

**Diplomarbeit**

**Zum Stellenwert der transskleralen  
Zyklophotokoagulation**

eingereicht von

**Hanna Marieke Altendorfer**

zur Erlangung des akademischen Grades

**Doktorin der gesamten Heilkunde  
(Dr. med. univ.)**

an der

**Medizinischen Universität Graz**

ausgeführt an der

**Universitäts-Augenklinik**

unter der Anleitung von

**Univ.-Prof. Dr.med.univ. Christoph Faschinger**

*Eidesstattliche Erklärung*

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

*Graz, am 17.08.2015*

*Hanna Marieke Altendorfer eh*

## Danksagungen

Mein größtes Dankeschön gilt meinen Eltern, die mir mein Studium ermöglicht haben und die mich in all meinen Plänen und Ideen immer unterstützen.

Meinem Mann Florian danke ich von ganzem Herzen, für unermessliche Geduld, aufbauende Worte und für seine Hilfe bei jeglichen technischen Problemen.

Danke an Herrn Univ.-Prof. Christoph Faschinger für die Möglichkeit diese Diplomarbeit bei ihm zu schreiben. Danke für jeden Rat und für die unglaublich schnellen Antworten auf jede noch so kleine Frage. Ich hätte mir keine bessere Betreuung wünschen können!

Danke an alle Freunde und Verwandte, die sich stets meine Gedanken zu dieser Arbeit angehört haben, mir Geduld und Zuversicht gespendet haben und mich mit Kaffee versorgt haben. Allen voran Lisa, Lisi, Judith und Claudia, Ella, Z. Dietmar und Martina.

Danke auch an meinen Großvater. Für seine Leidenschaft zur Medizin und für sein Mitfiebern mit meinem Studium.

# Zusammenfassung

## Einleitung

Das Glaukom ist ein Krankheitsbild, bei dem es aufgrund von zunehmender irreversibler Schädigung des Sehnervens zu charakteristischen Gesichtsfeldausfällen kommt. Die häufigste Ursache und der größte Risikofaktor dafür ist ein über eine individuelle Grenze erhöhter Augendruck. Um den Augendruck zu senken werden meist filtrierende, abflussverbessernde Operationen durchgeführt. Bei den produktionshemmenden Operationen, wie z.B. der TSCPC, kommt es zur Zerstörung von Anteilen des das Kammerwasser produzierenden Ziliarkörpers und somit zur Senkung des Augendrucks. Damit können bei bekannten Risiken sehr gute drucksenkende Ergebnisse erzielt werden. Diese Diplomarbeit soll einen Überblick zum aktuellen Stellenwert der TSCPC geben, deren Vor- und Nachteile aufzählen und die häufigsten Indikationen besprechen. Ebenso zeigt sie die Ergebnisse einer Datenerhebung über die TSCPC innerhalb von 5 Jahren an der Universitäts-Augenklinik der Medizinischen Universität Graz.

## Material und Methoden

Es wurde eine Literaturstudie und eine Auswertung von Studienergebnissen zum Thema TSCPC durchgeführt. Die Literatursuche erfolgte elektronisch über die Meta-Datenbank „PubMed“.

Die Datenerhebung erfolgte aus anonymisierten Operationsprotokollen der Universitäts-Augenklinik der Medizinischen Universität Graz aus den Jahren 2009-2013 (5 Jahre), bei denen im Operationsfeld „transsklerale Zyklphotokoagulation“ angegeben wurde.

## Ergebnisse

An der Universitäts-Augenklinik der Medizinischen Universität Graz wurden im Beobachtungszeitraum von 5 Jahren 349 TSCPC durchgeführt, 52% an linken und 48% an rechten Augen. Sechsfundfünfzig Prozent der Patienten und Patientinnen waren männlich und 44% weiblich. Der Altersmedian der Patienten und Patientinnen lag bei 75 Jahren. Der Median der Koagulationsanzahl war bei 20 (Mittelwert: 21,14; Standardabweichung  $\pm 3,73$ ), jener der Energie lag bei 2000 mW (Mittelwert 2100,6 mW; Standardabweichung  $\pm 17$  mW) und jener der Laserapplikationsdauer bei 2000 ms (Mittelwert 1998,98 ms; Standardabweichung  $\pm 222$  ms). Bei 15% der Patienten und Patientinnen wurden keine Daten betreffend der Laserparameter eingegeben.

Die Hauptdiagnosen und somit die häufigsten Indikationsstellungen in dem Beobachtungszeitraum dieser Studie waren in absteigender Anzahl das Neovaskularisationsglaukom, Sekundärglaukom, Pseudoexfoliationsglaukom, primäre Offenwinkelglaukom und Winkelblockglaukom.

Es ließ sich kein Trend bezüglich Zu- oder Abnahme der TSCPC über diese Jahre hin darstellen.

### **Schlussfolgerungen**

Die TSCPC eignet sich bei kritischer Abwägung aller bekannten Risiken gut zur effektiven Augendrucksenkung. Um sie auch als primäre Therapieoption generell empfehlen zu können sind allerdings noch weitere Studien notwendig.

Die TSCPC ist schnell durchzuführen, das Risiko für eine postoperative Endophthalmitis ist nicht gegeben. Sie ist eine gute Option für Patienten mit geringer Compliance, da es postoperativ zu einer Reduktion der lokalen Medikation mit Augentropfen kommt und keine langen Krankenhausaufenthalte notwendig sind.

# **Abstract**

## **Introduction**

Glaucoma is a disease in which the patient is experiencing characteristic visual field loss due to a progressive, irreversible damage of the optic nerve.

The most common cause and most important risk factor is an individually high intraocular pressure (IOP). The most common treatment to reduce IOP are filtering operations to improve aqueous outflow.

There are treatments available to inhibit the production of aqueous humor (e.g. transscleral cyclophotocoagulation – TSCPC), where parts of the ciliary body get destroyed thus reducing intraocular pressure. Taking into consideration the known risks, these treatments achieve very good results in lowering IOP.

The aim of this thesis is to give an overview of the current status of TSCPC, list its advantages and disadvantages and discuss the most common indications for this procedure. In addition, it presents the results of a data analysis on TSCPCs carried out at the Department of Ophthalmology of the Medical University of Graz between 2009 and 2013.

## **Methods**

A literature review and an analysis of results of studies on TSCPC were performed. The literature search was carried out on the PubMed electronic meta-database.

Furthermore, data was collected from anonymous operation protocols of the Department of Ophthalmology of the Medical University of Graz for the period from 2009 to 2013 (5 years), in which ‘transscleral cyclophotocoagulation’ was specified in the surgical field.

## **Results**

During the observation period of 5 years, 349 TSCPC treatments were performed at the Department of Ophthalmology of the Medical University of Graz, 52% of which on left and 48% on right eyes. Sixty-five percent of the patients were male and 44% female. The median age of the patients was 75 years. The median of the number of laser coagulations was 20 (mean: 21.14; standard deviation:  $\pm 3.73$ ), that of energy 2000 mW (mean: 2100.6 mW; standard deviation:  $\pm 17$  mW) and that of laser application time 2000 ms (mean: 1998.98 ms; standard deviation:  $\pm 222$  ms). For 15% of the patients no data on laser parameters has been recorded.

The main diagnoses and therefore the most common indications in the observation period of this study were, in descending number, neovascular glaucoma, secondary glaucoma, pseudoexfoliative glaucoma, primary open-angle glaucoma and angle-closure glaucoma.

It was not possible to identify a trend regarding increase or decrease of TSCPC in the observation period.

### **Conclusions**

TSCPC is a suitable treatment to effectively reduce IOP if all known risks are being taken into consideration. To generally recommend TSCPC as a primary treatment option, however, more studies are required.

TSCPC can be carried out quickly and the risk of postoperative endophthalmitis is zero. It is a good option for patients with low compliance because local medication with eye drops can be reduced after surgery and there is no need for long hospital stays.

# Inhaltsverzeichnis

Danksagungen.....	ii
Zusammenfassung.....	iii
Abstract .....	v
Inhaltsverzeichnis.....	v
Glossar und Abkürzungen .....	ix
Abbildungsverzeichnis .....	x
Tabellenverzeichnis .....	xi
<b>1 Einführung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Anatomie und Physiologie.....	1
1.1.1 Anatomie der Vorderkammer.....	2
1.1.2 Kammerwasserproduktion .....	2
1.2 Tonometrieverfahren.....	5
1.2.1 Goldmann-Appplanationstonometrie.....	5
1.2.2 Perkins-Tonometer .....	6
1.2.3 Tono-Pen.....	7
1.2.4 Non-contact-Tonometer.....	7
1.2.5 Rebound-Tonometer .....	7
1.2.6 Kontinuierliche Augeninnendruckmessung .....	7
1.2.7 Dynamische Konturtonometrie.....	8
1.3 Tagesdruckschwankungen.....	8
1.4 Das Glaukom.....	9
1.4.1 Diagnostik.....	10
1.4.2 POWG – primäres Offenwinkelglaukom .....	11
1.4.3 Sekundäres Offenwinkelglaukom .....	12
1.4.4 Primärer Winkelblock.....	12
1.4.5 Sekundärer Winkelblock.....	13
1.5 Therapie .....	14
1.6 Durchführung einer TSCPC .....	16
<b>2 Einleitung .....</b>	<b>18</b>
<b>3 Material und Methoden.....</b>	<b>20</b>

<b>4</b>	<b>Ergebnisse .....</b>	<b>21</b>
<b>5</b>	<b>Diskussion .....</b>	<b>27</b>
<b>6</b>	<b>Schlussfolgerungen .....</b>	<b>40</b>
<b>7</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>42</b>
<b>8</b>	<b>Anhang.....</b>	<b>47</b>

## Glossar und Abkürzungen

Aphakie	Fehlen der intraokularen Linse
CPC	Zyklophotokoagulation
Dpt	Dioptrie
ECP	endoskopische Zyklophotokoagulation
I.E.	Internationale Einheit, eine Maßeinheit für medizinische Präparate
IOD	intraokularer Druck, Augeninnendruck
mmHg	Einheit des Augendrucks in Millimeter Quecksilber
OCT	optische Kohärenztomografie. Sie dient auch der Untersuchung des Augenhintergrundes bzw. des hinteren Augenabschnittes
POWG	primäres Offenwinkelglaukom
Pseudophakie	Ersatz der normalen Linse durch eine Kunstlinse
TSCPC	transsklerale Zyklophotokoagulation
WBG	Winkelblockglaukom

# Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1 - WAAGRECHTER SCHEMATISCHER SCHNITT DURCH DEN RECHTEN AUGAPFEL (2).....	1
ABBILDUNG 2 - PHYSIOLOGIE DER KAMMERWASSERZIRKULATION. A NICHT PIGMENTIERTES ZILIAREPITHEL, B PUPILLARWIDERSTAND, C TRABEKELWIDERSTAND, D RAUM UNTER DER BINDEHAUT, E UVEOSKLERALER ABFLUSS (3).....	3
ABBILDUNG 3 - DRESDNER KORREKTURTABELLE (13) .....	6
ABBILDUNG 4 - 24 H IOD-MESSUNG BEIDER AUGEN EINES PROBANDEN (23) .....	9
ABBILDUNG 5 - ÜBERSICHT ÜBER GLAUKOMATÖSE GESICHTSFELDAUSFÄLLE MIT GOLDMANN-PERIMETER (3).....	10
ABBILDUNG 6 - NEOVASKULARISATIONSGLAUKOM: SEKUNDÄRER WINKELBLOCK BEI RUBEOSIS IRIDIS. ....	13
ABBILDUNG 7 - VORDERANSICHT DES DIODENLASERS MIT DREHKNÖPFEN ZUR EINSTELLUNG VON ENERGIE, DAUER UND WIEDERHOLUNGSRATE DER LASERSTRAHLABGABE. ....	16
ABBILDUNG 8- AUGE BEI TSCPC-ANWENDUNG. MAN SIEHT DIE AM LIMBUS ANGESETZTE G-SONDE MIT ROTEM LICHT ZUR BESSEREN ORIENTIERUNG FÜR DEN OPERATEUR. ....	17
ABBILDUNG 9 - AUFLISTUNG DER ALTERSHÄUFIGKEITEN DER PATIENTEN UND PATIENTINNEN.....	21
ABBILDUNG 10 - PROZENTUELLE AUFTEILUNG DER EINGRIFFE AN RECHTEN BZW. LINKEN AUGEN.....	21
ABBILDUNG 11 - PROZENTUELLE AUFTEILUNG VON MÄNNLICHEN UND WEIBLICHEN PATIENTEN UND PATIENTINNEN .	22
ABBILDUNG 12 - AUFLISTUNG DER HÄUFIGKEIT DER ANZAHL AN GESETZTEN LASERKOAGULATEN .....	23
ABBILDUNG 13 - DIE 5 HÄUFIGSTEN HAUPTDIAGNOSEN IM BEOBACHTUNGSZEITRAUM.....	24
ABBILDUNG 14 - ANZAHL DER DURCHGEFÜHRTEN TSCPC IM BEOBACHTUNGSZEITRAUM AN DER UNIVERSITÄTS- AUGENKLINIK DER MEDIZINISCHEN UNIVERSITÄT GRAZ .....	26
ABBILDUNG 15 - ANZAHL DER KRYOTHERAPIEN IM VERLAUF DES BEOBACHTUNGSZEITRAUM (2009-2013) .....	26
ABBILDUNG 16 - IOD-ÄNDERUNG (IN MMHG) IM BEOBACHTUNGSZEITRAUM VON DURCHSCHNITTLICH 21,5 MONATEN NACH EINER TSCPC(30).....	27
ABBILDUNG 17 - KOMPLIKATIONEN DER DREI VERGLICHENEN BEHANDLMÖGLICHKEITEN (30).....	34
ABBILDUNG 18 - SEHSCHÄRFENÄNDERUNG NACH BEHANDLUNG MIT TSCPC (30) .....	35
ABBILDUNG 19 - SEHSCHÄRFENÄNDERUNG NACH BEHANDLUNG MIT FILTRATIONSOPERATION (30) .....	36
ABBILDUNG 20 - IOD-ÄNDERUNG NACH DER DURCHFÜHRUNG EINER TSCPC (31).....	37
ABBILDUNG 21 - ERFOLGSRATE VON PATIENTEN UND PATIENTINNEN MIT UND OHNE VOROPERATIONEN AM BEHANDELTEN AUGE. (31) .....	38
ABBILDUNG 22 - REDUKTION DER BENÖTIGTEN MEDIKATION IM BEOBACHTUNGSZEITRAUM NACH BEHANDLUNG MIT EINER CPC (29).....	39
ABBILDUNG 23 - ÜBERSICHT ÜBER ERGEBNISSE UND LASERPARAMETER VERSCHIEDENER STUDIEN ÜBER DIE TSCPC (32).....	47

# Tabellenverzeichnis

TABELLE 1 – EINTEILUNG DER GLAUKOME (3) .....	4
TABELLE 2 - BERECHNUNG DES INTRAOKULAREN ZIELDRUCKS (25).....	15
TABELLE 3 – DIE HÄUFIGSTEN DIAGNOSEN UND NEBENDIAGNOSEN IN ABSTEIGENDER HÄUFIGKEIT IM ZEITRAUM 2009- 2013 .....	25

# 1 Einführung

## 1.1 Anatomie und Physiologie

Das menschliche Auge hat einen sehr komplexen Aufbau und besteht aus mehreren speziellen Schichten. Die äußerste Schicht ist die Gewebsschicht (Tunica fibrosa), bestehend aus der Hornhaut (Cornea) und der Lederhaut (Sklera). Diese liegt direkt unter der Augenmuskulatur und der Tenonschen Kapsel. Die Sklera selbst ist wiederum in drei Schichten zu unterteilen. Von außen nach innen: Episklera, Stroma und Lamina fusca.

Die Sklera geht vorne direkt in die Hornhaut über und bildet gemeinsam mit dieser die derbe Hülle des Auges. Der Übergangsbereich der Sklera in die Cornea wird als Limbus bezeichnet.

Die nach innen folgende Schicht ist die Gefäßschicht (Tunica vasculosa oder Uvea), bestehend aus Aderhaut (Choroidea), welche gemeinsam mit der Regenbogenhaut (Iris) und dem Strahlenkörper (Ziliarkörper, Corpus ciliare) diesen mittleren Teil bildet.

