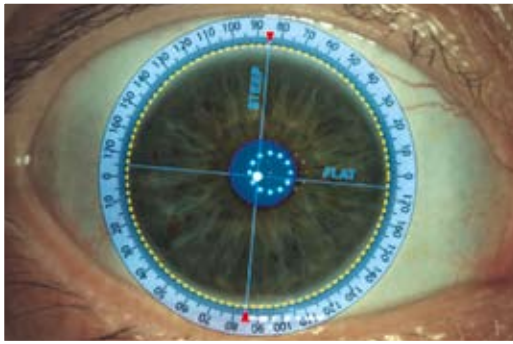


# DGJJ



## **25. Kongress der Deutschsprachigen Gesellschaft für Intraokularlinsen- Implantation, Interventionelle und Refraktive Chirurgie**

Herausgegeben von  
M. Amon, J. Kuchenbecker, T. Kohnen



BIERMANN  
MEDIZIN



---

**25. Kongress der  
Deutschsprachigen Gesellschaft  
für Intraokularlinsen-Implantation,  
Interventionelle und Refraktive  
Chirurgie**



# **25. Kongress der Deutschsprachigen Gesellschaft für Intraokularlinsen- Implantation, Interventionelle und Refraktive Chirurgie**

10. bis 12. März 2011 in Frankfurt/Main

Herausgegeben von M. Amon, J. Kuchenbecker, T. Kohnen



---

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen und dergleichen, die in diesem Buch ohne besondere Kennzeichnung aufgeführt sind, berechtigt nicht zur Annahme, dass diese von jedermann ohne Weiteres frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich um gesetzlich geschützte Warenzeichen handeln.

**Wichtiger Hinweis:**

Wie jede Wissenschaft ist die Medizin ständigen Entwicklungen unterworfen. Forschung und klinische Erfahrung erweitern unsere Erkenntnisse, insbesondere was Behandlung und medikamentöse Therapie angeht. Soweit in diesem Werk eine Dosierung oder eine Applikation erwähnt wird, darf der Leser zwar darauf vertrauen, dass Autoren, Herausgeber und Verlag große Sorgfalt darauf verwandt haben, dass diese Angabe dem Wissensstand bei Fertigstellung des Werkes entspricht.

Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag jedoch keine Gewähr übernommen werden. Jeder Benutzer ist angehalten, durch sorgfältige Prüfung der Beipackzettel der verwendeten Präparate und gegebenenfalls nach Konsultation eines Spezialisten festzustellen, ob die dort gegebene Empfehlung für Dosierungen oder die Beachtung von Kontraindikationen gegenüber der Angabe in diesem Buch abweicht. Eine solche Prüfung ist besonders wichtig bei selten verwendeten Präparaten oder solchen, die neu auf den Markt gebracht worden sind. Jede Dosierung oder Applikation erfolgt auf eigene Gefahr des Benutzers. Autoren und Verlag appellieren an jeden Benutzer, ihm etwa auffallende Ungenauigkeiten dem Verlag mitzuteilen.

**Anschriften der Herausgeber:**

PROF. DR. MICHAEL AMON  
Akademisches Lehrkrankenhaus  
Krankenhaus Barmherzige Brüder  
Augenabteilung  
Johannes von Gott Platz 1  
A- 1020 Wien

PD DR. JÖRN KUCHENBECKER  
Helios Klinikum Berlin-Buch  
Augenklinik  
Schwanebecker Chaussee 50  
D- 13125 Berlin

PROF. DR. THOMAS KOHNEN  
Klinik für Augenheilkunde  
Johann Wolfgang Goethe-  
Universität  
Theodor-Stern-Kai 7  
D- 60590 Frankfurt am Main

**Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme**

Deutschsprachige Gesellschaft für Intraokularlinsen-Implantation, Interventionelle und Refraktive Chirurgie; 25. Kongress der Deutschsprachigen Gesellschaft für Intraokularlinsen-Implantation, Interventionelle und Refraktive Chirurgie. – Köln, Biermann

Früher u.d.T.: Deutschsprachige Gesellschaft für Intraokularlinsen-Implantation: ... Kongress der Deutschsprachigen Gesellschaft für Intraokularlinsen-Implantation

10. – 12. 03. 2011 in Frankfurt/Main  
ISBN: 978-3-930505-60-9  
EAN: 9783930505609

Copyright © 2011 by Biermann Verlag GmbH, D-50997 Köln. Alle Rechte vorbehalten. All rights reserved. Kein Teil dieses Buches darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder andere Verfahren) reproduziert oder unter Verwendung von mechanischen bzw. elektronischen Datenverarbeitungsgeräten gespeichert, systematisch ausgewertet oder verbreitet werden.

Lektorat: Dagmar Fernholz, Köln

Satz und Layout: Regine Becker, Berkheim

Druck und Bindung: TZ Verlag & Print GmbH, Roßdorf

## Vorwort

Sehr geehrte Kolleginnen und Kollegen,  
sehr geehrte Damen und Herren,

die 25. Jahrestagung in Frankfurt am Main ist erfolgreich vorübergegangen. Aus zwei Gründen war es mir eine Freude und Ehre, Tagungspräsident der DGII-Jahrestagung in Frankfurt am Main gewesen zu sein.

Zum einen ist es etwas Besonderes, als Österreicher eine Tagung in Deutschland zu gestalten. Dieses Faktum unterstreicht, dass die DGII zwar eine deutschsprachige, aber eben eine multinationale Organisation ist, die Mitglieder aus unterschiedlichen Ländern stellt. Dies wurde auch durch das diesjährige Programm unterstrichen, welches wieder zahlreiche internationale Referenten aufwies.

Zum anderen feierte die DGII mit der diesjährigen Tagung ihr 25-jähriges Jubiläum. Auf diesem Weg möchte ich den Gründern der DGII zu ihrer „europareifen“ Initiative gratulieren, diese übernationale wissenschaftliche Gesellschaft gegründet zu haben. Es ist enorm, wenn man all die großartigen Innovationen, die während dieser letzten 25 Jahre in der Ophthalmologie entwickelt wurden, betrachtet.

Einen umfassenden Teil der Referate und Vorträge nahm auch diesmal wieder die sich stetig weiterentwickelnde refraktive Chirurgie ein. Begonnen bei der refraktiven Linsen Chirurgie, mit all den uns heute zur Verfügung stehenden „Premiumlinsen“ bis hin zu den neuesten Trends der Hornhautchirurgie inklusive der Ergebnisse mit Femtolaser zur Presbyopiebehandlung.

Die Möglichkeiten des Femtolasers in der Kataraktchirurgie im Vergleich zur herkömmlichen, hochentwickelten Phakoemulsifikation wurden ebenfalls beleuchtet, außerdem wurde der Stellenwert der mikroinzisionalen Kataraktchirurgie und der MICS-Linsen erörtert.

Für die 25. Tagung wurden aber ganz bewusst auch Themen gewählt, die sich mit komplexen, großen Herausforderungen der Ophthalmochirurgie befassen. So wurden Themen wie kongenitale Katarakt, Uveitis, PEX, kombinierte Operationsverfahren und andere schwierigste Ausgangssituationen behandelt. Das Spektrum sollte eben von A-phakie bis Z-onulopathie reichen.

Wichtige andere Themen deckten die interventionelle Chirurgie, die Diagnostik in der Augenheilkunde und das Qualitätsmanagement ab. Weiterhin fand auch in diesem Jahr wieder ein Live-OP-Kurs statt, bei dem Videos von der präoperativen Ausgangssituation bis zum postoperativen Ergebnis vom Operateur selbst präsentiert wurden.

Zu den bereits bewährten Kursen und Wet-Labs wurden zusätzlich Kurse über additive IOLs und über torische IOLs organisiert.

Es freut mich auch, dass beim diesjährigen Kongress ein neuer Teilnehmerrekord erzielt wurde. Ich denke, dass mit dem vorliegenden Kongressband ein guter Überblick der Jubiläumstagung gelungen ist, und ich möchte mich auf diesem Weg bei allen Autoren für das Verfassen der Manuskripte ganz herzlich bedanken. Ich wünsche Ihnen allen bei der Lektüre des Kongressbandes viele interessante Stunden.

*Michael Amon, Wien*

Tagungspräsident des 25. Kongresses der DGII



## Begrüßungsansprache anlässlich der Eröffnungssitzung der 25. DGII in Frankfurt am Main

Meine sehr verehrten Damen und Herren, sehr geehrte Frau Binder, Spectabilis, sehr geehrter Herr Reinhard, sehr geehrter Herr Ohrloff, lieber Herr Amon, und insbesondere möchte ich auch unsere Gäste aus dem Ausland willkommen heißen, die aus Japan, Belgien und anderen europäischen Ländern angereist sind.

