pat.	0 Aug./ 0 Pat.	2 Aug./ 2 Pat.	0 Aug./ 0 Pat.	0 Aug./ 0 Pat.	-	-	-	-	-
Vor-OP: SLT	5 Aug./ 5 Pat.	6 Aug./ 5 Pat.	68,1±7,3	3 Aug./ 3 Pat.	2 Aug./ 2 Pat.	3 Aug./ 2 Pat.	0 Aug./ 0 Pat.	2 Aug./ 2 Pat.	-	-	-	-	-
Vor-OP: Bas-IO	2 Aug./ 2 Pat.	2 Aug./ 2 Pat.	57,0±19,5	0 Aug./ 0 Pat.	2 Aug./ 2 Pat.	1 Aug./ 1 Pat.	1 Aug./ 1 Pat.	0 Aug./ 0 Pat.	-	-	-	-	-
Vor-OP: TE + Mito	4 Aug./ 4 Pat.	4 Aug./ 4 Pat.	61,1±14,3	2 Aug./ 2 Pat.	0 Aug./ 0 Pat.	2 Aug./ 2 Pat.	1 Aug./ 1 Pat.	2 Aug./ 2 Pat.	-	-	-	-	-
Vor-OP: ZPK	1 Aug./ 1 Pat.	0 Aug./ 0 Pat.	54,0	0 Aug./ 0 Pat.	0 Aug./ 0 Pat.	0 Aug./ 0 Pat.	0 Aug./ 0 Pat.	0 Aug./ 0 Pat.	-	-	-	-	-

(PEXG = Pseudoexfoliationsglaukom, EWG = Engwinkelglaukom, POWG = primäres Offenwinkelglaukom, PDG = Pigmentdispersionsglaukom, DG = dysgenetisches Glaukom, Vor-OP = vorangegangene Operationen, ALT = Argonlasertrabekuloplastik, SLT = selektive Lasertrabekuloplastik, Bas-IO = basale Iridektomie, TE + Mito = Trabekulektomie mit Mitomycin C, ZPK = Zyklphotokoagulation, Aug. = Augen, Pat. = Patienten)

**Tabelle 2.** Gegenüberstellung diagnostizierter Glaukomformen, vorangegangener Operationen, Alter und Geschlecht der Augen/Patienten

## **4.2. Ergebnisse der Operation**

### **4.2.1. Operation unter lokaler oder allgemeiner Anästhesie**

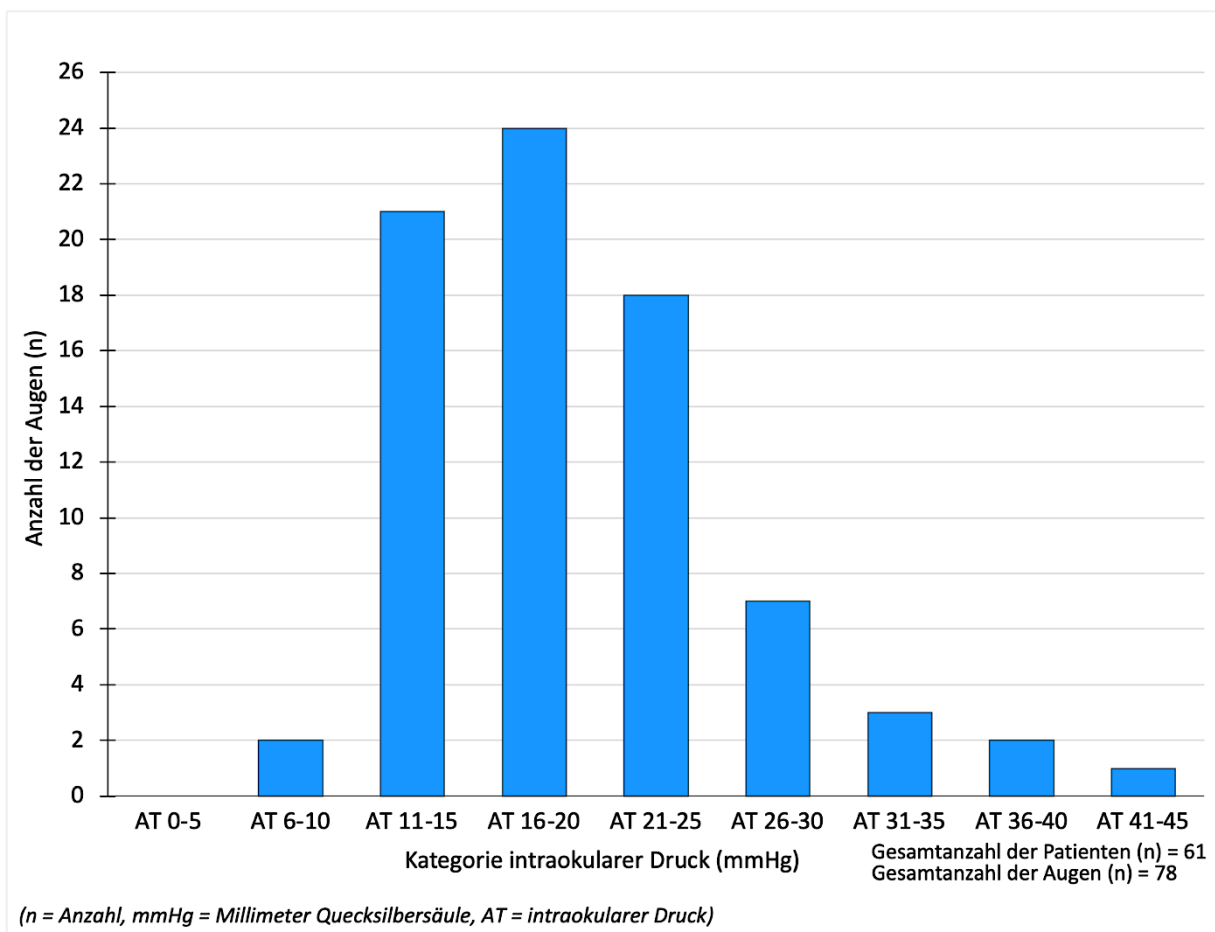
Die Phako-Kahook-Trabekulotomie wurde sowohl unter Lokalanästhesie (LA), als auch unter Allgemeinanästhesie (GA) durchgeführt. Die meisten Augen/Patienten wurden unter LA operiert (n=60 Augen/ n=46 Patienten (75,4%)). Bei n=18 Augen/ n=15 Patienten (24,6%) erfolgte die Operation unter GA.

### **4.2.2. Präoperativer intraokularer Druck**

Der intraokulare Druck der Augen/Patienten wurde am letzten präoperativen Tag gemessen und entsprechend dokumentiert (s. Abbildung 1a). Die Auswertung ergab einen mittleren intraokularen Druck von  $19,7 \pm 6,7$  mmHg am letzten präoperativen Tag (s. Abbildung 1I und Tabelle 3). Der maximal gemessene intraokulare Druck lag am letzten präoperativen Tag bei 42,0 mmHg (s. Abbildung 1I und Tabelle 3). Das Minimum betrug 10,0 mmHg (s. Abbildung 1I und Tabelle 3). Der Median ergab 18,5 mmHg (s. Abbildung 1I und Tabelle 3).

Die Ergebnisse der am letzten präoperativen Tag durchgeführten Messungen des intraokularen Drucks sind Abbildung 1a, 1I und Tabelle 3 zu entnehmen.

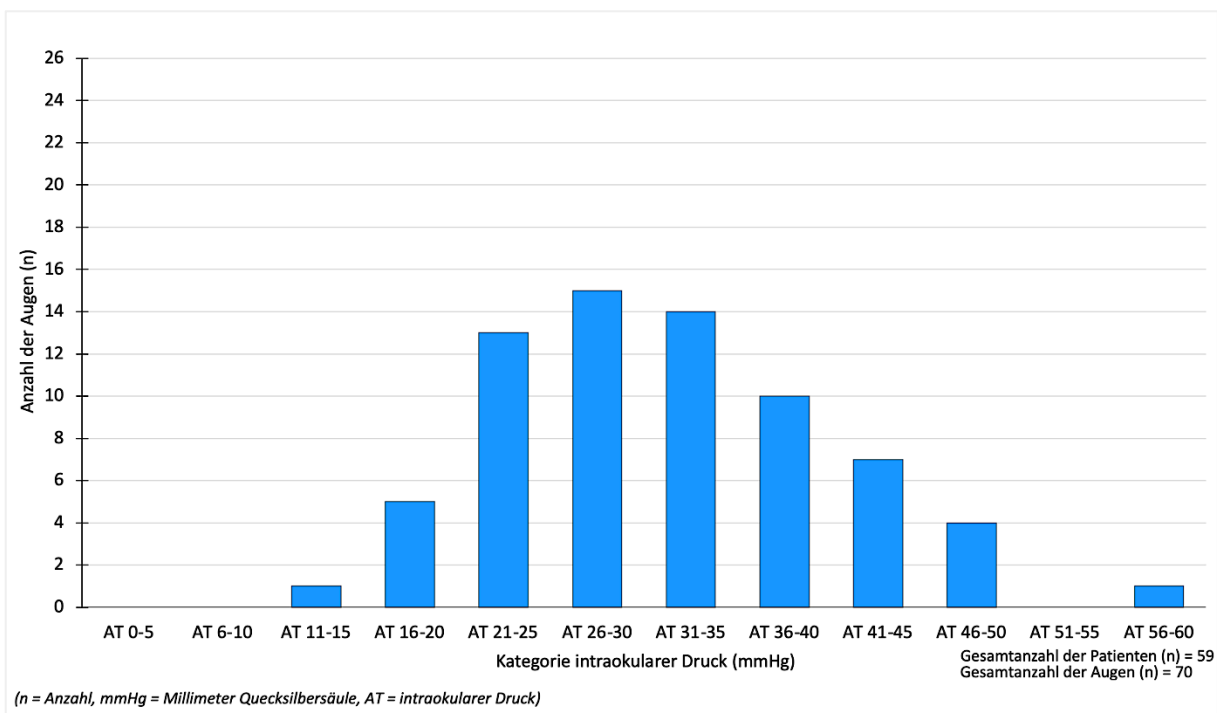
Betrachtet man lediglich den maximal gemessenen intraokularen Druck im Zeitraum von der Glaukomdiagnosestellung bis zum operativen Eingriff, lag der Mittelwert bei  $32,1 \pm 9,1$  mmHg. Die maximal gemessenen Druckwerte im Zeitraum von der Glaukomdiagnosestellung bis zur Operation werden in Abbildung 1b veranschaulicht.



**Abbildung 1a.** Verteilung der präoperativen Werte des intraokularen Drucks in diskrete Druckkategorien (in mmHg)

Die folgenden Werte beziehen sich auf die Messungen des intraokularen Drucks des letzten präoperativen Tages vor der Phako-Kahook-Trabekulotomie. Der intraokulare Druck wurde sowohl unter lokaler und systemischer Medikation als auch ohne medikamentöse Glaukomtherapie gemessen.

Bei n=21 Augen/ n=18 Patienten (29,5%) lagen die intraokularen Druckwerte zwischen 11,0 und 15,0 mmHg. Ein intraokularer Druck von über 25,0 mmHg wurde lediglich bei n=13 Augen/ n=12 Patienten (19,7%) festgestellt, wobei n=6 Augen/ n=6 Patienten (9,8%) einen Wert über 30,0 mmHg aufwiesen.



**Abbildung 1b.** Verteilung der maximal gemessenen präoperativen Werte des intraokularen Drucks von der Indikationsstellung bis zur Operation in diskrete Druckkategorien (in mmHg)

Die präoperativ maximal gemessenen Werte des intraokularen Drucks konnten bei n=70 Augen/ n=59 Patienten (96,7%) dokumentiert werden. Bei den meisten Augen/Patienten lag der präoperative Maximalwert über 30,0 mmHg. Maximal gemessene Druckwerte unter 21,0 mmHg konnten lediglich bei n=6 Augen/ n=5 Patienten (8,2%) festgestellt werden. Bei n=12 Augen/ n=12 Patienten (19,7%) wurde präoperativ ein Maximalwert über 40,0 mmHg gemessen.

### 4.2.3. Veränderung des intraokularen Drucks über die Zeit

Die Abbildungen 1c-j stellen die intraokularen Druckwerte der Augen/Patienten zu den jeweiligen, postoperativen Untersuchungszeitpunkten kategorisch dar. Der intraokulare Druck in mmHg im zeitlichen Verlauf ist in Abbildung 1l als Boxplot dargestellt, während Tabelle 3 die zugehörigen deskriptiven Statistiken zu den jeweiligen Kontrolluntersuchungen zusammenfasst.

Die postoperativen intraokularen Druckwerte waren zu allen Untersuchungszeitpunkten nicht normalverteilt, wie die Ergebnisse des Shapiro-Wilk-Tests belegten ( $p$  jeweils  $<0,05$ ).

Somit wurde der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test, als nicht-parametrisches Testverfahren, eingesetzt, um zu überprüfen, ob sich der intraokulare Druck zwischen den Untersuchungszeitpunkten signifikant verändert hat.

Aufgrund wiederholter Testdurchführungen wurde zur Kontrolle der  $\alpha$ -Fehler-Kumulierung die Bonferroni-Korrektur angewendet. Bei signifikanten Testergebnissen unter Berücksichtigung der Bonferroni-Korrektur, wurde zusätzlich die Effektstärke bestimmt, um zu beurteilen, wie groß bzw. stark der Unterschied zwischen den jeweiligen Messzeitpunkten gewesen ist.

Bereits ab dem ersten postoperativen Tag zeigte sich eine signifikante Senkung des intraokularen Drucks im Vergleich zum präoperativen Ausgangswert, basierend auf dem Ergebnis des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests und unter Berücksichtigung der Bonferroni-Korrektur ( $Z=-4,495$ ;  $p<0,001$ ;  $r=0,365$ ).

Im Mittelwert betrug der intraokulare Druck am ersten postoperativen Tag  $15,1\pm 6,7$  mmHg, was einer Senkung von 23,4%, verglichen zum präoperativen Mittelwert, entspricht (s. Abbildung 1l und Tabelle 3). Bei den meisten Augen/Patienten lag der intraokulare Druck am ersten postoperativen Tag in einem Bereich zwischen 11,0 und 15,0 mmHg (39,3%;  $n=26$  Augen/  $n=24$  Patienten) (s. Abbildung 1c). Intraokulare Druckwerte über 20,0 mmHg wurden bei  $n=11$  Augen/  $n=10$  Patienten (16,4%) erfasst, wobei  $n=2$  Augen/  $n=2$  Patienten (3,3%) Werte über 30,0 mmHg aufzeigten (s. Abbildung 1c).

Der intraokulare Druck veränderte sich am zweiten postoperativen Tag im Vergleich zum Vortag nicht signifikant ( $Z=-1,634$ ;  $p=0,102$ ). Bei beiden Augen/Patienten ließ sich der am ersten postoperativen Tag über 30,0 mmHg liegende intraokulare Druck erfolgreich unter 30,0 mmHg senken. Ein intraokularer Druck über 20,0 mmHg konnte bei  $n=4$  Augen/  $n=4$  Patienten (6,6%) gemessen werden.

Ab der ersten postoperativen Woche ließ sich keine signifikante Veränderung des intraokularen Drucks feststellen ( $Z=-1,211$ ;  $p=0,226$ ). Bei  $n=4$  Augen/  $n=4$  Patienten (6,6%) wurden intraokulare Druckwerte zwischen 21,0 und 25,0 mmHg gemessen (s. Abbildung 1e). Der intraokulare Druck erhöhte sich bei  $n=2$  Augen/  $n=2$  Patienten (3,3%) auf 30,0 bzw. 40,0 mmHg (s. Abbildung 1e).

Im Verlauf des ersten postoperativen Monats zeigte sich keine signifikante Veränderung des intraokularen Drucks, unter Berücksichtigung der Bonferroni-Korrektur ( $Z=-2,232$ ;  $p=0,026$ ). Bei den meisten Augen/Patienten lag der intraokulare Druck zwischen 11,0 und 15,0 mmHg (24,6%;  $n=15$  Augen/  $n=15$  Patienten) (s. Abbildung 1f). Bei keinem Auge/Patient konnte ein intraokularer Druck über 25,0 mmHg festgestellt werden (s. Abbildung 1f). Ein Druckanstieg von 10,0 bzw. 12,0 mmHg auf 24,0 mmHg war bei  $n=2$  Augen/  $n=2$  Patienten (3,3%) auffällig. Zwischen dem ersten und dritten postoperativen Monat veränderte sich der intraokulare Druck nicht signifikant ( $Z=-1,592$ ;  $p=0,111$ ). Am häufigsten lagen die Messwerte des intraokularen Drucks zwischen 11,0 und 15,0 mmHg (32,8%;  $n=20$  Augen/  $n=20$  Patienten) (s. Abbildung 1g). Lediglich bei  $n=3$  Augen/  $n=3$  Patienten (4,9%) wurden intraokulare Druckwerte über 20,0 mmHg gemessen, wobei  $n=1$  Auge/  $n=1$  Patient (1,6%) einen intraokularen Druck von 26,0 mmHg zeigte (s. Abbildung 1g).

Der intraokulare Druck blieb zwischen dem dritten und sechsten postoperativen Monat im Vergleich zu den vorangegangenen Kontrolluntersuchungszeitpunkten weitgehend konstant, ein signifikanter Unterschied konnte nicht festgestellt werden ( $Z=-1,778$ ;  $p=0,075$ ).

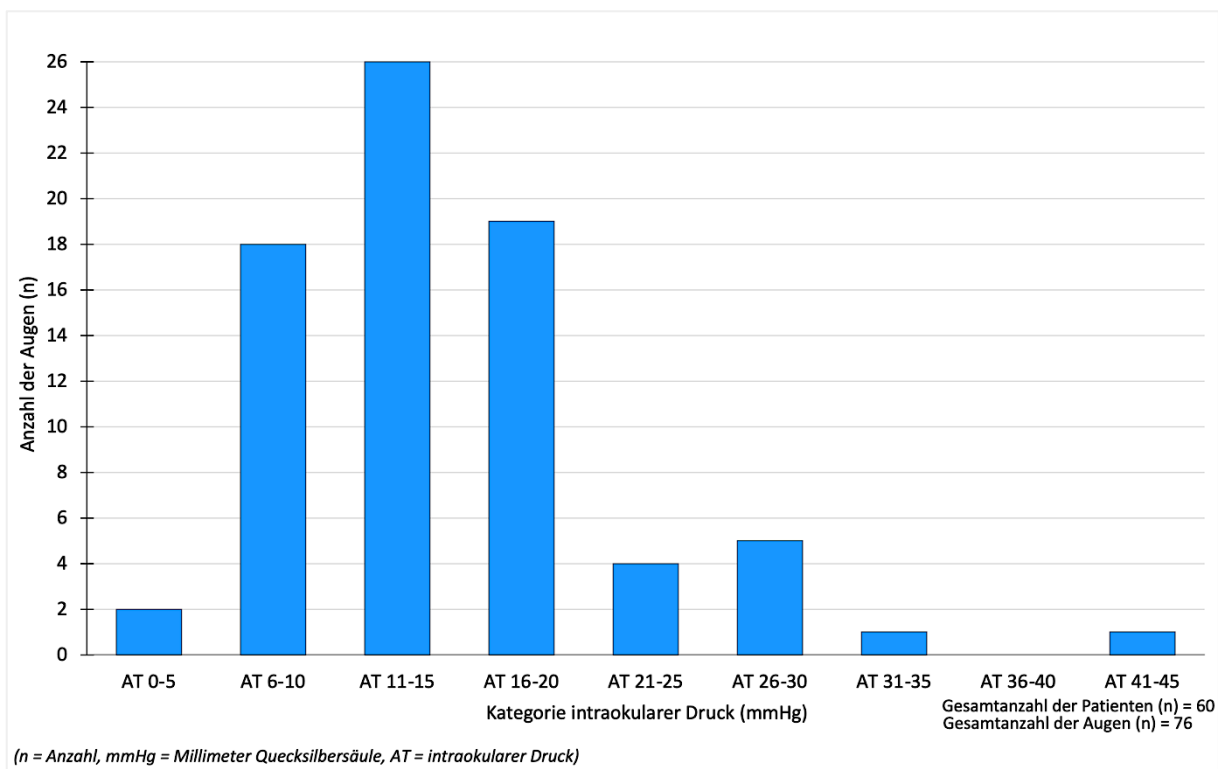
Der mittlere intraokulare Druck betrug  $14,1\pm 4,8$  mmHg, wobei die intraokularen Druckwerte bei den meisten Augen/Patienten zwischen 11,0 und 15,0 mmHg lagen (18,0%;  $n=11$  Augen/  $n=11$  Patienten) (s. Abbildung 1h, 1l und Tabelle 3). Auffallend ist, dass der intraokulare Druck bei  $n=2$  Augen/  $n=2$  Patienten (3,3%) auf 27,0 bzw. 28,0 mmHg gestiegen ist (s. Abbildung 1h).

Zwischen dem sechsten und vierundzwanzigsten postoperativen Monat zeigte sich keine signifikante Veränderung des intraokularen Drucks ( $Z=-1,011$ ;  $p=0,312$ ). Bei lediglich  $n=32$  Augen/  $n=26$  Patienten (42,6%) wurden intraokulare Druckwerte gemessen (s. Tabelle 1 und Abbildung 1i). Im Mittelwert lag der intraokulare Druck bei  $14,3\pm 4,3$  mmHg, wobei nur  $n=3$  Augen/  $n=3$  Patienten (4,9%) Druckwerte über 20,0 mmHg aufwiesen (s. Abbildung 1i, 1l und Tabelle 3).

Neben den Werten des intraokularen Drucks zu jedem Kontrolluntersuchungszeitpunkt wurden die letzten verfügbaren Messwerte eines jeden Auges/Patienten dokumentiert (s. Abbildung 1j). Zusätzlich wurden die Werte graphisch im Vergleich zu den präoperativen Werten des intraokularen Drucks dargestellt (s. Abbildung 1k).

Die intraokularen Druckwerte der letzten postoperativen Messung unterschieden sich im Vergleich zu den präoperativen Messwerten, auch unter Berücksichtigung der Bonferroni-Korrektur, signifikant ( $Z=-5,431$ ;  $p<0,001$ ;  $r=0,435$ ).

Im präoperativen Vergleich konnte der intraokulare Druck bei  $n=59$  Augen/  $n=47$  Patienten (77,0%) verbessert werden. Bei  $n=4$  Augen/  $n=4$  Patienten (6,6%) blieb der intraokulare Druck konstant, bei  $n=15$  Augen/  $n=15$  Patienten (24,6%) stieg er postoperativ an.



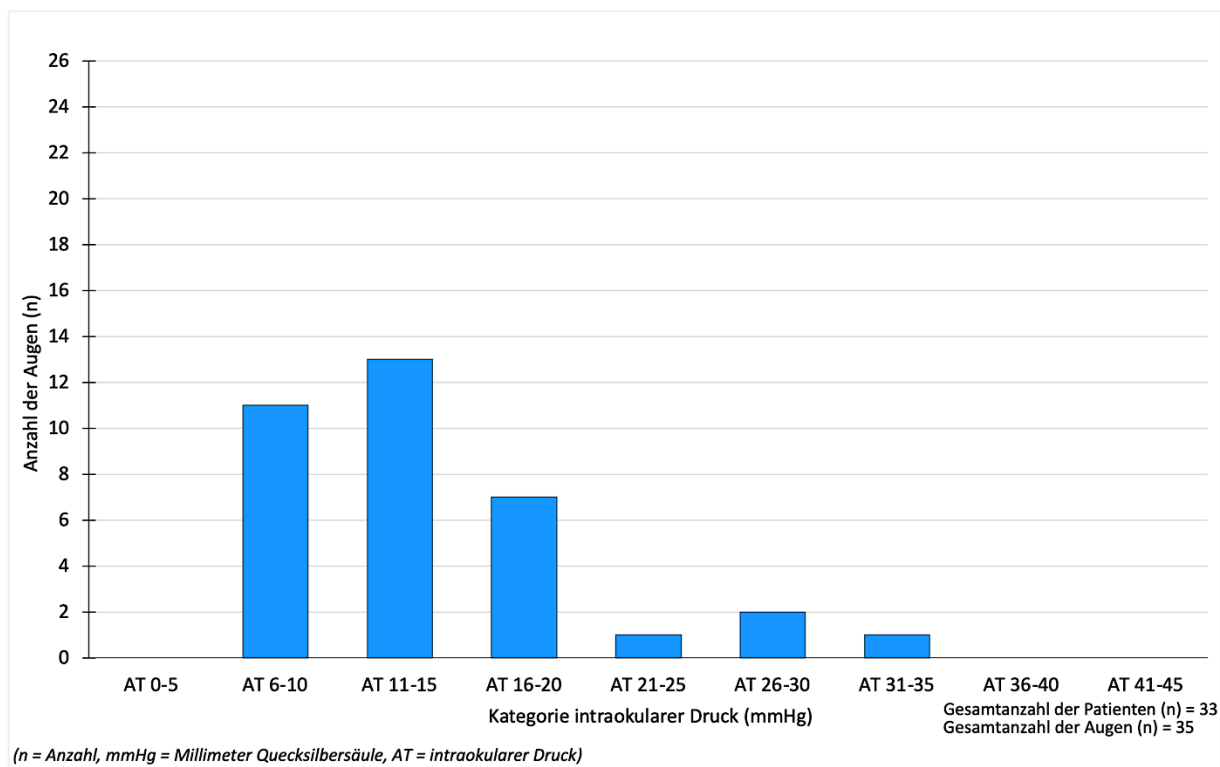
**Abbildung 1c.** Verteilung der intraokularen Druckwerte am ersten postoperativen Tag in diskrete Druckkategorien (in mmHg)

Am ersten postoperativen Tag wurde der intraokulare Druck bei n=76 Augen/ n=60 Patienten (98,4%) mit oder ohne Antiglaukomatosa erhoben.

Bei den meisten Augen/Patienten (39,3%; n=26 Augen/ n=24 Patienten) lag der intraokulare Druck in einem Bereich zwischen 11,0 und 15,0 mmHg.

Intraokulare Druckwerte zwischen 6,0 und 20,0 mmHg wurden bei n=63 Augen/ n=51 Patienten (83,6 %) gemessen.

Bei lediglich n=11 Augen/ n=10 Patienten (16,4%) wurden Messwerte über 20,0 mmHg festgestellt. Ein intraokularer Druck zwischen 0,0 und 5,0 mmHg sowie von über 30,0 mmHg konnte nur bei jeweils n=2 Augen/ n=2 Patienten (3,3%) dokumentiert werden.

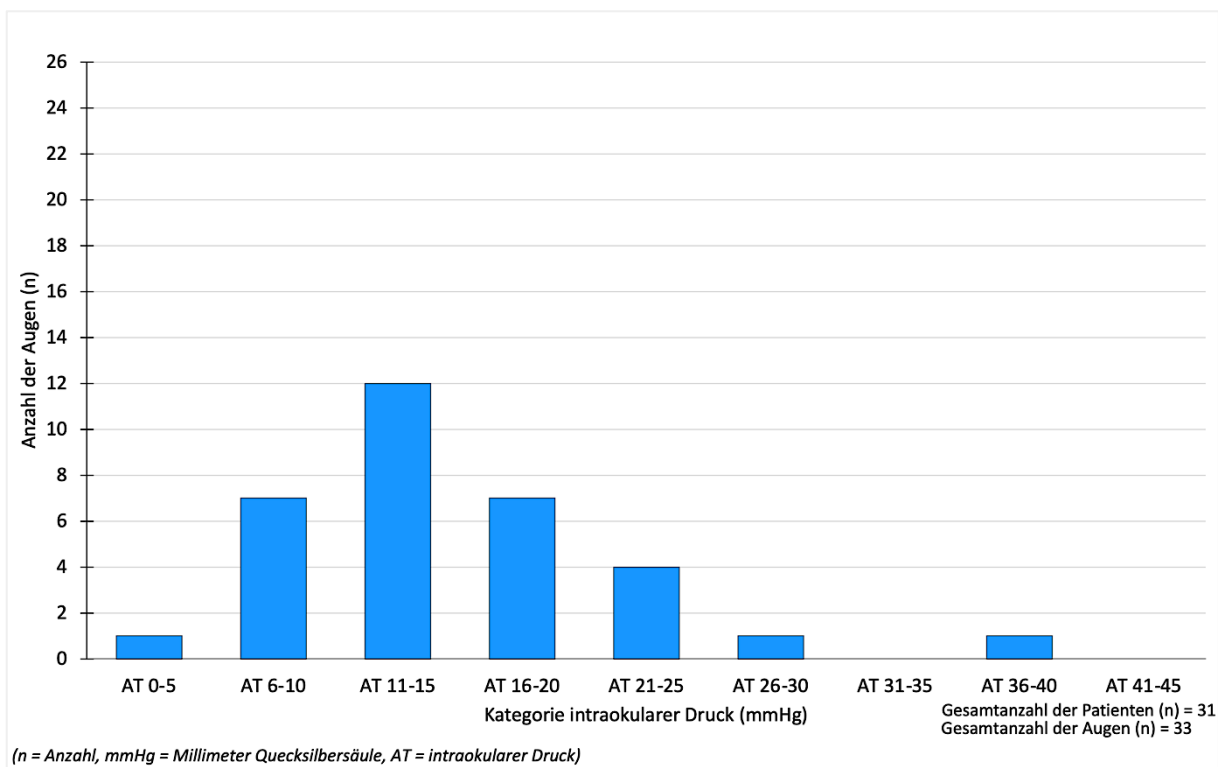


**Abbildung 1d.** Verteilung der intraokularen Druckwerte am zweiten postoperativen Tag in diskrete Druckkategorien (in mmHg)

Messungen des intraokularen Drucks wurden am zweiten postoperativen Tag bei n=35 Augen/ n=33 Patienten (54,1%) mit oder ohne antiglaukomatöser Therapie durchgeführt.