Die innerste Schicht des Auges ist die Nervenschicht (Tunica nervosa), bestehend aus der Netzhaut (Retina) und dem Pigmentepithel. Die Netzhaut lässt sich in eine pars optica retinae (lichtempfindlich) und in eine pars caeca retinae (lichtunempfindlich) unterteilen.

Das Auge wird durch die Iris und die Linse unterteilt in einen vorderen und hinteren Augenabschnitt. Zum vorderen Augenabschnitt gehören Conjunctiva, Cornea, Iris, Ziliarkörper, Linse sowie Vorder- und Hinterkammer mit dem Kammerwasser. Der Glaskörper, die Choroidea und die Retina bilden den hinteren Augenabschnitt (1–3).

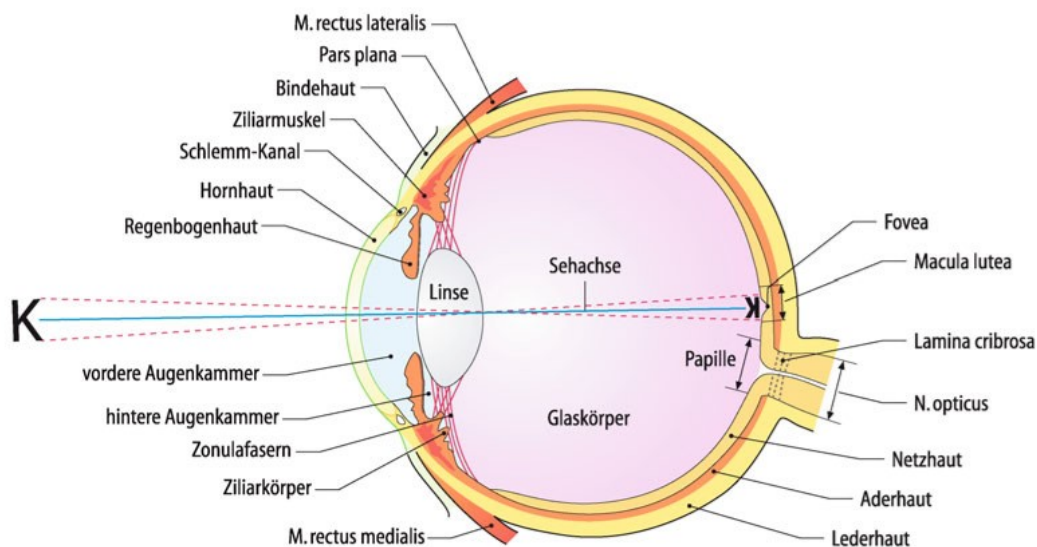


Abbildung 1 - waagrechtlicher schematischer Schnitt durch den rechten Augapfel (2)

### **1.1.1 Anatomie der Vorderkammer**

Die Vorderkammer ist begrenzt durch Cornea, Iris, Linse sowie seitlich durch das Trabekelwerk, den Kammerwinkel mit dem Skleralsporn und dem vorderen Ziliarkörperband. Hinter dem Trabekelwerk liegt nach außen hin der Schlemm-Kanal. Gefüllt ist die Vorderkammer ebenso wie die Hinterkammer mit dem Kammerwasser.

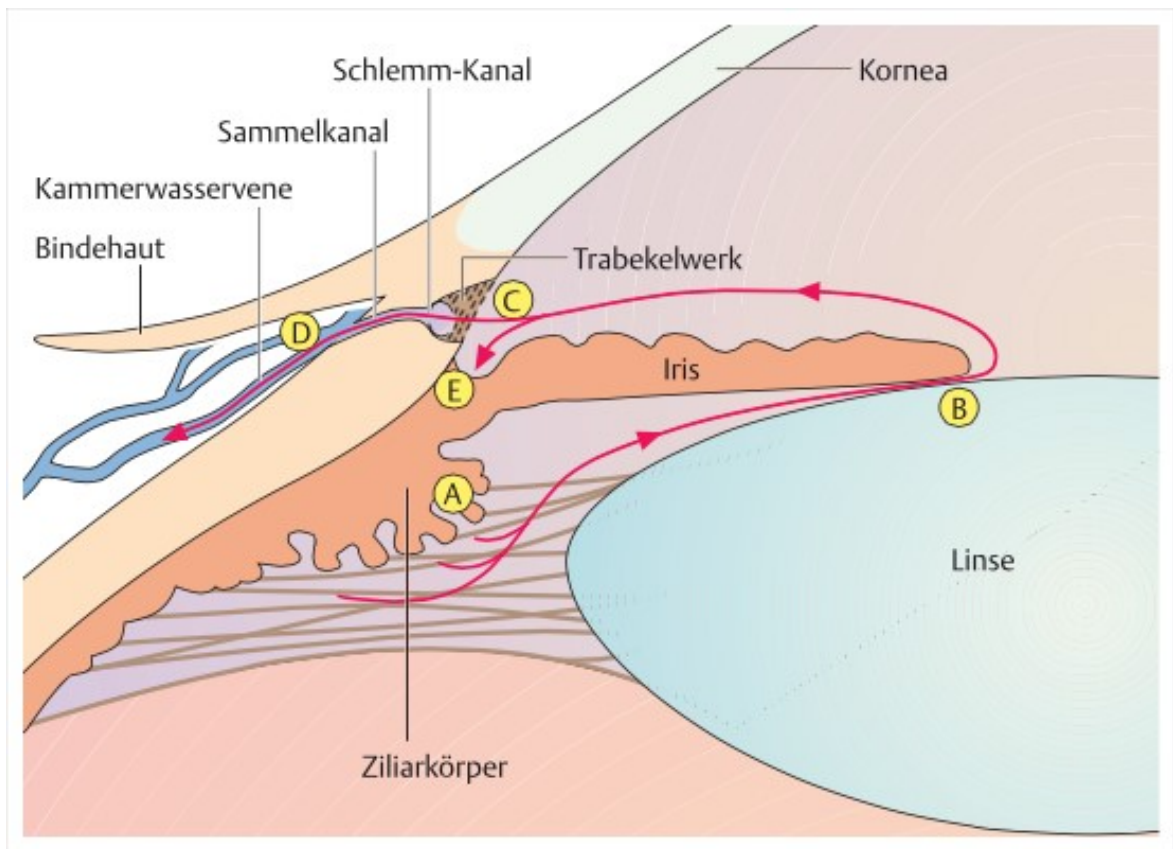
### **1.1.2 Kammerwasserproduktion**

Das Kammerwasser ist für das menschliche Auge notwendig um einen konstanten Augendruck aufrecht zu erhalten sowie die Hornhaut und die Linse zu ernähren, da beide gefäßlos sind. Der normale IOD liegt beim Erwachsenen im Mittel bei etwa  $15,5 \text{ mmHg} \pm 5,5 \text{ mmHg}$  (2 Standardabweichungen) und ist somit höher als der durchschnittliche Druck in anderen Organen (Der Gewebedruck der Skelettmuskulatur liegt in Ruhe zwischen 0 und 10 mmHg (4)). Dieser Druck ist notwendig um eine optimale Wölbung der Cornea zu erreichen, die optimalen Distanzen zwischen Cornea, Linse und Retina zu erzielen und er sorgt für eine regelmäßige Ausrichtung der Photorezeptoren sowie des Pigmentepithels. All diese Faktoren ergeben eine ideale optische Abbildung.

Das Kammerwasser wird im Ziliarkörper gebildet und von den Ziliarzotten in die Hinterkammer sezerniert. Durchschnittlich werden pro Minute etwa  $2,2 \pm 0,4 \mu\text{l}$  Kammerwasser sezerniert (vormittags etwa  $3,1 \mu\text{l}/\text{min}$ , nachts kann die Produktion auf bis zu  $1,6 \mu\text{l}/\text{min}$  sinken). Somit werden pro Minute in etwa 1-2% des gesamten Kammerwassers ersetzt (5–7).

Das frisch produzierte Kammerwasser gelangt zwischen Iris und Linse von der Hinter- in die Vorderkammer. Hierbei trifft es auf den 1. physiologischen Widerstand, den Pupillarwiderstand. Dieser bewirkt, dass die Kammerwasserzirkulation pulsierend erfolgt, da dieser Widerstand immer wieder von neuem überwunden werden muss. In der Vorderkammer erfolgt der Abfluss im Kammerwinkel zum größten Teil (85%) über das Trabekelwerk in den Schlemm-Kanal (druckabhängig). Von dort wird die Flüssigkeit über ca. 20 Sammelkanälchen in das episklerale Venensystem befördert. Die restlichen 15% des Kammerwassers fließen über den uveo-skleralen Abfluss (druckunabhängig) in den allgemeinen venösen Kreislauf.

Der 2. physiologische Widerstand befindet sich im Trabekelwerk, in dem sich das Trabeculum corneosclerale und das Trabeculum juxtacaniculare normalerweise als lockere, schwammartige Strukturen befinden (8,9).



**Abbildung 2** – Physiologie der Kammerwasserzirkulation. **A** nicht pigmentiertes Ziliarepithel, **B** Pupillarwiderstand, **C** Trabekelwiderstand, **D** Raum unter der Bindehaut, **E** uveoskleraler Abfluss (3)

Sollte der 1. physiologische Widerstand erhöht sein spricht man von einem Pupillarblock und es kommt zu einem steigenden Druck in der Hinterkammer. Dabei wölbt sich die Iris bogenförmig in die Vorderkammer und verlegt den Kammerwinkel. Hierbei spricht man von einer primären Winkelblocksituation. Beim sekundären Winkelblock kommt es zu einer Verlegung des Kammerwinkels durch z.B. Gefäße und Bindegewebe der Iris, allerdings bei normalem Pupillarwiderstand.

Bei erhöhtem 2. physiologischen Widerstand spricht man von einem sogenannten Offenwinkelglaukom. Hierbei ist keine direkte Blockierung des Kammerwinkels vorhanden, sondern der Abfluss ist durch ein zu dichtes Trabekelwerk gestört.

Die verschiedenen Glaukomformen sind in folgender Tabelle zusammengefasst (3,9).

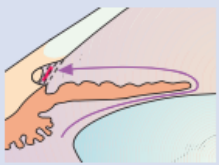
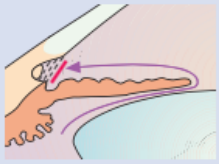
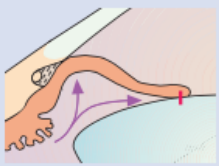
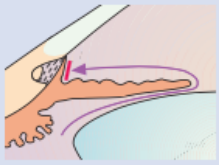
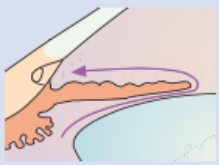
Glaukomform		Häufigkeit	Kammerwinkel anatomisch	Kammerwinkel gonioskopisch	Abflussbehinderung
Offenwinkelglaukom	primär 	über 90 % aller Glaukome	offen	voll einsehbar; unauffällige Strukturen	im Trabekelwerk
	sekundär 	2-4 % aller Glaukome	offen	voll einsehbar; Trabekelwerk und sekundär verlegende Zellen erkennbar	durch Erythrozyten, Pigment, Entzündungszellen, Pseudoexfoliationsmaterial die das Trabekelwerk verlegen
Winkelblockglaukom	primär (Pupillarblockglaukom) 	etwa 5 % aller Glaukome	blockiert	nicht einsehbar, keine Kammerwinkelstrukturen erkennbar	durch Irisgewebe, das das Trabekelwerk verlegt
	sekundär 	2-4 % aller Glaukome	blockiert	nicht einsehbar, keine Kammerwinkelstrukturen erkennbar, verlegende Strukturen erkennbar	durch Verlegung des Trabekelwerkes durch vordere Synechien, Narben sowie neugebildete Gefäße (= Rubeosis iridis)
kindliches Glaukom		1 % aller Glaukome	nicht ausdifferenziert	einsehbar; verlegendes embryonales Gewebe und mangelnde Ausdifferenzierung erkennbar	im Trabekelwerk, welches nicht voll ausdifferenziert ist und/oder durch embryonales Gewebe verlegt ist
absolutes Glaukom	keine eigene Glaukomform, sondern beschreibt ein am Glaukom erblindetes, oft schmerzhaftes Auge				

Tabelle 1 – Einteilung der Glaukome (3)

## **1.2 Tonometrieverfahren**

Die Tonometrie ist das objektive Messen des intraokularen Drucks. Sie beruht meist auf der Kraft, die notwendig ist, um die Hornhaut zu applanieren, oder auf dem Ausmaß der Eindellung durch eine festgelegte Kraft (1).

Zur groben Einschätzung kann bei geschlossenem Auge mit beiden Zeigefingern der Druck des Auges palpirt werden. Hier können grobe Abweichungen vom Normalbefund festgestellt werden (10).

Zu beachten ist, dass es im Verlauf eines Tages auch beim Gesunden zu Schwankungen (Fluktuationen) des IOD von 5-6 mmHg kommt. Messungen sollten daher im besten Fall immer etwa um dieselbe Zeit erfolgen (3).

### **1.2.1 Goldmann-Appplanationstonometrie**

Die Goldmann-Appplanationstonometrie ist der Goldstandard unter den IOD-Messungsmethoden und basiert auf dem Imbert-Fick Gesetz. Dieses besagt, dass der IOD proportional zu der Kraft (F) ist, die notwendig ist um eine definierte Fläche (A) abzuflachen ( $P=F/A$ ).

Dieses physikalische Gesetz setzt voraus, dass es sich um eine ideale, trockene und dünnwandige Kugel handelt (1,11). Davon ausgehend muss man natürlich in Betracht ziehen, dass das menschliche Auge nicht mit einer idealen Kugel gleichzusetzen ist und somit einer Abflachung widersteht, ebenso bestehen Adhäsionskräfte des Tränenfilms. Allerdings heben sich bei dem normierten Durchmesser von 3.06 mm beim Appplanationstonometers nach Goldmann der Faktor der Hornhautrigidität und jener der kapillären Adhäsion auf.

Die Messung erfolgt unter Lokalanästhesie (anästhetische Augentropfen, z.B. Benoxinat) und erfordert zusätzlich die Anwendung von Fluoreszein-Tropfen. Beim Aufsetzen des Messköpfchens auf die Hornhaut sieht der Untersucher zwei Halbkreise und passt den angewandten Drucks auf das Auge so an, bis sich die inneren Ränder dieser Halbkreise berühren. Dann kann der IOD direkt abgelesen werden (2,11).

### Fehlerquellen bei der Messung des IOD:

- Die Verwendung von zu viel oder zu wenig Fluoreszein, welches die abzulesenden Halbkreise zu dick bzw. zu dünn darstellt und die Auswertung dann ungenauer ist.
- Druck auf das Auge von außen durch den Untersucher oder auch Drucksteigerung durch Zusammenkneifen der Augen (1).
- Die Berechnung des Augendrucks erfolgt mit einer geschätzten Hornhautdicke von etwa 520  $\mu\text{m}$  (12). Wenn es beim Auge des Patienten oder der Patientin eine deutliche Abweichung dazu gibt, werden falsche Werte gemessen. Dies ist ebenso möglich nach refraktiver Laserchirurgie der Hornhaut. Um diese möglichen Unterschiede der Hornhautdicke zu berücksichtigen gibt es die sogenannte Dresdner Korrekturtabelle, die mögliche Abweichungen mit einbezieht.

Zentrale Hornhautdicke ( $\mu\text{m}$ )	475	500	525	550	575	600	625	650	675
Korrekturfaktor (mmHg)	+3	+2	+1	0	-1	-2	-3	-4	-5

Abbildung 3 - Dresdner Korrekturtabelle (13)

- Auch ein Hornhautödem kann den IOD beeinflussen.
- Regelmäßige Kalibrierungen des Tonometers sind notwendig um konstant richtige Werte zu liefern (1).

### **1.2.2 Perkins-Tonometer**

Der Vorteil des Perkins-Tonometers ist, im Gegensatz zu an der Spaltlampe fixierten Geräten, seine Mobilität. Es beruht ebenso wie das Goldmann-Verfahren auf dem Prinzip der Applanation, allerdings ist es portabel und kann sowohl am sitzenden als auch an liegenden Patienten und Patientinnen angewandt werden. Das Goldmann-Prisma wird von einer kleinen Lichtquelle beleuchtet und durch die Verwendung von Lokalanästhetikum/Fluoreszein-Augentropfen zeigen sich, wie auch beim Goldmann-Applanationstonometer, Halbkreise. Der Untersucher kann dies durch die +20 dpt- Linse sehen (14).