Es sind nun 25 Jahre her, genau am 20. Juni 1986, dass die Deutsche Gesellschaft für Intraokularlinsen-Implantation in der Gießener Augenklinik gegründet wurde. Den Gründungsmitgliedern, es waren die Herren Freyler (Wien), Doden (Frankfurt), Draeger (Hamburg), Gloor (Zürich), Jacobi (Gießen), Naumann (Erlangen), Reim (Aachen), Schott (Essen), Thiel (Tübingen), Vogel (Göttingen), Vörösmarthy (Budapest) und Wollensak (Berlin), war es ein großes Anliegen, ein Forum für die aufstrebende Subspezialität in der Augenheilkunde, nämlich die Intraokularlinsenimplantation, zu gründen (Foto). Heute hat die Gesellschaft 640 Mitglieder und fördert als gemeinnütziger Verein wissenschaftliche und praktische Tätigkeit primär auf dem Gebiet der Vorderabschnittschirurgie.



Die Gründungsmitglieder der DGII vor der Gießener Augenklinik am 20. Juni 1986. 1. Reihe v. r. n. l.: J. Wollensak, B. Gloor, H. Freyler, H. J. Thiel, W. Doden, M. Reim, K. Schott; 2. Reihe v. r. n. l.: G. O. H. Naumann, M. Vogel, J. Draeger; 3. Reihe v. r. n. l.: Notar Krämer, K. W. Jacobi, D. Vörösmarthy

Schon 1986 waren bereits mehr als 35 Jahre vergangen, dass die erste Kunstlinse von Harold Ridley in die Hinterkammer implantiert wurde. Mit einer Entwicklung von der Hinterkammer in die Vorderkammer, als Beispiel seien hier nur die Iris-Clip-Linsen genannt, und dann wieder zurück in die Hinterkammer, entwickelte sich die Intraokularlinsenimplantation nach Extraktion des grauen Staars zu einer Standard Operationsmethode in der Augenheilkunde und damit zu einem der wichtigsten Eingriffe in der Medizin überhaupt, OPs weltweit heute etwa 18.000.000, in Deutschland allein etwa 650.000. Nach der Entfernung der natürlichen Linse folgt die Implantation einer Kunstlinse. Probleme, die heute noch bleiben, sind Präzision, postoperative Kapseltrübung und Verlust der Akkommodation. Die Ametropie ist weltweit die zweithäufigste Erblindungsursache. Schwerpunkt der Korrektur stellen Brille und Kontaktlinse dar, allerdings spielen Laserchirurgie, jährlich etwa 4.000.000 Eingriffe weltweit, und Intraokularlinsen eine immer größere Rolle. So entwickelte sich unsere Gesellschaft über die Jahre weiter; nahm zuerst die refraktive Chirurgie und schließlich in den letzten Jahren die interventionellen Eingriffe sowohl in ihr Spektrum als auch in ihren Namen auf und nennt sich heute „Deutschsprachige Gesellschaft für Intraokularlinsen-Implantation, Interventionelle und Refraktive Chirurgie“.

Mein Dank geht an alle Mitglieder, Kongressbesucher, Kolleginnen und Kollegen, die sich mit Rat und Tat in die DGII einbringen. Besonders erwähnen möchte ich in diesem Jahr das Engagement unseres Tagungspräsidenten Herrn Prof. Amon aus Wien und seines Teams, mit denen die Vorbereitung und Koordination auch über die Distanz zwischen Österreich und Frankfurt sehr reibungslos verlief. Auch möchte ich gern das Engagement der Goethe Universität Frankfurt, vertreten durch den Dekan der medizinischen Fakultät der Johann-Wolfgang Goethe Universität, Herrn Prof. Dr. J. Pfeilschifter, erwähnen, die dem diesjährigen Kongress einen nicht unerheblichen Beitrag geleistet hat. Ich möchte auch nicht versäumen, die Industrie hier ganz besonders zu erwähnen (Platinsponsoren: Alcon, I-science und Zeiss, Goldsponsoren: Bausch & Lomb, Croma, Polytech und Rayner, Silbersponsoren 1stQ, AMO, Domilens, Geuder, Pharm-Allergan, Fritz Ruck tmed, Schwind und Bronzesponsoren Hoya, Morcher, Novartis und Pfizer). Es sind doch schon erhebliche Kosten im Bereich des Kongresszentrums, der Kongressorganisation und bei der Ausrichtung der zwei Gesellschafts- und Begrüßungsabende auf uns zugekommen, die ohne die Unterstützung der Industrie nicht so möglich gewesen wären.

Es ist mir eine große Ehre, in den letzten drei Jahren der Präsident der Gesellschaft gewesen zu sein. Ich wünsche Ihnen allen einen erfolgreichen, lehrreichen und unvergesslichen 25. Kongress der DGII in Frankfurt, wo wir im Übrigen nach 1997 und 1999 in der Präsidentschaft von Herrn Prof. Dr. C. Ohrloff schon zum dritten Mal tagen. Ich versichere Ihnen, Sie werden Ihr Besuch auf der 25. DGII-Tagung nicht bereuen.

Herzlichst

*Ihr Thomas Kohnen*

## DGII-Wissenschaftspreis für Professor Rupert Menapace



RUPERT MENAPACE

Der Wissenschaftspreis der DGII würdigt herausragende wissenschaftliche Leistungen eines deutschsprachigen Wissenschaftlers. Er wurde erstmals während des 23. Kongresses der DGII in München im Jahr 2009 verliehen.

Schon an der Promotion „sub auspiciis praesidentis“ merken Sie, dass unser diesjähriger Preisträger aus dem Heimatland des diesjährigen Tagungspräsidenten Österreich, Herrn Prof. Amon, kommt. Rupert Menapace wurde 1955 geboren und trat im Jahr 1981 als Assistenzarzt in die Universitätsaugenklinik am Allgemeinen Krankenhaus in Wien (AKH) ein, wo er, ergänzt durch zahlreiche Aufenthalte an führenden Kliniken im europäischen und US-amerikanischen Ausland, seine Ausbildung zum Facharzt mit Schwerpunkt Mikrochirurgie absolvierte und wo er seit 1988 als Oberarzt tätig ist. 1990 wurde ihm mit der Habilitationsschrift „Indikation, Technik und Ergebnisse der hochdosierten Kontaktbestrahlung von Aderhautmelanomen mittels Ruthenium-106 Applikatoren“ die Venia docendi, 1995 die Professur für Augenheilkunde verliehen.

Sein Hauptaugenmerk galt von Beginn an der Miniaturisierung und Optimierung der Kataraktchirurgie:

Bereits 1987 führt er die Implantation von Falnlinsen, 1989 und 1991 die nahtlose Kleinschnittchirurgie und Tropfanästhesie in seine Routine ein. Ein weiterer chirurgischer Schwerpunkt waren kombinierte Kleinschnitttechniken bei Glaukomen und Hornhauttrübungen.

1991 gründete er die Spezialambulanz und Arbeitsgruppe für Kunstlinsenimplantation, die sich unter seiner Leitung zu einem international renommierten Kompetenzzentrum für moderne Kataraktchirurgie entwickelte. Zahlreiche Studien galten dem Einfluss der Größe und Gestalt von Inzisionen auf deren Deformationsstabilität und auf die Hornhauttopografie. Des Weiteren befasste sich Rupert Menapace mit dem Schwerpunktthema Nachstar: der Nachstarquantifizierung, dem Einfluss von Linsenmaterialien und des Linsendesigns auf die Nachstarentwicklung sowie mit der Optimierung von Linsen- und Zusatzimplantaten und von chirurgischen Techniken zu dessen Vermeidung. Mit Nishi wies er bereits 1997 auf die Bedeutung der scharfen hinteren Optikkante hin und entwickelte mit diesem den Kapselknickring. Ab 1999 beschäftigte er sich systematisch mit der primären hinteren Kapsulorhexis als chirurgischer Alternative zu scharfkantigen Implantaten. Nachdem sich beide Optionen in vielen Fällen als nicht oder nur für wenige Jahre wirksam erwiesen hatten, führte Professor Menapace 2004 die Technik des Einknöpfens der Linsenoptik in eine hintere Kapsulorhexisöffnung ein und wies Sicherheit und anhaltende Wirkung anhand einer prospektiven Studie mit 1000 Augen nach.

2006 übernahm er Aufbau und Leitung der „Tagesklinik für Augenchirurgie“ am AKH Wien, wo er laufend an der Weiterentwicklung moderner Techniken und Implantate für die Kataraktchirurgie, aber auch an der Optimierung von Prozessabläufen arbeitet.

