

# Minimal-invasive Kammerwinkelchirurgie: Das Trabektom

Jens F. Jordan, Matthias Neuburger, Thomas Reinhard  
Freiburg

*Zusammenfassung: Mit dem Trabektom wird unter gonioskopischer Kontrolle gezielt das juxtakanalikuläre Trabekelmaschenwerk elektroabladiert. Somit werden die Kollektorkanäle der skleralen Wand des Schlemm-Kanals als Abflussgaranten für das Kammerwasser minimal-invasiv freigelegt. Mit dem Trabektom ist eine Augeninnendrucksenkung von zirka 35 % bei gleichzeitiger Reduzierung der erforderlichen Medikamentenanzahl zu erreichen. Ernste Komplikationen wurden bislang nicht berichtet. Die chirurgischen Vorteile des Trabektoms wie Clear-cornea-Zugang, unberührte Bindehaut, oder kurze Operation in Lokalanästhesie, rechtfertigen den besonderen Stellenwert dieser Methode in der Glaukomchirurgie – nicht als Konkurrenz zur fistulierenden Chirurgie, sondern als ergänzende, minimal-invasive Option für Patienten mit Offenwinkelglaukom mit konservativ nicht suffizient zu senkendem Augeninnendruck und moderatem Sehnervenschaden. Die eigenen Erfahrungen unterstreichen die gute Durchführbarkeit der kombinierten Trabektom-Kataraktchirurgie.*

*OPHTHALMO-CHIRURGIE 23: 167–171 (2011)*

*Summary: The Trabectome is an electro-surgical device to remove the juxtacanalicular trabecular meshwork under gonioscopic control. Thus, the collector channels of the scleral wall of Schlemm's canal as guarantees of aqueous humor outflow are exposed with this minimally invasive method. With the Trabectome, an IOP reduction of about 35 % can be achieved while simultaneously reducing the required number of drugs. Serious complications have not yet been reported. The surgical advantages of the Trabectome, such as clear-cornea access, untouched conjunctiva, or the short operation under local anesthesia justify the particular importance of this method in glaucoma surgery – not as a rival to filtration surgery, but as a first step option for patients with uncontrolled IOP and moderate optic nerve damage. Our own experience reinforces the good feasibility of the combined Trabectome cataract surgery.*

*OPHTHALMO-CHIRURGIE 23: 167–171 (2011)*

Das juxtakanalikuläre Trabekelmaschenwerk ist als physiologisch dynamisches Gewebe dem Schlemm-Kanal vorgelagert. Der Schlemm-Kanal misst in Tiefe x Höhe zirka 150 x 300  $\mu\text{m}$ . An der Rückseite des Schlemm-Kanals befinden sich zirkulär verteilt ungefähr 30 Kollektorkanäle, welche mit dem episkleralen Gefäßsystem kommunizieren, worüber wiederum das Kammerwasser resorbiert wird [15].

Morphologische Veränderungen des juxtakanalikulären Trabekelmaschenwerkes konnten beim primären Offenwinkelglaukom (POWG) und bei sekundären Offenwinkelglaukomen auf zellulärer Ebene nachgewiesen und charakterisiert werden [14]. Das Trabekelwerk verliert seine Elastizität und Dynamik, der Abflusswiderstand und somit der Augeninnendruck steigt.

In den letzten Jahren wurden stets neue kammerwinkelchirurgische Methoden entwickelt, um den intraokularen Druck (IOD) durch eine Umgehung dieses Abflusswiderstandes zu senken.

## Das Trabektom: Vorgehen und Vorteile

Mit dem Trabektom wird gezielt das juxtakanalikuläre Trabekelmaschenwerk über mehrere Uhrzeiten entfernt. Es wird somit eine direkte Verbindung zu den Kollektorkanälen der skleralen Rückwand des Schlemm-Kanals hergestellt.

Das Trabektom besteht aus einer Einheit mit Rollenpumpe und einem Elektrogenerator. Das Trabektom-Handstück (Abbildung 1) beinhaltet einen Irrigationszufluss zur Stabilisierung der Vorderkammer (19,5 Gauge) und zur Kühlung, und eine Aspiration für das abladierte Gewebe (vorderer Anteil des Handstücks: 25 Gauge).