### **1.2.3 Tono-Pen**

Der Tono-Pen hat, wie das Perkins-Tonometer, den Vorteil dass es portabel und sehr leicht ist. Bei diesem batteriebetriebenen Gerät wird die Kraft, die zum Eindellen der Hornhaut aufgewendet werden muss, direkt mit einem Transducer gemessen und durch die Aufzeichnung der Kraft/Zeit Kurve wird auf den Augeninnendruck rückgeschlossen, der auf der digitalen Druckanzeige angezeigt wird (15).

### **1.2.4 Non-contact-Tonometer**

Das Non-contact-Tonometer basiert ebenso auf dem Applanationsprinzip. Aber statt direkt ein Abflachen der Vorderfläche des Auges zu verursachen, gibt das Gerät einen Luftstoß ab, der bezüglich Kraft und Zeit genormt ist. Die dadurch resultierende Krümmungsänderung der Hornhaut wird gemessen. Am Ausmaß dieser lässt sich der Augeninnendruck berechnen.

Das Non-contact-Tonometer ist insofern von Vorteil, da es keine Anästhesie des zu untersuchenden Auges benötigt und durch den fehlenden Kontakt die Keimübertragung nahezu unmöglich macht. Ebenso wird die Hornhaut nicht durch das Aufsetzen eines Instruments mit der Gefahr einer Erosion angegriffen.

Diese Methode ist allerdings besonders sensibel und auf eine exakte Ausführung angewiesen (2,16).

### **1.2.5 Rebound-Tonometer**

Bei der Rebound-Tonometrie oder ballistischen Tonometrie wird ein feiner Stift gegen das Auge geschleudert und aus der Rück-Beschleunigung des abprallenden Stiftes kann der aktuelle IOD berechnet werden. Die Bewegung des Stiftes wird durch einen Magneten ausgelöst. Auch bei dieser Messmethode ist keine Anästhesie des Auges notwendig. Die Messung kann sitzend und liegend gemacht werden und wird gerne auch bei Kindern angewandt (2,17).

### **1.2.6 Kontinuierliche Augeninnendruckmessung**

Durch die Verwendung einer drucksensitiven Kontaktlinse ist es laut Produktbeschreibung möglich eine kontinuierliche Augeninnendruckmessung zu machen. In diese Kontaktlinse aus Silikon sind Dehnungsmessstreifen eingearbeitet, welche die Krümmungsänderungen der Hornhaut messen, ebenso wie eine Mikroantenne aus Gold sowie ein Mikroprozessor.

Für die Datensammlung ist eine Außenantenne notwendig, die um das Auge geklebt wird. Die Kontaktlinse kann über 24 h getragen werden und liefert somit eine große Menge an Daten, die eine sehr umfassende Auswertung des IOD-Druckverlaufs ermöglicht (18). Das Produkt ist noch nicht so weit ausgereift, dass es für die Verwendung im Routinebetrieb eingesetzt werden kann.

### **1.2.7 Dynamische Konturtonometrie**

Bei der dynamischen Konturtonometrie (DCT) handelt es sich um eine nicht invasive Messung des Augeninnendrucks. Die Messung erfolgt über die Hornhaut, die nur etwas stärker gewölbt ist als der Messkopf selbst. Dadurch kommt es im Gegensatz zu anderen Messmethoden nicht zu einer Applanation der Hornhaut. Diese passt sich stattdessen an das Druckköpfchen an, der externe Sensor erfasst die Wölbungsänderung und errechnet dadurch den Augeninnendruck. Der große Vorteil dieser relativ neuen Messmethode ist, dass sie offensichtlich unabhängig von der Hornhautdicke und deren Krümmung ist. Bei dieser Druckmessung ist es auch möglich zusätzlich zu einer Momentaufnahme ebenso die Änderung des Drucks über einen kurzen Zeitraum zu messen. Dies ermöglicht somit auch Messungen von Druckschwankungen, z.B. der okularen Pulsamplitude (19,20).

## **1.3 Tagesdruckschwankungen**

Der Augeninnendruck ist kein konstant stabiler Wert. Die normale Blutdruckamplitude wirkt sich direkt auf den IOD aus, ebenso steigender Blutdruck in der Folge von körperlicher Anstrengung. Studien haben auch gezeigt, dass es im Tagesverlauf zu Schwankungen kommt (Fluktuationen). Diese sind bei Glaukompatienten und –patientinnen ausgeprägter als bei gesunden Augen. Die meisten Studien haben gezeigt, dass der IOD abends absinkt und morgens nach dem Aufstehen hoch ist (21–23).

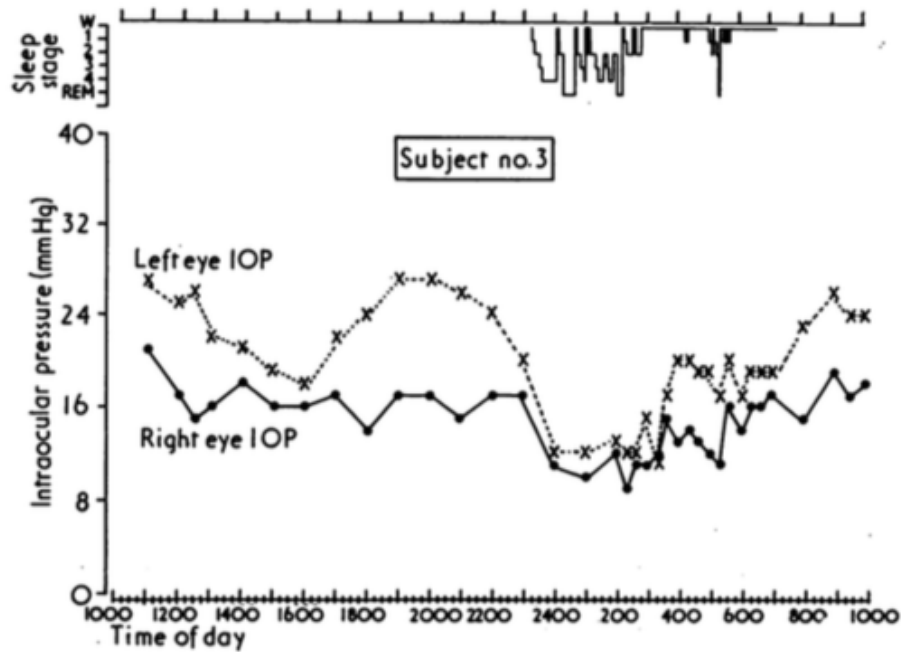


Abbildung 4 - 24 h IOD-Messung beider Augen eines Probanden (23)

## 1.4 Das Glaukom

Das Glaukom, auch als grüner Star bekannt, ist die zweithäufigste Erblindungsursache weltweit. Bei dieser Erkrankung kommt es zu charakteristischen, progressiven Gesichtsfeldausfällen aufgrund einer zunehmenden und irreversiblen Schädigung des Nervus opticus (Sehnervs). Die Gesichtsfeldeinschränkung erfolgt langsam progredient und schmerzlos. Da kleinere Gesichtsfeldausfälle unbemerkt bleiben können, weil das zweite Auge diese kompensieren kann, erfolgt eine Behandlung häufig erst spät. Beim Ausbleiben einer adäquaten Therapie kann das Glaukom zur Erblindung führen. (24) Die häufigste Ursache dieser Optikusneuropathie ist ein erhöhter Augendruck, allerdings wurde dieser in den letzten Jahren aus der Definition genommen und ist nun nicht mehr zwingend notwendig für eine Diagnosestellung (Normaldruckglaukom). (11)

Der typische Gesichtsfeldausfall betrifft die periphere Wahrnehmung. Die Patienten und Patientinnen beschreiben ein normales Sehen im Zentrum und komplette Ausfälle in der mittleren Peripherie. Das beeinträchtigt vor allem auch die Wahrnehmung in der Dämmerung.

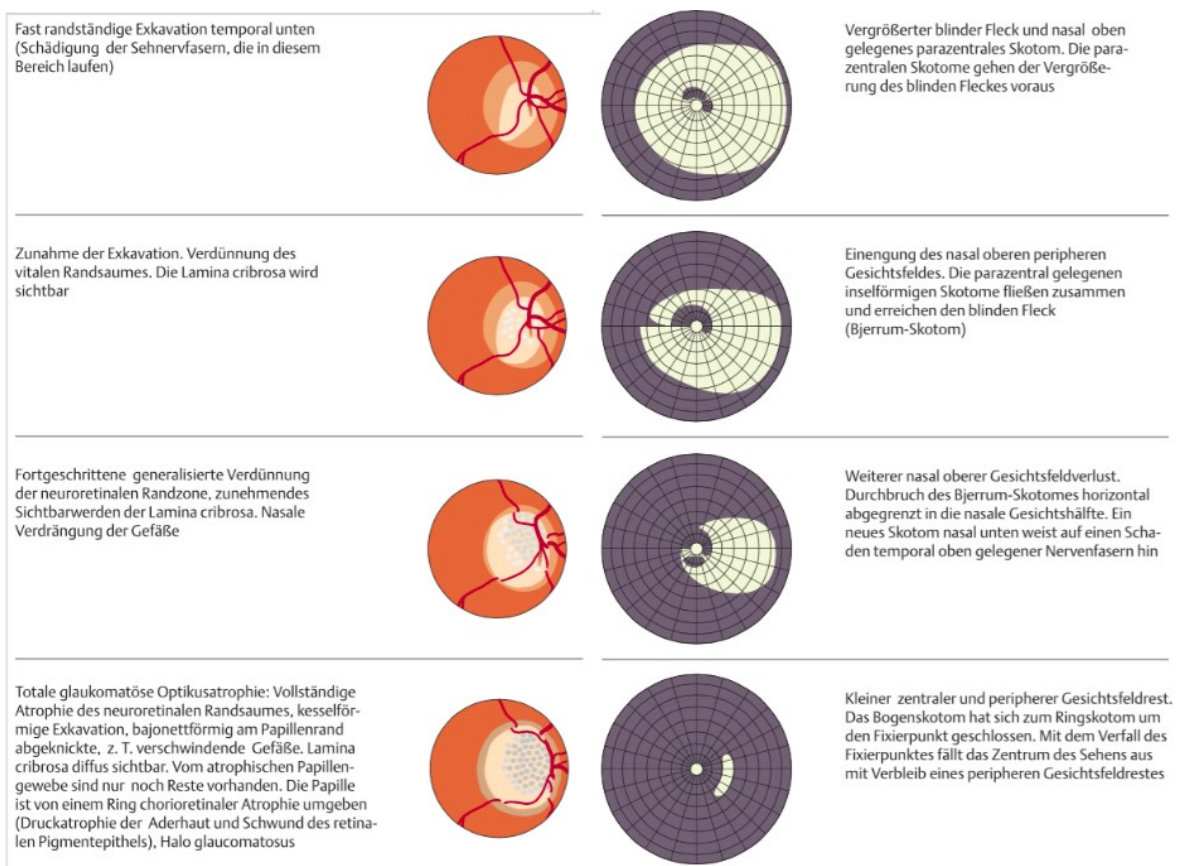


Abbildung 5 - Übersicht über glaukomatöse Gesichtsfeldausfälle mit Goldmann-Perimeter (3)

### 1.4.1 Diagnostik

Die Diagnostik von Glaukomen bedarf einiger Untersuchungen. Die wichtigsten Untersuchungen sind die Beurteilung des Sehnervkopfes und die Perimetrie, die Untersuchung des Gesichtsfeldes.

Im Rahmen der Ophthalmoskopie wird der Augenhintergrund begutachtet und die Papille auf ihre Größe und auf die Größe ihrer Exkavation hin untersucht. Sollte diese noch unauffällig aussehen (intakter neuroretinaler Randsaum) und besteht der Verdacht auf ein Glaukom, kann man unter Verwendung von rotfreiem Licht den Kontrast erhöhen, was das Erkennen von z.B. bündelförmigen Nervenfaserausfällen möglich machen kann.

Für die Gesichtsfeldbeurteilung kann z.B. die Rauschfeldperimetrie angewandt werden, da der Patient/ die Patientin die Skotome erkennen kann und selbst beschreibt. Die aufscheinenden Flimmerpunkte werden im Bereich des Skotoms nicht wahrgenommen.

Häufig wird jedoch als Standardmethode die Rasterperimetrie durchgeführt, welche computergesteuerte Lichtpunkte setzt und eine sehr detaillierte Gesichtsfeldauswertung ermöglicht. Bei bereits starker Einschränkung kann eine kinetische Handperimetrie mit dem Goldmann-Perimeter durchgeführt werden.

Auch wenn der erhöhte IOD nicht mehr in die Definition eines Glaukoms gehört, ist die Augeninnendruckmessung immer noch essentiell. Bei einer pathologischen Papille, bzw bei einer gesunden Papille und einem IOD von über 21mmHg (normal bei etwa 15 mmHg) ist eine weitere Abklärung unbedingt notwendig. Dazu gehört unter anderem auch eine Gonioskopie. Dabei wird ein spezielles Spiegelglas direkt auf das Auge aufgesetzt und dieses ermöglicht so einen direkten Einblick in den Kammerwinkel und somit eine Beurteilung, ob dieser offen oder blockiert ist.

Von einer eindeutigen Diagnose spricht man bei glaukomtypischen Gesichtsfeldausfällen passend zu einer vergrößerten Papillenexkavation. Risikofaktoren sind eine positive Familienanamnese, erhöhtes Alter, Pseudoexfoliation, Pigmentdispersion, hohe Myopie und eine dünne Hornhaut (3,10).

Als neue Untersuchungsmethode besonders für die Früherkennung von strukturellen Schäden wird die optische Kohärenztomografie eingesetzt (OCT).

#### **1.4.2 POWG – primäres Offenwinkelglaukom**

Das POWG ist die häufigste Form des Glaukoms beim Erwachsenen mit 90% aller Glaukome. Am häufigsten tritt es zwischen dem 60. und 70. Lebensjahr auf. In über einem Drittel der Patienten und Patientinnen gibt es eine familiäre Disposition. Die genaue Ätiologie des POWG ist allerdings nicht bekannt. Bei dem primär chronischen Offenwinkelglaukom ist der Kammerwinkel offen. Die Problematik liegt im Trabekelwerk, welches den Abfluss des Kammerwassers durch einen erhöhten Widerstand verhindert beziehungsweise verlangsamt und somit den Augeninnendruck erhöht. Eine weitere Möglichkeit für einen zusätzlichen Sehnervenschaden beim POWG liegt in einer Minderperfusion des Sehnervenkopfes.

Bei den meisten Glaukomen erfolgt die Entwicklung der Gesichtsfeldausfälle sowie die Schädigung des Nervus opticus langsam progredient und schmerzlos, allerdings kann es

auch beim POWG selten unspezifische Begleitsymptome wie Kopfschmerz, Rötung der Augen oder verschwommene Wahrnehmung geben (3).

### **1.4.3 Sekundäres Offenwinkelglaukom**

Beim sekundären Offenwinkelglaukom wird die Abflussbehinderung bei offenem Kammerwinkel durch Zellen (z.B. Erythrozyten, Entzündungszellen), Pigment oder Pseudoexfoliationsmaterial verursacht (10).

### **1.4.4 Primärer Winkelblock**

Bei dieser Form des Glaukoms kommt es zu einer Erhöhung des Pupillarwiderstands, man bezeichnet es daher auch als Pupillarblockglaukom. Hierbei erhöht sich der Druck in der Hinterkammer, da der Fluss des Kammerwassers eingeschränkt ist. Dadurch wölbt sich die Iris in Richtung der Vorderkammer. Die Iris verlegt teilweise oder fast komplett den Kammerwinkel und es kann daher weniger oder kein Kammerwasser mehr abfließen. (siehe Tabelle 1)

Die Erhöhung des 1. physiologischen Widerstands kann durch mehrere Auslöser verursacht werden:

1. Verklebungen oder erhöhte Haftung der Iris an der Linse z.B. durch Entzündungen mit Irishyperämie und hinteren Synechien
2. Mydriasis durch Medikamente, verminderter Lichteinfall oder erhöhter Sympathikotonus

Im Gegensatz zum POWG ist das Auftreten eines Winkelblocks auch akut und sehr schmerzhaft möglich. Man spricht dann von einem Glaukomanfall oder einem akuten Winkelblock. Die Patienten und Patientinnen präsentieren sich meist mit einem stark geröteten und schmerzenden Auge. Ein akuter Winkelblock geht meist mit starken Kopfschmerzen einher, die häufig auch ausstrahlen. Der Schmerz kann so stark sein, dass er ebenso Übelkeit und Erbrechen auslöst. Es kommt zu einer ausgeprägten Sehverschlechterung und häufig beschreiben die Patienten und Patientinnen Newton-Ringe (farbige Ringe, die sie um Lichtquellen herum wahrnehmen), die durch das entstandene Hornhautödem und mit der damit einhergehenden Lichtstreuung zu erklären sind.

