

Aus der Klinik für Augenheilkunde  
Vivantes Klinikum Neukölln, Berlin

## **DISSERTATION**

# **Die gedeckte Sklerotomie als fistulierende Glaukomoperation**

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

vorgelegt der Medizinischen Fakultät  
Charite – Universitätsmedizin Berlin

von

Felix Zöllner  
aus Groß-Gerau

2008

Gutachter: 1. PD Dr. med. C. Wirbelauer

2. Prof. Dr. med. M. H. Foerster

3. Prof. Dr. med. C. Erb

Datum der Promotion: 15.01.2010

**Meiner Familie**

# Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung.....	1
1.1	Grundlagen.....	2
1.2	Das Krankheitsbild Glaukom.....	3
1.2.1	Anatomie des Kammerwinkels.....	4
1.2.2	Physiologie des Kammerwassers.....	5
1.2.3	Offenwinkelglaukome.....	6
1.2.4	Blockglaukome.....	7
1.3	Epidemiologie.....	7
1.4	Die Glaukomchirurgie.....	8
1.4.1	Iridektomie nach Graefe.....	9
1.5	Fistulierende Operationen.....	9
1.5.1	Elliot`sche Trepanation.....	10
1.5.2	Trabekulektomie.....	10
1.5.3	Korneale Trabekulektomie.....	11
1.5.4	Small Incision Trabeculectomy.....	11
1.5.5	Kombinierte Katarakt-Glaukom Chirurgie.....	12
1.5.6	Die Rolle der Antimetaboliten in der Glaukomchirurgie.....	12
1.6	Nicht – fistulierende Operationen.....	13
1.6.1	Viskokanalostomie.....	13
1.6.2	Tiefe Sklerektomie.....	14
2.	Fragestellung.....	15
3.	Patienten und Datenerhebung.....	16
3.1.	Patienten.....	16
3.1.1.	Datenerhebung.....	17

3.2.	Untersuchungsmethoden.....	18
3.2.1	Messung des intraokularen Drucks.....	19
3.2.2	Bestimmung der Sehschärfe.....	19
3.2.3	Untersuchung des Gesichtsfeldes.....	20
3.2.4	Beurteilung des Sickerkissens.....	22
3.3	Operationsmethoden.....	23
3.3.1	Trabekulektomie.....	24
3.3.2	Gedechte Sklerotomie.....	24
3.3.3	Auffüllung der Vorderkammer mit Natriumhyaluronat (Healon®).....	26
3.3.4	Beurteilung von Komplikationen.....	27
4.	Statistik.....	28
5.	Ergebnisse.....	30
5.1	Intraokularer Druck.....	30
5.2	Sickerkissenmorphologie.....	36
5.3	Medikamentöse Therapie.....	38
5.4	Visuelle Funktion.....	40
5.4.1	Entwicklung des Visus.....	40
5.4.2	Auswertung des Gesichtsfeldes.....	41
5.5	Revisionen.....	42
5.6	Komplikationen.....	43
6.	Diskussion.....	47
6.1	Kontrolle des intraokularen Drucks.....	48
6.2	Entwicklung der Sickerkissenmorphologie.....	50
6.3	Verlauf der visuellen Funktion.....	51
6.4	Vergleich mit anderen fistulierenden Operationen.....	52

6.4.1	Korneale Trabekulektomie.....	52
6.4.2	Small Incision Trabeculectomy (SIT).....	53
6.5	Vergleich anderer nicht-fistulierenden Operationen.....	54
6.5.1	Viskokanalostomie.....	54
6.5.2	Tiefe Sklerektomie.....	55
6.6	Bedeutung von Komplikationen.....	56
6.7	Bedeutung von Revisionen.....	57
6.8	Schlussfolgerung.....	58
7	Zusammenfassung.....	59
8	Literatur.....	60
9	Anhang.....	74
9.1	Sickerkissenmorphologie (nach Grehn).....	74
9.2	Gesichtsfeldverlust (nach Hodapp).....	76
10	Legende.....	77
11	Danksagung.....	81
12	Eidesstattliche Erklärung.....	82
13	Lebenslauf.....	83

# 1. Einleitung

Das als „Grüner Star“ bezeichnete Krankheitsbild Glaukom ist ein Sammelbegriff für verschiedene Erkrankungen des Auges und stellt eine der häufigsten Erblindungsursachen in den Industrieländern dar [Quigley 1996, Thylefors 1994].

Der erhöhte intraokulare Druck als einer der Risikofaktoren des Glaukoms kann bis in die Mitte des neunzehnten Jahrhunderts zurückverfolgt werden, als der Berliner Augenarzt Albrecht von Graefe den Zusammenhang von erhöhtem intraokularem Druck (IOD) und charakteristischen Sehnervschädigungen darstellte [Graefe 1857, Goldmann 1971]. Heute ist gesichert, dass der erhöhte intraokulare Druck in engem Zusammenhang mit der Prävalenz und Inzidenz des Krankheitsbildes Glaukom steht. Aus diesem Grund ist die Senkung des IOD das primäre Ziel in der Behandlung des Glaukoms. Studien konnten zeigen, dass eine Senkung des IOD das Fortschreiten des glaukomatösen Schadens des Sehnerven verlangsamen kann [AGIS 2000, Erb 2005, Sommer 1991].

Der erste Schritt in der Behandlung des Glaukoms ist meist medikamentös [Shields 1993, Grehn 1988]. Um die intraokularen Druckverhältnisse zu verbessern stehen heute verschiedene Medikamente bzw. Wirkstoffe zur Verfügung, die einzeln oder in Kombination verabreicht werden. Gemeinsam ist ihnen jedoch allen, dass sie auf eine Reduzierung der Kammerwasserproduktion oder einer Verbesserung des Kammerwasserabflusses und dadurch auf eine Senkung des IOD abzielen [Shields 1993, Grehn 1988, Epstein 1989]. Prostaglandin-Analoga gelten heute als Therapie der ersten Wahl bei der medikamentösen Drucksenkung [Epstein 1989, Shields 1993, Grehn 1988, Smith 1972]. Erst wenn die medikamentöse Therapie nicht mehr die gewünschte Wirkung erreicht und sich der glaukomatöse Schaden des Auges weiter verschlechtert, wird für diesen Patienten eine operative Therapie in Betracht gezogen. Welche Operationsmethode durchgeführt werden soll, wird individuell vom präoperativen Befund entschieden [Epstein 1989, Dietlein 2000].

Ein weiterer Ansatz zur Behandlung des Glaukoms ist die Operation vor der medikamentösen Therapie. Auch wenn die primäre Operation untersucht wurde [Lamping 1986, Migdal 1994], spricht doch die Tatsache, dass eine Operation mit einem größerem Komplikationsspektrum behaftet ist dafür, dass eine Operation in Spätstadien zu bevorzugen ist [AGIS 2000].

Bereits in den späten Sechziger Jahren entwickelt, hat sich die Trabekulektomie als fistulierende Operation in der operativen Behandlung des Glaukoms etabliert. 1968 von Cairns vorgestellt, wird sie noch heute fast unverändert durchgeführt [Cairns 1968, Watson 1970]. Wenngleich eine erfolgreiche Trabekulektomie eine stabile intraokulare Drucksenkung und Erhaltung der visuellen Funktionen verspricht [Mills 1981, D'Ermo 1979, Migdal 1994], so ist dieses Verfahren aufgrund der relativ großen Öffnung, welche durch die Operation geschaffen wird und postoperative, intraokulare Hypotonie zur Folge haben kann noch verbesserungswürdig [Jonescu-Cuyper, 2001].

Die Chirurgie beim Glaukom unterscheidet sich von anderen chirurgischen Eingriffen darin, dass die Hemmung der Wundheilung erwünscht ist, um Erfolg zu haben. So ist die Wundheilung von zentraler Bedeutung und entscheidender Faktor in der Nachbehandlung einer Glaukomoperation. Vernarbungen der Konjunktiva und Tenon Kapsel entscheiden über den langfristigen Erfolg der Operation [Grehn 1999]. Vor diesem Hintergrund haben sich verschiedene minimal invasive Techniken zur operativen Behandlung des Glaukoms entwickelt.

In dieser Arbeit sollte deshalb die gedeckte Sklerotomie, welche nur ein minimales operatives Trauma verursacht und in der Folge die postoperativen Komplikationen reduzieren soll, vorgestellt und mit der etablierten Methode der Trabekulektomie verglichen werden.

## **1.1 Grundlagen**

Das folgende Kapitel wird einen Überblick über das Krankheitsbild Glaukom geben. Nach einer Vorstellung der anatomischen Strukturen am Kammerwinkel in Kapitel 1.2.1 und pathophysiologischen Prozesse in 1.2.2, die durch das Krankheitsbild Glaukom entstehen, folgt eine Einteilung und Beschreibung der in dieser Studie vorkommenden Glaukomtypen in den Kapiteln 1.2.3. und 1.2.4. Abschließend zeigt die Epidemiologie die Prävalenz und Inzidenz von Glaukomen (Kap. 1.3.) und die operativen Verfahren der Glaukomchirurgie (Kap. 1.4. bis 1.6).

## 1.2 Das Krankheitsbild Glaukom

Erhöhter intraokularer Druck entsteht beim Glaukom durch gestörten Kammerwasserabfluß aus der hinteren Augenkammer in die vordere Augenkammer und schließlich in den Schlemm'schen Kanal. Dies führt durch mechanische Alteration des Sehnervs und Störung der Durchblutung zum Sehnervenschaden. Dabei kommt es zu einem relativen Missverhältnis zwischen intraokularem Druck (IOD) und Sehnervresistenz. Eine vergrößerte Papillenexkavation und charakteristische Gesichtsfeldausfälle sind für das Glaukom pathognomonisch [Grehn 1988, Shields 1993, Schwenn 2001]. Das Verhältnis von Papillenexkavation zur Fläche der Papilla nervi optici wird als „Cup to Disc Ratio“ (C/D Ratio) bezeichnet. Mit wenigen Ausnahmen sind Veränderungen, die den Abfluss des Kammerwassers über den Kammerwinkel betreffen, für die Erhöhung des Augeninnendrucks verantwortlich zu machen.

Als Normalbereich wurden 9 bis 21 mmHg angegeben, was dem Doppelten der Standardabweichung nach unten und oben bei einem Mittelwert von 15 mmHg entspricht. Die bisherige Glaukomtherapie hat in der Regel das Einhalten der oberen Normgrenze von 21 mmHg als Therapieerfolg angesehen [Shields 1993].

Die Glaukome lassen sich nach Ätiologie und Pathomechanismus einteilen. Bei der ätiologischen Beurteilung stehen die Veränderungen, die zur Störung der Kammerwasserdynamik führen im Vordergrund. Diese können entweder primär, sekundär oder entwicklungsbedingt sein. Die Betrachtung des Pathomechanismus konzentriert sich auf die Vorgänge im Kammerwinkel, die zu einer Drucksteigerung führen. Man unterscheidet hier zwischen Offenwinkel - Winkelblock- und kongenitalen Mechanismen [Shields 1993]. Da abhängig der präoperativen Diagnosen für diese Arbeit das Offenwinkelglaukom die größere Rolle spielt, wird das Offenwinkelglaukom hier in vorrangiger Weise beschrieben.

## 1.2.1 Anatomie des Kammerwinkels

Der Kammerwinkel (Angulus iridocornealis) liegt am peripheren Rand der vorderen Augenkammer (siehe Abb.1). Er wird nach innen vom Ziliarkörper und nach außen von Sklera und Iriswurzel begrenzt [Shields 1993]. Als Limbus bezeichnet man die anatomische Übergangszone zwischen Hornhaut und Sklera, welches die wesentlichen Abflussstrukturen für das Kammerwasser enthält. An der inneren Oberfläche des Limbus liegt der Sulcus scleralis, der einen scharf begrenzten posterioren Rand aufweist, den Sklerasporn, und eine abfallende vordere Wandung, die sich in die periphere Hornhaut fortsetzt. Ein siebartiges Gewebe, das Trabekelmaschenwerk, überbrückt den Sulcus scleralis im Kammerwinkel und geht in einen ringförmigen Kanal, den sog. Schlemm – Kanal über. Im Insertionsbereich des Trabekelmaschenwerks in die periphere Hornhaut entsteht ein kleiner Wulst, der als Schwalbe – Linie genannt wird [Shields 1998, Kanski 1996].

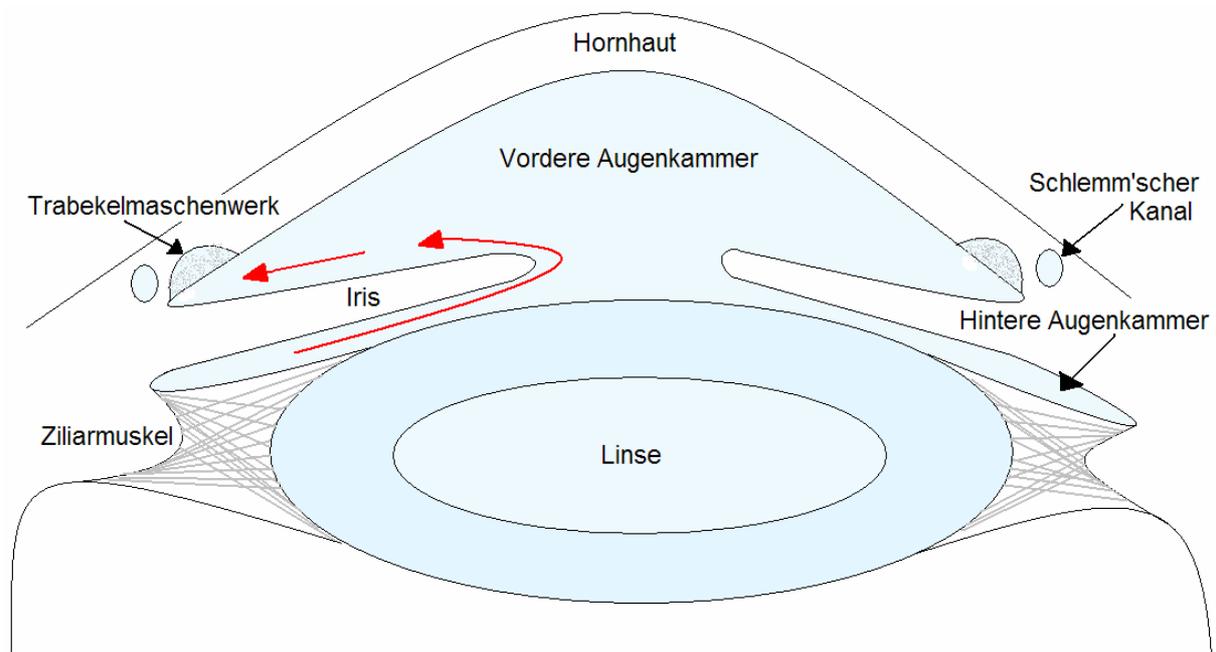


Abb.1 Anatomie und Physiologie des Kammerwinkel und des Kammerwassers

Der Schlemm'sche Kanal ist durch intrasklerale Sammelkanälchen mit den episkleralen Venen verbunden. Das Trabekelmaschenwerk, der Schlemm – Kanal und die intraskleralen Sammelkanälchen repräsentieren die Hauptabflusswege für Kammerwasser.

Der Ziliarkörper setzt am Sklerasporn an und bildet einen Raum zwischen sich und der Sklera, den Suprazilliarraum. Im Querschnitt erscheint der Ziliarkörper wie ein rechtwinkliges Dreieck und die Ziliarkörperfortsätze (der tatsächliche Produktionsort des Kammerwassers) nehmen den nach innen und vorne gelegenen Anteil des Ziliarkörpers ein, der etwa 2 mm nach posterior in die Pars plicata reicht. Die posterioren 4 mm des Ziliarkörpers, die Pars plana, hat eine flache innere Oberfläche und geht in die Ora serrata in der Aderhaut über.

Die Iris inseriert an der Pars anterior des Ziliarkörpers und lässt eine variable Bandbreite dieser Struktur im Kammerwinkel zwischen der Iriswurzel und dem Sklerasporn sichtbar werden.

Die Linse ist am Ziliarkörper durch Zonulafasern aufgehängt und ist hinten von Glaskörper und vorne von Kammerwasser begrenzt. Die Iris unterteilt den kammerwassergefüllten Raum des Auges in eine hintere und vordere Augenkammer. Der Winkel zwischen peripherer Iris und peripherer Hornhaut, wird als vordere Kammerwinkelbucht oder Kammerwinkel bezeichnet.

### **1.2.2. Physiologie des Kammerwassers**

Das Verhältnis von Produktion und Abfluss von Kammerwasser bestimmen den IOD [Shields 1993]. Der IOD dient der Formstabilität des Augapfels und der inneren Strukturen. Zusätzlich hat das Kammerwasser metabolische Funktion für Glaskörper, Retina, Linse und Kornea [Shields 1993]. Gebildet wird es in der hinteren Augenkammer im Epithel der Processus ciliares majores des Ziliarkörpers, fließt dann zwischen Iris und Linse hindurch in die vordere Augenkammer (Siehe rote Pfeile in Abb.1). Der Hauptteil des Abflusses (80 – 90 %) erfolgt druckabhängig über das im Kammerwinkel gelegene Trabekelwerk und den Schlemm'schen Kanal in episklerale und konjunktivale Venen, ein geringerer Teil druckunabhängig über den uveoskleralen (unkonventionellen) Weg [Shields 1993].

Blutplasma bildet die Grundlage für das Kammerwasser [Shields 1993]. Die Produktion erfolgt durch Ultrafiltration, aktive Transportprozesse und durch Diffusion. Die Kapillaren der Ziliarkörperfortsätze sind auf der dem Epithel zugewandten Seite fenestriert und gut durchgängig für Protein. Das Ziliarepithel besteht aus einer Schicht nicht-pigmentierter (NPE) und pigmentierter Zellen (PE), deren apikale Oberflächen aufeinander stehen und über „gap junctions“ und Desmosome

miteinander verbunden sind. Die Basalmembran der NPE wird auch Membrana limitans interna bezeichnet und grenzt an das Kammerwasser. Die basalen Zellmembranen beider Schichten zeigen eine starke Faltung und enthalten die Enzyme Na/K – ATPase und Carboanhydrase. Das Zellplasma ist an diesen Stellen reich an Mitochondrien. Die NPE sind apikal durch „tight junctions“ untereinander verbunden und bilden so die Blut-Kammerwasser-Schranke. Die Menge des gebildeten Kammerwassers hängt ab vom Blutdruck und dem onkotischen Druck und kann über Stimulation von  $\beta$ -Rezeptoren gesteigert werden. Die Produktion unterliegt circadianen Schwankungen und nimmt im Alter sowie bei Diabetes mellitus ab. Durchschnittlich produzieren die Epithelzellen des Ziliarkörpers etwa 2  $\mu$  l / min [Shields 1993].

### **1.2.3. Offenwinkelglaukome**

Offenwinkelglaukome werden als eine Neuropathie des Nervus opticus durch einen langsam, progredienten Verlust retinaler Ganglienzellen, Axone und intrapapillärer Astrozyten mit nachfolgender Gesichtsfeldschädigung bei normal konfigurierem Kammerwinkel definiert [Quigley 1995]. Der Kammerwinkel zwischen Kornea und Iris ist normal weit und beträgt ca. 30 – 40 Grad.

Obwohl beim primären Offenwinkelglaukom der Kammerwinkel weit ist, führen Veränderungen im trabekulären Maschenwerk (TM) des Kammerwinkels zu einem erhöhten Abflusswiderstand des Kammerwassers [Grehn 1988, Shields 1993].

Wenn andere Krankheitsursachen den Kammerwinkel sekundär beeinflussen, so spricht man von einem Sekundären Offenwinkelglaukom. So kann die prätrabekuläre Form, bei dem in der Vorderkammer gelegene Membranen das TM verlegen und so den Kammerwasserabfluss behindern, von der trabekulären Form unterschieden werden. Bei der trabekulären Form stehen die Akkumulation von Material wie Zellen, Pigmentgranula oder Fibrin innerhalb der Hohlräume des TM im Vordergrund der Krankheitsursache. Andere Ursachen können Ödeme oder Fibrosierungen des TM selbst sein. Schließlich kann eine posttrabekuläre Form unterschieden werden. Hier sind dem TM nachgeschaltete Strukturen wie intrasklerale Abflusskanälchen und der Schlemm'sche Kanal verlegt. Weiterhin kann es durch eine unvollständige Entwicklung der Abflusswege zu einer Abflusshinderung kommen.

## 1.2.4. Blockglaukome

Der häufigste Pathomechanismus des primären Winkelblockglaukoms ist der Pupillarblock, bei dem der Kammerwasserdurchfluss von der hinteren in die vordere Augenkammer durch eine funktionelle Blockierung zwischen pupillarsaumnaher Iris und Linse erschwert ist [Schaffer 1973, Grehn 1988]. Der Kammerwinkel ist abgeflacht und beträgt unter 15 Grad.

## 1.3 Epidemiologie

Das Glaukom gehört zu den häufigsten Erblindungsursachen, wobei das Primäre Chronische Offenwinkel Glaukom (PCOWG) in den Industrienationen (Europa und Nordamerika) mit bis zu 70% die häufigste Form der Glaukome darstellt [Shields 1993, Schwenn 2001, Weih 2001, Bengtsson 1985]. Wie aus Tabelle 1 ersichtlich sind von allen PCOWG mindestens ein Sechstel bis zu einem Drittel Normaldruck-Glaukome [Thylefors 1995].

Tabelle 1. Prävalenz der Glaukome in der Welt [Thylefors 1995, Quigley 1996].

	erkrankt	erblindet
<b>Kongenital</b>	<b>300.000</b>	<b>200.000</b>
<b>PCOWG</b>	<b>13,5 Mio.</b>	<b>3 Mio.</b>
<b>PEWG</b>	<b>6 Mio.</b>	<b>2 Mio.</b>
<b>Sekundär</b>	<b>2,7 Mio.</b>	<b>Unbekannt</b>
<b>Glaukomverdacht</b>	<b>105 Mio.</b>	<b>Unbekannt</b>

Es wird geschätzt, daß in Deutschland ein bis zwei Prozent aller über 40jährigen ein Glaukom haben. Dies entspräche etwa 500 000 bis 800 000 Patienten. Die Prävalenz nimmt mit dem Alter steil zu und beträgt bei den über 80jährigen etwa 14 Prozent [Thylefors 1994]. Pro Jahr erkranken weltweit circa 13,5 Millionen Menschen,

wovon circa 3 Millionen Menschen erblinden (siehe Tab.1). In den Industrienationen rangiert das Glaukom nach der Makuladegeneration und der diabetischen Retinopathie an 3. Stelle der Erblindungsursachen. In den Entwicklungsländern nach Katarakt, sogar an 2. Stelle. Weltweit betrachtet steht es allerdings an erster Stelle der irreversiblen Erblindungsursachen [Quigley 1993, Quigley 1996].

