

# Persönliche PDF-Datei für Latz C.

Mit den besten Grüßen von Thieme

[www.thieme.de](http://www.thieme.de)

## Intraoperative Komplikationen der Kataraktchirurgie

## Augenheilkunde up2date

2024

53–71

10.1055/a-2049-4252

Dieser elektronische Sonderdruck ist nur für die Nutzung zu nicht-kommerziellen, persönlichen Zwecken bestimmt (z. B. im Rahmen des fachlichen Austauschs mit einzelnen Kolleginnen und Kollegen oder zur Verwendung auf der privaten Homepage der Autorin/des Autors). Diese PDF-Datei ist nicht für die Einstellung in Repositorien vorgesehen, dies gilt auch für soziale und wissenschaftliche Netzwerke und Plattformen.

### Copyright & Ownership

© 2024. Thieme. All rights reserved.

Die Zeitschrift *Augenheilkunde up2date* ist Eigentum von Thieme.

Georg Thieme Verlag KG,  
Rüdigerstraße 14,  
70469 Stuttgart, Germany  
ISSN 1616-9719

# Intraoperative Komplikationen der Kataraktchirurgie

*Catharina Latz  
Alireza Mirshahi*

VNR: 2760512024165721497

DOI: 10.1055/a-2049-4252

Augenheilkunde *up2date* 2024; 14 (1): 53–71

ISSN 0023-2165

© 2024 Thieme. All rights reserved.

Georg Thieme Verlag KG, Rüdigerstraße 14,  
70469 Stuttgart, Germany

## Unter dieser Rubrik sind bereits erschienen:

**Enhancement-Optionen nach Linsen- und refraktiver Hornhautchirurgie** L. Feldhaus, N. Luft, W. Mayer Heft 1/2023

**Voruntersuchung bei Kataraktoperation** A. Müller-Kassner, T. Kohnen, M. Shajari Heft 3/2022

**Erworbene Katarakte** L. Bisorca-Gassendorf, P. Szurman, M. Wenzel, K. Januschowski Heft 1/2022

**Die senile Katarakt** I. Neuhann, L. Neuhann, T. Neuhann Heft 1/2022

**Die moderne Orthokeratologie – scharf sehen über Nacht** T. Ring-Mangold, R. Emminger Heft 2/2021

**Eintrübung von Intraokularlinsen** R. Khoramnia Heft 2/2021

**SMILE – Small Incision Lenticule Extraction** G. Steinwender, M. Shajari, W. J. Mayer, D. Kook, M. Dirisamer, T. Kohnen Heft 2/2020

**Refraktive Hornhautchirurgie: Nachkorrekturen** D. Kook, W. J. Mayer, M. Shajari, G. Steinwender, T. Kohnen Heft 2/2020

**Presbyopiekorrektur mittels Linsensystemen** M. C. Knorz Heft 4/2019

**Linsenchirurgie: Einsatz von multifokalen Intraokularlinsen** M. Shajari, W. J. Mayer, S. Priglinger Heft 4/2019

**Pseudophake additive Intraokularlinsen** F. H. Hengerer, I. Conrad-Hengerer Heft 4/2017

**Refraktiver Linsenaustausch** F. H. Hengerer, I. Conrad-Hengerer Heft 3/2017

**Presbyopiekorrektur mittels Laserchirurgie** B. Pajic, H. Massa, E. N. Eskina Heft 3/2017

**Phake Intraokularlinsen** F. H. Hengerer, I. Conrad-Hengerer Heft 2/2017

**Endophthalmitis nach Kataraktchirurgie** D.-T. Pham, U. Pleyer Heft 1/2017

**Kataraktchirurgie mit dem Femtosekundenlaser – aktueller Stand und Ausblick** H. Dick, T. Schultz Heft 3/2016

**LASIK und Femto-LASIK** T. Schlote, M. Kynigopoulos Heft 3/2016

**Sekundäre Linsenimplantation** K. Gekeler, F. Gekeler Heft 3/2015

**Multifokale und Add-on-Intraokularlinsen** K. Gekeler, F. Gekeler Heft 4/2014

**Diagnostik in der refraktiven Laserchirurgie** T. Schlote, A. Heuberger, L. Schlupe, C. Gebhard Heft 4/2012

**Die Linse bei systemischen Erkrankungen** J. Rohrbach, P. Szurman, T. Schlote, K. Bartz-Schmidt Heft 3/2012

**Kataraktchirurgie und altersbedingte Makuladegeneration** H. Baatz Heft 1/2012

### ALLES ONLINE LESEN



Mit der eRef lesen Sie Ihre Zeitschrift: online wie offline, am PC und mobil,

alle bereits erschienenen Artikel.

Für Abonnenten kostenlos!

<https://eref.thieme.de/GFJG3>

### IHR ONLINE-SAMMELORDNER



Sie möchten jederzeit und überall auf Ihr up2date-Archiv zugreifen? Kein Problem!

Ihren immer aktuellen Online-Sammelordner finden Sie unter:

<https://eref.thieme.de/PHWUW>

### JETZT FREISCHALTEN



Sie haben Ihre Zeitschrift noch nicht freigeschaltet?

Ein Klick genügt:

[www.thieme.de/eref-registrierung](http://www.thieme.de/eref-registrierung)

# Intraoperative Komplikationen der Kataraktchirurgie

Catharina Latz, Alireza Mirshahi



Die Kataraktchirurgie ist in der entwickelten Welt ein sehr häufig und erfolgreich durchgeführtes Verfahren. Die Indikation für die Operation hat sich einerseits zu gesünderen Patienten, die eine Brillenfreiheit wünschen, andererseits zu komplexeren Fällen verschoben. Wie sind die Patienten aufzuklären? Welche Komplikationen können intraoperativ auftreten und welche Optionen zur Behandlung dieser Komplikationen gibt es?

## ABKÜRZUNGEN

CLE	Clear Lens Exchange
FLAKS	Femtolaserm-assistierte Kataraktchirurgie
GK	Glaskörper
IOL	Intraokularlinse
LA	linkes Auge
OVD	Ophthalmic Viscosurgical Device
RA	rechtes Auge

## Definition von Komplikation

Um die Frage nach den Komplikationen zu beantworten, müssen wir erst die Komplikation definieren. Laut Psychrembel ist eine Komplikation eine ungünstige Beeinflussung oder Verschlimmerung eines chirurgischen Eingriffs durch unvorhersehbare Umstände oder Ereignisse, wodurch sich unter Umständen ein eigenständiges diagnostisches und therapeutisches Problem im Sinne einer Sekundärerkrankung entwickelt [1].

### Merke

**Eine Komplikation ist ungünstig, unvorhersehbar und kann Sekundärerkrankungen nach sich ziehen.**

## Geschichte, Epidemiologie und veränderte Indikation der Kataraktchirurgie

Katarakt ist die häufigste altersassoziierte Augenerkrankung und weltweit die häufigste Ursache für vermeidbare Blindheit bei Erwachsenen über 55 Jahren.

Eine Kataraktchirurgie gibt es dokumentiert schon seit 4000 Jahren (Kodex von Hammurabi). Damals und auch heute in Entwicklungsländern erfolgte bzw. erfolgt die Indikation zur Kataraktchirurgie nur bei deutlicher Visus-

minderung. So erhalten z. B. nur Priester, Uhrmacher und Lehrer ab einer Visusminderung auf 30% in der Manna Eye Clinic in Kamerun eine Operation, alle anderen Patienten werden erst bei einer Visusminderung auf 10% operiert. Die Indikation zur OP zeigt sich ganz anders in der entwickelten Welt. Dort werden durchschnittlich jährlich 1% der Bevölkerung an der Katarakt operiert. Dies liegt an dem enormen Fortschritt, den die Kataraktchirurgie in den letzten 30 Jahren erfahren hat: Durch die Technik der Phakoemulsifikation ist es möglich geworden, die trübe Linse mittels Ultraschalltechnik im Inneren des Auges zu zerkleinern und abzusaugen – im Gegensatz zur Entfernung der Linse im Ganzen über einen großen Schnitt. Dadurch ist die Rekonvaleszenz nach der Operation sehr schnell und die Integrität des Auges nur minimal kompromittiert. Zusätzlich hat es die Phakoemulsifikation ermöglicht, nur den Inhalt der Linse zu entfernen, jedoch die nur wenige Mikrometer dicke Linsenkapsel intakt zu halten.

Dies wiederum hat die intrakapsuläre Linsenfixation ermöglicht und den Traum vom brillenfreien Leben bis ins hohe Alter in vielen Aspekten wahr werden lassen.

Weltweit werden jährlich schätzungsweise 26 Millionen Katarakt-OPs durchgeführt – mehr als Kaiserschnitte! Mit der verbesserten OP-Technik hat sich auch der Erwartungshorizont der Patienten ins Maximale verschoben, sodass sich auch die Definition der Komplikation verschoben hat: Ein Sekundärproblem kann heute schon die nicht erreichte Brillenfreiheit sein!

### Merke

**Die Kataraktchirurgie in der entwickelten Welt unterscheidet sich sowohl technologisch als auch in Hinsicht auf die OP-Indikation fundamental von derjenigen der sogenannten Entwicklungsländer. Dadurch werden Komplikationen auch diametral unterschiedlich definiert.**

**FALLBEISPIEL****Refraktiver Linsenaustausch mit torisch-multifokaler IOL**

Ein 54-jähriger Patient wünscht Brillenfreiheit. Sein derzeitiger Visus beträgt am rechten Auge  $+1,75-1,0 \times 120^\circ = 1,0$ , am linken Auge  $+2,0-1,25 \times 60^\circ = 1,0$ . Er benutzt einen Nahzusatz von 2,0 dpt.

Ein kornealer refraktiver Eingriff kann die bestehende Presbyopie nicht korrigieren. Nach entsprechender Aufklärung entscheidet sich der Patient für einen Refractive Lens Exchange (RLE) mit einer torisch-multifokalen Linse.

Während der Operation am nicht dominanten linken Auge wird eine deutliche Zonulolyse offenbar. Ein Trauma durch einen Tennisball in der Jugend war anamnestisch nicht erinnerlich gewesen. Diese macht die geplante IOL-Implantation in den Kapselsack unmöglich. Es kommt zu einer Sulkusimplantation mit einer monofokalen Linse. Es besteht kein Glaskörperprolaps.

Postoperativ ist der Visus am LA  $+0,5-1,25 \times 60^\circ = 1,0$ . Es wird ein Nahzusatz von 2,5 dpt benötigt. Trotz eines postoperativ guten Visus und intraoperativ gut gelöster Komplikation ist diese Operation aufgrund der veränderten IOL-Implantation nicht erfolgreich.

Demgegenüber ist eine Operation an einem 70-jährigen Uhrmacher im Senegal mit einem präoperativen Visus von  $+2,0-1,25 \times 60^\circ = 0,3$ , der postoperativ einen Visus von  $+0,5-1,25 \times 60^\circ = 1,0$  erreicht und mit einer rezeptfreien Brille für die Nähe ausgestattet ist, ein Erfolg – unabhängig davon, ob eine Zonulolyse, Kapselruptur oder Glaskörperprolaps stattgefunden haben, solange diesen ohne Sekundärproblemen begegnet wurde.

**Komplikationsmanagement**

In ▶ **Tab. 1** sind mögliche intraoperative Ereignisse aufgelistet, die während der Kataraktoperation auftreten können – getreu der Definition einer Komplikation als ungünstig, unvorhersehbar und mit Sekundärproblem behaftet. Komplikationsmanagement beinhaltet zwei wesentliche Aspekte:

- die **Vermeidung** von Komplikationen, sodass es von großem Interesse ist, komplikationsfördernde Risikofaktoren zu identifizieren,
- das **Abwenden** von Sekundärproblemen durch alternative OP-Strategien.

