

# ophta



Schweizerische Fachzeitschrift für augenärztliche Medizin und Technologie mit Mitteilungen SOG  
Revue suisse spécialisée pour la médecine et les technologies ophtalmologiques  
avec les informations SSO

## Nachdruck

Vordersegment Swept Source OCT  
Fallbeispiele anhand des Casia 2 OCT

*Prof. Dr. med. Jörg Stürmer, Winterthur, und  
Prof. Dr. med. Claude Kaufmann, Luzern*

ophta 5 / 6, 2018

## Vordersegment Swept Source OCT

# Nicht nur für Glaukomspezialisten, sondern für alle Ophthalmologen interessant

Jörg Stürmer, Augenklinik Kantonsspital Winterthur; Claude Kaufmann, Augenklinik Kantonsspital Luzern

## Einleitung

Das Standarduntersuchungsgerät des Ophthalmologen ist seit mehr als hundert Jahren die Spaltlampe. Die Dokumentation der Spaltlampenbefunde ist qualitativ und damit subjektiv. Eine objektive Beurteilung und quantitative Messungen sind nicht oder nur begrenzt möglich (etwa mit Zusatzgeräten zur optischen Bestimmung der Hornhautdicke und der Vorderkammertiefe). Die optische Kohärenztomographie ist auf gutem Weg, sich als quantitative und qualitative Untersuchungsmethode als zusätzlicher Standard neben der Spaltlampe zu etablieren.

Die *optical coherence tomography* OCT beruht bekanntermassen auf dem Prinzip der Interferometrie: ein kohärenter Lichtstrahl wird geteilt und hälftig auf das zu untersuchende Gewebe bzw. auf einen Spiegel projiziert. Der von Gewebegrenzschichten zurückgeworfene Untersuchungsstrahl wird anschliessend wieder mit dem vom Spiegel reflektierten Referenzstrahl kombiniert. Die Kombination der beiden unterschiedlichen, kohärenten Strahlen ergibt Interferenzmuster. Aus benachbarten Interferenzmustern einer bestimmten Gewebetiefe wird dann das OCT-Bild errechnet.

Die erste OCT-Technologie, *time domain* OCT, beruht auf einem zeitlich abgestuften Signal: schrittweises Verschieben des Referenzspiegels um eine bekannte Länge entlang des Lichtpfades ergibt eine messbare zeitliche Signalverzögerung und erzeugt Interferenzmuster mit demjenigen Anteil des Untersuchungsstrahles, der eine identische optische Distanz zurückgelegt hat. Das Signal (die Intensität der Interferenz) wird somit zeitlich gestaffelt aus verschiedenen Gewebetiefen erfasst.

Eine alternative OCT-Technologie, *spectral domain* OCT, beruht auf der Analyse der einzelnen spektralen Bestandteile des Lichtsignals: Die Signale einer Breitband-Lichtquelle können aus mehreren Gewebetiefen gleichzeitig in einem Spektrometer erfasst werden, weil der Signalbeitrag einzelner Grenzflächen zu unterschiedlichen spektralen Schwingungskomponenten führt. Da dieses System ohne mechanische Verschiebungen des Spiegels auskommt, ist die Datenerfassungsgeschwindigkeit erheblich höher. Technische Fortschritte auf dem Gebiet der Lichtquellen, der optischen Detektoren und der Datenverarbeitung ermöglichten eine weitere Spielart, das *swept source* OCT: Die Lichtquelle schwingt kontinuierlich durch eine Bandbreite verschiedener Wellenlängen, wobei die niedrigen Wellenlängen für eine tiefe Gewebepenetration und die höheren Wellenlängen für eine axiale Auflösung optimal sind. Das Interferenzsignal wird nicht in einem Spektrometer, sondern in einem einfachen Photodetektor registriert.



**Abb. 1a** Vorderkammer-SS-OCT-Befund beim Gesunden. Der Kammerwinkel ist deutlich sichtbar und offen. SS = Swept Source.



**Abb. 1b** Kammerwinkel beim Gesunden im Detail.

### SS-OCT (Tomey Casia2)

Das Tomey Casia2 stellt ein nur für die Untersuchung des vorderen Segment entwickeltes *swept source* OCT dar. Hierzu werden auf die optische Achse zentrierte radiäre Schnitte in einem 1°-Grad-Abstand gelegt. Die mittlere Wellenlänge im Casia2 liegt bei 1310 nm, also im Infrarotbereich, was eine Eindringtiefe von bis zu 13 mm und eine Abbildung des gesamten vorderen Segmentes ermöglicht. Im Gegensatz zur Ultraschall-Biomikroskopie ist die Darstellung des Ziliarkörpers bzw. des Sulcus iridociliaris jedoch nur partiell möglich. Das Gerät ist in der Lage, 50 000 A-Scans pro Sekunde durchzuführen, so dass die Aufnahmezeiten knappe zwei Sekunden betragen. Dies stellt insbesondere bei der Untersuchung von Kindern oder von Menschen mit Behinderung einen nicht zu unterschätzenden Vorteil dar. Durch die grosse Geschwindigkeit kann eine hohe Samplingrate erreicht werden, so dass eine Auflösung zwischen 10 und 30 Mikrometern erreicht wird. Verschiedene Aufnahme-Modi stehen zur Auswahl: für das Vordere Segment und den Kammerwinkel, für die Hornhauttopographie, für die Linse (grössere Fokustiefe) und zur Analyse von Filterkissen. Im folgenden Beitrag werden die Haupteinsatzgebiete des Vorderkammer-OCTs Tomey Casia2 anhand von Fallbeispielen erläutert, um einen Eindruck zur Vielseitigkeit der Technik zu vermitteln.

### Glaukom

Die Untersuchung von Glaukompatienten, insbesondere bei der Frage nach Winkelblockglaukomen, stellt eine Hauptanwendung des Gerätes dar: die OCT-Untersuchung unterstützt die klinische Abschätzung der möglichen Mechanismen eines Winkelblocks und hat somit direkt therapeutische Konsequenzen.

Die vier Hauptmechanismen des Winkelblockes sind

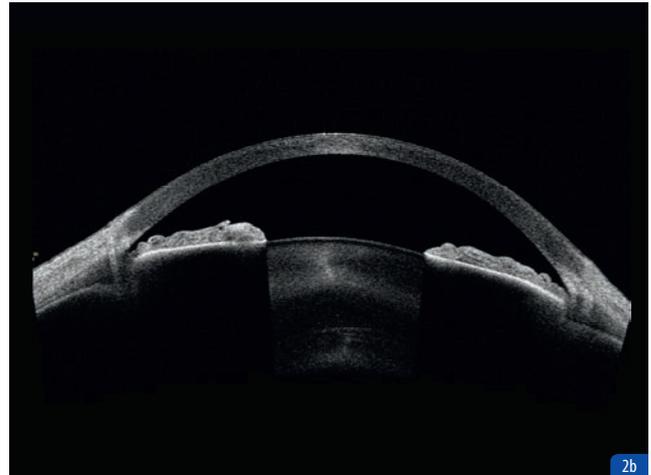
- der Pupillarblock (nach anterior konvexe Iriskonfiguration mit iridolentikulärem Kontakt am Pupillarrand),
- die Iris-en plateau-Konfiguration (steiler Verlauf der Iris von der Basis nach anterior, dann zentral flacher Verlauf der Iris),
- die periphere Irisverdickung (mit prominenten zirkulären Irisfalten),
- eine grosse vulkanartige Vorwölbung der Linse in die Vorderkammer.

Oft können mehrere dieser Ursachen zusammen vorhanden sein. Bei weitem am häufigsten ist jedoch der Pupillarblock.

#### Pupillarblock

Hauptbefund ist die nach anterior konvexe Iris mit iridolentikulärem Kontakt am Pupillarrand. In Abbildung 2a sieht man die Befunde bei einer Patientin mit Verdacht auf primären Winkelblock, die einen eindeutigen Pupillarblock aufweist. Nach der Iridotomie (Abb. 2b) ist die Vorderkammer zentral nur unwesentlich tiefer, die Iriskonfiguration jedoch deutlich besser (praktisch flach) und der Kammerwinkel sowohl temporal als auch nasal wesentlich weiter offen.