Etwa 1–2 % der Bevölkerung leiden in den Industrienationen an einem manifesten Glaukom mit Schädigung der Papille [Quigley 1996]. So ist die Erkrankung bei etwa 50% der manifest Glaukomkranken bekannt, in Entwicklungsländern sehr viel seltener. Etwa 1/10 sind dadurch erheblich sehbehindert oder erblindet. Die Prävalenz beträgt in der Bevölkerung europäischer Herkunft ab dem 40. Lebensjahr für das PCOWG 2,42 % [Quigley 1996] bzw. nach einer aktuellen australischen Studie unter der weißen Bevölkerung mindestens 2,5 % [Weih 2001] und nimmt mit steigendem Lebensalter zu. Die Angaben zur Erblindungsrate durch Glaukom auf dem besseren Auge in Europa schwanken zwischen 2,5 % und 6,2 % der Glaukomkranken [Quigley 1996]. Bei primärem Offenwinkelglaukom sind Männer, bei primärem Winkelblockglaukom sind Frauen häufiger betroffen. Bei Weißen überwiegt das primäre Offenwinkelglaukom (ca. 90 % der Fälle). Schwarze sind insgesamt etwa 4-mal häufiger und in jüngerem Alter betroffen ein Glaukom zu entwickeln. Nicht zuletzt durch die frühe Manifestation der Krankheit ist ihr Risiko zu erblinden etwa 8-mal höher als bei der weißen Bevölkerung [Shields 1993]. Asiaten leiden sehr viel häufiger an Winkelblockglaukom [Quigley 1996, Shields 1993].

## **1.4 Die Glaukomchirurgie**

Hippokrates bezeichnete mit Glaukom von griechisch „glaukos“, d.h. „bläulich-grünlich schimmernd“, eine fortschreitende Erblindung, bei der sich eine bläulich schimmernde Pupille diagnostizieren lässt [Duke - Elder 1971]. Dieses schon seit dem Altertum bekannte, jedoch unklar definierte Krankheitsbild bereicherte erst der englische Augenarzt Richard Banister 1622 um die Feststellung, dass bei dieser Augenerkrankung der Augapfel eine erhöhte Spannung und eine weite Pupille aufweise. Als Ursache der Erblindung sah er jedoch eine Eintrocknung der Augenlinse, des „Kristalls“, als vermeintlichen Hauptsitz des Sehvorganges an. Einen Meilenstein in der Geschichte der Augenheilkunde stellte die Entdeckung und Veröffentlichung durch Albrecht von Graefes der ersten erfolgreichen

Glaukomoperation 1856 und 1857 dar. Ihm gelang es als erstem eine Iridektomie bei einem Glaukompatienten durchzuführen [Graefe 1856, Graefe 1857].

### **1.4.1 Iridektomie nach von Graefe**

Zur Zeit Albrecht von Graefes war der erhöhte Augeninnendruck als führendes Glaukomsymptom bekannt. Allerdings nahm Graefe an, dass die Iris der Ort der Produktion für Kammerwasser sei. Die zu dieser Zeit übliche Methode zur Augendruckmessung war allein die manuelle Palpation des Auges. Albrecht von Graefe glaubte zunächst in der Vorderkammerpunktion, der Parazentese, ein wirksames Verfahren zur Behandlung gegen das Glaukom gefunden zu haben. Im Verlauf seiner Versuche stellte er jedoch fest, dass die erzielte Augendruckminderung stets nur einige Tage anhielt, und dass nach wiederholten Parazentesen sich die Wirkung von Mal zu Mal verminderte. Im Jahr 1852 nahm er zum ersten Mal bei einem Patienten mit chronischer Iritis eine Irissausschneidung vor. Den druckreduzierenden Effekt bemerkte er bei späteren Tierversuchen, bei denen sich die operierten Augen weicher anfühlten. Erst jetzt kam er auf den Gedanken, eine Operation gegen das Glaukom entdeckt zu haben [Graefe 1859, Goldmann 1971].

Anfang des zwanzigsten Jahrhunderts wurde die Glaukomchirurgie nach der Iridektomie durch Graefe durch die Einführung der filtrierenden Operationsverfahren durch Herbert, Heine, Holth, Lagrange und Elliot entscheidend weiterentwickelt. Deren Methoden tragen auch heute noch ihren Namen [Heine 1905, Herbert 1903, Holth 1904, Lagrange 1906]

## **1.5 Fistulierende Operationen**

Das operative Prinzip einer fistulierenden Operation besteht darin das Kammerwasser des Auges abzuleiten. Es wird ein künstlicher Abflussweg geschaffen, der je nach Operationstechnik entweder das Kammerwasser nach außen vom Auge wegführt, oder wie in später entwickelten Techniken unter die Bindehaut des Auges leitet. Bei der Ableitung des Kammerwassers unter die Bindehaut entsteht ein Sickerkissen, das ein Kammerwasser Reservoir schafft und so den intraokulären Druck reguliert.

### **1.5.1 Elliot'sche Trepanation**

Das über Jahrzehnte bedeutendste Operationsverfahren stellte 1913 der britische Augenarzt Henry Elliot vor [Elliot 1913, Shields 1993]. Die Elliot'sche Trepanation blieb über sehr lange Zeit eine bevorzugte Glaukomoperation, da sie eine gute Augendruckregulierung bewirkte und nur durch Infektionen des Sickerkissens oder des gesamten Bulbus oculi diskriminiert war [Velhagen 1972]. Es handelte sich um eine fistulierende Operation an der Sklera-Hornhautgrenze und anschließender Deckung mit einem vorher zurückgeschlagenen Bindehautlappen. Der Abfluß des Kammerwassers erfolgte unter die Bindehaut. Die Elliot'sche Trepanation konnte auf diese Weise den Druck senken, doch zeichnete sich immer deutlicher ab, dass der langfristige Erfolg einer Glaukomoperation vom Auftreten postoperativer Hypotonien abhing [Elliot 1913, Velhagen 1972, Shields 1993].

### **1.5.2 Trabekulektomie**

So vollzog sich in der Glaukomchirurgie Ende der 60iger Jahre ein entscheidender Wandel hin zu skleragedeckten Filtrationseingriffen wie der von Cairns vorgestellten Trabekulektomie [Cairns 1968]. Die Trabekulektomie zählt zu den effektivsten chirurgischen Behandlungsmethoden beim Glaukom [Khalili 2000, Schwenn 1998, Shields 1993]. Bei der Trabekulektomie, wird das Kammerwasser durch eine künstlich geschaffene Öffnung unter die Bindehaut abgeleitet, wodurch ein Sickerkissen entsteht [Cairns 1968]. Ein langfristig, drucksenkender Erfolg wird nicht allein durch eine gelungene Operationstechnik erreicht, sondern wesentlich durch den Heilungsprozess des subkonjunktivalen Gewebes in der Folge der Entwicklung des Sickerkissens in den ersten postoperativen Wochen [Picht 1998, Grehn 1999]. Unmittelbar postoperative Komplikationen, wie Hypotonie, Aderhautamotio oder der aufgehobenen Vorderkammer wurden durch die Drosselung des Abflusses seltener als bei Eingriffen ohne Skleradeckel, wie der Elliot'schen Trepanation beobachtet [Elliot 1913]. Die Trabekulektomie konnte sich bis heute in der operativen Behandlung des Glaukoms behaupten.

### **1.5.3 Korneale Trabekulektomie**

Die Trabekulektomie wurde mehrfach unter der Zielsetzung verändert das chirurgische Trauma zu minimieren, eine dauerhafte Drucksenkung und infolge dessen eine Stabilisierung des Gesichtsfeldes zu erreichen.

Cairns war sich der Tatsache bewusst, dass in den meisten Fällen der Grund für das Versagen der von ihm entwickelten Trabekulektomie in der Vernarbung des Sickerkissens lag. So entwickelte er sein Verfahren zu einem Eingriff weiter, bei dem die Tenon Kapsel und die Konjunktiva nicht verletzt wurden. Dies sollte die Vernarbung reduzieren. Diese Variante der Trabekulektomie nannte er „Clear Cornea Trabeculectomy“ [Cairns 1968, Cairns 1985]. Der Unterschied bestand zur klassischen Trabekulektomie, dass ein kornealer Zugang ohne konjunktivale Inzision geschaffen wurde, der in der Vorderkammer endet ohne dabei Tenon Kapsel und Konjunktiva zu irritieren.

Eine Modifikation der von Cairns entwickelten Trabekulektomie, die ebenfalls über einen kornealen Zugang erfolgt, wurde von Van Buskirk vorgestellt [Van Buskirk 1992, Cairns 1985]. Bei der so genannten „Corneal Trabeculectomy“ findet ebenfalls keine konjunktivale Inzision und keine intrakamerale Manipulation statt [Van Buskirk 1992]. Die Vorderkammer wird unter einem kornealen Deckel am korneoskleralen Limbus eröffnet und eine periphere Iridektomie durchgeführt.

### **1.5.4 Small Incision Trabeculectomy (SIT)**

Die von Lerner beschriebene „Small Incision Trabeculectomy“ basierte ebenfalls auf der Trabekulektomie nach Cairns [Lerner 1997], doch sollte auch hier die operative Irritation und damit der Stimulus für die Einwanderung von Entzündungszellen und die resultierende Vernarbung des Sickerkissens verringert werden. Wie bei der kornealen Trabekulektomie nach Van Buskirk wurde die Tenon Kapsel nicht eröffnet. Allerdings entschied man sich bei dieser Operation für einen limbalen Zugang. Es wurde kein kornealer Lappen gebildet, da der Schnitt zwischen die Insertion der Tenon Kapsel und der Insertion der Konjunktiva gesetzt wird. Die Vorderkammer wurde durch eine limbale Inzision eröffnet.

### **1.5.5 Kombinierte Katarakt-Glaukom Chirurgie**

Die hier vorgestellte gedeckte Sklerotomie wurde von einer kombinierten Glaukom-Katarakt Operation abgeleitet [Anders 1997]. Glaukom und Katarakt sind zwei verschiedene Krankheiten des Auges, die häufig zusammen auftreten. In der Kataraktchirurgie steht der Operateur somit häufig vor der Herausforderung, dass ein Patient bei dem eine Linsenimplantation durchgeführt werden soll, außerdem an einem Offenwinkelglaukom leidet. Eine einzeitige, kombinierte Operation ist immer dann zu erwägen, wenn beide Eingriffe dringlich sind und der Patient durch eine zweizeitige Operation mehr belastet würde. Bei kombinierten Glaukom-Katarakt Operationen kommen zum einen die Trabekulektomie und zum anderen die Phakoemulsifikation als Standardtherapie zum Einsatz [Grehn 2004, Hoffmann 2002]. Der einzeitige Eingriff hat gegenüber dem zweizeitigen Verfahren keinen signifikanten Nachteil bezüglich der langfristigen IOD – Regulierung [Michelson 1994]. Auch in der Kombination dieser beiden Operationen ist für die Erfolgsquote die postoperative Nachbehandlung von entscheidender Bedeutung. Die postoperative Fibrinreaktion ist die häufigste Komplikation nach kombinierter Glaukom-Katarakt Operation. Um diese zu beschränken wird auch hier die Verwendung von Antimetaboliten empfohlen [Friedman 2002, Jampel 2002, Marquardt 2004].

### **1.5.6 Die Rolle der Antimetaboliten in der Glaukomchirurgie**

Um eine zu starke Wundheilung zu verhindern werden pharmakologische Therapien in Form von Steroiden und Antimetaboliten wie das 5 – Fluorouracil und Mitomycin C eingesetzt [Lama 2003, Heuer 1984, Katz 1995].

5 – Fluorouracil (5 – FU) wird nach Abschluss des chirurgischen Eingriffs oder in der postoperativen Periode subkonjunktival gegeben. 5 – Fluorouracil hemmt die Fibroblastenproliferation und damit die Narbenbildung. Eines der Hauptprobleme des 5 - FU ist seine toxische Wirkung auf das Hornhautepithel. [Singh 2000, Anand 1998, Weinreb 1987]. Alternativ steht Mitomycin C (MMC) 0,02% zur Verfügung, welches stärker die Fibroblastenproliferation hemmt, allerdings toxischer als 5 – FU wirkt. Es wird mit einem Schwamm appliziert. Eines der Probleme des Mitomycin C ist die Ausbildung relativ avaskulärer Filterkissen, die zu Komplikationen prädisponieren.

Demzufolge sind auch diese Therapien mit einer erhöhten Inzidenz von Komplikationen, wie der Leckage, der Ausbildung einer Katarakt, einer Hypotonie oder einer Endophthalmitis behaftet [Das 2001, Fourman 1995, Greenfield 1996].

Insgesamt hat die Anwendung von Antimetaboliten wie 5 – Fluorouracil und Mitomycin – C jedoch einen positiven Effekt in der frühen postoperativen Phase [Greenfield 1996, Gressel 1984, Goldenfeld 1998]. Da sich aber der Wundheilungsprozess über einen längeren Zeitraum erstreckt, kann dies trotzdem zu einem Versagen des Sickerkissens führen [Greenfield 1996, Blumenkranz 1984].

## **1.6 Nicht – fistulierende Operationen**

Nicht – fistulierende Operationen haben gemeinsam, dass die Vorderkammer des Auges nicht eröffnet werden muss. Lediglich der Abfluss des Kammerwassers wird durch Manipulationen am Schlemm'schen Kanal und Trabekelmaschenwerk verbessert. Zwei dieser Techniken sollen nun vorgestellt werden, da auch bei diesen eine langfristige IOD-Regulierung bei einer Verringerung der Risiken und Komplikationen angestrebt wird. Die minimal invasiven Verfahren, wie die Viskokanalostomie (Kap. 1.6.1) und die tiefe Sklerektomie (Kap. 1.6.2) versprechen die postoperative Komplikationsrate durch Verringerung des operativen Traumas zu senken [AAO 2001]. Auch bei diesen Operationen war es das Ziel, mögliche Komplikationen der Trabekulektomie, wie z.B. die postoperative Hypotonie zu verringern [Stegmann 1999].

### **1.6.1 Viskokanalostomie**

Anfang der neunziger Jahre des zwanzigsten Jahrhunderts entwickelte der südafrikanische Augenarzt Robert Stegmann eine Technik der Glaukomoperation, die den Lebensumständen vieler seiner südafrikanischen Patienten entgegenkommen sollte [Stegmann 1999]. Das Verfahren sollte eine gute Drucksenkung bewirken und gleichzeitig die postoperativen Komplikationen auf ein Minimum reduzieren, da die Patienten oft nicht mehr zur Nachsorge erscheinen konnten. Sein Verfahren, die Viskokanalostomie, erforderte nicht die Eröffnung der Vorderkammer und reduzierte so das operative Trauma.

Ziel dieser Operation war es, den Schlemm'schen Kanal zu entdachen, die Außenwand des Schlemm'schen Kanals zu entfernen und dabei die Innenwand des Schlemm'schen Kanals freizulegen. Dadurch wurde ein Kammerwasserreservoir unter einem Skleradeckel geschaffen, das Anschluss an die Kammerwasservenene hatte. Durch das Einfüllen eines Viskoelastikums in die Vorderkammer, sollten darüber zusätzlich der Schlemm'sche Kanal und das Trabekelwerk gedehnt bzw. eröffnet werden. Stegmann injizierte Natrium-Hyaluronat in der Annahme, dass dies als physiologische Barriere gegen Fibrinogen fungierte [Stegmann 1999]. Obwohl keine Perforation stattgefunden hatte, penetrierte Kammerwasser durch die beiden Fenster und sorgte für eine Drucksenkung.

### **1.6.2 Tiefe Sklerektomie**

Pionierarbeit in der Entwicklung der nicht penetrierenden tiefen Sklerektomie wurde in den 50iger Jahren von Epstein und während der 60iger Jahre von einem russischen Ophthalmologen, Krasnov, geleistet. Er konnte an tausenden von Patienten eine „Sinusotomie“ durchführen [Krasnov 1972, Epstein 1959]. In diesem Verfahren wurde das Lumen des Schlemm'schen Kanals unter einem limbus-basalen konjunktivalem Skleralappen „externalisiert“.

Die ersten Ergebnisse zur tiefen Sklerektomie wurden von Krasnov im Jahr 1972 veröffentlicht. Allerdings gab es in dieser Studie keine Kontrollgruppe und der nur geschätzte Erfolg lag bei 83% [Krasnov 1972]. Außerdem beschrieb er in dieser ersten Arbeit keinerlei postoperative Komplikationen [Krasnov 1972]. Die tiefe Sklerotomie verhielt sich in klinischen Untersuchungen ähnlich wie die Viskokanalostomie (Kap. 1.6.1). So konnten zwar auch hier die Komplikationen reduziert werden, der intraokuläre Druck allerdings nicht auf ein stabiles Niveau gesenkt werden [Chiselita 2001, El Sayyad 2000, AAO 2001].

Zusammenfassend konnten die nicht – fistulierenden chirurgischen Verfahren im Vergleich zur klassischen fistulierenden Operationen nicht endgültig überzeugen [Carassa 2003, Lüke 2002, Jonescu Cuypers 2001]. Zwar konnten schwerere Komplikationen vermieden und eine mittelfristig vergleichbare gute Drucksenkung erreicht werden, doch durch die aufwendige Operationstechnik und den unsicheren Langzeitergebnissen konnten sich diese Eingriffe nicht endgültig durchsetzen [Jonescu-Cuypers 2001, Lüke 2003, Chiselita 2001].

## 2. Fragestellung

Die fistulierende Operation der Trabekulektomie (Kap. 1.5) ist das Standardverfahren beim primären chronischen Offenwinkelglaukom (PCOWG). Postoperative Komplikationen, wie die Hypotonie, gaben jedoch immer wieder Anlass nach neuen Therapieansätzen zu suchen (Kap. 1.5 und Kap. 1.6). Die in der Vergangenheit vorgestellten neuen operativen Verfahren zur Behandlung des Glaukoms konnten sich jedoch nicht durchsetzen.

Deshalb wurde die gedeckte Sklerotomie als besonders schonende, minimal - invasive Variante der fistulierenden Glaukomoperation entwickelt. Diese stellt eine Weiterentwicklung einer vor einigen Jahren vorgestellten Methode der kombinierten Katarakt- und Glaukomoperation dar [Anders 1997]. Obwohl der chirurgische Ansatz von einem korneoskleralen Tunnelschnitt der Kataraktchirurgie abgeleitet wurde, wurde dieser Eingriff mittlerweile auch als reine fistulierende Operation durchgeführt [Wirbelauer 2006]. Die gedeckte Sklerotomie wurde in zwei Varianten durchgeführt, bei der in einer Gruppe ein Visokoelastikum (Healon®) in die Vorderkammer injiziert wurde. Das so entstandene Verfahren der gedeckten Sklerotomie mit und ohne den Einsatz des Visokoelastikums wurde nun der etablierten Trabekulektomie gegenübergestellt.

Ziel dieser retrospektiven Arbeit war es, die klinischen Ergebnisse der gedeckten Sklerotomie nach 1 Jahr auszuwerten und mit der Trabekulektomie als Kontrollgruppe zu vergleichen. Um eine Aussage über Effektivität und Sicherheit treffen zu können, wurden folgende Aspekte hierzu untersucht:

1. Die Einstellung des intraokularen Druckes unter 21 mmHg mit/ohne drucksenkende Therapie wurde über den Zeitraum von einem Jahr beobachtet.
2. Die Morphologie des Sickerkissens wurde über den Beobachtungszeitraum untersucht.
3. Postoperative Komplikationen und Revisionseingriffe wurden verfolgt.

### 3. Patienten und Datenerhebung

#### 3.1. Patienten

Für diese retrospektive Studie wurden 69 Augen von 59 Patienten mit fortgeschrittenem, medikamentös nicht einstellbarem Glaukom operiert. Davon waren 27 weiblichen und 32 Patienten männlichen Geschlechts.

Tab. 2. Geschlechtliche Verteilung.

	n = Patienten	%
<b>Männlich</b>	<b>32</b>	<b>52 %</b>
<b>Weiblich</b>	<b>27</b>	<b>48 %</b>

Das mittlere Lebensalter lag bei der Trabekulektomie (TE) und der gedeckten Sklerotomie (ST) bei 65 Jahren. Bei der gedeckten Sklerotomie mit Healon (ST+H) bei 64 Jahren. Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen den zwei Gruppen ( $p > 0,05$ ) (Mann Whitney U-Test).

Tab. 3. Altersverteilung.

<b>TE</b>	<b>65</b>	<b>(56-82) Jahre</b>
<b>ST</b>	<b>65</b>	<b>(55-84) Jahre</b>
<b>ST+ Healon</b>	<b>64</b>	<b>(38-84) Jahre</b>

Die Einschlusskriterien waren ein intraokularer Druck (IOD) über 21 mmHg. Ferner wurden Patienten in die Studie einbezogen mit einem IOD unter 21mmHg unter maximaler medikamentöser Therapie bei einer fortgeschrittenen Papillenexkavation (C/D-Ratio im Mittel  $0,78 \pm 0,23$ ) oder glaukomatöse Gesichtsfeld-Defekten.

Die Diagnosen waren vor der Operation ein Primär chronisches Offenwinkelglaukom (PCOWG) in 47 Fällen (68,1 %), darunter 5 Fälle mit Normaldruckglaukom, ein Glaukom mit Pseudoexfoliations - Syndrom (PEX) in 13 Fällen (18,8 %), ein

Chronisches Engwinkelglaukom (EWG) in 3 Fällen (4,34 %) sowie ein Pigmentdispersions - Glaukom in einem (1,44 %) Fall.

Tab. 4. Verteilung der Diagnosen im Patientenkollektiv und in den Gruppen.

Diagnose	n	%	TE %	ST %	ST+H %
PCOWG	47	68,1	81,1	59,3	82,6
PEX	13	18,8	9,1	21,8	21,7
Normaldruckglaukom	5	7,2	-	0,9	0,9
EWG	3	4,34	9,1	6,7	-
Pigment	1	1,44	-	0,3	-

Die Verteilung der Diagnosen innerhalb der Gruppen ergab keine signifikanten Unterschiede ( $p=0,629$ ). Zur chirurgischen Drucksenkung bekamen 11 Patienten eine TE, 32 Patienten eine ST, 26 Patienten eine ST+H (siehe Tabelle 5).

Die Operationen fanden im Zeitraum von 1998 bis 2003 statt und wurden von einem Operateur durchgeführt.

### 3.1.1 Datenerhebung

Die Daten wurden hauptsächlich retrospektiv, aktenanalytisch erhoben. Bei fehlenden Einjahreswerten wurden die Patienten kontaktiert und zur Nachuntersuchung in die Klinik bestellt. Dabei wurde der aktuelle Druckwert ermittelt, eine Gesichtsfeld - und Kammerwinkeluntersuchung durchgeführt, sowie die aktuelle Medikationen der operierten Augen kontrolliert.

Insgesamt konnten 56 Fälle (84%) über ein Jahr nachkontrolliert werden. 9 Patienten in der TE-Gruppe, 23 Patienten mit ST und 26 Patienten mit ST+H. Tabelle 5 zeigt die Anzahl der Patienten der einzelnen Gruppen zu Beginn der Untersuchung und nach einem Jahr.

Tab. 5. Anzahl der Fälle zu Beginn der Untersuchung und nach einem Jahr.

	<b>Beginn</b>	<b>1 Jahr</b>
<b>TE</b>	<b>11</b>	<b>9</b>
<b>ST</b>	<b>32</b>	<b>23</b>
<b>ST+H</b>	<b>26</b>	<b>24</b>

Obwohl die Gruppe der Trabekulektomie mit 11 Patienten die kleinste war verteilten sich die präoperativen Diagnosen ähnlich, so dass in der Kontrollgruppe eine Vergleichbarkeit gewährleistet war. Wenngleich eine geringe Fallzahl eine limitierende Wirkung auf die statistische Auswertung hat, so ergaben die von uns erhobenen Daten nach TE repräsentative Ergebnisse, die statistisch vergleichbar mit Studien mit ähnlich großen und größeren Fallzahlen waren [Jonecu-Cuypers 2001, Van Buskirk 1992].

Ebenso gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen hinsichtlich des präoperativen IOD, sowie der funktionellen Werte ( $p > 0,05$ ) (Mann-Whitney-U-Test). Außerdem wurde im Verlauf die Anzahl der drucksenkenden Mittel dokumentiert.