Im Rahmen all dieser Aktivitäten hat Professor Menapace 200 Artikel in peer-reviewed Journalen sowie weitere 160 Artikel in nationalen und internationalen Zeitschriften publiziert. Auf Einladung hat er sieben Reviewartikel und neun Buchkapitel verfasst. Im Rahmen von 240 Tagungen hat er 400 Vorträge und Referate gehalten.

Professor Menapace hat seit 1987 als regelmäßiger Vortragender und Referent aktiv an der DGII mitgewirkt und von 1994 bis 1998 die Funktion des Vizepräsidenten der Gesellschaft bekleidet. In diese Zeit fällt auch seine Amtsperiode als Präsident der „Wiener Ophthalmologischen Gesellschaft WOG“.

Weitere Auszeichnungen erhielt er:

- 1999 DOC Preis für die beste deutschsprachige Publikation
- 2001 Ridley Preis der DOC
- 2004 Aufnahme in die „GaM-Bestenliste der führenden Forscher der deutschsprachigen Medizin“ der Erlanger Gesellschaft für angewandte Metaforschung
- 2010 Medaille der DOC in Gold und Aufnahme in die Liste der „Top 100 Health Professionals“ des Cambridge International Bibliographical Center

Professor Menapace arbeitet aktiv in vielen Gremien und Gesellschaften mit:

- seit 1998 Mitglied des „International Intraocular Implant Club IIC“ und Editorial Board Member des „Journal of Cataract and Refractive Surgery“
- seit 2006 Mitglied des „American Journal of Ophthalmology“
- seit 2008 Co-Editor des „Journal of Ophthalmology“

Es ist mir eine große Freude und Ehre, im Namen der DGII und des Vorstandes, Dir lieber Rupert, den diesjährigen Wissenschaftspreis anlässlich unserer 25. Tagung hier in Frankfurt verleihen zu können.

*Thomas Kohnen, Frankfurt*  
Präsident der DGII

## Publikationspreis der DGII 2011

Der Publikationspreis der DGII wird seit mehreren Jahren für die beste Arbeit im DGII-Band des Vorjahres der DGII vergeben.

In diesem Jahr hat sich die Jury bestehend aus dem Präsidenten, dem Vizepräsidenten, dem Schriftführer sowie dem Tagungspräsidenten der Tagung in Köln dazu entschieden, den Publikationspreis 2011 einer jungen Forscherin aus der Universität zu Lübeck zu verleihen.



ANNE BRÜGGEMANN

Ich darf den Lebenslauf von Dr. med. Anne Brüggemann, geboren am 23.02.1980 in Stralsund, Mecklenburg-Vorpommern, kurz vorlesen:

Frau Brüggemann ging zur Schule in den Vereinigten Staaten an der Hamilton High School in Montana, legte dann ihr Abitur im Dorf Mecklenburg im Juli 1999 ab.

Sie studierte dann zwischen 1999 und 2005 an der Universität zu Lübeck, wo sie auch im November des gleichen Jahres approbierte.

Zwischen 2002 und 2006 fertigte sie ihre Doktorarbeit in der Klinik für plastische Chirurgie und Handchirurgie des Universitätsklinikums Schleswig-Holstein, Campus Lübeck unter Professor Machens mit dem Titel „Monitoring biochemischer und immunologischer Veränderungen in freien mikrovaskulären Gewebetransplantaten mit Hilfe der Mikrodialysetechnik“ an. 2004 erhielt sie den Bretschneider Preis der Deutschen Gesellschaft für Chirurgie für ihre Arbeit.

Klinisch arbeitet sie seit 2006 als wissenschaftliche Assistentin an der Klinik für Augenheilkunde der Universität zu Lübeck, zuerst unter Herrn Professor Laqua, seit April 2008 dann unter Herrn Professor Grisanti.

Ihre klinischen Schwerpunkte sind Orbita- und Lidchirurgie, Chirurgie der Tränenwege, Erkrankung der Hornhaut und Bindehaut und die interdisziplinäre Betreuung von Patienten mit entzündlichen Erkrankungen der Hornhaut und der Bindehaut. Selbst leitet sie die Studiengruppe „Kanaloplastik“ an der Uni Lübeck, was uns auch zum Thema ihrer Arbeit im 24. DGII-Band bringt.

„Trabekulektomie versus Kanaloplastik – eine Kosten- und Aufwandsanalyse.“ Frau Dr. Brüggemann stellt zusammen mit ihren Co-Autoren Pape und Müller einen retrospektiven konsekutiven Fallserienvergleich zwischen der Trabekulektomie und der Kanaloplastik vor, in der innerhalb der ersten sechs Monate die Dauer des stationären Aufenthaltes, Operationsdauer, Anzahl der weiteren Interventionen postoperativ sowie prä- und postoperativer IOD verglichen wurden. Die Arbeitsgruppe kommt zu dem Schluss, dass die Trabekulektomie eine verlängerte Verweilzeit sowie vermehrte Wiederaufnahmen bei häufigeren Nachkontrollen aufweist. Dies stellt erhebliche Opportunitätskosten dar, die den Eingriff bedeutsam verteuern.

Ich darf Frau Dr. Brüggemann ganz herzlich zum Publikationspreis der DGII 2011 gratulieren, der mit 500 € dotiert ist.

*Thomas Kohnen, Frankfurt*  
Präsident der DGII



# Inhalt

## Retina und Uveitis

D. M. HANDZEL, S. BRIESEN, V. ROMANOU-PAPADOPOULOU,  
C. M. DARDENNE, R. M. REMMEL  
Behandlung des Irvine-Gass-Syndroms durch Sub-Tenon-Injektion von Triamcinolon . . . . 25

J. HILLENKAMP  
Stellungnahme der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft, der  
Retinologischen Gesellschaft und des Berufsverbandes der Augenärzte  
Deutschlands zur Therapie der diabetischen Makulopathie . . . . . 35

## Phake IOLs, Additive IOLs

O. K. KLAPROTH, J. REHRMANN, T. KOHNEN  
Lagestabilität einer phaken vorderkammerwinkelgestützten Intraokularlinse  
bei Akkommodation . . . . . 61

## Kindliche Katarakt/Komplexe OPs

M. AMON, G. KAHRAMAN  
Primäre (Duett-Implantation) und sekundäre Implantation  
additiver Intraokularlinsen bei kindlicher Katarakt . . . . . 75

T. M. NEUHANN  
Genetik der isolierten Ectopia lentis . . . . . 81

## Glaukom

A. BRÜGGEMANN, A. WEGENT, J. TORRENT DESPOUY, M. RANJBAR, M. MÜLLER  
Kanaloplastik versus Phakokanaloplastik – Vergleich einer „single surgeon“-Serie . . . . . 87

A. MYLAN HOANG, C. WIRBELAUER, A. JUST, A. BERTHOLD  
Kontrollierte Zyklphotokoagulation: Individuelle Anpassung  
mit dem Frankfurter-Nomogramm . . . . . 95

## Biometrie

T. NEUHANN, E. JAKOBS, S. HACHE Refraktionswerte 12 Monate nach Implantation der Light Adjustable Lens (LAL) . . . . .	103
N. V. WEBER, ST. MENNEL, W. SEKUNDO Zusammenhang zwischen dem Durchmesser der Optik und der A-Konstante am Beispiel der Intraokularlinse Model 620H . . . . .	109
X. WEINER, J. BÜHREN, O. KLAPROTH, M. BAUMEISTER, T. KOHNEN Wiederholbarkeit densitometrischer Messungen der kristallinen Linse mittels Scheimpflug-Fotografie . . . . .	113
J. STEINBERG, S. LINKE, M.-T. EDDY, G. RICHARD, T. KATZ Das Verhältnis zwischen Refraktion, Hornhautkrümmung, Alter und der Hornhautdicke (dünnste Stelle) . . . . .	123
W. HAIGIS Optische Biometrie bei extrem langen Augen . . . . .	127
L. GORODEZKY, A. SCHÖNHOFEN, M. WENZEL Treten Fehler der Biometrie einseitig oder beidseitig auf? . . . . .	133
D. R. H. BREYER, H. KAYMAK, K. KLABE, F. HENKE 1-Jahres-Erfahrung mit Aberrometrie, kornealer Topografie und Refraktion nach Femtosekundenlaser-basierter Flap- und intrakornealer Lentikelpreparation mit verschiedenen Abtragungsprofilen . . . . .	139
W. HAIGIS Herausforderungen und Lösungsansätze der Biometrie heute . . . . .	143