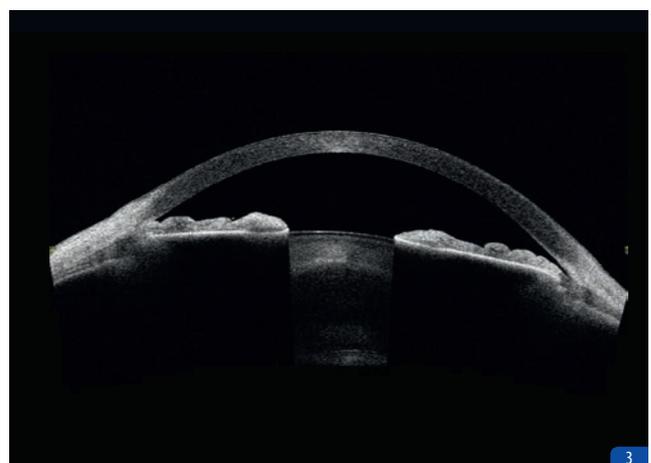
Die Durchgängigkeit der YAG-Laseriridotomie kann mit dem Gerät ebenfalls verifiziert werden. Die Konfigurationsänderung der Iris und die Öffnung des Kammerwinkels sind der beste Beweis für die Durchgängigkeit. →



**Abb. 2a** Typischer Pupillarblock: 67-jährige Patientin mit Verdacht auf primären Winkelblock (angle-closure suspect). Nach anterior konvexe Iris mit iridolentikulärem Kontakt. Im Horizontalschnitt extrem enger Kammerwinkel.



**Abb. 2b** Gleiche Patientin nach YAG-Iridotomie: Die Iris ist nun wieder plan, die Vorderkammertiefe zentral praktisch unverändert, deutlich jedoch der wesentlich weitere Kammerwinkel.



**Abb. 3** Typische Iris-en plateau-Konfiguration bei einer 43-jährigen Patientin unter Miotikadauertherapie. Die Patientin hatte vor 10 Jahren eine YAG-Iridotomie. Auf der rechten Seite sieht man noch die anatomische Variante mit dem steilen Anstieg von der Iriswurzel aus. Die Vorderkammer ist zentral tief, die Iris flach. Auf der linken Seite sieht man einen eindeutig verschlossenen Kammerwinkel.

### Iris-en plateau-Konfiguration

Diese anatomische Variante der Iriskonfiguration ist eher selten. Sie führt zum steilen Anstieg der Iris direkt von der Wurzel ganz in der Nähe des Kammerwinkels. Erst anterior des Kammerwinkels knickt die Iris ab, um praktisch plan bis an die Pupille zu laufen. Die Vorderkammer ist zentral normal tief, trotzdem besteht ein deutliches Risiko für einen Winkelblock. Diese Situation findet sich bei Patienten mit einem Winkelblock vor dem 40. Geburtstag in ungefähr 50% der Fälle.

Abbildung 3 zeigt die Befunde bei Iris-en plateau unter Miotikatherapie. Die Iriskonfiguration lässt den ursprünglichen Mechanismus noch gut erahnen, obwohl korrekterweise eine YAG-Iridotomie durchgeführt wurde, um eine mögliche Pupillarblockkomponente zu entfernen. Eine periphere Iridoplastik mit dem Laser wäre eine gute Alternative zur Dauertherapie mit Miotika, die gerade bei jungen Patienten wegen der Akkommodation unangenehm sein kann.

### Periphere Irisverdickung

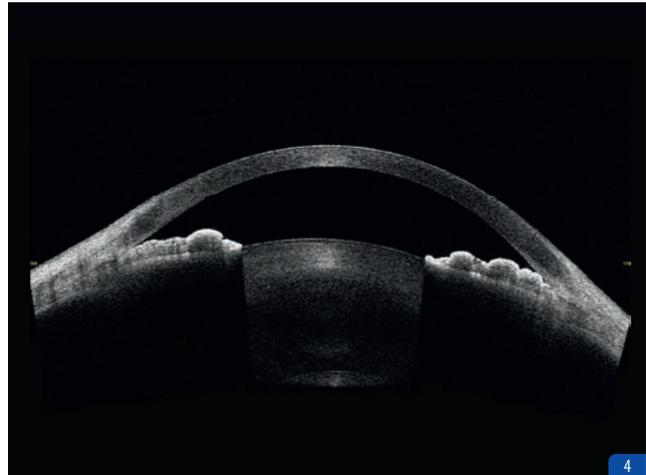
Als alleiniger Mechanismus kommt diese Veränderung eher selten vor, sie kann jedoch oft als zusätzliche Komponente beobachtet werden. In Abbildung 4 sind die Befunde einer 48-jährigen Patientin mit afroamerikanischen Wurzeln dargestellt. Man erkennt gut, dass die Iris im Querschnitt mehrere wellenförmige Verdickungen aufweist, die gegen den Kammerwinkel zu am ausgeprägtesten sind. Der Kammerwinkel ist in diesem Schnitt temporal praktisch vollständig verschlossen und nasal nur noch knapp schlitzförmig vorhanden. Die Patientin hat ein weit fortgeschrittenes Glaukom mit intermittierenden Druckspitzen.

### Grosse vulkanartige Vorwölbung der Linse

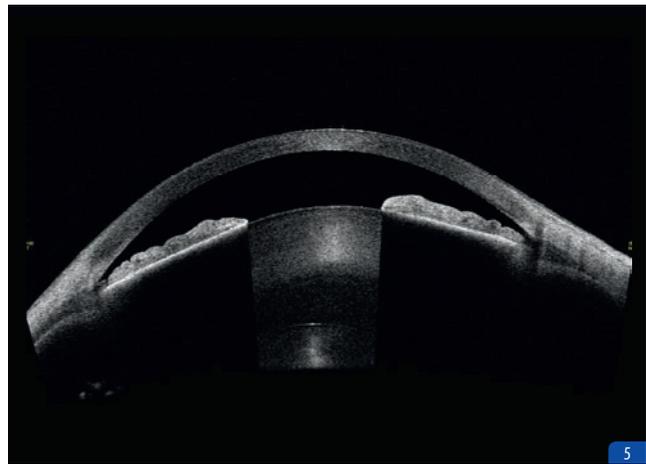
Bei diesem Mechanismus ist in der Regel die Linse eher dick, sie ragt aber auch wesentlich weiter in die Vorderkammer, als dies normalerweise der Fall ist. Wenn man eine Verbindungslinie zwischen den beiden Skleralspornen zieht, ragt die Linse mehr als 1 mm in die Vorderkammer.

Abbildung 5 zeigt einen 74-jährigen Patienten mit einem solchen Mechanismus, der normalerweise als phakomorphe Komponente bezeichnet wird. Es ist aber eher die Position der Linse als deren Form, die Linse ist wahrscheinlich wegen einer lockeren Zonula quasi nach anterior verschoben (subluxiert).

Es kann sehr gut sein, dass in einem Auge zur gleichen Zeit mehrere der oben beschriebenen Mechanismen zum Winkelblock führen (Abb. 6). Hier liegen sowohl eine Iris-en plateau-Konfiguration, ein Pupillarblock sowie auch eine phakomorphe Komponente vor.



**Abb. 4** Periphere Irisverdickung bei einer 48-jährigen Patientin: Auf dem Horizontalschnitt erkennt man eine dicke Iris, die im Querschnitt mehrere wellenförmige Verdickungen aufweist, der Kammerwinkel ist verschlossen.



**Abb. 5** High lens vault: Weit und vulkanartig in die Vorderkammer ragende Linse. 74-jähriger Patient mit PEX-Glaukom. Die dicke Linse (5.3mm) ragt deutlich in die Vorderkammer, diese ist zentral deutlich < 2 mm tief. Eine YAG-Iridotomie wurde schon vor Jahren durchgeführt. Möglich Ursache ist gerade bei PEX eine eher laxe Zonula.