### **3.2 Untersuchungsmethoden**

Die Untersuchungen, die für diese Studie durchgeführt wurden, sollen im folgenden Kapitel vorgestellt und erläutert werden.

Die postoperativen Untersuchungen waren nach 1 und 4 Tagen im Rahmen des stationären Aufenthalts, die später nach 1, 3, 6 und 12 Monaten wiederholt wurden. Als klinische Parameter wurden der intraokulare Druck (IOD) in mmHg mittels Applanationstonometrie (Kap. 3.2.1), der best-korrigierter Visus (Kap. 3.2.2), die Erhebung möglicher Komplikationen, die Anzahl der Tropfmedikation und im späterem Verlauf auch Gesichtsfelduntersuchungen (Kap. 3.2.3 und Kap. 9.2) durchgeführt [Hodapp 1986]. Die morphologische Beurteilung des Sickerkissens erfolgte in Anlehnung an Picht und Grehn [Picht 1998] (Kap. 3.2.4 und Kap. 9.1). Außerdem wurden die Komplikationen beurteilt (Kap. 3.3.4).

### **3.2.1 Messung des intraokularen Drucks**

Um den Augeninnendruck zu messen wurde die Applanationstonometrie nach Goldmann verwendet. Die Applanationstonometrie basiert auf dem Lambert – Fick – Prinzip, das besagt, dass bei einer idealen, trockenen, dünnwandigen Kugel der Druck in der Kugel (P) der Kraft gleicht, die erforderlich ist, um ihre Oberfläche abzuflachen (F), geteilt durch das abgeflachte (applanierte) Areal (A) ( $P=F/A$ ). Der Augeninnendruck ist proportional zu dem Druck, der auf das Auge ausgeübt wird und der Dicke der Bulbuswände. Da das menschliche Auge aber keine perfekte Kugel und auch die Hornhaut rigide ist, widersteht sie der Abflachung. Die kapilläre Adhäsion des Tränenmeniskus tendiert dazu, den Messkolben des Tonometers zur Hornhaut zu ziehen. Die Hornhautrigidität und die kapilläre Adhäsion heben sich gegenseitig auf, wenn die applanierte Fläche einen Durchmesser von 3,06 mm hat, wie es bei der Goldmann - Applanationstonometrie der Fall ist.

Das Goldmann – Tonometer ist ein sehr genaues Tonometer mit variabler Kraft und einem Doppelprisma als Messkolben [Shields 1993, Kanski 2003]. Das Auge wird anästhesiert und mit Fluoreszin angefärbt. Bei maximal weit gestelltem Beleuchtungsgang und höherer Beleuchtungsintensität der Spaltlampe, wird ein Goldmann – Prisma axial auf die angefärbte Hornhautoberfläche mit steigender Kraft platziert. Durch das Spaltlampenmikroskop kann ein Muster mit zwei Halbkreisen oberhalb und unterhalb der horizontalen Mittellinie gesehen werden. Mit der Messtrommel des Tonometers können die Halbkreise nun so einander angenähert werden, dass sie sich innen berühren. Der Wert auf der Messtrommelskala multipliziert mit 10 entspricht dem Augeninnendruck in mmHg.

### **3.2.2 Bestimmung der Sehschärfe**

Die Bestimmung der Sehschärfe (Visus) ist ein grundlegender Funktionstest des visuellen Systems. Die Sehschärfe beschreibt das maximale räumliche Auflösungsvermögen der Fovea centralis bei optimaler Korrektur von Refraktionsanomalien (Visus cum correctionem).

Die Visusbestimmung stellt somit einen Funktionstest der Netzhautmitte dar. Unter dem maximalen räumlichen Auflösungsvermögen versteht man die Fähigkeit zwei Punkte als eben noch getrennt wahrzunehmen (Trennschärfe, Minimum separabile).

Der Visus wurde im Rahmen der klinischen Untersuchungen nach DIN 58220 mit Sehzeichen bestimmt [Petersen 1993, Bach 1998]. In Anlehnung an die Beurteilung mit Landolt-Ringen wurde geprüft, ob der Patient die beiden an die Lücken angrenzenden Bereiche noch als getrennt wahrnimmt. Dem Patienten werden eine ausreichende Anzahl der Sehzeichen, welche an verschiedenen Stellen eine Öffnung haben können, in einem mäßig erleuchteten Raum und einem festgelegten Abstand vom Auge (ausgeschaltete Akkommodation, ca. 5 m) präsentiert. Bei einem Visus von 1,0 können zwei Punkte von 1,5 mm Abstand aus 5 m Entfernung als getrennt wahrgenommen werden.

Die Mehrzahl der gezeigten Zeichen musste vom Patienten richtig erkannt werden, um eine definierte Visusstufe zu erreichen. Die Sehschärfe lässt sich dann aus der Ist- Entfernung/ Soll- Entfernung, aus der die Öffnungen noch erkannt werden errechnen. Bei einem Visus von 1 werden die Öffnungen der Ringe von dem Patienten unter 1 Bogenminute, bei einem Visus von 0,5 unter 2 Bogenminuten und einem Visus von 0,1 unter 10 Bogenminuten gesehen.

Zur Analyse der Visuswerte wurden diese logarithmiert und nach Mittelwertbildung delogarithmiert. Bei einem Visus unter 0,05 wurde für die statistische Analyse ein von Wert 0,01 angenommen.

### **3.2.3 Untersuchung des Gesichtsfeldes**

Die Untersuchung des Gesichtsfeldes (Perimetrie) ist wichtig zur Beurteilung von Netzhaut und Sehbahn. Das monokulare Gesichtsfeld ist das Wahrnehmungsfeld des unbewegten Auges bei Geradeausblick. Das normale Gesichtsfeld reicht nach temporal bis ca. 100°, nach inferior bis 70°, nach oben sowie nach nasal bis ca. 60°. Die Sehschärfe ist in der Fovea centralis am besten und nimmt zur Peripherie hin kontinuierlich ab. Der nasale Abfall ist steiler als der temporale. Der blinde Fleck liegt temporal zwischen 10° und 20°. Das Gesichtsfeld für Farben ist wesentlich kleiner als für unbunte Lichtmarken. Die Gesichtsfelder des rechten und des linken Auges überlappen sich bis auf eine ca. 30° breite temporale Sichel.

Grundsätzlich wird zwischen kinetischer und statischer Perimetrie unterschieden. Bei der kinetischen Perimetrie werden bewegte Lichtmarken von peripher kommend in verschiedenen Meridianen nach zentral bewegt, wobei die Orte der ersten Wahrnehmung auf einem Vordruck markiert werden.

Bei der statischen Perimetrie, die in dieser Untersuchung angewandt wurde, wird eine unbewegliche Prüfmarke in derselben Position mit unterschiedlicher Leuchtdichte präsentiert. Sie misst in einer Halbkugel, in der Leuchtpunkte unterschiedlicher Lokalisation und Leuchtstärke gezeigt werden, die Lichtunterschiedsempfindlichkeit in Bezug zur Hintergrundhelligkeit. Die Leuchtstärke hat die Einheit Candela ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ). Als Definition der retinalen Empfindlichkeit gilt das Verhältnis der noch gesehenen minimalen Intensität zur maximale möglichen Reizintensität. Die Lichtunterschiedsempfindlichkeit  $E$  hat die Einheit Dezibel und stellt das Verhältnis der maximalen Reizintensität  $L_{\text{max}}$  zur noch gesehenen Reizintensität  $L_{\text{min}}$  dar ( $E = 10 \log L_{\text{max}}/L_{\text{min}}$ ).

Im Goldmann-Standard beträgt die Hintergrundhelligkeit der Perimetriehalbkugel  $10 \text{ cd}/\text{qm}$ , die Standardgröße des Leuchtpunktes ist  $4 \text{ mm}$  in  $30 \text{ cm}$  Abstand (entspricht also  $0,46^\circ$ , Goldmann III) [Bludenz 2002].

Wir benutzten ein automatisches, computer-gestütztes, statisches Perimeter (HFA I und II, Zeiss Meditec AG, Jena). Die Halbkugel des Zeiss-Humphrey-Perimeters besitzt eine Hintergrundleuchtdichte von  $31,5 \text{ asb}$ . Dies entspricht dem unteren Ende der photopen Illumination. Es wurde das SITA (Swedish Interactive Threshold Algorithm) Programm benutzt. Das SITA Programm wurde speziell für den Humphrey Visual Field Analyzer II (Humphrey Systems, Dublin CA) entwickelt, um die Testdauer zu reduzieren. Das SITA „Standard Program“ verkürzt die Testdauer um  $50\%$ , während das SITA „Fast Program“ die Testzeit um  $70\%$  reduziert. Insgesamt konnte auch die Zahl der präsentierten Stimuli um  $26\%$  bei glaukomatösen Gesichtsfeldern gesenkt werden. Dies gelingt durch die Kombination von Techniken, die die Informationen von umgebenden Punkten mit einbeziehen, sowie Informationen von Schwellenwerten von Kontrollen gleichaltriger Glaukompatienten bei jedem Punkt, Veränderungen in der Testgeschwindigkeit, Veränderungen der falsch-negativen Antworten. Zu Beginn werden  $4$  Punkte getestet, die dann als Startlevel für benachbarte Punkte verwendet werden. Dies wird fortgesetzt, bis das gesamte Gesichtsfeld bestimmt ist. Punkte, bei denen die erwartete Antwort außerhalb von  $5 \text{ dB}$  liegt, werden ein zweites Mal getestet. Die zweite Antwort wird im Endausdruck in Klammern gesetzt.

Die Progression des Glaukomschadens wird durch globale Indizes ermittelt. Bestimmte statistischen Gesichtsfeldparameter (mean deviation und pattern standard) werden zur Gesichtsfeldinterpretation verwendet. Die „Mean Deviation“

(MD) ist ein Maß für den mittleren Defekt über alle Messorte, die „Pattern Standard Deviation“ (PSD) beschreibt dagegen die Homogenität des Gesichtsfeldes.

Bei der Beurteilung der statischen Perimetrie mit dem Schwellenwert-Programm 24-2 in SITA-Standard wurde die Anzahl der falsch negativen Angaben (F/N) und die Werte des globalen Index der mittlere Abweichung von der Norm (Mean Deviation, MD) in Dezibel (dB) bewertet. Die 24° Strategie untersucht 54 Punkte im Gebiet des Gesichtsfeldes.

Um verlässliche Daten zu erhalten wurden nur Gesichtsfeldbefunde mit einer F/N unter 20% ausgewertet [European Glaucoma Society 2008]. Die Beurteilung der MD ermöglichte die Einteilung in frühe (bis -6 dB), mittlere (von -6 bis -12 dB) und schwere (unter -12 dB) Gesichtsfelddefekte (siehe Anhang 9.2) [Bludenz 2002].

### **3.2.4 Beurteilung des Sickerkissens**

Ein funktionsfähiges Sickerkissen weist in der Licht und Elektronenmikroskopie ein lockeres subepitheliales Bindegewebe auf. Das Kollagen der Substantia propria zeigt sich unauffällig und es können klare Hohlräume in den oberflächlichen Schichten erkannt werden [Francis 2005]. All diese Beobachtungen entsprechen einer guten Sickerkissenfunktion im Sinne der Transparenz des Sickerkissens sowie dem Auftreten von Mikrozysten. Flache oder prominente Morphologien sind ebenso günstig [Picht 1998].

In den ersten postoperativen Wochen kann eine verstärkte Entzündungsreaktion ebenso wie eine Vernarbung des Sickerkissens zu einem Versagen der Operation im Langzeitverlauf führen. Dabei ist die Vernarbungstendenz für den einzelnen Patienten nicht vorhersehbar und auch durch eine perfekte Operationstechnik nicht zu beeinflussen [Marquardt 2004]. Nach einer Glaukomoperation nimmt deshalb die sorgfältige Beobachtung des Sickerkissens in der postoperativen Phase einen besonders wichtigen Stellenwert ein. Die Beurteilung des Sickerkissens erfolgte nach standardisierten Kriterien [Picht 1998]. Hierbei wurden morphologische Veränderungen des Sickerkissens berücksichtigt, die im Rahmen der Spaltlampenuntersuchung erkennbar sind. Anhand dieser Kriterien konnte das sich entwickelnde Sickerkissen unabhängig vom intraokularen Druck eingeordnet werden. Zur Verdeutlichung der Sickerkissenmorphologie wurde der Bildanhang 9.1 erstellt [Picht .

Tritt eine Vernarbung des Sickerkissens innerhalb der ersten 6 Monate nach der Operation auf, so finden sich entzündliche Veränderungen im Bereich von Bindehaut und Tenon in Form vermehrter Makrophagen und Lymphozyten [Picht 1998, Grehn 1999]. Bei einer einsetzenden Vernarbung später als 6 Monate lassen sich keine entzündlichen Veränderungen mehr erkennen. In diesem Falle ist das Sickerkissen von avaskulären Membranen begrenzt. Somit weisen vernarbende Sickerkissen keine Mikrozysten auf. Allein im Frühstadium ist eine vermehrte Vaskularisation zu beobachten, die im Zusammenhang mit einer Entzündungsreaktion gedeutet werden kann. Im Falle einer fortgeschrittenen Vernarbung kann das Sickerkissen entweder als hohe kuppelförmige Monozyste erscheinen mit vermehrten Gefäßen an der Oberfläche, oder als vollkommen flaches Sickerkissen ohne erkennbare Durchströmung [Francis 2005, Picht 1998]. Ungünstige Zeichen waren deshalb eine beginnende Vernarbung, ein abgekapseltes Sickerkissen, ein bereits vernarbtes Sickerkissen und ein avaskuläres Sickerkissen.

Insbesondere bei drohender überschießener Vernarbung wurde somit noch vor Ansteigen des intraokularen Druckes eine Therapieentscheidung möglich. Um eine solche Vernarbung des Sickerkissens zu vermeiden kommen eine Intensivierung der topischen Steroidtherapie und subkonjunktivale 5 – FU Injektionen in Betracht. Zu einem frühen Zeitpunkt hat eine solche Therapie eine erhöhte Erfolgschance [Marquardt 2004]. MMC wurde bei unserem Patientenkollektiv nicht primär, sondern nur bei auftretenden Komplikationen eingesetzt (siehe Kapitel 1.5.6 und 3.3.4.).

### **3.3 Operationsmethoden**

Im folgenden Kapitel werden die in dieser Studie verwendeten Operationstechniken genauer beschrieben. Die Trabekulektomiegruppe wurde nach der Methode nach Cairns operiert (Kap. 3.3.1), die in modifizierter Weise nach Watson durchgeführt wurde [Cairns 1968, Watson 1985]. Die Studiengruppen bekamen eine gedeckte Sklerotomie (Kap. 3.3.2) mit und ohne Viskoelastikum (Healon®) in der Vorderkammer (Kap. 3.3.3) [Anders 1997]. Schließlich wurden auftretende Komplikationen erfasst (Kap. 3.3.4).

Die Erfolgskriterien waren ein IOD unter 21 mmHg und eine relative IOD-Reduzierung um 20%, ein stabiles Gesichtsfeld bei unveränderter Papillenexkavation

und Visus [Borggreffe 1999, Funk 1996, Khalili 2000, Marquardt 2004]. Als relativer Therapieerfolg wurde ein IOD unter 21 mmHg mit zusätzlicher Therapie gewertet.

### **3.3.1 Trabekulektomie**

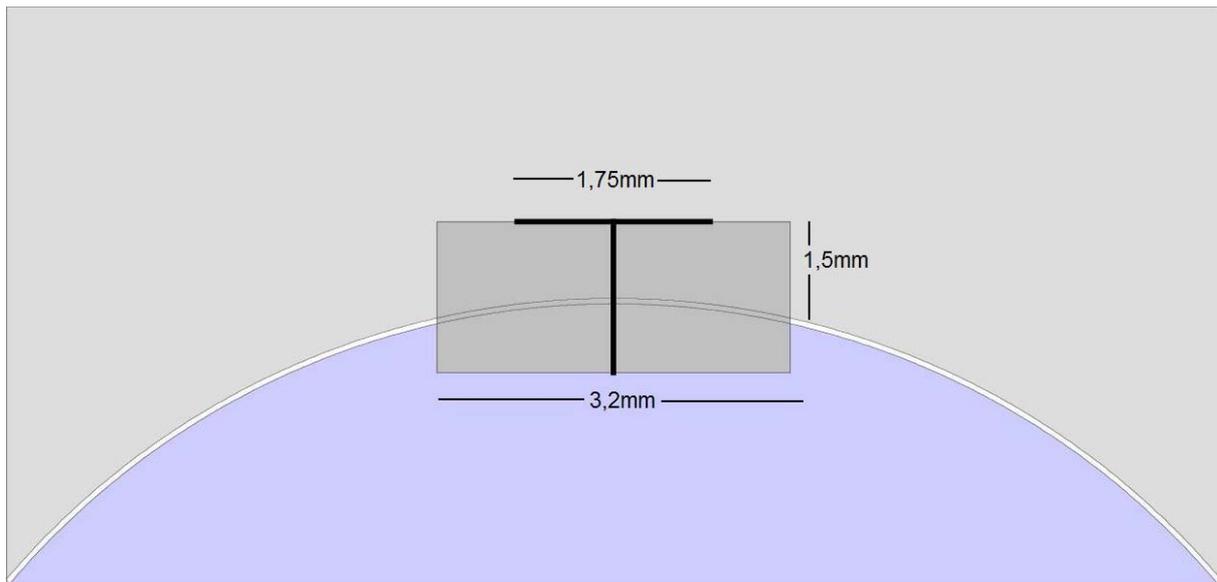
Bei 12 Uhr lokalisiert wurde die Konjunktiva und Tenon in ca. 12 mm Entfernung vom Limbus (limbusbasal), limbusparallel auf einer Länge von ca. 10 – 13 mm, eröffnet und bis zur blau-weiß Grenze stumpf vorpräpariert. Mit einem Stahlmesser mit dünner Schneide erfolgte dann eine Stichinzision (Parazentese) in die obere, temporale, periphere, klare Hornhaut. Die Sklera wurde mit einer Vannas-Schere von episkleralen Gewebsresten befreit und dann mit einem Kauter eine vorsichtige punktuelle Blutstillung durchgeführt. Ein mit der Basis am Limbus gelegener, rechteckiger Skleralappen wurde mit einer Schenkellänge von 4 mm und ca. 1/3 – 1/2 Skleradicke eingeschnitten und dann mit einem Diamantmesser lamellierend bis in die klare Hornhaut präpariert.

Parallel und nahe dem Ansatz des Skleralappens wurde senkrecht in die Vorderkammer geschnitten. Der Gewebekblock wurde hochgehoben und entfernt. Anschließend wurde eine periphere Iridektomie durchgeführt. Der oberflächliche Skleradeckel wurde mit 10/0 – Vicryl – Einzelknopfnähten fixiert, so dass er locker dem darunter befindlichen Gewebe anlag. Zum Abschluss wurde der konjunktivale Lappen genäht und ein Tropfen Atropin 1% instilliert.

### **3.3.2 Gedeckte Sklerotomie**

Die gedeckte Sklerotomie (ST) als fistulierende Glaukomoperation wurde von einem Operateur in subkonjunktivaler und intrakameraler topischer Anästhesie durchgeführt. Bei der Präparation erfolgte eine fornix-basale Bindehauteröffnung mit milder Kauterisation der episkleralen Gefäße und die Sklerotomie wurde in 1,5 mm vom kornealen Limbus mit 4mm breiten Vorschnitt bei ca. 50% Skleradicke durchgeführt (Abb. 2) [Anders 1997, Wirbelauer 2006].

Abb. 2. Schematische Darstellung der gedeckten Sklerotomie.



Es erfolgte dann eine lamellierende Präparation eines korneoskleralen Tunnels bis zum Limbus ohne Bulbuseröffnung und dann eine senkrechte Perforation am Vorschnitt mit einem Diamantmesser (1,75 mm). Somit entsteht ein standardisierter korneoskleraler Deckel von 3,2x1,75mm. Die Vorderkammereröffnung wurde dann mit einer 3,2 mm breiten Stahl-Lanze durchgeführt. Schließlich erfolgte die radiäre Sklerotomie des Tunnelbodens mit der Vannas-Schere ausgehend von der Skleraperforation (Abb. 2) gefolgt von einer Iridektomie. Dadurch konnte das Kammerwasser nach extern abfließen [Wirbelauer 2006].

Nach Tonisierung des Bulbus über die Parazentese sollte nur ein leichtes absickern des Kammerwassers über die Sklerotomie sichtbar werden. Bei Überfiltration wurde mit einer radiären Naht (Nylon 10-0) die Fistulation reduziert. Die Bindehaut wurde mit zwei Einzelknopfnähten am Limbus adaptiert. In dieser Untersuchung erhielten 32 Augen eine alleinige gedeckte Sklerotomie (ST) und 26 Augen eine ST mit zusätzlicher Füllung der Vorderkammer mit einem Viskoelastikum (ST+H) (Healon, AMO) (siehe Kap. 3.3.3). Dieses erfolgte als weitere Modifikation des Verfahrens zur Reduktion der postoperativen Hypotonierate. Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Gruppen bezüglich der präoperativen Parameter ( $P > 0,05$ ).

Die postoperative Therapie waren lokale Kortikosteroide für insgesamt 6 Wochen und eine medikamentöse Zykloplegie während des stationären Aufenthalts. Bei Auftreten von Korkenziehergefäßen oder einer beginnenden Abkapselung wurde die lokale Steroidtherapie erhöht bzw. fortgeführt (siehe Kap. 3.2.4).

### **3.3.3 Auffüllung der Vorderkammer mit Natriumhyaluronat (Healon)**

Um hypotoniebedingte Komplikationen zu reduzieren wurde in der ST+H Gruppe ein Viskoelastikum während der Operation in die Vorderkammer injiziert. Das für diese Studie verwendete Viskoelastikum war Natriumhyaluronat (Healon®).

Natriumhyaluronat ist ein lineares Polysaccharid, das aus sich wiederholenden Disaccharideinheiten (glykosidische Bindungen) besteht. Natriumhyaluronat kommt, gebunden an spezifische Rezeptoren, natürlich auf dem Endothel der Kornea vor. Diese natürliche Schicht von Natriumhyaluronat auf dem Endothel der Cornea verringert sich bei Spülungen, kann jedoch durch von außen zugeführtes Natriumhyaluronat wieder aufgebaut werden.

Healon® (AMO, Uppsala, Schweden) ist eine dampfsterilisierte, pyrogenfreie Lösung einer hochgereinigten, nicht-inflammatorischen, hochmolekularen Fraktion von Natriumhyaluronat mit einer Konzentration von 10mg/ml (1,0 %) gelöst in physiologischem Puffer. Osmolarität und pH-Wert von Healon entsprechen denen des Kammerwassers. Das in Healon® enthaltene Natriumhyaluronat hat ein mittleres Molekulargewicht von 4 Millionen Dalton. Im Ruhezustand ist die Viskosität von Healon ca. 200.000 mal höher als die des Kammerwassers. Das in Healon® enthaltene Natriumhyaluronat wird aus Hahnenkämmen gewonnen. Verschiedene Studien am Menschen ergaben keinerlei Hinweise auf Immunogenität [Löw 2003, Barak 1992, Charteris 1991, Pape 1980]. Healon® wirkt sogar zytoprotektiv, da freie Radikale, die bei der Operation entstehen, neutralisiert werden [Barak 1992, Charteris 1991].

Aus der Vorderkammer erfolgt der Abtransport von Healon®, wie beim körpereigenen Natriumhyaluronat, über den natürlichen Abflussweg Trabekelwerk und Schlemm'scher Kanal. Nach Eintritt in den Blutkreislauf wird Natriumhyaluronat in der Leber metabolisiert.