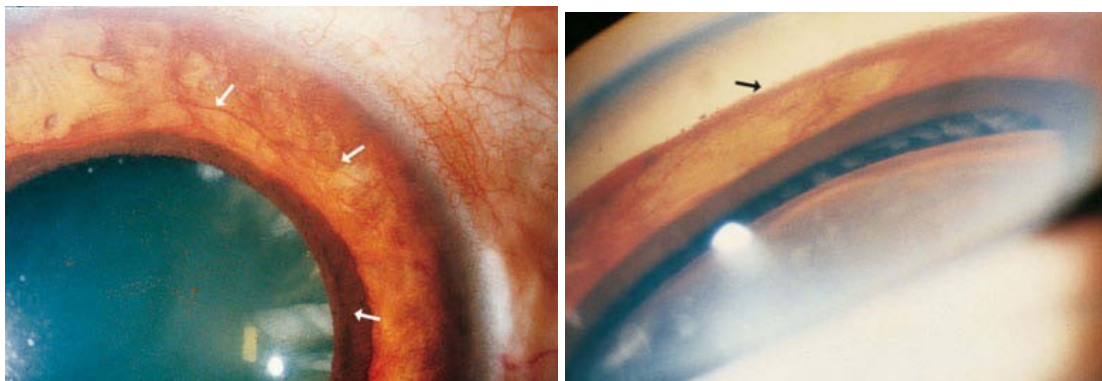
Bei genauerer Untersuchung zeigen sich auch Zellen beziehungsweise Eiweiß in der Vorderkammer (man spricht von einem positiven Tyndall-Effekt). Die Pupille des betroffenen Auges ist weit und lichtstarr.

Aufgrund der massiven Augendrucksteigerung erfordert ein Glaukomanfall rasche therapeutische Maßnahmen (10). Die Therapie der Wahl ist operativ (YAG-Iridotomie), allerdings meist erst nach begonnener konservativer Behandlung (3).

#### 1.4.5 Sekundärer Winkelblock

Bei einem sekundären Winkelblock kommt es zu einer Blockierung des Trabekelwerks und somit zu einem Abflusshindernis.

Dies kann durch Anhaftungen und Vernarbungen des Kammerwinkels im Rahmen eines Traumas oder postoperativ entstehen. Häufige Ursache für einen sekundären Winkelblock ist die Rubeosis iridis, welche durch neugebildete Gefäße und Bindegewebe den Kammerwinkel blockiert. Man spricht auch von einem Neovaskularisationsglaukom. Dadurch kann bei einer Gonioskopie nicht mehr in den Kammerwinkel eingesehen werden, die Verlegung des Kammerwinkels ist sichtbar (3).



**a** Rubeosis iridis: Neugebildete Gefäße (←) auf der Irisoberfläche erkennbar. Durch Kontraktion wird die Rückfläche der Iris (Pigmentepithel) auf die Irisoberfläche gezogen (Ectropium uveae) (←).  
**b** Gonioskopie: Der Kammerwinkel ist verschlossen, das Trabekelwerk nicht mehr sichtbar (→). Die Rubeosis iridis hat den Kammerwinkel wie ein Reißverschluss zugezogen. (3)

## **1.5 Therapie**

Auch wenn der erhöhte IOD nicht per se zur Definition des Glaukoms gehört, ist er doch der häufigste Risikofaktor und zudem der einzige, der gut zu behandeln ist. Weiter Risikofaktoren sind unter anderem genetische Disposition, Alter und die zentrale Hornhautdicke. Bei einem Glaukom ist somit die Senkung des IOD ein wichtiger Schritt, um das Fortschreiten der Krankheit zu verzögern oder aufzuhalten. Der erste Schritt in der Glaukomtherapie ist meist die lokale medikamentöse Therapie mittels Augentropfen. Diese erfordert allerdings ein sehr hohes Maß an Compliance, die nicht immer gegeben ist. Somit ist eine lokale medikamentöse Therapie auf Dauer nicht bei allen Patienten und Patientinnen Mittel der ersten Wahl (25).

Bei der operativen Therapie ist die Zielsetzung des angestrebten postoperativen IOD besonders wichtig. Dieser ist nämlich nicht bei allen zu behandelten Augen gleich zu wählen. Der intraokulare Zieldruckbereich ist so zu wählen, dass er niedrig genug ist um ein Fortschreiten der Optikusneuropathie zu verhindern, aber hoch genug um eine ausreichend gute Sehstärke zu erhalten, um die Lebensqualität des Patienten und Patientinnen so gut wie möglich zu erhalten. Somit ist der Zieldruckbereich bei Patienten und Patientinnen mit einem bereits sehr stark geschädigten Sehnerven niedriger zu wählen, als bei einem Patienten/ einer Patientin mit einem gesünderen Nerven. Durch diese Definition ergibt sich auch, dass bei jüngeren Patienten und Patientinnen ebenso ein niedriger IOD angestrebt wird, als bei älteren Patienten und Patientinnen, die noch eine längere Lebenserwartung haben und bei denen eventuelle Nebenwirkungen oder Einschränkungen der Sehschärfe eine starke Einschränkung im täglichen Leben bedeuten würde (25).



## 1.6 Durchführung einer TSCPC

Dem Patienten/ der Patientin wird präoperativ eine Lokalanästhesie mittels einer peri-/retrobulbären Injektion gegeben.

Anschließend wird im Operationssaal das zu operierende Auge mit einem Spekulum geöffnet. Die G-Sonde des 810nm Diodenlasers (Iris Medical Oculight SLx) wird am Limbus direkt auf das Auge angesetzt. Im Verlauf der Operation wird das Auge immer wieder befeuchtet um eine Schädigung der Hornhaut durch Trockenheit zu vermeiden.

Die Einstellung der Laserenergie und Applikationsdauer entscheidet der Operateur selbst.

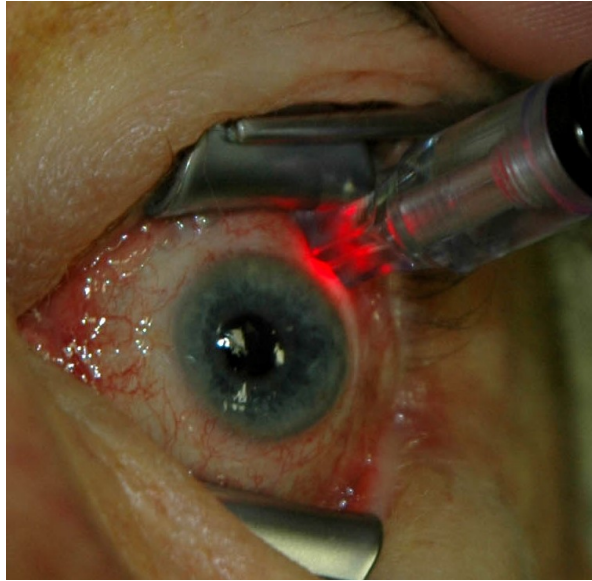
Es gibt die Möglichkeit sich in 250 mW-Schritten bei der Energiewahl nach oben zu titrieren, bis es zu einem Pop-Effekt kommt. Anschließend wird die Energie wieder um 150 mW reduziert und mit der daraus resultierenden Einstellung weiterbestrahlt. Manche Operateure wählen auch die Applikationsvariante, bei der mit höherer Energie begonnen wird und anschließend immer um 250 mW zu reduzieren, bis keine Pop-Effekte mehr auftreten (26).

Bei einer Laserbehandlung über volle 360° des Ziliarkörpers werden meist zwischen 20 und 24 Laserherde gesetzt (26).

Postoperativ wird das behandelte Auge lokal mit steroidhaltigen Augentropfen und einer antibiotischen und entzündungshemmenden Augensalbe versorgt. Im weiteren Verlauf wird das Auge meist über Nacht geschlossen gehalten und mit einer Schutzschale abgedeckt.



**Abbildung 7** - Vorderansicht des Diodenlasers mit Drehknöpfen zur Einstellung von Energie, Dauer und Wiederholungsrate der Laserstrahlabgabe.



**Abbildung 8-** Auge bei TSCPC-Anwendung. Man sieht die am Limbus angesetzte G-Sonde mit rotem Licht zur besseren Orientierung für den Operateur.

## 2 Einleitung

Die transsklerale Zyklphotokoagulation ist eine Operationstechnik für die Behandlung eines Glaukoms. Bis jetzt wird dieses Verfahren eher als nachrangig gegenüber medikamentöser Therapie und den häufiger angewandten Techniken wie fistulierenden oder nicht penetrierenden Operationen angesehen.

Zyklodestruktive Operationstechniken gehen mit einer irreversiblen Zerstörung des Ziliarkörpers einher, welche aufgrund der Verringerung der Kammerwasserproduktion zu einer Senkung des IOD führt.

Die ersten Versuche in diese Richtung wurden mit Hitzeanwendung (diathermische Stichelung) bereits 1933 durchgeführt. Da allerdings keine guten Resultate erzielt werden konnten, wurde dieses Verfahren sehr schnell wieder eingestellt. Anschließend wurde 1950 mit der Kälteanwendung (Kryotherapie) begonnen, welche als sanftere Methode angesehen wurde. Im Gegensatz zu Zyklodiathermie und Zyklodykryokoagulation sollen die zyklodestruktiven Eingriffe mittels Laserapplikation eine gezieltere Anwendung und genauere Dosierung ermöglichen. Die Atrophie des Ziliarkörpers ist somit besser zu steuern.

Die erste Zyklphotokoagulation mittels Laserapplikation wurde 1971 durchgeführt, davor wurden die Operationen mittels eines Xenon-Photokoagulators (mit hoch intensiven Lichtblitzen) gemacht. Die ersten Ergebnisse der CPC wurden nicht als sehr erfolgreich angesehen, da sie damals noch transpupillär durchgeführt wurden und somit ein sehr geringer Anteil des Ziliarkörpers erreicht und photokoaguliert werden konnte. Durch die transsklerale Behandlung kann man den gesamten Ziliarkörper erreichen, allerdings nicht direkt einsehen. Zu Beginn wurde dafür ein Nd:YAG Laser verwendet, mittlerweile kommt aber der Diodenlaser viel häufiger zur Anwendung.

Ein direktes Begutachten und gleichzeitiges Behandeln des Ziliarkörpers ist mittlerweile durch eine endoskopische CPC (ECP) möglich. Diese ermöglicht eine sehr genaue Behandlung des Ziliarkörpers und somit eine geringe Schädigung des umliegenden Gewebes (27).

Die Indikationen für eine TSCPC waren bisher beschränkt auf Augen bei denen vorangegangene Glaukomoperationen nicht zu ausreichend guten Ergebnissen geführt haben. Glaukome bei Neovaskularisation, Keratoplastiken und bei aphaken Augen haben eine geringe Erfolgsrate bei Filtrationsoperationen und sind somit Indikationen für eine Reduktion der Kammerwasserproduktion durch die Zerstörung des Ziliarkörpers (27).

Bei dieser Arbeit handelt es sich einerseits um eine Literaturstudie zum Stellenwert der transskleralen Zyklphotokoagulation. Die TSCPC wird bis jetzt meist nur bei speziellen Indikationen zur Therapie des Glaukoms angewandt. Diese Literaturstudie soll einen Überblick über die Vor- und Nachteile dieser Operationstechnik geben und beschreiben, ob sie sich auch als primäre Glaukomtherapie eignen würde.

Weitere Ziele dieser Diplomarbeit sind die Erhebung der Diagnosen, bei denen die TSCPC in besagtem Zeitraum am häufigsten angewandt wurde sowie eine Analyse, wie sich die Häufigkeit der Operation über die Jahre entwickelt hat. Dazu wurden die Operationsdaten von Patienten und Patientinnen der Universitäts-Augenklinik der Medizinischen Universität Graz von 2009 bis 2013 erhoben und ausgewertet.

### 3 Material und Methoden

Die Literatursuche erfolgte elektronisch über „PubMed“ („diode laser cyclophotocoagulation“). Zutreffende Publikationen wurden bei gegebenem Zugang zu den Journals ausgedruckt, ansonsten die Zusammenfassungen inhaltlich ausgewertet.

Zusätzlich wurde eine retrospektive single-center statistische Datenerhebung aller TSCPC-Anwendungen der Universitäts-Augenklinik der Medizinischen Universität Graz von 2009 bis 2013 gemacht (5 komplette Jahre). Die Auswertung erfolgte aus den Operationsprotokollen der Datenbank (Filemaker, Sucheingabe Datumsfeld: 1.1.2009 ... 31.12.2013 und Operationsfeld: transsklerale Zyklphotokoagulation [dieser Text ist im Layout des Operationsprotokolls als Auswahlfeld vorgegeben, um nicht korrekte Schreibweisen zu vermeiden]).

Da es sich um eine retrospektive, anonymisierte Studie handelt war eine Einwilligung der Patienten und Patientinnen nicht notwendig.

Aus den Operationsprotokollen wurden folgende Daten erfasst:

- Alter
- Geschlecht
- Geburtsjahr
- Diagnosen und Nebendiagnosen
- Operiertes Auge (rechts/links)
- Anzahl der Koagulate
- Energie des Lasers in mW
- Dauer der Laserapplikation in ms
- Zusätzliche Anwendung einer Kryotherapie des Ziliarkörpers
- Auftreten eines Pop-Effekts

Für die Auswertung numerischer Daten wurden der Mittelwert, die Standardabweichungen und der Median berechnet.

## 4 Ergebnisse

Im Zeitraum 2009-2013 wurden an der Universitäts-Augenklinik der Medizinischen Universität Graz 349 transsklerale Zyklphotokoagulationen durchgeführt.

Der Altersmedian der Patienten und Patientinnen zum Zeitpunkt der Behandlung liegt bei 75 Jahren, wobei der jüngste Patient 22 und die älteste Patientin 101 Jahre alt war (Mittelwert 70,22 Jahre); Standardabweichung 14,8 Jahre).