In den meisten Fällen (37,7%; n=24 Augen/ n=23 Patienten) wurde der intraokulare Druck in einem Bereich zwischen 6,0 und 15,0 mmHg ermittelt.

Bei lediglich n=4 Augen/ n=4 Patienten (6,6%) wurden Druckwerte über 20,0 mmHg gemessen, wobei n=1 Auge/ n=1 Patient (1,6%) einen intraokularen Druck von über 30,0 mmHg zeigte. Bei keiner der Augen/Patienten wurde ein intraokularer Druck in einem Bereich zwischen 0,0 und 5,0 mmHg gemessen.



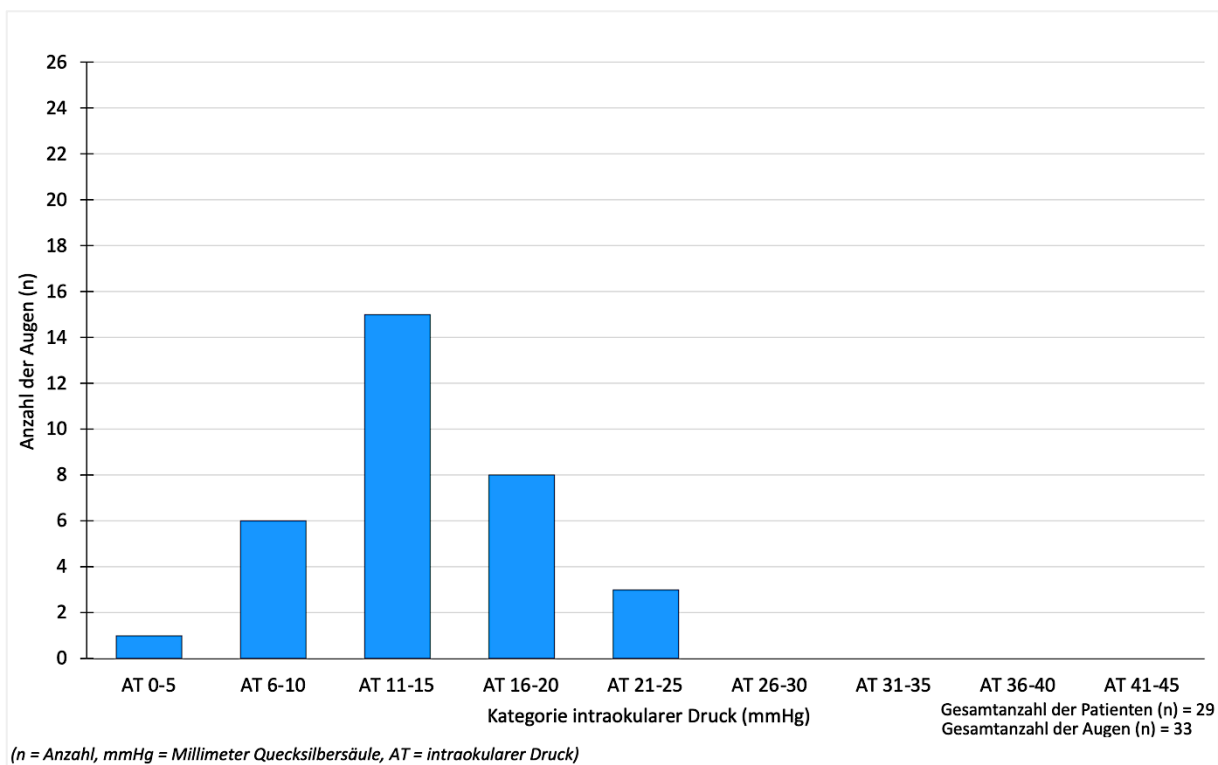
**Abbildung 1e.** Verteilung der intraokularen Druckwerte ab der ersten postoperativen Woche in diskrete Druckkategorien (in mmHg)

Die intraokularen Druckwerte konnten ab der ersten postoperativen Woche bei n=33 Augen/ n=31 Patienten (50,8%) dokumentiert werden.

Die Messungen wurden mit oder ohne Medikation im Rahmen der Glaukomtherapie durchgeführt.

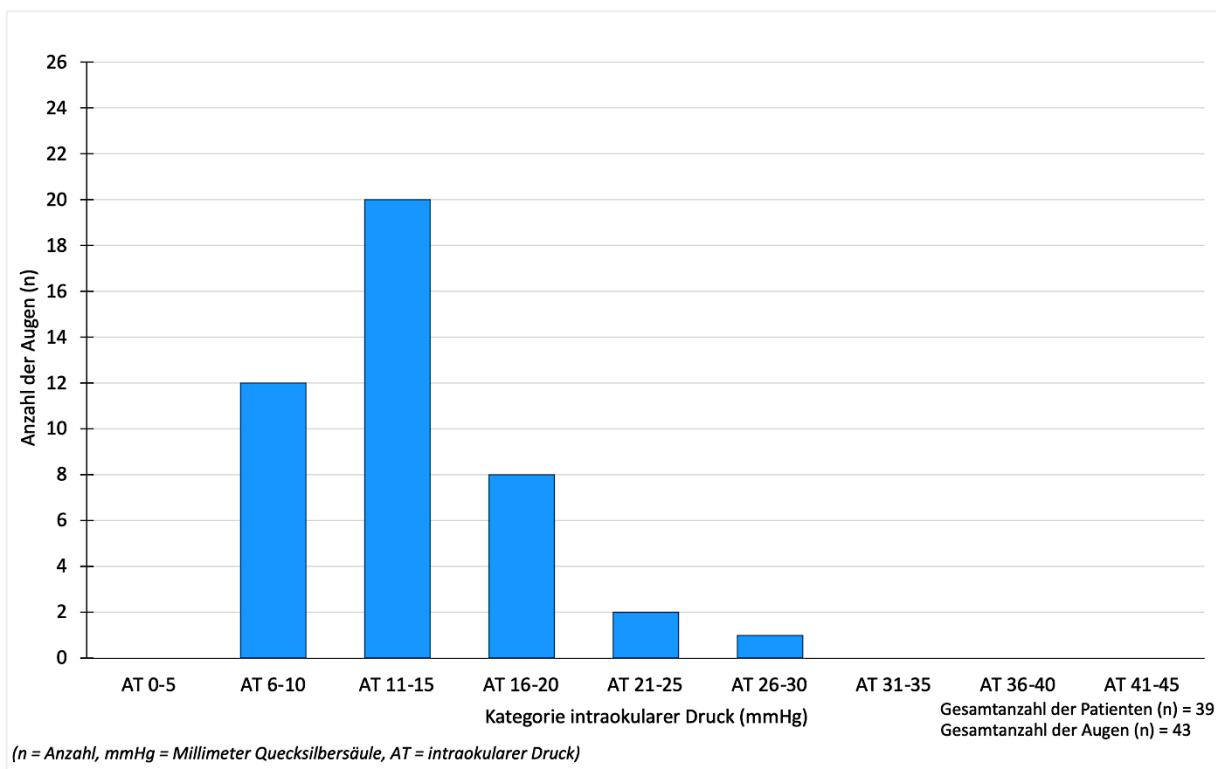
Bei den meisten Augen/Patienten (18,0%; n=12 Augen/ n=11 Patienten) lag der intraokulare Druck zwischen 11,0 und 15,0 mmHg. Die Anzahl der Augen/Patienten mit einem intraokularen Druck unter 11,0 mmHg ist im Vergleich zum ersten und zweiten postoperativen Tag geringfügig gesunken.

Intraokulare Druckwerte zwischen 26,0 und 30,0 mmHg wurden tendenziell in geringerer Zahl dokumentiert. Allerdings stieg der intraokulare Druck bei n=1 Auge/ n=1 Patient (1,6%) von 18,0 mmHg am ersten postoperativen Tag auf 40,0 mmHg ab der ersten postoperativen Woche.



**Abbildung 1f.** Verteilung der intraokularen Druckwerte im Verlauf des ersten postoperativen Monats in diskrete Druckkategorien (in mmHg)

Im Verlauf des ersten postoperativen Monats konnten die intraokularen Druckwerte von n=33 Augen/ n=29 Patienten (47,5%) mit oder ohne drucksenkende Medikation erfasst werden. Der intraokulare Druck wurde in den meisten Fällen in einem Bereich zwischen 11,0 und 15,0 mmHg gemessen (24,6%; n=15 Augen/ n=15 Patienten). Bei n=11 Augen/ n=11 Patienten (18,0%) wurden intraokulare Druckwerte über 15,0 mmHg dokumentiert. Im Vergleich zu vorangegangenen Kontrolluntersuchungen, konnte bei keinem Auge/Patienten im Verlauf des ersten postoperativen Monats ein intraokularer Druck über 25,0 mmHg nachgewiesen werden.



**Abbildung 1g.** Verteilung der intraokularen Druckwerte zwischen dem ersten und dritten postoperativen Monat in diskrete Druckkategorien (in mmHg)

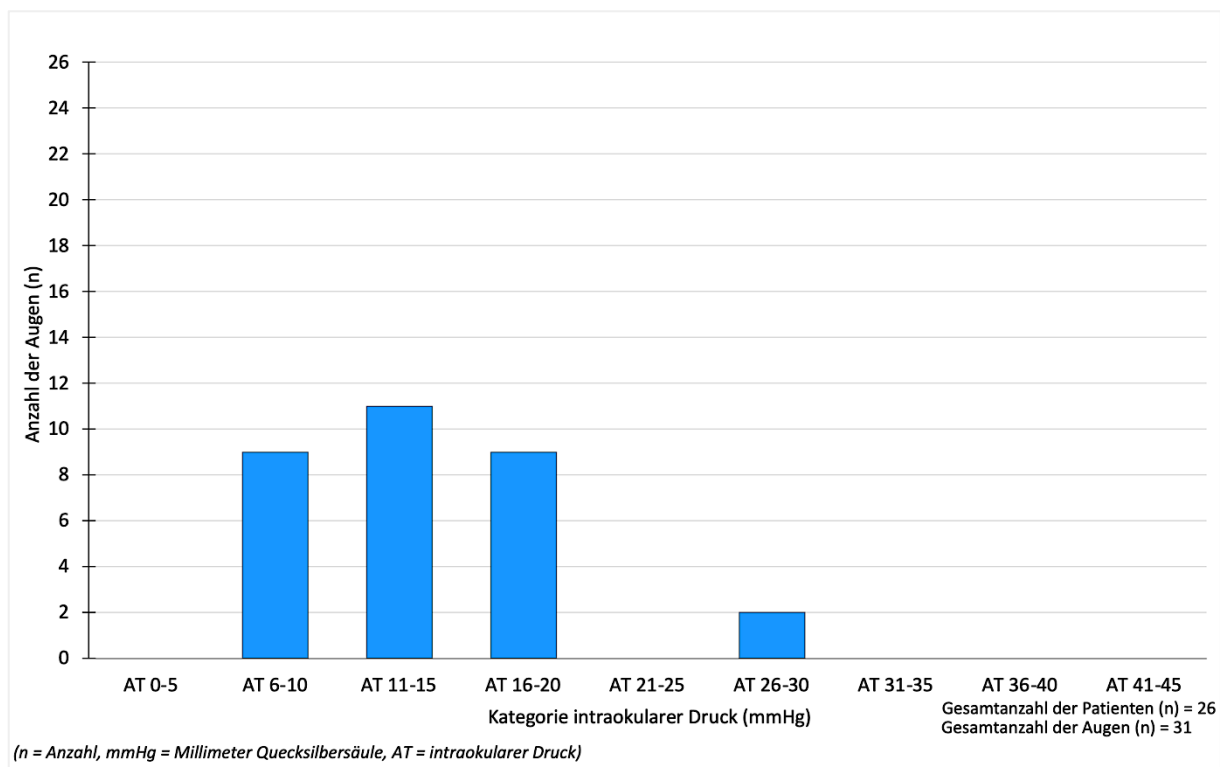
Der intraokulare Druck konnte zwischen dem ersten und dritten postoperativen Monat bei n=43 Augen/ n=39 Patienten (63,9%) dokumentiert werden. Die Messungen erfolgten mit oder ohne antiglaukomatöser Therapie.

Am häufigsten lag der intraokulare Druck in einem Bereich zwischen 11,0 und 15,0 mmHg (32,8%; n=20 Augen/ n=20 Patienten). Vergleichbare Messungen wurden im Verlauf des ersten postoperativen Monats erfasst.

Die Anzahl der Augen/Patienten mit einem intraokularen Druck zwischen 16,0 und 20,0 mmHg blieb im Vergleich zur vorherigen Kontrolluntersuchung unverändert (13,1%; n=8 Augen/ n=8 Patienten).

Bei n=3 Augen/ n=3 Patienten (4,9%) lag der intraokulare Druck über 20,0 mmHg, wobei n=1 Auge/ n=1 Patient (1,6%) einen intraokularen Druck von 26,0 mmHg aufwies.

Verglichen zur vorangegangenen Kontrolluntersuchung, ist die Anzahl der Augen/Patienten mit einem intraokularen Druck zwischen 6,0 und 10,0 mmHg auf n=12 Augen/ n=12 Patienten (19,7%) gestiegen. Intraokulare Druckwerte unter 6,0 mmHg konnten bei keinem Auge/Patienten festgestellt werden.

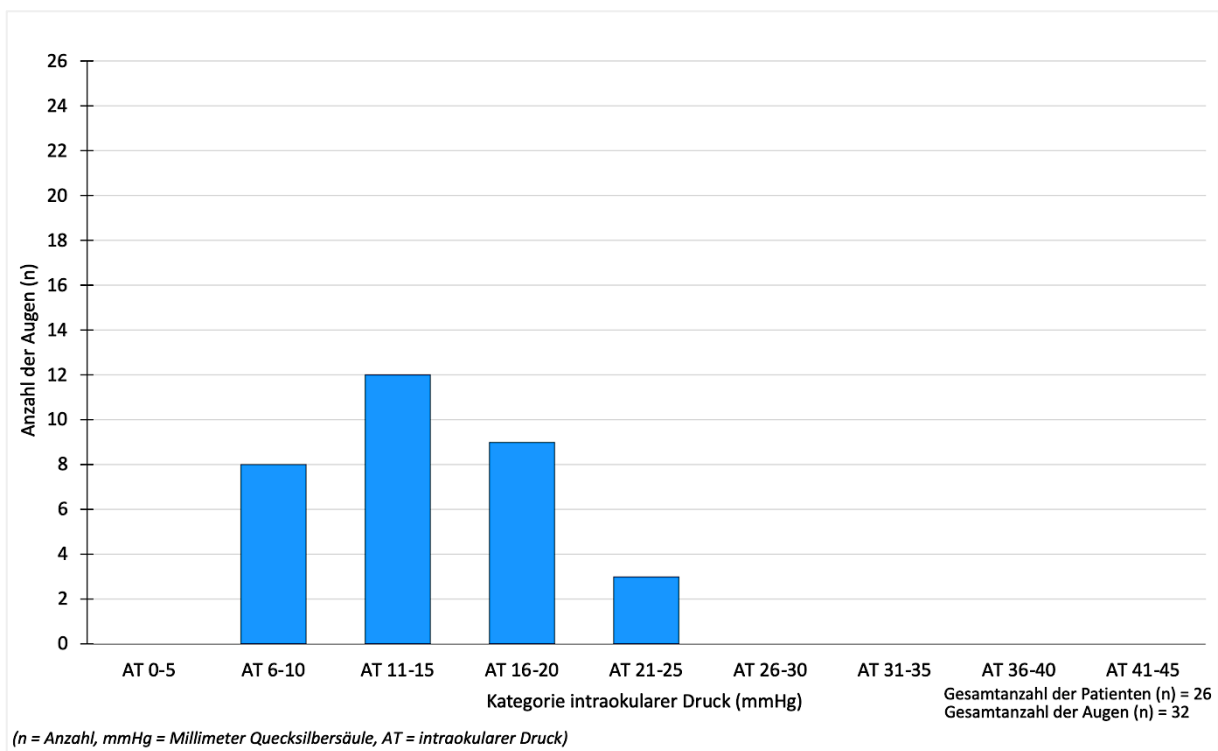


**Abbildung 1h.** Verteilung der intraokularen Druckwerte zwischen dem dritten und sechsten postoperativen Monat in diskrete Druckkategorien (in mmHg)

Zwischen dem dritten und sechsten postoperativen Monat konnten die intraokularen Druckwerte mit oder ohne drucksenkende Medikation bei n=31 Augen/ n=26 Patienten (42,6%) erfasst werden.

Wie bereits vorangegangene Nachuntersuchungen dokumentierten, lag der intraokulare Druck bei den meisten Augen/Patienten zwischen 11,0 und 15,0 mmHg (18,0%; n=11 Augen/ n=11 Patienten). Intraokulare Druckwerte unter 11,0 mmHg und über 15,0 mmHg wurden bei einer vergleichbaren Anzahl von Augen/Patienten wie bei den vorherigen Kontrolluntersuchungen gemessen.

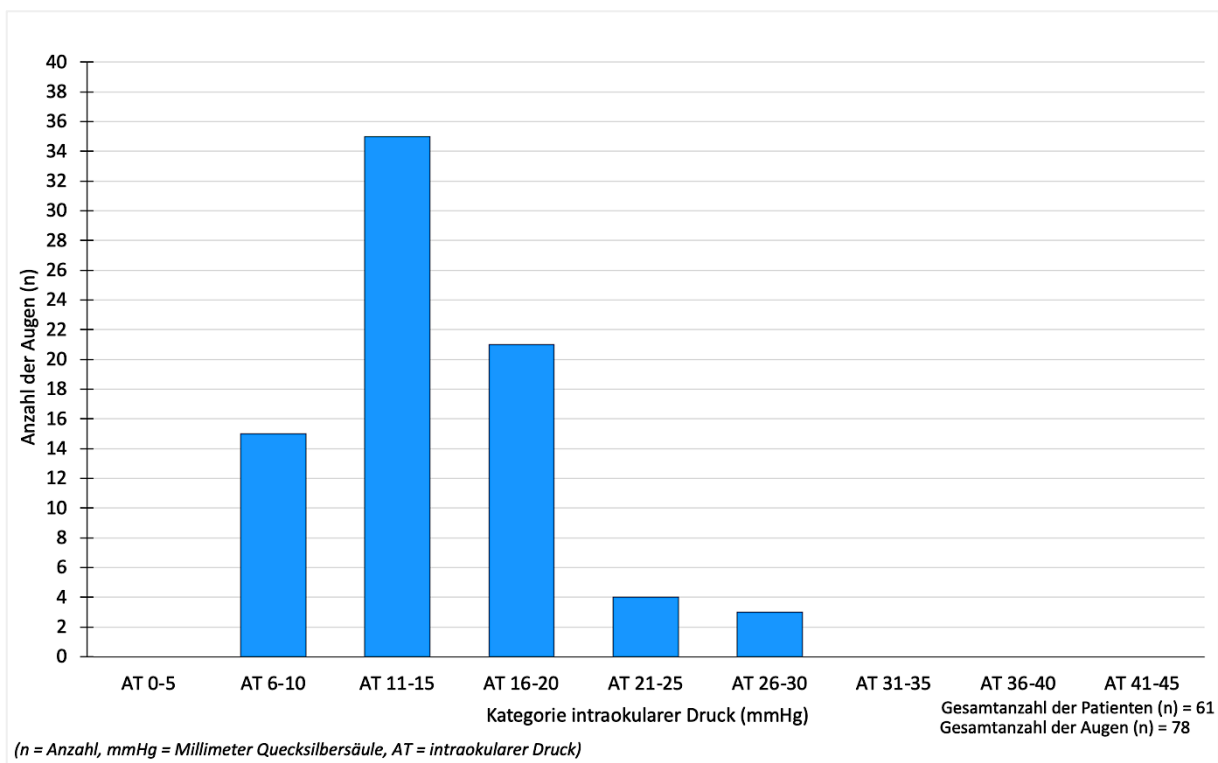
Allerdings wurde bei n=2 Augen/ n=2 Patienten (3,3%) ein intraokularer Druck von 27,0 bzw. 28,0 mmHg festgestellt.



**Abbildung 1i.** Verteilung der intraokularen Druckwerte zwischen dem sechsten und vierundzwanzigsten postoperativen Monat in diskrete Druckkategorien (in mmHg)

Der intraokulare Druck konnte ab dem sechsten postoperativen Monat bei n=32 Augen/ n=26 Patienten (42,6%) dokumentiert werden. Die Druckmessungen wurden mit oder ohne drucksenkende Medikation durchgeführt.

In den meisten Fällen wurden intraokulare Druckwerte zwischen 11,0 und 15,0 mmHg erfasst, was den Messergebnissen vorheriger Kontrolluntersuchungen entspricht (18,0%; n=12 Augen/ n=11 Patienten). Bei n=3 Augen/ n=3 Patienten (4,9%) stieg der intraokulare Druck über 20,0 mmHg. Intraokulare Druckwerte zwischen 6,0 und 10,0 mmHg wurden bei n=8 Augen/ n=7 Patienten (11,5%) gemessen.

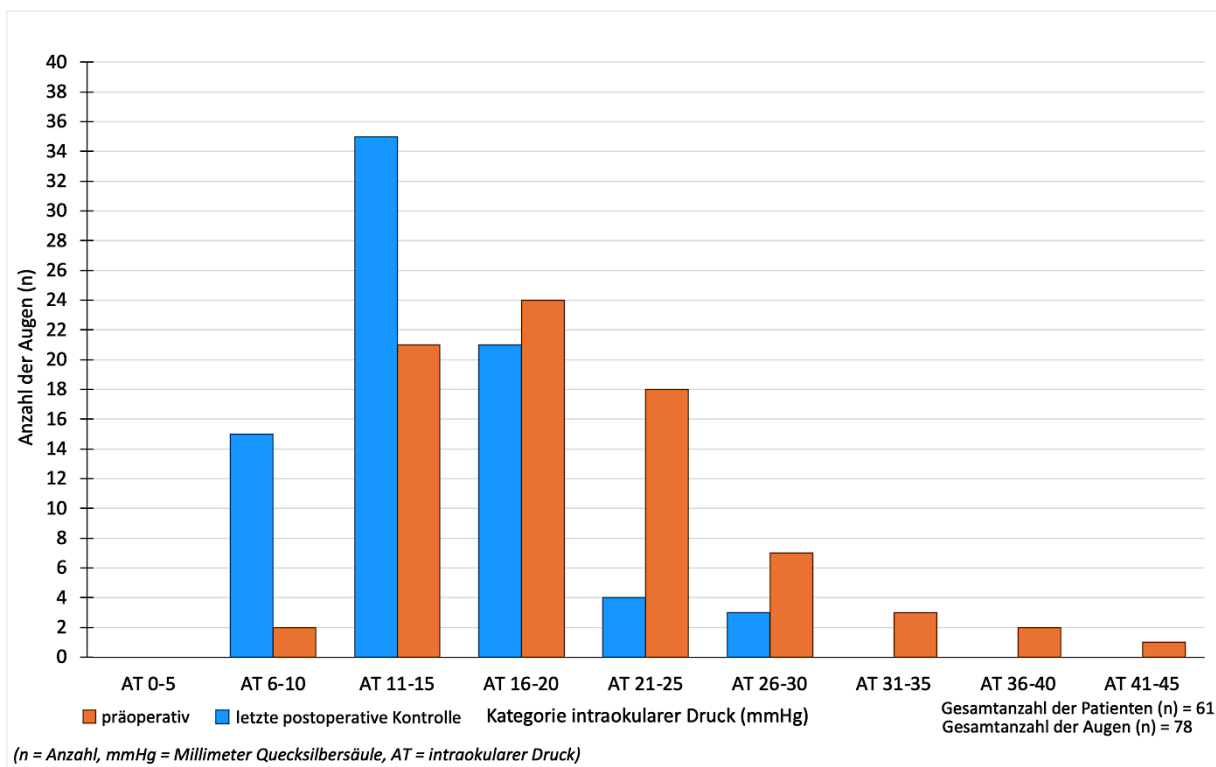


**Abbildung 1j.** Verteilung der intraokularen Druckwerte zum Zeitpunkt der letzten postoperativen Kontrolle in diskrete Druckkategorien (in mmHg)

Dokumentation der intraokularen Druckwerte von n=78 Augen/ n=61 Patienten zum Zeitpunkt der letzten postoperativen Kontrolle mit oder ohne antiglaukomatöser Therapie.

Bei den meisten Augen/Patienten (52,5%; n=35 Augen/ n=32 Patienten) wurde zum Zeitpunkt der letzten postoperativen Kontrolle ein intraokularer Druck zwischen 11,0 und 15,0 mmHg gemessen.

Intraokulare Druckwerte zwischen 16,0 und 20,0 mmHg wurden bei n=21 Augen/ n=19 Patienten (31,1%) erfasst. Ein intraokularer Druck über 20,0 mmHg konnte bei n=7 Augen/ n=7 Patienten (11,5%) nachgewiesen werden. Bei keinem Auge/Patienten lag der intraokulare Druck zum Zeitpunkt der letzten postoperativen Kontrolle unter 7,0 und über 28,0 mmHg.



**Abbildung 1k.** Verteilung der intraokularen Druckwerte zum Zeitpunkt der letzten postoperativen Kontrolle im präoperativen Vergleich in diskrete Druckkategorien (in mmHg)

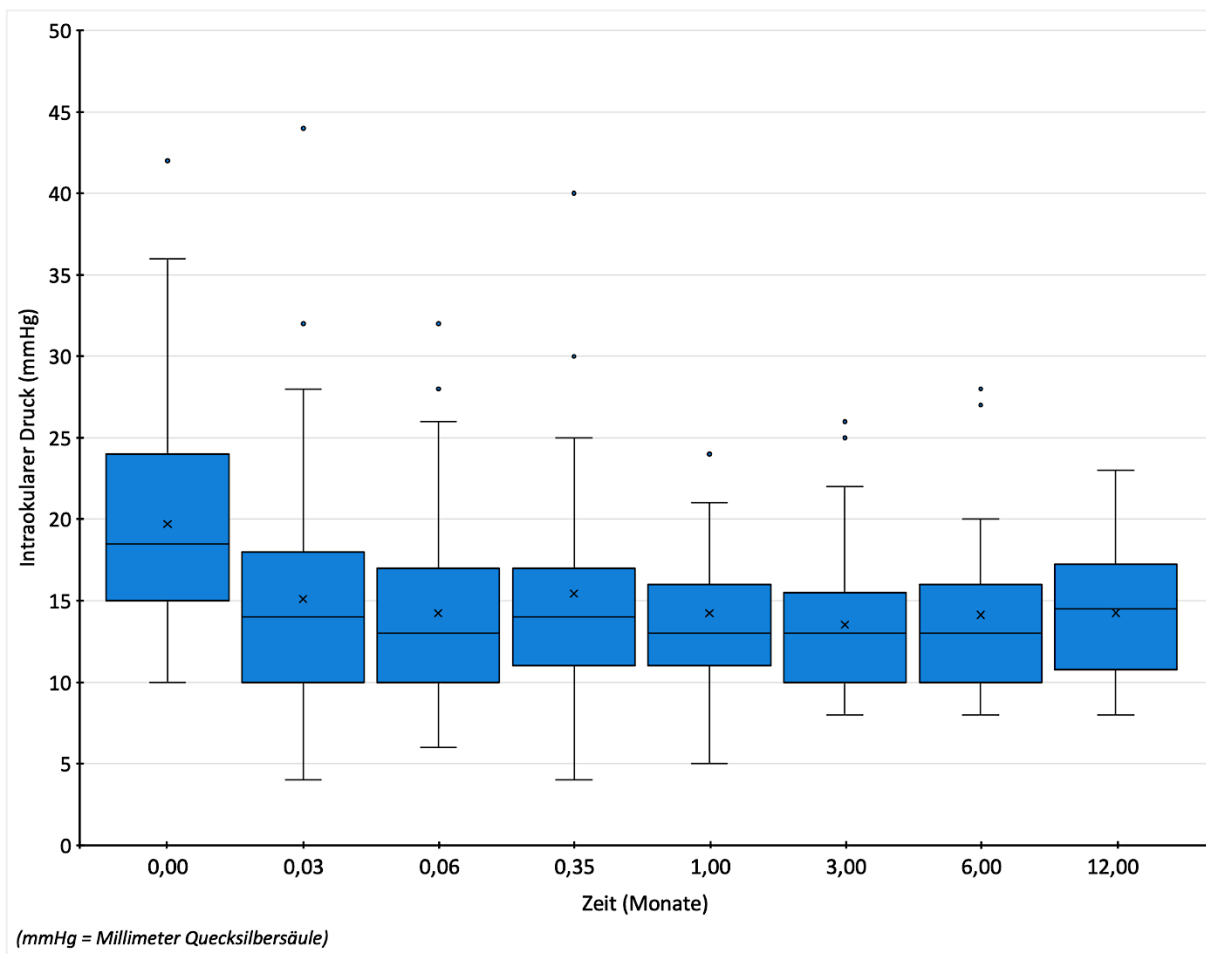
Die intraokularen Druckwerte lagen präoperativ, verglichen zur letzten postoperativen Kontrolle, in hohen Bereichen von teilweise über 30,0 mmHg.