Bezüglich der Reduzierung einer postoperativen Hypotonie finden sich in der Literatur Arbeiten, die zu unterschiedlichen Ergebnissen kommen. Während einige Autoren einen positiven Effekt durch die Verwendung eines Viskoelastikums fanden [Barak 1992, Charteris 1991], konnten andere diesen nicht nachweisen [Pape 1980, Salvo 1999].

### 3.3.4 Beurteilung von Komplikationen

Im Verlauf wurden auch Komplikationen und deren Behandlung erfasst. Tabelle 6 soll einen Überblick über mögliche Komplikationen und die daraus resultierenden therapeutischen Maßnahmen geben.

Tab. 6. Komplikationen und therapeutische Maßnahmen.

Komplikation	Augenbefund	Therapie
Hypotonie	IOD < 5mmHg	Healon VK – Auffüllung
Hypertonie	IOD > 25 mmHg postoperativ	1. Suturolyse am 3. postop. Tag 2. mechanische Fistelreaktivierung
Ziliolentikulärer Block	Abflachung der VK und Steigender Augendruck	1. medikamentöse Therapie 2. pars plana Vitrektomie
Abgekapseltes Sickerkissen	Spaltlampenbefund (s. Kap. 9.1) IOD > 21 mmHg	1. Needling 2. Re-OP mit MMC 0,02%

Bei einer persistierenden Hypotonie unter 5 mmHg mit Vorderkammerabflachung und Aderhautabhebung über 3 Tage wurde eine Auffüllung der Vorderkammer mit Healon und evtl. Nahtrevision durchgeführt (Nylon 10-0) (siehe Tab.6). Bei einer postoperativen Hypertension erfolgte bei einem IOD über 25 mmHg gegebenenfalls eine Suturolyse mit einem Argon-Laser am 3. postoperativen Tag oder eine mechanische Reaktivierung der Fistulation durch Lösung von Verklebungen im Bereich des Tunnelbodens mit einem Spatel (siehe Tab.6). Bei einem drohenden malignen Glaukom mit Abflachung der Vorderkammer und ein IOD über 30 mmHg wurde eine entsprechende medikamentöse Therapie und ggf. eine zusätzlicher Pars-plana-Vitrektomie eingeleitet [Wirbelauer 2003]. Bei einem zystisch, abgekapselten Sickerkissen wurde eine Revision mit „Needling“ oder eine Reoperation mit MMC durchgeführt.

Andere Eingriffe im Verlauf waren eine Kataraktoperation, die frühestens nach 3 Monaten bei reguliertem Augendruck durchgeführt wurde.

## 4. Statistik

Die Erfassung und Verarbeitung der erhobenen Daten erfolgte durch den Untersucher auf Personalcomputern mit dem Programm Excel für Windows 97 (Microsoft). Die statistischen Auswertungen wurden mit der Computerversion 7.5 des Programmpakets „Statistical Package for the Social Sciences“ (SPSS-PC+/Chicago, Illinois, USA) durchgeführt. Die Darstellung der Diagramme und Graphiken erfolgte mit den Programmen Excel und SPSS - 7.5. Alle gewonnenen Daten wurden zunächst einer beschreibenden statistischen Berechnung unterzogen (Mittelwert, Standardabweichung, Messbereich). Die erhobenen Daten wurden varianzanalytisch auf statistisch signifikante Unterschiede untersucht. Dabei kamen abhängig vom jeweiligen Skalenniveau parametrische, bzw. nicht-parametrische Verfahren ( $\chi^2$ ) zur Anwendung. Entsprechend wurde der Wilcoxon Test für verbundene Stichproben und der Mann-Whitney-U-Test für unverbundene Stichproben verwendet. Unterschiede wurden auf dem 5%-Niveau als signifikant angenommen ( $p < 0,05$ ).

Die IOD-Regulierung wurde mittels Kaplan-Meier-Analyse ausgewertet. Gruppenvergleiche wurden mit dem Verfahren des log-rank-Tests nach Mantel durchgeführt [Mantel 1967]. Die Bestimmung des Zeitpunktes des „Ausfalls“ des Patienten erfolgte, indem der Zeitpunkt im IOD-Verlauf bestimmt wurde, zu dem zuletzt die Kriterien für den absoluten bzw. relativen Behandlungserfolg erfüllt wurden. Trotz des schwankenden IOD-Verlaufs wurde so jedem Patienten genau ein Ausscheidungs-Zeitpunkt zugeordnet.

Im Detail wurden die Daten durch folgende Tests ausgewertet (siehe Tab. 7). Der Verlauf des IOD, sowie des Visus und der Gesichtsfeldparameter über den Beobachtungszeitraum wurden mittels Wilcoxon-Test ausgewertet. Vergleichend wurden die IOD Werte, der Visus, die Gesichtsfeldparameter, die Anzahl der drucksenkenden Augentropfen und des stationären Klinkaufenthaltes auf signifikante Unterschiede überprüft (Mann-Whitney-U-Test). Zur Auswertung der geschlechtlichen Verteilung, der subjektiven Gesichtsfeldentwicklung, sowie der postoperativen Komplikationen und Revisionen wurde der Chi<sup>2</sup>-Test angewendet. In

zwei Kaplan-Meier-Analysen wurden die absoluten und relativen Erfolgskriterien überprüft.

Tab. 7. Anwendung der statistischen Tests

<b>Wilcoxon Test</b>	<b>Mann-Whitney U-Test</b>	<b>Chi<sup>2</sup></b>	<b>Kaplan Meier Analyse</b>
IOD – Verlauf	IOD Gruppenvergleich	Komplikationen	IOD (absoluter und relativer Erfolg)
Visus	Visus	Revisionen	
GF (MD, PSD, F/N)	GF (MD, PSD, F/N)	GF (qualitative Auswertung)	
	Med. Therapie	Geschlecht	
	Stat. Aufenthalt		

Die Darstellung der statistischen Graphiken (siehe Abb. 3, 4, 5, 8 und 9) erfolgte mittels Boxplot unter Angabe des Medians, des 25 und 75% Perzentils (Box), des 10 und 90% Perzentils (oberes und unteres Strichende), sowie der Ausreißer (Kreise).

## 5. Ergebnisse

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse dieser Studie vorgestellt. Im Verlauf wurden vor und nach der Operation der intraokulare Druck (Kapitel 5.1), die Anzahl der Medikamente (Kapitel 5.3), die Entwicklung des Visus (Kapitel 5.4.1) und die Auswertung des Gesichtsfeldes (Kapitel 5.4.2) untersucht. Im postoperativen Verlauf wurden die Sickerkissenmorphologie (Kapitel 5.2), die Komplikationen (Kapitel 5.6) und Revisionen (Kapitel 5.5) beurteilt.

### 5.1 Intraokularer Druck

In der Kontrollgruppe (TE) lag der präoperative intraokulare Druck (IOD) im Mittel bei  $32,6 \pm 10,5$  mmHg (18 – 50 mmHg). Bei der alleinigen ST wurde ein Wert von  $30,2 \pm 8,5$  mmHg (Bereich 18 – 48 mmHg) gemessen. Bei der ST+H Gruppe lag der Wert bei  $26 \pm 8,3$  mmHg (15 – 52 mmHg) (Abb. 3). Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen ( $p > 0,05$ ).

In der frühpostoperativen Phase sanken die Druckwerte am ersten postoperativen Tag in allen drei Gruppen signifikant ( $p < 0,005$ ). Nach TE auf durchschnittlich  $11,8 \pm 3$  mmHg (8 – 20 mmHg). Der Druckabfall ( $p > 0,05$ ) in den beiden Gruppen der gedeckten Sklerotomie fiel zu diesem Zeitpunkt etwas geringer aus. Die durchschnittlichen Werte der ST Gruppe waren  $11,8 \pm 1,8$  mmHg (9 – 16 mmHg) und  $14 \pm 1,7$  mmHg (9 – 16 mmHg) in der ST+H Gruppe. In den folgenden Tagen sanken die Werte weiter ( $p = 0,23$ ), so dass am 4 postoperativen Tag durchschnittlich  $8,3 \pm 1,9$  mmHg (5 – 13 mmHg) (TE),  $11,8 \pm 1,1$  mmHg (9 – 14 mmHg) (ST) und  $12,2 \pm 1,1$  mmHg (9 – 13 mmHg) (ST+H) gemessen wurde (siehe Abb. 4 und Tab. 8).

Ab dem ersten Monat nach der Operation stiegen die Druckwerte in allen drei Gruppen signifikant an ( $p < 0,05$ ). Die Druckwerte in der Kontrollgruppe (TE)  $15,5 \pm 2,3$  mmHg (10 – 20 mmHg,  $p = 0,02$ ) blieben jedoch ab diesem Zeitpunkt auf einem signifikant niedrigerem Niveau, als die beiden Sklerotomie Gruppen. 4 Wochen nach gedeckter Sklerotomie wurden  $18,6 \pm 1,3$  mmHg (14 – 20 mmHg,  $p = 0,029$ ) (ST) und  $17,3 \pm 1,3$  mmHg (16 – 21 mmHg,  $p = 0,031$ ) (ST+H). Auf diesem Niveau pendelten sich die Werte der drei Gruppen ein.

Insgesamt waren in allen drei Gruppen nach 1 Jahr die mittleren Druckwerte im Vergleich zu präoperativ signifikant ( $P < 0,001$ ) auf  $15 \pm 1,5$  mmHg (11 – 18 mmHg)

(TE),  $17 \pm 3,7$  mmHg (10 – 26 mmHg) (ST) und  $17 \pm 2,9$  mmHg (12 – 22 mmHg) (ST+H) gesunken. Die mittlere Drucksenkung lag nach ein Jahr bei 50% (TE), 37% (ST) und bei 30% (ST+H) (Abb. 4+5).

Tab. 8. Mittlerer IOD-Verlauf zu allen Zeitpunkten in mmHg.

	Prä	1 Tag	4 Tag	1 Mo	3 Mo	6 Mo	1 Jahr
<b>TE</b>	32,6±10,5	11,8±3*	8,3±1,9	15,5±2,3*+	16±1,8+	15,5±2 +	15,3±1,5+
<b>ST</b>	30,2±8,5	11,8±1,8*	11,8±1,1	19,2±1,3*	18,6±1,4	18,04±1,2	17±3,7
<b>ST+H</b>	26±8,3	14,3±1,7*	12,2±1,1	17,3±1,3*	18,42±1,5	17,13±1,2	17±2,9

(\* Wilcoxon Test  $p < 0,05$ , + Mann-Whitney-U-Test  $p < 0,05$ )

Die Anzahl der Patienten, die eine medikamentöse Therapie bekamen ist im mittleren IOD Verlauf einbezogen. Daher zeigt die folgende Tabelle im Detail, wie viele Patienten zu den Zeitpunkten eine zusätzliche Therapie erhielten.

Tab. 8a Anzahl der Patienten mit Therapie zu den Zeitpunkten

	präop	1 Mo	3 Mo	6 Mo	1 Jahr
<b>TE</b>	11	2	1	0	2
<b>ST</b>	30	8	17	13	14
<b>ST+H</b>	23	4	11	16	18

Die folgende Graphik zeigt den IOD Verlauf der einzelnen Operationsgruppen.

### IOD Verlauf

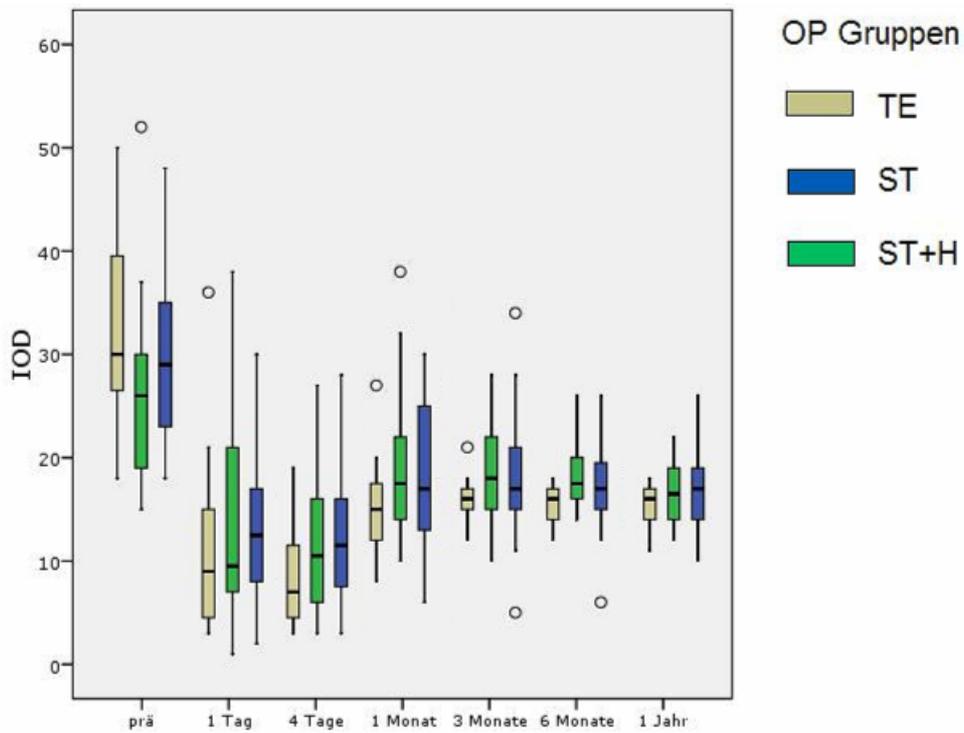


Abb. 3. Druck in mmHg im Verlauf (Boxplot)

### IOD Änderung in mmHg

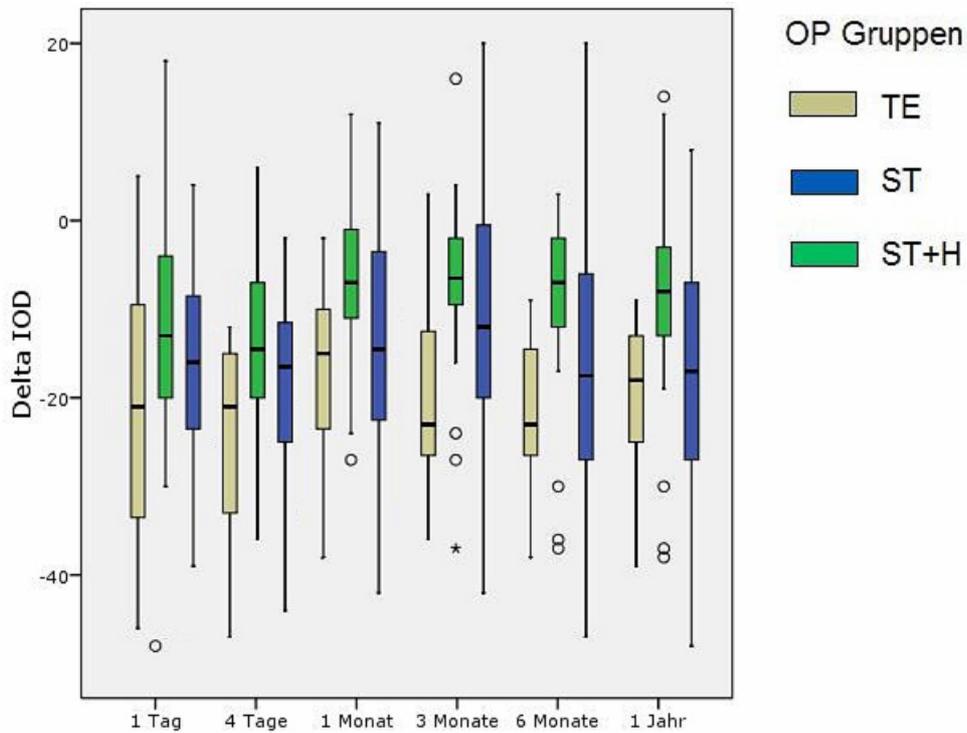


Abb. 4. IOD-Änderung in mmHg (Boxplot)

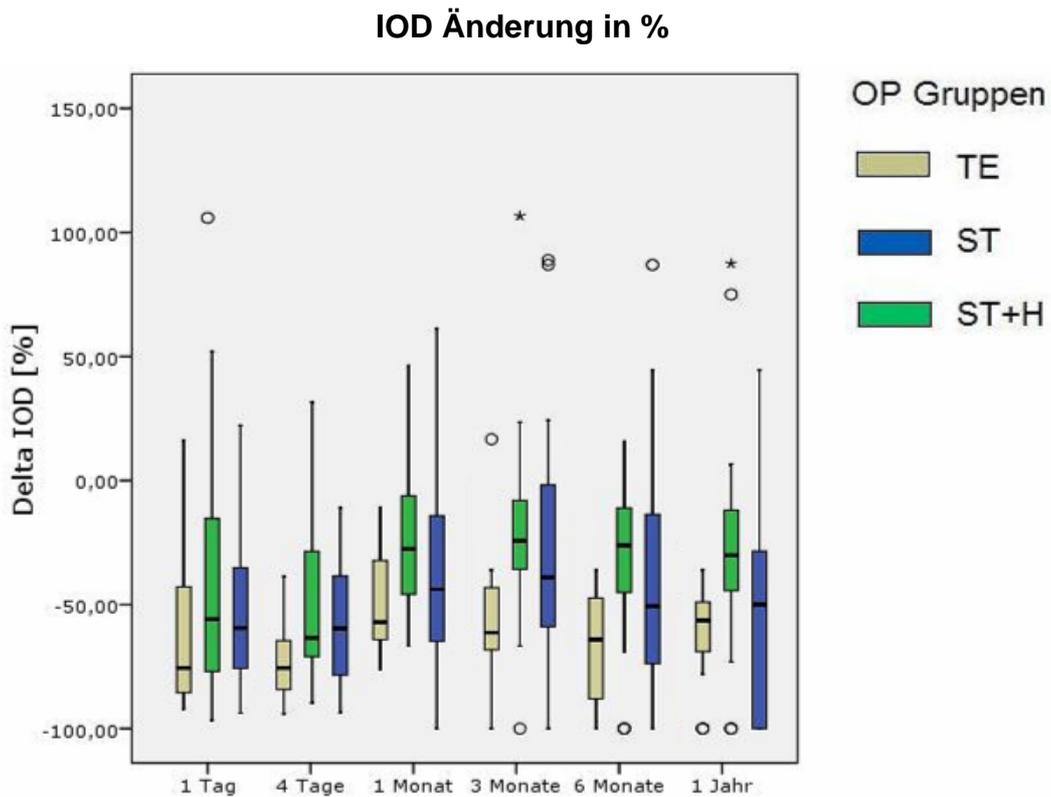


Abb. 5. IOD-Änderung in % (Boxplot)

Alle postoperativen Messungen der mittleren IOD Werte waren signifikant niedriger als der präoperative Wert ( $p < 0,05$ ) (Tab. 8). Im Verlauf lagen die Druckwerte insgesamt in allen drei Gruppen ab dem 1., 3. und 6. Monat signifikant über dem 1. Tag postoperativ ( $p < 0,05$ ). Der IOD Anstieg zu den Folgezeitpunkten war von 1. Tag zu 1. Monat in allen drei Gruppen signifikant, jedoch ergaben sich ab dem 1. Monat postoperativ keine signifikanten Änderungen mehr im Zeitverlauf in den drei Gruppen ( $p > 0,05$ ) (Wilcoxon Test).

Der Vergleich der drei Gruppen untereinander zeigte signifikant niedrigere Druckwerte in der TE Gruppe zu den Zeitpunkten ab 1. Tag postoperativ gegenüber den beiden Sklerotomiegruppen ( $P < 0,05$ ) (Mann Whitney U-Test) (siehe Tab. 8). Die Sklerotomiegruppen unterschieden sich hingegen im Verlauf der mittleren IOD Regulierung nicht signifikant von einander ( $p > 0,05$ ) (siehe Tab. 8).

Die folgende Kaplan-Meier-Analyse (Abb. 6) zeigt den Therapieerfolg, definiert als ein Druck kleiner als 21mmHg ohne zusätzliche Gabe eines weiteren Medikaments.

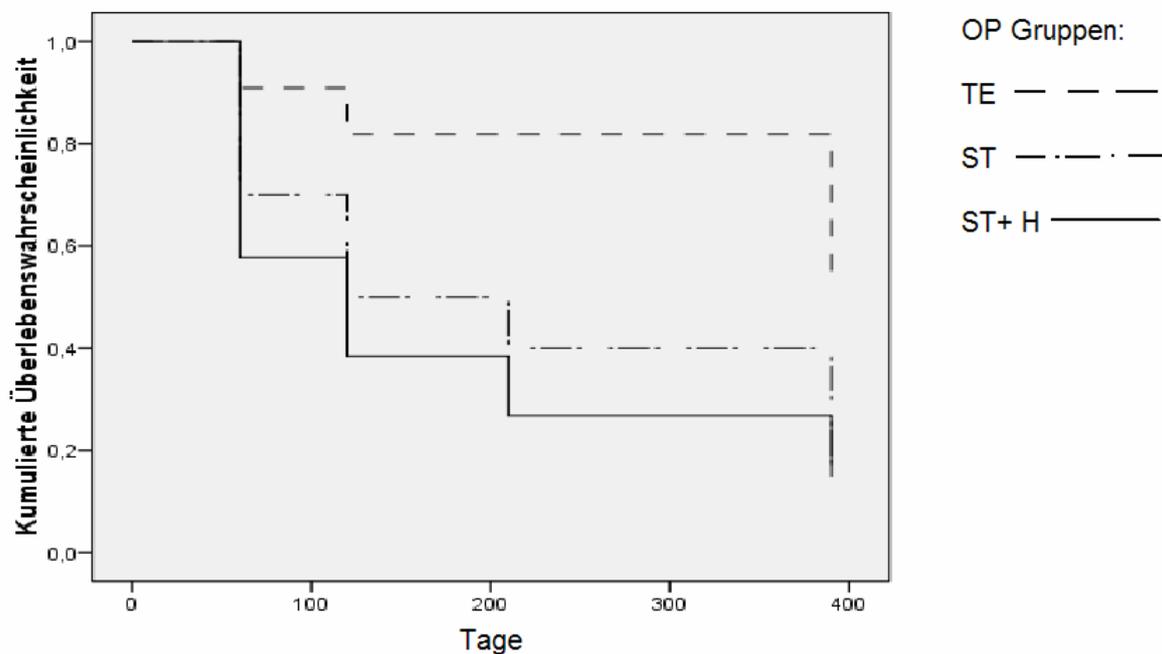


Abb. 6. Postoperativer IOD unter 21mmHg (Kaplan-Meier Analyse).

Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede ( $p > 0,05$ ) zwischen den beiden Gruppen der ST und ST+H, jedoch zwischen der TE und ST und ST+H ( $p = 0,03$ ). Die Überlebenswahrscheinlichkeiten für die Gruppen der gedeckten Sklerotomie nach 365 Tagen waren signifikant geringer als die der Trabekulektomie ( $p = 0,04$ ). Tabelle 9 zeigt die einzelnen Prozentzahlen des absoluten Erfolges zu den Messzeitpunkten.

Tab. 9. Absoluter Erfolg zu den Zeitpunkten in Prozent.

	Postoperative Tage				
	4	30	90	180	365
TE	91%	82%	82%	61%	61%* +
ST	80%	58%*	47%*	24%*	24%*
ST+H	73%	54%*	35%*	26%*	26%*

(\* Wilcoxon Test  $p < 0,05$ , + Mann-Whitney-U-Test  $p < 0,05$ )

Eine zweite Kaplan-Meier-Analyse wurde unter den relativen Erfolgskriterien, d.h. ein IOD unter 21 mmHg mit einer zusätzlichen drucksenkenden Medikation durchgeführt (Abb. 7).