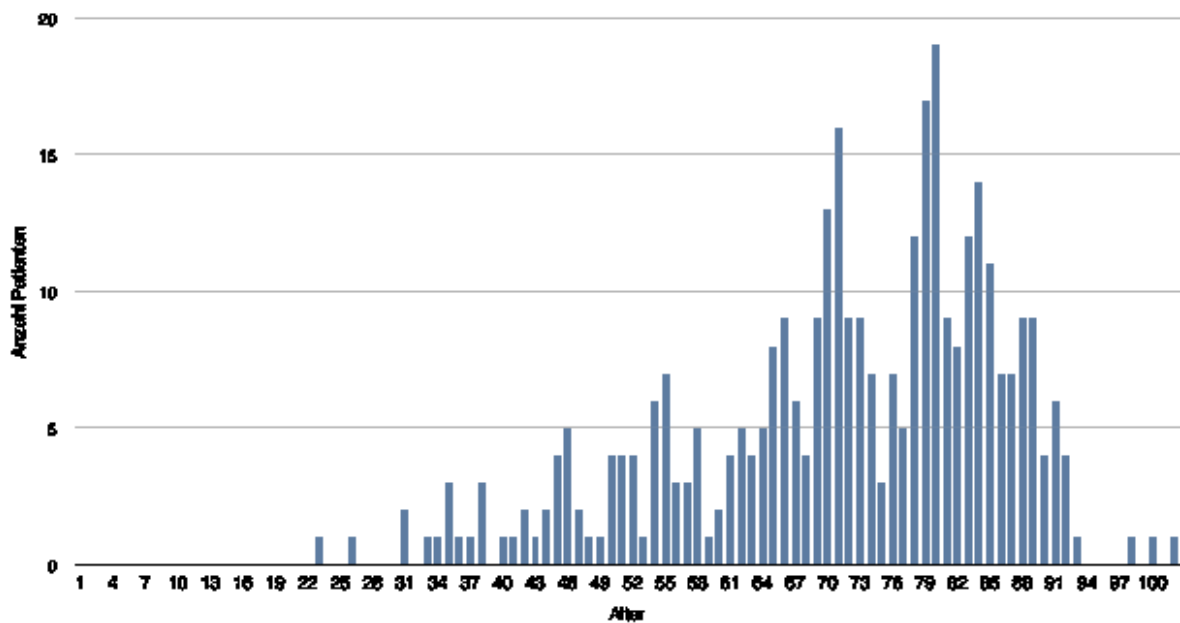


Abbildung 9 - Auflistung der Altershäufigkeiten der Patienten und Patientinnen

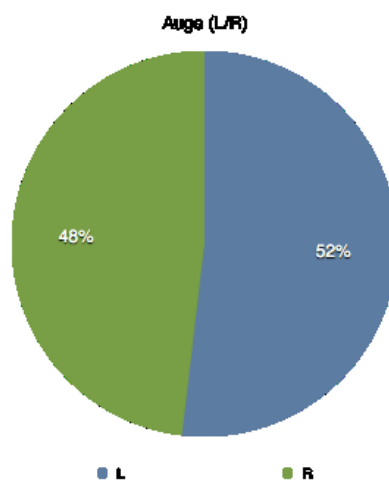
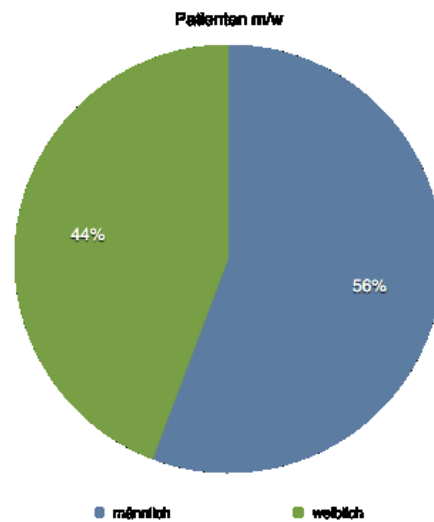


Abbildung 10 - prozentuelle Aufteilung der Eingriffe an rechten bzw. linken Augen

Von den 349 TSCPC-Behandlungen wurden 181 (52 %) an linken und 168 (48 %) an rechten Augen durchgeführt.



**Abbildung 11** - prozentuelle Aufteilung von männlichen und weiblichen Patienten und Patientinnen

Von den Patienten und Patientinnen waren 194 (56 %) männlich und 155 (44 %) weiblich.

Die Behandlung erfolgte unter Peri-/ Retrobulbäranästhesie mit 2,5ml Xylanaest (2%), 2,5 ml Ropinaest (10 mg/ml) und 150 I.E. Hylase mit einem 810 nm transskleralen Diodenlaser mit einer „G-Sonde“ D (Iris Medical Oculight SLx).

Der Median der Laserparameter lag bei der Anzahl der Applikationen bei 20 Koagulaten (Mittelwert 21,14; Standardabweichung  $\pm$  3,73), jener der Energieeinstellung lag bei 2000 mW (Mittelwert: 2100,6 mW; Standardabweichung  $\pm$  222,35 mW) und jener der Applikationsdauer bei 2000 ms (Mittelwert: 1998,98 ms; Standardabweichungen  $\pm$  17,47 ms).

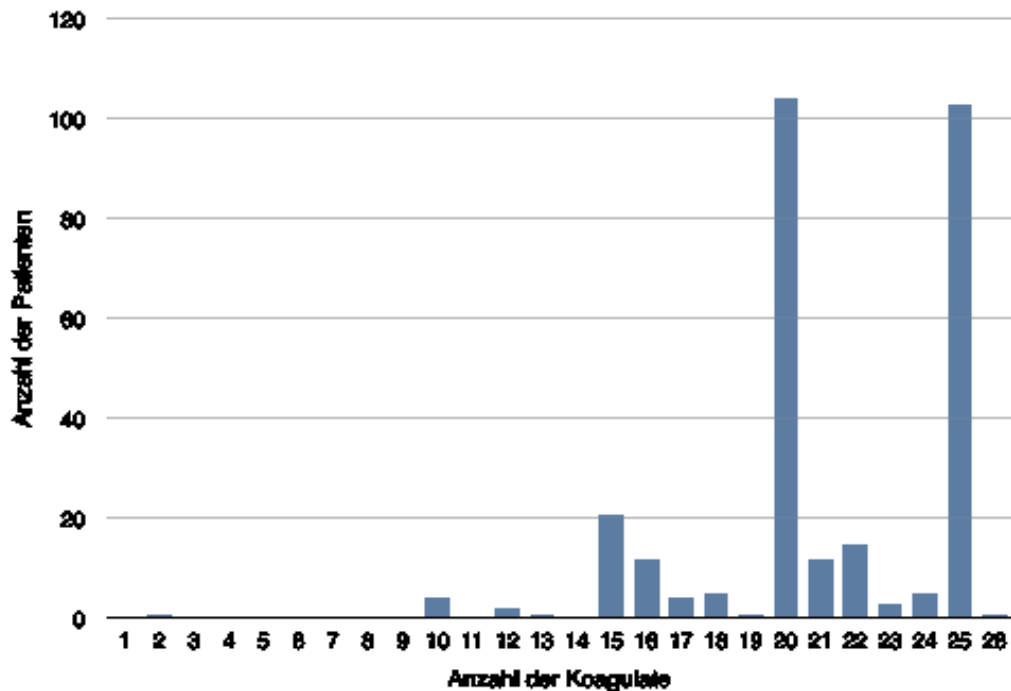


Abbildung 12 - Auflistung der Häufigkeit der Anzahl an gesetzten Laserkoagulaten

Bei 53 Patienten und Patientinnen (15%) wurden keine Daten betreffend der Laserparameter (Anzahl der Koagulate, Applikationsenergie und -dauer) in das Operationsprotokoll eingegeben.

Die unmittelbare Nachbehandlung erfolgte mit lokal angewandten Steroiden (hauptsächlich mit Fortecortin Injektionen peribulbär), sowie mit einem Augensalbenverband (hauptsächlich mit Dexagenta Augensalbe).

Die häufigsten Hauptdiagnosen im Beobachtungszeitraum an der Universitätsaugenklinik der Medizinischen Universität Graz waren das Neovaskularisationsglaukom (28%), das Sekundärglaukom (24%), das Pseudoexfoliationsglaukom (17%), das POWG (12%) und das Winkelblockglaukom (7%).

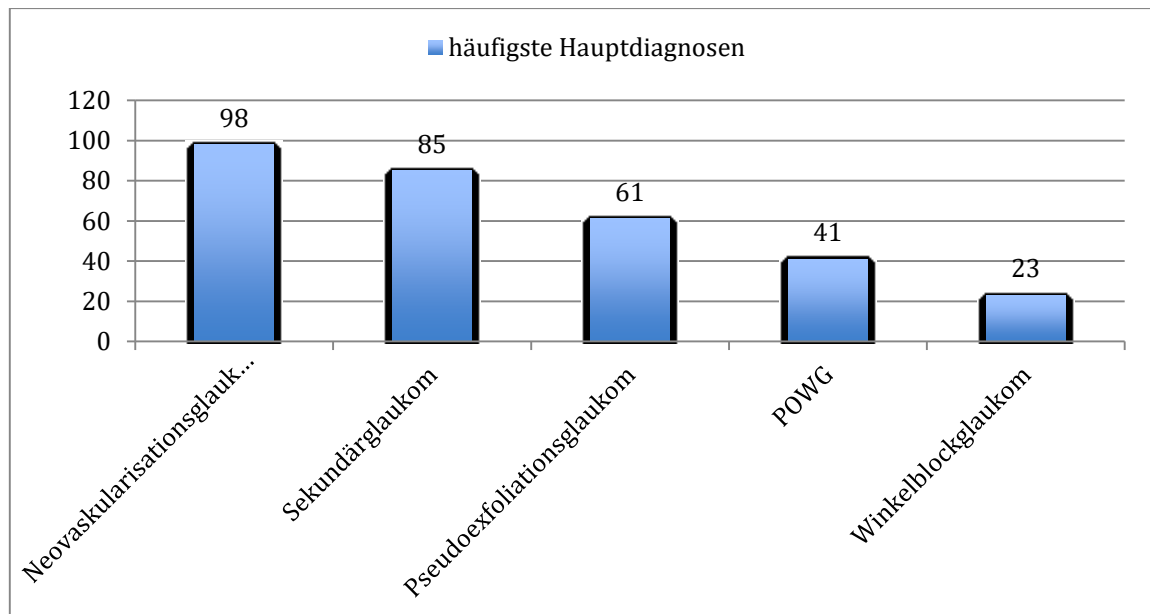


Abbildung 13 - die 5 häufigsten Hauptdiagnosen im Beobachtungszeitraum

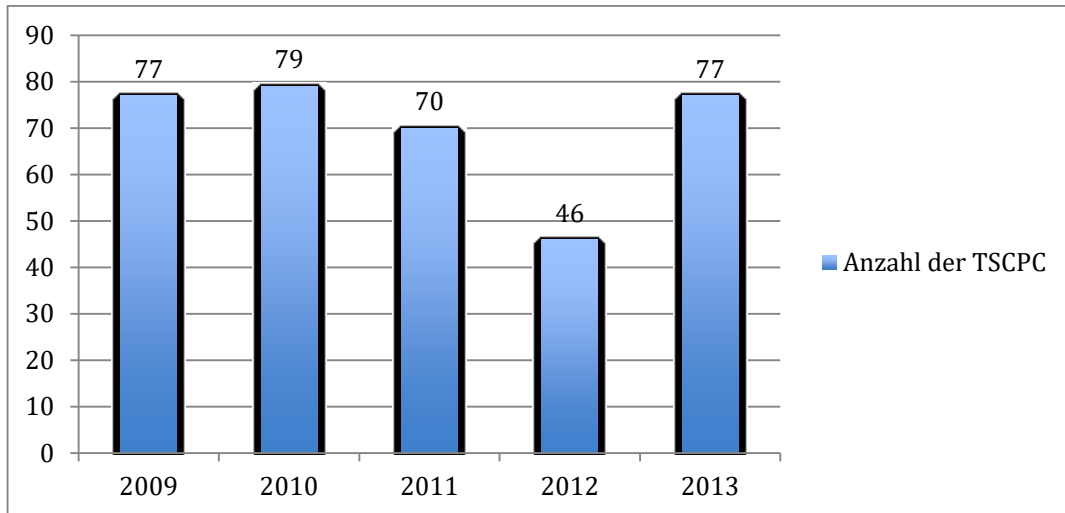
Zusätzlich wurden auch alle anderen Diagnosen erfasst (sowohl Hauptdiagnosen, als auch Nebendiagnosen). In dieser gesamten Sammlung der Diagnosen waren die 5 häufigsten die Pseudophakie, die Cataracta senilis, das Neovaskularisationsglaukom, das Sekundärglaukom und das Pseudoexfoliationsglaukom. Diese Diagnosen werden in Tabelle 3 dargestellt.

<b>Diagnosen/Nebendiagnosen</b>	
Pseudophakie	142 (41%)
Cataracta senilis	133 (38%)
Neovaskularisationsglaukom	111 (32%)
Sekundärglaukom	93 (27%)
Pseudoexfoliationsglaukom	68 (19%)
primäres Offenwinkelglaukom	67 (19%)
Rubeosis iridis	52 (15%)
Aphakie	31 (9%)
Winkelblockglaukom	29 (8%)

**Tabelle 3** – Die häufigsten Diagnosen und Nebendiagnosen in absteigender Häufigkeit im Zeitraum 2009-2013

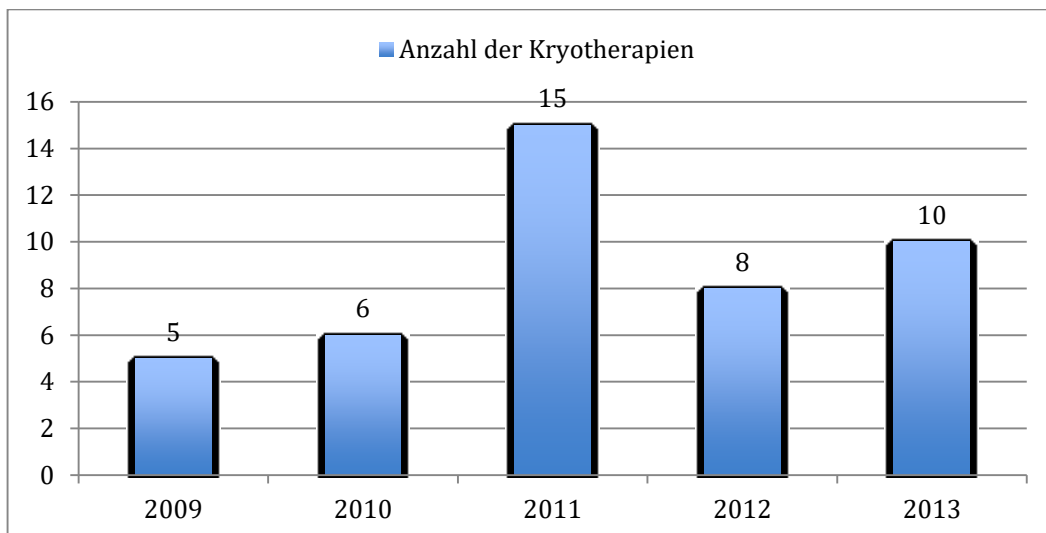
Da die Daten anonymisiert waren (nur Geburtsjahr und Geschlecht), konnte nicht ausgewertet werden, ob Patienten und Patientinnen ein Mal oder mehrmals mittels Laser an einem Auge operiert wurden.

Im Mengenverlauf der ausgewerteten 5 Jahre ließ sich kein Trend bezüglich Zu- oder Abnahme der Laseroperation darstellen.



**Abbildung 14** - Anzahl der durchgeführten TSCPC im Beobachtungszeitraum an der Universitäts-Augenklinik der Medizinischen Universität Graz

Im Rahmen dieser Studie wurde auch erhoben bei wie vielen Patienten und Patientinnen gleichzeitig mit der TSCPC zusätzlich auch eine Netzhaut Kryotherapie durchgeführt wurde. Im gesamten Zeitraum von 2009 bis 2013 wurden 44 Kryotherapien durchgeführt. Bei 41 Patienten und Patientinnen wurden dahingehend keine Angaben im Operationsprotokoll gemacht.



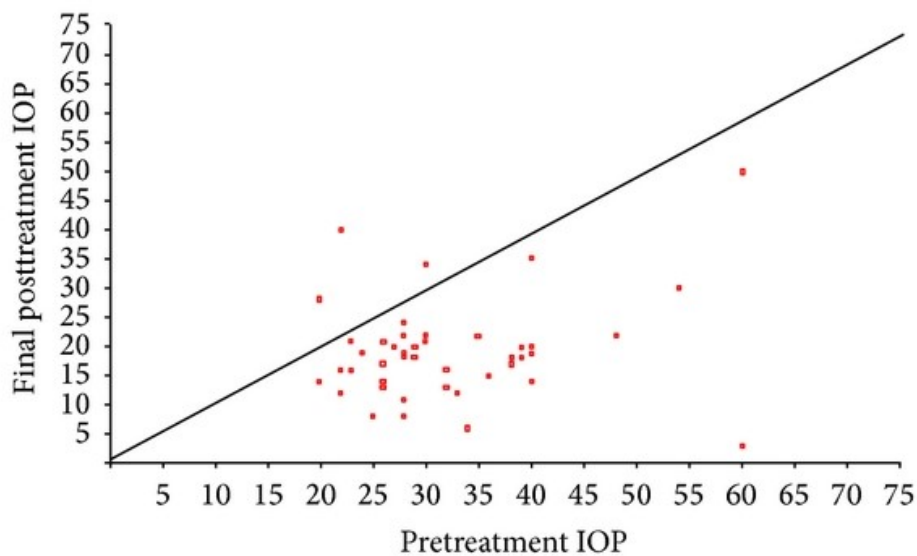
**Abbildung 15** - Anzahl der Kryotherapien im Verlauf des Beobachtungszeitraum (2009-2013)

Es wurden im Rahmen der Literaturstudie die Inhalte von 22 Publikationen ausgewertet (siehe Literaturverzeichnis).