**Abb. 6** Mixed Mechanismus: Bei diesem 58-jährigen hyperopen (+2.5 Dpt) Patienten liegen sowohl eine Iris-en plateau-Konfiguration (im Schnittbild auf der rechten Seite) als auch eine Pupillarblockkomponente vor. Zusätzlich ist auch die Linse eher dick. Therapeutisch wurde eine Kataraktoperation durchgeführt.

### Akutes Winkelblockglaukom

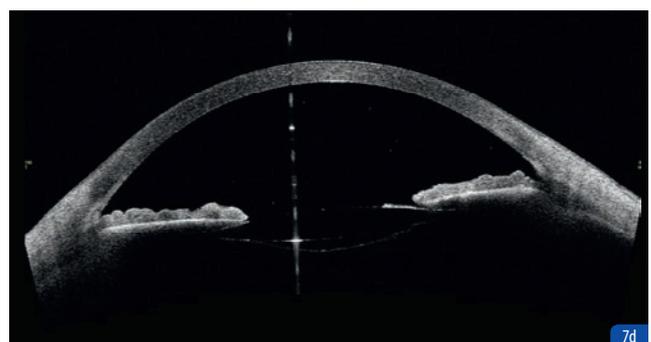
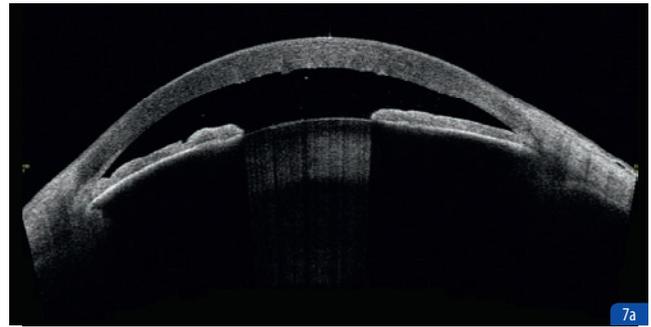
Beim akuten Winkelblockglaukom spielen oft verschiedene Mechanismen eine Rolle. Dass wir dieses Krankheitsbild heute nur noch selten sehen, hängt sicher damit zusammen, dass heute bei den typischen Risikopatienten (hyperope Frauen zwischen 65 und 80 Jahren) schon lange vor dem Auftreten des Winkelblocks eine Kataraktoperation durchgeführt wurde. Die phakomorphe Komponente steht beim akuten Winkelblock also im Vordergrund, zusätzlich besteht auch immer noch eine Pupillarblock-Komponente.

Abbildung 7a bis d zeigt den Verlauf eines akuten Winkelblockes bei einer 72-jährigen Patientin von der Situation im Anfall (7a), nach der medikamentösen Drucksenkung (7b), nach einer Woche (7c) und nach der Kataraktoperation, die 3 Wochen nach dem akuten Anfall durchgeführt worden war (7d). Man kann gut erkennen, wie sich der Kammerwinkel durch die medikamentöse Therapie etwas öffnet, wie die Iris durch die Gabe von Miotika dünner wird, wie sich die Hornhaut nach dem Anfall wieder erholt (sie wird dünner und weist weniger Stromafalten auf) und wie dann nach der Kataraktoperation die Vorderkammer wieder tief und der Kammerwinkel offen ist.

Dass die Kataraktoperation bei praktisch allen Fällen des Winkelblocks zu einer Verbesserung führt (auch bei denen, bei denen der Pupillarblock oder die Iris en plateau im Vordergrund stehen), ist heute auch klinisch unbestritten. Es bleibt hingegen offen, ob man beim vom akuten Ereignis unbetroffenen Partnerauge (7e) nur eine YAG-Iridotomie durchführt (und damit nur die Pupillarblockkomponente entfernt) oder auch bald einmal die Kataraktoperation durchführt.

In diesem Fall scheint auch noch eine gewisse Iris-en plateau-Komponente vorzuliegen, so dass die Kataraktoperation wohl die bessere Option ist. Man darf hier auch durchaus eine Kataraktoperation bei einem Visus von 1.0 durchführen, da es sich ja hier nicht um eine reine clear lens-Extraktion aus refraktiver Indikation handelt, sondern die Gefahr des drohenden Winkelblocks die medizinische Indikation darstellt.

Das Vorderkammer-OCT-Gerät kann theoretisch auch eine 360°-Karte des Kammerwinkels erzeugen, mit dem man erkennen könnte, wie viele Grad des Kammerwinkels verengt und verschlossen sind. Damit wäre es prinzipiell geeignet, das Screening bezüglich Winkelblockrisiko zu erleichtern. →



**Abb. 7 a – e** Akutes Winkelblockglaukom am rechten Auge einer 72-jährigen Patientin.

**a:** Befund am Anfallstag: Kammerwinkel verschlossen, deutliches Hornhautödem, Druck 48 mmHg

(war 65 mmHg)

**b:** Befund nach medikamentöser Drucksenkung (und Miotika), Tag 3. Der Kammerwinkel ist wieder etwas offen, die Pupille enger, die Iris deutlich dünner und das Hornhautödem persistiert.

**c:** Befund 5 Tage nach Attacke: Immer noch deutliches Hornhautödem. Trotzdem wurde am nächsten Tag die Phako / HKL (Hinterkammerlinse) durchgeführt.

**d:** Befund 1 Monat nach der Attacke und 3 Wochen nach durchgeführter Phako / HKL: Die Hornhaut ist wieder klar, die Vorderkammer tief, der Kammerwinkel offen.

**e:** Befund am nicht-betroffenen linken Auge: Enger Kammerwinkel, etwas Pupillarblock, dicke Linse. Eine YAG-Iridotomie (oder eine Kataraktoperation) ist hier zwingend indiziert.

Leider kann die Untersuchung mit dem Vordersegment-OCT aber die Unterscheidung zwischen einem sehr engen Kammerwinkel mit einer Apposition der Iris am Trabekelwerk und einem definitiv durch Kammerwinkelsynechien verschlossenen Kammerwinkel nicht treffen. Hierzu benötigt es die dynamische Gonioskopie, bei welcher der Untersucher durch leichten Druck auf das Kammerwinkelglas (oder durch Veränderung der Lichtmenge) erkennen kann, ob sich der Kammerwinkel noch öffnet oder Synechien bestehen.

### Glaukompatienten mit offenem Kammerwinkel

Der Hauptgrund für die Anschaffung des Gerätes am Kantonsspital Winterthur war die Notwendigkeit, die Lage von Shunts in der Vorderkammer zu verifizieren.

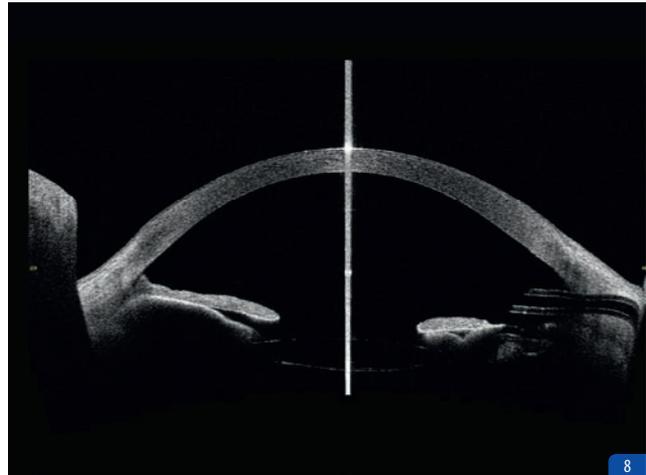
#### Lage der Tubes in der Vorderkammer

Die genaue Position eines Ahmed-, Baerveldt- oder Molteno-Implantats in der Vorderkammer ist einerseits für den Erfolg der Operation relevant. Andererseits ist sie aber auch für die Häufigkeit der wohl längerfristig relevantesten Komplikation, des progressiven Endothelzellverlustes, massgebend. Je näher die Spitze des Tubes am Endothel liegt und je länger das Tube in der Vorderkammer ist, umso wahrscheinlicher ist der Schaden am Endothel, gerade auch bei den Patienten, bei denen die Endothelzellzahl von Anfang reduziert ist.