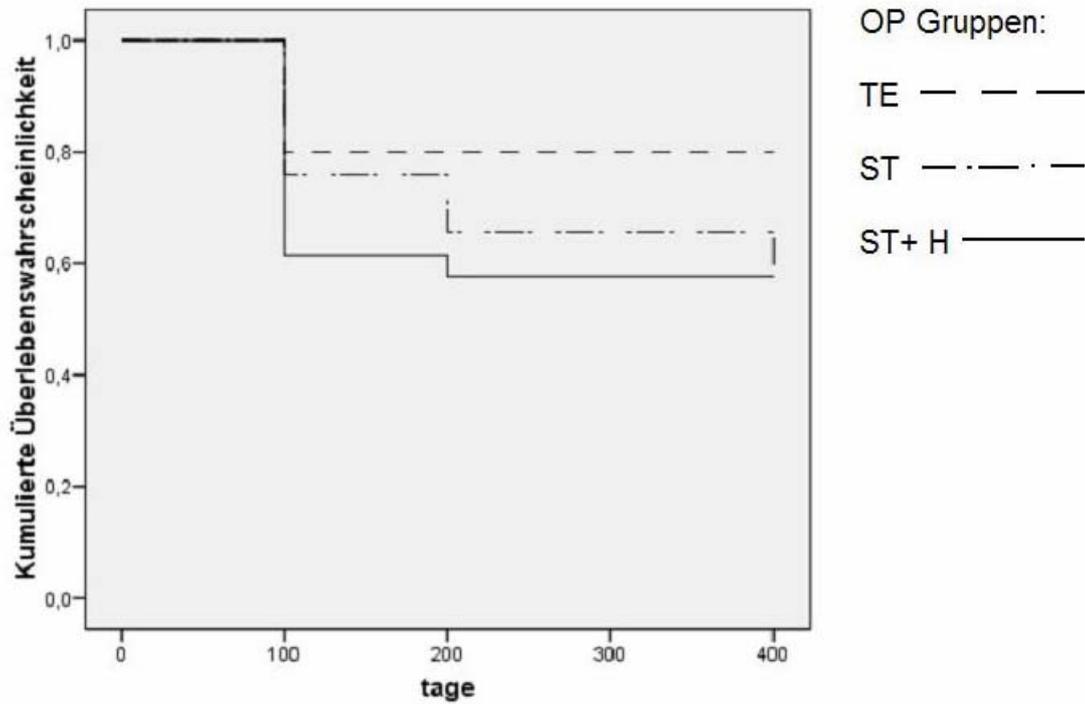


Abb. 7 Postoperative IOD unter 21mmHg und zusätzlicher Medikation (Kaplan-Meier Analyse)

Mit zusätzlicher Therapie konnte ein relativer Erfolg in 90% (TE), 83% (ST) und 92% (ST+H) beobachtet werden. Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen den drei Gruppen ( $p > 0,05$ ). Die Anzahl der Medikamente zu den einzelnen Zeitpunkten wurde in Tabelle 14. zusammengefasst.

Tab. 10. Relativer Erfolg zu den Zeitpunkten in Prozent.

	Postoperative Tage				
	4	30	90	180	365
<b>TE</b>	100%	100%	90%	90%	90%
<b>ST</b>	97%	93%	86%	83%	83%
<b>ST+H</b>	100%	100%	100%	92%	92%

(\* Wilcoxon Test  $p < 0,05$ , + Mann-Whitney-U-Test  $p < 0,05$ )

Eine Drucksenkung über 20% ergab ohne Therapie keine besseren Ergebnisse als die Senkung unter 21 mmHg und wurde mit zusätzlicher Therapie in 76% (ST) bzw. 71% (ST+H) der Fälle erreicht ( $p < 0,05$ ). Dabei konnten sowohl in der TE Gruppe, als auch in der ST-Gruppe 6 Patienten festgestellt werden, die eine Drucksenkung unter 21 mmHg und von über 20% erreichten.

## 5.2 Sickerkissenmorphologie

Die Anzahl der morphologisch funktionierenden Sickerkissen nach gedeckter Sklerotomie lag nach 1 Jahr bei 64 % (TE), 60% (ST) und 70% (ST+H) ( $p = 0,74$ ). Als funktionierend wurden Sickerkissen gewertet, die eine flache oder prominente Morphologie darstellten (siehe Anhang 9.1) [Grehn 2008]. Mikrozysten wurden ebenfalls als ein günstiges Zeichen gedeutet [Picht 1998]. Einen Überblick der funktionierenden Sickerkissen im Verlauf gibt Tabelle 12.

Tab. 11. Anzahl der funktionierenden Sickerkissen.

	1 Tag	4 Tag	1 Mo	3 Mo	6 Mo	1 Jahr
<b>TE</b>	100 %	100 %	82%	82 %	79 %	64 %*
<b>ST</b>	100 %	100 %	71 %	67 %	61 %	60 %*
<b>ST+H</b>	100 %	100 %	92 %	79 %	77 %	70 %*

(\* Wilcoxon Test  $p < 0,05$ , + Mann-Whitney-U-Test  $p < 0,05$ )

Die beiden folgenden Tabellen zeigen die Sickerkissenmorphologie im Verlauf.

Tab.12. Analyse der günstigen Zeichen der Sickerkissenmorphologie (%)\*.

Tag	Flach			Prominent			Zystisch		
	TE	ST	ST+H	TE	ST	ST+H	TE	ST	ST+H
<b>1</b>	64	56	65	36	44	35	0	0	0
<b>4</b>	18	41	65	82	59	34	0	0	0
<b>30</b>	9	10	38	37	30	31	18	27	8
<b>90</b>	13	11	33	13	26	21	28	33	13
<b>180</b>	0	10	39	13	19	26	63	38	4
<b>360</b>	11	10	45	11	20	10	56	30	15

\* Trabekulektomie (TE) / Gedeckte Sklerotomie (ST) / Gedeckte Sklerotomie mit Viskoelastikum (ST+H)

Tab. 13. Analyse der ungünstigen Zeichen der Sickerkissenmorphologie (%)\* .

Tag	Beg. Vernarbung			Abgekapselt			Vernarbt			Avaskulär		
	TE	ST	ST+H	TE	ST	ST+H	TE	ST	ST+H	TE	ST	ST+H
<b>1</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>4</b>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>30</b>	9	20	15	18	13	0	0	0	4	9	0	4
<b>90</b>	0	15	8	0	11	8	13	4	8	13	0	8
<b>180</b>	0	9	4	0	19	0	0	5	17	13	0	9
<b>360</b>	0	5	5	11	10	0	0	25	25	0	0	0

\* Trabekulektomie (TE) / Gedeckte Sklerotomie (ST) / Gedeckte Sklerotomie mit Viskoelastikum (ST+H)

### 5.3 Medikamentöse Therapie

In der TE Gruppe konnte die postoperative Anzahl der drucksenkenden Augentropfen nach einem Jahr signifikant ( $p < 0,05$ ) von  $2,2 \pm 1,08$  auf  $0,3 \pm 0,5$  gesenkt werden. Die Anzahl der Augentropfen konnte auch in den beiden Gruppen der gedeckten Sklerotomie von durchschnittlich  $2,4 \pm 1,16$  (ST) bzw.  $2,35 \pm 0,98$  (ST+H) auf  $1,3 \pm 0,95$  (ST) bzw.  $1,5 \pm 1,06$  (ST+H) gesenkt werden ( $P < 0,05$ ). Es gab nach 1 Jahr keine signifikanten Unterschiede zwischen beiden Gruppen nach gedeckter Sklerotomie ( $P = 0,417$ ), jedoch war eine signifikant höhere medikamentöse Drucksenkung als in der Kontrollgruppe notwendig ( $p < 0,05$ ).

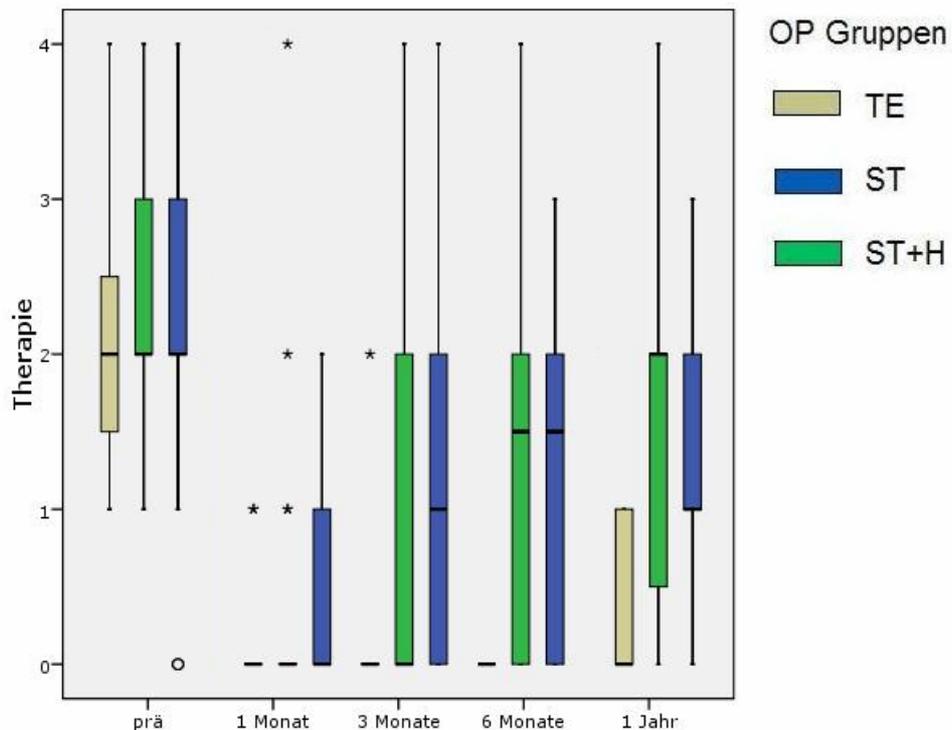


Abb. 8. Anzahl der Medikamente im Verlauf (Boxplot)

Tab. 14. Anzahl der Medikamente im Verlauf

	<b>PRÄ</b>	<b>1. Monat</b>	<b>3. Monat</b>	<b>6. Monat</b>	<b>1 Jahr</b>
<b>TE</b>	2,2±1,1	0,2±0,4*	0,2±0,67 +	0±0 +	0,3±0,5 +
<b>ST</b>	2,4±1,2	0,3±0,6*	1,±1,1*	1,1±1,1	1,3±0,9
<b>ST+H</b>	2,3±1,0	0,3±0,9*	0,8±1,1*	1,4±1,1	1,5±1,1

(\* Wilcoxon Test  $p < 0,05$ , + Mann-Whitney-U-Test  $p < 0,05$ )

Im Detail fiel in allen drei Gruppen die Anzahl der drucksenkenden Medikation signifikant von präoperativ auf einen Monat postoperativ ( $p < 0,05$ ). In der TE Gruppe wurde lediglich zum Endpunkt der Untersuchung ein leichter Anstieg der Medikation registriert, der jedoch nicht signifikant war ( $p = 0,15$ ). Hingegen stieg im Zeitraum ab dem 1. postoperativen Monat die Medikation in der ST und ST+H Gruppe signifikant an (ST  $p = 0,02$ , ST+H  $p = 0,03$ ). Zu den Folgezeitpunkten trat keine signifikante Änderung ein ( $p < 0,01$ ). Auch die ST+H Gruppe wies ab den Zeitpunkten 6. Monat und 1 Jahr gegenüber jeweils 1. und 3. Monat eine signifikant stärkere Medikation auf ( $p < 0,05$ ). Die Medikation lag in den beiden Sklerotomie Gruppen ab dem 3. Monat bis 1. Jahr signifikant über der in der TE Gruppe ( $p < 0,05$ ).

## 5.4 Visuelle Funktion

Als visuellen Funktion wurden der Visus und das Gesichtsfeld geprüft. Die funktionellen Werte des untersuchten gesamten Patientenkollektivs zeigten im Verlauf keine wesentliche Änderung.

### 5.4.1 Entwicklung des Visus

Der Visus blieb im Durchschnitt nach 12 Monaten unverändert ( $p > 0,05$ ).

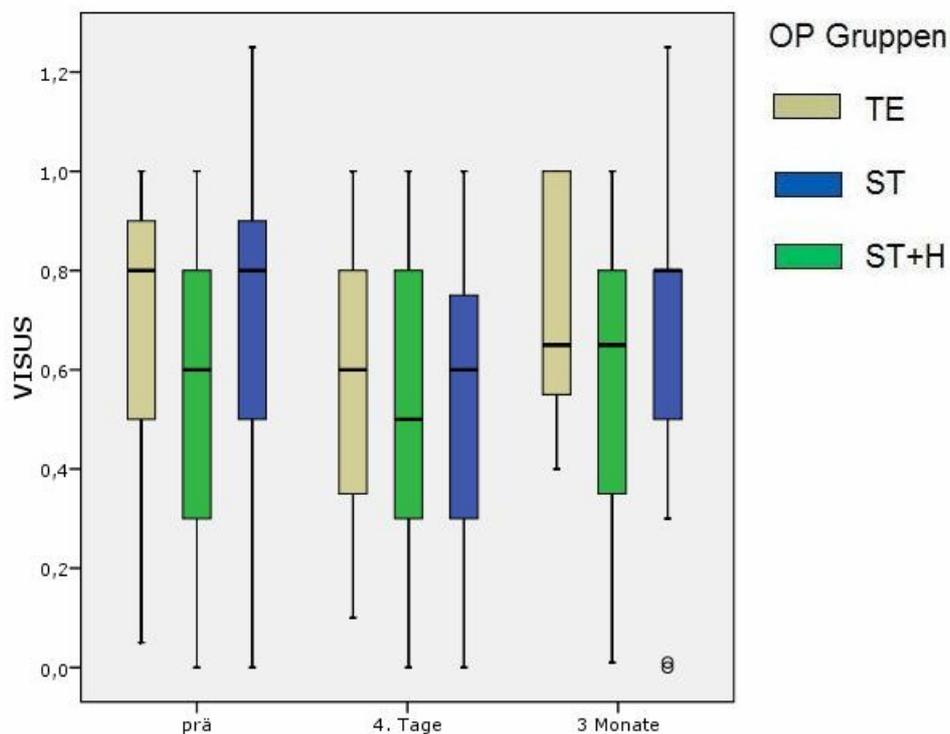


Abb. 9. Visus im Verlauf (Boxplot).

Tab. 15. Visus im Verlauf.

Visus	PRÄ	4. Tag	3. Monat	1 Jahr
TE	0,70±0,21	0,61±0,31	0,76±0,24	0,63±0,19
ST	0,67±0,34	0,61±0,28	0,70±0,3	0,65±0,25
ST+H	0,53±0,31	0,51±0,29	0,55±0,31	0,57±0,27

(\* Wilcoxon Test  $p < 0,05$ , + Mann-Whitney-U-Test  $p < 0,05$ )

Es ergaben sich keine signifikanten Unterschiede bezüglich der visuellen Funktion in den drei Gruppen über den Untersuchungszeitraum zu den Messzeitpunkten ( $p > 0,05$ ) (Wilcoxon Test). Auch der paarweise Vergleich der drei Gruppen mittels Mann-Whitney-U-Test zeigte keine signifikanten Unterschiede ( $p > 0,05$ ).

#### 5.4.2 Auswertung des Gesichtsfeldes

Das Gesichtsfeld wurde sowohl nach subjektiven Kriterien durch den Untersucher auf eine qualitative Verschlechterung, als auch nach den etablierten objektiven Kriterien (MD und PSD) geprüft. Tabelle 16 zeigt die Prozentzahlen der subjektiven Beurteilung zum Endpunkt der Untersuchung.

Tab. 16. Gesichtsfeldanalyse gleich vs. schlechter

	Schlechter	Gleich
<b>TE</b>	29%	71%
<b>ST</b>	41%	59%
<b>ST+H</b>	28%	72%

(\* Wilcoxon Test  $p < 0,05$ , + Mann-Whitney-U-Test  $p < 0,05$ )

Es bestanden keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen TE, ST und ST+H ( $p > 0,05$ ) in der subjektiven Auswertung.

Zur objektiven Prüfung des Gesichtsfeldes wurden die MD und PSD ermittelt. Hierbei nahmen die durchschnittlichen, gruppenübergreifenden Werte der quantitativen mittleren Abweichung (MD) in der automatischen Perimetrie über den untersuchten Zeitraum von  $-12,57 \pm 9,22$  dB (-31,76 bis -0,08 dB) auf  $-11,76 \pm 9,77$  dB (-31,60 bis -0,36 dB) nicht ab ( $p = 0,135$ ). Es gab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen der Gesichtsfeldwerte für MD, PSD und falsch negativ ( $p > 0,05$ ).

Tab. 17. Auswertung der statischen Perimetrie.

		MD	PSD	F/N
TE	PRÄ	-8,7±8,43	6,4±5,97	6,9±8,04
	1 Jahr	-12,2±8,87	7,8±4,54	0,3±0,50
ST	PRÄ	-14,8±9,61	6,6±3,74	3,6±5,85
	1 Jahr	-13,8±9,99	6,3±4,12	5,4±10,78
ST+H	PRÄ	-10,1±8,20	6,7±5,11	3,9±5,47
	1 Jahr	-10,2±9,66	4,7±4,32	4,6±9,79

(\* Wilcoxon Test  $p < 0,05$ , + Mann-Whitney-U-Test  $p < 0,05$ )

## 5.5 Revisionen

Eine Revision wurde in 0 % (TE) und 37% (ST) bzw. 16% (ST+H) der Fälle erforderlich ( $p=0,02$ ).

Tab. 18. Prozentuale Verteilung der Revisionseingriffe.

	Ohne	Revisions-OP
TE	100%	0%* +
ST	63%	37%
ST+H	85%	15%

(+ Mann-Whitney-U-Test  $p < 0,05$ )

Somit musste in keinem Fall unserer Kontrollgruppe (TE) eine Revisionsoperation im Beobachtungszeitraum durchgeführt werden. Das Fehlen von Revisions-Operationen

bei TE war signifikant ( $p=0,02$ ) gegenüber der Gruppen nach gedeckter Sklerotomie. Allerdings unterscheiden sich ST und ST+H untereinander nicht ( $p=0,06$ ).

Tab. 19. Art und Häufigkeit von Revisionseingriffen im postoperativen Verlauf (%).

	TE	ST	ST+H
<b>keine</b>	100%	63%	85%
<b>VK-Füllung</b>	0%	7%	0%
<b>Argonsuturolyse</b>	0%	2%	4%
<b>Needling</b>	0%	2%	0%
<b>Aktivierung der Filterzone</b>	0%	11%	4%
<b>Trabekulektomie</b>	0%	2%	4%
<b>Pars-plana Vitrektomie</b>	0%	2%	4%

In je einem Fall der gedeckten Sklerotomie musste im Verlauf eine Trabekulektomie zur weiteren Drucksenkung durchgeführt werden.

Weiterhin wurde bei 9 Augen im Verlauf eine Kataraktoperation mittels Phakoemulsifikation und Implantation einer faltbaren Intraokularlinse über einen kornealen Zugang durchgeführt. Im Detail waren dies nach TE ein Fall (9,1%), nach ST drei Fälle (9,4%) und nach ST+H fünf Fälle (19,2%) ( $p=0,7$ ).

## 5.6 Komplikationen

In den Gruppen ST und ST+H wurden eine radiäre Naht in 19 Fällen (59,4%) bzw. in 2 Fällen (7,7%) ST+H - Gruppe gelegt ( $P<0,001$ ). Die Verteilung der Patienten ohne Komplikationen ist in Tab. 20 zusammengefasst.

Tab. 20. Verteilung von Patienten ohne Komplikationen (%).

	1. Tag	4. Tag
<b>TE</b>	36% +	45% +
<b>ST</b>	63%	63%
<b>ST+H</b>	73%	81%

(\* Wilcoxon Test  $p < 0,05$ , + Mann-Whitney-U-Test  $p < 0,05$ )

Insgesamt war der höhere Anteil an Komplikationen in der frühen postoperativen Phase bei TE am 1. Tag und 4. Tag signifikant ( $p = 0,03$ ) ( $p = 0,047$ ) (Mann-Whitney-U-Test). Die häufigste Komplikation war die postoperative Hypotonie (siehe Tabelle 21). In 54% der Fälle nach Trabekulektomie war eine Hypotonie festzustellen. Die Hypotonierate in den Sklerotomiegruppen lag bei 34%.

Tab. 21. Hypotonieraten (in %).

OP-Methode	Hypotonie
TE	54% +
ST	34%
ST+ H	34%

(+ Mann-Whitney-U-Test  $p < 0,05$ )

Die Senkung der Hypotonierate in den beiden Sklerotomie Gruppen war signifikant gegenüber der TE-Gruppe (TE vs. ST und TE vs. ST+H  $p = 0,003$ ) (Mann-Whitney-U-Test).

Die Resorption des Viskoelastikums nach gedeckter Sklerotomie mit Healon aus der Vorderkammer dauerte durchschnittlich  $3,1 \pm 1,6$  Tage (1 – 8 Tage).

Weitere Komplikationen der frühen postoperativen Phase, wie ein Seidel-Phänomen, ein vorübergehendes Hyphäma, eine Fibrinreaktion, eine flache Vorderkammer, eine Aderhautamotio oder ein malignes Glaukom wurden in den folgenden zwei Tabellen 22 und 23 zusammengefasst. Dabei stellt Tabelle 18 die Komplikationen des ersten postoperativen und Tabelle 19 die des 4. postoperativen Tages dar.

Tab. 22. Analyse der postoperativen Komplikationen am 1. Tag (%).

<b>1. Tag</b>	<b>TE</b>	<b>ST</b>	<b>ST+H</b>
<b>keine</b>	36%	63%	73%
<b>Fibrin</b>	0%	6%	8%
<b>Malignes Glaukom</b>	0%	0%	4%
<b>Sanguis</b>	45%	9%	4%
<b>AH-Schwellung</b>	0%	13%	8%
<b>Seidel</b>	9%	3%	4%
<b>Erosio</b>	0%	3%	0%
<b>VK-Abflachung</b>	0%	3%	0%
<b>Pigment</b>	9%	0%	0%
<b>Iris</b>	0%	0%	0%

Tab. 23. Analyse der postoperativen Komplikationen am 4. Tag (%).

4. Tag	TE	ST	ST+H
Keine	55%	63%	77%
Fibrin	0%	3%	0%
Malignes Glaukom	0%	3%	4%
Sanguis	0%	0%	0%
AH-Schwellung	36%	19%	12%
Seidel	9%	3%	4%
Erosio	0%	0%	0%
VK-Abflachung	0%	6%	4%
Pigment	0%	0%	0%
Iris	0%	3%	0%

Durch die höhere Rate an frühen postoperativen Komplikationen nach Trabekulektomie wurde zusätzlich die durchschnittliche Dauer des stationären Aufenthaltes der Patientengruppen ausgewertet. Die Patienten verblieben nach Trabekulektomie mit durchschnittlich  $8,6 \pm 2,29$  (3 bis 16 Tage) tendenziell länger in der Klinik. Dieser Unterschied war jedoch statistisch nicht signifikant ( $p > 0,05$ ). Die Dauer des stationären Aufenthalts nach gedeckter Sklerotomie lag im Durchschnitt bei  $7,91 \pm 3,78$  Tagen (2 bis 26 Tage) ohne signifikante Unterschiede zwischen den beiden Sklerotomie Gruppen ( $p > 0,05$ ) (Mann-Whitney-U-Test).