Im Folgenden soll das Komplikationsmanagement von unterschiedlichen Szenarien besprochen werden.

**Iriskomplikationen****Floppy Iris, Irisprolaps, Iridodialyse**

Ein Irisprolaps durch die Parazentese oder durch den Hauptschnitt entsteht insbesondere bei schlaffer Iris (Floppy Iris), erhöhtem Intraokularerdruck (hohe Flasche) oder bei unzureichender Länge der Inzisionen. Darüber hinaus ist ein hoher posteriorer Druck (Vis a tergo) als Risikofaktor zu nennen. Um einem Irisprolaps vorzubeugen, empfiehlt sich eine ausreichende Mydriasis durch präoperative Augentropfgabe und insbesondere die intrakamerale Gabe von Mydriatika (z. B. Adrenalin). Sollte intraoperativ trotzdem eine Schlaffheit der Iris beobachtet werden, hat sich die wiederholte intrakamerale Gabe von Mydriatika bewährt.

▶ **Tab. 1** Liste intraoperativer Ereignisse während der Kataraktoperation mit Komplikationsdefinition.

Ereignis	ungünstig	unvorhersehbar	Sekundärproblem
Irisprolaps	ja	ja? Floppy Iris Schnitt Gefälle	Iriskomplikation Blendung Irisnaht erschwerter OP
vorderer Kapselriss	neutral	ja?	Linsenbergrung IOL-Zentrierung
hintere Kapselruptur	neutral	ja?	IOL-Fixation GK-Prolaps Kernverlust in den GK Ablatio retinae
Zonulolyse	ja	ja? Untersuchung Anamnese PEX	IOL-Fixation GK-Prolaps erschwerter OP
Kernverlust in den Glaskörper	ja	ja	Vitrektomie Entzündung Ablatio retinae
längere Phakozeit, Phakoemulsifikation dichter am Endothel häufigeres Ein- und Ausführen von Instrumenten in die Vorderkammer	ja	ja, durch andere Komplikationen bedingt	Endothelverletzung Hornhautdekomensation

2005 stellte David Chang einen Zusammenhang dar zwischen dem sogenannten intraoperativen Floppy-Iris-Syndrom (IFIS) und der systemischen Therapie mit sympathischem  $\alpha$ -1A-Antagonist – Tamsulosin – bei benigner Prostatahypertrophie [2].  $\alpha$ -1A-Adrenorezeptoren kommen beim Menschen im Dilator-Muskel der Iris und in der Muscularis von Iris-Arteriolen vor. Vermutlich führt sowohl die Atrophie des Dilator-Muskels, aber mehr noch eine strukturelle Schwächung der Irisarteriolen zu dem Phänomen der schlaffen Iris [3], die auch nach Absetzen von Tamsulosin fortbesteht.

#### Merke

**Eine Floppy Iris ist mit systemischen  $\alpha$ -1A-Antagonisten assoziiert. Ein Absetzen der Therapie führt nicht zu einer Reduktion der Floppy Iris.**

Durch großzügigen Einsatz von Ophthalmic Viscosurgical Device (OVD) lässt sich die Irisbeweglichkeit ebenfalls reduzieren. Ein nicht zu hoher Intraokulardruck während der Kataraktoperation ist aus vielerlei Gründen sinnvoll. Hohe intraoperative Intraokulardrücke erhöhen das Risiko für einen Irisprolaps. Sollte man intraoperativ feststellen, dass es wiederholt zu Irisprolaps kommt, liegt dies häufig an einem hohen Glaskörperdruck (Vis a tergo). Sollte man intraoperativ mit so einer Situation konfrontiert sein, ist die einfachste und in der Regel effektivste Maßnahme die Lockerung des Lidsperrers. Auch ein großzügiger Einsatz von OVDs (ggf. kohäsive) kann hilfreich sein. Sollten diese Maßnahmen wirkungslos bleiben und die Operation nicht regulär fortsetzbar sein, kann man die intravenöse Gabe von Acetazolamid und anschließendes „Zuwarten“ für einige Minuten erwägen.

#### Cave

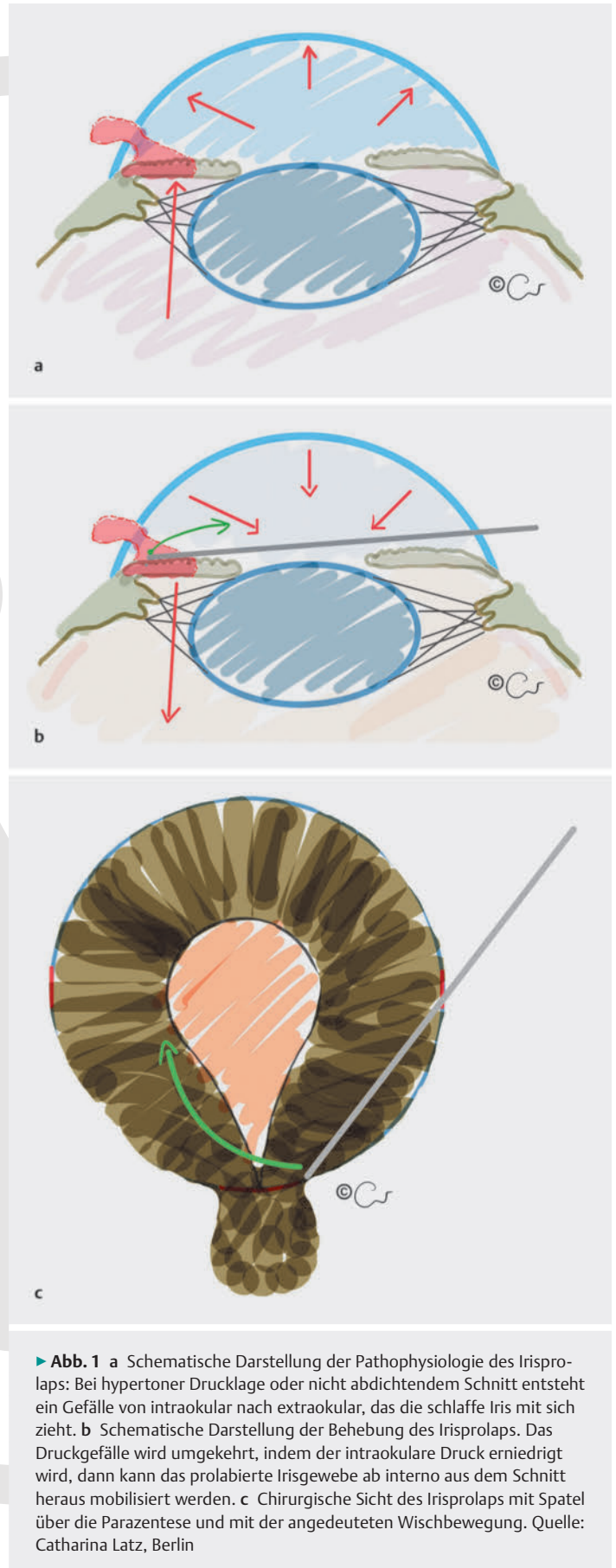
**Eine plötzliche, massive Zunahme des Glaskörperdruckes mit einhergehender Abflachung der Vorderkammer und Irisprolaps kann hinweisend auf eine Aderhautblutung sein.**

Wenn es zu einem Irisprolaps kommt, ist die wichtigste Maßnahme die Reposition der Iris. Damit die Reposition gelingt, muss der Intraokulardruck über eine Parazentese reduziert werden.

#### Cave

**Ein Repositionsversuch mit dem „Push pull“ oder sonstigem Instrumentarium gegen ein Druckgefälle aus der Vorderkammer ist unmöglich und führt in aller Regel zu Irisstromaschädigungen.**

Wenn man den Intraokulardruck über eine der Parazentesen reduziert hat, kann man das prolabierte Irsgewebe durch einen Seitenzugang (i. d. R. Parazentese) mittels eines Feinspatels reponieren, d. h. nicht das Irsgewebe durch die Prolapsstelle „zurückstopfen“, sondern mittels eines Spatels durch eine Schwenkbewegung seitlich hineinziehen (► **Abb. 1**).



► **Abb. 1** a Schematische Darstellung der Pathophysiologie des Irisprolaps: Bei hypertoner Drucklage oder nicht abdichtendem Schnitt entsteht ein Gefälle von intraokular nach extraokular, das die schlaffe Iris mit sich zieht. b Schematische Darstellung der Behebung des Irisprolaps. Das Druckgefälle wird umgekehrt, indem der intraokulare Druck erniedrigt wird, dann kann das prolabierte Irsgewebe ab interno aus dem Schnitt heraus mobilisiert werden. c Chirurgische Sicht des Irisprolaps mit Spatel über die Parazentese und mit der angedeuteten Wischbewegung. Quelle: Catharina Latz, Berlin

**Merke**

Der Intraokulare Druck sollte intraoperativ möglichst niedrig gehalten werden, um einen Irisprolaps zu verhindern.

**PRAXISTIPP**

Sollte ein zu kurzer Hauptschnitt der Grund für den Irisprolaps sein, ist es in den meisten Fällen am sinnvollsten, wenn man diesen zu kurzen Schnitt übernäht, nachdem das Irsgewebe reponiert wurde. Anschließend kann man eine neue, längere Inzision setzen.

Das Irsgewebe kann durch den Phakotip bei hohem Vakuum eingesaugt und beschädigt werden. Eine Floppy Iris ist auch hier ein wichtiger Risikofaktor für ein solches Geschehen. Wichtig ist das schnelle Erkennen der Irisbeschädigung und die unmittelbare Beendigung des Vakuums und Betätigung des Refluxtaste.

**Merke**

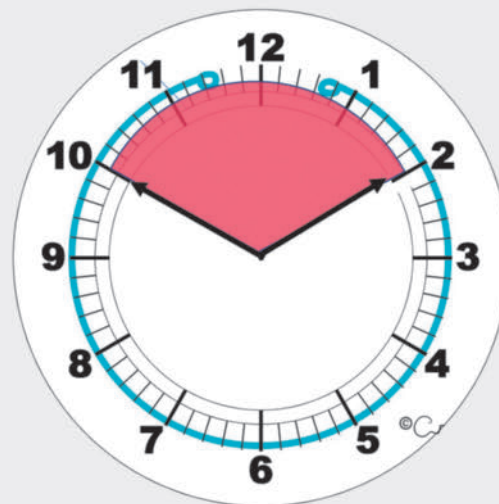
Jeder Operateur sollte die Fußposition der Refluxtaste ohne weiteres Nachdenken kennen.

Sollte ein Irisdefekt entstehen, ist eine konsequente antiinflammatorische Behandlung (ggf. durch Kombination von lokalen Steroiden und NSAR) sinnvoll, um das Risiko eines postoperativen zystoiden Makulaödems zu reduzieren. Wenn der Irisdefekt durchgreifend ist, ist eine Irisnaht zu erwägen, insbesondere wenn der Defekt durch das Oberlid nicht überdeckt wird.

Eine weitere Komplikation kann eine Iridodialyse der Irisbasis sein. In der Regel ist dies die Folge einer abrupten Bewegung des Auges, des Patientenkopfes oder der Hand des Operateurs. Außerdem kann durch kräftiges Einsaugen der Iris durch den Phakotip oder durch unvorsichtiges Reponieren eines Irisprolapses eine Iridodialyse entstehen. Ist die Dialyse klein und vom Oberlid überdeckt, kann man darüber diskutieren, diese unbehandelt zu belassen. Anderenfalls ist eine Readaptation der Iriswurzel durch Nähte indiziert.