## Speziallinsen und Presbyopiekorrektur

J. REITER, B. ECKHARDT, M. WISZNIOWSKA, I. FUCHS, A. VEITH Erste klinische Erfahrungen mit den neuen intraokularen Multifokallinsen Lentis LS-313 MF 15 und Lentis LS-313 MF30 . . . . .	153
ST. SCHMICKLER, C. ALTHAUS, O. CARSBURG, M. ENGELS, A. FARLOPULOS, I. PLAGWITZ Das Leistungsspektrum der neuen refraktiven Multifokallinse vom Typ Hoya iSii (PY-60MV) . . . . .	161
D. R. H. BREYER, H. KAYMAK, C. KLABE, R. M. REMMEL, C. M. DARDENNE, D. M. HANDZEL, F. HENKE Presbyopiekorrektur mit einer torischen bifokalen MICS-IOL nach koaxialer Mikroinzisionskataraktchirurgie (CO-MICS) . . . . .	167



F. H. HENGERER Lichtadjustierbare Linse – neue Möglichkeiten zur Presbyopiekorrektur . . . . .	169
S. PAULIG Sehen ohne Brille – unsere 2-Jahres-Ergebnisse mit Binovision . . . . .	173
G. U. AUFFARTH, B. C. THOMAS Akkommodative IOLs: Was gibt es Neues? . . . . .	179
M. TOMALLA 6-Monats-Ergebnisse nach Crystalens-HD-Implantation mit frühzeitigem Einsatz einer spezifischen YAG-Kapsulotomie . . . . .	185

## Linsentechnologie und Astigmatismus

T. NEUHANN Neuer Korneamarker für torische Premiumintraokularlinsen . . . . .	191
D. TILCH, F. H. HENGERER, H. B. DICK Eyetracking in der Kataraktchirurgie – eine neue Methode . . . . .	197

## MICS und Explantologie

H. HÄBERLE IOL-Explantation im Wandel der Zeit . . . . .	205
ST. SCHMIDT, G. U. AUFFARTH, T. M. RABSILBER, M. P. HOLZER, M. J. SÁNCHEZ, I. LIEBERWIRTH Analyse eingetrübter Intraokularlinsen nach Explantation mittels Rasterelektronenmikroskopie und Elementaranalyse . . . . .	213

## Linsentechnologie/Diagnostik

D.-L. OTT, J. BÜHREN, R. SCHWARZ, O. KLAPROTH, T. KOHNEN Corneale Wellenfrontanalyse zur Unterscheidung zwischen Keratokonus und pellucider marginaler Degeneration . . . . .	223
M.-T. EDDY, J. STEINBERG, G. MUNZER, G. RICHARD, J. BAVIERA, T. KATZ, S. J. LINKE Das Verhältnis zwischen der skotopischen Pupillengröße und dem Alter sowie der Refraktion – eine retrospektive Analyse . . . . .	229

U. OBERHEIDE, C. GROßER, M. BÜTTNER, H. HOFFMANN, H. LUBATSCHOWSKI, ST. ALTMEYER, G. GERTEN Simultane Messung der Wellenfront und Form der kristallinen Linse während der Akkommodation .....	233
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

## Schwierige Ausgangssituationen

G. U. AUFFARTH, B. C. THOMAS, A. EHMER Aniridie-IOLs und künstlicher Irisersatz .....	241
M. OSTOVIC, T. KOHNEN Retropupilläre Artisanlinsen bei Aphakie – kurzfristige Ergebnisse .....	247
C. FASCHINGER Kataraktoperationen in Entwicklungsländern – was ist anders? .....	253
J. KUCHENBECKER Verschiedene Möglichkeiten der intraoperativen Pupillenerweiterung im Rahmen der Phakoemulsifikation .....	257
P. HÖH Migräne- und Kopfschmerzbehandlung durch Augenlaserakupunktur und Cephalas-Verfahren mittels YAG-Laser .....	263

## Refraktive Laserchirurgie/Hornhaut

ST. SCHMICKLER, C. ALTHAUS, O. CARTSBERG, M. ENGELS, A. FARLOPULOS, I. PLAGWITZ Asphärische wellenfrontgesteuerte PRK in refraktiv therapeutischer Hornhautchirurgie .....	271
M. BÖDEMANN, T. KOHNEN Präzision von Femtosekundenlaser-Flaps und Excimerlaser-Ablation .....	277
B. MEYER Ein neuer Ansatz im Bereich der refraktiven Chirurgie: ReLEx – Refractive Lenticule Extraction .....	283

## Qualitätsmanagement/Varia

C. FASCHINGER, D. F. RABENSTEINER Ausbildungsstrategien zum Kataraktchirurgen/zur Kataraktchirurgin .....	291
D. M. HANDZEL, S. BRIESEN, C. M. DARDENNE, R. M. REMMEL Datenerhebung zur Qualitätssicherung in der Kataraktchirurgie – wann erheben wir welche Daten? .....	295
K. GERSTMAYER, N. MARQUARDT, C. TREFFENSTÄDT, R. GADES Dem Faktor Mensch auf der Spur – Determinanten menschlicher Fehler in der Ophthalmochirurgie .....	307
S. HÖHLER, T. KOHNEN EUREQUO – ein multinationales Projekt zur Verbesserung der Ergebnisse von Katarakt- und refraktiv-chirurgischen Eingriffen .....	317
E. FASCHINGER, P. VESCOVO, C. FASCHINGER 767 Kapselrupturen bei 37.056 Phakos: eine Qualitätsanalyse .....	321
M. J. SÁNCHEZ, T. M. RABSILBER, I. L. LIMBERGER, M. P. HOLZER, G. U. AUFFARTH Der Eyesi OP-Simulator zur Verbesserung der chirurgischen Ausbildung junger Ophthalmologen .....	325
M. WENZEL, T. REINHARD, T. KOHNEN, A. SCHARRER, K. SCHAYAN, J. KLASEN Umfrage von DGII, DOG, BVA und BDOC zur ambulanten Intraokularchirurgie 2010 ...	333



## Anschriften der Erstautoren

PROF. DR. MICHAEL AMON  
Akademisches Lehrkrankenhaus  
Krankenhaus Barmherzige Brüder  
Augenabteilung  
Johannes von Gott Platz 1  
A-1020 Wien  
▶ S. 5, 75

PROF. DR. GERD U. AUFFARTH  
Universitäts-Augenklinik  
Im Neuenheimer Feld 400  
D-69120 Heidelberg  
▶ S. 179, 241

DR. MELANIE BÖDEMANN  
Universitäts-Augenklinik  
Theodor-Stern-Kai 7  
D-60590 Frankfurt/Main  
▶ S. 277

DR. DETLEV R. H. BREYER  
Breyer Augen Chirurgie  
Berliner Allee 15  
D-40212 Düsseldorf  
▶ S. 139, 167

DR. ANNE BRÜGGEMANN  
Universitätsklinikum  
Schleswig-Holstein  
Campus Lübeck Augenklinik  
Ratzeburger Allee 160  
D-23538 Lübeck  
▶ S. 87

DR. MAU-THEK EDDY  
Klinik und Poliklinik für Augenheilkunde  
Martinistraße 52  
D-20246 Hamburg  
▶ S. 229

PROF. DR. CHRISTOPH FASCHINGER  
Universitäts-Augenklinik  
Medizinische Universität Graz  
Auenbruggerplatz 4  
A-8036 Graz  
▶ S. 253, 291

DR. EVA FASCHINGER  
LKH Bruck/Mur  
Abteilung für Augenheilkunde und  
Optometrie  
Tragösserstraße 1  
A-8600 Bruck/Mur  
▶ S. 321

DR. KRISTIAN GERSTMAYER  
Augen-Praxisklinik Minden  
Königstraße 120  
D-32427 Minden  
▶ S. 307

LUDMILA GORODEZKY  
Augenklinik Petrisberg  
Max-Planck-Straße 14–16  
D-54296 Trier  
▶ S. 133

DR. HEIKE HÄBERLE  
Vivantes Klinikum Neukölln  
Augenklinik  
Rudower Straße 48  
D-12313 Berlin  
▶ S. 205

PROF. DR. WOLFGANG HAIGIS  
Universitäts-Augenklinik  
Josef-Schneider-Straße 11  
D-97080 Würzburg  
▶ S. 127, 143

DANIEL M. HANDZEL  
Augenlinik Dardenne  
Friedrich-Ebert-Straße 23–25  
D-53177 Bonn  
▶ S. 25, 295

DR. FRITZ H. HENGERER  
Universitäts-Augenlinik  
In der Schornau 23–25  
D-44892 Bochum  
▶ S. 169

PD. DR. JOST HILLENKAMP  
Universitätsklinikum  
Schleswig-Holstein Campus Kiel  
Klinik für Augenheilkunde  
Arnold-Heller-Straße 3  
D-24105 Kiel  
▶ S. 35