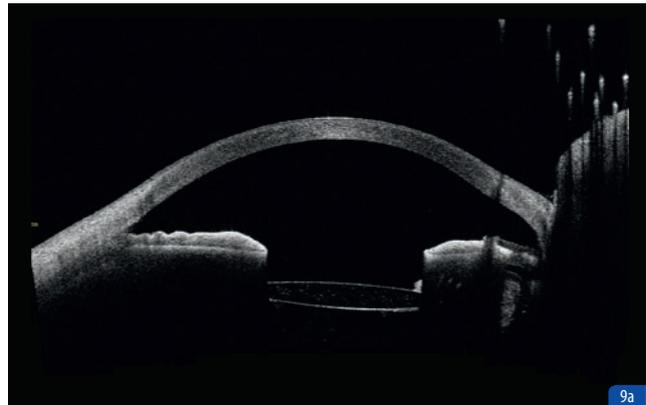
Die Implantation des Tubes in der Hinterkammer oder sogar in die Pars plana würde dieses Problem lösen, man riskiert bei der Platzierung in der Hinterkammer jedoch, dass das innere Ostium durch die Iris verlegt wird. Die Platzierung im Glaskörperraum setzt zudem voraus, dass das Auge sehr sorgfältig pars plana vitrektomiert wurde, insbesondere muss die Glaskörperbasis im Sektor, in dem das Tube zu liegen kommen soll, praktisch glaskörperfrei sein.

Als Beispiele seien hier drei Patienten angeführt. Abbildung 8 zeigt ein optimal liegendes Ahmed-Ventil: praktisch parallel zur Irisebene, eher kurz und weit weg vom Endothel. Bei Abbildung 9a liegt das Tube eher weit posterior; es ist 2 Wochen postoperativ zu einem Prolaps der Iris in das innere Ostium gekommen. Die Tamponade konnte durch die Gabe von Miotika gelöst werden (Abb. 9b). Gerade für einen solchen Verlauf sind die Untersuchungen mit dem Vordersegment-OCT extrem wichtig.

*«Gerade für einen solchen Verlauf sind die Untersuchungen mit dem Vordersegment-OCT extrem wichtig.»*



**Abb. 8** Optimal in der Vorderkammer platziertes Ahmed-Tube bei einem 75-jährigen Patienten mit PEX-Glaukom. Status nach Druckdekompression nach problemloser Kataraktoperation. Auf der rechten Seite sieht man das Tube, dessen Spitze im Bereich einer Iridektomie schön in der Irisebene liegt. Nebenfundlich deutliche hintere Synechien mit Ablösung des Pigmentblattes von der Iris. Der Reflex in der Mitte ist ein Artefakt.



**Abb. 9a**



**Abb. 9b**

**Abb. 9a** Etwas zu weit posterior platziertes Tube. 74-jähriger Patient mit chronischem Offenwinkelglaukom.

Das vor 2 Wochen implantierte Tube liegt eher weit posterior, es ist zur Okklusion des Tubes durch einen Irisprolaps in das innere Ostium gekommen, der Druck ist massiv angestiegen.

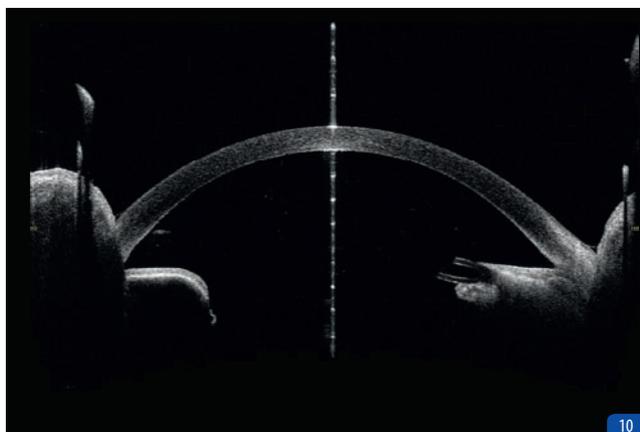
**Abb. 9b** Gleicher Patient: Nach der Gabe von Miotika ist das innere Ostium wieder frei durchgängig, der Druck entsprechend gesunken.

Bei einer weiteren jungen Patientin mit einer Aphakie nach Operation einer einseitigen kongenitalen Katarakt (Abb. 10) wurde das Tube bewusst bis in die Pupille gelegt, um nach einer ausgedehnten vorderen Vitrektomie eine Obstruktion durch Glaskörper zu verhindern. Die Tubes sind gegenüber den modernen minimal-invasiven Methoden doch deutlich grösser, wie Abbildung 11 zeigt. Das korrekt in der Vorderkammer platzierte XEN®-Implantat ist auf den Aufnahmen kaum zu erkennen.

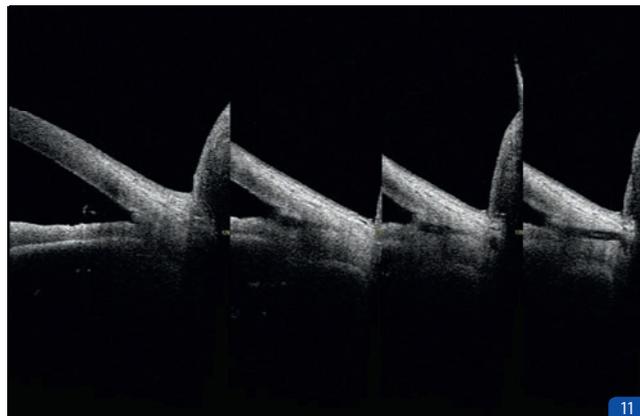
Eine weitere Indikation ist die **Dokumentation und Verlaufskontrolle bei postoperativen Vorderkammerabflachungen**. Mit einer seriellen Untersuchung gelingt es hier, eine Vertiefung der Vorderkammer zu objektivieren, wie es mit einer Untersuchung an der Spaltlampe nicht möglich ist. In Abbildung 12 kann man einen solchen Fall verfolgen. Die sich unter einer konservativen Therapie (maximale Cycloplegie) langsam, aber glücklicherweise stetig vertiefende Vorderkammer ist gut sichtbar, nach knapp 2 Wochen ist dann die Vorderkammertiefe wieder normal.

Eine weitere Applikation des Gerätes ist die **Untersuchung von Filterkissen** nach filtrierenden Operationen. Abbildung 13 zeigt ein Filterkissen 6 Monate nach einer Trabekulektomie. Man erkennt gut den aufstehenden Skleradeckel und posterior davon einen grossen subkonjunktivalen Hohlraum, das Filterkissen sowie mikrozystische Veränderungen der Bindehaut.

OCT-Kriterien, welche Filterkissen funktionieren und welche nicht, müssen erst noch erarbeitet werden. →



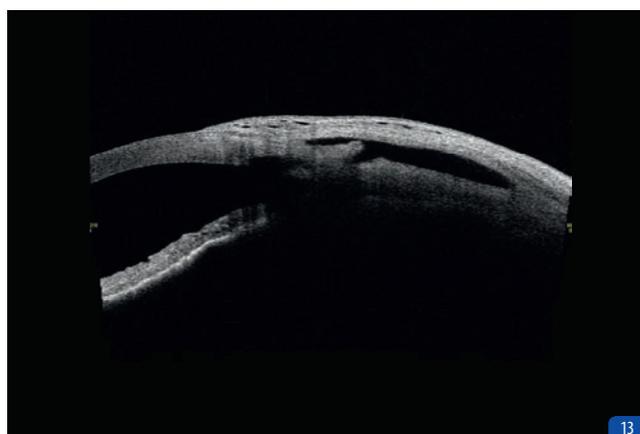
**Abb. 10** In die Pupillarebene implantiertes Tube. 15-jährige Patientin mit Sekundärglaukom bei Aphakie wegen einseitiger kongenitaler Katarakt. Das Tube wurde bewusst so platziert, da die Iris fest mit den dahinterliegenden Nachstarmassen verbacken ist.