**Kapselkomplikationen****Zonulopathie**

Die Kapselsackimplantation einer IOL stellt die Standardbehandlung der Aphakie dar. Allerdings ist diese Lösung nicht immer sinnvoll bzw. möglich. Besteht eine erhebliche Zonulopathie – man ist in solchen Situationen ganz froh, wenn die natürliche Linse ohne Glaskörperverlust oder Kapselruptur entfernt werden konnte – ist die Kapselsackimplantation in der Regel nur eine Lösung auf Zeit. In Abhängigkeit von der Stärke und der Ursache der Zonulopathie kann es früher oder später zu einer Subluxation oder gar Luxation der IOL samt Kapselsack kommen.



► **Abb. 2** Schematische Darstellung von 120° oder 4 Uhrzeiten, dem Ausmaß an Zonulolyse, das mithilfe eines Kapselspannrings gut ausgeglichen werden kann. Quelle: Catharina Latz, Berlin

So ist bei Trauma von einem einmaligen Zonulaschaden auszugehen, wohingegen bei Pseudoexfoliation und Marfan-Syndrom eine progressive Zonulopathie vorliegt. Auch eine Implantation in den Sulcus ciliaris ist bei erheblicher Zonulaschwäche i. d. R. nicht sinnvoll, ebenfalls aufgrund der zu erwartenden IOL-Dezentrierung und/oder Verkipfung.

Ist die Zonulopathie auf wenige Uhrzeiten begrenzt (maximal 4 Uhrzeiten), kann die Implantation eines Kapselspannrings die Situation retten und eine gute IOL-Zentrierung im Kapselsack ermöglichen (► **Abb. 2**).

Hat man es mit einer generellen Zonulaschwäche (wie z. B. bei Pseudoexfoliation oder Marfan-Syndrom) zu tun, dann hilft die alleinige Implantation eines Kapselspannrings nicht viel, weil anschließend der gesamte IOL-Kapselsack-Kapselspannrings-Komplex schlottern bzw. subluxieren kann. Hier muss eine zusätzliche Fixierung z. B. an der Sklera zu Hilfe genommen werden (siehe auch alternative IOL-Fixierungen weiter unten). Der Cionni-Ring verfügt über eine Öse, die an die Sklera genäht werden kann. Die wenigsten Operationszentren haben den Cionni-Ring vorrätig, und weil der Ring selten eingesetzt wird, fehlt es vielen Operateuren an routinemäßiger Erfahrung damit. Eine andere – etwas radikalere – Lösung ist die Entfernung des Kapselsackes, eine vordere Vitrektomie und eine alternative IOL-Fixation, z. B. mittels Sklerafixation einer 3-stückigen IOL oder der Fixation an der Iris (Irisklauen-IOL). Vorteile der Irisklauenlinse sind die einfachere und schnellere operative Durchführung verglichen mit der Sklerafixation einer Intraokularlinse.

**Merke**

Ein Kapselspannung kann eine Zonulolyse bis zu 4 Uhrzeiten kompensieren, nicht jedoch das Voranschreiten einer systemischen Zonulopathie. Die Ursache der Zonulopathie und die Lebenserwartung des Patienten sind beim Einsatz eines Kapselspannrings zu berücksichtigen.

**Kapselruptur**

Eine andere Situation ist die Kapselruptur bei intaktem Zonulaapparat und zentrierter Kapsulorhexis. Hier besteht die Therapie der Wahl in der Sulkusimplantation einer 3-stückigen Intraokularlinse und der „Optic Capture“: Hierbei wird der Optikanteil der IOL durch die Kapsulorhexis hindurchgedrückt, sodass die Optik posterior der Vorderkapsel der natürlichen Linse positioniert wird. Durch dieses Manöver wird die Kapsulorhexis oval, weil die Haptiken der IOL anterior der vorderen Linsenkapsel in Sulcus ciliaris liegen. Vorteile einer solchen Vorgehensweise sind die optimale Zentrierung der IOL und ausreichender Abstand der IOL-Optik zu Iris und Pupille (► **Abb. 3**). Die Voraussetzung für die o. g. Vorgehensweise ist eine zentrierte Kapsulorhexis mit einem Durchmesser, der kleiner ist als die Optik der Intraokularlinse.

**PRAXISTIPP**

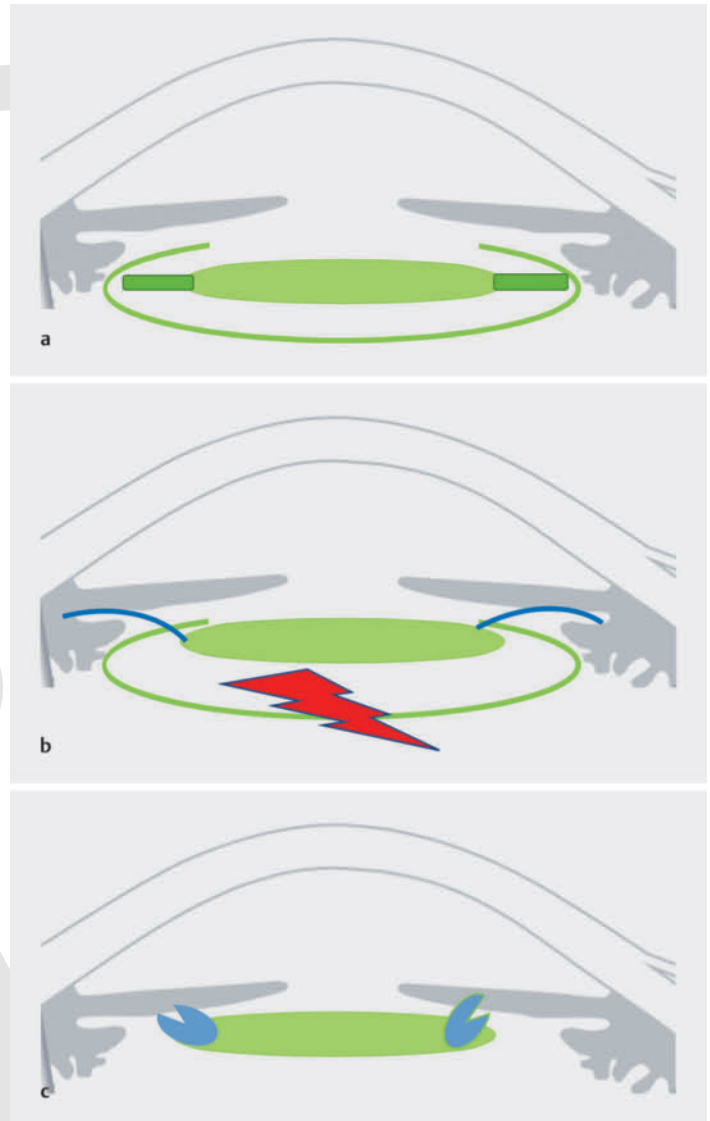
Einstückige IOLs haben i. d. R. keine Zulassung für eine Sulkusimplantation, daher ist auf die Wahl von 3-stückigen IOLs in den Sulcus ciliaris zu achten.

Eine sorgfältige Vitrektomie ist vor der Implantation der IOL von großer Wichtigkeit, um Traktionen an der Netzhaut zu minimieren.

Sollte die Vorderkapsel nicht intakt sein, z. B. aufgrund eines Risses, und die Hinterkapsel defekt sein, empfehlen sich alternative IOL-Fixierungen, z. B. durch Fixation an der Sklera oder mittels einer Irisklauenlinse.

**Vorderkapselkomplikationen**

Grundsätzlich kann man zwischen Vorderkapsel- und Hinterkapselkomplikationen unterscheiden. Bei den Vorderkapselkomplikationen sind ein „Auslaufen“ der Kapsulorhexis und ein Riss der Vorderkapsel die wichtigsten und häufigsten Vorfälle. Wenn die Kapsulorhexis zu groß zu werden droht, kann man häufig durch die zusätzliche Gabe von OVD in die Vorderkammer und durch die Reduktion des Glaskörperdruckes, z. B. durch die Lockerung des Lidsperrers, die Situation retten, indem man den Rand der auslaufenden Vorderkapsel mit einer Kapselpinzette fasst und in die entgegengesetzte Richtung zieht. Dadurch kann man häufig ein Auslaufen in Richtung Linsenäquator vermeiden. Die Kapsulorhexis ist zwar in der Folge nicht rund und zu groß, eine weitreichende Ver-



► **Abb. 3** Darstellung unterschiedlicher Kapselimplantationen: a reguläre Kapselsackfixierung; b Fixation im Sulcus mit Optic Capture; c Irisklauenfixation. Quelle: Catharina Latz, Berlin

schlechterung der Ausgangslage wird durch die o. g. Vorgehensweise jedoch verhindert.

Ist es bereits zu spät und der Kapsulotomieband ist in Richtung Linsenäquator ausgelaufen, besteht die Möglichkeit, die Kapsulorhexis vom Ausgangsort entgegen der ursprünglichen Richtung zu beginnen, d. h. man vervollständigt die Kapseleröffnung, indem man nicht mehr an der Kapsellefze zieht, sondern zunächst etwas OVD in die Vorderkammer gibt, damit die anteriore Linsenoberfläche flacher wird und das Risiko für ein erneutes Auslaufen der Kapsulorhexis reduziert wird. Ebenso sollte – wenn möglich – der Lidsperrer gelockert werden, damit der Glaskörperdruck reduziert wird. Anschließend macht man einen winzigen Schnitt am Ausgangsort der Kapsu-



lorhexis und zieht die neue Kapsellefze entgegen der ursprünglichen Richtung.

Ein radiärer Riss der Vorderkapsel entsteht aus verschiedenen Gründen: Manchmal ist die Kapsulorhexis nicht vollständig und der Rand reißt Richtung Linsenäquator aus. Andere Gründe sind intraoperative Verletzung des Kapsulorhexisrandes mit jeglichen intraokularen Instrumenten oder mit der Spitze des Phakoemulsifikationsgeräts. Glücklicherweise kommt es selten zu einer Erweiterung des Risses auf die Hinterkapsel; hier scheinen die Zonulafasern im Bereich des Linsenäquators das Vorschreiten des Defektes zu stoppen. Wichtig ist, dass man einen solchen Vorderkapselriss frühzeitig entdeckt und die darauffolgenden Operationsschritte entsprechend mit besonderer Vorsicht durchführt und jeglichen Zug an den Rissrändern vermeidet.

Hat man Linsenkern und -rinde problemlos entfernt, kann man häufig sogar eine Implantation der IOL in den Kapselsack erwägen.

### Hinterkapselkomplikationen

Die Hinterkapselruptur ist eine gefürchtete Komplikation der Phakoemulsifikation, weil sie mit einem schlechteren Outcome und Folgeproblemen assoziiert ist. Eine Hinterkapselruptur kann praktisch bei jedem Schritt der Operation nach der Kapsulorhexis entstehen: Eine zu starke Hydrodissektion, insbesondere bei Vorhandensein eines hinteren Polstars kann genauso eine Kapselruptur verursachen wie die Phakoemulsifikation selbst und die Entfernung der Linsenrinde.

Auch bei der Implantation der IOL und beim Absaugen des OVD können Hinterkapselrupturen entstehen. Dabei gilt: je früher das Auftreten der Hinterkapselruptur, umso größer die Gefahr von Verlust von Linsenfragmenten in den Glaskörperraum und damit die Notwendigkeit einer Pars-plana-Vitrektomie.