Am häufigsten wurden präoperativ Werte zwischen 16,0 und 20,0 mmHg gemessen (39,3%; n=24 Augen/ n=24 Patienten).

Bei n=31 Augen/ n=26 Patienten (42,6%) lag der intraokulare Druck über 20,0 mmHg, wobei n=6 Augen/ n=6 Patienten (9,8%) Messwerte über 30,0 mmHg zeigten.

Im Vergleich dazu, konnte bei keinem Auge/Patienten zum Zeitpunkt der letzten postoperativen Kontrolle ein intraokularer Druck über 30,0 mmHg festgestellt werden.

Intraokulare Druckwerte zwischen 20,0 und 30,0 mmHg wurden nur in wenigen Fällen erfasst (13,1%; n=8 Augen/ n=8 Patienten). Bei den meisten Augen/Patienten lag der intraokulare Druck zwischen 11,0 und 15,0 mmHg (52,5%; n=35 Augen/ n=32 Patienten).



**Abbildung 11.** Intraokularer Druck im zeitlichen Verlauf (in mmHg)

Darstellung des intraokularen Drucks in mmHg im zeitlichen Verlauf bei allen Augen.

Bereits ab dem ersten postoperativen Tag konnte der intraokulare Druck von  $19,7 \pm 6,7$  mmHg auf  $15,1 \pm 6,7$  mmHg im Mittelwert gesenkt werden. Der Median des intraokularen Drucks blieb postoperativ annähernd konstant zwischen 13,0 und 14,5 mmHg.

Die Interquartilsabstände nahmen bis zum ersten postoperativen Monat tendenziell ab und wurden anschließend wieder breiter. Die Whisker waren präoperativ länger als postoperativ, was auf eine größere Variabilität der präoperativen Daten hindeutet. Ausreißer zeigten sich vereinzelt sowohl prä- als auch postoperativ in Druckbereichen zwischen 24,0 bis 44,0 mmHg. Ab dem ersten postoperativen Monat lagen die Ausreißer unter 30,0 mmHg, zwischen dem sechsten und vierundzwanzigsten postoperativen Monat wurden keine Ausreißer mehr erfasst.

Der intraokulare Druck konnte sich nach vierundzwanzig Monaten um durchschnittlich 27,4% verbessern.

<b>Zeit (Monate)</b>	<b>0,00</b>	<b>0,03</b>	<b>0,06</b>	<b>0,35</b>	<b>1,00</b>	<b>3,00</b>	<b>6,00</b>	<b>12,00</b>
<b>Mittelwert±SD (mmHg)</b>	19,7±6,7	15,1±6,7	14,2±6,0	15,4±7,1	14,2±4,4	13,5±4,1	14,1±4,8	14,3±4,3
<b>Median (mmHg)</b>	18,5	14,0	13,0	14,0	13,0	13,0	13,0	14,5
<b>Maximum (mmHg)</b>	42,0	44,0	32,0	40,0	24,0	26,0	28,0	23,0
<b>Minimum (mmHg)</b>	10,0	4,0	6,0	4,0	5,0	8,0	8,0	8,0

(SD = Standardabweichung, mmHg = Millimeter Quecksilbersäule)

**Tabelle 3.** Deskriptive Statistik des intraokularen Drucks in mmHg im zeitlichen Verlauf

#### 4.2.4. Korrelation zwischen Glaukomdiagnose und intraokularem Druck

Um den Zusammenhang zwischen der Veränderung des intraokularen Drucks und der Glaukomdiagnose zu untersuchen, wurde zunächst mittels Shapiro-Wilk-Test überprüft, ob die Daten der Druckveränderung normalverteilt waren. Aufgrund fehlender Normalverteilung ( $p$  jeweils  $<0,05$ ) wurde der Kruskal-Wallis-Test, als nicht-parametrisches Testverfahren, durchgeführt.

Bei signifikanten Testergebnissen wurden Post-hoc-Analysen unter Berücksichtigung der Bonferroni-Korrektur durchgeführt, um zu überprüfen, bei welchen Diagnosegruppen signifikante Unterschiede vorhanden waren. Für jede Diagnosegruppe, bei der ein signifikanter Unterschied festgestellt werden konnte, wurde zusätzlich die Effektstärke berechnet. Dadurch konnte beurteilt werden, wie groß bzw. stark die Unterschiede zwischen den Gruppen gewesen sind.

Die deskriptive Statistik des intraokularen Drucks in mmHg im zeitlichen Verlauf in Abhängigkeit von der Glaukomdiagnose ist in Tabelle 4 dargestellt.

Der intraokulare Druck lag präoperativ je nach Glaukomdiagnose im Mittelwert zwischen 17,3 und 20,4 mmHg (s. Tabelle 4). Die höchsten sowie niedrigsten intraokularen Druckwerte traten jeweils bei den Augen/Patienten mit POWG und PEX-Glaukom auf (s. Tabelle 4).

Im präoperativen Vergleich konnte der intraokulare Druck im Mittelwert bei allen Augen/Patienten bis auf jene mit DG nach bis zu vierundzwanzig Monaten gesenkt werden (s. Tabelle 4). Verbesserte Druckwerte wurden am häufigsten bei den Augen/Patienten mit POWG dokumentiert, gefolgt von den Augen/Patienten mit PEX-Glaukom.

Zu keinem postoperativen Beobachtungszeitpunkt konnte eine signifikante Veränderung des intraokularen Drucks in Abhängigkeit von der Glaukomdiagnose festgestellt werden, was die

Ergebnisse des Kruskal-Wallis-Tests zeigten.

Weder am ersten ( $H(4)=1,680$ ;  $p=0,794$ ) noch am zweiten postoperativen Tag ( $H(3)=3,510$ ;  $p=0,319$ ), noch ab der ersten postoperativen Woche ( $H(4)=2,691$ ;  $p=0,611$ ), noch ab dem ersten postoperativen Monat ( $H(4)=2,240$ ;  $p=0,692$ ), veränderte sich der intraokulare Druck in Abhängigkeit von der Glaukomdiagnose signifikant. Gleiches galt für den Zeitraum zwischen dem ersten und dritten ( $H(3)=2,519$ ;  $p=0,472$ ), dem dritten und sechsten ( $H(4)=6,996$ ;  $p=0,136$ ) sowie dem sechsten und vierundzwanzigsten postoperativen Monat ( $H(3)=2,219$ ;  $p=0,528$ ).

Zeit (Monate)	Operierte Fälle		Mittelwert $\pm$ SD (mmHg)	Median (mmHg)	Minimum (mmHg)	Maximum (mmHg)
	Patienten	Augen				
<b>0,00</b>						
Diagnose: PEXG	16	21	20,3 $\pm$ 8,2	17,0	10,0	36,0
Diagnose: EWG	7	9	19,8 $\pm$ 4,1	20,0	13,0	25,0
Diagnose: POWG	19	25	20,4 $\pm$ 6,8	20,0	10,0	42,0
Diagnose: PDG	4	4	17,3 $\pm$ 5,3	15,5	13,0	25,0
Diagnose: DG	4	5	18,6 $\pm$ 4,0	19,0	12,0	23,0
<b>0,03</b>						
Diagnose: PEXG	16	21	15,3 $\pm$ 7,0	15,0	4,0	32,0
Diagnose: EWG	7	8	18,3 $\pm$ 8,1	18,0	7,0	28,0
Diagnose: POWG	18	24	15,7 $\pm$ 7,4	14,0	8,0	44,0
Diagnose: PDG	4	4	11,8 $\pm$ 6,4	11,0	5,0	20,0
Diagnose: DG	4	5	12,4 $\pm$ 4,1	11,0	7,0	17,0
<b>0,06</b>						
Diagnose: PEXG	8	8	15,1 $\pm$ 9,7	12,5	6,0	32,0
Diagnose: EWG	4	5	13,2 $\pm$ 4,9	13,0	7,0	18,0
Diagnose: POWG	8	8	15,0 $\pm$ 5,0	14,0	9,0	26,0
Diagnose: PDG	2	2	12,0 $\pm$ 2,8	12,0	10,0	14,0
Diagnose: DG	3	3	14,0 $\pm$ 6,1	17,0	7,0	18,0
<b>0,35</b>						
Diagnose: PEXG	9	9	12,0 $\pm$ 4,5	12,0	4,0	17,0
Diagnose: EWG	3	3	17,0 $\pm$ 4,0	17,0	13,0	21,0
Diagnose: POWG	11	13	16,7 $\pm$ 8,7	14,0	9,0	40,0
Diagnose: PDG	2	2	15,5 $\pm$ 9,2	15,5	9,0	22,0
Diagnose: DG	2	2	17,0 $\pm$ 4,2	17,0	14,0	20,0

<b>1,00</b>						
<b>Diagnose: PEXG</b>	11	14	13,1±5,4	12,0	5,0	24,0
<b>Diagnose: EWG</b>	5	5	14,0±2,8	13,0	12,0	19,0
<b>Diagnose: POWG</b>	9	10	15,2±4,1	15,0	10,0	21,0
<b>Diagnose: PDG</b>	1	1	18,0	18,0	18,0	18,0
<b>Diagnose: DG</b>	2	2	16,5±2,1	16,5	15,0	18,0
<b>3,00</b>						
<b>Diagnose: PEXG</b>	9	10	12,1±4,1	11,0	8,0	22,0
<b>Diagnose: EWG</b>	1	2	10,5±3,5	10,5	8,0	13,0
<b>Diagnose: POWG</b>	15	17	13,8±2,9	14,0	10,0	19,0
<b>Diagnose: PDG</b>	3	3	16,7±7,6	15,0	10,0	25,0
<b>Diagnose: DG</b>	4	4	13,5±1,0	14,0	12,0	14,0
<b>6,00</b>						
<b>Diagnose: PEXG</b>	10	12	13,2±5,8	11,0	8,0	28,0
<b>Diagnose: EWG</b>	3	5	14,4±3,4	15,0	10,0	18,0
<b>Diagnose: POWG</b>	8	9	14,4±3,2	15,0	10,0	20,0
<b>Diagnose: PDG</b>	2	2	19,5±10,6	19,5	12,0	27,0
<b>Diagnose: DG</b>	1	1	16,0	16,0	16,0	16,0
<b>12,00</b>						
<b>Diagnose: PEXG</b>	11	13	13,2±5,1	11,0	8,0	23,0
<b>Diagnose: EWG</b>	2	4	16,0±2,7	17,0	12,0	18,0
<b>Diagnose: POWG</b>	8	10	14,2±3,1	15,0	10,0	19,0
<b>Diagnose: PDG</b>	2	2	14,0±7,1	14,0	9,0	19,0
<b>Diagnose: DG</b>	2	2	19,0±2,8	19,0	17,0	21,0

(PEXG = Pseudoexfoliationsglaukom, EWG = Engwinkelglaukom, POWG = primäres Offenwinkelglaukom, PDG = Pigmentdispersionsglaukom, DG = dysgenetisches Glaukom, SD = Standardabweichung, mmHg = Millimeter Quecksilbersäule)

**Tabelle 4.** Deskriptive Statistik des intraokularen Drucks in mmHg im zeitlichen Verlauf in Abhängigkeit von der Glaukomdiagnose

#### 4.2.5. Veränderung des Fernvisus über die Zeit

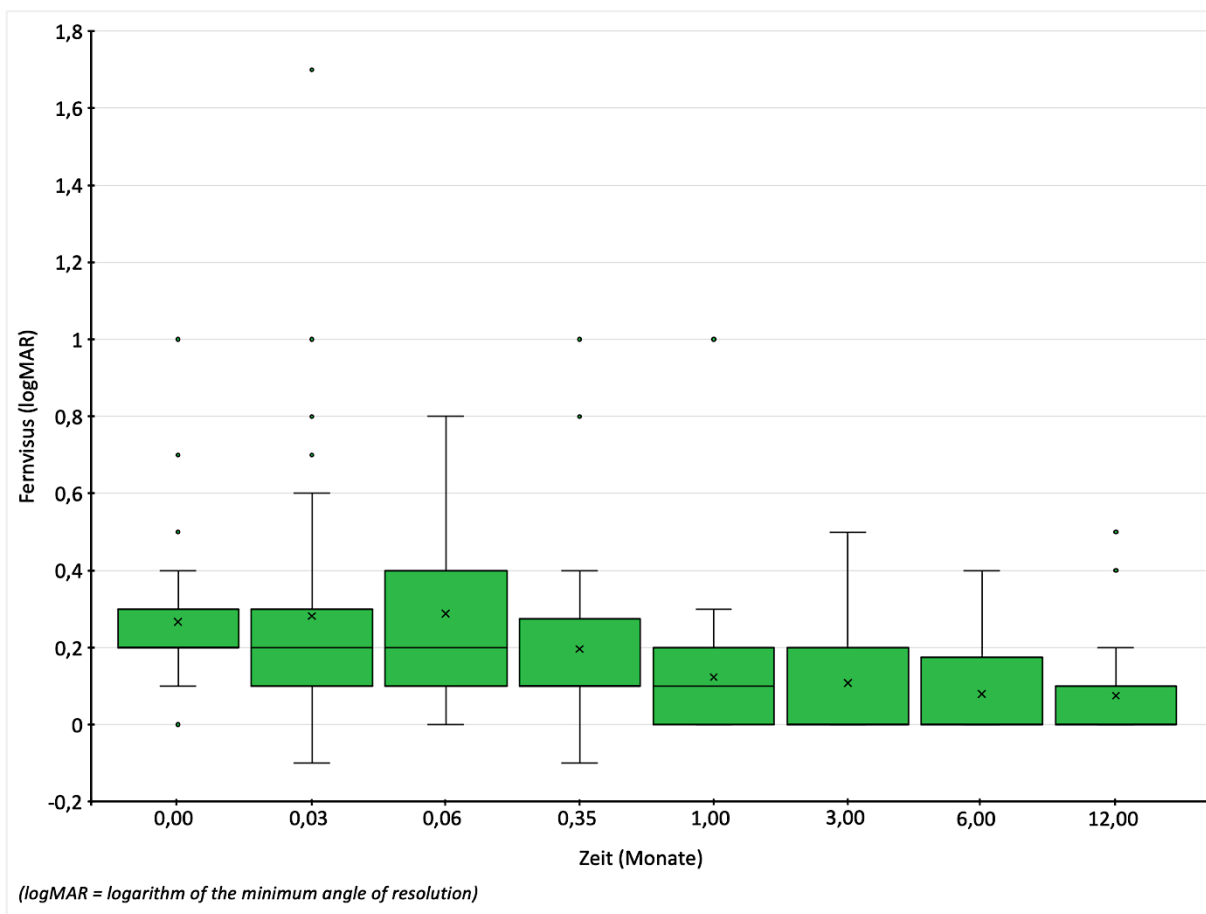
Die Ergebnisse der Messungen des Fernvisus im zeitlichen Verlauf sind in Abbildung 2 dargestellt, ergänzend dazu erhält Tabelle 5a die entsprechenden deskriptiven Statistiken.

Die postoperativen Fernvisuswerte wurden auf Normalverteilung geprüft. Der Shapiro-Wilk-Test zeigte, dass die Fernvisuswerte zu allen postoperativen Untersuchungszeitpunkten nicht normalverteilt waren ( $p$  jeweils  $<0,05$ ). Daher wurde der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test, als nicht-parametrisches Testverfahren angewendet. Durch mehrfache Testdurchführungen wurde das Risiko falsch-positiver Ergebnisse durch die Anpassung des Signifikanzniveaus mithilfe der Bonferroni-Korrektur reduziert. Waren die Testergebnisse unter Berücksichtigung der Bonferroni-Korrektur signifikant, wurde die Effektstärke zur Bestimmung der Größe bzw. Stärke der Unterschiede zwischen den Kontrolluntersuchungszeitpunkten berechnet.

Bei der letzten postoperativen Messung eines jeden Auges/Patienten konnte bei  $n=53$  Augen/ $n=42$  Patienten (68,9%) eine Verbesserung des Fernvisus im präoperativen Vergleich festgestellt werden. Bei  $n=10$  Augen/ $n=10$  Patienten (16,4%) blieb der Fernvisus unverändert, bei  $n=13$  Augen/ $n=12$  Patienten (19,7%) verschlechterte er sich.

Lediglich die letzten postoperativen Messwerte unterschieden sich signifikant von den präoperativen, wobei die Bonferroni-Korrektur berücksichtigt wurde ( $Z=-4,841$ ;  $p<0,001$ ;  $r=0,388$ ). Zu allen anderen Beobachtungszeitpunkten konnte keine signifikante Veränderung des Fernvisus festgestellt werden.

Weder am ersten ( $Z=-0,591$ ;  $p=0,555$ ) noch am zweiten postoperativen Tag ( $Z=-0,694$ ;  $p=0,488$ ) veränderte sich der Fernvisus signifikant, genauso wenig wie ab der ersten postoperativen Woche ( $Z=-0,318$ ;  $p=0,750$ ) und ab dem ersten postoperativen Monat ( $Z=-1,473$ ;  $p=0,141$ ). Dasselbe traf auf den Zeitraum zwischen dem ersten und dritten ( $Z=-0,378$ ;  $p=0,705$ ), dem dritten und sechsten ( $Z=-1,081$ ;  $p=0,279$ ) sowie dem sechsten und vierundzwanzigsten postoperativen Monat zu ( $Z=-0,138$ ;  $p=0,890$ ).



**Abbildung 2.** Fernvisus im zeitlichen Verlauf (in logMAR)

Boxplotanalyse des Fernvisus im zeitlichen Verlauf in logMAR.

Der Median des Fernvisus verbesserte sich kontinuierlich bis zum ersten postoperativen Monat und stabilisierte sich im weiteren Verlauf bei 0,0 logMAR. Der Interquartilsabstand war präoperativ gering, vergrößerte sich jedoch bis zum zweiten postoperativen Tag. Ab dem ersten postoperativen Monat blieben die Interquartilsabstände annähernd gleich groß und die Fernvisuswerte stabilisierten sich in einem engeren Bereich um den Median.

Die Whisker waren am ersten und zweiten postoperativen Tag am längsten und wurden zwischen dem ersten und dritten postoperativen Monat tendenziell kürzer, was auf eine Stabilisierung der Fernvisuswerte hindeutet. Die meisten Ausreißer gab es präoperativ, postoperativ wurden nur vereinzelt Ausreißer dokumentiert.

Der Fernvisus konnte sich innerhalb der postoperativen Beobachtungszeit konstant verbessern und lag im Mittelwert nach bis zu vierundzwanzig postoperativen Monaten bei  $0,1 \pm 0,1$  logMAR.

<b>Zeit (Monate)</b>	<b>0,00</b>	<b>0,03</b>	<b>0,06</b>	<b>0,35</b>	<b>1,00</b>	<b>3,00</b>	<b>6,00</b>	<b>12,00</b>
<b>Mittelwert±SD (logMAR)</b>	0,3±0,2	0,3±0,3	0,3±0,2	0,2±0,2	0,1±0,2	0,1±0,2	0,1±0,1	0,1±0,1
<b>Median (logMAR)</b>	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0
<b>Maximum (logMAR)</b>	1,0	1,7	0,8	1,0	1,0	0,5	0,4	0,5
<b>Minimum (logMAR)</b>	0,0	-0,1	0,0	-0,1	0,0	0,0	0,0	0,0

(SD = Standardabweichung, logMAR = logarithm of the minimum angle of resolution)

**Tabelle 5a.** Deskriptive Statistik des Fernvisus in logMAR im zeitlichen Verlauf

<b>Zeit (Monate)</b>	<b>0,00</b>	<b>0,03</b>	<b>0,06</b>	<b>0,35</b>	<b>1,00</b>	<b>3,00</b>	<b>6,00</b>	<b>12,00</b>
<b>Gesamtanzahl Augen (n)</b>	77	71	25	26	30	37	30	20
<b>Gesamtanzahl Patienten (n)</b>	61	55	24	24	27	33	26	19

(n = Anzahl)

**Tabelle 5b.** Gesamtanzahl der Augen/Patienten mit erhobenem Fernvisus prä- und postoperativ

#### 4.2.6. Duale Thrombozytenaggregationshemmer

Bei den Augen/Patienten unter dualer Thrombozytenaggregationshemmung wurde die Häufigkeit postoperativer Blutungsereignisse untersucht, wobei zwischen einer präoperativen Pause der Medikation und deren Fortführung unterschieden wurde.

Im Rahmen der statistischen Analyse wurden jeweils zwei Untersuchungszeitpunkte hinsichtlich der Blutungshäufigkeit mithilfe des McNemar-Tests verglichen.

Zusätzlich wurde mithilfe des zweiseitigen exakten Tests nach Fisher untersucht, ob eine Therapiepause der Hämostatika im Vergleich zur Fortführung einen signifikanten Einfluss auf die Häufigkeit postoperativer Blutungen hatte. Aufgrund wiederholter Durchführungen des McNemar-Tests und des zweiseitigen exakten Tests nach Fisher wurde zur Kontrolle der  $\alpha$ -Fehler-Kumulierung die Bonferroni-Korrektur angewendet.

Sofern die Testergebnisse unter Berücksichtigung der Bonferroni-Korrektur signifikant waren, wurde zusätzlich die jeweilige Effektstärke ermittelt. Dadurch konnte bestimmt werden, wie groß die Veränderung der Blutungshäufigkeit zwischen den jeweiligen Messzeitpunkten

gewesen ist bzw. in welchem Ausmaß eine Therapiepause der Hämostika die postoperative Blutungshäufigkeit beeinflusst hat.

Die Häufigkeit postoperativer Blutungsereignisse im zeitlichen Verlauf bei den Augen/Patienten mit Plättchenaggregationshemmern ist in Abbildung 3 und Tabelle 6 dargestellt.

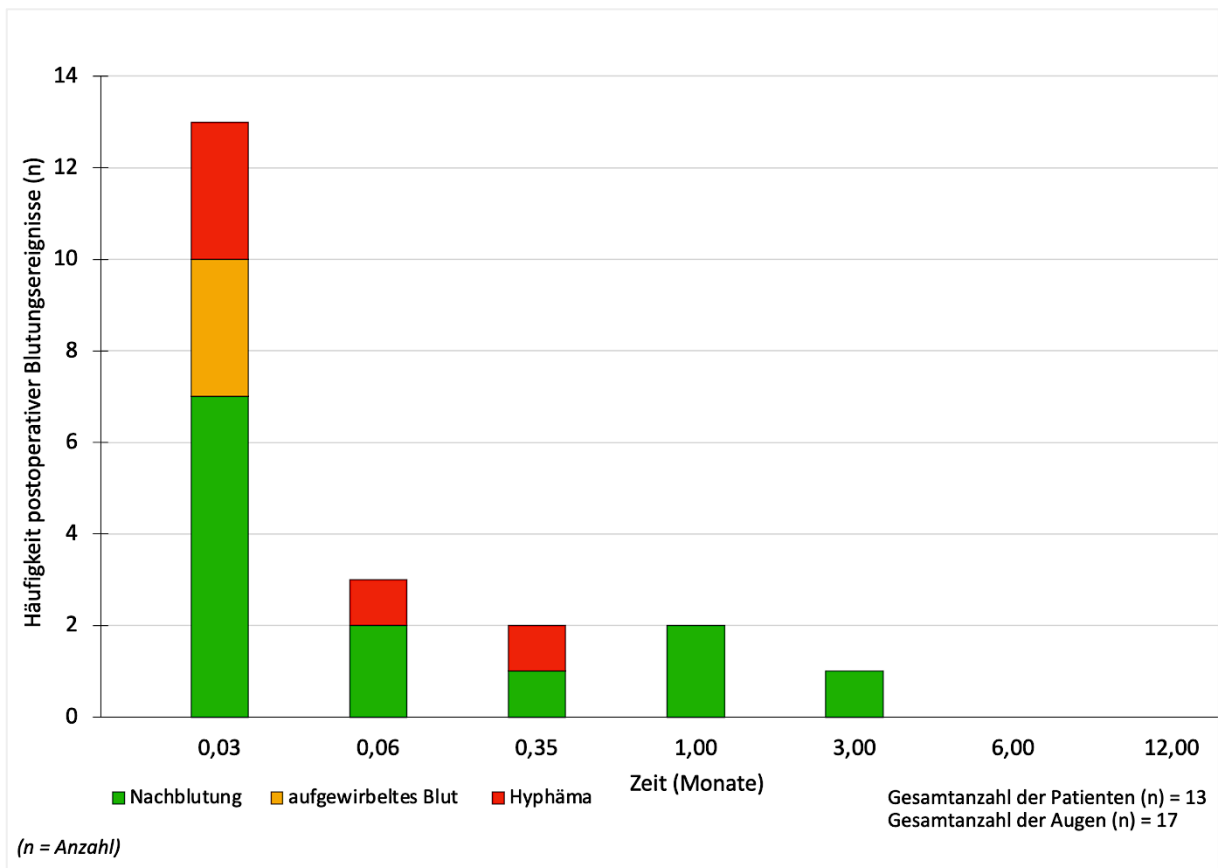
Die Ergebnisse des McNemar-Tests zeigten, dass sich die Blutungshäufigkeit bei den Augen/Patienten unter dualer Thrombozytenaggregationshemmung zu keinem postoperativen Beobachtungszeitpunkt signifikant unterschieden hat.

Signifikante Unterschiede konnten weder vom ersten zum zweiten postoperativen Tag ( $\chi^2(1,4)=0,000$ ;  $p=1,000$ ) noch zwischen dem zweiten postoperativen Tag und der Kontrolluntersuchung nach der ersten postoperativen Woche nachgewiesen werden ( $\chi^2(1,4)=0,000$ ;  $p=1,000$ ). Gleiches galt für den Zeitraum zwischen der ersten postoperativen Woche und dem ersten postoperativen Monat ( $\chi^2(1,3)=0,000$ ;  $p=1,000$ ) sowie zwischen dem ersten und dritten postoperativen Monat ( $\chi^2(1,4)=0,000$ ;  $p=1,000$ ).

Vor dem Eingriff der Phako-Kahook-Trabekulotomie wurden  $n=17$  Augen/  $n=13$  Patienten (21,3%) mit Plättchenaggregationshemmern behandelt. Bei  $n=7$  Augen/  $n=5$  Patienten (8,2%) wurde die gerinnungshemmende Medikation vor der Operation pausiert.

Im Rahmen der präoperativen Medikationseinstellung gab es keinen festgelegten Zeitraum, indem die Einnahme der Plättchenaggregationshemmer pausiert werden sollte. Die Therapiepause erfolgte präoperativ bei den Augen/Patienten zu unterschiedlichen Zeitpunkten, welche entsprechend dokumentiert wurde. Der Zeitraum reichte von zwei bis zu zwölf Tagen.

Die Häufigkeit postoperativer Blutungen unterschied sich zu keinem Untersuchungszeitpunkt signifikant zwischen den Augen/Patienten mit pausierter und denen mit fortgeführter Hämostatikatherapie, wie die Ergebnisse des zweiseitigen exakten Tests nach Fisher zeigten. Weder am ersten ( $p=0,550$ ) noch am zweiten postoperativen Tag ( $p=1,000$ ) bestand ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen. Die Blutungshäufigkeit unterschied sich ebenso wenig nach der ersten postoperativen Woche ( $p=1,000$ ), im Verlauf des ersten postoperativen Monats ( $p=1,000$ ) und zwischen dem ersten und dritten postoperativen Monat ( $p=0,455$ ).



**Abbildung 3.** Häufigkeit postoperativer Blutungsereignisse im zeitlichen Verlauf bei den Augen/Patienten unter dualer Thrombozytenaggregationshemmung

Zeit (Monate)	0,03		0,06		0,35		1,00		3,00		6,00		12,00	
	Pat.	Aug.	Pat.	Aug.	Pat.	Aug.	Pat.	Aug.	Pat.	Aug.	Pat.	Aug.	Pat.	Aug.
<b>Nachblutung</b>	7	7	2	2	1	1	2	2	1	1	0	0	0	0
<b>aufgewirbeltes Blut</b>	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Hyphäma</b>	3	3	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0

(Pat. = Patienten, Aug. = Augen)

**Tabelle 6.** Gesamtanzahl der Augen/Patienten unter dualer Thrombozytenaggregationshemmung mit postoperativen Blutungsereignissen im zeitlichen Verlauf

Darstellung der Häufigkeit postoperativer Blutungsereignisse im zeitlichen Verlauf bei den Augen/Patienten unter dualer Thrombozytenaggregationshemmung.

Am ersten postoperativen Tag traten die meisten Blutungsereignisse auf. Bereits ab dem zweiten postoperativen Tag konnte eine geringere Anzahl an Blutungen dokumentiert werden.

Im weiteren postoperativen Verlauf traten Blutungen nur noch vereinzelt auf und betrafen maximal n=2 Augen/ n=2 Patienten (3,3%). Nach dem dritten postoperativen Monat konnten bei keinem Auge/Patienten unter dualer Thrombozytenaggregationshemmung Blutungsereignisse mehr festgestellt werden.