Das Trabektom bietet folgende chirurgische Vorteile:

- Kurze Operation in Tropfanästhesie
- Minimal-invasiver 1,7 mm Clear-cornea-Zugang: Bindehaut unberührt



- Operation unter direkter gonioskopischer Sicht
- Gezielte Elektroablation des juxtakanalikulären Trabekelmaschenwerkes

Intraoperativ wird der Kammerwinkel mit Hilfe einer modifizierten Swan-Jacobsen-Lupe gonioskopisch dargestellt und das juxtakanalikuläre Trabekelwerk unter Sicht durch Elektroablation gezielt entfernt, und zwar über die gesamte Höhe von zirka 300  $\mu\text{m}$  (Abbildung 2). Dies macht im Gegensatz zur konventionellen Trabekulotomie oder Goniotomie ein postoperatives Verkleben der Wundränder unmöglich. Die isolierende Fußplatte des Trabektom-Handstückes wird dabei als Schutz der skleralen Wand und der Kollektorkanäle im Schlemm-Kanal geführt. Üblicherweise wird eine Energie von 0,6–0,9 W benötigt [10].

Intraoperativ treten bei nahezu allen Patienten milde Refluxblutungen aus den dadurch gut zu identifizierenden Kollektorkanälen auf. Diese zeigen die chirurgisch hergestellte, direkte Kommunikation mit dem episkleralen Gefäßsystem an. Dies ist möglicherweise als positiver Indikator für den Operationserfolg zu werten [4].

Die Bindehaut, die essentiell ist für den Erfolg der Filtrationschirurgie, bleibt unberührt; eine Operation mit dem

Standard Trabekulektomie ist folglich, sofern erforderlich, später ohne prognostische Einschränkung möglich.

Lokale Steroide und Pilocarpin sind postoperativ für mehrere Wochen erforderlich, um die Iris vom Wundspalt fernzuhalten und entzündlich bedingte Goniosynechierungen zu verhindern.

### Ergebnisse aus der Literatur: Halbierung des Drucks

Die überwiegend aus den USA stammenden Patientendaten beruhen mittlerweile auf 1878 operierten Augen mit primärem Offenwinkelglaukom, PEX-Glaukom, Pigmentglaukom, uveitischem Sekundärglaukom und Normaldruckglaukom [12]. Bei 1151 Augen wurde ein alleiniger drucksenkender Eingriff mittels Trabektom durchgeführt, bei 691 Augen wurde das Trabektom mit der Kataraktoperation kombiniert.

In der reinen Glaukom-Gruppe betrug der Ausgangs-Augeninnendruck  $26 \pm 8$  mmHg unter im Mittel 3 drucksenkenden Medikamenten. Der IOD lag nach 1 Jahr Verlaufsbeobachtung bei  $17 \pm 4$  mmHg ( $n=660$ ; -35%), nach 2 Jahren bei  $16,5 \pm 5$  mmHg ( $n=248$ ; -36%), sowie nach

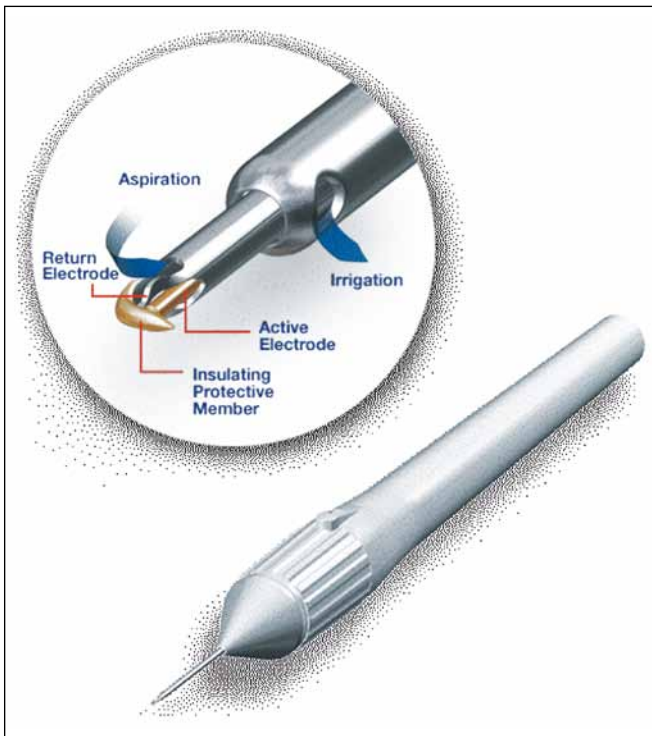
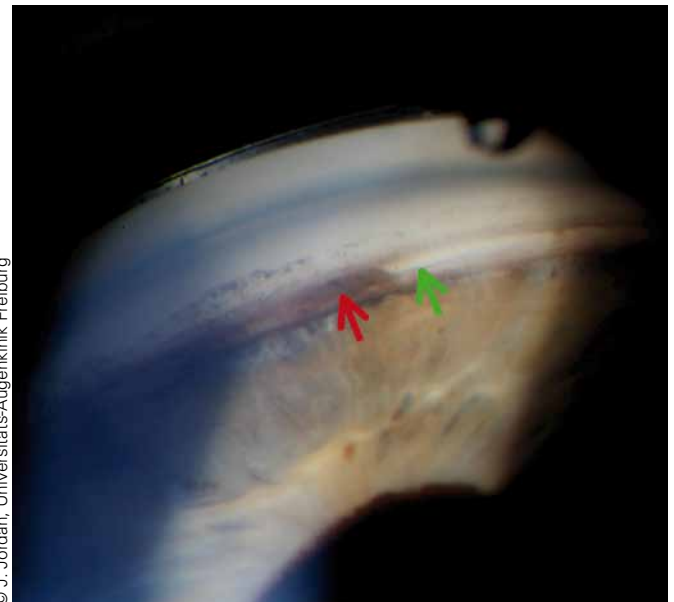