Nicht jede Strategie zur Vermeidung und zum Management der Hinterkapselruptur kann in diesem Artikel im Detail besprochen werden. Wichtig ist jedoch, dass man eine Kapselruptur frühzeitig erkennt und die darauffolgenden Operationsschritte darauf abstimmt. Häufig wird eine Reduktion der Intraokulardruckes und die anschließenden „Slow-Motion“-Phakoemulsifikation empfohlen.

#### Merke

**Sollte es zu einem Glaskörpervorfall kommen, ist eine vordere Vitrektomie notwendig.**

Das Risiko von postoperativem zystoiden Makulaödem und der Entstehung von peripheren Netzhautrissen und damit einer späteren Ablatio retinae ist nach einem Glaskörpervorfall erhöht. Umso wichtiger sind:

- eine sorgfältige Vitrektomie, um Traktionen an der Netzhaut zu verhindern
- prophylaktische Maßnahmen zur Vermeidung eines zystoiden Makulaödems wie die Gabe von subtenonalen Steroiden oder NSAR-Augentropfen
- die postoperative Kontrolle der Netzhautperipherie

Manchmal liegt nur ein kleiner, umschriebener Defekt der Hinterkapsel ohne Glaskörpervorfall vor. In diesen Fällen ist die vordere Glaskörpergrenzmembran intakt. Wenn man einen solchen Defekt rechtzeitig erkennt, besteht die Möglichkeit, aus der Hinterkapselruptur eine hintere kontinuierliche kurvilineare Kapsulorhexis zu machen. Hierfür ist die Gabe von kohäsiem OVD und die Verwendung einer Kapselpinzette notwendig. Sollte dies gelingen, besteht die Möglichkeit der Kapselsackimplantation der Intraokularlinse, denn eine runde, hintere Kapsulorhexis wird nicht „auslaufen“ und erlaubt eine sichere Platzierung der IOL in den Kapselsack.

#### PRAXISTIPP

Das Auftreten einer Hinterkapselruptur – und deren Versorgung – sind mit postoperativen Tensiospitzen assoziiert. Sinnvoll ist eine stationäre Überwachung und postoperative Tensiokontrollen. Alternativ sollte man den Patienten vorsorglich mit einer tensiosenkenden Therapie, z. B. Acetazolamid, behandeln.

#### FAZIT

- Ein Glaskörperprolaps verursacht Netzhauttraktion und damit ein erhöhtes Risiko für Netzhautrisse und Ablatio retinae.
- Eine sorgfältige Vitrektomie reduziert die Traktionen.
- Postoperative Netzhautkontrollen und die Aufklärung des Patienten über Ablösungssymptomatik sind unabdingbar.

### Verlust von Linsenfragmenten in den Glaskörperraum

Hinterkapselrupturen und ausgedehnte Zonulolysen können zum Verlust von Linsenfragmenten in den Glaskörperraum führen. Sollte nur eine kleine Menge Linsenrinde in den Glaskörperraum disloziert sein, besteht die Hoffnung auf eine natürliche Resorption im Laufe der Zeit. Allerdings führt der Kontakt zwischen dem Immunsystem und jeglichem Linsengewebe zu einer inflammatorischen Reaktion und in der Folge zu einer Uveitis, einem zystoiden Makulaödem und einem Sekundärglaukom. Daher ist eine konsequente postoperative Behandlung mit antiinflammatorischen Medikamenten und eine regelmäßige postoperative Überwachung indiziert, um der Entwicklung eines zystoiden Makulaödems vorzubeugen bzw.

ein beginnendes Ödem frühzeitig zu erkennen und zu behandeln.

#### Merke

Eine glaskörperchirurgische Entfernung von Linsenfragmenten ist unabdingbar, wenn Anteile des Linsenkernelns in den Glaskörperraum disloziert wurden. Ebenso sinnvoll ist die Durchführung einer Pars-plana-Vitrektomie bei Verlust von größeren Mengen an Linsenrinde.

Wenn man intraoperativ einen Verlust von Kernfragmenten in den Glaskörperraum feststellt, ist die Durchführung einer vorderen Vitrektomie notwendig. Dabei sollten die verbliebenen Anteile der menschlichen Linse möglichst komplett aus dem vorderen Augenabschnitt entfernt werden. Grundsätzlich kann eine IOL-Implantation in den Sulcus ciliaris erfolgen, falls die Kapsulorhexis intakt ist und keine wesentliche Zonulopathie vorliegt. Alternativ kann die IOL-Implantation im Rahmen einer Pars-plana-Vitrektomie erfolgen.

#### PRAXISTIPP

Die glaskörperchirurgische Behandlung sollte möglichst zeitnah erfolgen, denn jede zeitliche Verzögerung ist mit einer sich entwickelnden immunologischen Reaktion verbunden.

#### Sonderfall PEX

Das Pseudoexfoliations-(PEX-)Syndrom ist eine häufige, altersassoziierte, genetisch determinierte, systemische Erkrankung der extrazellulären Matrix [4]. Aktuelle Daten über die Prävalenz in Deutschland liegen nicht vor. Aasved fand 1979 eine Prävalenz von 4,7% bei über 60-Jährigen in einem Bonner Seniorenheim [5]. Diese kann allerdings selbst in homogenen Populationen stark variieren; ob dies an unterschiedlichen Untersuchern, regionalen Gen Pools oder Umweltfaktoren liegt, ist unklar [4]. Für die Praxis empfiehlt sich daher eine generelle Wachsamkeit gegenüber einer möglichen PEX-Pathologie.

Die charakteristischen Gewebsveränderungen beim PEX-Syndrom führen zu einem breiten Spektrum an okulärer Pathologie. Dies wiederum prädisponiert zu einem breiten Spektrum an PEX-typischen Erkrankungen (Phakodonesis, Glaukom, Hornhaut-Dekompensation) sowie an möglichen intraoperativen Erschwernissen (insuffiziente Mydriasis, Zonulolyse) und postoperativen Komplikationen (Kapselphimose, Subluxatio lentis). Verbessertes intraoperatives Management hat die intraoperativen Komplikationen in die späte postoperative Periode verschoben, wie eine zunehmende Anzahl von späten IOL-Sub- und -Dislokationen nach unkomplizierter Phakoemulsifikation widerspiegeln [6].

#### Merke

PEX hat in Deutschland eine Prävalenz von 5%. Die Pseudoexfoliatio lentis verursacht ein breites Spektrum okulärer Pathologien, die intraoperative Komplikationen begünstigen. Wichtig sind insbesondere insuffiziente Mydriasis und Zonulopathie.

Die präoperative klinische Untersuchung ist insofern relevant, da man hier das Ausmaß der PEX-Pathologie, dem intraoperativ begegnet werden könnte, abschätzen kann. Andererseits hat Mizuno bei klinisch einseitigem Befund auch im nicht betroffenen Auge PEX-Ablagerungen auf Zonulae (53%), im Bereich des Ziliarkörpers (in 77%) und in 35% sowohl auf Zonulae als auch Ziliarkörper nachgewiesen [7]. Auch eine nicht ausreichend erweiterte Pupille wird die PEX-Ablagerungen auf der Linse verschleiern.

#### Insuffiziente Mydriasis

PEX-Augen zeigen häufig eine insuffiziente Mydriasis. Diese ist sowohl vermehrter Geweberigidität durch PEX-Ablagerungen in Stroma und Muskelgewebe als auch Degeneration des M. sphincter pupillae und M. dilatator pupillae geschuldet [6]. Die insuffiziente Mydriasis erschwert den Zugang zur Kapsel und Linse. Hier kann zusätzliche Gabe von intrakameralem Phenylephrin (1,25%) und Viskomydriasis wenigstens während der Kapsulorhexis helfen. Bei besonders enger Pupille können auch Kapselhäkchen oder ein Irisspannring, z. B. nach Malyugin, die Operation vereinfachen. Bei schon vorgeschädigtem Irisgewebe kann es dadurch zu kleinen iatrogenen Sphinkterissen und zusätzlich zu einer Verschlechterung der Blut-Augen-Schranke und Sanguination kommen.

Die insuffiziente Mydriasis erschwert den Blick auf den Kapselfornix. Dadurch können leichter Kapselrupturen entstehen. Außerdem kann sich Kortex oder sogar Kernmaterial hinter der Iris verbergen. Dies führt dann im postoperativen Verlauf zu erhöhtem intraokularem Reiz.

#### PRAXISTIPP

Beim Abwägen von Für und Wider eines eventuell traumatischen und teuren Einsatzes von Pupillenmanipulatoren sollte das Ziel einer verlässlich-unkomplizierten Operation den Ausschlag geben.

#### Zonulopathie als Risikofaktor für Komplikationen

Die Zonulopathie umfasst ein Spektrum von unmerklich schwacher Zonula bis zur absoluten Zonulolyse. Wichtiger Risikofaktor für eine Zonulopathie ist PEX. Andererseits kann eine Zonulopathie auch nach Trauma, Marfan-Syndrom oder iatrogen hervorgerufen werden. Die Gemeinsamkeit bei PEX- und Marfan-Zonulopathie liegt darin, dass beide einen progredienten Verlauf haben, sodass auch ohne äußeres Zutun von einer Verschlechterung der

Zonulasituation mit der Zeit ausgegangen werden muss. Erklärtes Ziel ist es, Zonulae intraoperativ möglichst nicht zu schädigen, sodass die reguläre IOL-Implantation in den Kapselsack möglich ist und eine spätere Subluxation unwahrscheinlich. Daher gilt es: Stress auf Zonulae minimieren!

#### Merke

**Zonulopathie entsteht durch Trauma, Entzündung, PEX, Marfan-Syndrom oder andere Faktoren. Bei PEX und Marfan-Syndrom nimmt die Zonulopathie mit der Zeit zu, da es sich um eine progrediente Erkrankung handelt.**

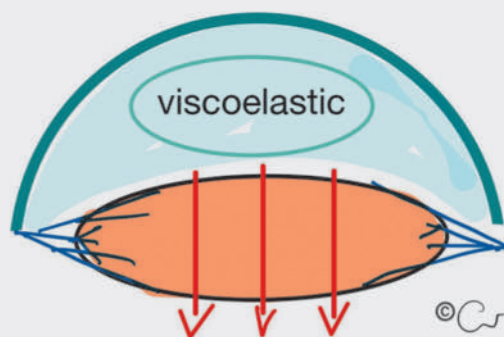
### Wie werden die Zonulae bei der Kataraktoperation möglichst wenig belastet?

Bei jeder Operation sollten die Zonulae so gut wie möglich geschont werden.

#### Slow-Motion-Phako und Trampolin-Effekt

Schwache Zonulae kann man zu Beginn der Operation am Trampolin-Effekt erkennen, wenn z.B. beim Stellen der Vorderkammer mit einer viskoelastischen Substanz oder beim Einführen der Irrigation die Vorderkammer sehr tief wird, weil das Iris-Linsen-Diaphragma nach posterior gedrückt wird, da die Zonulae geringen Widerstand bieten (► **Abb. 4**).