#### 4.2.7. Antiglaukomatosa

Die Augen/Patienten wurden medikamentös mithilfe von Augentropfen sowie oral verabreichten Antiglaukomatosa mit dem Wirkstoff Acetazolamid perioperativ behandelt. Die Medikation umfasste direkte Parasympathomimetika, Karboanhydraseinhibitoren, Alpha-2-Agonisten, Betablocker und Prostaglandinanaloga. Betablocker wurden jeweils zusätzlich mit direkten Parasympathomimetika, Karboanhydraseinhibitoren, Alpha-2-Agonisten und Prostaglandinanaloga kombiniert. Karboanhydraseinhibitoren in Kombination mit Alpha-2-Agonisten wurden ebenfalls zur Tropfentherapie eingesetzt.

Um Veränderungen des Medicationsscores im postoperativen Verlauf statistisch bewerten zu können, erfolgte zunächst eine Prüfung auf Normalverteilung mithilfe des Shapiro-Wilk-Tests. Da die Daten nicht normalverteilt waren ( $p$  jeweils  $<0,05$ ), wurde der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test als nichtparametrisches Verfahren durchgeführt. Der Test erfolgte wiederholt

zwischen jeweils zwei Zeitpunkten, weshalb zur Kontrolle der  $\alpha$ -Fehler-Kumulierung die Bonferroni-Korrektur angewendet wurde.

Waren die Testergebnisse unter Berücksichtigung der Bonferroni-Korrektur signifikant, wurde zusätzlich die Effektstärke berechnet, um die Größe der Veränderung zwischen den jeweiligen Untersuchungszeitpunkten bestimmen zu können.

Der Medikamentengebrauch ist in Abbildung 4 sowie in Tabelle 7a-b dargestellt. Die Verteilung und Veränderung des Medicationsscores im zeitlichen Verlauf werden in Abbildung 5 und Tabelle 8 sowie in Abbildung 6 und Tabelle 9 veranschaulicht.

Präoperativ lag der Medicationsscore der Augen/Patienten durchschnittlich bei  $2,5 \pm 1,0$  (s. Abbildung 4 und Tabelle 7a). Der Großteil der Augen/Patienten hatte präoperativ einen Medicationsscore von 3 (s. Abbildung 5 und Tabelle 8). Zusätzlich zur Tropfentherapie nahmen  $n=10$  Augen/  $n=9$  Patienten (14,8%) Carboanhydrasehemmer (Acetazolamid) oral in Tablettenform ein (s. Abbildung 5 und Tabelle 8).

Bei  $n=18$  Augen/  $n=12$  Patienten (19,7%) wurden Tropfenunverträglichkeitsreaktionen festgestellt. Jedoch wurden  $n=3$  Augen/  $n=2$  Patienten (3,3%), die die Tropfentherapie nicht tolerieren konnten, mithilfe von Carboanhydrasehemmern (Acetazolamid) behandelt.

Bereits ab dem ersten postoperativen Tag zeigte sich eine signifikante Veränderung des Medicationsscores unter Berücksichtigung der Bonferroni-Korrektur ( $Z=-3,955$ ;  $p<0,001$ ;  $r=0,370$ ). Der mittlere Medicationsscore lag bei  $1,9 \pm 0,7$  (s. Abbildung 4 und Tabelle 7a). Die meisten Augen/Patienten hatten einen Medicationsscore von 2 (s. Abbildung 5 und Tabelle 8). Vom ersten zum zweiten postoperativen Tag konnte keine signifikante Veränderung des Medicationsscores festgestellt werden ( $Z=-0,962$ ;  $p=0,336$ ). Allerdings wurden am zweiten verglichen zum ersten postoperativen Tag weniger Augen/Patienten nachuntersucht, was in der Auswertung der Ergebnisse Berücksichtigung finden muss (s. Abbildung 7b). Im Vergleich zum ersten postoperativen Tag ist der Medicationsscore im Mittelwert geringfügig gestiegen (s. Abbildung 4 und Tabelle 7a). Bei den meisten Augen/Patienten lag der Medicationsscore bei 2, wie bereits am ersten postoperativen Tag (s. Abbildung 5 und Tabelle 8).

Nach der ersten postoperativen Woche veränderte sich der Medicationsscore im Vergleich zur vorangegangenen Kontrolluntersuchung nicht signifikant ( $Z=-1,414$ ;  $p=0,157$ ). Der mittlere Medicationsscore betrug  $2,3 \pm 0,8$  (s. Abbildung 4 und Tabelle 7a). Wie bereits vorherige Kontrolluntersuchungen zeigten, hatte die Mehrheit der Augen/Patienten einen Medicationsscore von 2 (s. Abbildung 5 und Tabelle 8).

Im Verlauf des ersten postoperativen Monats zeigte sich keine signifikante Veränderung des Medicationsscores ( $Z=-0,541$ ;  $p=0,589$ ). Im Mittelwert lag der Medicationsscore bei  $2,0 \pm 1,0$  (s. Abbildung 4 und Tabelle 7a). Die untersuchten Augen/Patienten hatten vorwiegend einen

Medicationsscore von 2, was den Ergebnissen vorangegangener Verlaufskontrollen entspricht (s. Abbildung 5 und Tabelle 8).

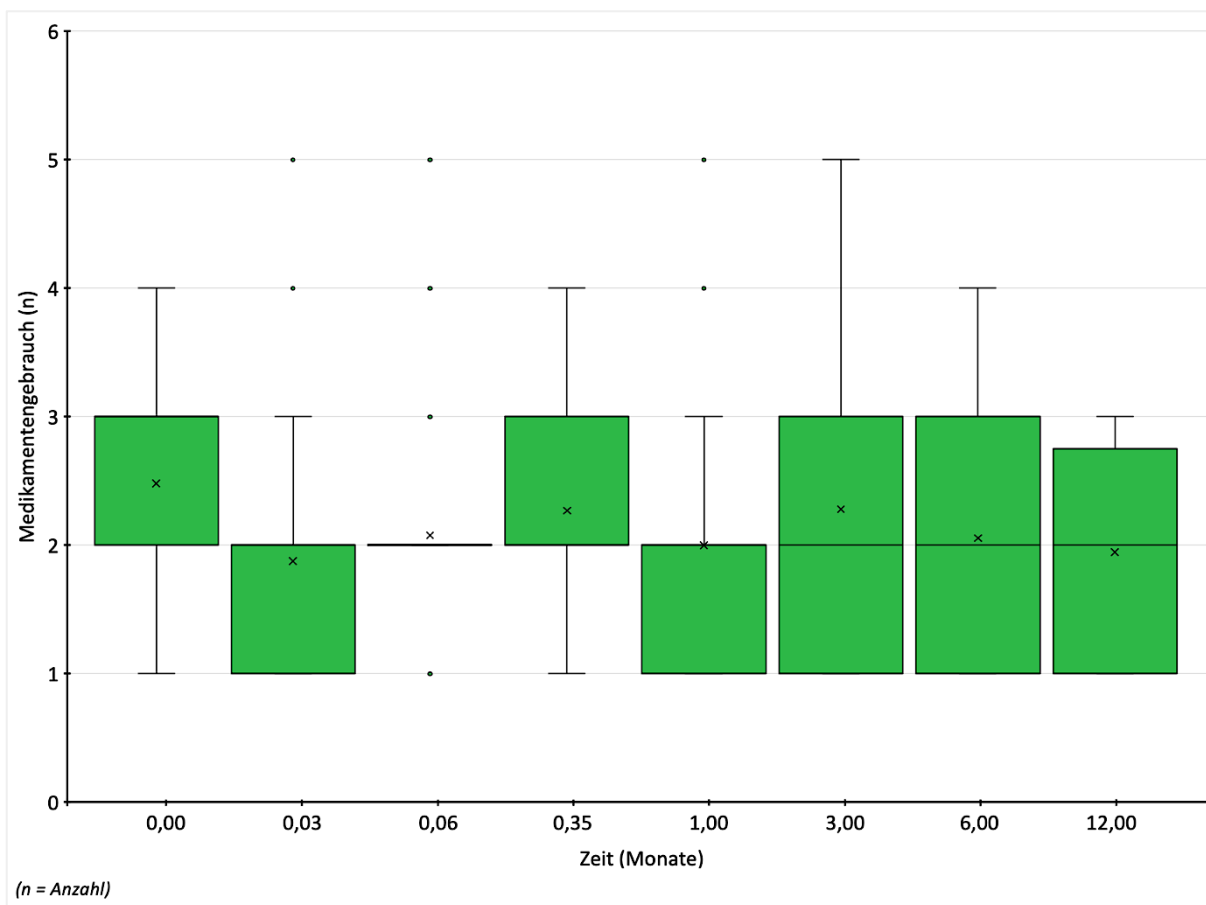
Zwischen dem ersten und dritten postoperativen Monat konnte keine signifikante Veränderung des Medicationsscores festgestellt werden ( $Z=-0,272$ ;  $p=0,785$ ), was den bisherigen Kontrolluntersuchungen abgesehen vom ersten postoperativen Tag entspricht.

Der Medicationsscore stieg im Mittelwert geringfügig auf  $2,3\pm 1,2$  an (s. Abbildung 4 und Tabelle 7a). Kein Auge/Patient wurde zusätzlich mithilfe von Carboanhydrasehemmern (Acetazolamid) behandelt (s. Abbildung 5 und Tabelle 8). Bei den meisten Augen/Patienten lag der Medicationsscore bei 1 oder 2 (s. Abbildung 5 und Tabelle 8).

Zwischen dem dritten und sechsten postoperativen Monat veränderte sich der Medicationsscore nicht signifikant ( $Z=-0,378$ ;  $p=0,705$ ). Dies entspricht den Ergebnissen der vorherigen Kontrolluntersuchungen mit Ausnahme des ersten postoperativen Tages.

Der mittlere Medicationsscore betrug  $2,1\pm 0,9$  (s. Abbildung 4 und Tabelle 7a). Der größte Anteil der Augen/Patienten hatte einen Medicationsscore von 1 oder 2 (s. Abbildung 5 und Tabelle 8).

Die Auswertung des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests zeigte auch zwischen dem sechsten und vierundzwanzigsten postoperativen Monat keine signifikante Veränderung ( $Z=-0,816$ ;  $p=0,414$ ). Der Medicationsscore konnte, verglichen zur vorangegangenen Kontrolluntersuchung, im Mittelwert auf  $1,9\pm 0,8$  gesenkt werden (s. Abbildung 4 und Tabelle 7a). In den meisten Fällen betrug der Medicationsscore weiterhin 1 oder 2 (s. Abbildung 5 und Tabelle 8).



**Abbildung 4.** Medikamentengebrauch im zeitlichen Verlauf

Boxplot zur Darstellung des Medikamentengebrauchs im zeitlichen Verlauf.

Bereits ab dem ersten postoperativen Tag konnte der Medicationsscore im Median auf 2 gesenkt und im weiteren Verlauf stabil gehalten werden.

Die Interquartilsabstände blieben vom präoperativen Kontrolluntersuchungszeitraum bis zum ersten postoperativen Monat unverändert, mit Ausnahme des zweiten postoperativen Tages. Nach dem ersten postoperativen Monat konnten sich die Interquartilsabstände annähernd verdoppeln.

Die Whisker hatten postoperativ unterschiedliche Längenverhältnisse, was auf eine variierende Verteilung der Daten je nach Beobachtungszeitpunkt schließen lässt.

Die meisten Ausreißer zeigten sich während des zweiten postoperativen Tages.

Nach dem ersten postoperativen Monat konnten keine Ausreißer mehr erfasst werden.

Der Medicationsscore konnte durchschnittlich von  $2,5 \pm 1,0$  auf  $1,9 \pm 0,8$  nach bis zu vierundzwanzig postoperativen Monaten verringert werden.

Zeit (Monate)	0,00	0,03	0,06	0,35	1,00	3,00	6,00	12,00
Mittelwert±SD (n)	2,5±1,0	1,9±0,7	2,1±0,8	2,3±0,8	2,0±1,0	2,3±1,2	2,1±0,9	1,9±0,8
Median (n)	3	2	2	2	2	2	2	2
Maximum (n)	4	5	5	4	5	5	4	3
Minimum (n)	1	1	1	1	1	1	1	1

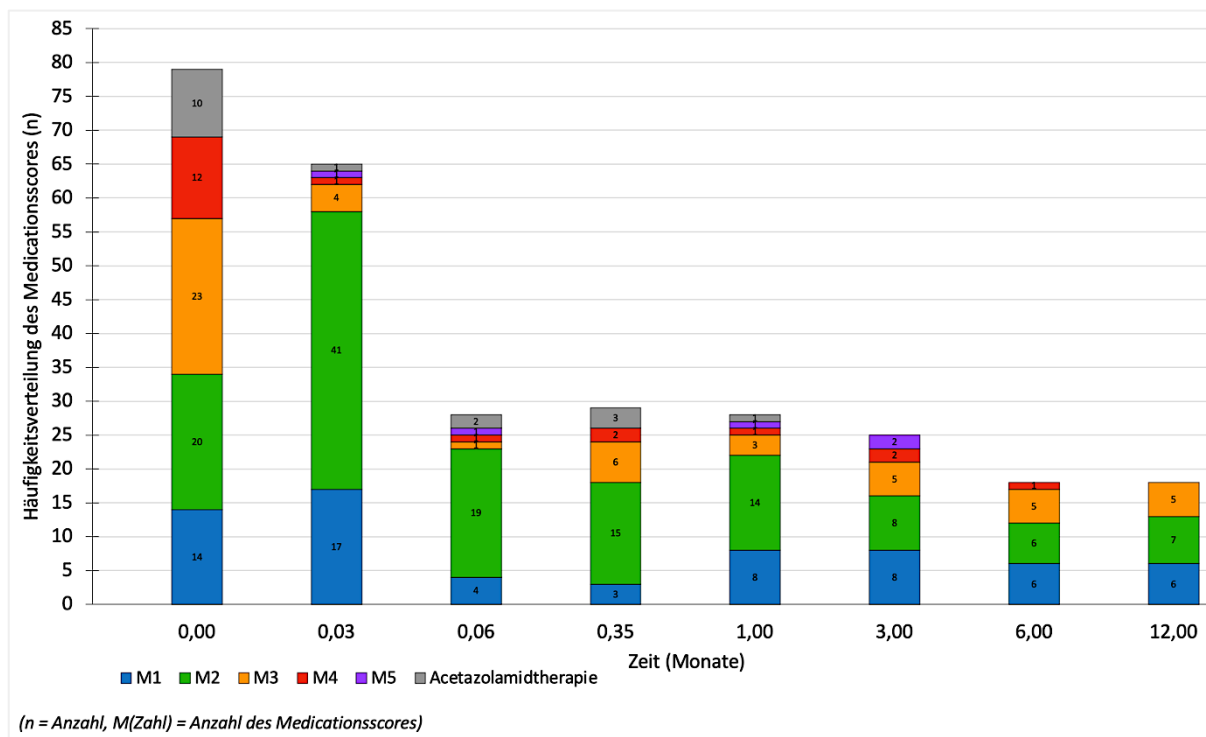
(SD = Standardabweichung, n = Anzahl)

**Tabelle 7a.** Deskriptive Statistik des Medikamentengebrauchs im zeitlichen Verlauf

Zeit (Monate)	0,00	0,03	0,06	0,35	1,00	3,00	6,00	12,00
Gesamtanzahl Augen (n)	69	64	26	26	27	25	18	18
Gesamtanzahl Patienten (n)	55	54	24	25	24	22	16	16

(n = Anzahl)

**Tabelle 7b.** Gesamtanzahl der Augen/Patienten unter Antiglaukomatosa prä- und postoperativ



**Abbildung 5.** Häufigkeitsverteilung des Medicationsscores im zeitlichen Verlauf

Zeit (Monate)	0,00		0,03		0,06		0,35		1,00		3,00		6,00		12,00	
	Pat.	Aug.	Pat.	Aug.	Pat.	Aug.	Pat.	Aug.	Pat.	Aug.	Pat.	Aug.	Pat.	Aug.	Pat.	Aug.
Medicationsscore 1 (M1)	10	14	14	17	4	4	3	3	8	8	6	8	5	6	6	6
Medicationsscore 2 (M2)	17	20	33	41	17	19	14	15	13	14	7	8	5	6	6	7
Medicationsscore 3 (M3)	19	23	4	4	1	1	6	6	3	3	5	5	5	5	4	5
Medicationsscore 4 (M4)	10	12	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	0	0
Medicationsscore 5 (M5)	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	2	2	0	0	0	0
Acetazolamidtherapie	9	10	1	1	2	2	3	3	1	1	0	0	0	0	0	0

(M(Zahl) = Anzahl des Medicationsscores, Pat. = Patienten, Aug. = Augen)

**Tabelle 8.** Gesamtanzahl der Augen/Patienten mit entsprechender Häufigkeitsverteilung des Medicationsscores im zeitlichen Verlauf

Übersicht der Häufigkeitsverteilung des Medicationsscores im zeitlichen Verlauf.

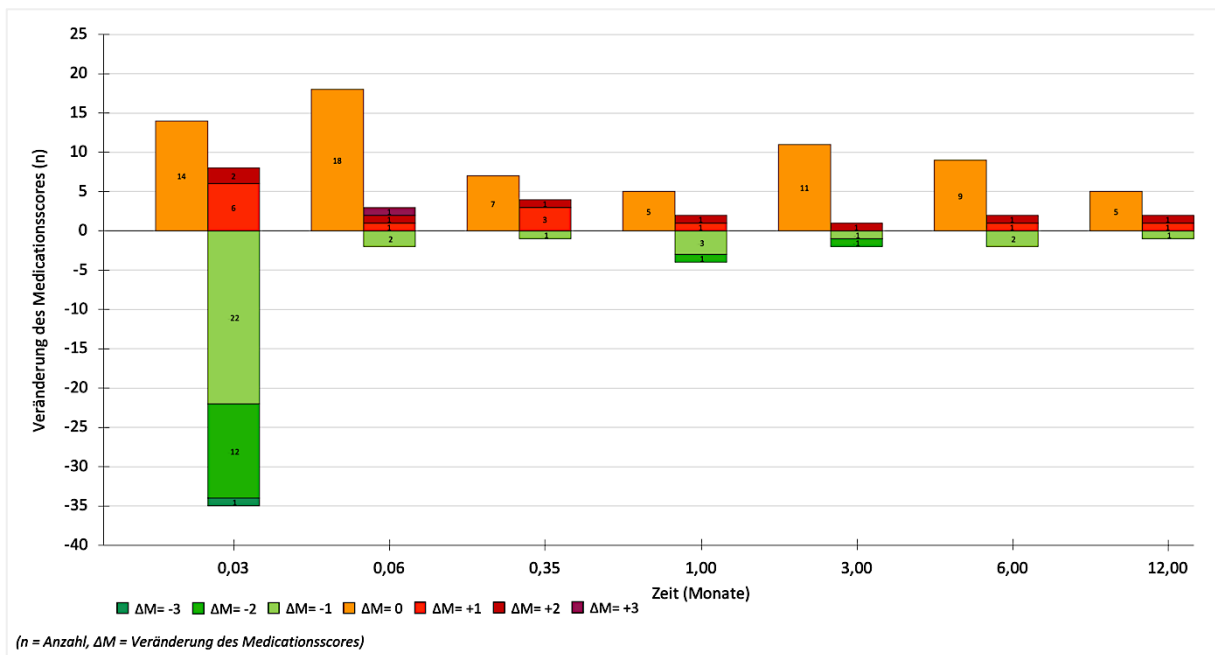
Präoperativ lag der Medicationsscore bei den meisten Augen/Patienten bei 3, wobei n=10 Augen/ n=9 Patienten (14,8%) zusätzlich mit Carboanhydrasehemmern (Acetazolamidtherapie) behandelt werden mussten.

Bereits ab dem ersten postoperativen Tag verringerte sich der Anteil der Augen/Patienten mit einem Medicationsscore von 3 oder höher. Bei den meisten Augen/Patienten lag der Medicationsscore bei 2, was im weiteren postoperativen Verlauf in den meisten Fällen unverändert blieb.

Zwischen dem dritten und sechsten postoperativen Monat konnte bei lediglich n=1 Auge/ n=1 Patient (1,6%) ein Medicationsscore von 4 nachgewiesen werden. Im darauffolgenden Untersuchungszeitraum wurde kein Wert mehr über 3 festgestellt.

Der Anteil der Augen/Patienten mit Carboanhydrasehemmern reduzierte sich bereits ab dem ersten postoperativen Tag und lag im weiteren Verlauf bei maximal n=3 Augen/ n=3 Patienten (4,9%). Nach dem ersten postoperativen Monat wurde bei keinem Auge/Patient eine Behandlung mit Carboanhydrasehemmern mehr dokumentiert.

Der Medicationsscore konnte im postoperativen Verlauf konstant gesenkt werden, insbesondere im Bereich höherer Score-Werte. Gleichzeitig reduzierte sich der Bedarf an Carboanhydrasehemmern.



**Abbildung 6.** Veränderung des Medicationsscores im zeitlichen Verlauf

Veränderung des Medicationsscores (ΔM)	ΔM=-3		ΔM=-2		ΔM=-1		ΔM=0		ΔM=+1		ΔM=+2		ΔM=+3	
	Pat.	Aug.	Pat.	Aug.	Pat.	Aug.	Pat.	Aug.	Pat.	Aug.	Pat.	Aug.	Pat.	Aug.
<b>0,03</b>	1	1	10	12	19	22	13	14	4	6	2	2	0	0
<b>0,06</b>	0	0	0	0	2	2	17	18	1	1	1	1	1	1
<b>0,35</b>	0	0	0	0	1	1	7	7	3	3	1	1	0	0
<b>1,00</b>	0	0	1	1	3	3	5	5	1	1	1	1	0	0
<b>3,00</b>	0	0	1	1	1	1	11	11	0	0	1	1	0	0
<b>6,00</b>	0	0	0	0	2	2	8	9	1	1	1	1	0	0
<b>12,00</b>	0	0	0	0	1	1	5	5	1	1	1	1	0	0

(ΔM = Veränderung des Medicationsscores, Pat. = Patienten, Aug. = Augen)

**Tabelle 9.** Tabellarische Darstellung der Veränderung des Medicationsscores im zeitlichen Verlauf basierend auf der Gesamtanzahl der Augen/Patienten

Darstellung der Veränderung des Medicationsscores im zeitlichen Verlauf.

Bereits ab dem ersten postoperativen Tag konnte der Medicationsscore bei n=35 Augen/ n=30 Patienten (49,2%) gesenkt werden, bei n=8 Augen/ n=6 Patienten (9,8%) war jedoch eine Erhöhung des Medicationsscores erforderlich. Bei den meisten Augen/Patienten blieb die Medikation während der Nachbeobachtungszeit konstant. Allerdings bestand zu jedem Nachuntersuchungszeitpunkt in einzelnen Fällen der Bedarf, die Medikation anzupassen.

#### 4.2.8. Korrelation zwischen Glaukomdiagnose und Anwendung der Antiglaukomatosa

Die deskriptive Statistik des Medikamentengebrauchs im zeitlichen Verlauf in Abhängigkeit von der Glaukomdiagnose ist in Tabelle 10 dargestellt, während Abbildung 7 die Häufigkeitsverteilung des Medicationsscores zeigt.

Der statistische Zusammenhang zwischen der Glaukomdiagnose und dem Medikamentengebrauch konnte mithilfe parametrischer Testverfahren nicht untersucht werden, da gemäß des Shapiro-Wilk-Tests keine Normalverteilung gegeben war ( $p$  jeweils  $<0,05$ ). Aus diesem Grund wurde der Kruskal-Wallis-Test, als nicht-parametrisches Testverfahren, durchgeführt.

Sofern die Testergebnisse signifikant waren, wurden Post-hoc-Tests unter Berücksichtigung der Bonferroni-Korrektur angewendet. Dadurch konnte festgestellt werden, welche Diagnosegruppen sich signifikant voneinander unterscheiden haben. Bei signifikanten Unterschieden wurde ergänzend die Effektstärke ermittelt, um die Größe bzw. Stärke der Unterschiede zwischen den Gruppen bestimmen zu können.

Zu keinem postoperativen Beobachtungszeitpunkt konnte eine signifikante Veränderung des Medicationsscores in Abhängigkeit von der Glaukomdiagnose nachgewiesen werden.

Dies galt sowohl für den ersten ( $H(4)=6,317$ ;  $p=0,177$ ) und zweiten postoperativen Tag ( $H(4)=3,017$ ;  $p=0,555$ ) als auch für den Zeitraum ab der ersten postoperativen Woche ( $H(4)=4,288$ ;  $p=0,368$ ) und ab dem ersten postoperativen Monat ( $H(4)=7,005$ ;  $p=0,136$ ). Gleiches traf auf die Zeiträume zwischen dem ersten und dritten ( $H(4)=6,674$ ;  $p=0,154$ ), dritten und sechsten ( $H(3)=3,466$ ;  $p=0,325$ ) sowie sechsten und vierundzwanzigsten postoperativen Monat ( $H(4)=4,198$ ;  $p=0,380$ ) zu.

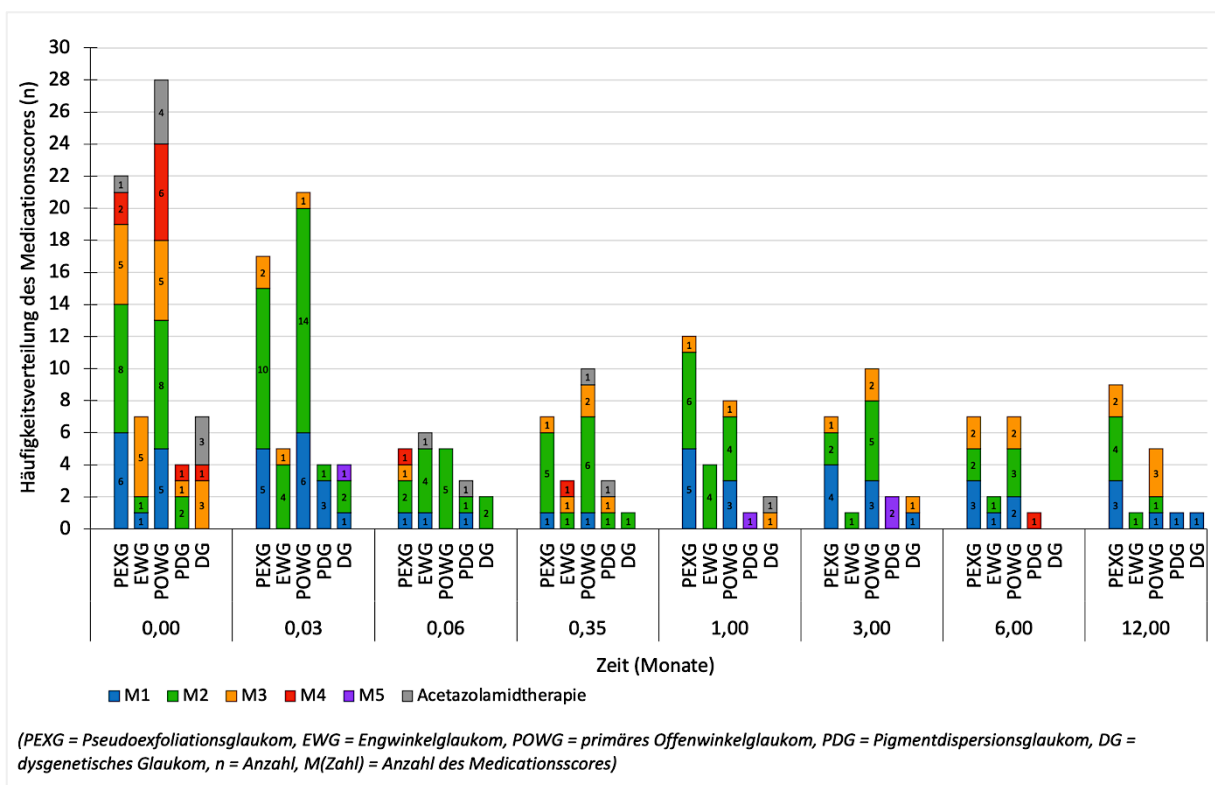
Zeit (Monate)	Operierte Fälle		Mittelwert $\pm$ SD (n)	Median (n)	Minimum (n)	Maximum (n)
	Patienten	Augen				
0,00						
Diagnose: PEXG	16	21	2,1 $\pm$ 0,9	2	1	4
Diagnose: EWG	6	7	2,6 $\pm$ 0,7	3	1	3
Diagnose: POWG	19	24	2,5 $\pm$ 1,1	2	1	4
Diagnose: PDG	4	4	2,8 $\pm$ 0,8	2,5	2	4
Diagnose: DG	3	4	3,3 $\pm$ 0,4	3	3	4
0,03						
Diagnose: PEXG	14	17	1,8 $\pm$ 0,6	2	1	3
Diagnose: EWG	5	5	2,2 $\pm$ 0,4	2	2	3

<b>Diagnose: POWG</b>	15	21	1,8±0,5	2	1	3
<b>Diagnose: PDG</b>	4	4	1,3±0,4	1	1	2
<b>Diagnose: DG</b>	3	4	2,5±1,5	2	1	5
<b>0,06</b>						
<b>Diagnose: PEXG</b>	5	5	2,4±1,0	2	1	4
<b>Diagnose: EWG</b>	4	5	1,8±0,4	2	1	2
<b>Diagnose: POWG</b>	5	5	2,0±0,0	2	2	2
<b>Diagnose: PDG</b>	2	2	1,5±0,5	1,5	1	2
<b>Diagnose: DG</b>	2	2	2,0±0,0	2	2	2
<b>0,35</b>						
<b>Diagnose: PEXG</b>	7	7	2,0±0,5	2	1	3
<b>Diagnose: EWG</b>	3	3	3,0±0,8	3	2	4
<b>Diagnose: POWG</b>	8	9	2,1±0,6	2	1	3
<b>Diagnose: PDG</b>	2	2	2,5±0,5	2,5	2	3
<b>Diagnose: DG</b>	1	1	2,0±0,0	2	2	2
<b>1,00</b>						
<b>Diagnose: PEXG</b>	10	12	1,7±0,6	2	1	3
<b>Diagnose: EWG</b>	4	4	2,0±0,0	2	2	2
<b>Diagnose: POWG</b>	7	8	1,8±0,7	2	1	3
<b>Diagnose: PDG</b>	1	1	5,0±0,0	5	5	5
<b>Diagnose: DG</b>	1	1	3,0±0,0	3	3	3
<b>3,00</b>						
<b>Diagnose: PEXG</b>	6	7	1,6±0,7	1	1	3
<b>Diagnose: EWG</b>	1	1	2,0±0,0	2	2	2
<b>Diagnose: POWG</b>	8	10	1,9±0,7	2	1	3
<b>Diagnose: PDG</b>	2	2	5,0±0,0	5	5	5
<b>Diagnose: DG</b>	2	2	2,0±1,0	2	1	3
<b>6,00</b>						
<b>Diagnose: PEXG</b>	5	7	1,9±0,8	2	1	3
<b>Diagnose: EWG</b>	2	2	1,5±0,5	1,5	1	2
<b>Diagnose: POWG</b>	7	7	2,0±0,8	2	1	3
<b>Diagnose: PDG</b>	1	1	4,0±0,0	4	4	4
<b>Diagnose: DG</b>	-	-	-	-	-	-
<b>12,00</b>						
<b>Diagnose: PEXG</b>	8	9	1,9±0,7	2	1	3

Diagnose: EWG	1	1	2,0±0,0	2	2	2
Diagnose: POWG	4	5	2,4±0,8	3	1	3
Diagnose: PDG	1	1	1,0±0,0	1	1	1
Diagnose: DG	1	1	1,0±0,0	1	1	1

(PEXG = Pseudoexfoliationsglaukom, EWG = Engwinkelglaukom, POWG = primäres Offenwinkelglaukom, PDG = Pigmentdispersionsglaukom, DG = dysgenetisches Glaukom, SD = Standardabweichung, n = Anzahl)

**Tabelle 10.** Deskriptive Statistik des Medikamentengebrauchs im zeitlichen Verlauf in Abhängigkeit von der Glaukomdiagnose



**Abbildung 7.** Häufigkeitsverteilung des Medicationsscores im zeitlichen Verlauf in Abhängigkeit von der Glaukomdiagnose

#### **4.2.9. Postoperative Komplikationen**

Im Verlauf des postoperativen Beobachtungszeitraums wurden Komplikationen unterschiedlichen Ausmaßes in verschiedenen Augenabschnitten festgestellt. Die Komplikationen waren jedoch im Rahmen des postoperativen Verlaufs zu erwarten und konnten als geringfügig eingestuft werden.