## 5 Diskussion

Die transsklerale Zyklphotokoagulation ist eine Behandlungsmöglichkeit für Glaukome, die durchaus gute Ergebnisse bei der Senkung eines pathologisch hohen Augen drucks zeigt. *Iliev und Gerber* haben eine Zusammenfassung über 7 Studien (die eigene inkludiert), welche im Zeitraum 2002-2007 veröffentlicht wurden, durchgeführt. Die durchschnittliche Erfolgsrate lag bei 6 der Studien zwischen 72,2 und 82%. Bei diesen Studien lag die Obergrenze des IOD jeweils unter 21-22 mmHg bzw. bei einer war der Erfolg mit einer Reduktion von >30% des Ausgangsdrucks definiert (28). Die Studie mit einer auffallend geringeren Erfolgsrate von 36,7% hatte eine restriktivere Erfolgsdefinition. In dieser Studie musste der postoperative Augeninnendruck zwischen 4 und 18mmHg liegen. Die Obergrenze war somit um 3 mmHg niedriger gewählt als bei dem Großteil anderer Arbeiten (siehe auch Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. im Anhang) (29).

In der Studie von *Bloom et al.* lag der mittlere postoperative IOD bei 19,3 mmHg (präoperativ war der mittlere Druck 32,0 mmHg). (29).



**Abbildung 16** - IOD-Änderung (in mmHg) im Beobachtungszeitraum von durchschnittlich 21,5 Monaten nach einer TSCPC(30)

Bisher wurde sie allerdings aufgrund der Irreversibilität (Gefahr einer Phthise) nur mit sehr restriktiver Indikationsstellung angewandt und meist erst nach maximaler medikamentöser Therapie oder nach fistulierenden Operationen in Erwägung gezogen (27).

Das Wirkungsprinzip einer Operation am Ziliarkörper ist, dass durch die Destruktion des Ziliarkörpers die Kammerwasserproduktion reduziert und somit der Augeninnendruck gesenkt wird.

Im Laufe der Zeit wurde diese Operationstechnik weiterentwickelt und verbessert. Begonnen wurde mit der Anwendung von Zyklodiathermie und Zyklokryokoagulation zur Atrophierung des Ziliarkörpers, bis man anschließend mittels Laserapplikation eine sehr gute und risikoärmere Operationstechnik entwickelt hatte. Sie erlaubte eine gezieltere Anwendung und Energiedosierung und dadurch ließ sich das Ausmaß der gewünschten Ziliarkörperdestruktion besser kontrollieren. Die ersten Laserbehandlungen wurden mit einer Xenonbogenlampe durchgeführt. Danach wurde vermehrt der Nd:YAG-Laser eingesetzt. Mittlerweile ist der Standardlaser für die TSCPC der Diodenlaser (26).

Auch die Art der Applikation hat sich, von anfangs transpupillär, mittlerweile auf transskleral geändert. Auch endoskopische Laseranwendungen wurden bereits durchgeführt. Der Vorteil von diesen ist, dass der Ziliarkörper während der Laserapplikation genau einsehbar ist und genau gesteuert werden kann, wo die Atrophie des Ziliarkörpers hervorgerufen werden soll (27).

Der Vorteil der transskleralen Applikation ist, dass der gesamte Ziliarkörper behandelt werden kann. Die Applikation erfolgt mittels eines 810 nm Diodenlasers.

Glaukome bei Neovaskularisation, nach Keratoplastik oder bei aphaken Augen gehören bereits zu Indikationen für ziliarkörperdestruktive Augendrucksenkung mittels TSCPC, weil diese okulären Ausgangszustände eine geringere Erfolgsrate bei Filtrationsoperationen haben. Die anfänglich sehr restriktive Indikationsstellung wurde somit bereits erweitert (27).

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurden die Operationsdaten von 349 Patienten und Patientinnen erfasst und ausgewertet. Dabei wurden bei 55 (15%) keine Angaben betreffend der Laserparameter im Operationsprotokoll gemacht und konnten daher nicht in die Auswertung der Operationseinstellungen miteinbezogen werden.

Von den 349 Patienten und Patientinnen waren 155 weiblich und 194 männlich. Es wurden 181 linke und 168 rechte Augen behandelt.

Bei der transskleralen Zyklphotokoagulation werden mittels Laserapplikation Anteile des Ziliarkörpers zerstört und somit die Kammerwasserproduktion reduziert. Dabei wird der Diodenlaser am Limbus des Auges angesetzt und mit der vorher eingestellten Energie und Dauer ausgelöst. Das Pigmentepithel des Ziliarkörpers nimmt den Großteil des infraroten Lichts auf, was dazu führt, dass das Epithel des Ziliarkörpers zerstört wird. Dadurch wird dieser Teil des Ziliarkörpers nekrotisch und funktionslos.

Im Durchschnitt wurde mit dem 810nm Diodenlaser 20 (Standardabweichungen  $\pm 4$ ) Koagulate gesetzt mit einer mittleren Energie von 2000 mW für 2000 ms.

Bei dem an der Universitäts-Augenklinik der Medizinischen Universität Graz verwendeten Laser der Firma Iridex (Iris Medical Oculight SLx) handelt es sich um einen 810 nm Diodenlaser. Ebenso emittiert er für genaues Zielen ein rotes Licht mit 630-650 nm Wellenlänge. Bei den Lasersonden handelt es sich um Einmalprodukte.

Wie hoch wird die Laserenergie für die Durchführung einer TSCPC gewählt?

Um diese Daten mit anderen Studien vergleichbar zu machen wurden die Angaben bezüglich der Laserenergie in Joule umgerechnet. Bei unsere Studie ergab sich somit ein Energiemedian von 80 J ( $\pm 19$ ) pro Anwendung (1 Joule = 1 Wattsekunde).

Im Vergleich dazu wurde bei der Studie von *Grueb et al.* ebenso eine durchschnittliche Gesamtenergie von 80 J bei 15-20 Koagulaten pro Anwendung verwendet (31). Bei *Iliev und Gerber* kam man bei 22 Koagulaten im Mittel auf 86,8 J (29). Eine ausführlichere Auflistung mehrerer Studienergebnisse im Vergleich befinden sich im Anhang (Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.) aus der Studie von Ishida (32).

Was ist ein Pop-Effekt und wie häufig tritt er im Rahmen einer TSCPC auf?

Im Rahmen dieser Studie kam es laut den Operationsprotokollen in 35% (123 Augen von 349) zu einem Pop-Effekt.

Unter einem Pop-Effekt versteht man spontane Risse im Ziliarkörper, die durch zu hohe Energie- und Hitzeeinwirkungen auftreten können. Durch Minimieren der Energie können diese Pop-Effekte verhindert werden (33).

Studien wurden durchgeführt um herauszufinden, ob die Augenfarbe des Patienten und Patientinnen das Auftreten solcher „Pops“ beeinflussen kann. Bei Patienten und Patientinnen mit einer dunklen Iris treten eher hörbare Pop-Effekte auf. Das ist wahrscheinlich auf die Dichte der stärker pigmentierten Iris zurückzuführen. Durch die thermische Einwirkung des Lasers bilden sich Gasbläschen, durch deren Platzen intraokulares Gewebe an der Stelle einreißen kann (34).

Wie stark das behandelte Auge die applizierte Laserenergie aufnimmt scheint somit mit der Pigmentierung zu tun zu haben. Einige Studien haben gezeigt, dass stärker pigmentierte Augen geringere Energielevel zur Behandlung benötigen als hellere. Allerdings müssten dafür noch mehrere spezifische Studien durchgeführt werden (32,35).

In der Studie von *Egbert* wurden 157 transsklerale Zyklphotokoagulationen durchgeführt und in 7,6% (bei 12 behandelten Augen) kam es zu einem Pop Effekt (36). In vielen Studien wird zwar das Vorgehen bei Auftreten bei Pop-Effekten beschrieben, allerdings erfolgt selten eine Erhebung über die Häufigkeit von deren Auftreten (29,33,35,37,38).

Bei welchen Diagnosen wird die TSCPC angewandt?

Die häufigsten Hauptdiagnosen zur Indikationsstellung unserer Patienten und Patientinnen waren Neovaskularisationsglaukome, Sekundärglaukome, Pseudoexfoliationsglaukome, primäre Offenwinkelglaukome und Winkelblockglaukome.

In der Studie von *Winkler und Funk* wurden insgesamt 49 Augen mit einbezogen, wobei die häufigsten Diagnosen Offenwinkelglaukome, Pseudoexfoliationsglaukome und Sekundärglaukome waren (39). Bei *Zhekov et al.* waren die drei häufigsten Indikationsstellungen aufgrund eines POWG, gefolgt vom Neovaskularisationsglaukom und dem Sekundärglaukom (37).

Einige Studien haben sich auch gezielt auf spezielle Glaukomtypen spezialisiert, wie zum Beispiel *Grueb et al.*, die nur Patienten und Patientinnen mit POWG oder Pseudoexfoliationsglaukom in ihre Studie aufgenommen haben (31).

Welche Risiken bestehen bei einer TSCPC?

Bekannte Risiken der TSCPC sind die Entstehung von Entzündungen und Schmerzen nach der Behandlung. Im Falle einer übermäßigen Zerstörung des Ziliarkörpers kann es zu chronischer intraokulärer Hypotonie kommen, da die Bildung von Kammerwasser zu sehr vermindert wird. Auch kann sich ein Makulaödem entwickeln, sowie Glaskörperblutungen oder eine Phthisis bulbi entstehen.

Von einer Phthisis bulbi spricht man, wenn es zu einer Schrumpfung des Augapfels kommt, ebenfalls eine Folge von verminderter Kammerwasserproduktion.

Auch eine chronische Entzündung, häufige Netzhautoperationen oder Traumen können eine Ophthalmophthisis auslösen (27,33,40).

An sich sind die Folgen des Eingriffs bei einer TSCPC prinzipiell als irreversibel anzusehen (33). Allerdings besagen die Ergebnisse mancher Studien, dass jüngere Patienten und Patientinnen eventuell noch eine gewisse Regenerierbarkeit aufweisen und es postoperativ wieder zu einem Druckanstieg kommen kann (41).

Welche Risiken bestehen bei fistulierenden Operationen?

Auch wegen der bei und nach fistulierender Operationen auftretenden möglichen Risiken gibt es Argumente für die TSCPC. Nach diesen Eingriffen sind sehr häufige Kontrollen des Augendrucks und des Sickerkissens notwendig, um z.B. mögliche Vernarbungen schnell zu erkennen und therapieren zu können. Bei fistulierenden Operationen erfolgt auch eine Eröffnung der äußeren Augenhülle, was für Patienten und Patientinnen meist als größerer Eingriff gewertet wird und auch die Gefahr einer Endophthalmitis in sich birgt. Operationen mittels Laser, bei denen das Auge als solches intakt bleibt, werden oft als weniger schwerwiegend gewertet und besser angenommen. Die Patienten und Patientinnen müssen nach fistulierender Operation postoperativ stationär bleiben oder verlässlich zu regelmäßigen Kontrollen erscheinen um die Vernarbung gut kontrollieren zu können. Bei der TSCPC ist dies nicht notwendig, da es sich nicht um eine Augen eröffnende Operation handelt (33).

Was sind IOD-Spitzen und wie häufig treten diese auf?

Einige Patienten und Patientinnen entwickeln postoperativ IOD-Spitzen, also starke Augendruck erhöhungen, die mit Schmerzen und Rötung des Auges einhergehen können. *Kahook und Noecker* fanden diesen Effekt in 10,8% ihrer Patienten und Patientinnen, wobei die meisten davon ein Neovaskularisationsglaukom als Diagnose hatten (26).

Welche Ergebnisse kann man mit einer CPC erwarten und welche Operationsparameter werden meistens gewählt?

*Ishida, K.* hat in einer Übersicht über Ergebnisse und Komplikationen einer CPC eine Auflistung einiger Studien gemacht und damit einen guten Überblick geschaffen über die Unterschiede zwischen der TSCPC und der endoskopischen CPC (ECP). Die Problematik beim Vergleich vorangegangener Studien ist, dass viele Parameter sehr unterschiedlich sind. Es gibt große Unterschiede in Beobachtungszeiträumen und Erfolgsdefinitionen. Auch über die Operationsparameter (Anzahl der Koagulate, durchschnittliche Laserenergie) gibt es keine genaue Leitlinie.

In einer Übersichtstabelle wurden 22 Studien aus den Jahren 2001 bis 2012 in Hinblick auf folgende Parameter verglichen: Beobachtungszeitraum, Anzahl der behandelten Augen, prozentueller Anteil an Neovaskularisationsglaukomen, POWG und chronisches WBG, präoperativer IOD, IOD am Ende des Beobachtungszeitraum, prozentuelle IOD-Reduktion, prozentuelle Erfolgsrate der Studie, Erfolgsdefinition der Studie, prozentueller Anteil der Notwendigkeit einer Operationswiederholung, Operationsanzahl pro Auge, Gesamtanzahl der Behandlungen und die folgenden Operationsparameter wie Anzahl der Koagulate, durchschnittliche Energie pro Anwendung (in Joule) sowie die durchschnittliche Gesamtenergie für die Behandlung eines Auges (in Joule).

Diese Übersicht zeigt große Unterschiede im Studienaufbau. Der Beobachtungszeitraum variiert von 9,2 bis hin zu 80,2 Monaten (42,43). Ebenso unterscheiden sich die Studien stark darin, welche Diagnosen in die Arbeiten aufgenommen wurden. Manche beschränken sich auf WBG und POWG (35,36), andere nur auf Neovaskularisationsglaukome (44). Der Großteil der in der Liste aufgeführten Studien hat allerdings keine starke Tendenz zu einer bestimmten Glaukomform.

Da einige Studien gezeigt haben, dass z.B. Neovaskularisationsglaukome anders auf die TSCPC ansprechen und teilweise vermehrt Nebenwirkungen zeigen, wäre es sinnvoll künftige Studienmodelle dahingehend zu planen, um die einzelnen Erfolge besser beurteilen zu können (26,29,30,37).

In 16 dieser verglichenen Studien kam es zu einer IOD-Reduktion von >40 %.

In 19 der Studien war die Erfolgsrate >50 %. Die Erfolgsdefinitionen unterscheiden sich dahingehend, dass einige Studien alleine einen oberen Grenzwert (z.B.  $\leq 21$  mmHg oder  $\leq 22$  mmHg) und andere einen ausgewählten Druckbereich (z.B. von  $\geq 4$ -10 mmHg bis  $\leq 18$ -21 mmHg) gewählt haben. Andere haben sich alleine auf eine prozentuelle Reduzierung des IOD (von >20% oder >30%) beschränkt (32).

Bei den Operationsparametern zeigen sich ebenso große Unterschiede. Die durchschnittliche Anzahl der Koagulate pro Laserbehandlung liegt zwischen 9,1 und 40 Applikationen. Die durchschnittliche Gesamtenergie pro Behandlung liegt zwischen 24 und 160 Joule. Die zusammenfassende Tabelle befindet sich im Anhang dieser Arbeit (32).

Die bis jetzt sehr zurückhaltende Indikationsstellung der TSCPC kann aufgrund der bereits erwähnten Risiken erklärt werden. Ebenso haben einige frühere Studien gezeigt, dass sich die Sehschärfe postoperativ verschlechtern kann. Die Indikationen, bei denen die TSCPC bis jetzt angewandt wird, sind Augen, die nicht auf medikamentöse Therapie ansprechen oder bereits eine oder mehrere andere Glaukomoperationen hinter sich haben, sowohl bei Kindern als auch bei Erwachsenen (45).

In der Studie von *Bloom et al.* traten die meisten Komplikationen bei filtrierenden Operationen (Shunt) auf und nicht bei Dioden-Laserbehandlungen (30).