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Trabektom-Handstückes



© J. Jordan, Universitäts-Augenklinik Freiburg

Abbildung 2: Gonioskopischer Befund nach Entfernen des Trabekelmaschenwerkes mit dem Trabektom: Das noch vorhandene Trabekelwerk imponiert pigmentiert (roter Pfeil), die mit dem Trabektom freigelegte Rückwand des Schlemm-Kanals erscheint über die nahezu gesamte Breite des juxtakanalikulären Trabekelwerkes als weißes Band (grüner Pfeil).



3 Jahren bei  $16 \pm 3$  mmHg ( $n=99$ ;  $-38\%$ ). Die Medikation konnte auf  $n=1,4$  halbiert werden. Insbesondere beim primären Offenwinkelglaukom konnte die Medikamentenanzahl nach einer Latenz von zirka 12 Monaten nochmals weiter reduziert werden.

Bei den 691 kombiniert operierten Augen wurde bei einem Ausgangs-IOD von 20 mmHg unter 3 Medikamenten eine mittlere Drucksenkung auf 16 mmHg ( $-20\%$ ) unter 1,7 Medikamenten ( $-43\%$ ) nach 1 und 3 Jahren erreicht [12]. Dies deckt sich mit weiteren Daten aus der Literatur [3]. 79% der Patienten wiesen intraoperative Refluxblutungen aus den Kollektorkanälen auf, 8% der Patienten zeigten Druckspitzen postoperativ, 16,5% mussten erneut glaukomchirurgisch versorgt werden. Trabektom-spezifische Komplikationen wurden nicht beobachtet.

### **Trabektom: Indikationenstellung**

Der Einsatz des Trabektoms ist bei phaken, pseudophaken und aphaken Patienten mit Offenwinkelglaukom, Pseudoexfoliationsglaukom, Pigmentglaukom, Myopieglaukom, Steroidglaukom, mit Einschränkung bei dysgenetisch verändertem Kammerwinkel und, vorrangig zur Reduktion der benötigten Anzahl der Augentropfen, auch bei Normaldruckglaukom indiziert. Es dürfen keine kammerwinkelchirurgischen Eingriffe vorangegangen sein. Der Kammerwinkel muss gonioskopisch gut darstellbar sein.

Die Patienten sollten einen Ziel-Augeninnendruck von 14–18 mmHg anstreben können (moderater Papillenschaden), sie dürfen keine absolute Medikamentenunverträglichkeit aufweisen.

### **Stellenwert des Trabektoms in der Glaukomchirurgie: Ergänzung zu fistulierender Chirurgie**

Besonders betont werden soll, dass die Durchführung einer Trabektom-Operation nicht mit einer möglicherweise später notwendig werdenden Filtrationschirurgie (Trabekulektomie) interferiert, da durch den Clear-cornea-Zugang die Bindehaut unberührt bleibt. Das Trabektom nimmt somit in der Stufentherapie des Glaukoms eine Sonderstellung ein: Es ist sowohl von den Ergebnissen, als auch chirurgisch-anatomisch nicht als Konkurrenz, sondern als Ergänzung zur Option der fistulierenden Chirurgie zu sehen: dies als chirurgische Option sowohl vor der fistulierenden Chirurgie, als auch zur IOD-Regulierung nach Vernarben eines Filterkissens.