## 6. Diskussion

Allen operativen Behandlungsmethoden des Krankheitsbildes Glaukom ist gemein, dass sie eine Reduzierung des intraokularen Druckes und infolge dessen eine Stabilisierung der visuellen Funktion des Auges erreichen sollen. Da der hohe intraokulare Druck die Ganglienzellen und den Sehnerven schädigt, zielen Glaukomoperationen auf eine Verbesserung des Kammerwasserabflusses ab [Shields 1993, Grehn 1988, Migdal 1994, Picht 2001]. Bei den klassischen skleragedeckten Filtrationseingriffen, wie bei der Trabekulektomie, wird das Kammerwasser durch eine künstlich geschaffene Öffnung unter die Bindehaut abgeleitet, wodurch ein Sickerkissen entsteht [Cairns 1968]. Die Trabekulektomie ist das Standardverfahren in der chirurgischen Behandlung des Glaukoms und wird auch heute in nur leicht modifizierter Weise durchgeführt [Watson 1970]. Postoperative Komplikationen und die Vernarbung des Sickerkissens gaben aber immer wieder Anlass neue Wege zur operativen Behandlung des Glaukoms zu suchen. Viele Ansätze zur Verbesserung der Trabekulektomie wurden bis heute entwickelt [Cairns 1985, Lerner 1997, Stegmann 1999, Krasnov 1972]. Leider konnte keines dieser Verfahren in langfristiger Effektivität und Sicherheit bessere Ergebnisse als die Trabekulektomie liefern [Grehn 1999, Shields 1993].

In diesem Zusammenhang wurde die gedeckte Sklerotomie entwickelt. Die gedeckte Sklerotomie ist ein fistulierender Eingriff, der von einer kombinierten Glaukom - Katarakt Operation abgeleitet wurde [Anders 1997, Wirbelauer 2006]. Hier steht die geringe Invasivität durch ein geringes operatives Trauma im Bereich von Bindehaut und Sklera im Vordergrund, da nur eine kleine Fläche freipräpariert werden muss. Der Ansatz der gedeckten Sklerotomie war also eine möglichst schonende Technik, um die postoperative Vernarbungsrate des Sickerkissens und die Komplikationsrate zu verringern. Außerdem konnten bei der gedeckten Sklerotomie alle Eingriffe in topischer Anästhesie erfolgen.

In dieser retrospektiven Studie wurden erstmals die klinischen Ergebnisse der gedeckten Sklerotomie nach einem Jahr überprüft und diese einer Kontrollgruppe mit Trabekulektomie gegenübergestellt.

## 6.1 Kontrolle des intraokularen Drucks

Eine niedrige Druckeinstellung und die Vermeidung von Druckschwankungen sind für den langfristigen funktionellen Erfolg bei Patienten mit Glaukom von entscheidender Bedeutung (siehe Kap.6.3). So konnten klinische Untersuchungen zeigen, dass die Prognose hinsichtlich der Schädigung von Sehnervenzellen von der erreichten Drucksenkung abhängig war [Migdal 1994, AGIS 2000, Erb 2005].

Obwohl in der TE Gruppe präoperativ die höchsten IOD Werte gemessen wurden, lieferte sie im frühpostoperativen Verlauf die niedrigsten Druckwerte ( $p < 0,05$ ). Auch wenn sich die Druckentlastung positiv auf die Sehnervenzellen auswirkte, so kam es nach TE häufiger zu Hypotonien (siehe Kap. 5.6). Nach einem Monat stieg der Druck signifikant an, was auf die beginnende Vernarbung des Sickerkissens zurück zu führen war. Insgesamt blieb zu den Zeitpunkten 1. 3. und 6. Monate der Druck in dieser Gruppe aber im Mittel konstant unter 16 mmHg. Dies war signifikant niedriger, als in den beiden Sklerotomie Gruppen. Nach einem Beobachtungszeitraum von einem Jahr lag der absolute Erfolg nach TE bei 61%. Damit wies die Trabekulektomie in unserer Untersuchung die höchste absolute Erfolgsrate auf. Andere Studien zu den Langzeitergebnissen nach Trabekulektomie kommen zu vergleichbaren Ergebnissen zwischen 60% und 90% [Edmunds 2001, Chiselita 2001, Khalili 2000, Migdal 1994, Yamashita 1985, Mills 1981, Zaidi 1980, D'Ermo 1979, Jerndal 1977, Watson 1975, Thyer 1972, Ridgway 1972]. Beispielhaft sei hier eine Studie zur Trabekulektomie genannt, die 1200 Augen nach Trabekulektomie untersuchte [Edmunds 2001]. Der absolute Erfolg lag bei 84 %, der relative Erfolg bei 92 %. Die Ergebnisse unserer TE Gruppe waren mit 61% zwar geringer, aber insgesamt auf vergleichbarem Niveau. Dies lässt sich auch damit erklären, dass diese Gruppe mit 11 Patienten vergleichsweise klein war und der einzelne Patient statistisch stärker ins Gewicht fiel.

Auch nach ST konnte eine gute Drucksenkung in der frühen postoperativen Phase ermöglicht werden. Durch die höheren Druckwerte in der frühpostoperativen Phase wurden Hypotonien seltener als nach TE beobachtet (siehe Kap. 5.6). Der Druck stieg durch die einsetzende Sickerkissenvernarbung nach dem ersten Monat signifikant auf durchschnittliche Werte um 19 mmHg an, was häufig eine medikamentöse Therapie nötig machte. Auf diesem Niveau blieb der Druck im

weiteren Verlauf. Es zeigte sich, dass nach einem Jahr die gedeckte Sklerotomie in nur 24% die absoluten Erfolgskriterien erfüllte.

Ähnliche Ergebnisse lieferte die Auswertung der ST+H. Nach einer guten Drucksenkung in der frühen postoperativen Phase, blieb der intraokulare Druck ab dem ersten Monat und der einsetzenden Sickerkissenvernarbung auf einem Niveau um durchschnittlich 17 mmHg. Auch hier wurde häufig eine drucksenkende Medikation nötig. Infolge dessen hatten nach einem Jahr 26% der Patienten stabile Druckwerte unter 21 mmHg ohne Medikation. Die beiden Sklerotomie-Gruppen unterschieden sich zu keinem Messzeitpunkt signifikant voneinander. Der absolute Erfolg der Sklerotomie blieb demzufolge hinter der klassischen Trabekulektomie zurück [Cairns 1968, Edmunds 2001, Khalili 2000].

Die langfristige Druckregulierung nach gedeckter Sklerotomie mit zusätzlicher Medikation lieferte mit einem relativen Erfolg von 92% allerdings vergleichbare Ergebnisse zur Trabekulektomie. Dabei unterschieden sich die drei Gruppen nicht signifikant zu den Messzeitpunkten. Grundsätzlich war aber durch die Gabe eines drucksenkenden Medikaments der Effekt, der allein die Operation auf den IOD hatte, nicht mehr eindeutig zu erkennen. Eine Glaukomoperation konnte also streng genommen nur dann als erfolgreich angesehen werden, wenn postoperativ der Zieldruck auf Dauer ohne Medikamente unterschritten wurde. Der relative Erfolg wurde sogar von einigen Autoren generell als Eingeständnis des Misserfolges gewertet [Grehn 2005].

Da in allen drei Gruppen der Druckanstieg mit der Wundheilung und der überschießenden Vernarbungstendenz des Sickerkissens einsetzte [Francis 2005], werden Modifikationen der gedeckten Sklerotomie mit der primären Anwendung des Antimetaboliten Mitomycin-C folgen [Lama 2003]. Dabei wird sich zeigen, ob die Erfolgsrate durch Anwendung von Antimetaboliten oder eine intensiviertere postoperative Nachsorge verbessert werden kann.

Es bleibt jedoch zu bedenken, dass alle Patienten präoperativ unter maximaler antiglaukomatöser Therapie standen und die Zahl der Medikamente und des IOD nach dem operativen Eingriff signifikant gesenkt werden konnte (Siehe Kapitel 5.3). Untersuchungen konnten zeigen, dass die Erfolgsrate deutlich höher war, wenn die Patienten operiert wurden, bevor eine maximale Therapie nötig wurde [Sherwood 1993, Migdal 1994, Schulz 1993, Sharir 1993, Smith 1972]. Durch den chirurgischen Eingriff konnte dementsprechend eine Progression des glaukomatösen Schaden

verlangsamt werden (siehe Kapitel 5.4), auch wenn anschließend eine weitere Medikation nötig wurde.

In Kombination mit einer Kataraktoperation war die neue Technik mit 81% der Patienten mit einem IOD unter 21 mmHg ohne Therapie nach 1 Jahr deutlich höher [Anders 1997].

Insgesamt ist festzustellen, dass unter relativen Erfolgskriterien die gedeckte Sklerotomie vergleichbare Ergebnisse zur klassischen Trabekulektomie lieferte, jedoch war der absolute Erfolg deutlich geringer, als in der Kontrollgruppe. Trotz Senkung der medikamentösen Therapie konnte keine langfristige Druckregulierung erreicht werden. Weitere Modifikationen, z.B. durch den Einsatz von Antimetaboliten, werden nötig sein um stabile Ergebnisse zu erhalten.

## **6.2 Entwicklung der Sickerkissenmorphologie**

Nach fistulierenden Glaukomoperationen entwickelt sich meist ein Gleichgewicht zwischen Wundheilung einerseits und subkonjunktivaler Resorption von Kammerwasser andererseits [Picht 1998, Richter 1988]. Die Fibroblasten des Tenon-Bindegewebes der Subkonjunktiva reagieren bei erneuter Verletzung, etwa durch eine zweite Operation stärker, als bei der ersten Operation [Richter 1998, Grehn 1999]. Deshalb muss eine Operation gewebeschonend sein und es ist sinnvoll die Wundfläche klein zu halten. Bei einem fornix – basalen Schnitt der Bindehaut, wie bei der gedeckten Sklerotomie, bleibt die Tenon fast unverletzt, da sie direkt am Limbus abgetrennt wird [Wirbelauer 2006]. Bei der Analyse der Sickerkissenmorphologie nach filtrierender Glaukomoperation spielt ein funktionierendes Sickerkissen eine entscheidende Rolle für den langfristigen Erfolg der fistulierenden Glaukomoperation [Grehn 1999, Shields 1993, Cohen 1977, Van Buskirk 1982]. Als Zeichen der Fibrosierung im Bereich des Sickerkissens durch Heilungsreaktionen zeigte sich in allen drei Gruppen ein erneuter Druckanstieg meist zwischen dem 1. und 3. Monat [Grehn 1999, Lüke 2002]. Nach 4 Wochen beobachtete man bei 9% (TE) bzw. 15 (ST) bis 19% (ST+H) der Fälle Korkenzieher-Gefäße im Bereich des Sickerkissens als Zeichen einer beginnenden Vernarbung (siehe Tab. 14) [Picht 1998]. Zu diesem Zeitpunkt lag die Anzahl der funktionierenden Sickerkissen in der TE Gruppe bei 82%. Sie nahm jedoch bis zum Ende der Untersuchung nach einem Jahr auf 64% ab. Die entsprechenden

Ergebnisse der Literatur sind mit unserer Kontrollgruppe vergleichbar [Watson 1990, Richter 1988, D'Ermo 1979].

Die Anzahl der funktionierenden Sickerkissen nach gedeckter Sklerotomie (60% ST und 70% ST+H) hielt sich bis 1 Jahr nach Operation auf vergleichbarem Niveau zur Trabekulektomie. Die drei Gruppen unterschieden sich nicht signifikant voneinander ( $p > 0,05$ ). 1 Jahr postoperativ zeigte sich bei der Verteilung der funktionierenden Sickerkissen sowohl in der TE -Gruppe als auch in der ST-Gruppe in 64% (TE) bzw. 60% (ST) häufiger zystische Veränderungen, während in der ST+H Gruppe in 70% überwiegend flache Konfigurationen vorlagen (siehe Tab. 11, 12 und 13). 25% der Sickerkissen wurden in den Gruppen ST und ST+H nach einem Jahr als vernarbt eingestuft. Die Beurteilung der Sickerkissen erfolgte morphologisch, so dass trotz der Vernarbung ein verbesserter Abfluss gewährleistet sein konnte und nicht zwangsläufig ein vernarbt Sickerkissen mit einem Therapieversagen einhergehen musste.

Insgesamt war festzustellen, dass die Sickerkissenvernarbung in allen drei Gruppen nach etwa einem Monat einsetzte und die Druckregulierung gefährdete. Im Vergleich zu einer pharmakologischen Beeinflussung der Heilungsreaktion schien eine alleinige gewebeschonende Präparation während der Operation nicht ausreichend zu sein um die postoperative Vernarbung im Bereich des Sickerkissens zu vermeiden. Die Ergebnisse einer intensivierten pharmakologischen Nachsorge zur Modulation der subkonjunktivalen Heilungsreaktion nach Trabekulektomie erreichten eine deutliche Verbesserung der langfristigen Erfolgsrate [Marquardt 2004, Picht 1998, Shingelton 1996]. Man kann davon ausgehen, dass eine pharmakologische Nachsorge des Sickerkissens auch zukünftig das Gleichgewicht zwischen Wundheilung einerseits und Vernarbung andererseits aufrechterhalten wird.

### **6.3 Verlauf der visuellen Funktion**

Allgemein ermöglichte eine chirurgische Behandlung mittels fistulierender Operation eine langfristige Stabilisierung des Visus und des Gesichtsfeldes [Migdal 1994, AGIS 2000]. Dafür ist eine stabile Einstellung des IOD ohne Druckschwankungen von besonderer Bedeutung, da größere Schwankungen schädlicher als ein gleich hoher nivellierter IOD sind [AGIS 2000, Edmunds 2001, Migdal 1994]. Studien zeigen außerdem, dass speziell die Progression des Gesichtsfeldschadens umso geringer ausfiel, je niedriger der postoperative IOD war [AGIS 2000]. Insbesondere das

Auftreten von Druckspitzen wurde nach chirurgischem Eingriff seltener beobachtet [Wise 1979, Thomas 1982, Jay 1992, Smith 1986, Migdal 1986].

In unserer Studie zeigte sich im frühpostoperativen Verlauf (bis 4 Wochen postoperativ), dass die TE Gruppe mit 3 mmHg eine vergleichsweise hohe Standardabweichung der IOD Werte hatte. In dieser Zeit konnten die Sklerotomie Gruppen bessere Ergebnisse liefern (1,8 mmHg ST und 1,7 mmHg ST+H). Im Zeitraum bis 1 Monat postoperativ beobachtete man nach gedeckter Sklerotomie eine stabilere Druckregulierung als nach Trabekulektomie (2,3 mmHg TE, 1,1 mmHg ST und 1,1 mmHg ST+H). Leider konnte dieses Ergebnis nicht im weiteren Verlauf gehalten werden. Bei der Betrachtung der Standardabweichungen der beiden Sklerotomie Gruppen zum Endpunkt nach 1 Jahr fällt auf, dass höhere Druckschwankungen bei gleichem mittlerem Augeninnendruck als nach TE auftraten (TE 1,5 mmHg, ST 3,7 mmHg, ST+H 2,9 mmHg).

Trotzdem blieben in den drei Gruppen die untersuchten funktionellen Werte des Visus und Gesichtsfeld über den Beobachtungszeitraum im Durchschnitt konstant und zeigten keine signifikante Verschlechterung. Hierbei ist anzumerken, dass durch die Entfernung der getrübten Linse eine Beeinflussung der visuellen Ergebnisse möglich war [Altmeyer, 2006]. Die Progression des glaukomatösen Schadens konnte somit zwar verlangsamt, jedoch nicht grundsätzlich aufgehalten werden. Insofern können die vorgestellten Ergebnisse nach gedeckter Sklerotomie bezüglich der langfristigen Druckeinstellung noch nicht als zufrieden stellend gelten.

## **6.4 Vergleich mit anderen fistulierenden Operationen**

Neben der Trabekulektomie wurden in den letzten Jahren andere minimal-invasive Techniken zur Verringerung der Vernarbung im Bereich des subkonjunktivalen Gewebes in der Vergangenheit vorgestellt [Cairns 1985, Stegmann 1999, Lerner 1997, Van Buskirk 1992]. Neben einem kornealen Zugang ohne konjunktivale Inzision (Kap. 6.4.1) [Cairns 1985, Van Buskirk 1992, Whittaker 2003] wurde ein limbaler Zugang ohne Eröffnung der Tenon-Kapsel (Kap. 6.4.2) [Stegmann 1999, Krasnov 1972, Lerner 1997] beschrieben.

### **6.4.1 Korneale Trabekulektomie**

Die von Cairns entwickelte „Clear Cornea Trabeculectomy“ [Cairns 1985] (Kap. 1.5.3) wurde in den folgenden Jahren durch Studien überprüft [Keillor 1986, Fahmy 1990, Van Buskirk 1992, Cioffi 1993, Whittaker 2003]. Trotz des minimal invasiven Verfahrens durch einen kornealen Zugang ohne konjunktivale Inzision kommen die Autoren einstimmig zu dem Schluss, dass die korneale Trabekulektomie durch frühzeitige Druckerhöhungen nicht in der Lage war, eine stabile und langfristige Drucksenkung zu erreichen. Dieser Ansatz wurde aufgrund der ungenügenden Ergebnisse wieder verlassen.

### **6.4.2 Small Incision Trabeculectomy (SIT)**

Bei der erstmals von Lerner vorgestellten SIT war im Vergleich zu der gedeckten Sklerotomie ein sehr ähnlicher fistulierender Ansatz zur Minimierung des subkonjunktivalen Präparationsareals eine modifizierte Trabekulektomie mit einer 2,5 mm breiten limbalen Tunnelinzision ohne Eröffnung der Tenon [Das 2001, Lerner 1997].

Die SIT wurde an 30 Augen, die alle eine maximale drucksenkende Medikation bekamen untersucht [Lerner 1997]. Neben der geringen Anzahl von Patienten und der intraoperativen Applikation von Fibrosehemmern war auch der Beobachtungszeitraum von durchschnittlich 7,6 Monaten zu kurz um verlässliche Aussagen zur Effektivität dieser neuen Operationsmethode machen zu können. So war davon ausgegangen, dass sich im weiteren Verlauf die Druckregulierung durch die Vernarbungen des Sickerkissens verschlechtern würde [Picht 1998, Grehn 2000, Francis 2005]. Die Standardabweichung von 4,1 mmHg war zum Zeitpunkt der Untersuchung vergleichsweise hoch. Weitere Studien zu diesem Verfahren erreichten einen absoluten Therapieerfolg von 90% [Das 2001, 2002]. Allerdings fiel auch hier eine hohe Standardabweichung der Druckwerte von 6 mmHg auf, die eine ungenügende Stabilität der IOD Werte zur Folge hatte mit möglichen langfristigen Auswirkungen auf Sehnerven und Gesichtsfeld.

So war ein Vorteil der gedeckten Sklerotomie gegenüber den Ergebnissen der SIT die geringere Schwankungsbreite der Druckwerte (ST 3,7 mmHg und ST+H 2,9

mmHg). Im Vergleich erzielte die gedeckte Sklerotomie damit stabilere Druckverhältnisse.

## **6.5 Vergleich anderer nicht-fistulierenden Operationen**

In den folgenden Kapiteln sollen die nicht-fistulierenden Verfahren, der Viskokanalostomie (Kapitel 6.5.1) und der tiefe Sklerektomie (Kapitel 6.5.2) diskutiert werden. Auch bei diesen Verfahren sollte durch ein möglichst minimales operatives Trauma die postoperative Komplikationsrate gesenkt werden (siehe Kap. 1.6).

### **6.5.1 Viskokanalostomie**

In der Erstbeschreibung der Viskokanalostomie durch Stegmann verzeichnete er einen absoluten Erfolg von 83% [Stegmann 1999]. Allerdings zeigte sich auch hier im postoperativen Verlauf, dass die Standardabweichung mit 8,0 mmHg sehr hoch war. Carassa veröffentlichte die Ergebnisse einer prospektiven Studie nach Viskokanalostomie mit einem absoluten Erfolg von 86% [Carassa 1998]. Es wurden keine Antimetaboliten benutzt. Allerdings war das Verfahren der Viskokanalostomie mit häufigen intraoperativen Komplikationen behaftet, die auf das Verfehlen oder der unvollständigen Entdachung des Schlemm'schen Kanal zurückzuführen waren. Er konnte zeigen, dass die Viskokanalostomie den IOD zwar kurzfristig senken konnte, die komplizierte Operationstechnik aber intraoperative und postoperative Komplikationen auftreten lässt.

Spätere, vergleichbare Studien berichteten über einen absoluten Erfolg von nur 35% bis 36% und 73% bis 79% relativen Erfolg [...]. Die Komplikationsrate lag bei der Viskokanalostomie dabei ähnlich hoch wie nach Trabekulektomien und damit höher als nach gedeckter Sklerotomie [Yaldac 2004, Tetz 1998, Drüsedau 2000]. In einer randomisierten Studie zur Viskokanalostomie an 20 Augen konnte bei keinem Patienten (0%) ein absoluter Therapieerfolg erzielt werden [Jonescu - Cuypers 2001]. Dies steht in deutlichem Widerspruch zu frühen Studien, die ein Jahr nach Viskokanalostomie eine Erfolgsrate von 69 % bis 87,8% erreichen konnten [Stegmann 1999, Mermoud 1999, Carassa 1998, Welsh 1998].

Zusammenfassend fällt eine deutliche Diskrepanz zwischen den frühen Ergebnissen von 69% bis 86% [Carassa 1998, Stegmann 1999, Mermoud 1999, Welsh 1998] und

den späteren von 0% bis 36% auf [Drüsedau 2000, Yalvac 2004, Jonescu 2001, Lüke 2002]. Die hohe Erfolgsrate von Stegmann ließe sich damit begründen, dass eine Viskokanalostomie an farbigen Patienten mit durchschnittlich dickerer Sklera und dunklerem Trabekelmaschenwerk einfacher als bei weißen Patienten durchzuführen ist [Dietlein 2000]. Es bleibt jedoch fraglich, ob die frühen Ergebnisse nach Viskokanalostomie mit einer solch hohen Standardabweichung in der postoperativen Druckregulierung verlässlich waren. Trotzdem konnte, wie auch nach gedeckter Sklerotomie, die postoperative Hypotonierate und somit die Komplikationsrate im Vergleich zur Trabekulektomie gesenkt werden.

### **6.5.2 Tiefe Sklerektomie**

Bei der tiefen Sklerektomie handelt es sich, wie bei der Viskokanalostomie, um ein nicht-fistulierendes, minimal invasives Verfahren (siehe Kap. 1.6.2).

Studien belegen, dass nach tiefer Sklerektomie eine ausreichende Drucksenkung ohne Medikation von 69% bis 84% der Fälle erreicht werden konnten [El Sayyad 2000, Mermoud 1999, Zimmermann 1984]. Zusätzlich wurde einmal ein Kollagenimplantat eingesetzt [Mermoud 1999] und bei 20% bis 43,6% der Fälle wurden intra - oder postoperativ Antimetaboliten angewandt [El Sayyad 2000, Mermoud 1999]. Ohne Kollagenimplantat oder Antimetaboliten waren die Ergebnisse deutlich schlechter und eine ausreichende Drucksenkung ohne Medikation wurde nur bei 25% bis 45% der Fälle erreicht [Chiselita 2001]. Die Komplikationen konnten im Vergleich zur gedeckten Sklerotomie nicht gesenkt werden. Es kam gerade bei ungeübten Operateuren, immer wieder zur Perforation der Vorderkammer [Bas 1999]. Die tiefe Sklerektomie erreichte eine geringere IOD Senkung im Vergleich zur gedeckten Sklerotomie und zur Trabekulektomie in dieser Arbeit. Die Komplikationsrate konnte zwar insgesamt im Vergleich zur klassischen Trabekulektomie verbessert werden, doch erwies sich die hohe Anzahl an Sekundäreingriffen als nachteilig [AAO 2001]. Außerdem ist zu bemerken, dass es sich bei dem vorgestellten nicht-fistulierenden Eingriff [AAO 2001, Carassa 2003, Chiselita 2001, Lüke 2002], um relativ aufwendige und schwierige Operationstechnik handelte. Die Vorteile der gedeckten Sklerotomie, als Abwandlung der Technik aus einem korneoskleralen Tunnelschnitt für die Kataraktoperation, bestanden in der

standardisierten Operationstechnik mit minimaler Traumatisierung der okularen Gewebe.