Ähnlich schnell kann sich das Diaphragma wieder nach anterior bewegen, sollte der Druck in der Vorderkammer abnehmen. Dabei ist jede Vor- und Rückbewegung nicht nur ein Zeichen von schwachen Zonulae, sondern belastet diese zusätzlich. Die Vorderkammerstabilität ist durch Verbesserung der Phakosettings, die z.B. eine Dauerirrigation ermöglichen oder aber plötzlichen Druckabfall mit vermehrter Irrigation ausgleichen können, sowie



► **Abb. 4** Bei schwachen Zonulae zeigt sich der Trampolin-Effekt: Das Iris-Linsen-Diaphragma weicht unter Druck von anterior nach posterior zurück und die Vorderkammer wird sehr tief. Quelle: Catharina Latz, Berlin

durch stabilere Schnitte und die Entwicklung des Sleeves deutlich verbessert.

#### PRAXISTIPP

Den Begriff Slow-Motion-Phako, den Robert H. Osher in den 1980er-Jahren geprägt hat, kann man heute noch anwenden: Geringe Aspirations- und Vakuumraten (damals 12 ml/Minute!) sowie kontinuierliche Irrigation bei niedrigerer Flaschenhöhe stabilisieren die Vorderkammerverhältnisse [8].

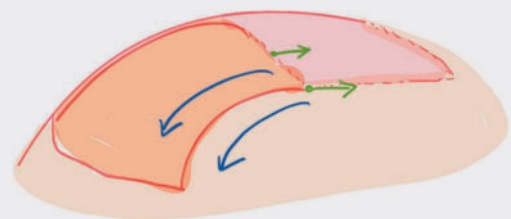
#### Kapsulorhexis: Kapsel scheren statt reißen

Auch bei der Kapsulorhexis werden die Zonulae belastet. Nicht umsonst lässt sich bei Zonulopathie oder Zonulolyse die Rhexis schlecht ziehen, da der notwendige Gegendruck auf die Rhexispinzette oder -nadel durch die Zonula fehlt. Im Gegenteil, im schlimmsten Fall zieht man die Zonulae samt Kapselsack zu sich und vergrößert damit den Defekt. Physikalisch ist der Zug auf die Zonulae bei der Scherung im Gegensatz zum Reißen am niedrigsten, da die Teilung der Kapsel an dem Punkt erreicht wird, wo das Material den geringsten Widerstand bietet. Zum Scheren muss die Zugkraft parallel zur Kapseloberfläche und zur gewünschten Rhexis-Richtung verlaufen, wie in ► **Abb. 5** dargestellt [9]. Alternativ ist hier die Femto-Kapsulotomie zu erwähnen.

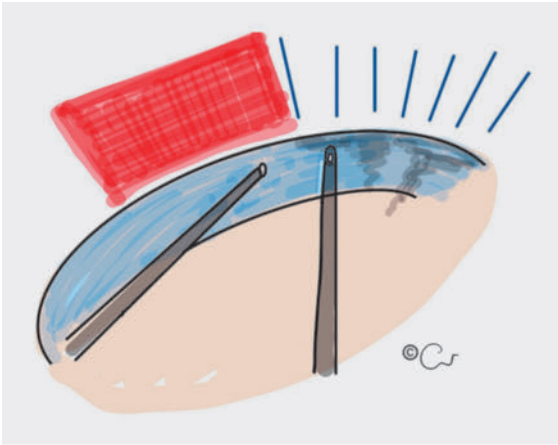
#### Kerndemontage und Kortexabsaugen

Eine gründliche Hydrodelineation hilft, um die Mobilisierung des Kernes ohne Belastung der Zonulae durchzuführen.

Für die Nukleusdemontage ist es sinnvoll, auf Chop-Techniken zurückzugreifen, da hierbei die Teilungskräfte zwischen Chopper und Phakotip aufgebaut werden und



► **Abb. 5** Bei Zugrichtung parallel zur Kapseloberfläche entstehen Scherkräfte durch 2 parallel zueinander in entgegengesetzter Richtung wirkende Kräfte. Mithilfe der Scherkraft kann die Kapsel am schwächsten Punkt gerissen werden, ohne die Zonulae zu belasten. Quelle: Catharina Latz, Berlin



► **Abb. 6** Bei Zonulopathie kann die Irrigationskanüle genutzt werden, um während des Kortexabsaugens die Zonulae zu stützen. Quelle: Catharina Latz, Berlin

nicht zwischen Phakotip und Zonula. Auch in diesem Punkt bietet die Femto-Phako eine echte Alternative.

Ähnlich wie bei der Hydrodelineation ist eine gründliche Hydrodissektion zonulaschonend. Dadurch löst sich der größte Teil des Kortexes und kann ohne Zug von der Kapsel abgesaugt werden. Nur wenige Fasern bleiben zurück, die nach Implantation der IOL, wenn die Zonulae durch die IOL-Haptiken unterstützt werden, abgesaugt werden können. Diese Technik hat Howard Fine 1992 vorgestellt und „Cortical Cleaving Hydrodissection“ genannt [10].

Wenn kortikale Fasern verbleiben, dann sollte man sich bemühen, diese auch zonulaschonend zu entfernen, z. B. indem man tangential zum Kapselfornix saugt, um die Zugkraft auf eine größere Anzahl von Zonulae zu verteilen. Nakano et al. nannten diese Methode Hurrikane-Kortex-Aspiration und konnten an Kadaveraugen sehr anschaulich zeigen, wie sich die Kräfte im Vergleich zum radiären Kortex-Stripping reduzieren [11]. Diese Technik lässt sich bei bimanueller Kortexaspiration sehr schön ergänzen, indem die Zonulae mit OVD oder der Irrigationskanüle oder der implantierten IOL-Haptik unterstützt werden (► **Abb. 6**).

### Die 3. Hand: viskoelastische Substanzen

Viskoelastische Substanzen sind eine große Hilfe bei komplizierten Operationsbedingungen: Längere Eingriffe, längere Phakomulsifikationszeiten, Abbau des Nucleus weiter anterior in der Vorderkammer und häufigeres Ein- und Ausführen der Instrumente führen unausweichlich zu stärkerer Endothelbelastung und eventuell auch zu einer Hornhautdekomensation.

#### Merke

**Viskoelastische Substanzen vergrößern den Raum in der Vorderkammer und schützen das Endothel.**

Auch bei der Entlastung der Zonulae – sei es während des Linsenabbaus, sei es bei der Implantation der Linse – sind viskoelastische Substanzen enorm wichtig, da sie den Kapselfornix nach peripher drücken und die auf die Zonulae wirkenden Kräfte gleichmäßig verteilen. Dies ist auch sinnvoll bei der IOL-Implantation. Durch den erweiterten Kapselsack entsteht zusätzlich mehr Platz und weniger Friktion der IOL an der Kapsel.

## Auswahl der IOL

### Hydrophobe und hydrophile IOL-Materialien

Hydrophobe Linsenmaterialien entfalten sich langsamer als hydrophile. Durch die langsame Entfaltung werden plötzliche und punktuelle Kräfte auf die Kapsel oder die Rhexis und damit auf die Zonulae verhindert.

Hydrophile IOL-Materialien können sich nach Eingriffen, welche die Kammerwasserzusammensetzung zwischenzeitlich verändern, wie z. B. DMEK oder PPV, sekundär eintrüben [12]. Dies ist ein weiterer Grund, besonders bei komplexen Augen, ein hydrophobes Linsenmaterial zu verwenden.

Auch eine hydrophobe Beschichtung schützt hydrophile Linsen nicht vor einer sekundären Eintrübung durch Kalziumpräzipitate [13].

#### PRAXISTIPP

Im Gegensatz zu hydrophoben Linsen können sich hydrophile Linsenmaterialien durch Kalziumkristalle sekundär eintrüben. Auch eine hydrophobe Beschichtung schützt hydrophile Linsen nicht vor einer Eintrübung.

### Ein- und 3-stückige IOL

Generell kann man 1- und 3-stückige IOL unterscheiden. Die 1-stückigen haben sowohl für die beiden Haptiken als auch die Optik das gleiche Material (Acryl, Acrylat) und können demnach in unterschiedlichste Formen gegossen oder geschnitten werden, z. B. mit Plattenhaptiken oder 2- oder 4-Loop-Haptiken. Die 3-stückigen IOL haben meistens eine Optik aus Acryl oder Silikon und Haptiken aus PMMA (Polymethylmethacrylat) oder PES (Polyethersulfon), die an der Optik fixiert sind.

Beide Linsentypen haben Vor- und Nachteile:

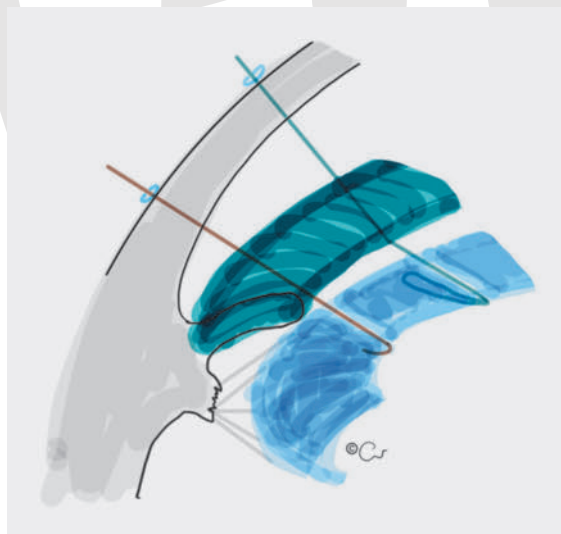
- 3-stückige-IOL sind vielseitiger: Sie können bei intakter Kapsel in die Kapsel, aber bei Kapselruptur zusätzlich in den Sulkus eingesetzt werden. Voraussetzung für eine erfolgreiche Sulkusimplantation ist eine saubere anteriore Vitrektomie und ausreichender Halt durch Zonulae und das anteriore Kapselblatt.

- 1-stückige-IOL sollten möglichst nicht in den Sulkus eingesetzt werden. Die Kanten der 1-stückigen IOL sind meistens scharf und dick und können durch Irisreizung das sogenannte UGH-Syndrom (Uveitis, Glaukom, Hyphäma) auslösen.
- 1-stückige IOL erreichen im Sulkus aufgrund der weichen Haptiken keine gute Fixierung. Im Gegenzug ist die weichere Haptik bei Implantation in den Kapselsack ein Vorteil: Die Haptiken entfalten sich gleichmäßiger, verursachen relativ weniger Druck an der Kapsel und sorgen damit für einen gleichmäßigeren Kontakt und weniger Spannungsfalten.

Bei schwachen Zonulae wird daher der Einsatz von einer 3-stückigen IOL mit der Positionierung der Haptiken im Kapselsack im Bereich der Zonulopathie propagiert. Studien, die 1- und 3-stückige-IOL verglichen haben, konnten keine eindeutigen Vorteile hinsichtlich Stabilität und refraktiver Ergebnisse zeigen [14].

### Intraoperative Rettungsringe: Kapselhäkchen und Spannringe

Der frühestmögliche Einsatz von Kapselhäkchen entlastet schwache Zonulae intraoperativ komplett und verhindert das Ausdehnen der Zonulopathie auf Nachbarregionen. Zusätzlich ermöglicht er, die Kataraktoperation ohne Kernverlust in den Glaskörper oder Glaskörperprolaps durch den Zonuladefekt fortzuführen. Falls keine Kapselhäkchen zur Hand sind, kann man auch Irishäkchen verwenden [15]. Die von Chang modifizierten Kapselhäkchen bieten eine breitere Basis, der die anteriore Kapsel



► **Abb. 7** Kapselhäkchen im Vergleich: braun Irishäkchen, die als Kapselhäkchen Verwendung finden, blau: Kapselhäkchen mit etwas anderem Winkel und breiterer Auflage an der vorderen Kapsel. Quelle: Catharina Latz, Berlin

aufliegt und einen günstigeren Winkel, mit dem der Kapselsack nach peripher gehalten wird (► **Abb. 7**).