### **Eigene Ergebnisse mit Trabektom: Augeninnendruck im Mittel um 32% gesenkt**

Seit Juni 2009 wird das Trabektom an der Universitäts-Augenklinik Freiburg als erstem europäischem Trabektomzentrum eingesetzt. Bislang wurden hier über 200 Patienten mit dem Trabektom operiert, vor allem Patienten mit POWG, mit PEX-Glaukom, Pigmentglaukom, Myopieglaukom, Normaldruckglaukom, und Patienten mit dysgenetisch verändertem Kammerwinkel.

Die Operation erfolgt bevorzugt in Tropfbetäubung mit intrakameraler Gabe von Lidocain. Ernste unerwünschte Nebenwirkungen traten bei den Patienten weder intraoperativ noch postoperativ auf.

Eine erste statistische Auswertung mit ausreichend langer Verlaufsbeobachtung umfasst die ersten 120 Augen von 115 Patienten. Der präoperative Augeninnendruck betrug  $25 \pm 6$  mmHg unter im Mittel 2 Medikamenten. Am ersten postoperativen Tag lag der IOD bei  $13 \pm 6$  mmHg, nach einer mittleren Verlaufsbeobachtung von 313 Tagen bei  $17 \pm 2$  mmHg unter 1,5 topischen Medikamenten und nach 6 Monaten bei 17 mmHg unter 1 Medikament (vgl. auch [7]). Die Rate erforderlicher Nachoperationen bei ungenügender Drucksenkung lag im gesamten Patientenkollektiv bei 10%. Bei akut dekompensierten Druckwerten wurde in diesen Fällen eine Trabekulektomie mit Mitomycin C bei unberührter Bindehaut durchgeführt.

Nach unseren bisherigen Daten konnte somit der Augeninnendruck im Mittel um 32% gesenkt werden, dies bei reduzierter Medikamentenanzahl. Eine Untergruppenanalyse zeigte bislang den besten drucksenkenden Effekt bei PEX-, Pigment- und Steroidglaukomen ( $-37\%$ ). Die Reduktion der Medikamente zeigte sich bei Patienten mit Normaldruckglaukom am höchsten ( $-58\%$ ).

### **Trabektom: Bindehaut bleibt unberührt, Wundränder verkleben nicht**

Das Prinzip der Kammerwinkelchirurgie mit dem Trabektom entspricht aus chirurgischer Sicht einer konventionellen Trabekulotomie, Goniotomie oder Goniokurettage. Jedoch wird beim Trabektom im Gegensatz zur Trabekulotomie ab-externo die Bindehaut nicht „verbraucht“, auch ist durch die definierte Fußplatte die Eindringtiefe ins Gewebe definiert, dies im Gegensatz zu der ebenfalls gonioskopisch durchgeführten Goniotomie oder Goniokurettage [6]. Dass die weit auseinander liegenden Wundränder postoperativ nicht verkleben und konsekutiv auch nicht vernarben können, verhindert eine iatrogene Erhö-

hung des Abflusswiderstandes und ist so ein weiterer Vorteil des Trabektoms. Kammerwinkelchirurgische Verfahren sind beim adulten Glaukom besonders für die kombinierte Katarakt-Glaukom-Operation eine wertvolle Option mit häufig geringem intra- und postoperativem Risiko. Dies wurde untersucht für die klassische Trabekulotomie ab-externo beim adulten Offenwinkelglaukom [11], sowie in mehreren Ansätzen der sogenannten trabekulären Bypass-Chirurgie [1, 2, 5]. Die meisten der Verfahren oder Kammerwinkel-Implantate konnten sich jedoch bislang nicht in der klinischen Praxis etablieren.

### Kanaloplastik versus Trabekulektomie: Zur Bewertung Langzeitdaten abwarten

In der nicht-fistulierenden Glaukomchirurgie wird derzeit auch die Kanaloplastik diskutiert. Hierbei wird ab-externo (mit Eröffnen der Bindehaut und Sklerapräparation) ein 10-0 Prolene-Faden in den Schlemm-Kanal eingeführt,

welcher unter Spannung gesetzt und dort belassen wird. Die ersten Studien berichten eine mittlere Drucksenkung von 30 % für die Kanaloplastik alleine, und für die kombinierte Katarakt-Kanaloplastik eine Drucksenkung von 40 % nach 1 bzw. 2 Jahren, dies bei einem Ausgangs-IOD in beiden Gruppen von 24 mmHg. Die Anzahl topischer Medikamente konnte um 70 % bzw. um knapp 90 % bei kombinierter Chirurgie reduziert werden. Als Komplikationen wurden Hyphäma, Descemet-Risse, choroidale Effusion, Druckdekompensation ebenso wie Hypotonie, Fadendurchwanderung in die Vorderkammer sowie uveitischer Reiz berichtet [8, 9, 13].