**Abb. 11** XEN®-Implantat in der Vorderkammer. 57-jähriger Patient mit Verdacht auf Iris-en plateau-Syndrom. Vor ca. einem Jahr wurde auswärts ein XEN-Implantat eingesetzt. Um dieses darzustellen, sind mehrere benachbarte optische Schnitte notwendig, da der Verlauf nicht genau radiär ist.



**Abb. 12** Postoperativer Verlauf nach Tube-Implantation mit Vorderkammerabflachung. 64-jähriger Patient mit traumatischem Sekundärglaukom nach Contusio bulbi. Verlauf im Uhrzeigersinn. Am Abend des Operationstages ist die Vorderkammer extrem flach. Vertiefung der Vorderkammer unter maximaler Cycloplegie innerhalb von 10 Tagen.



**Abb. 13** Filterkissenmorphologie. Bei einem 73-jährigen Patienten mit chronischem Offenwinkelglaukom zeigt sich 6 Monate nach der kombinierten Phako-TE am linken Auge ein gut ausgebildetes Filterkissen. Nach insgesamt 3 Suturelysen steht der Skleradeckel gut auf, es zeigen sich ein deutlicher subkonjunktivaler Hohlraum sowie (als Zeichen der guten Funktion) mikrozystische Veränderungen der Bindehaut im Filterkissenbereich. In der Hornhaut kann man den ausgestanzten Bereich gut abgrenzen.

Das Gerät eignet sich auch zur **Darstellung von Cyclodialysen** (Abb. 14). Hier handelt es sich um einen Patienten nach einer tiefen Sklerektomie, nach welcher ein partieller Cyclodialysespalt entstanden ist. Der Patient hat stark schwankende Druckwerte zwischen 8 und 35 mm Hg.

## Nicht-glaukomatologische Indikationen

**Das Vordersegment-Swept Source OCT (Tomey Casia2) wurde für die Untersuchung des vorderen Segmentes entwickelt. Neben der Glaukom-Diagnostik bietet es weitere Einsatzmöglichkeiten in der Diagnose des vorderen Abschnitts.**

### Keratoplastik

Neben den im ersten Teil ausführlich dargestellten Fragestellungen bestehen aber auch andere Indikationen zur quantitativen Darstellung von Vorderabschnittsbefunden. Das Gerät kann wie eine Scheimpflugkamera eine elevationsbasierte Topographie darstellen. Der Vorteil des OCT liegt hier klar in den wesentlich kürzeren Messzeiten.

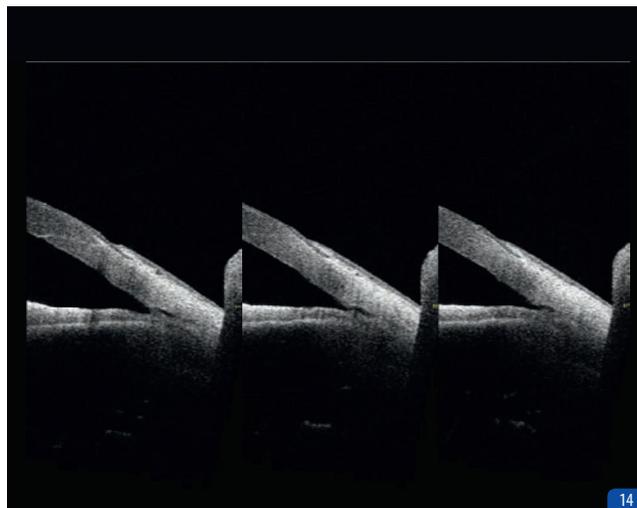
Anhand einer Patientin bei Zustand nach perforierender Keratoplastik werden die beiden Darstellungsarten (Topographie und Schnittbilder) in Abbildung 15 gezeigt. Man sieht hier gut, dass praktisch kein Unterschied in der Hornhautdicke zwischen Spender- und Empfängerhornhaut besteht und dass auch die stabile Narbe am Transplantatrand praktisch senkrecht verläuft. In der Topographie erkennt man den persistierenden Astigmatismus.

Auch die modernen Transplantationsverfahren wie DSAEK (Descemet Stripping Automated Endothelial Keratoplasty) und DMEK (Descemet Membrane Endothelial Keratoplasty) lassen sich mit dem Gerät gut dokumentieren.

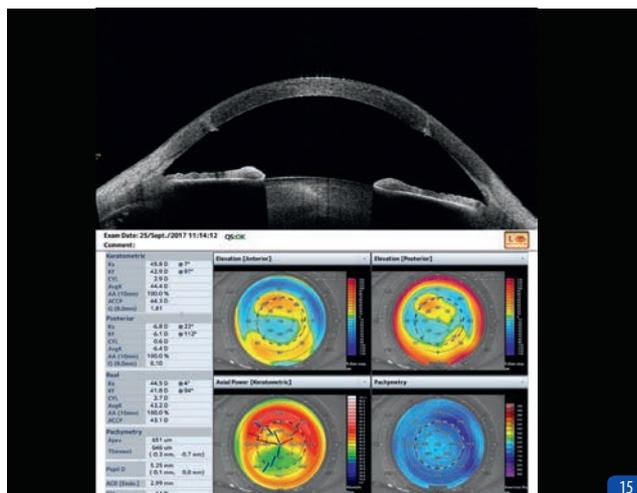
In Abbildung 16 sehen wir eine Patientin nach einer DSAEK: das Interface zwischen Wirthornhaut und Spenderlamelle ist gut zu sehen, ebenso die meniskoide Form der Lamelle, welche zu einer geringfügigen Hyperopisierung führt.

In Abbildung 17 sehen wir einen Patienten nach einer DMEK. Hier ist die dem posterioren Stroma anliegende Spenderlamelle so dünn, dass sie lediglich anhand der diskreten peripheren Einrollung (Pfeil) erkannt werden kann.

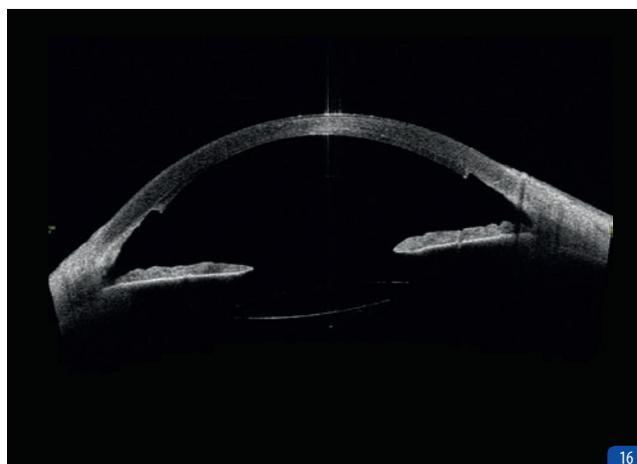
Abbildung 18 zeigt einen Patienten, der wegen eines Keratokonus mit einer DALK (Deep Anterior Lamellar Keratoplasty) versorgt worden ist. Das OCT bestätigte den klinischen Verdacht, dass sich hinter der frisch eingenähten und noch ödematösen Spenderlamelle eine flache «double anterior chamber», d. h. eine umschriebene periphere Dehiszenz des Wirtsendothels (Pfeil) verbarg, welche anschliessend durch Injektion einer Luftblase zur korrekten Anlage gebracht worden ist.



**Abb. 14** Cyclodialysespalt. Nach einer tiefen Sklerektomie auswärts besteht bei diesem 57-jährigen Patienten mit Verdacht auf Iris-en plateau-Syndrom ein Cyclodialysespalt. Die Druckwerte schwanken stark, zwischen 8 und 35 mmHg.