ANNA MYLAN HOANG  
Klinikum Frankfurt (Oder) GmbH  
Augenlinik  
Müllroser Chaussee 7  
D-15236 Frankfurt/Oder  
▶ S. 95

DR. PETER HÖH  
Augenlinik Dr. Höh  
Alte Kreisstraße 40  
D-76149 Karlsruhe  
▶ S. 263

SILKE HÖHLER  
Universitäts-Augenlinik  
Theodor-Stern-Kai 7  
D-60590 Frankfurt/Main  
▶ S. 317

OLIVER K. KLAPROTH  
Universitäts-Augenlinik  
Theodor-Stern-Kai 7  
D-60590 Frankfurt/Main  
▶ S. 61

PROF. DR. THOMAS KOHNEN  
Klinik für Augenheilkunde  
Johann Wolfgang Goethe-Universität  
Theodor-Stern-Kai 7  
D-60590 Frankfurt am Main  
▶ S. 7, 9, 11

PD DR. JÖRN KUCHENBECKER  
Helios Klinikum Berlin-Buch Augenlinik  
Schwanebecker Chaussee 50  
D-13125 Berlin  
▶ S. 257

DR. BERTRAM MEYER  
Augencentrum Köln-Porz  
Josefstraße 14  
D-51143 Köln  
▶ S. 283

DR. TOBIAS NEUHANN  
Augenlinik am Marienplatz AG & Co. KG  
Marienplatz 18/19  
D-80331 München  
▶ S. 103, 191

DR. TERESA M. NEUHANN  
MGZ München  
Bayerstraße 3–5  
D-80335 München  
▶ S. 81

DR. UWE OBERHEIDE  
Augenlinik am Neumarkt  
Schildergasse 107–109  
D-50674 Köln  
▶ S. 233

DR. MARKO OSTOVIC  
Universitäts-Augenlinik  
Theodor-Stern-Kai 7  
D-60590 Frankfurt/Main  
▶ S. 247

DANIELA-LUISA OTT  
Universitäts-Augenklinik  
Theodor-Stern-Kai 7  
D-60590 Frankfurt/Main  
▶ S. 223

DR. SYLVIA PAULIG  
Paulig Augenklinik  
Bahnhofstraße 60  
D-03046 Cottbus  
▶ S. 173

DR. JOSEF REITER  
Augen-MVZ Landshut  
Veldener Straße 16 A  
D-84036 Landshut  
▶ S. 153

DR. MARIA J. SÁNCHEZ  
Universitäts-Augenklinik  
Im Neuenheimer Feld 400  
D-69120 Heidelberg  
▶ S. 325

DR. STEFANIE SCHMICKLER  
Augenärztliche Gemeinschaftspraxis  
Ahaus-Gronau-Lingen  
Domhof 15  
D-48683 Ahaus  
▶ S. 161, 271

DR. STEPHAN SCHMIDT  
Universitäts-Augenklinik  
Im Neuenheimer Feld 400  
D-69120 Heidelberg  
▶ S. 213

DR. JOHANNES STEINBERG  
Universitäts-Augenklinik  
Martinistraße 52  
D-20246 Hamburg  
▶ S. 123

DOROTHEE TILCH  
Universitäts-Augenklinik  
In der Schornau 23–25  
D-44892 Bochum  
▶ S. 197

DR. MARK TOMALLA  
Ev. Krankenhaus Duisburg-Nord  
Augenklinik  
Fahrner Straße 133  
D-47169 Duisburg  
▶ S. 185

DR. NADJA VIKTORIA WEBER  
Universitäts-Augenklinik  
Robert-Koch-Straße 4  
D-35037 Marburg  
▶ S. 109

XENIA WEINER  
Universitäts-Augenklinik  
Theodor-Stern-Kai 7  
D-60590 Frankfurt/Main  
▶ S. 113

PROF. DR. MARTIN WENZEL  
Augenklinik Petrisberg  
Max-Planck-Straße 14–16  
D-54296 Trier  
▶ S. 333





# Retina und Uveitis



# Behandlung des Irvine-Gass-Syndroms durch Sub-Tenon-Injektion von Triamcinolon

D. M. Handzel, S. Briesen, V. Romanou-Papadopoulou, C. M. Dardenne, R. M. Remmel

## Zusammenfassung

**Fragestellung:** Das zystoide Makulaödem (Irvine-Gass-Syndrom) ist eine unangenehme Komplikation nach intraokularer Chirurgie. In der Literatur wird eine Inzidenz von 0,1–2,35 % nach moderner Kataraktchirurgie angegeben. Obwohl diese Komplikation nicht selten und bereits sehr lange bekannt ist, existiert kein Goldstandard in der Therapie des Irvine-Gass-Syndroms.

**Methodik:** 21 Patienten mit einem postoperativen Makulaödem wurden mittels Funduskopie und optischer Kohärenztomografie (OCT) identifiziert. Die Therapieindikation zur parabolbären Injektion wurde nach erfolgloser konservativer Therapie oder direkt bei Diagnose des Ödems gestellt. Die Injektion wurde im Bereich des Unterlides transkonjunktival durchgeführt.

**Ergebnisse:** Nach in allen Fällen komplikationsloser Injektion konnte eine Ödemreduktion beobachtet werden. Diese korrespondierte mit einem zeitgleichen oder etwas verzögerten Visusanstieg und Rückgang der Metamorphopsien. Postoperativ berichtete ein Patient über Doppelbilder, ein Patient berichtete über eine Entgleisung des Blutzuckerspiegels bei bekanntem Diabetes mellitus. In keinem Fall sahen wir eine therapiebedürftige Erhöhung des Intraokulardrucks.

**Schlussfolgerungen:** Die Sub-Tenon-Injektion vereint die Vorteile einer lokalen Wirkung mit dem niedrigen Komplikationsrisiko, das die intraokulare Medikamentenapplikation mit sich bringt.

## Summary

**Purpose:** Cystoid macular edema is a troublesome complication after intraocular surgery, also known as the Irvine-Gass-syndrome. The incidence of this phenomenon is 0.1–2.35 % after modern cataract surgery. Although this complication is not rare and known for a long time, a gold standard of therapy has not been established.

**Methods:** 21 patients with a postoperative cystoid macular edema were identified by funduscopy and ocular coherence tomography. A sub-tenon-injection was performed after unsuccessful medical therapy or as a first-line treatment. The injection was carried out transconjunctival in the inferior fornix.

**Results:** The injection was uneventful in all cases and a reduction of the macular edema could be observed. This went along with a immediate or delayed rise in visual acuity and reduction of metamorphopsia. Postoperatively one patient complained about double vision which resolved spontaneously after 3 weeks, another diabetic patient reported a rise in blood sugar levels which needed a more intensive treatment. There was no case of a significant elevation of intraocular pressure.

**Conclusion:** The sub-tenon-injection is a good combination of the advantages of a intensive and lasting local drug delivery and low rate of severe complications which might be associated with intraocular injections.

## Fragestellung

### Irvine-Gass-Syndrom

Das Irvine-Gass-Syndrom bezeichnet ein zystoid konfiguriertes intraretinales Ödem der Makula nach chirurgischen intraokularen Interventionen, vor allem der Kataraktchirurgie. In der Literatur wird eine Inzidenz von 0,1–2,35 % nach moderner Kataraktchirurgie angegeben [12, 17, 18].

Häufig kann eine intraoperative Komplikation, insbesondere eine Ruptur der hinteren Linsenkapsel mit Glaskörperverlust, zugeordnet werden. Eine fortbestehende Traktion des Glaskörpers, beispielsweise durch Inkarzeration in der Clear-Cornea-Inzision gilt als weiterer Faktor [28].

Es wird vermutet, dass es sich bei diesem Ödem um einen Prostaglandin-vermittelten Prozess handelt, der seinerseits durch das Enzym Cyclooxygenase reguliert wird. Die Freisetzung erfolgt durch das Operationstrauma. Eine andere Hypothese betont die Bedeutung direkter Beeinflussung der Makula über vitreale Traktion, was durch eine erhöhte Inzidenz des Irvine-Gass-Syndroms bei Operationen mit Ruptur der hinteren Linsenkapsel und Glaskörperverlust oder Glaskörperinkarzeration unterstützt wird.

Nach einem durch die Operation erzielten Visusanstieg sinkt die Sehschärfe mit einer Latenz von wenigen Wochen bis zu einigen Monaten wieder ab, einige Patienten berichten über weitere Beeinträchtigungen des Seheindrucks wie Metamorphopsien [26].

### Behandlung des Irvine-Gass-Syndroms

Aufgrund des weiterhin nicht vollständig aufgeklärten Pathomechanismus des Irvine-Gass-Syndroms ist eine standardisierte Therapie bisher nicht etabliert. Die Ansätze zielen darauf ab, die Wirkung freigesetzter Entzündungsmediatoren abzufangen und mögliche Gründe für eine fortbestehende postoperative Reizung auszuschalten [36].