Zunächst wurde untersucht, ob Komplikationen in irgendeiner Form aufgetreten sind, wie in Abbildung 8 und Tabelle 11 im zeitlichen Verlauf dargestellt ist.

Die Häufigkeit postoperativer Komplikationen wurde zwischen jeweils zwei aufeinanderfolgenden Zeitpunkten über den gesamten Beobachtungszeitraum hinweg verglichen. Um signifikante Veränderungen zwischen den Beobachtungszeitpunkten feststellen zu können, wurde der McNemar-Test durchgeführt.

Zusätzlich wurde analysiert, ob sich der Fernvisus signifikant zwischen der Patientengruppe mit und ohne postoperative Komplikationen unterschieden hat. Der Fernvisus wurde zu jedem Untersuchungszeitpunkt im gesamten postoperativen Verlauf zwischen den Patientengruppen verglichen. Da die Fernvisuswerte nicht normalverteilt waren ( $p$  jeweils  $<0,05$ ), wurde der Mann-Whitney-U-Test für den Vergleich der Gruppen angewendet.

Sowohl der McNemar-Test, als auch der Mann-Whitney-U-Test wurden wiederholt durchgeführt, weshalb das Signifikanzniveau mithilfe der Bonferroni-Korrektur angepasst werden musste. Waren die Ergebnisse unter Berücksichtigung der Bonferroni-Korrektur signifikant, wurde zusätzlich die Effektstärke berechnet. Dadurch konnte die Größe der Veränderung zwischen den jeweiligen Untersuchungszeitpunkten bzw. das Ausmaß gruppenspezifischer Unterschiede ermittelt werden.

Postoperative Komplikationen wurden sowohl in den Bereichen der Kornea, Retina, Konjunktiva, als auch in der Vorderkammer lokalisiert.

Die Kornea zeigte Komplikationen in Form von Erosionen und Ödemen. Die Ödembildung kann auf die Phakoemulsifikation zurückgeführt werden, welche in Kombination mit der Kahook-Trabekulotomie durchgeführt wurde. Zu den möglichen Folgen einer Phakoemulsifikation zählen unter anderem auch zystoide Makulaödeme, welche postoperativ bei manchen Augen/Patienten aufgetreten sind.

Blutungsereignisse infolge der Operation entwickelten sich in der Vorderkammer sowie in der Konjunktiva.

Über den gesamten postoperativen Beobachtungszeitraum hinweg, gab es die höchste Komplikationsrate innerhalb des ersten postoperativen Tages ( $n=73$  Augen/  $n=70$  Patienten) (s. Abbildung 8 und Tabelle 11).

Die meisten Augen/Patienten ( $n=62$  Augen/  $n=59$  Patienten; 96,7%) entwickelten während des ersten postoperativen Tages Blutungen (s. Abbildung 8 und Tabelle 11). Bei  $n=15$  Augen/

n=14 Patienten (23,0%) wurde die postoperative Blutung als aufgewirbeltes Blut klassifiziert, bei n=15 Augen/ n=15 Patienten (24,6%) als ein Hyphäma (s. Abbildung 8 und Tabelle 11). Komplikationen in Form eines Korneaödems traten innerhalb des ersten postoperativen Tages bei n=9 Augen/ n=9 Patienten (14,8%) auf (s. Abbildung 8 und Tabelle 11).

Bei n=1 Auge/ n=1 Patient (1,6%) wurde eine Erosion des Korneaepithels festgestellt, während bei n=1 Auge/ n=1 Patient (1,6%) Schmerzen berichtet wurden (s. Abbildung 8 und Tabelle 11).

Vom ersten zum zweiten postoperativen Tag sank die Komplikationsrate der Augen/Patienten um 56,2%, die Veränderung war jedoch entsprechend der Ergebnisse des McNemar-Tests nicht signifikant ( $\chi^2(1,32)=0,000$ ;  $p=1,000$ ). Es gilt dabei jedoch die zur Verfügung stehenden Daten des zweiten postoperativen Tages zu berücksichtigen.

Blutungsereignisse zeigten sich bei n=29 Augen/ n=28 Patienten (45,9%), wobei n=15 Augen/ n=14 Patienten (23,0%) eine Nachblutung, n=8 Augen/ n=8 Patienten (13,1%) aufgewirbeltes Blut und n=6 Augen/ n=6 Patienten (9,8%) ein Hyphäma aufwiesen (s. Abbildung 8 und Tabelle 11). Bei n=25 Augen/ n=24 Patienten (39,3%) wurden Blutungsereignisse schon während des ersten postoperativen Tages festgestellt, während n=3 Augen/ n=2 Patienten (3,3%) eine Blutung erst im Verlauf des zweiten postoperativen Tages entwickelten. Vom ersten zum zweiten postoperativen Tag konnte sich die Blutung nur bei n=3 Augen/ n=3 Patienten (4,9%) vollständig auflösen.

Bei n=1 Auge/ n=1 Patient (1,6%) war die Erosion des Korneaepithels auch am zweiten postoperativen Tag noch nachweisbar (s. Abbildung 8 und Tabelle 11). Ein Korneaödem konnte nur bei n=2 Augen/ n=2 Patienten (3,3%) dokumentiert werden (s. Abbildung 8 und Tabelle 11).

Ab der ersten postoperativen Woche nahm die Komplikationsrate weiter ab, was im Vergleich zur vorherigen Kontrolluntersuchung unter Berücksichtigung der Bonferroni-Korrektur statistisch signifikant war ( $\chi^2(1,19)=9,091$ ;  $p=0,001$ ). Die geschätzte OR betrug 2,83, wobei zur Berechnung eine Korrektur mit dem Haldane-Ansatz vorgenommen wurde. Die Augen/Patienten mit Komplikationen am zweiten postoperativen Tag hatten somit eine um das 2,83-Fache erhöhte Wahrscheinlichkeit, auch bei der folgenden Kontrolluntersuchung noch Komplikationen zu zeigen, im Vergleich zu jenen ohne Komplikationen am zweiten postoperativen Tag.

Ab der ersten postoperativen Woche traten bei n=9 Augen/ n=9 Patienten (14,8%) Blutungen auf (s. Abbildung 8 und Tabelle 11). Dabei wurde bei n=3 Augen/ n=3 Patienten (4,9%) eine Nachblutung, n=2 Augen/ n=2 Patienten (3,3%) aufgewirbeltes Blut und n=4 Augen/ n=4 Patienten (6,6%) ein Hyphäma diagnostiziert (s. Abbildung 8 und Tabelle 11).

Bei lediglich n=1 Auge/ n=1 Patient (1,6%) wurde ein Korneaödem nachgewiesen (s. Abbildung 8 und Tabelle 11). Zusätzlich äußerte n=1 Auge/ n=1 Patient (1,6%) ein

Schmerzempfinden (s. Abbildung 8 und Tabelle 11). Eine Erosion des Korneaepithels konnte bei keinem Auge/Patienten mehr festgestellt werden (s. Abbildung 8 und Tabelle 11).

Das Komplikationsaufkommen nahm ab dem ersten postoperativen Monat weiter ab, was jedoch statistisch nicht signifikant war ( $\chi^2(1,15)=1,125$ ;  $p=0,289$ ).

Lediglich bei  $n=5$  Augen/  $n=5$  Patienten (8,2%) konnte eine Nachblutung dokumentiert werden, wobei  $n=3$  Augen/  $n=3$  Patienten (4,9%) eine rezidivierende Blutung hatten (s. Abbildung 8 und Tabelle 11). Bei  $n=1$  Auge/  $n=1$  Patient (1,6%) entwickelte sich ein Hyposphagma, welches jedoch nach dem ersten postoperativen Monat nicht mehr nachgewiesen wurde (s. Abbildung 8 und Tabelle 11). Kein Auge/Patient klagte ab dem ersten postoperativen Monat mehr über ein Schmerzempfinden (s. Abbildung 8 und Tabelle 11).

Der Rückgang der Komplikationsrate setzte sich auch zwischen dem ersten und dritten postoperativen Monat fort, zeigte jedoch keine statistische Signifikanz ( $\chi^2(1,21)=0,800$ ;  $p=0,375$ ).

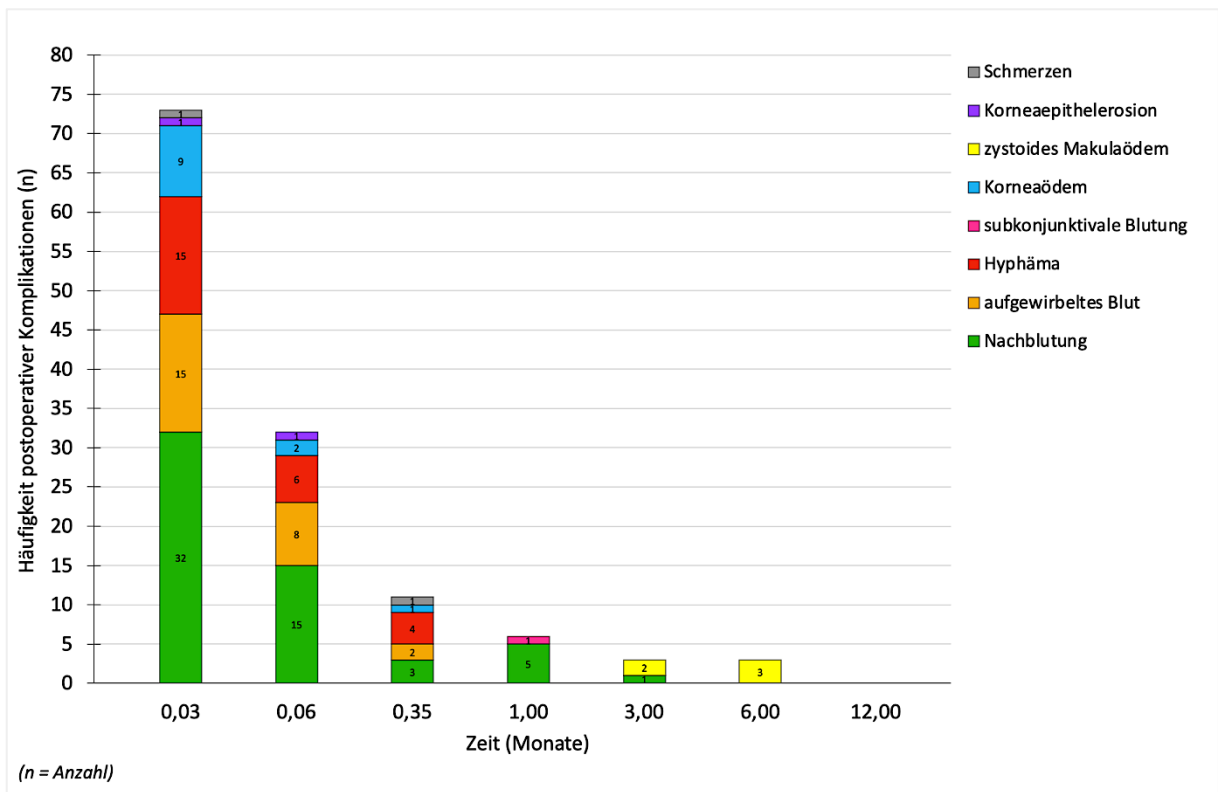
Ausschließlich bei  $n=1$  Auge/  $n=1$  Patient (1,6%) kam es zu einer erneuten Nachblutung (s. Abbildung 8 und Tabelle 11). Allerdings bildete sich bei  $n=2$  Augen/  $n=2$  Patienten (3,3%) ein zystoides Makulaödem (s. Abbildung 8 und Tabelle 11).

Zwischen dem dritten und sechsten postoperativen Monat reduzierte sich die Anzahl der Komplikationen im Vergleich zur vorangegangenen Kontrolluntersuchung nur geringfügig und ohne statistische Signifikanz ( $\chi^2(1,3)=0,000$ ;  $p=1,000$ ).

Bei keinem Auge/Patienten konnten Komplikationen in Form von Blutungsereignissen mehr festgestellt werden (s. Abbildung 8 und Tabelle 11). Bei  $n=2$  Augen/  $n=2$  Patienten (3,3%), die zwischen dem ersten und dritten postoperativen Monat ein zystoides Makulaödem entwickelten, persistierte dieses auch zwischen dem dritten und sechsten postoperativen Monat (s. Abbildung 8 und Tabelle 11). Zusätzlich trat initial zwischen dem dritten und sechsten postoperativen Monat bei  $n=1$  Auge/  $n=1$  Patient (1,6%) ein zystoides Makulaödem auf (s. Abbildung 8 und Tabelle 11).

Nach dem sechsten postoperativen Monat wurden bei keinem Auge/Patienten mehr Komplikationen infolge der Phako-Kahook-Trabekulotomie nachgewiesen (s. Abbildung 8 und Tabelle 11).

Die Ergebnisse des Mann-Whitney-U-Tests zeigten zu keinem postoperativen Untersuchungszeitpunkt einen signifikanten Unterschied im Fernvisus zwischen den Augen/Patienten mit und ohne Komplikationen ( $p$  jeweils  $>0,05$ ).



**Abbildung 8.** Häufigkeit postoperativer Komplikationen im zeitlichen Verlauf

Zeit (Monate)	0,03		0,06		0,35		1,00		3,00		6,00		12,00	
	Pat.	Aug.	Pat.	Aug.	Pat.	Aug.	Pat.	Aug.	Pat.	Aug.	Pat.	Aug.	Pat.	Aug.
<b>Nachblutung</b>	30	32	14	15	3	3	5	5	1	1	0	0	0	0
<b>aufgewirbeltes Blut</b>	14	15	8	8	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Hyphäma</b>	15	15	6	6	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>subkonjunktivale Blutung</b>	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
<b>Korneaödem</b>	9	9	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>zystoides Makulaödem</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	3	3	0	0
<b>Korneaepithel-erosion</b>	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Schmerzen</b>	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0

(Pat. = Patienten, Aug. = Augen)

**Table 11.** Gesamtanzahl der Augen/Patienten mit postoperativen Komplikationen

Veranschaulichung der Häufigkeit postoperativer Komplikationen im zeitlichen Verlauf.

Die Komplikationsrate war am ersten postoperativen Tag am höchsten und nahm im weiteren Verlauf der Nachbeobachtungszeit kontinuierlich ab.

Blutungsereignisse traten innerhalb der ersten postoperativen Woche am häufigsten auf. Nach dem dritten postoperativen Monat konnte bei keinem Auge/Patienten eine Blutung mehr nachgewiesen werden.

Korneaödeme konnten nur bis zum ersten postoperativen Monat dokumentiert werden, während Korneaepithelerosionen ausschließlich innerhalb der ersten postoperativen Woche auftraten. Ein Schmerzempfinden wurde von Patienten ebenfalls nur bis zum ersten postoperativen Monat angegeben.

Zystoide Makulaödeme zeigten sich vereinzelt sowohl zwischen dem ersten und dritten als auch zwischen dem dritten und sechsten postoperativen Monat.

Nach dem sechsten postoperativen Monat konnten bei keinem Auge/Patienten Komplikationen mehr festgestellt werden.

### **4.3. Folgeoperationen**

Lediglich bei n=1 Auge/ n=1 Patient (1,6%) musste nach vierzehn Monaten eine TE + Mito durchgeführt werden, da der intraokulare Druck mithilfe der Phako-Kahook-Trabekulotomie nicht ausreichend gesenkt werden konnte. Zusätzlich entwickelte n=1 Auge/ n=1 Patient (1,6%) eine epiretinale Gliose infolge der Phako-Kahook-Trabekulotomie. Daraufhin erfolgte nach dem zwölften postoperativen Monat eine Pars-Plana-Vitrektomie am betroffenen Auge.

## 5. Diskussion

Diese retrospektive Arbeit untersuchte, ob eine signifikante Senkung des intraokularen Drucks mithilfe der Phako-Kahook-Trabekulotomie unter möglichst geringem Einsatz drucksenkender Medikation und geringer Komplikationsrate erreicht werden konnte.

Es erfolgte dahingehend eine retrospektive Datenauswertung von n=78 Augen von n=61 konsekutiven Patienten, die im Jahr 2017 operiert und anhand von ausgewählten Parametern in einem Beobachtungszeitraum von bis zu vierundzwanzig Monaten untersucht wurden.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden Patienten mit fortgeschrittenen Glaukomerkrankungen und dementsprechend hohen Ausgangsdruckwerten betrachtet.

Die Auswertung der postoperativen Ergebnisse zeigte, dass das Verfahren der Phako-Kahook-Trabekulotomie zu einer signifikanten Senkung des intraokularen Drucks geführt hat. Dieses Ergebnis wurde unter zusätzlicher Reduzierung von systemischer und lokaler Medikation erzielt.

Komplette Misserfolge konnten lediglich bei n=2 Augen/ n=2 Patienten (3,3%) festgestellt werden, da bei beiden Augen/Patienten eine zusätzliche Operation nach Phako-Kahook-Trabekulotomie notwendig wurde.

Trotz hoher Ausgangswerte ließ sich der intraokulare Druck im präoperativen Vergleich innerhalb von vierundzwanzig Monaten um ca. 27,4% im Mittelwert reduzieren. Bereits ab dem ersten postoperativen Tag zeigte sich eine signifikante Drucksenkung, die bis auf geringfügige Schwankungen innerhalb des postoperativen Beobachtungszeitraums langfristig stabil gehalten werden konnte.

Der Fernvisus konnte sich zwischen den präoperativen und letzten postoperativen Messungen durch die in Kombination durchgeführte Phakoemulsifikation signifikant verbessern.

Zum Zeitpunkt der letzten postoperativen Kontrolle konnte bei 68,9% der Augen/Patienten ein höherer Fernvisus als vor der Operation gemessen werden.

Vorübergehende Verschlechterungen des intraokularen Drucks und/oder des Fernvisus waren auf postoperative Komplikationen, in den meisten Fällen Blutungsereignisse oder Korneaödeme, zurückzuführen. Die Komplikationen waren jedoch von geringem Ausmaß und ließen sich in den meisten Fällen innerhalb der ersten postoperativen Monate vollständig beheben.

Die drucksenkenden Medikamente konnten durch die Phako-Kahook-Trabekulotomie zwar nicht vollständig abgesetzt, jedoch größtenteils reduziert werden. Eine Behandlung mit systemischen Carboanhydrasehemmern war nach dem ersten postoperativen Monat bei keinem Auge/Patienten mehr notwendig.

Mithilfe der Phako-Kahook-Trabekulotomie konnte sowohl der intraokulare Druck, als auch der Fernvisus, bei niedriger Komplikationsrate und Reduktion der Medikation innerhalb von vierundzwanzig Monaten signifikant verbessert werden.

## 5.1. Kontraindikationen der Operation

Das Verfahren der Kahook-Trabekulotomie ist nicht geeignet für Patienten, bei denen der intraokulare Druck unter den episkleralen Venendruck gesenkt werden muss<sup>227,228</sup>.

Dies ist darauf zurückzuführen, dass der intraokulare Druck durch den Druckgradienten zwischen dem episkleralen Venendruck und dem intraokularen Druck sowie dem Verhältnis zwischen Produktion und Abfluss des Kammerwassers bestimmt wird<sup>229,230</sup>. Der intraokulare Druck liegt physiologisch über dem episkleralen Venendruck<sup>231</sup>. Da die episkleralen Venen den distalen Teil des Kammerwasserabflusssystem bilden, kann der intraokulare Druck nicht unter den episkleralen Venendruck verringert werden<sup>232</sup>.

Zur Diskussion bleibt, inwieweit die Phako-Kahook-Trabekulotomie ein Risiko für antikoagulierte Patienten aufgrund der erhöhten Blutungsgefahr darstellt. Derzeit gibt es nur wenige evidenzbasierte Daten zum Umgang mit dem intra- und postoperativen Blutungsrisiko bei Patienten unter Vitamin-K-Antagonisten oder Thrombozytenaggregationshemmern<sup>233,234</sup>.

Die vorliegende Arbeit bietet keine ausreichenden Erkenntnisse, um Aussagen zum Umgang mit Thrombozytenaggregationshemmern zu treffen.

Dennoch deutet diese Arbeit darauf hin, dass ein zeitweises Absetzen der Thrombozytenaggregationshemmer nicht notwendig ist, da es keine klaren Unterschiede gab abhängig davon, ob diese abgesetzt wurden oder nicht.

## 5.2. Intraokularer Druck

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigten, dass der intraokulare Druck mithilfe der Kahook-Trabekulotomie in Kombination mit einer Phakoemulsifikation über einen Zeitraum von bis zu vierundzwanzig Monaten um durchschnittlich 27,4% gesenkt wurde.

Derzeitige Studien sind mit diesen Resultaten vergleichbar<sup>177,179-183,188</sup>. In der Literatur beschränken sich die meisten Untersuchungen jedoch auf eine Nachbeobachtungszeit von sechs bis maximal zwölf Monaten<sup>177,179-183,188</sup>.

Die Datenauswertung zeigte bereits ab dem ersten postoperativen Tag eine signifikante Verbesserung des intraokularen Drucks, was durch aktuelle Studien bestätigt wird<sup>177-182</sup>. Im Verlauf der postoperativen Beobachtungszeit von bis zu vierundzwanzig Monaten veränderte sich der intraokulare Druck nicht signifikant und blieb auf einem konstanten Niveau. Allerdings konnte ein signifikanter Unterschied zwischen den letzten postoperativen und den präoperativen Messwerten eines jeden Auges/Patienten festgestellt werden.

Gegenwärtige Untersuchungen zeigen vergleichbare Ergebnisse, wonach die Drucksenkung während der Nachbeobachtungszeit bis zu zwölf Monate anhielt<sup>180,182,183</sup>.

Worauf die Reduzierung des intraokularen Drucks zurückzuführen ist, konnte noch nicht abschließend geklärt werden. Es können nur Vermutungen aufgestellt werden, welche die Verbesserung des intraokularen Drucks mithilfe der Phako-Kahook-Trabekulotomie erklären. Studien vermuten, dass die Drucksenkung durch die Exzision des Trabekelmaschenwerks über einen Quadranten begründet ist, wodurch der Kammerwasserabfluss verbessert werden kann<sup>177,178,182,185,188,190</sup>. Das umliegende Gewebe wird dabei verschont und ist weniger risikobehaftet für Entzündungsprozesse<sup>182,190</sup>. Der intraokulare Druck kann bekanntermaßen auch durch eine Phakoemulsifikation, als eigenständiges Verfahren, gesenkt werden<sup>178,180,235,236</sup>. Wird die Kahook-Trabekulotomie kombiniert mit der Kataraktoperation durchgeführt, kann angenommen werden, dass die Verbesserung des intraokularen Drucks insgesamt auf eine Kombination beider Effekte zurückzuführen ist.

Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigten, dass der intraokulare Druck bei den Augen/Patienten mit höheren Ausgangsdruckwerten stärker verringert werden konnte als im Vergleich zu denjenigen mit niedrigeren Ausgangsdruckwerten.

Bei allen Augen/Patienten mit präoperativen Druckwerten über 20,0 mmHg (n=31 Augen/ n=26 Patienten) konnte der intraokulare Druck postoperativ gesenkt werden. Die durchschnittliche Verbesserung zum Zeitpunkt der letzten postoperativen Kontrolle lag bei 11,3±5,8 mmHg (41,9%). Eine Senkung des intraokularen Drucks bei Ausgangswerten unter 20,0 mmHg konnte bei n=42 Augen/ n=37 Patienten (60,7%) erreicht werden.

Zum Zeitpunkt der letzten postoperativen Kontrolle konnte bei n=15 Augen/ n=15 Patienten (24,6%) ein Druckanstieg festgestellt werden, während die intraokularen Druckwerte bei n=4 Augen/ n=4 Patienten (6,6%) unverändert blieben.

Ähnliche Ergebnisse zeigen mehrere Studien, in denen sich der intraokulare Druck bei 3,0-32,0% der Augen/ Patienten postoperativ erhöhte<sup>177,179,180,182,202,205-207</sup>.

Als mögliche Ursache wird ein Zusammenhang zwischen steroidinduzierten Reaktionen und erhöhten Druckwerten nach erfolgter Operation vermutet<sup>189</sup>.

Darüber hinaus deuten einige Untersuchungsergebnisse darauf hin, dass Patienten mit höheren Ausgangsdruckwerten von der Phako-Kahook-Trabekulotomie in Bezug auf die Drucksenkung tendenziell stärker profitieren<sup>178,185,189</sup>.

Auch wenn die Phako-Kahook-Trabekulotomie zur Senkung des intraokularen Drucks durchgeführt wird, zielt die Behandlung bei den meisten Patienten mit niedrigen Druckwerten in erster Linie auf die Medikamentenreduktion ab<sup>178,180,183</sup>. Bei Patienten mit hohen Ausgangsdruckwerten steht hingegen primär die Senkung des intraokularen Drucks im Vordergrund<sup>178,180,183</sup>.

Letztendlich sind die Messungen des intraokularen Drucks jedoch nur Stichprobenmessungen, die als Momentaufnahme gewertet werden können<sup>56,237-241</sup>.

Der intraokulare Druck unterliegt jedoch Schwankungen. So kann präoperativ ein hypotoner intraokularer Druck gemessen werden, obwohl die 24-Stunden-Überwachung deutlich höhere Druckwerte zeigt.

Diese Variabilität erschwert es, das Outcome der Phako-Kahook-Trabekulotomie in Bezug auf den intraokularen Druck objektiv und einheitlich bewerten zu können.

### **5.2.1. Vergleich drucksenkender Verfahren**

Studien zufolge kann der intraokulare Druck mithilfe der Phako-Kahook-Trabekulotomie im Durchschnitt um 40-46% gesenkt werden<sup>189</sup>. Die Ergebnisse der Collaborative Initial Glaucoma Treatment Study zeigen, dass die intraokulare Drucksenkung bei der Phako-Kahook-Trabekulotomie prozentual mit der der Trabekulektomie ab externo vergleichbar ist (44-48%)<sup>242</sup>. Im Vergleich zu filtrierenden Eingriffen zeichnet sich die Phako-Kahook-Trabekulotomie durch ein günstiges Sicherheitsprofil aus<sup>189</sup>. Zusätzlich wird auf die Bildung eines Filterkissens verzichtet, wodurch Risiken, wie Hypotonien und Infektionen, vermieden werden können<sup>183,195</sup>.