## 6.6 Bedeutung von Komplikationen

Die Komplikationsrate nach gedeckter Sklerotomie war insgesamt geringer als nach Trabekulektomie [Mills 1981, Seah 1995], aber das Komplikationsspektrum war im Prinzip das gleiche wie bei anderen fistulierenden Eingriffen [Picht 2001]. Dabei war die postoperative Hypotonie am häufigsten. Ebenso fanden sich ein Hyphäma und Fibrinreaktionen, sowie eine flache Vorderkammer und die Aderhautschwellung als typische Komplikationen nach einer Trabekulektomie [Mermoud 1999, El Sayyad 1999, Mills 1981].

Die Rate der postoperativen Hypotonie konnte nach gedeckter Sklerotomie im Vergleich zur Trabekulektomie signifikant um 20% gesenkt werden ( $p < 0,05$ ). Dabei schien die Anwendung des Viskoelastikums Healon keinen Unterschied zu machen, denn in beiden Gruppen nach gedeckter Sklerotomie kam es in 34% der Fälle zu einer Hypotonie. Außerdem ist zu bemerken, dass jede chirurgische Behandlungsmethode den IOD auf ein unterschiedlich hohes Niveau senkt (siehe Kap. 6.1, 6.4 und 6.5.). Betrachtet man die postoperativen IOD Werte der einzelnen Verfahren, so erreicht die Trabekulektomie den niedrigsten mittleren IOD von 7 bis 16 mmHg [Migdal 1994, Migdal 1986]. Möglicherweise entwickelt sich deshalb eine Hypotonie leichter nach TE, als nach Eingriffen, die den mittleren IOD weniger stark senken. Durch die Hypotonie kann es auch zur Absenkung der Kammerwasserproduktion kommen. So konnte die Reduzierung der Hypotonierate auch nach anderen modifizierten fistulierenden Operationen beobachtet werden, die den IOD frühpostoperativ auf ein weniger tiefes Niveau senkten als die TE [Yalvac 2004, Drüsedau 200, Kershner 1995, Fahmy, 1990, Cioffi 1993, Lerner 1997].

Bezüglich der Anwendung eines Viskoelastikums in der Vorderkammer zur Vermeidung von postoperativen Hypotonien finden sich Arbeiten mit unterschiedlichen Ergebnissen. Während einige Autoren einen positiven Effekt durch die Verwendung eines Viskoelastikums fanden [Barak 1992, Charteris 1991], konnten andere diesen nicht nachweisen [Endo 1998, Pape 1980, Salvo 1999]. Durch die Injektion von Viskoelastikum in der Vorderkammer konnte in unserer

Studie am ersten postoperativen Tag eine Abflachung der Vorderkammer um 3% und eine Aderhautschwellung um 5% reduziert werden. Diese geringen Verbesserungen scheinen aber ohne wesentliche klinische Relevanz zu sein, wobei deutliche unerwünschte Druckschwankungen durch Belassen des Viskoelastikums in der Vorderkammer unmittelbar postoperativ offensichtlich nicht vermieden werden konnten, so dass diese Modifikation inzwischen wieder verlassen wurde.

Außerdem fanden sich nach gedeckter Sklerotomie eine beginnende Sickerkissenvernarbung, eine Aderhautamotio, eine Fibrinreaktion, eine Vorderkammerabflachung oder ein leichtes Hyphäma. In 4 bis 9% der Fälle war am 1. postoperativen Tag ein vorübergehendes Hyphäma festzustellen, der durch die Abwandlung eines skleralen Tunnels mit einer Präparation im Limbusbereich ohne Deckelverschluss zu erklären war. Es zeigte sich aber im weiteren Verlauf eine rasche Resorption ohne Nachblutung, wobei die Blutungsrate geringer war als nach anderen kombinierten Operationen [Borggreffe 1999]. Bezüglich der Komplikationsrate ist auch zu bemerken, dass es sich bei der gedeckten Sklerotomie als fistulierenden Eingriff um ein neues operatives Verfahren handelte. Dadurch war in der Einführungsphase mit häufigeren Komplikationen zu rechnen. In zwei Fällen kam es zur Ausbildung eines malignen Glaukoms mit erforderlicher Pars-plana-Vitrektomie, wobei die OCT-Goniometrie hilfreich in der frühen Erkennung dieser schwerwiegenden Komplikation war [Wirbelauer 2003]. Im weiteren Verlauf sind bisher keine weiteren Fälle eines malignen Glaukoms nach gedeckter Sklerotomie mehr aufgetreten.

## **6.7 Bedeutung von Revisionen**

In keinem Fall unserer TE Gruppe wurde eine Revisionsoperation durchgeführt. Die Anzahl der postoperativen Interventionen nach gedeckter Sklerotomie war jedoch in dieser Untersuchung noch relativ hoch, wobei Revisionen in der ST+H Gruppe mit 15% seltener erforderlich waren als in der ST Gruppe, allerdings statistisch nicht signifikant. Im Vergleich von Trabekulektomie zur gedeckten Sklerotomie war der Unterschied statistisch signifikant. Dies hängt auch mit der Neuentwicklung des operativen Verfahrens und noch ungenügenden klinischen Erfahrungen zusammen. Am häufigsten wurde nach gedeckter Sklerotomie die Filterzone mit einem Spatel mechanisch reaktiviert oder bei Überfiltration ein Faden nachgelegt und die vordere

Augenkammer wiederhergestellt. Zu bemerken war, dass nach gedeckter Sklerotomie die sklerale Fistel langfristig durchgängig blieb, da bei Revisionen die Blockade überwiegend im Bereich der Tenon lag. Nach Entfernung des subkonjunktivalen Gewebes im Bereich der Sklerotomie konnte die sklerale Fistulation nach über 1 Jahr problemlos reaktiviert werden (noch unveröffentlichte Beobachtungen).

## **6.8 Schlussfolgerung**

Zusammenfassend konnten wir feststellen, dass die gedeckte Sklerotomie als Modifikation eines korneoskleralen Tunnelschnittes nur eine geringe chirurgische Manipulation im Bereich von Bindehaut und Sklera erforderte, da OP-Schritte und Instrumentarium standardisiert sind. Obwohl nach einem Jahr eine signifikante Drucksenkung festgestellt werden konnte, war die langfristige Drucksenkung durch eine Minimierung der Manipulationen im Bereich der Bindehaut nicht ausreichend. Im Vergleich zur klassischen Trabekulektomie wurde mit diesem Verfahren keine bessere Druckregulation erreicht, aber frühpostoperativ war die Komplikationsrate geringer. So konnte die Hypotonierate in der Sklerotomie Gruppe um 20% gegenüber der Trabekulektomie Gruppe gesenkt werden.

Im Verlauf stellte sich relativ früh eine Vernarbung des Sickerkissens ein mit notwendiger erneuter medikamentöser Lokaltherapie. Um die frühe Vernarbung im Bereich des Sickerkissens zu vermeiden sind deshalb inzwischen weitere Modifikationen dieses Verfahrens, unter anderem mit der primären Anwendung des Antimetaboliten Mitomycin-C [Lama 2003, Falck 1992, Katz 1995, Araie 1992] erfolgt (siehe Kap. 1.5.6). Ob die Erfolgsrate nach gedeckter Sklerotomie durch eine pharmakologische Verbesserung der Wundheilung des Sickerkissens oder eine intensiviertere postoperative Nachsorge verbessert werden kann müssen noch zukünftige Untersuchungen zeigen.

## 7. Zusammenfassung

Die gedeckte Sklerotomie wurde als minimal-invasive Variante der fistulierenden Glaukomoperation entwickelt. In dieser retrospektiven Untersuchung wurden die klinischen Ergebnisse nach einem Jahr überprüft.

Operiert wurden 69 Augen mit fortgeschrittenem Glaukom. Davon erhielten 11 eine Trabekulektomie (TE), 32 eine gedeckte Sklerotomie (ST) und 26 eine ST mit Füllung der Vorderkammer mit einem Viskoelastikum (Healon) zur Reduktion der postoperativen Hypotonierate (ST+H). Die Trabekulektomie wurde nach der Methode von Cairns durchgeführt. Bei der ST wurde der Boden eines korneoskleralen Tunnelschnittes T-förmig perforiert und anschließend in der radiären Länge durchtrennt.

1. Nach 1 Jahr sanken die Druckwerte signifikant ( $P < 0,05$ ) auf  $15,3 \pm 1,5$  mmHg (TE),  $17 \pm 3,7$  mmHg (ST) und  $17 \pm 2,9$  mmHg (ST+H). Dies entspricht einem absoluten Erfolg von 61% (TE), 24% (ST) und 26% (ST+H). Der relative Erfolg lag bei 90% (TE), 83% (ST) und 92% (ST+H). Die mittlere Drucksenkung lag bei 50% (TE), 37% (ST) und 30% (ST+H).
2. Die Anzahl der morphologisch funktionierenden Sickerkissen lag nach 1 Jahr bei 64% (TE), 60% (ST) und 70% (ST+H).
3. Eine Revision wurde in 0% (TE), 37% (ST) bzw. 15% (ST+H) der Fälle erforderlich. Die Hypotonierate, als bedeutendste Komplikation, konnte von 54% nach Trabekulektomie und 34% in den beiden Gruppen der gedeckten Sklerotomie signifikant gesenkt werden ( $p < 0,05$ ).

Die gedeckte Sklerotomie erforderte eine geringe chirurgische Manipulation im Bereich von Bindehaut und Sklera als die Trabekulektomie und konnte in topischer Anästhesie durchgeführt werden. Es konnte nach 1 Jahr in allen drei Gruppen eine signifikante Drucksenkung festgestellt werden. Es wurden nach gedeckter Sklerotomie zwar weniger postoperative Komplikationen beobachtet, allerdings konnte die Vernarbungsrate des Sickerkissens im Vergleich zur Trabekulektomie nicht gesenkt werden und die absolute Erfolgsrate verbessert werden.

## 8. Literatur

1. Akafo SK, Goulstine DB, Rosenthal AR. Long-term post trabeculectomy intraocular pressures. *Acta Ophthalmol* 1992; 70 : 312 – 316
2. Altmeyer M, Wirbelauer C, Häberle H, Pham DT. Operation bei Cataracta matura unter Verwendung von Trypanblau. *Klein. Monatsbl Augenheilkd* 2004; 221: 1055
3. American Academy of Ophthalmology. Nonpenetrating glaucoma surgery. *Ophthalmology* 2001; 108: 416-421
4. Anders N, Pham DT, Holschbach A, Wollensak J. Combined phacoemulsification and filtering surgery with the „No-Stitch“ technique. *Arch Ophthalmol* 1997; 115: 1245-1249
5. Anand N, Sahni K, Menage MJ: Modification of trabeculectomy with single dose intraoperative 5-Fluorouracil application. *Acta Ophthalmol Scand* 1998; 76: 83 – 9
6. Araie M, Shoji N, Shirato S, Nakano Y: Postoperative subconjunctival 5-Fluorouracil injections and success probability of trabeculectomy in Japanese: Results of a 5-year follow-up. *Jpn J Ophthalmol* 1992; 36: 158 – 68
7. The AGIS investigators. The advanced glaucoma intervention study (AGIS): The relationship between control of intraocular pressure and visual field deterioration. *Am J Ophthalmol* 2000; 130: 429-440
8. Bach M, Kommerell G. Determining visual acuity using European normal values: scientific principles and possibilities for automatic measurement. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 1998; 212: 190 – 5

9. Bayer AU, Erb C, Ferrari F, Knorr M, Thiel HJ. The Tübingen glaucoma study. Glaucoma filtering surgery – a retrospective long term follow-up of 254 eyes with glaucoma. *Ger J Ophthalmol*. 1995; 4: 289 – 293
10. Barak A, Alhalel A, Kotas R, Melamed S. The prospective effect of early intraoperative injection of viscoelastic material in trabeculectomy. *Ophthalmic Surg* 1992; 23: 206-209
11. Bas JMTP, Goethals MJH. Non-penetrating deep sclerotomy preliminary results. *Bull Soc Belge Ophthalmol* 1999; 272: 55-59
12. Bengtsson B. The prevalence of glaucoma. *Br J Ophthalmol* 1981; 65: 46 – 49
13. Borggreffe J, Lieb W, Grehn F. A prospective randomized comparison of two techniques of combined cataract-glaucoma surgery. *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol* 1999; 237: 887- 892
14. Bludenz DL, Rhee P, Feuer WJ, McSoley J, Johnson CA, Anderson DR. Sensitivity and specificity of the Swedish interactive threshold algorithm for glaucomatous visual field defects. *Ophthalmology* 2002; 109: 1052-1058
15. Blumenkranz M, Hernandez E, Ophir A, Norton EW. 5 – Fluorouracil: New applications in complicated retinal detachment for an established antimetabolite. *Ophthalmology* 1984; 91: 122 – 130
16. Busse H, Küchle J, Wähning A. Langzeitergebnisse nach Goniotripanation mit Skleradeckel. *Klein. Monatsbl Augenheilkd* 1984; 184: 261 – 263
17. Cairns JE. Clear cornea trabeculectomy. *Trans Ophthalmol Soc UK* 1985; 104: 142 – 145
18. Cairns JE. Trabeculectomy: preliminary report of a new method. *Am J Ophthalmol* 1968; 66: 673-681

19. Carassa RG, Bettin P, Fiori M, Brancato R. Visco canalostomy versus trabeculectomy in white adults affected by open-angle glaucoma. A 2-year randomized, controlled trial. *Ophthalmology* 2003; 110: 882-887
20. Chan RY, Smith JA, Richardson KT. Anterior segment configuration correlated with Shaffer's grading of anterior chamber angle. *Arch Ophthalmol* 1981; 99: 104-107
21. Charteris DG, McConnell JM, Adams AD. Effect of sodium hyaluronate on trabeculectomy filtration blebs. *J R Surg Edinbg* 1991; 36: 107-108
22. Chiselita D. Non penetrating deep sclerotomy versus trabeculectomy in primary open-angle glaucoma surgery. *Eye* 2001; 15: 197- 201
23. Cioffi GA, Van Buskirk EM. Corneal trabeculectomy without conjunctival incision. Extended follow-up and histological findings. *Ophthalmology* 1993; 100: 1077-1082
24. Cohen JS, Shaffer RN, Hetherington J Jr, Hoskins D. Revisions of filtration surgery. *Arch Ophthalmol* 1977; 95: 1612 – 5
25. Das JC, Sharma P, Chaudhuri Z, Bhomaj S. Small incision trabeculectomy: experiences with this new procedure for glaucoma surgery in Indian eyes. *Acta Ophthalmol Scan* 2001; 79: 394-398
26. Das JC, Sharma P, Chaudhuri Z, Bhomaj S. A comparative study of small incision trabeculectomy avoiding tenon's capsule with conventional trabeculectomy. *Ophthalmic Surg Lasers* 2002; 33: 30-36
27. D'Ermo F., Bonomi L, Doro D, A critical analysis of the long-term results of trabeculectomy. *Am J Ophthalmol* 1979; 88: 829-835

28. Dietlein TS, Jacobi PC, Lüke C, Krieglstein GK. Morphological variability of the trabecular meshwork in glaucoma patients: implications for non-perforating glaucoma surgery. *Br J Ophthalmol* 2000; 84: 1354- -1359
29. Drüsedau MU, von Wolff K, Bull H, von Barsewisch B. Visco canalostomy for primary open-angle glaucoma: the Groß Pankow experience (1). *J Cataract Refract Surg* 2000; 26: 1367-1373
30. Duke-Elder S. The diagnosis and treatment of simple glaucoma. *Can Med Assoc J.* 1960; 82: 293 – 7
31. Edmunds B, Thompson JR, Salmon JF, Wormald RP. The national survey of trabeculectomy. II. Variations in operative technique and outcome. *Eye* 2001; 15: 441-448
32. Elliot RH, Sclero-corneal trephining in the operative treatment of both simple and congestive glaucoma. XVIIth Int. Congr. Med. London 1913, Sect. Opth., Part I. Frowde, Hodder & Stoughton, London 1913
33. El Sayyard F, Hellal M, El-Kholify H, Khalili M, El-Maghrany A. Nonpenetrating deep sclerotomy versus trabeculectomy in bilateral primary open-angle glaucoma. *Ophthalmology* 2000; 107: 1671- 1674
34. Endo S, Hashimoto Y, Ishida N, Kusano Y, Ohkoshi K, Yamaguchi T. A Marshall syndrome with secondary glaucoma due to spontaneous rupture of the lens capsule *Nippon, Ganka Gakkai Zasshi.* 1998; 102: 75-79
35. Epstein DL. Open angle glaucoma. Why not a cure? *Arch Ophthalmol.* 1987; 105: 1187 – 1188
36. Epstein DL, Krug JH Jr, Hertzmark E, Remis LL, Edelstein DJ. A long-term clinical trial of timolol therapy versus no treatment in the management of glaucoma suspects. *Ophthalmology* 1989; 96: 1460 – 1407

37. Erb C. Early Manifest Glaucoma Trial update 2004. *Ophthalmologe* 2005; 102: 219 – 21
38. European Glaucoma Society, Terminology and Guidelines for Glaucoma, 2008; 3<sup>rd</sup> Edition: 82 – 88
39. Fahmy IA, Ali MA, Speath GI. Long term follow-up of clear cornea trabeculectomy. *Ophthalmic Surg* 1990; 21: 294 – 295
40. Falck FY, Skuta GL, Klein TB. Mitomycin C versus 5-Fluorouracil antimetabolite therapy for glaucoma filtration surgery. *Semin Ophthalmol* 1992; 7:97
41. Fourman S. Scleritis after glaucoma filtering surgery with Mitomycin C. *Ophthalmology* 1995; 102: 1569 – 71
42. Francis BA, Du LT, Najafi K, Murthy R, Kurumety U, Rao N, Minckler DS. Histopathologic features of conjunctival filtering blebs. *Arch Ophthalmol* 2005; 123: 166-170
43. Friedman DS, Jampel HD, Lubomski LH. Surgical strategies for coexisting glaucoma and cataract: an evidence-based update. *Ophthalmology* 2002; 109: 1902 – 1913
44. Funk J, Frank A. Wie kann der Erfolg einer Glaukom-Operation vorhergesagt werden? *Ophthalmologe* 1996; 93: 592-595
45. Fyodorov SN, Kozlov VI, Timoshkina NT. Non-penetrating deep sclerotomy in open angle glaucoma. *Ophthalmic Surg* 1984; 15: 743 – 740
46. Gardner MJ. Statistics with confidence. *British Medical Journal Publ*, 2000, 2. Aufl.
47. Graefe A v. Ueber die Coremorphosis gegen chronische Iritis und Iridochorioditis. *Arch Ophthalmol* 1856; 2 II, 202

48. Graefe A v. Ueber die Wirkung der Iridectomy beim Glaukom und den glaukomatösen Process. Arch Ophthalmol 1857; 3 II, 456
49. Graefe A v. Weitere klinische Bemerkungen über Glaucom, glaukomatöse Krankheiten und über Heilwirkung der Iridectomy. Arch Ophthalmol 1859; 4 II, 127
50. Goldenfeld M, Krupin T, Rudermann JM. 5 – Fluorouracil in initial trabeculectomy. A prospective, randomized, multicenter study. Ophthalmology 1994; 101: 1024 – 1029
51. Goldmann H. Albrecht von Graefe und das Glaukom. Graefes Arch Ophthalmol 1971; 181: 94
52. Grehn F. Diagnose und Therapie des Primären Offenwinkelglaukom Fortschr Ophthalmol 1988; 85: 437-444
53. Grehn F., Picht G, Welge-Lüssen U, Lütjen-Decroll E. Wound healing and scarring of the developing filtering bleb – a major challenge in glaucoma surgery. In: Pathogenesis and risk factors of glaucoma. Springer 1999; 50 – 56
54. Grehn F, Klink T. Combined glaucoma-cataract surgery. Ophthalmologie 2004; 101: 661 – 666
55. Greenfield DS, Sunner IJ, Miller MP. Endophthalmitis after filtering surgery with mitomycin C. Arch Ophthalmol 1996; 114: 943 – 9
56. Greenfield DS, Liebmann JM, Jee J, Ritch R. Late-onset bleb leaks after filtering surgery. Arch Ophthalmol 1998; 116: 443 – 447
57. Gressel MG, Parrish RK, Folberg R. 5 – Fluorouracil and glaucoma filtering surgery. An animal model. Ophthalmology 1984; 91: 378 – 383

58. Heine L. Die Cyklodialyse, eine neue Glaukomoperation. Dtsch. med. Wschr 1905; 31: 824
59. Heuer DK, Parrish RK II, Gressel MG, Hodapp E, Palmberg PF, Anderson DR. 5 – Fluorouracil and glaucoma filtering surgery: II A pilot study. Ophthalmology 1984; 91: 384 – 393
60. Herbert. Fistula formation in the treatment of glaucoma. Ophth. Rev. 1903; 647
61. Hodapp E, Heuer DK. A simple technique for goniotomy. Am J Ophthalmol 1986; 102: 537
62. Holth S. Sclero-corneal trephining and Holth's extralimbal tangential sclerectomy. Br J Ophthalmol 1922; 6: 189 – 190
63. Holth S. A new technic in punch forceps sclerectomy for chronic glaucoma: tangential and extralimbal iridencleisis operations epitomized 1915-1919. Br J Ophthalmol 1921; 5: 544 – 551
64. Holzer MP, Tetz MR, Auffahrt GU, Welt R, Völcker HE. Effect of Healon5 and 4 other viscoelastic substances on intraocular pressure and endothelium after cataract surgery. J Cataract Refract Surg 2001; 27: 213 – 218
65. Jampel HD, Friedman DS, Lubomski LH. Effect of technique on intraocular pressure after combined cataract and glaucoma surgery: An evidence-based review. Ophthalmology 2002; 109: 2215 – 2224
66. Jay JL. Rational Choice of therapy in primary open angle glaucoma. Eye 1992; 6: 243 – 247
67. Jerndal T, Lundström M, 330 trabeculectomy – a follow-up study through 3-½ years. Acta Ophthalmol 1977; 55: 52 – 62

68. Jonescu-Cuypers CP, Jacobi PC, Konen W, Krieglstein GK. Primarily viscocanalostomy versus trabeculectomy in white patients with open-angle glaucoma. *Ophthalmology* 2001; 108: 254-258
69. Kanski JJ. *Klinische Ophthalmologie*, 2 Auflage. 1996
70. Katz GJ, Higginbotham EJ, Lichter PR, Skuta G, Musch DC, Bergstrom TJ, Johnson AT. Mitomycin C versus 5-Fluorouracil in high risk glaucoma filtering surgery. *Ophthalmology* 1995; 102: 1263-1269
71. Keillor RB, Molteno AC. Twenty-two cases of clear cornea trabeculectomy. *Aust NZ J Ophthalmol* 1986; 14: 339 – 342
72. Kershner RM. Nonpenetrating trabeculectomy with placement of a collagen drainage device. *J Cataract Refract Surg* 1995; 21: 608-611
73. Khalili M, Diestelhorst M, Krieglstein GK. Langzeituntersuchung von 700 Trabekulektomien. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 2000; 217: 1-8
74. Kozlov VI, Bagrov SN, Anisimova SY. Nonpenetrating deep sclerotomy with collagen. *IRTC Eye Microsurgery Moscow: RSFSR Ministry of Public Health* 1989; 44 – 46
75. Krasnov MM. Symposium: microsurgery of the outflow channels. Sinusotomy. Foundations, results, prospects. *Trans Am Acad Ophthalmol Otolaryngol* 1972; 76: 368-374
76. Lama PJ, Fechtner RD. Antifibrotics and wound healing in glaucoma surgery. *Surv Ophthalmol* 2003; 48:314-316
77. Lamping KA, Bellows AR, Hutchinson BT, Afran SI. Long-term evaluation of initial filtration surgery. *Ophthalmology* 1986; 93: 91-101