Complication	CycloYAG (%)	Cyclodiode (%)	Tube (%)
Vitreous incarceration	—	—	10 (22)
Corneal touch	—	—	10 (22)
Conjunctival dehiscence	—	—	8 (18)
Fibrosis over plate	—	—	5 (11)
Choroidal detachment	—	—	4 (9)
Retinal detachment	1 (2)	—	4 (9)
Progression of cataract	—	—	3 (7)
Expulsive haemorrhage	—	—	2 (4)
Vitreous haemorrhage	2 (4)	1 (2)	1 (2)
Endophthalmitis	—	—	1 (2)
Hypotony	—	1 (2)	3 (2)
Phthisis	—	—	1 (2)
Chemosis	31 (69)	3 (7)	—
Anterior uveitis	25 (56)	4 (9)	—
Pain	17 (38)	4 (9)	—
Corneal oedema	8 (18)	2 (4)	—
Vitritis	7 (16)	—	—
Hyphema	7 (16)	1 (2)	—
Hypopyon uveitis	3 (7)	—	—
IOP spike	1 (2)	—	—
Macular oedema	1 (2)	—	—
PK decompensation	—	1 (2)	—

Abbildung 17 - Komplikationen der drei verglichenen Behandlungsmöglichkeiten (30)

*Zhekov et al.* erachten die TCP als sicherer als andere Ziliarkörper destruktiven Methoden in Bezug auf das Komplikationsrisiko der postoperativen Entwicklung einer Hypotonie oder Phthisis. Ebenso wurde bei dieser Studie eine Korrelation zwischen Hypotonie und der speziellen Glaukomform als möglich erachtet. Bei den Ergebnissen zeigte sich, dass Patienten und Patientinnen mit einem Neovaskularisationsglaukom postoperativ die schlechtesten Werte hatten (37).

Zu der selben Erkenntnis kamen auch *Iliev et al.*, die beschrieben, dass im Rahmen ihrer Studie 74% der Patienten und Patientinnen, die postoperativ eine Hypotonie entwickelten, mit einem Neovaskularisationsglaukom diagnostiziert wurden (29).

In der Studie von *Bloom et al.* waren 28% der Patienten und Patientinnen mit Sehschärfenverlust (der 210 in die Studie miteinbezogenen Augen) mit Neovaskularisations- oder Sekundärglaukom diagnostiziert (30).

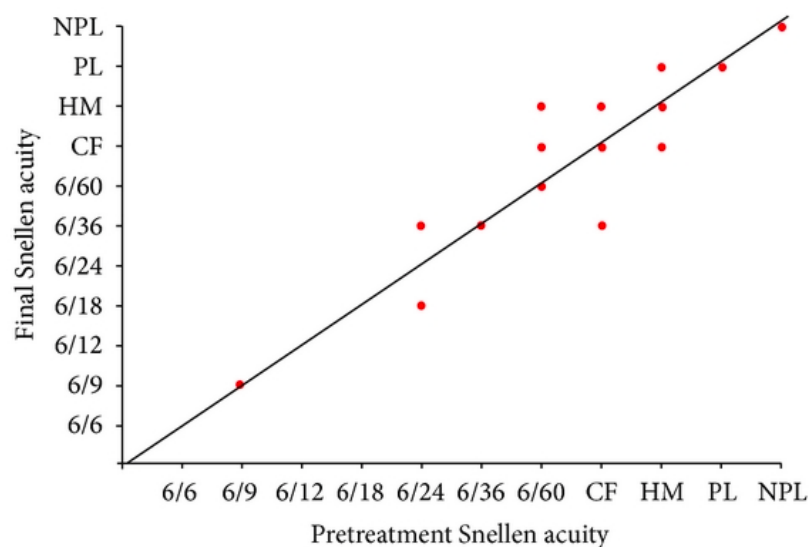
Kann die TSCPC auch bei Augen mit guter Sehschärfe eingesetzt werden?

Neuere Studien zeigen im Gegensatz dazu keine stärkere Sehverschlechterung nach einer TSCCP als nach anderen den Augendruck senkenden Operationen. In der Studie von *Zhekov et al.* wurden 104 Patienten und Patientinnen mittels TSCPC behandelt. Die PatientInnengruppe wurde geteilt, um unterschiedliche Energieanwendung und Anwendungsfläche beurteilen zu können.

Bei den meisten Patienten und Patientinnen blieb die Sehschärfe postoperativ gleich, bei einigen Patienten und Patientinnen besserte sie sich sogar um eine Snellenlinie (37).

Im Rahmen dieser Studie kam man zu dem Schluss, dass die TSCPC durchaus auch bei Augen mit noch guter Sehkraft als mögliche Therapie für erhöhten Augendruck eingesetzt werden kann (37). Auch konnten postoperativ die reduzierten IOD-Werte in 90.4% der Patienten und Patientinnen über den Beobachtungszeitraum von 3 Jahren gehalten werden.

Bezüglich der Abnahme der Sehschärfe kamen auch bei *Bloom et al.* zu dem Ergebnis, dass der Diodenlaser gute Ergebnisse liefert. Im Vergleich zur Filtrationsoperation (16% Verschlechterung um 2 oder mehr Snellenlinien) zeigten sich bei der TSCCP bessere Resultate (9% Sehverschlechterung um 2 oder mehr Snellenlinien) (30).



**Abbildung 18** - Sehschärfenänderung nach Behandlung mit TSCPC (30)

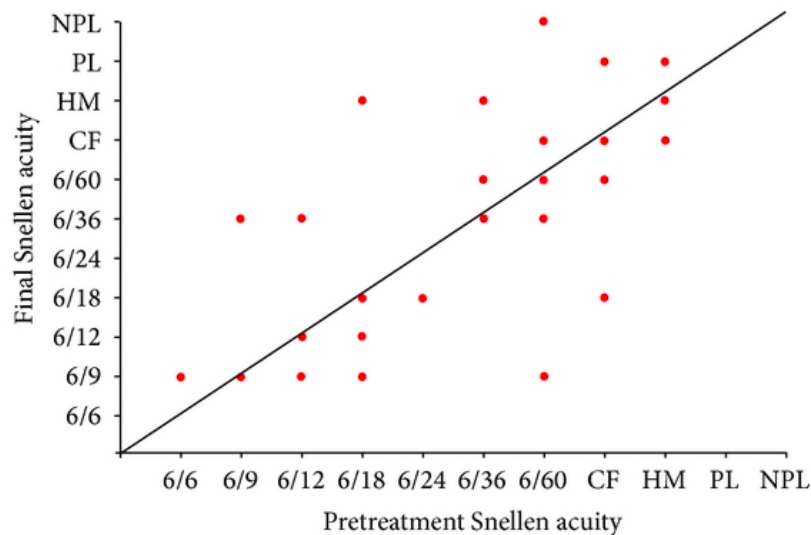


Abbildung 19 - Sehschärfenänderung nach Behandlung mit Filtrationsoperation (30)

Die gewählte Einstellung des Lasers wirkt sich stark auf die Ergebnisse und auch auf die Nebenwirkungen der Operation aus. In den oben dargestellten Resultaten kann man sehen, dass sich eine niedrigere Energie, sowie eine geringere Laserapplikationsfläche positiv auf die Sehstärke des Auges auswirkten. Dieselbe Einstellung wirkt sich auch positiv auf das Risiko einer postoperativen Hypotonie aus. Das konnten *Iliev und Gerber* in ihrer Studie feststellen. Bei deren Untersuchungen entwickelte keines der mit maximal 90 J behandelten Augen postoperativ eine Hypotonie (29).

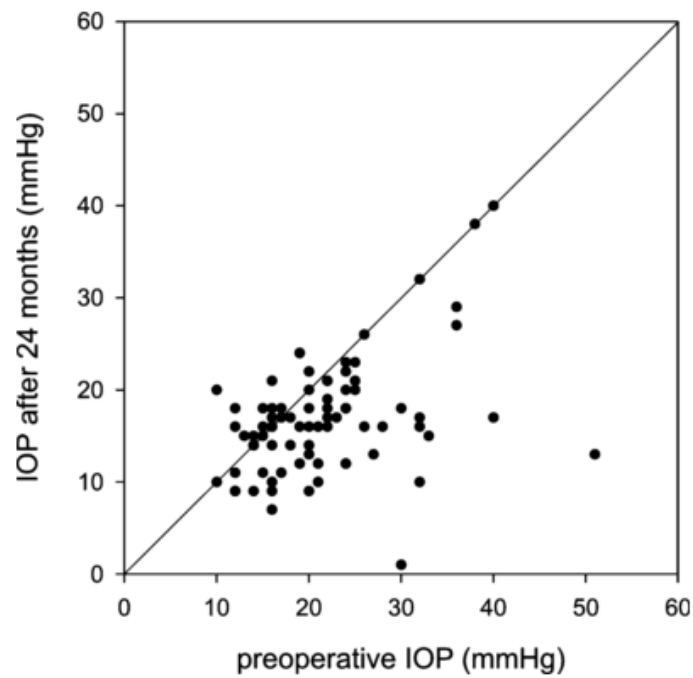
*Rotchford et al.* fanden auch, dass vermehrte CPC- Behandlungen das Risiko eines Sehschärfenverlusts nicht erhöhen (46).

Dass es kein genormtes Protokoll zur Durchführung einer TSCCP gibt macht die Auswertung verschiedener Studiendaten sehr kompliziert und die Aussagekraft von Studienvergleichen wird dadurch auch beeinflusst (29).

Kann die TSCPC als primäre Operation durchgeführt werden?

Die Studie von *Grueb et al.* hat gezeigt, dass sich die TSCPC mit Diodenlaser sowohl bei fortgeschrittenen und therapierefraktären und sekundären Glaukomen, aber auch bei POWG und pseudoexfoliativen Glaukomen als sichere und gute Operationsmöglichkeit erweist. Diese Studie hat auch gezeigt, dass die Erfolgsrate höher und die Komplikationsrate niedriger ist, wenn die TSCPC als primäre Operation bei POWG und Exfoliationsglaukomen durchgeführt wird. Allerdings ist die eingeschränkte Auswahl der

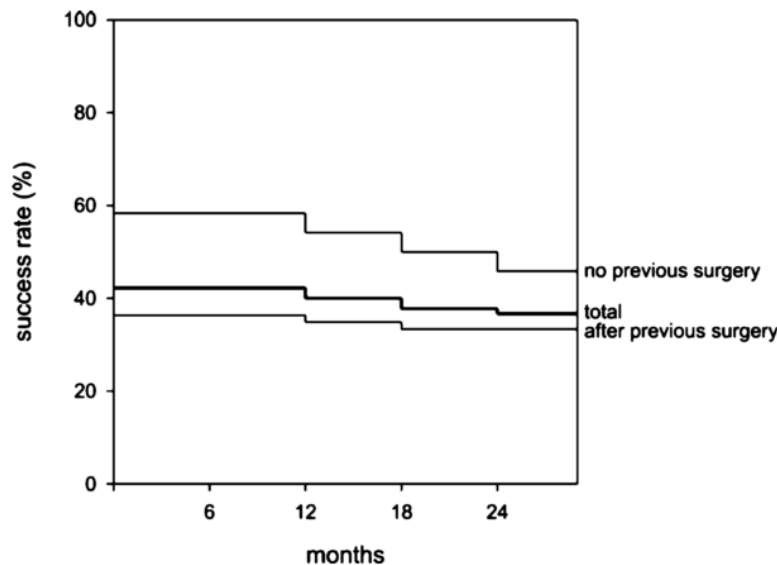
Patienten und Patientinnen auf nur diese zwei Diagnosestellungen gleichzeitig auch die Limitation der Studie im Hinblick auf Vergleiche mit anderen (31).



**Abbildung 20** - IOD-Änderung nach der Durchführung einer TSCPC (31)

Bei den Ergebnissen dieser Studie stieß man noch auf zwei andere interessante Details. Zum einen scheint es bei höheren Ausgangswerten zu einer stärkeren Reduktion des IOD zu kommen als bei niedrigeren präoperativen IOD-Werten (31).

Weiters wurden die Ergebnisse der Studie unterteilt in Patienten und Patientinnen mit einer Voroperation am Auge und ohne. Die behandelten Augen ohne vorangegangene Operationen zeigten bessere Erfolge.



**Abbildung 21** - Erfolgsrate von Patienten und Patientinnen mit und ohne Voroperationen am behandelten Auge. (31)

Spielt das Alter bei der TSCPC eine Rolle?

Einige Studien kamen zu dem Ergebnis, dass die TSCPC bei jüngeren Patienten und Patientinnen schlechtere Ergebnisse erzielen. Postoperativ kam es bei der Studie von *Kirwan et al.* bei jüngeren Patienten und Patientinnen zu durchaus vergleichbaren IOD-Reduktionen, allerdings stiegen die Werte nach einem Jahr wieder an. Es könnte sein, dass der Ziliarkörper eine bessere Regenerationsfähigkeit besitzt je jünger das behandelte Auge ist. Dadurch könnte erklärt werden, dass die Kammerwasserproduktion langsam wieder ansteigt und proportional dazu auch der kurzzeitig verringerte Augeninnendruck (41).

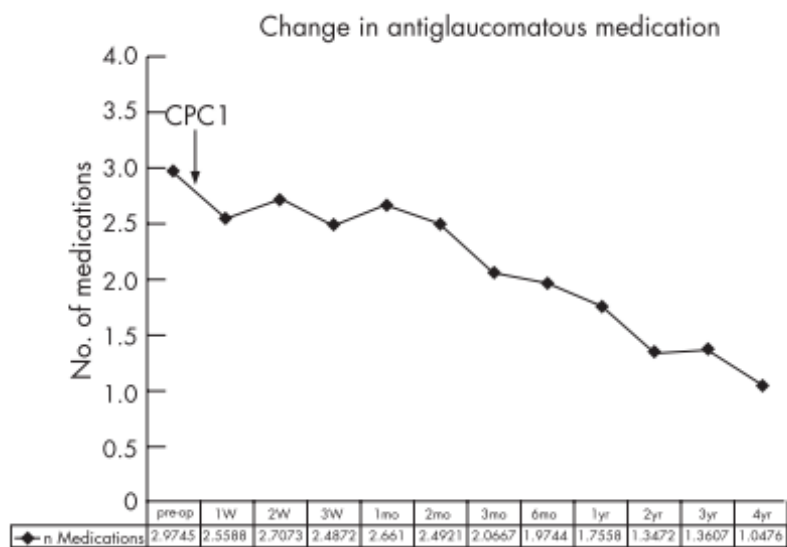
Wie schneidet die TSCPC im Vergleich zu anderen Glaukomoperationen ab?

*Bloom et al.* publizierten die Ergebnisse einer Studie, in der sie drei verschiedene druckmindernde Operationen verglichen: eine filtrierende Operation, eine Laseranwendung mit einem Nd:YAG-Laser und eine TSCPC mit Diodenlaser. Bei dieser Studie kam man zu dem Schluss, dass beide Laserbehandlungen eine gute IOD-Reduktion lieferten, die Anwendung mit einem Diodenlaser allerdings zu einem länger anhaltenden verminderten Augendruck einhergeht. Bei dieser Studie kam man zu dem

Ergebnis, dass von den drei untersuchten Möglichkeiten die Behandlung mit dem Diodenlaser am einfachsten war und auch die besseren, komplikationsärmeren Ergebnisse brachte (siehe Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden. im Anhang) (30).

Nimmt die Anzahl der lokalen Glaukommedikamente nach einer TSCPC ab?

Viele Studien haben gezeigt, dass postoperativ durch eine gute IOD-Senkung die lokale Anwendung von Augendruck senkenden Medikamenten vermindert werden kann. Dies wirkt sich stark auf die Lebensqualität der operierten Patienten und Patientinnen aus. Besonders gute Ergebnisse konnte die Studie von *Iliev und Gerber* vorweisen.



**Abbildung 22** - Reduktion der benötigten Medikation im Beobachtungszeitraum nach Behandlung mit einer CPC (29)

## 6 Schlussfolgerungen

Zusammenfassend ist die TSCPC entsprechend der Literatur bei Berücksichtigung der möglichen Nebenwirkungen eine gute Therapiealternative für Glaukome zur Augendrucksenkung.

Zu den Vorteilen zählt die technisch einfache Augendrucksenkung durch Laserapplikation, wodurch die Operation schnell geht und das Auge dabei nicht eröffnet werden muss. Dies reduziert das Risiko einer postoperativen Endophthalmitis. Auch die Nachbehandlung ist einfacher als bei Augen eröffnenden Operationen. Ein längerer stationärer Aufenthalt zur Kontrolle ist nicht notwendig, somit ist die Operation ideal für Patienten und Patientinnen mit geringerer Compliance.