Ein entscheidender Vorteil der Kahook-Trabekulotomie, im Vergleich zur filtrierenden Glaukomchirurgie, ist außerdem die Kombinierbarkeit mit der Phakoemulsifikation<sup>185,188</sup>. Insbesondere Patienten mit vorgeschädigter Kornea oder mangelnder Adhärenz bei der Medikamenteneinnahme profitieren vom kombinierten Eingriff der Phako-Kahook-Trabekulotomie<sup>185</sup>.

Die Senkung des intraokularen Drucks mithilfe der Phako-Kahook-Trabekulotomie ist auch mit derjenigen nach mikroinvasiver Glaukomchirurgie (MIGS) vergleichbar<sup>189,202,243,244</sup>.

Laut Oberfeld et al. sollte die Phako-Kahook-Trabekulotomie im Vergleich zum Phako-Hydrus als MIGS-Verfahren aufgrund des geringeren Komplikationsrisikos sogar bevorzugt durchgeführt werden<sup>244</sup>. Bei der Phako-Kahook-Trabekulotomie wird kein dauerhaftes Implantat in das Auge eingesetzt, wodurch die damit verbundenen Risiken, vermieden werden können<sup>202,245-247</sup>.

MIGS werden insbesondere bei Patienten in einem initialen bis mittleren Stadium der Glaukomerkrankung eingesetzt<sup>149,185,248</sup>. Die Phako-Kahook-Trabekulotomie kann jedoch auch bei Patienten mit fortgeschrittenem Krankheitsstadium zu einer effektiven Senkung des intraokularen Drucks führen<sup>181,188</sup>.

In der Literatur vergleichen einige Studien die Wirksamkeit der Phako-Kahook-Trabekulotomie mit anderen drucksenkenden Verfahren<sup>179,183,184,205,206,242</sup>. Studien zufolge kann die intraokulare Drucksenkung mithilfe der Phako-Kahook-Trabekulotomie auch mit der des Trabektoms verglichen werden<sup>185,249</sup>. Allerdings deutet die Studie von Ahuja et al. darauf hin, dass eine Senkung des intraokularen Drucks unter 18,0 mmHg bzw. um mehr als 20,0% nach

einer Trabektomoperation bei Patienten selten festgestellt wird<sup>250</sup>. Die Studie kam zu dem Ergebnis, dass eine Trabektomoperation für Patienten mit niedrigeren Ausgangsdruckwerten tendenziell vorteilhafter ist<sup>250</sup>.

### 5.3. Fernvisus

Die in dieser Arbeit definierten Erfolgsparameter eines stabilen oder verbesserten Fernvisus konnten bei n=63 Augen/ n=52 Patienten (85,2%) erreicht werden. Bereits ab der ersten postoperativen Woche zeigte sich eine Verbesserung des mittleren Fernvisus, die jedoch nicht statistisch signifikant war. Im weiteren Verlauf des Beobachtungszeitraums verbesserte sich der Fernvisus kontinuierlich. Lediglich die letzten postoperativen Messwerte des Fernvisus unterschieden sich signifikant von den präoperativen.

Damit kann die Phako-Kahook-Trabekulotomie zur Stabilisierung und Verbesserung des Fernvisus beitragen, was auch durch Studien bestätigt wird<sup>180,182,220,251-255</sup>.

Die Follow-up-Dauer liegt bei den meisten Studien jedoch nur bei sechs bis maximal zwölf Monaten<sup>180,182,220,252,253</sup>. Untersuchungen über einen Nachbeobachtungszeitraum von bis zu drei Jahren wurden nur in zwei Studien durchgeführt<sup>254,255</sup>. Derzeit existieren lediglich zwei Studien, die die Veränderung des Fernvisus nach Kahook-Trabekulotomie oder in Kombination mit der Phakoemulsifikation über einen Zeitraum von fünf bzw. sechs Jahren untersucht haben<sup>256,257</sup>.

Langfristig zeigte die Phako-Kahook-Trabekulotomie in beiden Studien bessere Ergebnisse hinsichtlich des Fernvisus als das isolierte Verfahren<sup>256,257</sup>. In beiden Studien wurde festgestellt, dass sich der Fernvisus nach alleiniger Kahook-Trabekulotomie zu keinem Nachbeobachtungszeitpunkt signifikant veränderte und über fünf bzw. sechs Jahre stabil blieb<sup>256,257</sup>. Laut der Studie von Vasu et al. konnte der Fernvisus durch die Kahook-Trabekulotomie in Kombination mit der Phakoemulsifikation jedoch über vier Jahre lang signifikant verbessert werden<sup>256</sup>. Ab dem fünften postoperativen Jahr konnte keine signifikante Veränderung des Fernvisus mehr nachgewiesen werden<sup>256</sup>. Dieser Ergebnistrend wird durch eine altersbedingte Makuladegeneration und eine diabetische Retinopathie im Rahmen der Studie erklärt<sup>258-260</sup>.

In der Studie von Wagner et al. wurde jährlich ein signifikanter Anstieg des Fernvisus nach erfolgter Phako-Kahook-Trabekulotomie über einen Zeitraum von fünf Jahren festgestellt<sup>257</sup>.

In der Literatur sind jedoch auch Patientenfälle dokumentiert, in denen sich der Fernvisus verschlechtert hat<sup>182,200,261</sup>. Allerdings beschränkt sich die Verminderung des Fernvisus in den Studien auf eine geringe Anzahl von Patienten<sup>182,200,261</sup>.

In der Literatur wird die Verringerung des Fernvisus in den ersten Tagen nach der Operation mit einer postoperativen Blutung in Zusammenhang gebracht<sup>262,263</sup>. Dabei gilt es, zwischen

einem Mikrohyphäma im Sinne einer Reflexblutung und einem Hyphäma zu unterscheiden, wobei ersteres laut Studien meist keinen Einfluss auf den postoperativen Fernvisus hat<sup>204</sup>.

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit zeigte sich zu keinem Untersuchungszeitpunkt ein signifikanter Unterschied im Fernvisus zwischen der Patientengruppe mit und ohne postoperative Komplikationen, einschließlich Blutungsereignissen.

#### **5.4. Postoperative Komplikationen**

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigten, dass postoperative Komplikationen im Zusammenhang mit der Phako-Kahook-Trabekulotomie aufgetreten sind. Im Rahmen des postoperativen Verlaufs waren diese Komplikationen zu erwarten und verliefen ohne klinisch relevante Folgen.

Die meisten Komplikationen traten innerhalb des ersten postoperativen Tages auf. Während des weiteren postoperativen Verlaufs sank die Komplikationsrate kontinuierlich. Nach dem sechsten postoperativen Monat konnten keine Komplikationen mehr beobachtet werden.

Postoperative Komplikationen wurden am häufigsten in Form von Blutungen beobachtet, was auch in zahlreichen Studien berichtet wird<sup>181,182,185,200,208,264</sup>. Die Blutungen zeigten sich insbesondere am ersten postoperativen Tag<sup>182,185,213</sup>. Während des postoperativen Verlaufs löste sich die Blutung bei allen betroffenen Augen/Patienten vollständig auf. Studien konnten diese Beobachtung ebenfalls bestätigen<sup>181,182,187</sup>.

Blutungsereignisse wurden entsprechend der Blutmenge in der Vorderkammer kategorisch eingeteilt. Dabei wurden die Kategorien Hyphäma, aufgewirbeltes Blut und einfache Blutung unterschieden.

Die Differenzierung zwischen aufgewirbeltem Blut und einem Hyphäma ist jedoch kritisch zu bewerten, da zirkulierende Erythrozyten streng genommen ein mikroskopisches Hyphäma darstellen<sup>265,266</sup>.

Die Klassifizierung des Hyphämas entsprechend der Blutmenge in der Vorderkammer sollte ebenfalls diskutiert werden<sup>267</sup>. Streng genommen bezieht sich diese Klassifikation auf traumatische Hyphämen<sup>267</sup>.

Im Rahmen der Datenerhebung wurden alle Patientenfälle dokumentiert, bei denen eine erneute Blutung aufgetreten ist.

Rezidivierende Blutungen konnten insbesondere während der ersten postoperativen Woche und des ersten postoperativen Monats festgestellt werden. Bei n=2 Augen/ n=1 Patienten (1,6%) entwickelte sich innerhalb des zweiten postoperativen Tages eine Blutung, obwohl am ersten postoperativen Tag noch keine vorhanden war.

Blutungsrezidive werden hinsichtlich ihrer Prognose kritisch eingeschätzt, da sie oft stärker als initiale Blutungen auftreten<sup>268-270</sup>. Gleichzeitig steigt das Risiko weiterer Komplikationen, wie beispielsweise eine Erhöhung des intraokularen Drucks<sup>268-270</sup>. Rezidivierende Blutungen nach ophthalmochirurgischen Eingriffen werden in der Literatur mit einer Häufigkeit zwischen 3,0% und 35,0% beschrieben<sup>267,271-279</sup>.

Ob Patienten mit rezidivierenden Blutungen aufgrund des erhöhten Komplikationsrisikos häufiger hätten nachuntersucht werden müssen, bleibt zu diskutieren. Ein engeres Kontrollintervall hätte eine bessere Betreuung ermöglicht, sodass weitere Komplikationen frühzeitig hätten erkannt und behandelt werden können.

Neben Blutungsereignissen traten Hornhautödeme postoperativ am häufigsten auf.

Andere Studien bestätigen diese Resultate<sup>216,261,280,281</sup>.

Hornhautödeme wurden überwiegend in der ersten postoperativen Woche festgestellt, was auch in anderen Untersuchungen gezeigt wird<sup>261,280,281</sup>.

Zystoide Makulaödeme konnten nur bei wenigen Patienten zwischen dem ersten und dritten postoperativen Monat beobachtet werden. In der Literatur werden zystoide Makulaödeme jedoch häufig als Komplikation im Zusammenhang mit der Phako-Kahook-Trabekulotomie beschrieben<sup>200,216,282,283</sup>.

Im Rahmen der Operation ist eine gewisse Entzündungsreaktion zu erwarten, die zystoide Makulaödeme begünstigen kann<sup>284</sup>.

In der Literatur werden zystoide Makulaödeme infolge einer Phakoemulsifikation beschrieben<sup>285-287</sup>. Studien verwenden hierbei häufig den Begriff pseudophakisches zystoides Makulaödem oder Irvine-Gass-Syndrom<sup>288-290</sup>. Bei einer Phakoemulsifikation kann die Blut-Retina-Schranke beeinträchtigt werden, sodass eine Transudatansammlung und somit ein zystoides Makulaödem entstehen kann<sup>287,291</sup>.

In der Studie von Sieck et al. wurden die Auswirkungen der Kahook-Trabekulotomie sowohl als alleinige Prozedur als auch in Kombination mit der Phakoemulsifikation untersucht<sup>182</sup>.

Ein zystoides Makulaödem konnte im postoperativen Verlauf jedoch nur bei Patienten festgestellt werden, die kombiniert operiert wurden<sup>182</sup>. Die Studie von Ventura-Abreu et al. konnte diese Beobachtung bestätigen<sup>216</sup>.

Zusätzlich untersuchten einige Studien den Einfluss von Prostaglandin-Analoga auf zystoide Makulaödeme<sup>292,293</sup>.

In dieser Arbeit wurde festgestellt, dass die Patienten mit einem zystoiden Makulaödem zuvor mit Prostaglandin-Analoga im Rahmen der Glaukomtherapie behandelt wurden.

Ein Zusammenhang zwischen Prostaglandin-Analoga und zystoiden Makulaödem lässt sich jedoch durch die geringe Anzahl an Patientenfällen nicht eindeutig feststellen.

Andererseits können weitere Faktoren die Entstehung eines zystoiden Makulaödems beeinflussen. Die Einflussfaktoren auf zystoide Makulaödeme wurden noch nicht ausreichend untersucht.

Deshalb sollten weiterführende Studien durchgeführt werden, um die Zusammenhänge abschließend zu klären.

Studien zufolge berichten Patienten auch über Schmerzen und Reizungen des Auges nach einer Phako-Kahook-Trabekulotomie<sup>180</sup>. Postoperative Schmerzen traten im Rahmen dieser Arbeit nur in wenigen Einzelfällen auf.

Neben den bereits benannten Komplikationen werden unter anderem Trübungen der hinteren Linsenkapsel, vordere Synechien, Iridodialysen und Descemet-Risse im Zusammenhang mit der Phako-Kahook-Trabekulotomie beschrieben<sup>177,180,294</sup>. Bei keiner der Patienten dieser Arbeit konnten diese Formen postoperativer Komplikationen festgestellt werden.

Komplikationen infolge der Phako-Kahook-Trabekulotomie sind derzeit noch nicht ausreichend untersucht. Es wird angenommen, dass die postoperativen Risiken und Komplikationen mit denen einer Trabektomoperation vergleichbar sind<sup>180</sup>.

Studien zufolge ist der Eingriff mit dem Kahook Dual Blade jedoch anfälliger für intraoperative Komplikationen, verglichen zum Trabektom<sup>187</sup>. Grund dafür ist das erhöhte Blutungsrisiko aus der Irisbasis<sup>187</sup>.

Teilweise kommt es zwangsläufig zu Blutungen aus der Irisbasis, da das Kahook Dual Blade Zugbewegungen auf das Trabekelmaschenwerk ausübt<sup>187</sup>. In diesem Zusammenhang spielt jedoch auch die individuelle Anatomie des Kammerwinkels eine Rolle<sup>187</sup>.

Für die Behandlung postoperativer Blutungen wird Bettruhe, eine aufrechte Positionierung des Kopfes und eine medikamentöse Therapie empfohlen<sup>270</sup>.

In einigen Studien wird der Regulierung des episkleralen Venendrucks zur Reduktion postoperativer Blutungen eine entscheidende Rolle zugespielt.<sup>295</sup>

Hilfreiche Methoden können hierbei das Vermeiden eines Valsalva-Manövers oder aber das Vermeiden des Absenken des Kopfes unterhalb der Herzhöhe darstellen<sup>295</sup>.

Derzeit existiert jedoch keine allgemein anerkannte Leitlinie zur Therapie postoperativer Blutungen im Rahmen der Phako-Kahook-Trabekulotomie, insbesondere, wenn es um die Häufigkeit und die Dauer der Nachsorge geht. Außerdem finden sich in der Literatur überwiegend veraltete, multizentrische Studien zu dieser Thematik, die nicht unbedingt den aktuellen Behandlungsstrategien entsprechen<sup>267,271-273,275,296</sup>.

Inwieweit Komplikationen, wie postoperative Blutungen, den Erfolg der Phako-Kahook-Trabekulotomie langfristig beeinflussen, bleibt zurzeit noch unklar.

Da die Blutungsereignisse im Rahmen dieser Arbeit nur von kurzer Dauer waren, können die langfristigen Auswirkungen auf das Operationsergebnis eher begrenzt eingeschätzt werden. In diesem Zusammenhang sollte auch das Ausmaß der Blutung berücksichtigt werden, um relevante von weniger relevanten Blutungsereignissen zu unterscheiden.

Auf Grundlage der aktuellen Erkenntnisse sollten Patienten nach erfolgter drucksenkender Operation für einen Zeitraum von mindestens fünf bis vierzehn Tagen nachbeobachtet werden<sup>297</sup>.

Grund dafür ist die höhere Blutungsgefahr und die Notwendigkeit von möglicherweise aggressiveren Behandlungsverfahren<sup>297</sup>.

## **5.5. Folgeoperationen**

Weitere Eingriffe nach erfolgter Phako-Kahook-Trabekulotomie waren innerhalb von vierundzwanzig Monaten bei n=2 Augen/ n=2 Patienten (3,3%) notwendig.

Eine TE + Mito wurde aufgrund mangelnder Drucksenkung nach vierzehn Monaten vorgenommen. In einem anderen Patientenfall musste eine Pars-Plana-Vitrektomie infolge einer epiretinalen Gliose durchgeführt werden.

In der Literatur werden Folgeeingriffe zur Drucksenkung nach erfolgter Phako-Kahook-Trabekulotomie beschrieben<sup>189</sup>. Die Misserfolgsrate nach Phako-Kahook-Trabekulotomie liegt bei 2,0% bis 22,0%, wobei Patienten mit höheren Ausgangsdruckwerten und fortgeschrittener Glaukomerkrankung häufiger von Reoperationen betroffen sind<sup>181,185,200,206,208,298</sup>.

## **5.6. Limitationen der vorliegenden Arbeit**

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit tragen zur Klärung der Frage bei, ob die Phako-Kahook-Trabekulotomie eine Senkung des intraokularen Drucks im Langzeitverlauf erreichen kann. Dennoch sind bestimmte Einschränkungen der Arbeit zu berücksichtigen, insbesondere wenn es um die Aussagekraft und Generalisierbarkeit der Ergebnisse geht.

Zum einen stellt das retrospektive Beobachtungsdesign eine Einschränkung dar, zumal die Datenerhebung unvollständig oder fehlerhaft gewesen sein kann. Relevante Daten können sowohl durch die unterschiedliche Dokumentationsqualität der Behandler fehlen, als auch bei der Aufbereitung der Tabelle für die statistische Auswertung übersehen worden sein.

Kritisch zu bewerten ist auch der Einfluss der wechselnden Operateure und deren Vorgehensweisen bei der Durchführung der Phako-Kahook-Trabekulotomie. Die Behandler können sich hinsichtlich ihrer Erfahrung und Routine im Rahmen des Eingriffs unterscheiden, was sich wiederum auf die Wirksamkeit und Sicherheit des Verfahrens auswirkt.

Die Unterschiede spiegeln sich auch in den Nachsorgekonzepten wider. So variieren die Strategien von Behandler zu Behandler, wenn es beispielsweise um die Einstellung und

Anpassung des postoperativen Medikamentenplans geht. Definierte Kriterien im Rahmen des Medikationsmanagements sind nicht festgelegt worden.

Durch die individuellen Vorgehensweisen eines jeden Behandlers kann die Vergleichbarkeit der erhobenen Daten beeinflusst worden sein.

Ein weiterer Aspekt, den es kritisch zu bewerten gilt, ist die Größe der Patientenkohorte.

Da nicht alle Patienten zu jeder Kontrolluntersuchung erschienen sind, variierte die Verfügbarkeit der auszuwertenden Daten teilweise stark. Eine vollständige Datenauswertung über den gesamten Beobachtungszeitraum hinweg war bei einigen Patienten nicht möglich. Dadurch wurde die statistische Auswertung der Daten beeinflusst, was potenziell zu einer Verzerrung der Ergebnisse geführt haben könnte.

Das postoperative Untersuchungsintervall kann ebenfalls kritisch betrachtet werden.

Neben den vorab definierten Zeitpunkten hätten zusätzliche Kontrolluntersuchungen nach beispielsweise zwei oder drei postoperativen Wochen berücksichtigt werden können.

Dadurch wäre es möglich gewesen, zusätzliche Informationen, wie kurzfristige Tensioanstiege, in die Datenauswertung einzubeziehen. Druckschwankungen, Komplikationen oder Reaktionen auf Änderungen bestimmter Medikamente können potenziell auch zwischen den festgelegten Beobachtungszeitpunkten auftreten und dadurch nicht erfasst werden.

Zu diskutieren bleibt auch der Vergleich der präoperativen Werte mit den zuletzt dokumentierten Messungen des Fernvisus und intraokularen Drucks eines jeden Auges/Patienten. Der Zeitpunkt der letzten postoperativen Kontrolluntersuchung weicht bei vielen Patienten voneinander ab, wodurch der direkte Vergleich mit den präoperativen Werten nur bedingt aussagekräftig ist.

Die vorliegende Arbeit kann auch hinsichtlich der fehlenden Vergleichsgruppe kritisch bewertet werden. Da bei der Phako-Kahook-Trabekulotomie zwei Verfahren kombiniert durchgeführt wurden, kann der drucksenkende Effekt der Operation nicht eindeutig auf die Kahook-Trabekulotomie zurückgeführt werden. Eine Senkung des intraokularen Drucks wird in der Literatur auch durch die Phakoemulsifikation allein belegt<sup>178,180,235,236</sup>.

Inwieweit die Phakoemulsifikation und die Kahook-Trabekulotomie den intraokularen Druck isoliert beeinflussen, konnte auf der Grundlage des vorliegenden Studiendesigns nicht bewertet werden. Dafür wäre ein direkter Vergleich beider Verfahren notwendig gewesen.

Ein weiterer Aspekt, den es zu diskutieren gilt, ist der Einschluss der zu untersuchenden Parameter. So wurden morphologische Veränderungen des Sehnervs im Rahmen der Datenerhebung nicht berücksichtigt. Eine fortschreitende Schädigung des Sehnervs kann jedoch auch dann auftreten, wenn die intraokularen Druckwerte im Normbereich liegen. Die Prognose der Glaukomerkrankung wird schließlich nicht nur durch den intraokularen Druck, sondern auch durch den Erhalt des Gesichtsfelds bestimmt. Ob die beobachtete Senkung des

intraokularen Drucks mit einer Stabilisierung der Glaukomerkrankung einhergegangen ist, bleibt somit offen.

### **5.7. Zusammenfassung**

Insgesamt sollte festgehalten werden, dass die Phako-Kahook-Trabekulotomie bei Patienten mit fortgeschrittenem Glaukom und ausgereizter Glaukomtherapie eine erfolgreiche drucksenkende Methode mit geringem Komplikationsprofil darstellt. Obwohl postoperativ in den meisten Fällen keine Tropfenfreiheit erreicht werden konnte, wurde die medikamentöse Glaukomtherapie bei fast allen Patienten gesenkt. Die Kombination der Kahook-Trabekulotomie mit der Phakoemulsifikation erlaubt einen einzeitigen Eingriff, der bei den meisten Patienten von einer Visusverbesserung begleitet war. Die bisherige Analyse des Verfahrens ist vielversprechend, doch ist eine weitere Beobachtung der Patienten erforderlich, um die Auswirkungen auch nach mehr als vierundzwanzig Monaten zuverlässig beurteilen zu können.

## 6. Literaturverzeichnis

1. Nazimul H, Rohit K, Anjli H. Trend of retinal diseases in developing countries. *Expert Review of Ophthalmology* 2008; **3**(1): 43-50.
2. Boyle JP, Thompson TJ, Gregg EW, Barker LE, Williamson DF. Projection of the year 2050 burden of diabetes in the US adult population: dynamic modeling of incidence, mortality, and prediabetes prevalence. *Population health metrics* 2010; **8**(1): 1-12.
3. Bertram B, Gante C, Hilgers R-D. Die Patientenpopulation der augenärztlichen Praxen in Deutschland: Alter, Geschlecht und Diagnosen. *DMW-Deutsche Medizinische Wochenschrift* 2012; **137**(33): 1629-34.
4. Rattay P, Butschalowsky H, Rommel A, et al. Utilization of outpatient and inpatient health services in Germany: results of the German Health Interview and Examination Survey for Adults (DEGS1). *Bundesgesundheitsblatt-Gesundheitsforschung-Gesundheitsschutz* 2013; **56**: 832-44.
5. Seifert R. Arzneistoffe zur Behandlung von Augenerkrankungen. *Basiswissen Pharmakologie*: Springer; 2021: 415-24.
6. Wang JJ, Mitchell P, Smith W, Cumming RG, Attebo K. Impact of visual impairment on use of community support services by elderly persons: the Blue Mountains Eye Study. *Investigative ophthalmology & visual science* 1999; **40**(1): 12-9.
7. Cherinet FM, Tekalign SY, Anbesse DH, Bizuneh ZY. Prevalence and associated factors of low vision and blindness among patients attending St. Paul's Hospital Millennium Medical College, Addis Ababa, Ethiopia. *BMC ophthalmology* 2018; **18**: 1-6.
8. Grehn F. Glaukom. *Augenheilkunde* 2008: 295-318.
9. Cook C, Foster P. Epidemiology of glaucoma: what's new? *Canadian Journal of Ophthalmology* 2012; **47**(3): 223-6.
10. 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**(11): 2081-90.
11. Susanna R, De Moraes CG, Cioffi GA, Ritch R. Why do people (still) go blind from glaucoma? *Translational vision science & technology* 2015; **4**(2): 1-.
12. Kremmer S, Anastassiou G, Selbach J. Hörstörungen bei Glaukom. *Laryngo-Rhino-Otologie* 2016; **95**(11): 755-61.
13. Sun Y, Chen A, Zou M, et al. Time trends, associations and prevalence of blindness and vision loss due to glaucoma: an analysis of observational data from the Global Burden of Disease Study 2017. *BMJ open* 2022; **12**(1): e053805.
14. Causes of blindness and vision impairment in 2020 and trends over 30 years, and prevalence of avoidable blindness in relation to VISION 2020: the Right to Sight: an analysis for the Global Burden of Disease Study. *Lancet Glob Health* 2021; **9**(2): e144-e60.

15. Wolfram C, Pfeiffer N. Weißbuch zur Situation der ophthalmologischen Versorgung in Deutschland. *Deutsche Ophthalmologische Gesellschaft, München* 2012.
16. Seifert R, Seifert R. Ophthalmika. *Basiswissen Pharmakologie* 2018: 357-65.
17. Prokosch-Willing V. Neue Ansätze für die Glaukombehandlung. *Kompass Ophthalmologie* 2021; **7**(2): 45-6.
18. Foster PJ, Baasanhu J, Alsbirk PH, Munkhbayar D, Uranchimeg D, Johnson GJ. Glaucoma in Mongolia: a population-based survey in Hövsgöl Province, northern Mongolia. *Archives of ophthalmology* 1996; **114**(10): 1235-41.
19. Buhrmann RR, Quigley HA, Barron Y, West SK, Oliva MS, Mmbaga BB. Prevalence of glaucoma in a rural East African population. *Investigative ophthalmology & visual science* 2000; **41**(1): 40-8.
20. Dandona L, Dandona R, Mandal P, et al. Angle-closure glaucoma in an urban population in southern India: the Andhra Pradesh Eye Disease Study. *Ophthalmology* 2000; **107**(9): 1710-6.
21. Foster PJ, Oen FT, Machin D, et al. The prevalence of glaucoma in Chinese residents of Singapore: a cross-sectional population survey of the Tanjong Pagar district. *Archives of ophthalmology* 2000; **118**(8): 1105-11.
22. HA Q. The prevalence of glaucoma in a population-based study of Hispanic subjects. *Proyecto VER Arch Ophthalmol* 2001; **119**: 1919-826.
23. Bourne R, Sukudom P, Foster P, et al. Prevalence of glaucoma in Thailand: a population based survey in Rom Klao District, Bangkok. *The British Journal of Ophthalmology* 2003; **87**(9): 1069.
24. Rotchford AP, Kirwan JF, Muller MA, Johnson GJ, Roux P. Temba glaucoma study: a population-based cross-sectional survey in urban South Africa. *Ophthalmology* 2003; **110**(2): 376-82.
25. Iwase A, Suzuki Y, Araie M, et al. The prevalence of primary open-angle glaucoma in Japanese: the Tajimi Study. *Ophthalmology* 2004; **111**(9): 1641-8.
26. Rahman M, Rahman N, Foster P, et al. The prevalence of glaucoma in Bangladesh: a population based survey in Dhaka division. *The British journal of ophthalmology* 2004; **88**(12): 1493.
27. Khandekar R, Zutshi R. Glaucoma in Oman: a review. *Journal of glaucoma* 2006; **15**(3): 271-3.
28. Wolfram C, Pfeiffer N. Glaukomerkrankungen in Rheinland-Pfalz 2010. *Der Ophthalmologe* 2012; **109**(3): 271-6.
29. Leshno A, Tsamis E, Harizman N, et al. The ICD-10 Glaucoma Severity Score Underestimates the Extent of Glaucomatous Optic Nerve Damage. *Am J Ophthalmol* 2022; **244**: 133-42.

30. Dielemans I, Vingerling JR, Wolfs RC, Hofman A, Grobbee DE, de Jong PT. The prevalence of primary open-angle glaucoma in a population-based study in the Netherlands: the Rotterdam Study. *Ophthalmology* 1994; **101**(11): 1851-5.
31. Bonomi L, Marchini G, Marraffa M, et al. Epidemiology of angle-closure glaucoma: prevalence, clinical types, and association with peripheral anterior chamber depth in the Egna-Neumarkt Glaucoma Study. *Ophthalmology* 2000; **107**(5): 998-1003.
32. Hahn U, Kretz F, Koch J. Glaukome im stationären Leistungsgeschehen in Deutschland in 2015. *Der Ophthalmologe* 2019; **116**(6): 542-52.
33. Quigley HA, Broman AT. The number of people with glaucoma worldwide in 2010 and 2020. *British journal of ophthalmology* 2006; **90**(3): 262-7.
34. Tham YC, Li X, Wong TY, Quigley HA, Aung T, Cheng CY. Global prevalence of glaucoma and projections of glaucoma burden through 2040: a systematic review and meta-analysis. *Ophthalmology* 2014; **121**(11): 2081-90.
35. Grüb M, Rohrbach J. On the socio-economic relevance of glaucoma. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 2006; **223**(10): 793-5.
36. Casson RJ, Chidlow G, Wood JP, Crowston JG, Goldberg I. Definition of glaucoma: clinical and experimental concepts. *Clin Exp Ophthalmol* 2012; **40**(4): 341-9.
37. Greslechner R, Oberacher-Velten I. Glaukome durch erhöhten episkleralen Venendruck. *Der Ophthalmologe* 2019; **116**(5): 423-9.
38. Jonas JB, Budde WM, Panda-Jonas S. Ophthalmoscopic evaluation of the optic nerve head. *Survey of ophthalmology* 1999; **43**(4): 293-320.
39. Damon WWK, Liu J, Meng TN, Fengshou Y, Yin WT. Automatic detection of the optic cup using vessel kinking in digital retinal fundus images. 2012 9th IEEE international symposium on biomedical imaging (ISBI); 2012: IEEE; 2012. p. 1647-50.
40. des Glaukoms D. Stellungnahme der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft zur Glaukomfrüherkennung.
41. Anton A, Jordan J.  $\alpha$ -Agonisten in der Augenheilkunde: Behandlung des Glaukoms. *Pharmazie in unserer Zeit* 2011; **40**(6): 483-8.
42. Hattenhauer MG, Johnson DH, Ing HH, et al. The probability of blindness from open-angle glaucoma. *Ophthalmology* 1998; **105**(11): 2099-104.
43. Oliver JE, Hattenhauer MG, Herman D, et al. Blindness and glaucoma: a comparison of patients progressing to blindness from glaucoma with patients maintaining vision. *American journal of ophthalmology* 2002; **133**(6): 764-72.
44. Shields MB, Kriegelstein GK. Glaukom: Grundlagen Differentialdiagnose Therapie: Springer-Verlag; 2013.