#### PRAXISTIPP

Nach Entfernen der natürlichen Linse muss eine Bestandsaufnahme über die Stabilität der Zonula gemacht werden und darüber entschieden werden, welche IOL-Fixation möglich ist.

Grove et al. haben auf eine mögliche Komplikation bei der Kombination von Kapselhäkchen mit einem Kapselspannung hingewiesen. Hier hatte sich der Kapselspannung durch die Öse des Kapselhakens gefädelt und hat damit das Entfernen des Kapselhäkchens verhindert. In den publizierten Fällen konnte dieses Problem durch Schneiden des Kapselhakens ohne Sekundärkomplikationen gelöst werden [16]. Einfachstes Mittel zum Verhindern von Sekundärproblemen mit Kapselhäkchen und Spannringen ist das Sicherstellen eines ausreichend mit OVD gefüllten Kapselsackes. Dann ist auch für den Spannung genügend Platz, peripher der Häkchen entlangzugleiten.

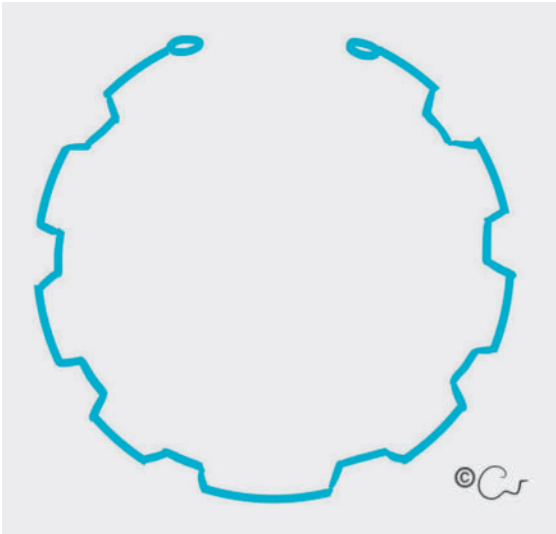
#### Merke

**Kapselspannringe werden in unterschiedlichen Größen für kleine, normale und große Augen angeboten.**

Die Verwendung eines Kapselspannringes wird insgesamt widersprüchlich beurteilt: Einerseits verteilt er die wirkenden Kräfte gleichmäßig auf die Zonulafasern und kann so besonders beanspruchte Bereiche entlasten, andererseits kann er durch das zusätzliche Gewicht eine Luxation der Linse begünstigen [17].

Als Faustregel gilt: Ein Zonuladefekt bis zu 4 Uhrzeiten, also über  $120^\circ$ , kann durch einen Kapselspannung ausgeglichen werden. Ein positiver Aspekt des Kapselspannringes ist die Option, den Ring, sollte eine Subluxatio zu einem späteren Zeitpunkt stattfinden, direkt skleral zu fixieren. Dies ist besonders bei PEX-Patienten von Interesse, da deren Pathologie auch über die OP hinaus voranschreiten kann.

Der richtige Zeitpunkt zum Einsatz des Kapselspannringes ist generell so früh wie möglich, sobald über die weitere Verwendung des Kapselsackes entschieden wurde. Beim Einbringen sollte man darauf achten, den Spannung zum Zonuladefekt hin zu implantieren, um den Defekt nicht stärker zu belasten. Da der Kapselspannung sofort seine austarierende Wirkung entfaltet, hilft er auch intraoperativ. Andererseits wird kortikales Material durch die zentrifugale Kraft des Spannringes im Kapselfornix festgeklemmt und das Absaugen des Kortexes erschwert. Für diese Indikation hat Henderson eine Modifikation entwickelt, die sich durch 8 gleichmäßig verteilte Ausbuchtungen von 0,15 mm auszeichnet [18]. Die Zentrifugal-



► **Abb. 8** Der Henderson-Ring hat sinusoidale Ausbuchtungen, die das Absaugen des Kortexes nach Einlegen des Kapselspannrings erleichtern. Quelle: Catharina Latz, Berlin

kraft ist einem nicht modifizierten Spannung vergleichbar. Durch die Ausbuchtungen bleibt der Kortex greif- und absaugbar (► **Abb. 8**) [18]. Eine Weiterentwicklung dieses Spannungsrings hat 17 Ausbuchtungen, da hiermit zusätzlich die Rotationsstabilität von torischen Linsen verbessert werden kann. Die sinusoiden Ausbuchtungen fixieren die Haptik der torischen IOL [19].

#### ZUSATZINFO

##### „Rettungsringe“ bei Zonulopathie

Kapselspannrings wirken zentrifugal und können Kapseldefekte bis 120° ausgleichen. Sie werden so früh wie möglich intraoperativ eingesetzt und verbleiben im Auge.

Es wird argumentiert, dass das zusätzliche Gewicht eines Kapselspannrings eine spätere Luxation des Kapsel-Linsen-Ring-Komplexes begünstigt.

Kapselhäkchen können nur intraoperativ eingesetzt werden. Sie stabilisieren die Kapsel nach anterior, stärken die Zonulabarriere und verhindern damit einerseits den Verlust von Linsenfragmenten in den Glaskörperaum als auch den Prolaps von Glaskörper nach anterior.

Zusätzlich gibt es Elemente wie das Ahmed-Segment oder den Assia-Anchor, welche die Zonula über eine Strecke von 1–3 Uhrzeiten stützen und skleral fixiert werden müssen.

#### FALLBEISPIEL

##### PEX- insuffiziente Mydriasis, Zonulolyse-Kapselspannung

Eine 68-jährige Dame stellt sich mit fortgeschrittener Katarakt vor. Es besteht zusätzlich eine Cornea guttata und ein Pseudoexfoliations-Syndrom. Um das Endothel und die Zonulae zu schonen, wird eine Femtolaser-assistierte Kataraktchirurgie (FLACS) geplant. Intraoperativ zeigt sich eine enge Pupille, sodass die FLACS nicht wie geplant durchgeführt werden kann. Es wird auf eine klassische Kataraktchirurgie umgestellt. Mittels Viskomydriasis wird die Pupille ausreichend groß, um die Kapsulorhexis manuell durchzuführen. Es wird eine hydrophobe IOL ausgewählt, die in den Kapselsack implantiert wird. Aufgrund einer Zonulolyse inferior wird zusätzlich ein Kapselspannung am Ende der Operation eingesetzt. Damit ist die IOL im Kapselsack gut zentriert.

Trotz der PEX-assoziierten Komplikation von enger Pupille und Zonulolyse kann die Operation intraoperativ derart angepasst werden, dass keine Sekundärprobleme entstehen.

#### Alternative IOL-Fixation: sklerale Optionen

Bei deutlicher Zonulainsuffizienz besteht die Möglichkeit, die IOL von vornherein im Sulkus zu fixieren und mittels Optic-Capture zu zentrieren oder aber auf alternative IOL-Fixation wie iris- oder sklerafixierte Systeme umzusteigen. Hier kann auch ein zweizeitiges Vorgehen sinnvoll sein, z. B. wenn die Pupille nicht wieder ausreichend eng wird oder die ursprünglich gewählte Anästhesie oder die OP-Dauer für den Patienten nicht adäquat sind.

Ein besonderes Thema ist die Fixation der IOL an der Sklera. Bis vor 20 Jahren gab es bei fehlender Kapselunterstützung 3 verschiedene IOL-Fixationsmöglichkeiten:

- kammerwinkelgestützt in der Vorderkammer,
- antero- oder retropupillar an der Iris fixiert oder
- mittels Naht an der Sklera fixiert [20].

Die IOL-Fixation in der Vorderkammer hat durch die Nähe zum Hornhautendothel häufig zu Hornhautdekompensationen geführt und wird deswegen heutzutage in Deutschland quasi nicht mehr angewandt.

#### FAZIT

Alternativ zur Sulkus- und Kapselsackfixation der IOL gibt es 3 Möglichkeiten:

- irisfixierte antero- oder retropupillare Linse
- sklerafixierte IOL
- kammerwinkelgestützte Vorderkammerlinse (durch die irisfixierte IOL abgelöst)

## Skleranaht-Fixation

Malbran und Kollegen veröffentlichten in den 1980er-Jahren 3 verschiedene Techniken für eine skleranaht-fixierte IOL [21]. Die Nähte wurden meistens durch Open-Sky oder große Schnitte von intern nach außen platziert. Da die Visualisierung und die Kontrolle des Einstichwinkels schwierig waren, gab es Komplikationen wie Netzhautabhebungen, Blutungen und asymmetrische IOL-Fixierung. 1991 hat Lewis die Skleranaht mit der sogenannten Handshake-Technik revolutioniert: Er konnte die Nähte ab externo sicher platzieren, indem die Prolene-Naht über eine 28-G-Nadel intraokular in Empfang genommen und sicher externalisiert wurde (► **Abb. 9**). Zusätzlich zeigte er, wie die extern liegenden Knoten durch sklerale Deckel vor Protrusion gesichert werden konnten.

Die skleranahtfixierte IOL hatte den anderen oben genannten Optionen gegenüber den großen Nachteil des zeitaufwendigen Einnähens und den noch größeren Nachteil der Degradation der Nähte über die Zeit. 10-0 Prolene hat sich gerade beim Einsatz bei Kindern als nicht stabil genug gezeigt. Deshalb hat sich der Einsatz von 9-0 Prolene und später von 7-0 Gore-Tex-Nähten durchgesetzt. Die Gore-Tex-Nähte waren für den Einsatz am Auge in Europa nicht zugelassen und zudem sehr teuer.

Gleichzeitig bestand das Risiko des Durchwanderns der Knoten und das erhöhte Infektionsrisiko durch den Verlust der skleralen Integrität. Da es sich immer um eine 2-Punkt-Fixierung handelte, war ein zusätzliches Problem die IOL-Zentrierung und die Verdrehung (torque).

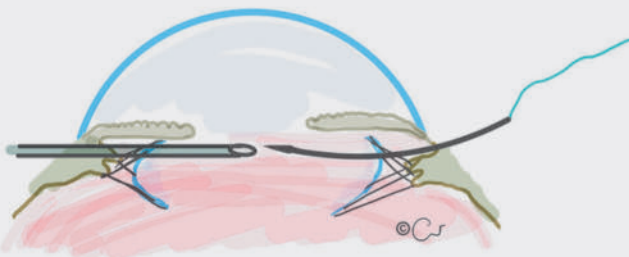
## Nahtlose Sklerafixation

Es verwundert nicht, dass aufgrund der mit der Naht verbundenen Schwierigkeiten der Impetus für eine nahtlose Sklerafixierung groß war. Dem kam Scharioth mit seiner Veröffentlichung 2007 nach. Er kreierte mit einer 24-G-Nadel zwei 180° voneinander entfernte Sklerotomien und von den Sklerotomien ausgehend zwei sklerale Tunnel, in denen die Haptiken der 3-stückigen IOL mittels einer 25-G-endgreifenden Pinzette fixiert wurden [22].