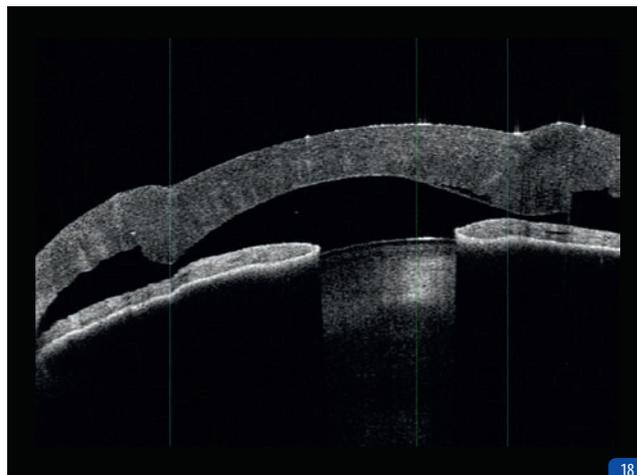
**Abb. 15** Befund nach perforierender Keratoplastik wegen Keratokonus vor 15 Jahren, 73-jährige Patientin. Es besteht eine gute Wundheilung ohne wesentliche Stufe. Den persistierenden hohen Astigmatismus wollte die Patientin nie korrigieren lassen.



**Abb. 16** Zustand nach DSAEK (LUKS) wegen Fuchs'scher Endotheldystrophie. 82-jährige Patientin. Man erkennt das meniskusförmige Transplantat, dessen periphere Dicke stärker ist als die zentrale.

Interessante Befunde ergeben sich auch bei tektonischen Hornhauteingriffen. Bei diesem 100-jährigen Patienten (Abb. 19) kam es zu einer Einschmelzung der Hornhaut im Rahmen einer trophischen Störung. Um dem Patienten den mühsamen postoperativen Verlauf einer perforierenden Keratoplastik zu ersparen, entschlossen sich die Kollegen des UniversitätsSpitals Zürich, einen DSAEK Button als «Patch» von innen auf die Perforationsstelle aufzubringen, was sehr erfolgreich war.

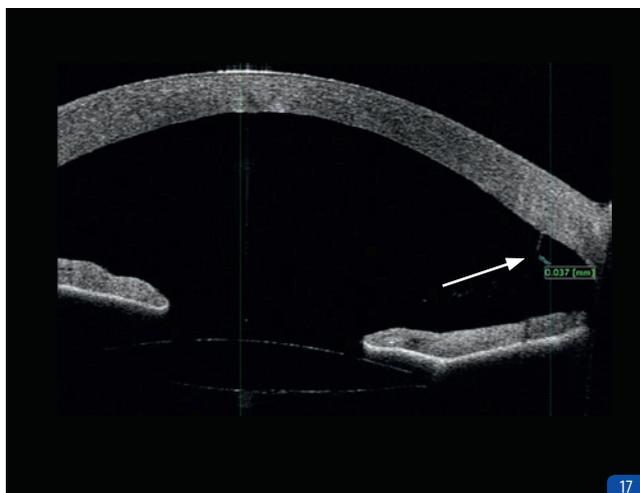
Beim natürlichen Verlauf einer peripheren Hornhauteinschmelzung kommt es zu einer ähnlichen Tamponade von innen durch die Iris (Abb. 20). →



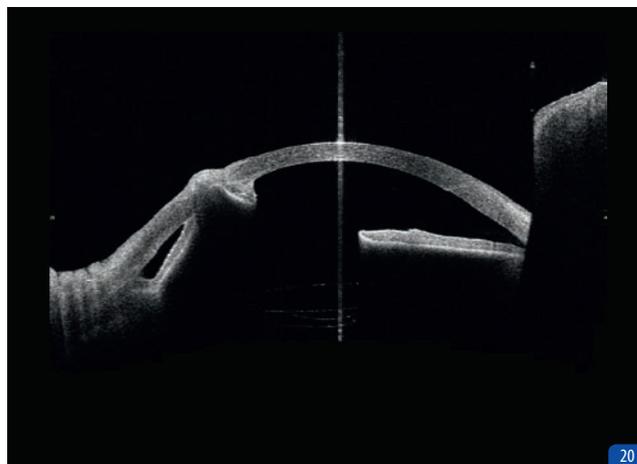
**Abb. 18** Zustand nach DALK: frisch eingenähtes, ödematöses Transplantat mit diskreter double anterior chamber (optisch leerer Raum zwischen Spenderlamelle und Wirtsendothel, Pfeil). Vollständige Anlage nach Eingabe von Luft (LUKS).



**Abb. 19** Zustand nach DSEK-Patch wegen Hornhauteinschmelzung (USZ). 100-jähriger Patient. Man sieht sehr gut, wie der Patch den Stromadefekt von innen verschliesst (Pfeil) und darüber eine Narbe entstanden ist.



**Abb. 17** Zustand nach DMEK, die Spenderlamelle ist anhand einer umschriebenen Einrollung des Transplantatrandes sichtbar. Problemlose vollständige Wiederanlage nach Re-Bubbling (LUKS).



**Abb. 20** Spontanperforation eines trophischen Ulkus. 67-jährige Patientin mit chronischer Oberflächenproblematik. Ein schon länger unter Beobachtung bestehendes blandes Hornhautulkus ist langsam immer dünner geworden und nun spontan perforiert. Die Iris tamponierte die Perforation von innen (Pfeil), das Auge ist tonisiert.

Sehr gut geeignet ist das Vorderkammer-OCT auch zur berührungslosen Dokumentation von progressiven Hornhautverdünnungen jeglicher Genese. Man kann damit die noch vorhandene Reststromadicke im Verdünnungsbereich messen und so vor einer drohenden Perforation (respektive Descemetocoele) reagieren. Bei dem hier vorgestellten Patienten (Abb. 21) besteht eine Oberflächenproblematik nach einem Zoster Ophthalmicus. Neben einem dünnen Pannus zentral besteht eine Verdünnung der Hornhaut auf ca. ein Drittel Restdicke temporal unten.

**Refraktive Chirurgie**

**Auch im Rahmen der refraktiven Chirurgie lassen sich interessante Befunde erheben.**

Bei diesem Patienten (Abb. 22) nach einer SMILE (small incision lenticule extraction) erkennt man eigentlich nur an der zentralen Verdünnung der Hornhaut, dass hier der Lentikel entfernt wurde. Auch phake Intraokularlinsen, wie z. B. eine ICL, lassen sich sehr gut darstellen (Abb. 23).

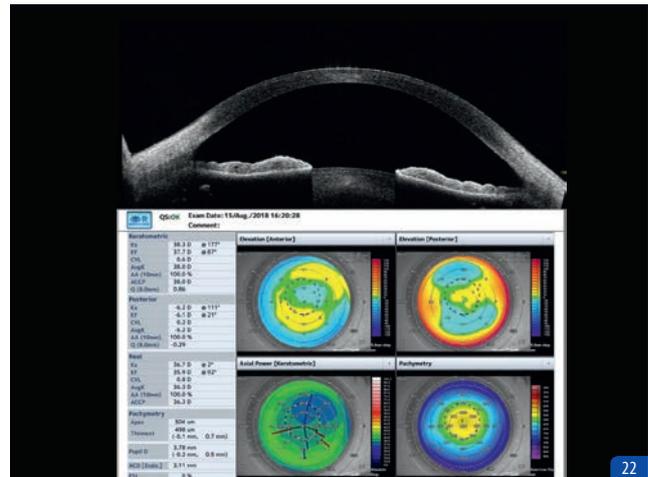
**Präoperativ vor Kataraktoperation**

Befunde vor und nach Kataraktchirurgie und sekundärer Implantation von Vorder- und Hinterkammerlinsen lassen sich ebenfalls dokumentieren. Man wird nun sicher nicht vor jeder Kataraktoperation ein Vordersegment-OCT durchführen. Bei Patienten mit etwas unklaren Befunden bezüglich Phakodonesis (z. B. nach Contusio) oder Verdacht auf Subluxation der Linse sind die Untersuchungen aber hilfreich.