45. Medeiros FA, Vizzeri G, Zangwill LM, Alencar LM, Sample PA, Weinreb RN. Comparison of retinal nerve fiber layer and optic disc imaging for diagnosing glaucoma in patients suspected of having the disease. *Ophthalmology* 2008; **115**(8): 1340-6.
46. Tatham AJ, Medeiros FA, Zangwill LM, Weinreb RN. Strategies to improve early diagnosis in glaucoma. *Progress in brain research* 2015; **221**: 103-33.
47. Spaeth GL. European glaucoma society terminology and guidelines for glaucoma. *British Journal of Ophthalmology* 2021; **105**(Suppl 1): 1-169.
48. Bonomi L, Marchini G, Marraffa M, Morbio R. The Relationship between Intraocular Pressure and Glaucoma in a Defined Population Data from the Egna-Neumarkt Glaucoma Study. *Ophthalmologica* 2001; **215**(1): 34-8.
49. Landers J, Goldberg I, Graham SL. Analysis of risk factors that may be associated with progression from ocular hypertension to primary open angle glaucoma. *Clinical & experimental ophthalmology* 2002; **30**(4): 242-7.
50. Göbel K, Poloschek C, Erb C, Bach M. Bedeutung der Flimmer-Kontrasttests in der funktionellen Glaukomdiagnostik. *Der Ophthalmologe* 2012; **109**(4): 319-24.
51. Höhn R, Pfeiffer N. Klassifikation, Genetik und Epidemiologie der Glaukome. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 2017; **234**(07): 931-48.
52. Klauß V, Nasemann J, Sachsenweger M, Ugi I. Duale Reihe Augenheilkunde: Georg Thieme Verlag; 2002.
53. Funk J. Okuläre Hypertension. *Der Ophthalmologe* 2011; **108**(11): 1005-.
54. Hoffmann E, Lamparter J. Abgrenzung der okulären Hypertension. *Der Ophthalmologe* 2016; **113**(8): 715-28.
55. Pfeiffer N. Results of the "Ocular hypertension treatment study". *Der Ophthalmologe* 2005; **102**: 230-4.
56. Wahl J. Argumente für eine prophylaktische Therapie der okulären Hypertension. *Der Ophthalmologe* 2011; **108**(11): 1011-5.
57. Phelps CD. The "no treatment" approach to ocular hypertension. *Survey of Ophthalmology* 1980; **25**(3): 175-82.
58. Gordon MO, Beiser JA, Brandt JD, et al. The Ocular Hypertension Treatment Study: baseline factors that predict the onset of primary open-angle glaucoma. *Archives of ophthalmology* 2002; **120**(6): 714-20.
59. Shields MB, Krieglstein GK, Shields MB, Krieglstein GK. Klassifikation. *Glaukom: Grundlagen Differentialdiagnose Therapie* 1993: 161-4.
60. European Glaucoma Society Terminology and Guidelines for Glaucoma, 5th Edition. *Br J Ophthalmol* 2021; **105**(Suppl 1): 1-169.
61. Walton SFFDS. SIGNS AND SYMPTOMS OF GLAUCOMA IN CHILDREN. *Harley's Pediatric Ophthalmology* 2005: 285.

62. Faiq M, Sharma R, Dada R, Mohanty K, Saluja D, Dada T. Genetic, biochemical and clinical insights into primary congenital glaucoma. *Journal of current glaucoma practice* 2013; **7**(2): 66.
63. Marchini G, Toscani M, Chemello F. Pediatric glaucoma: current perspectives. *Pediatric health, medicine and therapeutics* 2014: 15-27.
64. Agostini H. Sekundärglaukome: komplizierte Glaukome in Theorie und Praxis; mit 55 Tabellen: Schattauer Verlag; 2004.
65. Gadia R, Sihota R, Dada T, Gupta V. Current profile of secondary glaucomas. *Indian journal of ophthalmology* 2008; **56**(4): 285.
66. Shields MB, Krieglstein GK. Klassifikation. Glaukom: Springer; 1993: 161-4.
67. Welge-Lüssen U, Birke K. Oxidativer Stress im Trabekelwerk beim POWG. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 2010; **227**(02): 99-107.
68. Schmidt K-G, Dick B, von Rückmann A, Pillunat LE. Okuläre Pulsamplitude und lokale Karboanhydrasehemmung. *Der Ophthalmologe* 1997; **94**(9): 659-64.
69. Schmidt K-G, v Rückmann A, Becker R, Pillunat LE. Okuläre Pulsamplitude, intraokulärer Druck und Betablocker/Karboanhydrasehemmung in der Kombinationstherapie beim primären Offenwinkelglaukom. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 1999; **215**(12): 361-6.
70. Erb C, Predel H-G. Die Bedeutung der arteriellen Hypertonie für das primäre Offenwinkelglaukom. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 2014; **231**(02): 136-43.
71. Hoffmann EM, Prokosch-Willing V. Primäre offenwinkelglaukome. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 2017; **234**(11): 1407-22.
72. Pache M. Verlaufskontrolle des Normaldruckglaukoms. *Glaukom 2007: Die Papille beim Glaukom* 2008: 123-36.
73. Dietlein T. Normaldruckglaukom—ein praxisorientierter Überblick. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 2009; **226**(05): R75-R88.
74. Hornykewycz K, Pillunat L. Das Normaldruckglaukom—Rückblick und Ausblick. *Spektrum der Augenheilkunde* 2009; **23**: 209-12.
75. Razeghinejad MR, Lee D. Managing normal tension glaucoma by lowering the intraocular pressure. *Survey of Ophthalmology* 2019; **64**(1): 111-6.
76. Yellambkar S, Ghonsikar S, Kuril S, Nandedkar V. Assessment of pseudoexfoliation in cataract patients and intraoperative modifications for successful surgery.
77. Ritch R, Schlötzer-Schrehardt U. Exfoliation (pseudoexfoliation) syndrome: toward a new understanding. Proceedings of the First International Think Tank. *Acta Ophthalmol Scand* 2001; **79**(2): 213-7.
78. Kurtul B, Ozer P, Kabatas E. Elevated neutrophil-to-lymphocyte ratio in pseudoexfoliation syndrome. *Eye* 2016; **30**(8): 1045-8.

79. Dogan AS, Kabatas N, Erden G, Celikay O, Arzuhal AE, Gurdal C. Serum insulin-like growth factor-1 levels in patients with pseudoexfoliation syndrome and glaucoma. *International ophthalmology* 2017; **37**(2): 371-5.
80. Greslechner R, Helbig H, Spiegel D. Sekundäre Offenwinkelglaukome: Pseudoexfoliationsglaukom, Pigmentglaukom und Neovaskularisationsglaukom. *Der Ophthalmologe* 2022; **119**(4): 425-38.
81. Naji M, Naji F, Suran D, Gracner T, Kanic V, Pahor D. Systemische Endotheldysfunktion bei Patienten mit Pseudoexfoliationssyndrom. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 2008; **225**(11): 963-7.
82. Scharfenberg E, Schlötzer-Schrehardt U. PEX syndrome: clinical diagnosis and systemic manifestations. *Der Ophthalmologe* 2012; **109**: 952-61.
83. Nobl M, Mackert M. Pseudoexfoliationssyndrom und Glaukom. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 2019; **236**(09): 1139-55.
84. Schlötzer-Schrehardt UM, Koca MR, Naumann GO, Volkholz H. Pseudoexfoliation syndrome ocular manifestation of a systemic disorder? *Archives of ophthalmology* 1992; **110**(12): 1752-6.
85. Streeten BW, Li Z-Y, Wallace RN, Eagle RC, Keshgegian AA. Pseudoexfoliative fibrilloglycocalyx in visceral organs of a patient with pseudoexfoliation syndrome. *Archives of ophthalmology* 1992; **110**(12): 1757-62.
86. Musch DC, Shimizu T, Niziol LM, Gillespie BW, Cashwell LF, Lichter PR. Clinical characteristics of newly diagnosed primary, pigmentary and pseudoexfoliative open-angle glaucoma in the Collaborative Initial Glaucoma Treatment Study. *British journal of ophthalmology* 2012: bjophthalmol-2012-301820.
87. Keel S, Malesic L, Chan S-P. Diurnal variation in central corneal thickness and intraocular pressure in eyes with pseudoexfoliation syndrome without glaucoma. *Indian Journal of Ophthalmology* 2014; **62**(11): 1072.
88. Rasmussen CA, Kaufman PL, Duehr PA, Bárányi EH. The trabecular meshwork in normal eyes and in exfoliation glaucoma. *Journal of glaucoma* 2014; **23**(8 0 1): S15.
89. Tarkkanen AH, Kivelä TT. Mortality in primary open-angle glaucoma and exfoliative glaucoma. *European Journal of Ophthalmology* 2014; **24**(5): 718-21.
90. Leske MC, Heijl A, Hussein M, et al. Factors for glaucoma progression and the effect of treatment: the early manifest glaucoma trial. *Archives of ophthalmology* 2003; **121**(1): 48-56.
91. Kitsos G, Gartzios C, Asproudis I, Bagli E. Central corneal thickness in subjects with glaucoma and in normal individuals (with or without pseudoexfoliation syndrome). *Clinical Ophthalmology* 2009: 537-42.
92. Schlötzer-Schrehardt U. Molecular pathology of pseudoexfoliation syndrome/glaucoma—new insights from LOXL1 gene associations. *Experimental eye research* 2009; **88**(4): 776-85.

93. Walter P, Plange N. Basiswissen Augenheilkunde: Springer; 2017.
94. Schlötzer-Schrehardt U, Küchle M, Jünemann A, Naumann G. Bedeutung des Pseudoexfoliationssyndroms für die Glaukome. *Der Ophthalmologe* 2002; **99**: 683-90.
95. Jünemann A. Diagnosis and therapy of pseudoexfoliation glaucoma. *Der Ophthalmologe* 2012; **109**: 962-75.
96. Grehn F, Burkard G. Verfahren zur quantitativen Verlaufskontrolle computerperimetrischer Befunde bei Glaukom. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 1988; **193**(11): 493-8.
97. Grehn F. [Surgical therapy of glaucoma]. *Fortschr Ophthalmol* 1990; **87 Suppl**: S175-86.
98. Augustin AJ. Glaukom. Augenheilkunde: Springer; 2001: 291-321.
99. Rachmiel R, Trope GE, Chipman ML, Gouws P, Buys YM. Laser trabeculoplasty trends with the introduction of new medical treatments and selective laser trabeculoplasty. *Journal of glaucoma* 2006; **15**(4): 306-9.
100. investigators A. Advanced Glaucoma Intervention Study 2. Visual field test scoring and reliability. *Ophthalmology* 1994; **101**: 1445-55.
101. Investigators A. The Advanced Glaucoma Intervention Study (AGIS) 7: the relationship between control of intraocular pressure and visual field deterioration. *Am J Ophthalmol* 2000; **130**: 429-40.
102. Hinz B, Mardin CY. Erkrankungen und Schädigungen des Auges. *Pharmakotherapie: Klinische Pharmakologie* 2007: 423-36.
103. Taruttis T, Chankiewitz E, Hammer T. Comparison of trabeculectomy and canaloplasty: pressure reducing effect and postoperative interventions/complications. *Der Ophthalmologe* 2018; **115**: 137-44.
104. Thieme H. Medikamentöse Glaukomtherapie. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 2006; **223**(09): R73-R83.
105. Leydhecker W. Glaukom: ein handbuch: Springer-Verlag; 2013.
106. Grehn F. Glaukom. Augenheilkunde: Springer; 2019: 409-49.
107. Krasnov MM. [Laser puncture of the anterior chamber angle in glaucoma (a preliminary report)]. *Vestn Oftalmol* 1972; **3**: 27-31.
108. Reiss GR, Wilensky JT, Higginbotham EJ. Laser trabeculoplasty. *Surv Ophthalmol* 1991; **35**(6): 407-28.
109. Group GLTR. The Glaucoma Laser Trial (GLT) and glaucoma laser trial follow-up study: 7. Results. *American Journal of Ophthalmology* 1995; **120**(6): 718-31.
110. Dietlein T. Perspektiven in der Glaukomchirurgie. *Der Ophthalmologe* 2002; **99**: 74-84.
111. Dietlein TS, Rosentreter A. Chirurgische Möglichkeiten der Glaukomtherapie. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 2018; **235**(09): 1013-20.

112. Klink T, Matlach J, Grehn F. Non-penetrating glaucoma surgery. *Der Ophthalmologe* 2012; **109**: 807-17.
113. Niegel M, Körber N. Die nichtpenetrierende Glaukomchirurgie. *Augenheilkunde up2date* 2012; **2**(02): 111-22.
114. Dietlein T, Lappas A, Rosentreter A. Stellenwert der Ab-interno-Trabekelchirurgie in der Glaukombehandlung. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 2014; **231**(11): 1097-102.
115. Lewis RA, von Wolff K, Tetz M, et al. Canaloplasty: circumferential viscodilation and tensioning of Schlemm's canal using a flexible microcatheter for the treatment of open-angle glaucoma in adults: interim clinical study analysis. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 2007; **33**(7): 1217-26.
116. Wojdat B, Körber N, Krott R. [Can an intrascleral implant and/or the combined cataract surgery improve the long-term outcome of viscocanalostomy in glaucoma?]. *Klin Monbl Augenheilkd* 2014; **231**(1): 47-53.
117. Pache M, Wilmsmeyer S, Funk J. Laserchirurgie und Glaukom: Excimer-Laser-Trabekulotomie. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 2006; **223**(04): 303-7.
118. Ahmed SF, Bhatt A, Schmutz M, Mosaed S. Trabectome outcomes across the spectrum of glaucoma disease severity. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology* 2018; **256**: 1703-10.
119. Arnljots TS, Economou MA. Kahook dual blade goniotomy vs istent inject: long-term results in patients with open-angle glaucoma. *Clinical Ophthalmology* 2021: 541-50.
120. Grover DS, Smith O, Fellman RL, et al. Gonioscopy-assisted transluminal trabeculotomy: an ab interno circumferential trabeculotomy: 24 months follow-up. *Journal of glaucoma* 2018; **27**(5): 393-401.
121. Bozkurt E, Yenihayat F, Olgun A, Yazıcı AT, Şahbaz İ. The efficacy of gonioscopy-assisted transluminal trabeculectomy combined with phacoemulsification. *International Ophthalmology* 2021; **41**: 35-43.
122. Wan Y, Cao K, Wang J, et al. Gonioscopy-assisted Transluminal Trabeculotomy (GATT) combined phacoemulsification surgery: Outcomes at a 2-year follow-up. *Eye* 2023; **37**(6): 1258-63.
123. Schwenn O, Dick B, Pfeiffer N. [Trabeculotomy, deep sclerectomy and viscocanalostomy. Non-fistulating microsurgical glaucoma operation ab externo]. *Ophthalmologe* 1998; **95**(12): 835-43.
124. Kinoshita-Nakano E, Nakanishi H, Ohashi-Ikeda H, Morooka S, Akagi T. Comparative outcomes of trabeculotomy ab externo versus trabecular ablation ab interno for open angle glaucoma. *Japanese Journal of Ophthalmology* 2018; **62**: 201-8.

125. Shi Y, Wang H, Oatts J, et al. Ab interno vs ab externo microcatheter-assisted trabeculotomy for primary congenital glaucoma with clear cornea. *Clin Exp Ophthalmol* 2020; **48**(9): 1201-9.
126. Kanda S, Fujishiro T, Omoto T, et al. Comparison of effectiveness and complications in trabeculotomy with phacoemulsification between ab externo and ab interno using a spatula-shaped microhook. *Sci Rep* 2021; **11**(1): 17259.
127. Stingl JV, Hoffmann EM. Kindliche Glaukomerkrankungen. *Augenheilkunde up2date* 2022; **12**(02): 153-69.
128. Stingl JV, Lagrèze WA, Hoffmann EM. Glaukom im Säuglings-und Kindesalter. *Die Ophthalmologie* 2023; **120**(3): 335-44.
129. Hoffmann EM. 360 degrees trabeculotomy for pediatric glaucoma. *OPHTHALMOLOGE* 2019.
130. Bornhauser M, Neuhann L, Neuhann T, Maier M. Trabekulotomie (ab externo) als Ersteingriff bei Offenwinkelglaukomen. *Die Ophthalmologie* 2023: 1-10.
131. Schmidt D. Trabekulotomie. Tipps und Tricks für den Augenarzt: Problemlösungen von A bis Z 2008: 421-3.
132. Tanito M, Matsuo M. Ab-interno trabeculotomy-related glaucoma surgeries. *Taiwan Journal of Ophthalmology* 2019; **9**(2): 67.
133. Grote P. Versuche zur Verminderung des Operationstraumas bei der Trabekulotomie. *Ophthalmologica* 1978; **177**(6): 329-34.
134. Martenet A-C. Trabéculotomie, trabéculectomie. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 1981; **178**(04): 292-5.
135. Heilmann K. Atlas der ophthalmologischen Operationen: Technik u. Komplikationen; in 3 Bd: Thieme; 1988.
136. Sarkisian Jr SR. An illuminated microcatheter for 360-degree trabeculectomy in congenital glaucoma: a retrospective case series. *Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus* 2010; **14**(5): 412-6.
137. Krönung S, Wenzel M, Walter P, Mazinani B, Roessler G, Plange N. Trabekulotomie kombiniert mit Phakoemulsifikation als operative Glaukomtherapie: Ergebnisse im ländlichen Versorgungsbereich. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 2016: 1254-9.
138. van Oterendorp C. Glaukomchirurgie bei Vorderabschnittsdysgenesien. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 2019; **236**(06): 745-50.
139. Barkan O. A new operation for chronic glaucoma: Restoration of physiological function by opening Schlemm's canal under direct magnified vision. *American Journal of Ophthalmology* 1936; **19**(11): 951-66.
140. Harms H. Epicritical consideration of 300 cases of trabeculotomy ab externo. *Trans Ophthalmol Soc UK* 1969; **89**: 491-9.

141. Dietlein T, Widder R, Jordan J, Jonescu-Cuypers C, Rosentreter A. Kombinierte Katarakt-Glaukom-Chirurgie. *Der Ophthalmologe* 2013; **110**(4): 310-5.
142. Widder R, Dietlein T. Chirurgische Optionen vor und nach Trabektomchirurgie. *Der Ophthalmologe* 2016; **113**(11): 914-7.
143. Lübke J, Anton A, Reinhard T, Jordan JF. Kombinierte Eingriffe bei Katarakt und Glaukom. *Augenheilkunde up2date* 2017; **7**(01): 43-54.
144. Zhang W, Wang Y, Xin C, et al. Ab Interno vs. Ab Externo Microcatheter-Assisted Circumferential Trabeculotomy in Treating Patients With Primary Open-Angle Glaucoma. *Front Med (Lausanne)* 2021; **8**: 795172.
145. Dietlein T, Lappas A, Rosentreter A. Stellenwert der Ab-interno-Trabekelchirurgie in der Glaukombehandlung. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 2014: 1097-102.
146. SooHoo JR, Seibold LK, Radcliffe NM, Kahook MY. Minimally invasive glaucoma surgery: current implants and future innovations. *Canadian Journal of Ophthalmology* 2014; **49**(6): 528-33.
147. Wecker T, Jordan J. Minimalinvasive Kammerwinkelchirurgie mit dem Trabektom. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 2014: 303-9.
148. Bloom P, Au L. " Minimally Invasive Glaucoma Surgery (MIGS) Is a Poor Substitute for Trabeculectomy"—The Great Debate. *Ophthalmology and Therapy* 2018; **7**: 203-10.
149. Sng CC, Barton K. Minimally invasive glaucoma surgery: Springer Nature; 2021.
150. Gillmann K, Mansouri K. Minimally invasive glaucoma surgery: where is the evidence? *Asia-pacific Journal of Ophthalmology (Philadelphia, Pa)* 2020; **9**(3): 203.
151. Klabe K, Rüfer F. „Minimally invasive glaucoma surgery “–Kammerwinkelbasierte Verfahren im Vergleich. *Die Ophthalmologie* 2023; **120**(4): 358-71.
152. Strzalkowska A, Hoffmann E, Strzalkowski P, Stingl J, Pfeiffer N, Schuster K. Real-world-Ergebnisse von glaukomchirurgischen Verfahren beim Offenwinkelglaukom. *Die Ophthalmologie* 2023: 1-10.
153. Jacobi PC, Dietlein TS, Krieglstein GK. Goniocurettage for removing trabecular meshwork: clinical results of a new surgical technique in advanced chronic open-angle glaucoma. *American journal of ophthalmology* 1999; **127**(5): 505-10.
154. Francis BA, Akil H, Bert BB. Ab interno Schlemm's canal surgery. *Glaucoma Surgery* 2017; **59**: 127-46.
155. Hirsch L, Cotliar J, Vold S, et al. Canaloplasty and trabeculotomy ab interno with the OMNI system combined with cataract surgery in open-angle glaucoma: 12-month outcomes from the ROMEO study. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 2021; **47**(7): 907-15.
156. Klabe K, Kaymak H. Standalone trabeculotomy and viscodilation of Schlemm's canal and collector channels in open-angle glaucoma using the OMNI surgical system: 24-month outcomes. *Clinical Ophthalmology* 2021: 3121-9.

157. Vold SD, Williamson BK, Hirsch L, et al. Canaloplasty and trabeculotomy with the OMNI system in pseudophakic patients with open-angle glaucoma: the ROMEO study. *Ophthalmology Glaucoma* 2021; **4**(2): 173-81.
158. Gallardo MJ, Pyfer MF, Vold SD, et al. Canaloplasty and trabeculotomy combined with phacoemulsification for glaucoma: 12-month results of the GEMINI study. *Clinical Ophthalmology* 2022: 1225-34.
159. Berlin MS, Rajacich G, Duffy M, Grundfest W, Goldenberg T. Excimer laser photoablation in glaucoma filtering surgery. *American journal of ophthalmology* 1987; **103**(5): 713-4.
160. Bahler CK, Smedley GT, Zhou J, Johnson DH. Trabecular bypass stents decrease intraocular pressure in cultured human anterior segments. *American journal of ophthalmology* 2004; **138**(6): 988-94.
161. Philippin H, Wilmsmeyer S, Feltgen N, Ness T, Funk J. Combined cataract and glaucoma surgery: endoscope-controlled erbium: YAG-laser goniotomy versus trabeculectomy. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology* 2005; **243**: 684-8.
162. Spiegel D, Wetzel W, Haffner DS, Hill RA. Initial clinical experience with the trabecular micro-bypass stent in patients with glaucoma. *Advances in therapy* 2007; **24**: 161-70.
163. Spiegel D, Wetzel W, Neuhann T, et al. Coexistent primary open-angle glaucoma and cataract: interim analysis of a trabecular micro-bypass stent and concurrent cataract surgery. *European journal of ophthalmology* 2009; **19**(3): 393-9.
164. Töteberg-Harms M, Ciechanowski P, Hirn C, Funk J. One-year results after combined cataract surgery and excimer laser trabeculotomy for elevated intraocular pressure. *Der Ophthalmologe* 2011; **108**: 733-8.
165. Lavia C, Dallorto L, Maule M, Ceccarelli M, Fea AM. Minimally-invasive glaucoma surgeries (MIGS) for open angle glaucoma: a systematic review and meta-analysis. *PloS one* 2017; **12**(8): e0183142.
166. Durr GM, Töteberg-Harms M, Lewis R, Fea A, Marolo P, Ahmed IIK. Current review of Excimer laser Trabeculostomy. *Eye and Vision* 2020; **7**: 1-9.
167. Berlin MS, Shakibkhou J, Tilakaratna N, Giers U, Groth SL. Eight-year follow-up of excimer laser trabeculostomy alone and combined with phacoemulsification in patients with open-angle glaucoma. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 2022; **48**(7): 838-43.
168. Minckler D, Mosaed S, Dustin L, Francis B, Group TS. Trabectome (trabeculectomy—internal approach): additional experience and extended follow-up. *Transactions of the American Ophthalmological Society* 2008; **106**: 149.
169. Kurji K, Rudnisky CJ, Rayat JS, et al. Phaco-trabectome versus phaco-iStent in patients with open-angle glaucoma. *Canadian Journal of Ophthalmology* 2017; **52**(1): 99-106.

170. Pahlitzsch M, Davids AM, Zorn M, et al. Three-year results of ab interno trabeculectomy (Trabectome): Berlin study group. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology* 2018; **256**: 611-9.
171. Kono Y, Kasahara M, Hirasawa K, et al. Long-term clinical results of trabectome surgery in patients with open-angle glaucoma. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology* 2020; **258**: 2467-76.
172. Albuainain A, Al Habash A. Three-year clinical outcomes of phacoemulsification combined with excisional goniotomy using the kahook dual blade for cataract and open-angle glaucoma in Saudi Arabia. *Saudi Journal of Ophthalmology* 2022; **36**(2): 213-7.
173. Klink T, Müller M, Zierhut M, Geerling G. Glaucoma and cataract. *Der Ophthalmologe* 2010; **107**: 403-8.
174. Wirbelauer C, Mertens CN. Bedeutung der intraoperativen indirekten Kanalografie bei der Glaukomstentimplantation. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde* 2017; **234**(11): 1378-86.
175. Kerr NM, Wang J, Barton K. Minimally invasive glaucoma surgery as primary stand-alone surgery for glaucoma. *Clinical & experimental ophthalmology* 2017; **45**(4): 393-400.
176. Vinod K, Gedde SJ. Clinical investigation of new glaucoma procedures. *Current opinion in ophthalmology* 2017; **28**(2): 187-93.
177. Greenwood MD, Seibold LK, Radcliffe NM, et al. Goniotomy with a single-use dual blade: short-term results. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 2017; **43**(9): 1197-201.
178. Berdahl JP, Gallardo MJ, ElMallah MK, et al. Six-month outcomes of goniotomy performed with the Kahook dual blade as a stand-alone glaucoma procedure. *Advances in therapy* 2018; **35**: 2093-102.
179. Dorairaj SK, Kahook MY, Williamson BK, Seibold LK, ElMallah MK, Singh IP. A multicenter retrospective comparison of goniotomy versus trabecular bypass device implantation in glaucoma patients undergoing cataract extraction. *Clinical Ophthalmology* 2018: 791-7.
180. Dorairaj SK, Seibold LK, Radcliffe NM, et al. 12-month outcomes of goniotomy performed using the kahook dual blade combined with cataract surgery in eyes with medically treated glaucoma. *Advances in therapy* 2018; **35**: 1460-9.
181. Salinas L, Chaudhary A, Berdahl JP, et al. Goniotomy using the Kahook Dual Blade in severe and refractory glaucoma: 6-month outcomes. *Journal of glaucoma* 2018; **27**(10): 849-55.
182. Sieck EG, Epstein RS, Kennedy JB, et al. Outcomes of Kahook Dual Blade goniotomy with and without phacoemulsification cataract extraction. *Ophthalmology Glaucoma* 2018; **1**(1): 75-81.