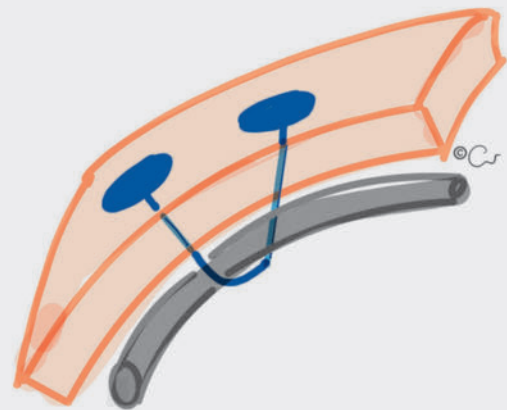
Die intrasklerale Fixierung der Haptiken als Ankerpunkt der IOL-Halterung hat Yamane mit der Flansch-Technik erweitert: Statt mit einer Pinzette konnte die Haptik direkt über eine Kanüle extrahiert und dann durch thermische Erweiterung des Endes (Flansch) gesichert werden [23]. Diese Flansch-Technik wurde weiterentwickelt, um wiederum mittels 6-0 Prolene-Schlaufen IOL-Haptiken an 2 oder 4 Punkten an der Sklera zu fixieren. Diese Technik lässt sich auch verwenden, um dislozierte IOLs neu zu fixieren (► **Abb. 10**) [24].

Eine ganz neue Methode der intraskleralen Fixation hat die Entwicklung der Carlevalle-IOL von Soleko ermöglicht: Die hydrophile Linse besitzt eine neue Form der Haptik ähnlich einer 4-Loop-Haptik, die aber nach peripher je einen transskleralen Stöpsel besitzt, der in einem skleralen Tunnel fixiert wird und ähnlich einem Dübel das Luxieren der Linse verhindert [25]. Durch das Design des Stöpsels ist die Positionierung der Linse stabil und der Torque minimal (► **Abb. 11**).

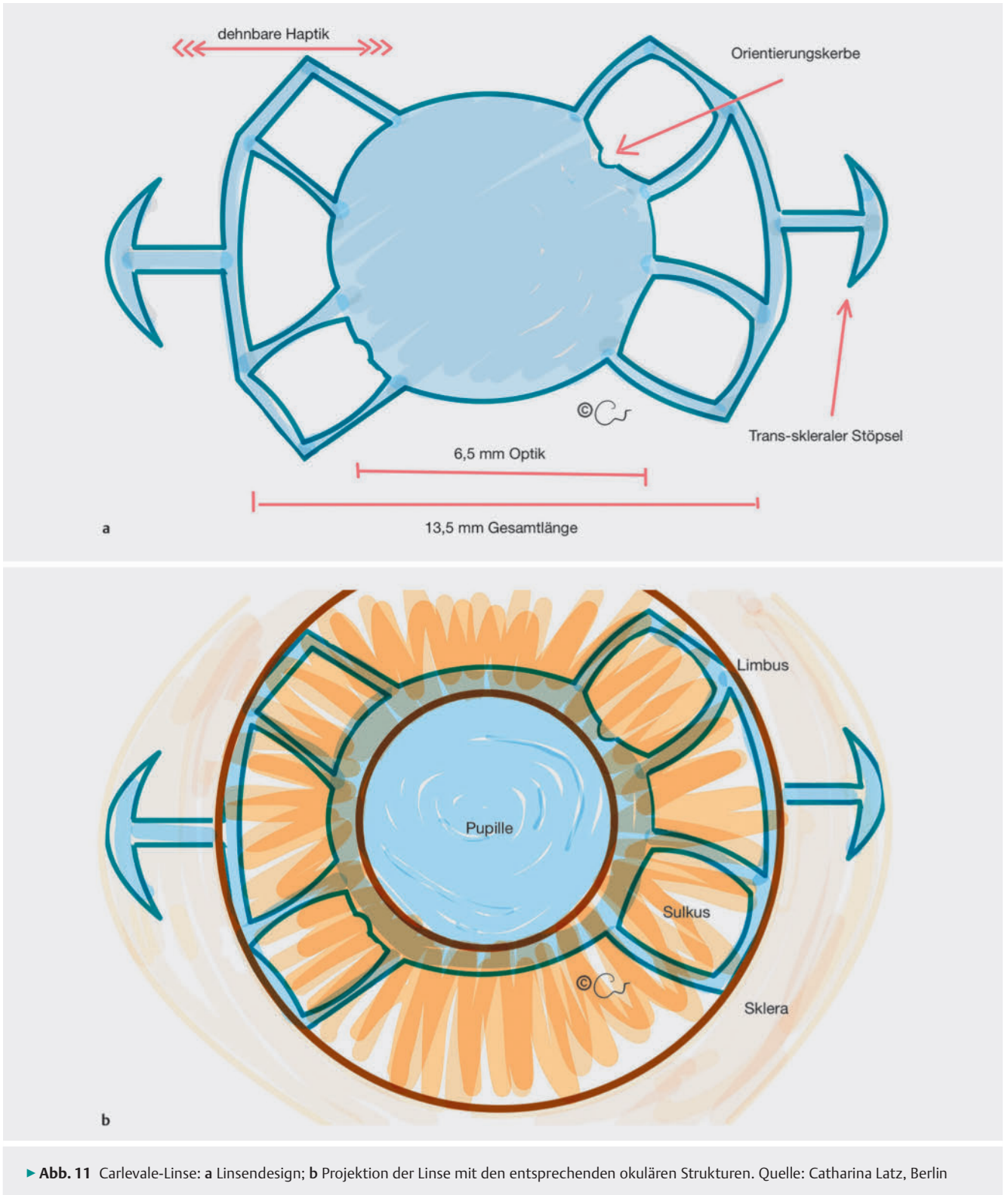
Zusammenfassend gibt es heute eine breite Auswahl an verschiedenen IOL sowie Techniken, um diese skleral zu fixieren. Vorteil der skleralen Fixation bleibt die physiologische Lokalisierung und die große Entfernung vom kornealen Endothel.



► **Abb. 9** Handshake-Technik: Die Prolene-Schlittennaht, wird ab externo eingeführt und über die Kanüle, die ebenfalls ab externo eingeführt wurde, in Empfang genommen und nach außen geleitet. Quelle: Catharina Latz, Berlin



► **Abb. 10** Die Canabrava-Flansch-Technik nutzt einen Prolene-Faden, an dem z. B. die Haptik der IOL aufgehängt wird. Der Faden wird skleral mittels Flansch fixiert. Quelle: Catharina Latz, Berlin



► **Abb. 11** Carlevale-Linse: a Linsendesign; b Projektion der Linse mit den entsprechenden okulären Strukturen. Quelle: Catharina Latz, Berlin



**FALLBEISPIEL****PEX-IOL-Luxation, sekundäre IOL-Fixation**

Dieselbe, damals 68-jährige Dame wie in der vorigen Kasuistik stellt sich 15 Jahre später mit einem plötzlichen Visusverlust auf dem operierten Auge von sc 1,0 auf sc HBW vor. Die Refraktion hat sich von SE - 0,25 dpt auf SE + 12,5 dpt verändert. Bei der Spaltlampenuntersuchung zeigt sich eine nach posterior luxierte IOL. Der Kapsel-IOL-Komplex ist im inferioren anterioren GK-Raum bei weiter Pupille zu erkennen. Aufgrund der Cornea guttata und des vorher guten Visus wird auf einen IOL-Austausch verzichtet. Stattdessen wird eine sekundäre IOL-Fixation mittels Canabrava-Technik durchgeführt. Der postoperative Verlauf ist komplikationslos und der präoperative Visus mit einer leicht veränderten Refraktion auf + 0,25 sph wieder 1,0.

Hier konnte auf die späte postoperative Komplikation der IOL-Luxation mittels einer sekundären IOL-Fixation reagiert werden. Außer einer geringen Refraktionsänderung, die mittels Brillenanpassung adressiert werden konnte, sind keine Sekundärprobleme aufgetreten.

**KERNAUSSAGEN**

- Die Kataraktchirurgie ist eine der weltweit am häufigsten durchgeführten Operationen.
- In den letzten Jahren hat es in diesem Feld enorme Fortschritte gegeben.
- Diese Fortschritte umfassen sowohl die Technik der Phakogeräte, den Einsatz neuer Lasertechnologien, als auch neue Operationsstrategien und das Repertoire von Hilfsmitteln.
- Zu Letzteren zählen zum Beispiel Kapselspannringe, -häkchen und -anker, und neue Linsendesigns.
- Auch das weltweite, immerwährende Streben von kreativen Ophthalmochirurgen nach neuen Lösungswegen zum Beispiel im Bereich der IOL-Fixation hat das Niveau der Kataraktchirurgie weiter angehoben.
- So steht den Operateuren heute ein großes Arsenal an technischen und therapeutischen Möglichkeiten zur Verfügung, um komplexe Augen und intraoperative Komplikationen so zu operieren, dass für den Patienten das bestmögliche Ergebnis erreicht werden kann und keine Nachteile entstehen.

**Interessenkonflikt****Erklärung zu finanziellen Interessen**

Forschungsförderung erhalten: nein; Honorar/geldwerten Vorteil für Referententätigkeit erhalten: ja, von einer anderen Institution (Pharma- oder Medizintechnikfirma usw.); Bezahlter Berater/interner Schulungsreferent/Gehaltsempfänger: nein; Patent/Geschäftsanteile/Aktien (Autor/Partner, Ehepartner, Kinder) an im Bereich der Medizin aktiven Firma: ja; Patent/Geschäftsanteile/Aktien (Autor/Partner, Ehepartner, Kinder) an zu Sponsoren dieser Fortbildung bzw. durch die Fortbildung in ihren Geschäftsinteressen berührten Firma: nein.

**Erklärung zu nichtfinanziellen Interessen**

CL: Augenchirurginnen, Deutsches Komitee zur Verhütung von Blindheit, Deutsche Ophthalmologische Gesellschaft, European Society of Cataract and Refractive Surgery, American Academy of Ophthalmology

**Autorinnen/Autoren****Dr. med. Catharina Latz**

Medizinstudium in Göttingen, München, Paris und Berlin. FA-Ausbildung Augenheilkunde an der Charité Berlin. 2000–2007 Internship (Innere Medizin, UMass), Residency und Fellowship (Ophthalmology) an der Boston University. 2004 Fachärztin für Augenheilkunde. 2009 Diplomate of the American Board of Ophthalmology. 2008–2010 Attending Surgeon Fallon Eye Clinic. 2010–2015 FOÄ Augenheilkunde UK Bonn. 2015 bis heute Leitung Hornhautchirurgie, Katarakt-Operateurin an der Dardenne Klinik, Bonn.

**Prof. Dr. med. Alireza Mirshahi**

Studium der Humanmedizin in Frankfurt a. M., Halifax und Leicester, Forschungsaufenthalt an der Harvard Medical School. Facharztanerkennung 2005, Oberarzt am Klinikum Ludwigshafen. Europäischer Facharzt 2006, Habilitation 2009, Wechsel an die Mainzer Universitätsklinik 2010. 2014 „außerplanmäßiger Professor“. Seit 2014 Leiter der Dardenne Klinik, Bonn.

**Korrespondenzadresse****Dr. med. Catharina Latz**

Dardenne Klinik  
Friedrich-Ebert-Straße 23–25  
53177 Bonn-Bad Godesberg  
c\_latz@hotmail.com

**Wissenschaftlich verantwortlich gemäß Zertifizierungsbestimmungen**

Wissenschaftlich verantwortlich gemäß Zertifizierungsbestimmungen für diesen Beitrag ist Dr. med. Catharina Latz, Berlin.