In der Literatur wird die orale und topische Gabe steroidaler und nicht steroidaler entzündungshemmender Substanzen beschrieben [7, 21], ebenso die Injektion von Steroiden, insbesondere Dexamethason und Triamcinolon [8] parabolbär wie intravitreal. Die gefäßaktive Potenz von VEGF-hemmenden Substanzen wurde auch beim postoperativen Makulaödem in Studien durch Injektion in den Glaskörper untersucht [31, 38].

Weitere Therapiemöglichkeiten wurden in der fokalen Laserkoagulation der Makula mit dem Argonlaser in Analogie zur Behandlung diabetisch bedingter Makulaödeme ausgelotet [23].

Sofern eine Traktion durch Glaskörperstränge besteht, wurde die Vitreolyse mit dem Nd:YAG-Laser [39] oder eine anteriore Vitrektomie [28] durchgeführt. Auch

eine vollständige Vitrektomie wurde in einer Studie zur Therapie des Irvine-Gass-Syndroms erprobt [49].

Keine dieser Therapien wurde in großen randomisierten Studien erprobt, weiter ist in Deutschland kein Medikament zur Behandlung des Irvine-Gass-Syndroms zugelassen. Viele der Therapien sind auch in der Applikationsform nicht zugelassen, z.B. die intravitreale Gabe von Medikamenten oder die parabulbäre Injektion von Steroiden wie Dexamethason oder Triamcinolonacetat. Damit besteht eine erhebliche Unsicherheit über den Bedarf einer Behandlung und gegebenenfalls die Art und Weise der Behandlung.

Ziel unserer Untersuchung ist die Etablierung einer möglichst effektiven Therapie des visuslimitierenden Makulaödems. Dabei soll ein Ausgleich zwischen möglichst hoher Effektivität und geringer Komplikationswahrscheinlichkeit gefunden werden. Primäre Zielpunkte sind die relative und absolute Verminderung der Netzhautschwellung sowie die Zeit bis zum Erreichen einer normwertigen Netzhautdicke sowie der Visusanstieg. Außerdem sollen zusätzliche Beeinträchtigungen der visuellen Qualität erfasst werden, z.B. ein (relatives) Zentralskotom oder Metamorphopsien. Weiter sollte die verordnete Therapie mit einem niedrigen Risikoprofil sowie einer guten subjektiven Verträglichkeit durch die Patienten vereinbar sein.

In dieser Arbeit wird die sub-tenonale Injektion von Triamcinolonacetat untersucht.

### **Einsatz von Triamcinolonacetat in der Augenheilkunde**

Triamcinolonacetat ist ein lipophiles Derivat von Triamcinolon. Es besitzt entzündungshemmende, antiallergische, immunsuppressive sowie antiproliferative Eigenschaften, wobei nur eine geringe mineralocorticoide Wirkung besteht. Da Triamcinolonacetat praktisch wasserunlöslich ist, wird es als Suspension appliziert. Es findet Anwendung in verschiedensten medizinischen Fachdisziplinen zur Entzündungshemmung, z. B. in der Orthopädie, Dermatologie oder Allergologie.

In der Augenheilkunde wird Triamcinolonacetat zur Behandlung von Makulaödem unterschiedlichster Genese verwendet, so z. B. im Rahmen der diabetischen Retinopathie [10, 44], der retinalen Venenverschlüsse [14, 25, 45] oder von Uveitis [6]. Auch wurde es vor der Ära der Anti-VEGF-Substanzen zur Therapie der exsudativen Makuladegeneration eingesetzt. Doch nicht nur in der Monotherapie, sondern auch als Adjuvans findet Triamcinolonacetat Verwendung, u. a. in Kombination mit der Photodynamischen Therapie der feuchten AMD [24], der Argonlaserkoagulation retinaler Gefäßerkrankungen [46] oder in Kombination mit der Katarakt- [22], Glaukom- [50] oder Netzhautchirurgie [30].

Im Rahmen dieser Behandlungen wurde das Medikament subkonjunktival [40], sub-tenonal [37] oder intravitreal [9, 42] appliziert.

Die in unserer Untersuchung gewählte Applikationsform der Sub-Tenon-Injektion zeigt eine gute intravitreale Anreicherung [16, 43], allerdings wurden auch systemisch relevante Spiegel im peripheren Blut nachgewiesen [51].

## Komplikationen

Die Komplikationen der Sub-Tenon-Injektion umfassen chirurgische Komplikationen wie Blutungen oder Motilitätsstörungen. Es liegen mehrere Fallberichte zu orbitalen Abszedierungen vor [2, 11, 29, 41]. Weitere „typische“ Komplikationen umfassen virale [13], mykotische [15] und bakterielle Infektionen sowie sterile Ulzerationen [1], das Steroid-induzierte Glaukom [19, 47] sowie systemische Auswirkungen von steroidalen Medikamenten [37, 51].

Die Sub-Tenon-Injektion zeigt insgesamt ein sehr niedriges Komplikationspotenzial [5]. Dies gilt insbesondere im Vergleich zur intravitrealen Medikamenteneingabe, hier sei besonders die sterile wie infektiöse Endophthalmitis genannt [3, 4, 9, 27, 32, 33, 34, 35, 48].

## Methodik

Eingeschlossen wurden Patienten, bei denen nach unkomplizierter Katarakt- oder Clear-Lens-Exchange-Operation ein zystoides Makulaödem entstand. Das Ödem wurde funduskopisch sowie mittels einer optischen Kohärenztomografie (OCT) gesichert. Nicht in die Auswertung eingeschlossen wurden Patienten mit vorbekannter Uveitis, epiretinaler Gliose, einer choroidalen Neovaskularisation jeglicher Genese sowie mit anderen bereits präoperativ bekannten Retinopathien. Bei jedem Patienten wurde zur Sicherung bzw. zum Ausschluss anderer Pathologien eine Fluoreszenzangiographie durchgeführt. Die Therapieindikation zur parabulbären Injektion von Triamcinolonacetat wurde nach erfolgloser konservativer Therapie z.B. mit topischen sowie systemischen nicht steroidalen Antirheumatika oder direkt bei Diagnose des Ödems gestellt.

Die Injektion von 40 mg Triamcinolonacetat wurde im Bereich des Unterlides transkonjunktival durchgeführt.

Untersuchungen erfolgten am Tag der Injektion sowie in 14-täglichen Abständen. Die Untersuchung umfasste die Ermittlung des bestkorrigierten Fernvisus (BCVA), die Evaluation von Metamorphopsien mit dem Amslergitter sowie eine optische Kohärenztomografie (OCT; Cirrus SD-OCT, Fa. Carl Zeiss Meditec, Jena). Ausgewertet wurde hierbei die Dicke der zentralen Messfläche (Central Subfield Thickness, CST).

## Ergebnisse

Die Injektionen wurden in allen Fällen komplikationslos durchgeführt (Abb. 1). In der Folge zeigte sich im Mittel eine deutliche Verminderung der CST (Abb. 2). Dabei waren interindividuell deutliche Unterschiede zu beobachten (Beispiele siehe Abb. 3).

So war bei sehr vielen Patienten ein schnelles Ansprechen im Sinne einer Verminderung der zentralen Netzhautdicke zu beobachten (DE, SH, KG, SG), wohingegen bei einzelnen Patienten nur ein geringes oder kein Ansprechen zu verzeichnen war, das möglicherweise mit dem Spontanverlauf vergleichbar ist (BA). Bei einem Patienten kam es nach anfänglicher Verminderung der Netzhautdicke zu einer er-

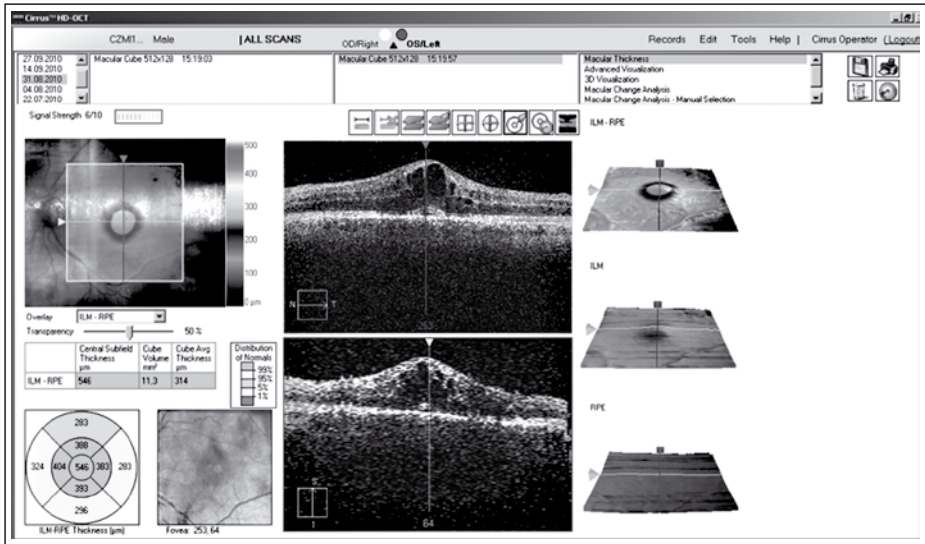


Abb. 1: Typisches Makulaödem mit zystoid konfigurierten intraretinalen Flüssigkeitsansammlungen