183. EIMallah MK, Seibold LK, Kahook MY, et al. 12-month retrospective comparison of kahook dual blade excisional goniotomy with istent trabecular bypass device implantation in glaucomatous eyes at the time of cataract surgery. *Advances in Therapy* 2019; **36**: 2515-27.
184. Hirabayashi MT, Lee D, King JT, Thomsen S, An JA. Comparison of surgical outcomes of 360 circumferential trabeculotomy versus sectoral excisional goniotomy with the Kahook Dual Blade at 6 months. *Clinical Ophthalmology* 2019: 2017-24.
185. Kornmann HL, Fellman RL, Feuer WJ, et al. Early results of goniotomy with the Kahook Dual Blade, a novel device for the treatment of glaucoma. *Clinical Ophthalmology* 2019: 2369-76.
186. Shue A, Levine RM, Gallousis GM, Teng CC. Cyclodialysis cleft associated with Kahook dual blade goniotomy. *Journal of Current Glaucoma Practice* 2019; **13**(2): 74.
187. van Oterendorp C, Bahlmann D. [Kahook Dual Blade : An instrument for microincisional trabecular meshwork surgery]. *Ophthalmologe* 2019; **116**(6): 580-4.
188. Barry M, Alahmadi MW, Alahmadi M, AIMuzaini A, AIMohammadi M. The safety of the Kahook dual blade in the surgical treatment of glaucoma. *Cureus* 2020; **12**(1).
189. Dorairaj S, Radcliffe NM, Grover DS, Brubaker JW, Williamson BK. A review of excisional goniotomy performed with the Kahook dual blade for glaucoma management. *Journal of Current Glaucoma Practice* 2022; **16**(1): 59.
190. Seibold LK, SooHoo JR, Ammar DA, Kahook MY. Preclinical investigation of ab interno trabeculectomy using a novel dual-blade device. *American Journal of Ophthalmology* 2013; **155**(3): 524-9. e2.
191. SooHoo JR, Seibold LK, Kahook MY. Ab interno trabeculectomy in the adult patient. *Middle East African journal of ophthalmology* 2015; **22**(1): 25.
192. Richter GM, Coleman AL. Minimally invasive glaucoma surgery: current status and future prospects. *Clinical ophthalmology* 2016: 189-206.
193. Bovee CE, Pasquale LR. Evolving surgical interventions in the treatment of glaucoma. *Seminars in ophthalmology*; 2017: Taylor & Francis; 2017. p. 91-5.
194. Agrawal P, Bradshaw SE. Systematic literature review of clinical and economic outcomes of micro-invasive glaucoma surgery (MIGS) in primary open-angle glaucoma. *Ophthalmology and therapy* 2018; **7**: 49-73.
195. DeBry PW, Perkins TW, Heatley G, Kaufman P, Brumback LC. Incidence of late-onset bleb-related complications following trabeculectomy with mitomycin. *Archives of ophthalmology* 2002; **120**(3): 297-300.
196. Gedde SJ, Herndon LW, Brandt JD, et al. Postoperative complications in the Tube Versus Trabeculectomy (TVT) study during five years of follow-up. *American journal of ophthalmology* 2012; **153**(5): 804-14. e1.

197. Zahid S, Musch DC, Niziol LM, Lichter PR, Group CIGTS. Risk of endophthalmitis and other long-term complications of trabeculectomy in the Collaborative Initial Glaucoma Treatment Study (CIGTS). *American Journal of Ophthalmology* 2013; **155**(4): 674-80. e1.
198. Dorairaj S, Tam MD. Kahook dual blade excisional goniotomy and goniosynechialysis combined with phacoemulsification for angle-closure glaucoma: 6-month results. *Journal of Glaucoma* 2019; **28**(7): 643-6.
199. Dorairaj S, Tam MD, Balasubramani GK. Twelve-month outcomes of excisional goniotomy using the Kahook Dual Blade® in eyes with angle-closure glaucoma. *Clinical Ophthalmology* 2019: 1779-85.
200. Hirabayashi MT, King JT, Lee D, An JA. Outcome of phacoemulsification combined with excisional goniotomy using the Kahook Dual Blade in severe glaucoma patients at 6 months. *Clinical Ophthalmology (Auckland, NZ)* 2019; **13**: 715.
201. Le C, Kazaryan S, Hubbell M, Zurakowski D, Ayyala RS. Surgical outcomes of phacoemulsification followed by istent implantation versus goniotomy with the kahook dual blade in patients with mild primary open-angle glaucoma with a minimum of 12-month follow-up. *Journal of Glaucoma* 2019; **28**(5): 411-4.
202. Lee D, King J, Thomsen S, Hirabayashi M, An J. Comparison of surgical outcomes between excisional goniotomy using the Kahook Dual Blade and iStent trabecular microbypass stent in combination with phacoemulsification. *Clinical Ophthalmology* 2019: 2097-102.
203. Miller VJ, Young CEC, SooHoo JR, et al. Efficacy of goniotomy with kahook dual blade in patients with uveitis-associated ocular hypertension. *Journal of Glaucoma* 2019; **28**(8): 744-8.
204. Sieck EG, Capitena Young CE, Epstein RS, et al. Refractive outcomes among glaucoma patients undergoing phacoemulsification cataract extraction with and without Kahook Dual Blade goniotomy. *Eye and vision* 2019; **6**: 1-6.
205. Falkenberry S, Singh IP, Crane CJ, et al. Excisional goniotomy vs trabecular microbypass stent implantation: a prospective randomized clinical trial in eyes with mild to moderate open-angle glaucoma. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 2020; **46**(8): 1165-71.
206. Iwasaki K, Takamura Y, Orii Y, Arimura S, Inatani M. Performances of glaucoma operations with Kahook Dual Blade or iStent combined with phacoemulsification in Japanese open angle glaucoma patients. *International Journal of Ophthalmology* 2020; **13**(6): 941.
207. Omoto T, Fujishiro T, Asano-Shimizu K, et al. Comparison of the short-term effectiveness and safety profile of ab interno combined trabeculotomy using 2 types of trabecular hooks. *Japanese Journal of Ophthalmology* 2020; **64**: 407-13.

208. Wakil SM, Birnbaum F, Vu DM, McBurney-Lin S, EIMallah MK, Tseng H. Efficacy and safety of a single-use dual blade goniotomy: 18-month results. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 2020; **46**(10): 1408-15.
209. Dorairaj S, Tam MD, Balasubramani GK. Two-year clinical outcomes of combined phacoemulsification, goniosynechialysis, and excisional goniotomy for angle-closure glaucoma. *The Asia-Pacific Journal of Ophthalmology* 2021; **10**(2): 183-7.
210. Dhingra D, Bhartiya S. Evaluating glaucoma surgeries in the MIGS context. *Romanian Journal of Ophthalmology* 2020; **64**(2): 85.
211. Krishnamurthy R, Senthil S, Choudhari N. Initial experience with phacoemulsification and goniotomy using the Kahook dual blade in advanced open-angle glaucoma: Six-month outcomes in Indian eyes. *Indian Journal of Ophthalmology* 2021; **69**(9): 2484.
212. Ammar DA, Seibold LK, Kahook MY. Preclinical investigation of goniotomy using four different techniques. *Clinical Ophthalmology* 2020: 3519-25.
213. Pratte EL, Cho J, Landreneau JR, Hirabayashi MT, An JA. Predictive factors of outcomes in Kahook dual blade excisional goniotomy combined with phacoemulsification. *Journal of Current Glaucoma Practice* 2022; **16**(1): 47.
214. Chihara E, Chihara T. Turn Back Elevation of Once Reduced IOP After Trabeculotomy Ab Externo and Kahook Dual Blade Surgeries Combined with Cataract Surgery. *Clin Ophthalmol* 2020; **14**: 4359-68.
215. Arnljots TS, Economou MA. Kahook Dual Blade Goniotomy vs iStent inject: Long-Term Results in Patients with Open-Angle Glaucoma. *Clin Ophthalmol* 2021; **15**: 541-50.
216. Ventura-Abreu N, García-Feijoo J, Pazos M, Biarnés M, Morales-Fernández L, Martínez-de-la-Casa JM. Twelve-month results of ab interno trabeculectomy with Kahook Dual Blade: an interventional, randomized, controlled clinical study. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2021; **259**(9): 2771-81.
217. Ward AL, Chen KH, Schmitz JW. Endoscopic cyclophotocoagulation and Kahook Dual Blade trabeculotomy in combination with phacoemulsification. *Can J Ophthalmol* 2021; **56**(4): e123-e5.
218. Aoki R, Hirooka K, Goda E, et al. Comparison of Surgical Outcomes Between Microhook Ab Interno Trabeculotomy and Goniotomy with the Kahook Dual Blade in Combination with Phacoemulsification: A Retrospective, Comparative Case Series. *Adv Ther* 2021; **38**(1): 329-36.
219. Murata N, Takahashi E, Saruwatari J, Kojima S, Inoue T. Outcomes and risk factors for ab interno trabeculotomy with a Kahook Dual Blade. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2023; **261**(2): 503-11.

220. Espinoza G, Justiniano MJ, Rodriguez-Una I, Godin F, Arango A, Villamizar S. Twelve-month outcomes of Kahook Dual Blade goniotomy combined with cataract surgery in Latino patients. *International Ophthalmology* 2024; **44**(1): 44.
221. Holladay JT. Visual acuity measurements. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 2004; **30**(2): 287-90.
222. Jacobi PC, Kriegelstein GK. Trabecular aspiration. A new mode to treat pseudoexfoliation glaucoma. *Investigative ophthalmology & visual science* 1995; **36**(11): 2270-6.
223. Kong X, Chen Y, Chen X, Sun X. Influence of family history as a risk factor on primary angle closure and primary open angle glaucoma in a Chinese population. *Ophthalmic Epidemiol* 2011; **18**(5): 226-32.
224. Karti O, Yuksel B, Uzunel UD, Karahan E, Zengin MO, Kusbeci T. The assessment of optical coherence tomographic parameters in subjects with a positive family history of glaucoma. *Clinical and Experimental Optometry* 2017; **100**(6): 663-7.
225. Mitchell P, Rochtchina E, Lee AJ, Wang JJ. Bias in self-reported family history and relationship to glaucoma: the Blue Mountains Eye Study. *Ophthalmic epidemiology* 2002; **9**(5): 333-45.
226. Taylor H. Glaucoma screening in the real world. *Ophthalmology* 2011; **118**(5): 1008.
227. Lavín C, Alcocer P. Cirugía microincisional del glaucoma. *Sociedad Española de Oftalmología* 2016; **2**: 21-2.
228. Dirghangi A. or Goniotomy for Glaucoma Eyes. *Cataract Surgery in the Glaucoma Patient* 2025: 210.
229. Aihara M, Lindsey J, Weinreb R. Aqueous humor dynamics in mouse. *Investigative Ophthalmology & Visual Science* 2003; **44**(13): 3423-.
230. Dada T, Mahalingam K, Bhartiya S. Minimally invasive glaucoma surgery—to remove or preserve the trabecular meshwork: that is the question? *Journal of Current Glaucoma Practice* 2021; **15**(2): 47.
231. Sit AJ, McLaren JW. Measurement of episcleral venous pressure. *Experimental eye research* 2011; **93**(3): 291-8.
232. McDougal DH, Gamlin PD. Autonomic control of the eye. *Comprehensive physiology* 2015; **5**(1): 439-73.
233. Bonhomme F, Hafezi F, Boehlen F, Habre W. Management of antithrombotic therapies in patients scheduled for eye surgery. *European Journal of Anaesthesiology| EJA* 2013; **30**(8): 449-54.
234. Kiire CA, Mukherjee R, Ruparelia N, Keeling D, Prendergast B, Norris JH. Managing antiplatelet and anticoagulant drugs in patients undergoing elective ophthalmic surgery. *British Journal of Ophthalmology* 2014; **98**(10): 1320-4.

235. Armstrong JJ, Wasiuta T, Kiatos E, Malvankar-Mehta M, Hutnik CM. The effects of phacoemulsification on intraocular pressure and topical medication use in patients with glaucoma: a systematic review and meta-analysis of 3-year data. *Journal of Glaucoma* 2017; **26**(6): 511-22.
236. DeVience E, Chaudhry S, Saeedi OJ. Effect of intraoperative factors on IOP reduction after phacoemulsification. *International ophthalmology* 2017; **37**: 63-70.
237. Asrani S, Zeimer R, Wilensky J, Gieser D, Vitale S, Lindenmuth K. Large diurnal fluctuations in intraocular pressure are an independent risk factor in patients with glaucoma. *J Glaucoma* 2000; **9**(2): 134-42.
238. Klemm M, Rumberger E, Walter A, Richard G. Quantification of retinal nerve fiber thickness. A comparison of laser scanning ophthalmoscopy, polarimetry and optical coherence tomography in healthy and glaucomatous eyes. *Der Ophthalmologe: Zeitschrift der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft* 2001; **98**(9): 832-43.
239. Nouri-Mahdavi K, Hoffman D, Coleman AL, et al. Predictive factors for glaucomatous visual field progression in the Advanced Glaucoma Intervention Study. *Ophthalmology* 2004; **111**(9): 1627-35.
240. Aptel F, Denis P. [Risk factors of glaucoma progression: intraocular pressure fluctuations]. *J Fr Ophthalmol* 2011; **34**(6): 400-2.
241. Ho CH, Wong JKW. Role of 24-Hour Intraocular Pressure Monitoring in Glaucoma Management. *J Ophthalmol* 2019; **2019**: 3632197.
242. Lichter PR, Musch DC, Gillespie BW, et al. Interim clinical outcomes in the Collaborative Initial Glaucoma Treatment Study comparing initial treatment randomized to medications or surgery. *Ophthalmology* 2001; **108**(11): 1943-53.
243. Meer E, Liu T, Hua P, Ying G-s, Miller E, Lehman A. Outcomes of resident performed Hydrus, iStent, and Kahook glaucoma procedures in a predominantly African American population. *Journal of Glaucoma* 2022; **31**(1): 23-30.
244. Oberfeld B, El Helwe H, Hall N, Falah H, Chang T, Solá-Del Valle D. Comparative outcomes of phacoemulsification combined with micro-invasive glaucoma surgery plus: Schlemm canal microstent versus Ab interno trabecular excision. *Journal Français d'Ophthalmologie* 2023; **46**(3): 266-75.
245. Samuelson TW, Katz LJ, Wells JM, Duh Y-J, Giamporcaro JE, Group UiS. Randomized evaluation of the trabecular micro-bypass stent with phacoemulsification in patients with glaucoma and cataract. *Ophthalmology* 2011; **118**(3): 459-67.
246. Wellik SR, Dale EA. A review of the iStent® trabecular micro-bypass stent: safety and efficacy. *Clinical ophthalmology* 2015: 677-84.

247. Young CEC, Ammar DA, Seibold LK, Pantcheva MB, SooHoo JR, Kahook MY. Histopathologic examination of trabecular meshwork changes after trabecular bypass stent implantation. *Journal of Glaucoma* 2018; **27**(7): 606-9.
248. Birnbaum FA, Neeson C, Solá-Del Valle D. Microinvasive glaucoma surgery: an evidence-based review. *Seminars in Ophthalmology*; 2021: Taylor & Francis; 2021. p. 772-86.
249. Minckler DS, Baerveldt G, Alfaro MR, Francis BA. Clinical results with the Trabectome for treatment of open-angle glaucoma. *Ophthalmology* 2005; **112**(6): 962-7.
250. Ahuja Y, Pyi SMK, Malihi M, Hodge DO, Sit AJ. Clinical results of ab interno trabeculotomy using the trabectome for open-angle glaucoma: the Mayo Clinic series in Rochester, Minnesota. *American journal of ophthalmology* 2013; **156**(5): 927-35. e2.
251. Al Habash A, Albuainain A. Long term outcome of combined phacoemulsification and excisional goniotomy with the Kahook Dual Blade in different subtypes of glaucoma. *Scientific reports* 2021; **11**(1): 10660.
252. Ibrahim LF, Pereira AFR, Terenzi LAO, et al. Phacoemulsification with Kahook Dual Blade goniotomy in eyes with medically treated glaucoma: analysis of surgical outcomes and success predictors. *Arq Bras Oftalmol* 2021; **85**(4): 359-63.
253. Ventura-Abreu N, García-Feijoo J, Pazos M, Biarnés M, Morales-Fernández L, Martínez-de-la-Casa JM. Twelve-month results of ab interno trabeculectomy with Kahook Dual Blade: an interventional, randomized, controlled clinical study. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology* 2021; **259**(9): 2771-81.
254. Iwasaki K, Kakimoto H, Orii Y, Arimura S, Takamura Y, Inatani M. Long-term outcomes of a Kahook Dual Blade procedure combined with phacoemulsification in Japanese patients with open-angle glaucoma. *Journal of Clinical Medicine* 2022; **11**(5): 1354.
255. Oberfeld B, Golsoorat Pahlaviani F, Hall N, et al. Combined MIGS: Comparing Additive Effects of Phacoemulsification, Endocyclophotocoagulation, and Kahook Dual Blade. *Clinical Ophthalmology* 2023: 1647-59.
256. Vasu P, Abubaker Y, Boopathiraj N, et al. Clinical Outcomes of Excisional Goniotomy with the Kahook Dual Blade: 6-Year Results. *Ophthalmology and Therapy* 2024: 1-14.
257. Wagner IV, Boopathiraj N, Lentz C, et al. Long-Term Efficacy of Successful Excisional Goniotomy with the Kahook Dual Blade. *Clin Ophthalmol* 2024; **18**: 713-21.
258. Carter T. Age-related vision changes: a primary care guide. *Geriatrics* 1994; **49**(9): 37-42, 5; quiz 6.
259. Ehrlich R, Kheradiya NS, Winston DM, Moore DB, Wirostko B, Harris A. Age-related ocular vascular changes. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology* 2009; **247**: 583-91.

260. Rodica L. Peculiarities of Ocular and Systemic Pathology in the Elderly. *J Ophthalmol Adv Res* 2022; **3**(2): 1-11.
261. Birnbaum F, Wakil S, Vu DM, McBurney-Lin S, ElMallah M, Tseng H. Postoperative Management of Kahook Dual Blade Goniotomy with Phacoemulsification Cataract Extraction. *Journal of Current Glaucoma Practice* 2023; **17**(4): 169.
262. Gallardo MJ, Reyes T. A novel use of the endoscopic cyclophotocoagulative probe for the management of excisional goniotomy induced chronic recurrent hyphema. *American Journal of Ophthalmology Case Reports* 2022; **26**: 101492.
263. Barkander A, Economou M, Jóhannesson G. Outcomes of iStent inject versus Kahook dual blade surgery in glaucoma patients undergoing cataract surgery. *Journal of glaucoma* 2023; **32**(10): e121-e8.
264. Barkander A, Economou MA, Jóhannesson G. Kahook dual-blade goniotomy with and without phacoemulsification in medically uncontrolled glaucoma. *Clinical Ophthalmology* 2023: 1385-94.
265. Bull H, von Wolff K, Körber N, Tetz M. Three-year canaloplasty outcomes for the treatment of open-angle glaucoma: European study results. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology* 2011; **249**: 1537-45.
266. Lewis RA, von Wolff K, Tetz M, et al. Canaloplasty: three-year results of circumferential viscodilation and tensioning of Schlemm canal using a microcatheter to treat open-angle glaucoma. *Journal of Cataract & Refractive Surgery* 2011; **37**(4): 682-90.
267. Edwards WC, Layden WE. Traumatic hyphema: a report of 184 consecutive cases. *American journal of ophthalmology* 1973; **75**(1): 110-6.
268. Read J, Goldberg M. Comparison of medical treatment for traumatic hyphema. *Transactions of the American Academy of Ophthalmology and Otolaryngology* 1974; **78**(5): OP799-OP815.
269. Pilger IS. Medical treatment of traumatic hyphema. *Survey of Ophthalmology* 1975; **20**(1): 28-34.
270. Gharaibeh A, Savage HI, Scherer RW, Goldberg MF, Lindsley K. Medical interventions for traumatic hyphema. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2019; (1).
271. Coles W. Traumatic hyphema: an analysis of 235 cases. *Southern Medical Journal* 1968; **61**(8): 813-6.
272. Witteman G, Brubaker S, Johnson M, Marks R. The incidence of rebleeding in traumatic hyphema. *Annals of ophthalmology* 1985; **17**(9): 525-6, 8.
273. Thomas MA, Parrish RK, Feuer WJ. Rebleeding after traumatic hyphema. *Archives of Ophthalmology* 1986; **104**(2): 206-10.
274. Agapitos PJ, Noel L-P, Clarke WN. Traumatic hyphema in children. *Ophthalmology* 1987; **94**(10): 1238-41.

275. Spoor TC, Kwitko GM, O'Grady JM, Ramocki JM. Traumatic hyphema in an urban population. *American journal of ophthalmology* 1990; **109**(1): 23-7.
276. Kearns P. Traumatic hyphaema: a retrospective study of 314 cases. *British journal of Ophthalmology* 1991; **75**(3): 137-41.
277. Fong LP. Secondary hemorrhage in traumatic hyphema: predictive factors for selective prophylaxis. *Ophthalmology* 1994; **101**(9): 1583-8.
278. Shiuey Y, Lucarelli MJ. Traumatic hyphema: outcomes of outpatient management. *Ophthalmology* 1998; **105**(5): 851-5.
279. Boese EA, Karr DJ, Chiang MF, Kopplin LJ. Visual acuity recovery following traumatic hyphema in a pediatric population. *Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus* 2018; **22**(2): 115-8.
280. Bravetti GE, Gillmann K, Salinas L, et al. Surgical outcomes of excisional goniotomy using the kahook dual blade in severe and refractory glaucoma: 12-month results. *Eye* 2023; **37**(8): 1608-13.
281. Magacho L, Franco CGVdS, I EA, et al. Outcomes of an extended combined phaco-kahook dual blade procedure in glaucoma patients. *European Journal of Ophthalmology* 2025: 11206721251344400.
282. Hirabayashi MT, Lee D, King JT, Thomsen S, An JA. Comparison of surgical outcomes of 360 circumferential trabeculotomy versus sectoral excisional goniotomy with the Kahook Dual Blade at 6 months. *Clinical Ophthalmology (Auckland, NZ)* 2019; **13**: 2017.
283. Pratte EL, Landreneau JR, Hirabayashi MT, An JA. Comparison of 12-month outcomes of Kahook Dual Blade excisional goniotomy performed by attending versus resident surgeons. *Journal of Academic Ophthalmology* 2020; **12**(02): e181-e7.
284. Arnljots TS, Economou MA. Reversible cystoid macular edema following uneventful microinvasive Kahook Dual Blade goniotomy in a pseudophakic patient: a case report. *Journal of Glaucoma* 2018; **27**(7): e128-e30.
285. Rotsos TG, Moschos MM. Cystoid macular edema. *Clin Ophthalmol* 2008; **2**(4): 919-30.
286. Law SK, Kim E, Yu F, Caprioli J. Clinical cystoid macular edema after cataract surgery in glaucoma patients. *Journal of Glaucoma* 2010; **19**(2): 100-4.
287. Yonekawa Y, Kim IK. Pseudophakic cystoid macular edema. *Current opinion in ophthalmology* 2012; **23**(1): 26-32.
288. Flach AJ. The incidence, pathogenesis and treatment of cystoid macular edema following cataract surgery. *Transactions of the American Ophthalmological Society* 1998; **96**: 557.
289. Kessel L, Tendal B, Jørgensen KJ, et al. Post-cataract prevention of inflammation and macular edema by steroid and nonsteroidal anti-inflammatory eye drops: a systematic review. *Ophthalmology* 2014; **121**(10): 1915-24.

290. Kim SJ, Schoenberger SD, Thorne JE, Ehlers JP, Yeh S, Bakri SJ. Topical nonsteroidal anti-inflammatory drugs and cataract surgery: a report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology* 2015; **122**(11): 2159-68.
291. Holló G, Aung T, Cantor LB, Aihara M. Cystoid macular edema related to cataract surgery and topical prostaglandin analogs: mechanism, diagnosis, and management. *survey of ophthalmology* 2020; **65**(5): 496-512.
292. Warwar RE, Bullock JD, Ballal D. Cystoid macular edema and anterior uveitis associated with latanoprost use: experience and incidence in a retrospective review of 94 patients. *Ophthalmology* 1998; **105**(2): 263-8.
293. Razeghinejad MR. The effect of latanoprost on intraocular inflammation and macular edema. *Ocular Immunology and Inflammation* 2019; **27**(2): 181-8.
294. Rifai F, Le CP, Lim L, Zhang Z. Minimally invasive glaucoma surgery: where we are, and what the future holds. *Current Surgery Reports* 2022; **10**(3): 35-49.
295. Pratte EL, Ramachandran M, Landreneau JR, An JA. Risk factors for hyphema following Kahook Dual Blade Goniotomy combined with phacoemulsification. *Journal of glaucoma* 2023; **32**(3): 165-70.
296. Kennedy RH, Brubaker RF. Traumatic hyphema in a defined population. *American journal of ophthalmology* 1988; **106**(2): 123-30.
297. Iftikhar M, Mir T, Seidel N, et al. Epidemiology and outcomes of hyphema: a single tertiary centre experience of 180 cases. *Acta Ophthalmologica* 2021; **99**(3): e394-e401.
298. EIMallah MK, Berdahl JP, Williamson BK, et al. Twelve-month outcomes of stand-alone excisional goniotomy in mild to severe glaucoma. *Clinical Ophthalmology* 2020: 1891-7.

## 7. Anhang

### 7.1. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1a: Verteilung der präoperativen Werte des intraokularen Drucks in diskrete Druckkategorien (in mmHg).....	28
Abbildung 1b: Verteilung der maximal gemessenen präoperativen Werte des intraokularen Drucks von der Indikationsstellung bis zur Operation in diskrete Druckkategorien (in mmHg).	29
Abbildung 1c: Verteilung der intraokularen Druckwerte am ersten postoperativen Tag in diskrete Druckkategorien (in mmHg) .....	32
Abbildung 1d: Verteilung der intraokularen Druckwerte am zweiten postoperativen Tag in diskrete Druckkategorien (in mmHg) .....	33
Abbildung 1e: Verteilung der intraokularen Druckwerte ab der ersten postoperativen Woche in diskrete Druckkategorien (in mmHg).....	34
Abbildung 1f: Verteilung der intraokularen Druckwerte im Verlauf des ersten postoperativen Monats in diskrete Druckkategorien (in mmHg).....	35
Abbildung 1g: Verteilung der intraokularen Druckwerte zwischen dem ersten und dritten postoperativen Monat in diskrete Druckkategorien (in mmHg).....	36
Abbildung 1h: Verteilung der intraokularen Druckwerte zwischen dem dritten und sechsten postoperativen Monat in diskrete Druckkategorien (in mmHg).....	37
Abbildung 1i: Verteilung der intraokularen Druckwerte zwischen dem sechsten und vierundzwanzigsten postoperativen Monat in diskrete Druckkategorien (in mmHg) .....	38
Abbildung 1j: Verteilung der intraokularen Druckwerte zum Zeitpunkt der letzten postoperativen Kontrolle in diskrete Druckkategorien (in mmHg).....	39
Abbildung 1k: Verteilung der intraokularen Druckwerte zum Zeitpunkt der letzten postoperativen Kontrolle im präoperativen Vergleich in diskrete Druckkategorien (in mmHg).	40
Abbildung 1l: Intraokularer Druck im zeitlichen Verlauf (in mmHg).....	41
Abbildung 2: Fernvisus im zeitlichen Verlauf (in logMAR).....	46
Abbildung 3: Häufigkeit postoperativer Blutungsereignisse im zeitlichen Verlauf bei den Augen/Patienten unter dualer Thrombozytenaggregationshemmung .....	49
Abbildung 4: Medikamentengebrauch im zeitlichen Verlauf.....	53
Abbildung 5: Häufigkeitsverteilung des Medicationsscores im zeitlichen Verlauf .....	54
Abbildung 6: Veränderung des Medicationsscores im zeitlichen Verlauf.....	56
Abbildung 7: Häufigkeitsverteilung des Medicationsscores im zeitlichen Verlauf in Abhängigkeit von der Glaukomdiagnose .....	59
Abbildung 8: Häufigkeit postoperativer Komplikationen im zeitlichen Verlauf.....	63

## 7.2. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Darstellung der Gesamtanzahl der untersuchten Augen/Patienten prä- und postoperativ, bezogen auf das jeweilige Patientengeschlecht .....	23
Tabelle 2: Gegenüberstellung diagnostizierter Glaukomformen, vorangegangener Operationen, Alter und Geschlecht der Augen/Patienten .....	26
Tabelle 3: Deskriptive Statistik des intraokularen Drucks in mmHg im zeitlichen Verlauf.....	42
Tabelle 4: Deskriptive Statistik des intraokularen Drucks in mmHg im zeitlichen Verlauf in Abhängigkeit von der Glaukomdiagnose.....	43
Tabelle 5a: Deskriptive Statistik des Fernvisus in logMAR im zeitlichen Verlauf.....	47
Tabelle 5b: Gesamtanzahl der Augen/Patienten mit erhobenem Fernvisus prä- und postoperativ .....	47
Tabelle 6: Gesamtanzahl der Augen/Patienten unter dualer Thrombozytenaggregationshemmung mit postoperativen Blutungsereignissen im zeitlichen Verlauf.....	50
Tabelle 7a: Deskriptive Statistik des Medikamentengebrauchs im zeitlichen Verlauf.....	54
Tabelle 7b: Gesamtanzahl der Augen/Patienten unter Antiglaukomatosa prä- und postoperativ .....	54
Tabelle 8: Gesamtanzahl der Augen/Patienten mit entsprechender Häufigkeitsverteilung des Medicationsscores im zeitlichen Verlauf .....	55
Tabelle 9: Tabellarische Darstellung der Veränderung des Medicationsscores im zeitlichen Verlauf basierend auf der Gesamtanzahl der Augen/Patienten .....	56
Tabelle 10: Deskriptive Statistik des Medikamentengebrauchs im zeitlichen Verlauf in Abhängigkeit von der Glaukomdiagnose .....	57
Tabelle 11: Gesamtanzahl der Augen/Patienten mit postoperativen Komplikationen .....	64

## **8. Vorabveröffentlichungen von Ergebnissen**

Es existieren keine Vorabveröffentlichungen von Ergebnissen.