78. Lerner SF. Small incision trabeculectomy avoiding tenon's capsule: A new procedure for glaucoma surgery. *Ophthalmology* 1997; 104: 1237-1241
79. Löw M, Bühler C Mester U. Vergleich Healon, Healon GV und Healon 5 bei der Viskotrabekulektomie. *Ophthalmologe* 2003; 100: 539 – 544
80. Lüke C, Dietlein TS, Jacobi PC, Konen W, Krieglstein GK. A prospective randomized trial of viscocanalostomy versus trabeculectomy in open-angle glaucoma: a 1-year follow-up study. *J Glaucoma* 2002; 11: 294-299
81. Lüke C, Dietlein TS, Jacobi PC. A prospective randomized trial of viscocanalostomy with and without implantation of reticular hyalunoric acid implant (SKGEL) in open angle glaucoma. *Br J Ophthalmol* 2003; 87: 599 – 603
82. Mantel N. Adaptation of Kärber's method for estimating the exponential parameter from quantal data, and its relationship to birth, death, and branching processes. *Biometrics* 1967; 23: 739 – 46
83. Marquardt D, Lieb WE, Grehn F. Intensified postoperative care versus conventional follow-up: a retrospective long-term analysis of 177 trabeculectomies. *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol* 2004; 242:106-113
84. Mermoud A, Schnyder CC, Sickenberg M, Chiou AGY, Hediguer SEA, Faggioni R. Comparison of deep sclerotomy with collagen implant and trabeculectomy in open-angle glaucoma. *J Cataract Refract Surg* 1999; 25: 232-331
85. Michelson G, Jünemann A, Naumann GOH. Glaukom und Cataract: Vergleich Trabekulektomie mit simultaner Trabekulektomie und Cataractoperation. *Ophthalmologe* 1994; 91: S70
86. Mills KB. Trabeculectomy: A retrospective long-term follow-up of 444 cases. *Br J Ophthalmol* 1981; 65: 790-795

87. Migdal C, Gregory W, Hitchings R. Long-term functional outcome after early surgery compared with laser and medicine in open-angle glaucoma. *Ophthalmology* 1994; 101: 1651-1657
88. Migdal C, Hitchings R. Control of chronic simple glaucoma with primary medical, surgical and laser treatment. *Trans Ophthalmol Soc UK* 1986; 105: 653 – 6
89. Pape LG. Intracapsular and extracapsular technique of lens implantation with Healon. *J Am Intraocular Implant Soc* 1980; 6: 342-343
90. Petersen J. Erroneous vision determination and quantitative effects. *Ophthalmologie* 1993; 90: 533 – 8
91. Picht G, Grehn F. Sickerkissenbeurteilung nach Trabekulektomie – Klassifikation, Histopathologie, Wundheilungsprozeß. *Ophthalmologie* 1998; 95: 380-387
92. Picht G, Mutsch Y, Grehn F. Nachbetreuung von Trabekulektomien. Komplikationen und therapeutische Konsequenzen. *Ophthalmologie* 2001; 98: 629-634
93. Quigley HA. Open-angle glaucoma. *N Engl J Med* 1993; 328: 1097 – 1106
94. Quigley HA, Nickells RW, Kerrigan LA, Pease ME, Thibault DJ, Zack DJ. Retinal ganglion cell death in experimental glaucoma and after axotomy occurs by apoptosis. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1995; 36: 774-786
95. Quigley HA. Number of people with glaucoma worldwide. *Br J Ophthalmol* 1996; 80: 389-393
96. Richter CU, Shingleton BJ, Bellows AR, Hutchinson BT. The development of encapsulated filtering blebs. *Ophthalmology* 1988; 95(9): 1163 – 8

97. Ridgway AEA, Rubinstein K, Smith VH. Trabeculectomy – a study of 86 cases. Br J Ophthalmol 1972; 56: 511 – 6
98. Ridgway AEA. Trabeculectomy – a follow-up study. Br J Ophthalmol 1974; 58: 560 – 566
99. Salvo EC Jr, Luntz MH, Medow NB. Use of viscoelastics post trabeculectomy: a survey of members of the American Glaucoma Society. Ophthalmic Surg Lasers 1999; 30: 271-275
100. Sanchez E, Schnyder CC, Sickenberg M. Deep sclerotomy: results with and without collagen implant. Int Ophthalmol 1997; 20: 157-162
101. Sachs L. Angewandte Statistik: Anwendung statistischer Methoden. 1992, 7. Aufl., Berlin, Heidelberg, New York: Springer
102. Shaffer RN. A suggested anatomic classification to define the papillary block glaucomas. Invest Ophthalmol 1973; 12: 540-542
103. Schulz JS. Initial treatment of glaucoma: surgery or medications. Chop or drop? Surv Ophthalmol 1993; 37:304 – 5
104. Schwenn O, Dick B, Pfeiffer N. Trabekulektomie, Tiefe Sklerotomie und Viskokanalostomie, nicht fistulierende mikrochirurgische Glaukomoperationen ab externo. 1998; 95: 835-843
105. Seah SKL, Prata JA, Minckler DS, Baerveldt G, Lee PP, Heuer DK. Hypotony following trabeculectomy. J Glaucoma 1995; 4: 73 – 79
106. Sherwood MB, Migdal CS, Hitchings RA. Initial treatment of glaucoma: surgery or medications. Filtration surgery. Surv Ophthalmol 1993; 37: 293 – 299
107. Shields MB, Krieglstein GK. Glaukom – Grundlagen – Differentialdiagnose – Therapie. Springer, Berlin, Heidelberg, New York 1993;

108. Shaarawy T, Nguyen C, Schnyder C, Mermoud A. Five year results of viscocanalostomy. *Br J Ophthalmol* 2004; 203; 87: 441 – 445
109. Sharir M, Zimmermann TJ. Initial treatment of glaucoma: surgery or medications. Medical therapy. *Surv Ophthalmol* 1993; 37: 299 – 304
110. Shingelton BJ. Management of the failure glaucoma filter. *Ophthalmic Surg Lasers* 1996; 27: 445 – 451
111. Singh K, Mehta K, Shaikh NM. Trabeculectomy with intraoperative Mitomycin C versus 5-Fluorouracil. Prospective randomized clinical trial. *Ophthalmology* 2000; 107:3205 – 9
112. Smith RJH. Medical versus surgical therapy in glaucoma simplex. *Br J Ophthalmol* 1972; 56:277 – 83
113. Smith RJH. The Lang Lecture 1986. The enigma of primary open-angle glaucoma. *Trans Ophthalmol Soc UK* 1986; 105: 618 – 633
114. Sommer A, Tielsch JM, Katz J, Quigley HA, Gottsch JD, Javitt J, Singh K. Relationship between intraocular pressure and primary open angle glaucoma among white and black Americans. The Baltimore Eye Survey. *Arch Ophthalmol* 1991; 109: 1090 – 1095
115. Spaeth GL, Mutlukan E. The use of antimetabolites with trabeculectomy: a critical appraisal. *J Glaucoma* 2001; 10: 145 – 51
116. Stegmann R, Pienaar A, Miller D. Viscocanalostomy for open-angle glaucoma in black African patients. *J Cataract Refract Surgery* 1999; 25: 316 – 323
117. Thomas JV, Simmons RJ, Belcher CD. Argon laser therapy trabeculoplasty in the presurgical glaucoma patient. *Ophthalmology* 1982; 89: 187 – 97
118. Thyer HW, Wilson P. Trabeculectomy. *Br J Ophthalmol* 1972; 56: 37 – 40

119. Thylefors B, Negrel AD, Pararajasegarma R. Epidemiologic aspects of global blindness prevention. *Curr Opin Ophthalmol* 1992; 3: 824 – 834
120. Thylefors B, Negrel AD. The global impact of glaucoma. *Bull World Health Org* 1994; 72: 323 – 326
121. Thylefors B, Negrel AD, Pararajasegaram R, Dadzie KY. Global data on blindness. *Bull WHO* 1995; 1: 115 – 121
122. Van Buskirk EM. Trabeculectomy without conjunctival incision. *Am J Ophthalmol* 1992; 113: 145 – 153
123. Van Buskirk EM. Cysts of Tenon's capsule following filtration surgery. *Am J Ophthalmol* 1982; 94: 522 – 7
124. Watson PG. Trabeculectomy: a modified ab externo technique. *Ann Ophthalmol* 1970; 2: 199 – 205
125. Watson PG, Barnett F. Effectiveness of Trabeculectomy in glaucoma. *Am J Ophthalmol* 1975; 79: 831 – 45
126. Watson PG, Jakeman C, Oztürk M. The complications of trabeculectomy (a 20 year follow-up). *Eye* 1990; 4: 425 – 438
127. Weih LM, Nanjan M, McCarty CA, Taylor HR. Prevalence and predictors of open-angle glaucoma: results from the visual impairment project. *Ophthalmology* 2001; 108: 1966 – 1972
128. Weinreb RN. Adjusting the dose of 5 – fluorouracil after filtering surgery to minimize side effects. *Ophthalmology* 1987; 94:564 – 570

129. Welsh NH, DeLange J, Wassermann P, Ziemba SL. The „deroofing“ of Schlemm’s canal in patients with open-angle glaucoma through placement of a collagen drainage device. *Ophthalmic Surg Lasers* 1998; 29:216 – 226
130. Whittaker KW, Moltano AC, Bevin TH. Otago Glaucoma Surgery outcome study. Atypical late failure of drainage following clear cornea trabeculectomy. *Clin Experiment Ophthalmol* 2003; 31: 129 – 132
131. Wirbelauer C, Karandish A, Häberle H, Pham DT. Optical coherence tomography in malignant glaucoma following filtration surgery. *Br J Ophthalmol* 2003; 87: 952 – 955
132. Wirbelauer C, Fischer – Schießl E, Zöllner F, Pham DT. Die gedeckte Sklerotomie als fistulierende Glaukomoperation. *Klin Monatsblatt Augenheilkunde* 2006; 147 – 153
133. Wise JB, Witter SL, Argon laser therapy for open-angle glaucoma; a pilot study. *Arch Ophthalmol* 1979; 97: 319 – 22
134. Yalvac IS, Sahin M, Eksioğlu U, Midillioglu IK, Aslan BS, Duman S. Primary viscocanalostomy versus trabeculectomy for primary open-angle glaucoma. Three year prospective randomized clinical trial. *J Cataract Refract Surg* 2004; 2050 – 2057
135. Yamashita H, Eguchi S, Yamamoto T, Shirato S, Kitazawa Y. Trabeculectomy: A prospective study of complications and results of long-term follow-up. *Jpn. J Ophthalmol* 1985; 29: 250 – 262
136. Zimmermann TJ, Kooner KS, Ford VJ. Trabeculectomy versus nonpenetrating trabeculectomy: a retrospective study of two procedures in phakic patients with glaucoma. *Ophthalmic Surg* 1984; 15: 734 – 740
137. Zaidi AA. Trabeculectomy: A review and a 4 year follow-up. *Br J Ophthalmol* 1980; 64: 436 – 9

## 9. Anhang

### 9.1 Sickerkissenmorphologie (nach Grehn)

Standardisierte Kriterien der Sickerkissenbeurteilung

(nach Picht, Grehn. Ophthalmologie 1998; 95: 380- 387)

→ Morphologische Leitstrukturen

1. Ausmaß der Vaskularisation
2. Auftreten von korkenzieherartigen geschlängelten Gefäßen
3. Abgrenzung des Sickerkissens
4. Vorwölbung des Sickerkissens
5. Auftreten von Mikrozysten
6. Transparenz des Sickerkissens
7. Verschieblichkeit der Bindehaut und Tenon
8. Dichtigkeit des Sickerkissens (Seidel – Test, Fluoreszin)

Günstige Zeichen (funktionstüchtige Filterzone):

- Mikrozysten
- Flaches Auslaufen des Sickerkissens mit diffusen Außengrenzen
- Mäßige Vorwölbung
- Geringe Vaskularisation
  
- Transparenz

Ungünstige Zeichen (Filterzone mit Vernarbungstendenz):

- Vermehrte Vaskularisation
- Korkenziehergefäße (= Kontraktion der kollagenen Fibrillen)
- Narbige Abgrenzung der Ränder des Sickerkissens
- Rückgang der Transparenz des Sickerkissens
- Verschieblichkeit der Bindehaut über Tenon (= beginnende Tenon-Zyste)
- Monozystisches Sickerkissen (Abkapselung)

# Fotobeispiele der Sickerkissenmorphologien [Grehn 2008]:

## Grad der Vaskularisation:



Avaskulär

beginnend

fortgeschritten

massiv

## Grad der Korkenziehergefäße:

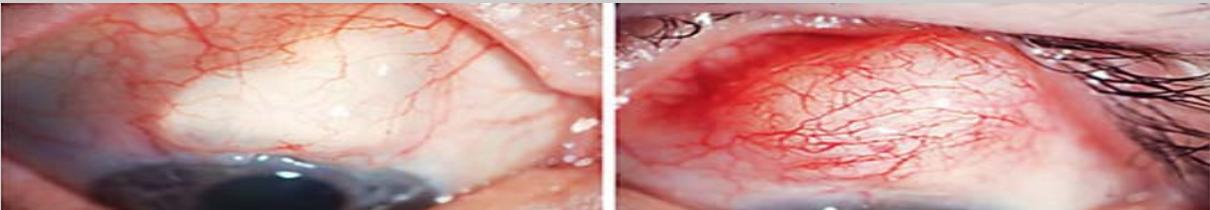


beginnend

mäßig

hochgradig

## Grad der Sickerkissen-Verkapselung:



beginnende Verkapselung

vollständig abgekapselt

## 9.2 Gesichtsfeldverlust (nach Hodapp)

Verlust – Score nach Hodapp – Anderson – Parish

<b>Kriterien für frühe Gesichtsfelddefekte</b>
1. "Mean Deviation" nicht kleiner als -6dB
2. Im „Pattern Deviation Plot“ weniger als 25% der Punkte unterhalb der 5% Schwelle und weniger als 15% der Punkte unterhalb der 1% Schwelle
3. Kein Punkt innerhalb des Zentralen 5° Gesichtsfeldes mit einer Sensitivität >15 dB
<b>Kriterien für moderate Gesichtsfelddefekte</b>
1. "Mean Deviation" nicht kleiner als -6dB, aber nicht kleiner als 12 dB
2. Im „Pattern Deviation Plot“ weniger als 50% der Punkte unterhalb der 5% Schwelle und weniger als 25% der Punkte unterhalb der 1% Schwelle
3. Kein Punkt innerhalb des Zentralen 5° Gesichtsfeldes mit einer Sensitivität > 0 dB
4. Nur eine Gesichtsfeldhälfte enthält innerhalb des zentralen 5° Gesichtsfeldes einen Punkt mit einer Sensitivität <15 dB
<b>Kriterien für fortgeschrittene Gesichtsfelddefekte</b>
1. "Mean Deviation" kleiner als -12dB,
2. Im „Pattern Deviation Plot“ mehr als 50% der Punkte unterhalb der 5% Schwelle und weniger als 25% der Punkte unterhalb der 1% Schwelle
3. Alle Punkte innerhalb des Zentralen 5° Gesichtsfeldes mit einer Sensitivität < 0 dB
4. Beide Gesichtsfeldhälften enthalten innerhalb des zentralen 5° Gesichtsfeldes einen oder mehrere Punkte mit einer Sensitivität < 15 dB

## 10. Legende

### Tabellen:

**Tab. 1.** Prävalenz der Glaukome in der Welt

**Tab. 2.** Geschlechtliche Verteilung

**Tab. 3.** Altersverteilung

**Tab. 4.** Verteilung der Diagnosen im Patientenkollektiv und in den O.P. Gruppen

**Tab. 5.** Anzahl der Fälle zu Beginn der Untersuchung und nach einem Jahr

**Tab. 6.** Komplikationen und therapeutische Maßnahmen

**Tab. 7.** Anwendung von statistischen Tests

**Tab. 8.** Mittlerer IOD zu allen Zeitpunkten

**Tab. 8a.** Anzahl der Patienten mit Therapie zu den Zeitpunkten

**Tab. 9.** Absoluter Erfolg zu den Zeitpunkten (in %)

**Tab. 10.** Relativer Erfolg zu den Zeitpunkten (in %)

**Tab. 11.** Anzahl der funktionierenden Sickerkissen

**Tab. 12.** Analyse der günstigen Zeichen der Sickerkissenmorphologie (in %)

**Tab. 13.** Analyse der ungünstigen Zeichen der Sickerkissenmorphologie (in %)

**Tab. 14.** Anzahl der Medikamente im Verlauf

**Tab. 15.** Visus im Verlauf

**Tab. 16.** Gesichtsfeldanalyse gleich vs. schlechter

**Tab. 17.** Auswertung der statischen Perimetrie

**Tab. 18.** Prozentuale Verteilung der Revisionseingriffe

**Tab. 19.** Art und Häufigkeit von Revisionseingriffen im postoperativen Verlauf (in %)

**Tab. 20.** Verteilung von Patienten ohne Komplikationen

**Tab. 21.** Hypotonierate (in %)

**Tab. 22.** Analyse der postoperativen Komplikationen am 1. Tag (in %)

**Tab. 23.** Analyse der postoperativen Komplikationen am 4. Tag (in %)

## **Abbildungen:**

**Abb. 1.** Graphische Darstellung der Anatomie des Kammerwinkels und der Physiologie des Kammerwassers.

**Abb. 2.** Schematische Durchführung der gedeckten Sklerotomie als fistulierende Glaukomoperation.

**Abb. 3.** Verlauf des intraokularen Druckes über 1 Jahr nach Trabekulektomie (TE), gedeckter Sklerotomie (ST) und zusätzlicher Gabe eines Viskoelastikums (ST+H). Boxplot mit der grafischen Darstellung des Medians (horizontaler Strich), des 25 und 75% Perzentils (Box) sowie des 10 und 90% Perzentils (obere und untere Striche).

**Abb. 4.** Druckänderung in mmHg über 1 Jahr nach Trabekulektomie (TE), gedeckter Sklerotomie (ST) und zusätzlicher Gabe eines Viskoelastikums (ST+Healon). Boxplot mit der grafischen Darstellung des Medians (horizontaler Strich), des 25 und 75% Perzentils (Box) sowie des 10 und 90% Perzentils (obere und untere Striche).

**Abb. 5.** Druckänderung in % über 1 Jahr nach Trabekulektomie (TE), gedeckter Sklerotomie (ST) und zusätzlicher Gabe eines Viskoelastikums (ST+Healon). Boxplot mit der grafischen Darstellung des Medians (horizontaler Strich), des 25 und 75% Perzentils (Box) sowie des 10 und 90% Perzentils (obere und untere Striche).

**Abb. 6.** Kumulative Wahrscheinlichkeit der Druckregulation (IOD < 21 mmHg ohne Therapie) über ein Jahr (Kaplan-Meier-Analyse, log rank-Test).

**Abb. 7.** Kumulative Wahrscheinlichkeit der Druckregulation (IOD < 21 mmHg mit Therapie) über ein Jahr (Kaplan-Meier-Analyse, log rank-Test).

**Abb. 8.** Anzahl der Medikamente im Verlauf über 1 Jahr nach Trabekulektomie (TE), gedeckter Sklerotomie (ST) und zusätzlicher Gabe eines Viskoelastikums (ST+Healon). Boxplot mit der grafischen Darstellung des Medians (horizontaler Strich), des 25 und 75% Perzentils (Box) sowie des 10 und 90% Perzentils (obere und untere Striche).

**Abb. 9.** Verlauf des Visus über 1 Jahr nach Trabekulektomie (TE), gedeckter Sklerotomie (ST) und zusätzlicher Gabe eines Viskoelastikums (ST+Healon). Boxplot mit der grafischen

Darstellung des Medians (horizontaler Strich), des 25 und 75% Perzentils (Box) sowie des 10 und 90% Perzentils (obere und untere Striche).

**Abkürzungen:**

5 - FU	5 – Fluorouracil
A	Areal
Re-OP	Revisionsoperation
Abb.	Abbildung
AH	Aderhaut
asb	Leuchtdichte
ATP	Adenosin Triphosphat
C/D Ratio	Cup disc ratio
cd / m <sup>2</sup>	Candela
cm	Zentimeter
d	Leseabstand
D	Sollabstand
db	Dezibel
E	Lichtempfindlichkeit
EWG	Engwinkelglaukom
F	Fläche
F/N	Falschnegativ
GF	Gesichtsfeld
Ggf.	gegebenenfalls
l	Liter
IOD	Intraokularer Druck
Lmax	Maximale Reizintensität
Lmin	Minimale Reizintensität
m	Meter
MD	Mean deviation
min	Minute
MMC	Mitomycin C
mmHg	Millimeter Quecksilbersäule
n	Anzahl
NPE	Nicht – pigmentierte Epithelzellen
p	Signifikanz

P	Kraft
PCOWG	Primäres Chronisches Offenwinkel Glaukom
PE	Pigmentierte Epithelzellen
PEX	Pseudoexfoliations Syndrom
Postop.	Postoperativ
ppV	Pars plana Vitrektomie
Prä – op	Präoperativ
PSD	Pattern standard deviation
SF	Short term fluctuation
SIT	Small Incision Trabeculectomy
SITA	Swedish Interactive Threshold Algorithm
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences
ST	Gedekte Sklerotomie
ST + H	Gedekte Sklerotomie mit Healon
Tab.	Tabelle
TE	Trabekulektomie
TM	Trabekelmaschenwerk
VK	Vorderkammer

## **11. Danksagung**

Ich danke meinem Doktorvater P.D. Dr. med. Christopher Wirbelauer für die freundliche Bereitstellung dieses Themas. Ich danke ihm für seine Zuverlässigkeit und Unterstützung während dieser Arbeit.

Außerdem möchte ich Prof. Dr. med. D.T. Pham, Leiter der Klinik für Augenheilkunde des Vivantes Klinikum Neukölln, danken.

Ich danke meinen Eltern, meiner Schwester sowie meiner Frau Annabelle für ihre Geduld und ihre Unterstützung.

## 12. Eidesstattliche Erklärung

Ich, Felix Zöllner, erkläre, dass die hier vorgelegte Dissertationsschrift mit dem Thema: „Die Gedeckte Sklerotomie als fistulierende Glaukomoperation“ selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt, ohne die (unzulässige) Hilfe Dritter verfasst und auch in Teilen keine Kopien anderer Arbeiten dargestellt habe.

Diese Arbeit wurde bisher keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Ich bin mir bewusst, dass eine unwahre Erklärung rechtliche Folgen haben wird.

Auszüge dieser Arbeit wurden publiziert: Klinisches Monatsblatt der Augenheilkunde 2006 Feb; 223 (2): 147 – 153.

Datum

Unterschrift

Felix Zöllner

## **13. Lebenslauf**

Der Lebenslauf darf in der elektronischen Version aus Datenschutzgründen nicht aufgeführt werden.