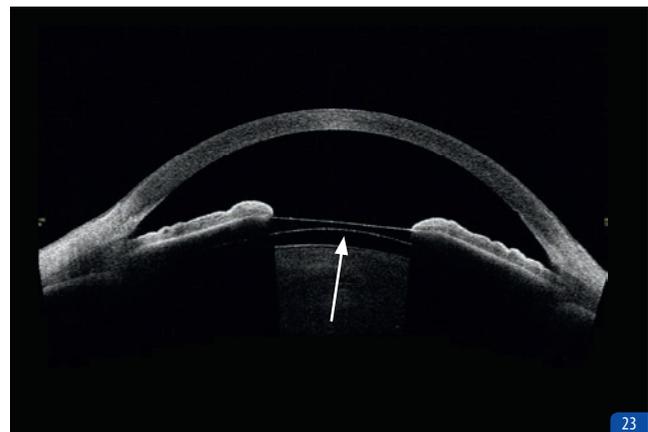
In Abbildung 24 sieht man eine deutlich subluxierte kataraktöse Linse mit einem gut sichtbaren Glaskörperprolaps in die Vorderkammer. Trotz sorgfältiger Operationstechnik gelang schlussendlich die Kataraktoperation nur als intrakapsuläre Extraktion. Am ersten postoperativen Tag erkennt man beim gleichen Patienten dann ein deutliches Stromaödem der Hornhaut sowie eine gut zentrierte Artisan-Vorderkammerlinse. Die Zentrierung und Enklavation von prä- und retropupillär enklavierten Artisan-Linsen (Abb. 25) lässt sich ebenfalls gut dokumentieren.



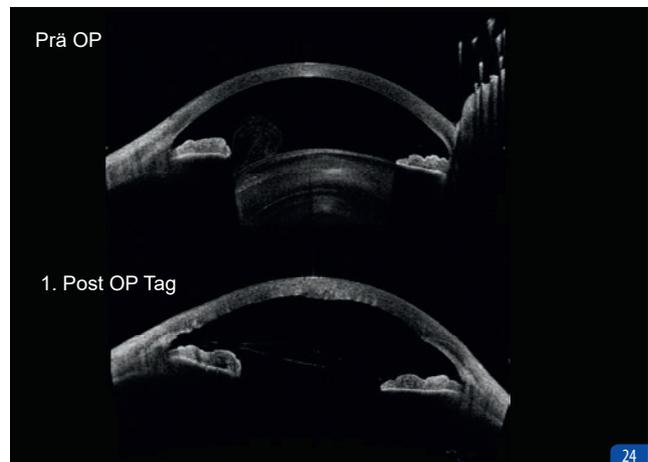
**Abb. 21** Tropische Hornhautverdünnung und Pannus bei einem 75-jährigen Patienten mit Zustand nach Herpes Zoster Ophthalmicus. Die Hornhaut ist bis auf ca. 1/3 Stromadicke reduziert. Zentral sieht man die kompensatorische Epithelverdickung. Nebenfänglich deutlich Diskontinuitätszeichen im vorderen Bereich der Linse bei maturer Katarakt.



**Abb. 22** Zustand nach SMILE wegen Myopia media, 35-jähriger Patient. Man erkennt erst beim genaueren Hinschauen, dass die Hornhaut zentral dünner ist, das Interface lässt sich nur erahnen. Erst die Topographie zeigt die zentrale Insel mit einer deutlich herabgesetzten Pachymetrie.



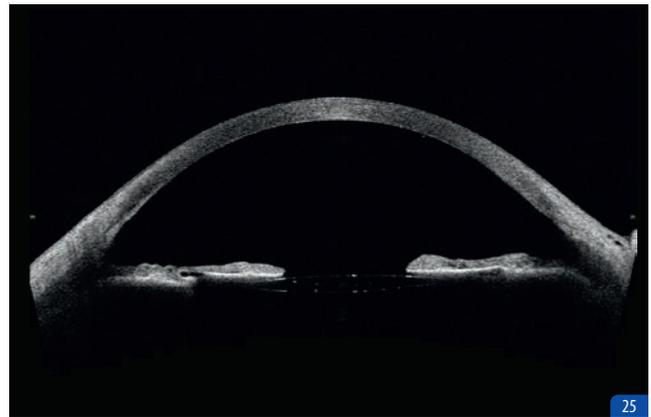
**Abb. 23** Phake Intraokularlinsen. ICL (Hinterkammerlinse) bei einer 47-jährigen hochmyopen Patientin. Das Vaulting (Distanz zwischen kristalliner Linse und ICL) ist gut sichtbar (Pfeil). Die Iris folgt der Kontur der ICL, die Patientin hat ein sekundäres Pigmentglaukom mit einer massiven Papillenschädigung entwickelt.



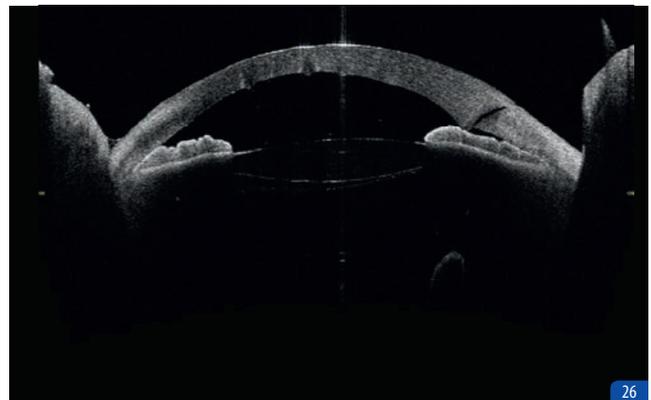
**Abb. 24** Traumatische Katarakt mit Subluxatio lentis und Glaskörper-Prolaps in die Vorderkammer. 73-jähriger Patient, Zustand nach schwerer Contusio bulbi vor einem Jahr. Oben präoperativer Befund, unten der Befund am ersten postoperativen Tag nach intrakapsulärer Extraktion, vorderer Vitrektomie und Vorderkammerlinsenimplantation.

### Postoperativ nach Kataraktoperation

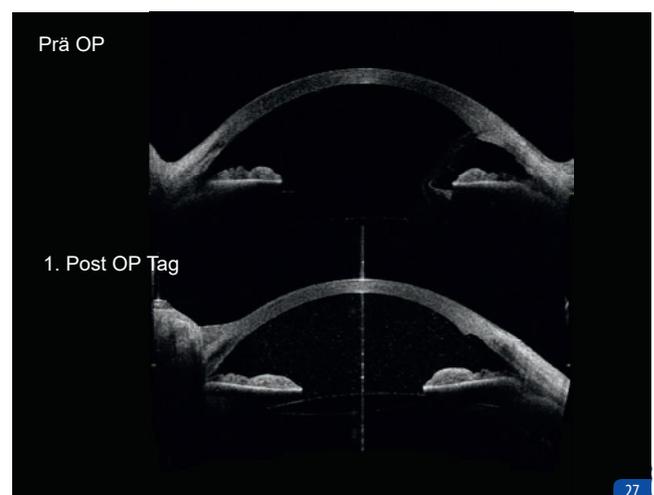
Eine 60-jährige Patientin wurde uns am ersten postoperativen Tag nach Kataraktoperation via clear cornea incision zugewiesen, da das Auge hypoton war und ein positives Seidelphänomen aus dem superior angelegten Kataraktschnitt zu beobachten war. In den präoperativ durchgeführten Aufnahmen (Abb. 26) kann man gut nachvollziehen, warum der Kataraktschnitt nicht dicht ist. Bei einem anderen Patienten (Abb. 27) wurde eine komplizierte Kataraktoperation mit Glaskörperprolaps ohne Implantation einer Intraokularlinse durchgeführt. Der präoperative Befund zeigt die Aphakie und die Reste der Kapsel einerseits sowie den bis in den Kataraktschnitt ziehenden Glaskörper. Der Befund ein Tag nach Triamcinolon-assistierter vorderer Vitrektomie und Implantation einer Hinterkammerlinse in den Sulcus (Optik rhexisfixiert) zeigt regelrechte Befunde.



**Abb. 25** Retropupillär enklavierte Artisan-Linse nach Linsentausch. 80-jähriger Patient. Nach einem sog. Lens Exchange wurde die Artisanlinse wegen einer schon deutlichen Cornea guttata retropupillär enklaviert. Man sieht die Zentrierung und auf der linken Seite (temporal), wieviel Irisstroma enklaviert wurde.