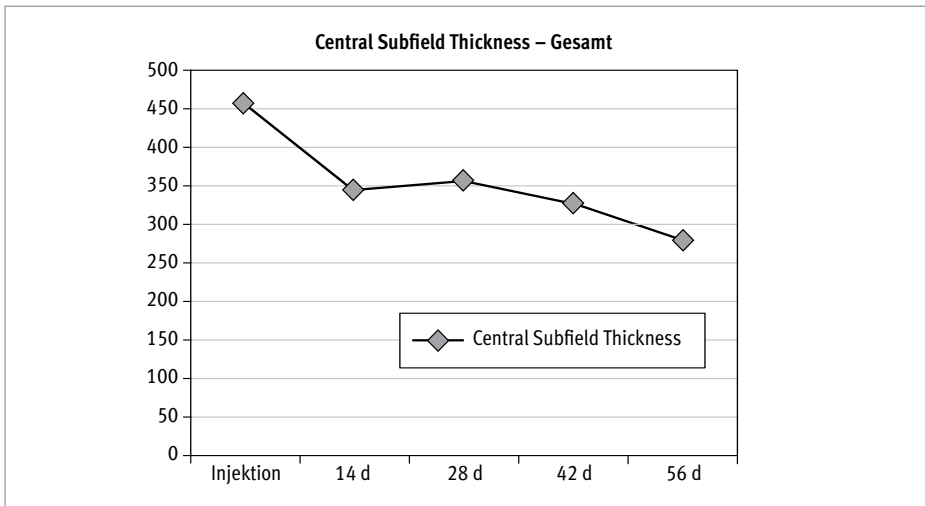
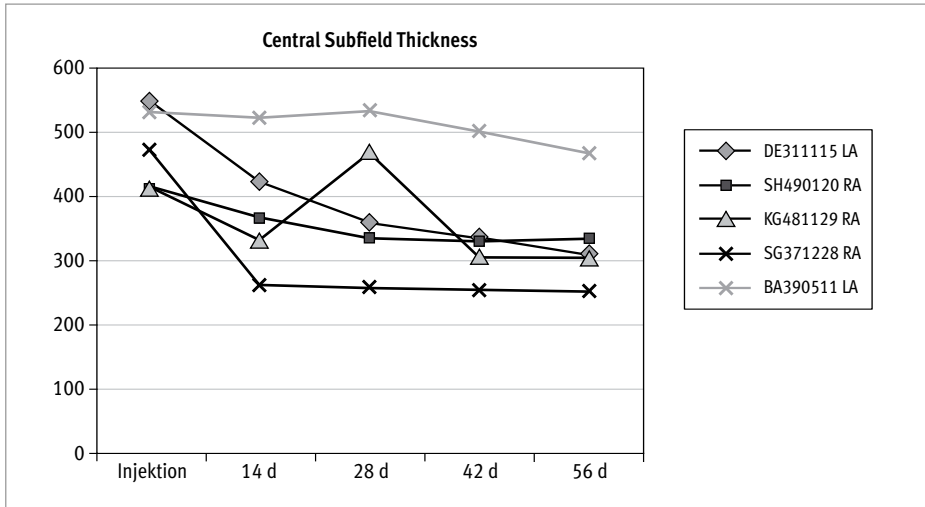


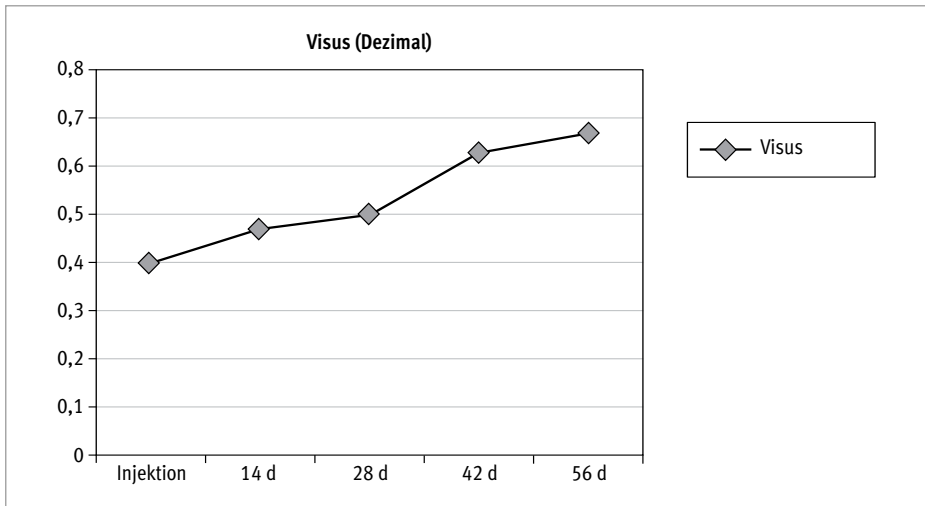
Abb. 2: Gesamtentwicklung der Central Subfield Thickness (gemessen mit dem Cirrus OCT, Fa. Carl Zeiss Meditec)

neuten Zunahme der Schwellung (KG). Aufgrund des anfänglich guten Ansprechens wurde hier eine zweite Injektion durchgeführt, die dann zu einer erheblichen Abschwellung sowie Verbesserung des Visus führte.

Die Verminderung der zentralen Netzhautdicke korrespondierte mit einem erfreulichen Visusanstieg (Abb. 4).



**Abb. 3:** Einzelne Beispiele für die Entwicklung der Central Subfield Thickness (gemessen mit dem Cirrus OCT, Fa. Carl Zeiss Meditec)



**Abb. 4:** Visusentwicklung nach Injektion

Wie beschrieben wurde die Injektion in allen Fällen komplikationslos durchgeführt. In der acht Wochen umfassenden Nachbeobachtungszeit beschrieb ein Patient in den ersten drei Wochen nach Injektion mäßig störende Motilitätseinschränkungen mit geringen Doppelbildern, welche nach drei Wochen nicht mehr nachweisbar waren. Ein weiterer Patient mit einem seit 30 Jahren bestehenden Typ-I-Diabetes beklagte eine erhebliche Entgleisung seines Blutzuckerspiegels, der jedoch über eine



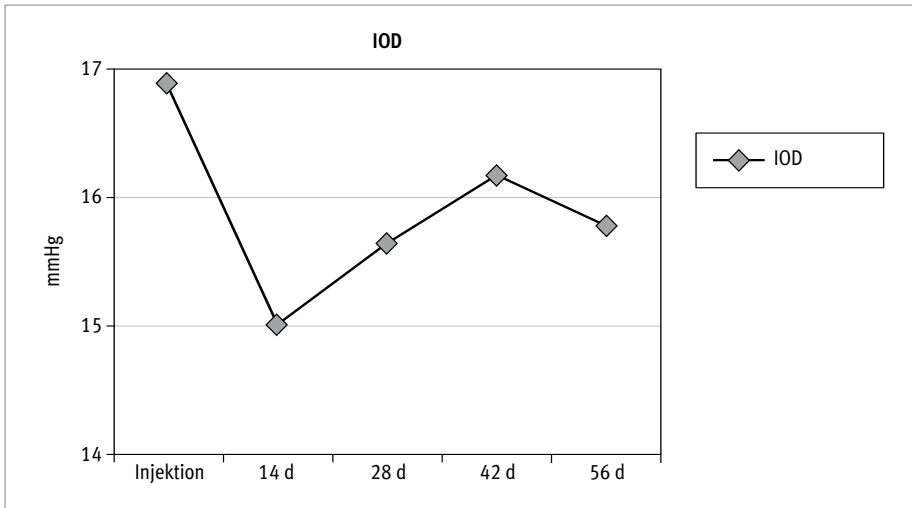


Abb. 5: Verlauf des Intraokulardrucks nach Injektion

vorübergehende Anpassung der Dosis der Insulingaben gut eingestellt werden konnte. Bei keinem der 21 Fälle kam es zu einem signifikanten und/oder behandlungsbedürftigen Anstieg des Intraokulardrucks IOD (Abb. 5).