**Zitierweise für diesen Artikel**

Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde  
doi:10.1055/a-2255-6004

## Literatur

- [1] Braun V. Pschyrembel Online. Berlin: Walter de Gruyter; 2020
- [2] Chang DF, Campbell JR. Intraoperative floppy iris syndrome associated with tamsulosin. *J Cataract Refract Surg* 2005; 31: 664–673. doi:10.1016/j.jcrs.2005.02.027
- [3] Panagis L. Intraoperative floppy iris syndrome. *Arch Ophthalmol* 2010; 128: 1437. doi:10.1001/archophthalmol.2010.243
- [4] Ritch R, Schlotzer-Schrehardt U. Exfoliation syndrome. *Surv Ophthalmol* 2001; 45: 265–315. doi:10.1016/s0039-6257(00)00196-x
- [5] Aasved H. Prevalence of fibrilloglucan epitheliocapsularis (pseudoexfoliation) and capsular glaucoma. *Trans Ophthalmol Soc U K (1962)* 1979; 99: 293–295
- [6] Schlotzer-Schrehardt U, Naumann GO. Ocular and systemic pseudoexfoliation syndrome. *Am J Ophthalmol* 2006; 141: 921–937. doi:10.1016/j.ajo.2006.01.047
- [7] Mizuno K, Muroi S. Cycloscopy of pseudoexfoliation. *Am J Ophthalmol* 1979; 87: 513–518. doi:10.1016/0002-9394(79)90240-x
- [8] Osher RH. Slow motion phacoemulsification approach. *J Cataract Refract Surg* 1993; 19: 667. doi:10.1016/s0886-3350(13)80025-9
- [9] Arshinoff S. Mechanics of capsulorhexis. *J Cataract Refract Surg* 1992; 18: 623–628. doi:10.1016/S0886-3350(13)80456-7
- [10] Fine IH. Cortical cleaving hydrodissection. *J Cataract Refract Surg* 1992; 18: 508–512. doi:10.1016/s0886-3350(13)80108-3
- [11] Nakano CT, Motta AFP, Hida WT et al. Hurricane cortical aspiration technique: One-step continuous circular aspiration maneuver. *J Cataract Refract Surg* 2014; 40: 514–516. doi:10.1016/j.jcrs.2014.01.003
- [12] Milojevic C, Latz C, Tandogan T et al. Eintrübung einer hydrophilen Acryl-Intraokularlinse nach DMEK. *Ophthalmologie* 2017; 114: 832–837. doi:10.1007/s00347-016-0394-6
- [13] Britz L, Schickhardt SK, Yildirim TM et al. Hydrophobe Oberflächeneigenschaften hydrophiler Acryllinsen schützen nicht vor Kalzifikation. *Ophthalmologie* 2023. doi:10.1007/s00347-023-01862-0
- [14] Zhong X, Long E, Chen W et al. Comparisons of the in-the-bag stabilities of single-piece and three-piece intraocular lenses for age-related cataract patients: a randomized controlled trial. *BMC Ophthalmol* 2016; 16: 100. doi:10.1186/s12886-016-0283-4
- [15] Merriam JC, Zheng L. Iris hooks for phacoemulsification of the subluxated lens. *J Cataract Refract Surg* 1997; 23: 1295–1297. doi:10.1016/S0886-3350(97)80105-8
- [16] Grove K, Condon G, Erny BC et al. Complication from combined use of capsule retractors and capsular tension rings in zonular dehiscence. *J Cataract Refract Surg* 2015; 41: 2576–2579. doi:10.1016/j.jcrs.2015.10.012
- [17] Nobl M, Mackert M. [Pseudoexfoliation Syndrome and Glaucoma]. *Klin Monbl Augenheilkd* 2019; 236: 1139–1155. doi:10.1055/a-0972-4548
- [18] Henderson BA, Kim JY. Modified capsular tension ring for cortical removal after implantation. *J Cataract Refract Surg* 2007; 33: 1688–1690. doi:10.1016/j.jcrs.2007.05.041
- [19] Zdril J, Werner L, Mamalis N et al. Rotational stability of toric intraocular lenses with a newly modified capsular tension ring. *J Cataract Refract Surg* 2021; 47: 516–521. doi:10.1097/j.jcrs.0000000000000478
- [20] Wagoner MD, Cox TA, Ariyasu RG et al. Intraocular lens implantation in the absence of capsular support. *Ophthalmology* 2003; 110: 840–859. doi:10.1016/S0161-6420(02)02000-6
- [21] Malbran ES, Malbran E, Negri I. Lens guide suture for transport and fixation in secondary IOL implantation after intracapsular extraction. *Int Ophthalmol* 1986; 9: 151–160. doi:10.1007/BF00159844
- [22] Gabor SGB, Pavlidis MM. Sutureless intrascleral posterior chamber intraocular lens fixation. *J Cataract Refract Surg* 2007; 33: 1851–1854. doi:10.1016/j.jcrs.2007.07.013
- [23] Yamane S, Sato S, Maruyama-Inoue M et al. Flanged intrascleral intraocular lens fixation with double-needle technique. *Ophthalmology* 2017; 124: 1136–1142. doi:10.1016/j.ophtha.2017.03.036
- [24] Canabrava S, Canêdo Domingos Lima AC, Ribeiro G. Four-flanged intrascleral intraocular lens fixation technique: No flaps, no knots, no glue. *Cornea* 2020; 39: 527–528. doi:10.1097/ICO.0000000000002185
- [25] Veronese C, Maiolo C, Armstrong GW et al. New surgical approach for sutureless scleral fixation. *Eur J Ophthalmol* 2020; 30: 612–615. doi:10.1177/1120672120902020

## Bibliografie

Augenheilkunde up2date 2024; 14: 53–71  
 DOI 10.1055/a-2049-4252  
 ISSN 0023-2165  
 © 2024. Thieme. All rights reserved.  
 Georg Thieme Verlag KG, Rüdigerstraße 14,  
 70469 Stuttgart, Germany

## Punkte sammeln auf CME.thieme.de



Diese Fortbildungseinheit ist in der Regel 12 Monate online für die Teilnahme verfügbar. Den genauen Einsendeschluss finden Sie unter <https://cme.thieme.de>. Sollten Sie Fragen zur Online-Teilnahme haben, finden Sie unter <https://cme.thieme.de/hilfe> eine ausführliche Anleitung. Wir wünschen viel Erfolg beim Beantworten der Fragen!

Unter <https://eref.thieme.de/CXLLGM8> oder über den QR-Code kommen Sie direkt zur Startseite des Wissenstests.

VNR 2760512024165721497



### Frage 1

Welche Aussage zur Definition von „Komplikation“ ist *nicht* richtig?

- A Eine Komplikation ist ein unerwünschtes Ereignis oder eine unerwünschte Folge einer medizinischen Behandlung oder eines Eingriffs.
- B Komplikationen können variieren in ihrer Schwere, von leicht bis schwerwiegend.
- C Komplikationen treten immer vorhersehbar und in genau dem gleichen Muster bei allen Patienten auf.
- D Eine rechtzeitige Erkennung und angemessene Behandlung von Komplikationen kann deren Auswirkungen minimieren.
- E Komplikationen können sowohl während als auch nach einer medizinischen Behandlung oder einem chirurgischen Eingriff auftreten.

### Frage 2

Welche Aussage zum Pseudoexfoliations-Syndrom ist richtig?

- A Es hat eine Prävalenz von 17% in Deutschland.
- B Das Ausmaß der Pathologie ist an der Spaltlampe eindeutig zu erkennen.
- C Es tritt immer mit erhöhtem Augeninnendruck auf.
- D Es kann die Kataraktoperation durch insuffiziente Mydriasis erschweren.
- E Es führt zu einer Verstärkung der extrazellulären Matrix und der Zonulae.

### Frage 3

Welche der folgenden intraoperativen Komplikationen tritt *nicht* typischerweise während der Kataraktchirurgie auf?

- A Irisprolaps
- B Glaskörperprolaps
- C Kapselruptur
- D Kernverlust
- E zystoides Makulaödem

### Frage 4

Welche der folgenden Aussagen ist richtig in Bezug auf das Floppy-Iris-Syndrom (IFIS)?

- A Tamsulosin, ein  $\alpha$ -1A-Antagonist, verstärkt die Mydriasis durch Hemmung des M. sphincter pupillae.
- B IFIS erleichtert die Kataraktchirurgie durch eine gute Mydriasis.
- C Das Floppy-Iris-Syndrom ist ein Risikofaktor für Irisprolaps.
- D Wird Tamsulosin rechtzeitig (mindestens 1 Monat vor der Kataraktchirurgie) abgesetzt, kann es intraoperativ nicht zu einem Floppy-Iris-Syndrom kommen.
- E Das Floppy-Iris-Syndrom tritt aufgrund einer allergischen Reaktion auf Tamsulosin auf.

### Frage 5

Welches Vorgehen ist bei Irisprolaps richtig?

- A Auf weitere Gabe von Viscoelastikum sollte man verzichten.
- B Auf weitere Gabe von adrenergen Substanzen wie Adrenalin sollte man verzichten.
- C Der intraokulare Druck sollte möglichst angehoben werden.
- D Bei Irisprolaps sollte man das Irisgewebe nur ab externo wieder zurück in das Auge schieben.
- E Mit einem Spatel sollte man das Irisgewebe ab interno wieder zurück in das Auge ziehen.

### Frage 6

Welches ist heutzutage *keine* ideale Fixierung oder Positionierung einer Intraokularlinse mehr?

- A kammerwinkelgestützt in der Vorderkammer
- B irisfixiert retropupillar
- C sklerafixiert ohne Naht
- D im Sulkus mit Optic Capture
- E im Kapselsack

► Weitere Fragen auf der folgenden Seite ...

## Punkte sammeln auf CME.thieme.de

Fortsetzung ...

### Frage 7

Welche Aussage ist in Hinsicht auf Kapselhäkchen und Kapselspannringe richtig?

- A Kapselhäkchen können dauerhaft im Auge verbleiben, um die Zonulae in der anterioren Richtung zu unterstützen.
- B Ein Kapselspannring kann im Auge dauerhaft verbleiben, um die Kapsel mit seiner zentrifugalen Kraft zur Peripherie hin zu unterstützen.
- C Ein Kapselspannring darf nur bei einem Defekt von maximal 2 Uhrzeiten angewandt werden.
- D Kapselspannringe werden nur in einer Größe angefertigt, können sich aber je nach Kapselsackgröße unterschiedlich komprimieren.
- E Kapselspannringe verhindern die Luxation oder Subluxation des Linsen-Kapsel-Komplexes dauerhaft.

### Frage 8

Welche Aussage trifft auf hydrophile und hydrophobe IOL-Materialien zu?

- A Hydrophile IOL-Materialien lassen sich aufgrund der rigiden Eigenschaft schlecht mit einer Kartusche injizieren.
- B Hydrophile IOL-Materialien können sich nach Eingriffen, die die Kammerwasserzusammensetzung zwischenzeitlich verändern, wie z. B. DMEK oder PPV, sekundär eintrüben.
- C Eine sekundäre IOL-Eintrübung ist bei hydrophoben Materialien genauso häufig wie bei hydrophilen IOL beschrieben.
- D Eine hydrophobe Beschichtung schützt hydrophile Linsen vor einer sekundären Eintrübung durch Kalziumpräzipitate.
- E Hydrophobe IOL-Materialien entfalten sich im Kapselsack besonders schnell.

### Frage 9

Welche der folgenden Ursachen steht *nicht* in einem ursächlichen Zusammenhang zur Zonulopathie?

- A hohe Myopie
- B Marfan-Syndrom
- C PEX
- D Tamsulosin
- E Trauma

### Frage 10

Was sind PEX-typische Erkrankungen?

- A Glaukom
- B Netzhautablösung
- C Makuladegeneration
- D Meibom-Dysfunktion und Blepharitis
- E rezidivierende Erosiones der Cornea