**Abb. 26** Undichter Kataraktschnitt am 2. Tag nach Kataraktoperation bei einer 60-jährigen Patientin. Die Inzision ist undicht (weil viel zu steil), die Vorderkammer abgeflacht und die Hornhaut deutlich ödematös. Man sieht auch, wie die Iris in Richtung undichte Stelle zieht (Selbstheilungsversuch).



**Abb. 27** 82-jähriger Patient, Zustand nach komplizierter Kataraktoperation auswärts morgens, Aphakie. Oben Zustand vor Revisionsoperation mit Resten der hinteren Kapsel, in den Schnitt prolabierter Glaskörper. Unten am ersten Tag nach der noch am gleichen Tag durchgeführten Revisionsoperation. Der Schnitt ist dicht (leichter overlap der inneren Lippe), die Vorderkammer tief mit noch deutlichen Zellen, die Hinterkammerlinse ist gut zentriert, die Haptiken sind im Sulcus, die Optik wurde durch die intakte Rhexis geknüpft.

## Tiefenausdehnung von Hornhautbefunden

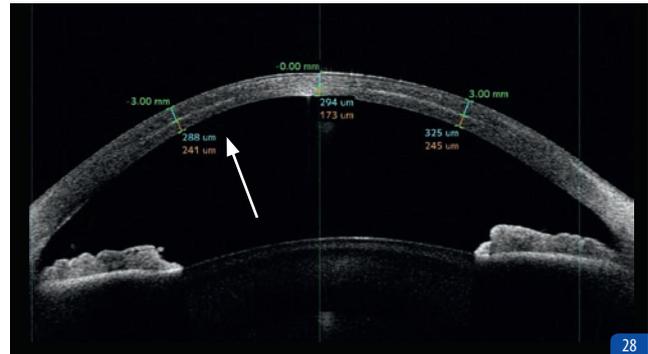
Messfunktionen ermöglichen die exakte Lagebestimmung stromaler Befunde: Abbildung 28 zeigt die Demarkationslinie (Pfeil) in einer Hornhaut nach CXL (corneal cross-linking) mittels «Epi On»-Technik: diese feine, mitunter fragmentierte Hyperreflektivität gilt als Erfolgsmerkmal der Behandlung, wobei bezüglich langfristiger Stabilität eine tiefe stromale Lage als prognostisch ideal angesehen wird.

Das hier dargestellte Messwerkzeug findet automatisch die Hornhautvorder- und rückflächen, wobei der dazwischenliegende Regler frei beweglich ist. Die äusseren Zahlenangaben bezeichnen die Lage des Messpunktes in Bezug auf die Distanz zur Aufnahmeachse, das innere Zahlenpaar gibt die Distanz des mittleren Reglers (und somit des interessierenden Befundes) in Bezug auf die beiden Hornhautgrenzflächen an.

Im vorliegenden Beispiel liegt die Demarkationslinie im Hornhautzentrum somit in einer transepithelial gemessenen Tiefe von 294  $\mu\text{m}$ , mit 173  $\mu\text{m}$  unbehandelten Stromas darunter. Das Bemerkenswerte an dieser Linie ist ihre tiefe Lage, weil gemäss vorherrschender Lehrmeinung die «Epi On»-Technik lediglich oberflächliche Demarkationslinien induziert und somit weniger wirksam wäre als die «Epi Off»-Technik. Das Bild indessen zeigt das Gegenteil.

Ebenfalls klinisch relevant ist die Tiefenausdehnung von Hornhautnarben: Abbildung 29 zeigt eine perforierende Keratoplastik mit einer zentralen Narbe (Pfeil) im Sinne einer anterioren Hyperreflektivität. Die Dicke des unterhalb der Narbe liegenden klaren Stromas beträgt zwischen 358 und 369  $\mu\text{m}$ . Diese ist hinreichend gross, um einen vollständigen Narbenabtrag mittels topographiegesteuerter Excimerbehandlung zu ermöglichen und dem Patienten gegenüber eine Voraussage über das zu erwartende postoperative Resultat zu machen.

Zusammenfassend gibt es zahlreiche Umstände, in denen die Untersuchung mit dem Vordersegment-OCT klinisch sinnvoll ist. Klinisch relevante Fragen werden nicht nur dem Glaukomspezialisten, sondern allen im Vorderen Segment tätigen Ophthalmologen beantwortet. •



**Abb. 28** Nachweis und Lokalisation einer Demarkationslinie nach kornealem Cross-linking (CXL) mittels sogenannter «epithelium on»-Technik (LUKS). Gemäss aktueller Lesart markiert die Linie den Übergang zwischen durch CXL vernetztem anterioren und unbehandeltem posteriorem Stroma. Das Vorhandensein und eine tiefe Lage der Demarkationslinie gelten bei einigen Autoren als Wirksamkeits-Nachweis der Behandlung.



**Abb. 29** Tiefenausdehnung einer zentralen anterioren Hornhautnarbe (Pfeil) in einer perforierenden Keratoplastik (LUKS). Transepithelial gemessen befindet sich die Narbe in einer Tiefe von rund 200  $\mu\text{m}$  und das darunter liegende, nicht betroffene Stroma weist eine Dicke um 370  $\mu\text{m}$  auf, was einen vollständigen Laserabtrag erlaubt.

### Korrespondenz

Prof. Dr. med. Jörg Stürmer  
Direktor und Chefarzt Augenklinik, Kantonsspital Winterthur  
Brauerstrasse 15, 8400 Winterthur, joerg.stuermer@ksw.ch

Separatum aus ophta 5 / 6 • 2018  
• 24. Jahrgang / 24<sup>e</sup> année

Schweizerische Fachzeitschrift für  
augenärztliche Medizin und Technologie  
mit Mitteilungen SOG  
Revue suisse spécialisée pour la médecine  
et les technologies ophtalmologiques  
avec les informations SSO

ISSN: 1420-6838; ISSN: 2296-679X

Verlag / Éditions  
u. novotny faCHverlag/novoMEDtext ag  
Mittlere Mühlestrasse 3  
CH-8598 Bottighofen  
Tel. 071 688 58 00, info@ophta.ch

Herausgeberin, Verlagsleitung  
Éditeur, Directeur

Dr. med. Ulrike Heller-Novotny (UNo)  
Tel. 071 688 58 00, uno@ophta.ch

Chefredaktor / Rédacteur en chef

PD Dr. med. Hannes Wildberger  
Rainstrasse 401, CH-8706 Feldmeilen  
Tel. 044 923 38 52  
eyemile@bluewin.ch

Editorial Board

Dr. Frank Blaser, Zürich  
Dr. Melanie Eberle, Emmenbrücke  
Prof. David Goldblum, Basel  
Prof. Farhad Hafezi, Zürich  
Dr. Corina Klaeger, Bern

Prof. Daniel Mojon, Bern  
Prof. Christian Prünke, Basel  
Dr. Emilie Ravinet, Lausanne  
Dr. Martin K. Schmid, Luzern  
Prof. Jörg Stürmer, Winterthur  
Prof. Thomas Wolfensberger, Lausanne

Redaktorin im Verlag / Desk editor:

Ulrike Bräunig, u.braeunig@ophta.ch

Administration, Inserate, Verkauf

Ursula Schenk  
u.novotny faCHverlag/novoMEDtext ag  
u.schenk@ophta.ch, Tel. 071 688 58 00

Erscheinungsweise / Parution

7 × jährlich / 7 × an

Auflage Separatum 1000 Ex.

Druck (des Sonderdrucks) / Impression

WIRmachenDRUCK GmbH  
Mühlbachstr. 7, DE-71522 Backnang  
www.wir-machen-druck.de

Die Inhalte werden vom Verlag sorgfältig geprüft. Dennoch übernehmen Verlag, Herausgeberin und Redaktoren keine Gewähr für die Inhalte, namentlich zu Dosierungen und Applikationsformen. Beiträge urheberrechtlich geschützt. Nachdruck und Kopien nur mit schriftlicher Genehmigung des Verlags.

Bildnachweise / Crédits images

© Autoren / novomedtext ag