Die Ergebnisse der Kanaloplastik scheinen ermutigend, jedoch liegen noch keine Langzeitdaten in Bezug auf die Augeninnendrucksenkung und insbesondere auf die Biokompatibilität des im Auge verbleibenden Fadens vor. Da bei der Kanaloplastik Bindehaut „verbraucht“ wird, werden die Ergebnisse den Vorzug vor einer Trabekulektomie rechtfertigen müssen.

### Literatur

1. Dietlein TS, Jordan J, Lueke C, Krieglstein GK (2008) Modern concepts in antiglaucomatous implant surgery. Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol 246: 1653–1664
2. Dietlein TS, Schild A, Rosentreter A, Jordan JF, Krieglstein GK (2009) Trabekuläre Bypasschirurgie beim Glaukom. Ophthalmologie 106: 161–163
3. Francis BA, Minckler D, Dustin L, Kawji S, Yeh J, Sit A, Mosaed S, Johnstone M (2008) Combined cataract extraction and trabeculotomy by the internal approach for coexisting cataract and open-angle glaucoma: initial results. J Cataract Refract Surg 34: 1096–1103
4. Grieshaber MC, Pienaar A, Olivier J, Stegmann R (2010) Clinical evaluation of the aqueous outflow system in primary open-angle glaucoma for canaloplasty. Invest. Ophthalmol. Vis Sci 2010 51: 1498–1504
5. Herdener S, Pache M (2007) Minimal-invasive Glaukomchirurgie: Excimer-Laser-Trabekulotomie. Ophthalmologie 104: 730–732
6. Jacobi PC, Dietlein TS, Krieglstein GK (1997) Technique of goniosurettage: a potential treatment for advanced chronic open angle glaucoma. Br J Ophthalmol 81: 302–307
7. Jordan JF, Neuburger M, Reinhard T (2010) Minimalinvasive Kammerwinkelchirurgie. Das Trabektom. Ophthalmologie 107: 855–860
8. Lewis RA, von Wolff K, Tetz M, Koerber N, Kearney JR, Shingleton B, Samuelson TW (2007) Canaloplasty: circumferential viscodilatation and tensioning of Schlemm's canal using a flexible microcatheter for the treatment of open-angle glaucoma in adults: interim clinical study analysis. J Cataract Refract Surg 33: 1217–1226
9. Lewis RA, von Wolff K, Tetz M, Koerber N, Kearney JR, Shingleton BJ, Samuelson TW (2009) Canaloplasty: circumferential viscodilatation and tensioning of Schlemm canal using a flexible microcatheter for the treatment of open-angle glaucoma in adults: two-year interim clinical study results. J Cataract Refract Surg 35: 814–824
10. Liu J, Jung J, Francis BA (2009) Ab interno trabeculotomy: Trabectome surgical treatment for open-angle glaucoma. Expert Rev Ophthalmol 4: 119–128
11. Lüke C, Dietlein TS, Lüke M, Konen W, Krieglstein GK (2008) A prospective trial of phaco-trabeculotomy combined with deep sclerectomy versus phaco-trabeculectomy. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 246: 1163–1168
12. Minckler D, Dustin L, Mosaed S, Francis B (2010) Trabectome Update 2004–2010. Poster, American Glaucoma Society
13. Shingleton B, Tetz M, Koerber N (2008) Circumferential viscodilatation and tensioning of Schlemm canal (canaloplasty) with temporal clear corneal phacoemulsification cataract surgery for open-angle glaucoma and visually significant cataract: one-year results. J Cataract Refract Surg 34: 433–440
14. Tektas O, Lütjen-Drecoll E (2009) Structural changes of the trabecular meshwork in different kinds of glaucoma. Exp. Eye Res 88: 769–775
15. Toris CB (2003) Aqueous Humor Dynamics. In: Glaucoma – Science and Practice (Hrsg: Morrison J, Pollack I) Thieme, Stuttgart/New York, S. 70–80

	<p><b>Kurs: Minimalinvasive Glaukomchirurgie</b>  <b>Samstag, 21. Mai 2011</b>  <b>16.00 Uhr, Saal Krakau</b></p>
---	---

Korrespondenzadresse:

PD Dr. med. Jens F. Jordan  
 Universitätsaugenklinik  
 Killianstr. 5, 79106 Freiburg  
 E-Mail: jens.jordan@uniklinik-freiburg.de