Postoperativ kann durch die augendrucksenkende Wirkung die Anzahl der notwendigen Medikamente verringert werden, was ebenfalls besonders für Patienten und Patientinnen mit weniger Compliance von Vorteil ist.

Der größte Nachteil der TSCPC ist, dass die Folgen dieses Eingriffes als irreversibel gelten. Ein weiterer Nachteil sind die IOD-Spikes, die postoperativ auftreten können.

In den meisten Studien zu diesem Thema wird die TSCPC sehr wohl auch als Therapie der ersten Wahl in Betracht gezogen. Besonders, da manche Studien bei nicht voroperierten Augen eine höhere Erfolgsrate aufweisen (31). Allerdings sind für diese generelle Therapieempfehlung noch weitere Studien notwendig (31,33).

In weiteren prospektiven Studien sollte ein genormtes Behandlungsprotokoll erstellt werden mit Vorgaben für ideale Einstellung der Laserenergie und Applikationsdauer sowie die Anzahl der Koagulate pro Behandlung.

Besonders in Hinblick auf die unterschiedlichen Glaukomformen sollten ebenso noch weitere Untersuchungen folgen. Speziell bezogen auf das Neovaskularisationsglaukom, da in einigen Studien die meisten Nebenwirkungen hauptsächlich auf diese Glaukomform bezogen sind. Die Patienten und Patientinnen mit dieser Hauptdiagnose zeigen laut *Kahook* am häufigsten IOD-Spikes (postoperativ stark erhöhte IOD-Werte), in den Studien von *Zhekov et al.* und *Iliev und Gerber* am häufigsten Hypotonie als Nebenwirkung und in der Arbeit von *Bloom et al.* am häufigsten Verlust der Sehschärfe (26,29,30,37).

An der Univ.-Augenklinik Graz wurden im Zeitraum 2009 bis 2013 349-mal eine TSCPC durchgeführt, wobei die Hauptindikation das Neovaskularisationsglaukom (28%) war, gefolgt von dem Sekundärglaukom (24%), dem Pseudoexfoliationsglaukom (17%), dem POWG (12%) und dem Winkelblockglaukom (7%).

Bei der Datenerhebung zeigte sich keine Tendenz zur Zu- oder Abnahme der Häufigkeit der TSCPC im Verlauf von 2009 bis 2013.

## 7 Literaturverzeichnis

1. Kanski JJ. *Klinische Ophthalmologie*. 6. Auflage. Burk A, Burk R, editors. Urban & Fischer; 2007.
2. Grehn F. *Augenheilkunde*. 31. Auflag. Springer; 2012.
3. Lang GK, Esser J, Gareis O, Lang GE, Lang SJ, Spraul CW, et al. *Augenheilkunde*. 5. Auflage. Thieme; 2014.
4. Rieger H, Schoop W. *Klinische Angiologie*. 1st ed. Springer; 1998. 687 p.
5. Göbel K, Rüfer F, Erb C. Physiologie der Kammerwasserproduktion sowie der Tagesdruckschwankungen und deren Bedeutung für das Glaukom. *Klin Monbl Augenheilkd*. 2011;228(2):104–8.
6. Goldmann H. Out-flow pressure, minute volume and resistance of the anterior chamber flow in man. *Doc Ophthalmol*. 1951;5-6(1):278–356.
7. Reiss GR, Lee DA, Topper JE, Brubaker RF. Aqueous Humor Flow During Sleep. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1984;25(6):776–8.
8. Lang GK, Gareis O, Lang GE, Recker D, Spraul CW, Wagner P. *Augenheilkunde*. 4. Auflage. Thieme; 2008.
9. Krieglstein G, Jonescu-Cuypers C, Severin M. *Atlas der Augenheilkunde*. 1998.
10. Sachsenweger M. *Augenheilkunde*. 2. Auflage. Georg Thieme Verlag; 2003.
11. Johannesson G. *Intraocular Pressure*. Umea University; 2011.
12. Ehlers N, Bramsen T, Sperling S. Applanation tonometry and central corneal thickness. *Acta Ophthalmol*. 1975;53(1):34–43.

13. Rüfer F. Sources of error in Goldmann applanation tonometry. *Ophthalmologe*. 2011;108(6):546–52.
14. Perkins ESW. Hand-Held Applanation Tonometer. *Br J Ophthalmol*. 1965;49:591–3.
15. Hessemer V, Rössler R, Jacobi KW. Tono-Pen, a new tonometer. *Int Ophthalmol*. 1989;13(1-2):51–6.
16. Shields MB. The non-contact tonometer. Its value and limitations. *Surv Ophthalmol*. 1980;24(4):211–9.
17. Martinez-De-La-Casa JM, Garcia-Feijoo J, Castillo A, Garcia-Sanchez J. Reproducibility and clinical evaluation of rebound tonometry. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2005;46(12):4578–80.
18. Faschinger C, Mossböck G. Kontinuierliche 24-h-Aufzeichnung von Augendruckschwankungen mittels drahtlosem Kontaktlinsensensor Triggerfish. *Ophthalmologe* 2010;107(10):918–22.
19. Özcürü F, Yildirim N, Sahin A, Colak E. Comparison of Goldmann applanation tonometry and dynamic contour tonometry in healthy and glaucomatous eyes. *Eye (Lond)*. 2009;23(2):262–9.
20. Kniestedt C, Kanngiesser HE. Dynamische Konturtonometrie. *Ophthalmologe*. 2006;713–4.
21. Wilensky JT. Diurnal Variations in Intraocular Pressure. *Trans Am Ophthalmol Soc*. 1991;89:757–90.
22. Fan S, Hejkal JJ, Gulati V, Galata S, Camras CB, Toris CB. Aqueous Humor Dynamics During the Day and Night in Volunteers With Ocular Hypertension. *Arch Ophthalmol*. 2011;129(9):1162–6.

23. Weitzman ED, Henkind P, Leitman M, Hellman L. Correlative 24-hour relationships between intraocular pressure and plasma cortisol in normal subjects and patients with glaucoma. *Br J Ophthalmol.* 1975;59(10):566–72.
24. Jansson M. *Molecular Genetic Studies of Genes Predisposing for Glaucoma. Medicine.* Uppsala University; 2004.
25. Cantor LB, WuDunn D, Gerber S, Catoira Y, Allen RC. Medical Management of Glaucoma. In: Azar DT, Blodi BA, Cohan JE, Perkins T, editors. *Principles and Practice of Ophthalmology.* 3rd ed. Saunders Elsevier; 2008.
26. Kahook MY, Noecker RJ. Transscleral Cyclophotocoagulation. *Glaucoma Today.* 2007;(July/August).
27. Kahook MY, Noecker RJ, Schuman JS. Cycloablation. In: Azar DT, Blodi BA, Cohan JE, Perkins T, editors. *Principles and Practice of Ophthalmology.* 3rd ed. Saunders Elsevier; 2008.
28. Ansari E, Gandhewar J. Long-term efficacy and visual acuity following transscleral diode laser photocoagulation in cases of refractory and non-refractory glaucoma. *Eye.* 2007;21(7):936–40.
29. Iliev ME, Gerber S. Long-term outcome of transscleral diode laser cyclophotocoagulation for refractory glaucoma. *Br J Ophthalmol.* 2008;33(2):173–5.
30. Bloom P a., Clement CI, King A, Nouredin B, Sharma K, Hitchings R a., et al. A comparison between tube surgery, ND:YAG laser and diode laser cyclophotocoagulation in the management of refractory glaucoma. *Biomed Res Int.* 2013;2013.
31. Grueb M, Rohrbach JM, Bartz-Schmidt KU, Schlote T. Transscleral diode laser cyclophotocoagulation as primary and secondary surgical treatment in primary open-angle and pseudoexfoliative glaucoma. *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2006;244:1293–9.

32. Ishida K. Update on results and complications of cyclophotocoagulation. *Curr Opin Ophthalmol.* 2013;24(2):102–10.
33. Becker M, Funk J. Diodenlaser-Zyklophotokoagulation als primärer chirurgischer Eingriff bei Glaukom. *Ophthalmologie.* 2001;98:1145–8.
34. Kosoko O, Gaasterland DE, Pollack IP, Enger CL. Long-term outcome of initial ciliary ablation with contact diode laser transscleral cyclophotocoagulation for severe glaucoma. *Ophthalmology.* 1996;103(8):1294–302.
35. Lai JSM, Tham CCY, Chan JCH, Lam DSC. Diode laser transscleral cyclophotocoagulation as primary surgical treatment for medically uncontrolled chronic angle closure glaucoma. *J Glaucoma.* 2005;14(2):114–9.
36. Egbert PR, Fiadoyor S, Budenz DL, Dadzie P, Byrd S. Diode laser transscleral cyclophotocoagulation as a primary surgical treatment for primary open-angle glaucoma. *Arch Ophthalmol.* 2001;119(3):345–50.
37. Zhekov I, Janjua R, Shahid H, Sarkies N, Kr M, Aj W. A retrospective analysis of long-term outcomes following a single episode of transscleral cyclodiode laser treatment in patients with glaucoma. *BMJ Open.* 2013;3:1–8.
38. Frezzotti P, Mittica V, Martone G, Motolese I, Lomurno L, Peruzzi S, et al. Longterm follow-up of diode laser transscleral cyclophotocoagulation in the treatment of refractory glaucoma. *Acta Ophthalmol.* 2010;88:150–5.
39. Winkler NFK, Funk J. Transsklerale Zyklophotokoagulation als primäre antiglaukomatöse Operation. *Klin Monbl Augenheilkd.* 2013;230(4):353–7.
40. Pschyrembel *Klinisches Wörterbuch.* 259. Auflage
41. Kirwan J, Shah P, Khaw P. Diode laser cyclophotocoagulation: Role in the management of paediatric glaucomas. *Ophthalmology.* 2002;109(2):316–23.
42. Osman E, Al-Muammar A, Mousa A, Al-Mezaine H, Al-Obeidan S. Controlled Cyclophotocoagulation with diode laser in refractory glaucoma and long term

- follow up at King Abdulaziz University Hospital, Riyadh. *J Ophthalmol.* 2010;24(1):9–13.
43. Mistlberger A, Liebmann J, Tschiderer H, Ritch R, Ruckhofer J, Grabner G. Diode laser transscleral cyclophotocoagulation for refractory glaucoma. *J Glaucoma.* 2011;10(4):288–93.
  44. Nabili S, Kirkness CM. Trans-scleral diode laser cyclophoto-coagulation in the treatment of diabetic neovascular glaucoma. *Eye (Lond).* 2004;18(4):352–6.
  45. Meyer JJ, Lawrence SD. What's new in laser treatment for glaucoma? *Curr Opin Ophthalmol.* 2012;23(2):111–7.
  46. Rotchford a P, Jayasawal R, Madhusudhan S, Ho S, King a J, Vernon S a. Transscleral diode laser cycloablation in patients with good vision. *Br J Ophthalmol.* 2010;94(9):1180–3.

# 8 Anhang

Study	Country and year	Follow-up (months)	No. of eyes	%NVG and CACG	Mean IOP pretreatment (mmHg)	Mean IOP end of FU (mmHg)	% IOP reduction	Overall success rate (%)	Definition of success	Retreatment (%)	No. of treatment per eye	No. of treatment range	No. of burns per treatment	Mean energy per treatment episode (J)	Mean total energy per eye (J)
Egbert <i>et al.</i> [1]	Ghana, 2001	13.2	92	0	29.3	25.7	12.3	48.0	≤22	20.0	1.27	N/A	20	45 or 62.5	N/A
Gupta and Agarwal [2]	India, 2000	12.0	52	11.5	44.7	15.2	66.0	92.0	<22	42.0	1.69	1-4	40	120-160	N/A
Ramli <i>et al.</i> [3 <sup>a</sup> ]	Singapore, 2012	17.1	90	38.9	41.8	17.8	57.4	54	5 ≤ IOP ≤ 21	13.3	N/A	N/A	30	N/A	83.3
Lai <i>et al.</i> [4]	China, 2005	26.5	13	0	36.4	18.7	48.6	92.7	≤21	15.4	1.15	1-2	17.5	72.1	82.9 <sup>a</sup>
Hauber and Scherer [5]	USA, 2002	12.0	47	6.3	29.4	16.2	44.9	94.4	<21	0	1	1	25.6	102.5	102.5
Noureddin <i>et al.</i> [6]	USA Middle Eastern, 2006	13.7	36	16.6	35.8	19.1	53.0	72.2	≤21	25.0	1.25	1-2	26-28	121.5 <sup>a</sup>	151.9 <sup>a</sup>
Murphy <i>et al.</i> [7]	UK, 2003	17.0	263	46.4	40.7	17.7	52.6	79.5	5 ≤ IOP ≤ 21	34.2	1.5	1-7	N/A	104.1	155.2
Misfberger <i>et al.</i> [8]	USA, 2001	9.2	206	31.1	42.1	20.3	51.7	72.2	IOP ≤ 22	16.0	1.29	1-6	18.6	N/A	N/A
Frezza <i>et al.</i> [9]	Italy, 2010	17.0	124	21.8	29.9	20.8	31.3	63.0	≤21	21.7	1.27	1-4	9.1	36.7	46.6 <sup>a</sup>
Iliev and Gerber [10]	Switzerland, 2007	30.1	131	61.1	37.7	15.3	55.0	69.5	6 ≤ IOP ≤ 21	38.9	1.54	1-6	22	86.8	133.9
Schle <i>et al.</i> [11]	Germany, 2001	12.0	100	16.1	30.6	20.6	32.7	74.2	5 ≤ IOP ≤ 21	59.0	1.86	1-4	10-15	47.0	87.4 <sup>a</sup>
Kramp <i>et al.</i> [12]	Germany, 2002	13.9	193	6.2	24.6	19.3	21.5	76.4	10 ≤ IOP ≤ 22	21.2	1.3	1-6	24-30	92.4 <sup>a</sup>	120.1 <sup>a</sup>
Leszczyński <i>et al.</i> [13]	Poland, 2004	12.0	81	24.1	46.0	18.0	60.9	60	10 ≤ IOP ≤ 21	N/A	1.5	1-4	N/A	83.2 <sup>a</sup>	124.8
Grueb <i>et al.</i> [14]	Switzerland, 2006	24.0	90	0	73.3	21.0	23.8	36.7	4 ≤ IOP ≤ 18 and 20% reduction	30.0	1.3	1-3	15-20	80.0	104.0 <sup>a</sup>
Kaushik <i>et al.</i> [15]	India, 2008	14.3	66	27.3	36.4	15.6	57.1	78.8	5 ≤ IOP ≤ 21	16.7	1.16	1-6	18	87.8	N/A
Osman <i>et al.</i> [16]	Saudi Arabia, 2010	80.2	35	11.4	60.0	35.1	18.8	62.8	≤22	0	1	1	16	24-40	24-40
Goldenberg-Cohen <i>et al.</i> [17]	Israel, 2005	15.8	32	34.4	37.5	35.9	21.1	62.5	IOP < 21	N/A	1.22	N/A	20-40	67.5-160	N/A
Pucci <i>et al.</i> [18]	Italy, 2003	26.0	120	12.5	52.5	30.4	35.0	76 <sup>a</sup>	≤21	45.8	1.7	1-5	10	43.6 <sup>a</sup>	75.2 <sup>a</sup>
Vernon <i>et al.</i> [19]	UK, 2006	65.7	42	11.9	21.4	31.4	50.3	88.1	<22	59.6	2.17	1-6	14	56.0	121.52 <sup>a</sup>
Nabili and Kirkness [20]	UK, 2004	22.5	20	100	0	34.4	18.2	45.0	<22	35.0	1.45	N/A	15	60.0	87.0
Ansari and Gandhevar [21]	UK, 2007	12.5	74	54.0	40.3	21.1	43.0	82.0	30% reduction	1.4	1.01	1-2	30	80.0	124.1 <sup>a</sup>
Reidford <i>et al.</i> [22]	UK, 2010	60.0	49	2.0	42.9	28.0	45.4	89.8	6 ≤ IOP ≤ 21	36.7	1.73	1-6	14.4	57.6	99.7

CACG, chronic angle-closure glaucoma; IOP, intraocular pressure; N/A, not available; NVG, neovascular glaucoma; POAG, primary open angle glaucoma. <sup>a</sup>Calculated, based on the data in the article.

Abbildung 23 - Übersicht über Ergebnisse und Laserparameter verschiedener Studien über die TSCPC (32)