## Schlussfolgerung

Die Behandlung mit sub-tenonal applizierten Triamcinolonacetat bei Irvine-Gass-Syndrom konnte in allen Fällen komplikationslos durchgeführt werden. In der Folge kam es in dieser kleinen Fallserie zu zwei signifikanten Nebenwirkungen (Blutzuckerentgleisungen, Motilitätsstörung, siehe oben). Schwerwiegende Komplikationen, insbesondere das Steroidglaukom oder Infektionen, wurden in dieser Fallserie nicht beobachtet. Die sub-tenonale Applikation von Triamcinolonacetat vereint somit eine sichere Durchführung und ein gutes Ansprechen im Hinblick auf Netzhautdicke und Visus mit einer geringen Komplikationsinzidenz.

Trotz der guten Ergebnisse in dieser Fallserie muss betont werden, dass weder für das Medikament noch für die Applikationsform in dieser Konstellation eine Zulassung besteht. Kontrollierte randomisierte Studien verschiedener Therapieregimes sind daher wünschenswert. Diese müssen auch gegen den Spontanverlauf getestet werden [36].

## Interessenkonflikt

Der korrespondierende Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

## Literatur

1. AGRAWAL S, AGRAWAL J, AGRAWAL TP: Conjunctival ulceration following triamcinolone injection. *Am J Ophthalmol* 2003 Sep;136(3):539–540
2. AZARBOD P, MOHAMMED Q, AKRAM I, MOORMAN C: Localised abscess following an injection of subtenon triamcinolone acetonide. *Eye* 2007 May;21(5):672–674. Epub 2006 Dec 15
3. BAATH J, ELLS AL, CRICHTON A ET AL.: Safety profile of intravitreal triamcinolone acetonide. *J Ocul Pharmacol Ther* 2007 Jun;23(3):304–310
4. BHAVSAR AR, IP MS, GLASSMAN AR; DRCRnet and the SCORE Study Groups: The risk of endophthalmitis following intravitreal triamcinolone injection in the DRCRnet and SCORE clinical trials. *Am J Ophthalmol* 2007 Sep;144(3):454–456
5. BYUN YS, PARK YH: Complications and safety profile of posterior subtenon injection of triamcinolone acetonide. *J Ocul Pharmacol Ther* 2009 Apr;25(2):159–162
6. CHOUDHRY S, GHOSH S: Intravitreal and posterior subtenon triamcinolone acetonide in idiopathic bilateral uveitic macular edema. *Clin Experiment Ophthalmol* 2007 Nov;35(8):713–718
7. COLIN J: The role of NSAIDs in the management of postoperative ophthalmic inflammation. *Drugs* 2007;67(9):1291–1308
8. CONTI SM, KERTES PJ: The use of intravitreal corticosteroids, evidence-based and otherwise. *Curr Opin Ophthalmol* 2006 Jun;17(3):235–244
9. CUNNINGHAM MA, EDELMAN JL, KAUSHAL S: Intravitreal steroids for macular edema: the past, the present, and the future. *Surv Ophthalmol* 2008 Mar–Apr;53(2):139–149
10. DIABETIC RETINOPATHY CLINICAL RESEARCH NETWORK, CHEW E, STRAUBER S, BECK R ET AL.: Randomized trial of peribulbar triamcinolone acetonide with and without focal photocoagulation for mild diabetic macular edema: a pilot study. *Ophthalmology* 2007 Jun;114(6):1190–1196
11. ENGELMAN CJ, PALMER JD, EGBERT P: Orbital abscess following subtenon triamcinolone injection. *Arch Ophthalmol* 2004 Apr;122(4):654–655
12. GASS JD, NORTON EW: Cystoid macular edema and papilledema following cataract extraction. A fluorescein fundoscopic and angiographic study. *Arch Ophthalmol* 1966 Nov;76(5):646–661
13. HASHIZUME K, NABESHIMA T, FUJIWARA T ET AL.: A case of herpetic epithelial keratitis after triamcinolone acetonide subtenon injection. *Cornea* 2009 May;28(4):463–464
14. HIRANO Y, SAKURAI E, YOSHIDA M, OGURA Y: Comparative study on efficacy of a combination therapy of triamcinolone acetonide administration with and without vitrectomy for macular edema associated with branch retinal vein occlusion. *Retina* 2007 Feb;27(2):180–189
15. KEWAKI J, IMAIZUMI M, NAKAMURO T ET AL.: Peribulbar fungal abscess and endophthalmitis following posterior subtenon injection of triamcinolone acetonide. *Acta Ophthalmol* 2009 Feb;87(1):102–104. Epub 2008 May 27
16. INOUE M, TAKEDA K, MORITA K ET AL.: Vitreous concentrations of triamcinolone acetonide in human eyes after intravitreal or subtenon injection. *Am J Ophthalmol* 2004 Dec;138(6):1046–1048
17. IRVINE AR: Cystoid maculopathy. *Surv Ophthalmol* 1976 Jul-Aug;21(1):1–17
18. IRVINE AR, BRESKY R, CROWDER BM ET AL.: Macular edema after cataract extraction. *Ann Ophthalmol* 1971 Nov;3(11):1234–1235
19. IWAO K, INATANI M, KAWAJI T ET AL.: Frequency and risk factors for intraocular pressure elevation after posterior sub-Tenon capsule triamcinolone acetonide injection. *J Glaucoma* 2007 Mar;16(2):251–256

20. JONISCH J, LAI JC, DERAMO VA ET AL.: Increased incidence of sterile endophthalmitis following intravitreal preserved triamcinolone acetonide. *Br J Ophthalmol* 2008 Aug;92(8):1051–1054
21. KIM SJ, FLACH AJ, JAMPOL LM: Nonsteroidal anti-inflammatory drugs in ophthalmology. *Surv Ophthalmol* 2010 Mar 4;55(2):108–133
22. KIM SY, YANG J, LEE YC, PARK YH: Effect of a single intraoperative sub-Tenon injection of triamcinolone acetonide on the progression of diabetic retinopathy and visual outcomes after cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2008 May;34(5):823–826
23. LARDENOYE CW, VAN SCHOONEVELD MJ, FRITS TREFFERS W, ROTHOVA A: Grid laser photocoagulation for macular oedema in uveitis or the Irvine-Gass syndrome. *Br J Ophthalmol* 1998 Sep;82(9):1013–1016
24. LEE YA, HO TC, CHEN MS ET AL.: Photodynamic therapy combined with posterior subtenon triamcinolone acetonide injection in the treatment of choroidal neovascularization. *Eye* 2009 Mar;23(3):645–651. Epub 2008 Feb 22
25. LIN JM, CHIU YT, HUNG PT, TSAI YY: Early treatment of severe cystoid macular edema in central retinal vein occlusion with posterior sub-tenon triamcinolone acetonide. *Ophthalmic Res* 2007;39(4):207–212. Epub 2007 Jun 26
26. LOEWENSTEIN A, ZUR D: Postsurgical cystoid macular edema. *Dev Ophthalmol* 2010;47:148–159. Epub 2010 Aug 10
27. LORENZO CARRERO J, PÉREZ FLORES I, GONZÁLEZ BARCIA M: Infectious and noninfectious endophthalmitis after intravitreal high-dosage triamcinolone acetonide. *Am J Ophthalmol* 2006 Sep;142(3):529; author reply 529–530
28. NAUMANN GO, SEIBEL W: Surgical revision of vitreous and iris-incarceration in persisting cystoid maculopathy (Hruby-Irvine-Gass-syndrome) – report on 27 eyes. *Dev Ophthalmol* 1985;11:181–187
29. OH IK, BAEK S, HUH K, OH J: Periocular abscess caused by *Pseudallescheria boydii* after a posterior subtenon injection of triamcinolone acetonide. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2007 Jan;245(1):164–166. Epub 2006 Apr 13
30. PACCOLA L, JORGE R, BARBOSA JC ET AL.: Anti-inflammatory efficacy of a single posterior subtenon injection of triamcinolone acetonide versus prednisolone acetate 1 % eyedrops after pars plana vitrectomy. *Acta Ophthalmol Scand* 2007 Sep;85(6):603–608. Epub 2007 Apr 24
31. QUERQUES G, IACULLI C, DELLE NOCI N: Intravitreal pegaptanib sodium for Irvine-Gass syndrome. *Eur J Ophthalmol* 2008 Jan-Feb;18(1):138–141
32. RAUEN M, OETTING TA, BOLDT HC, KWON YH: Two non-infectious forms of endophthalmitis after intravitreal triamcinolone and cataract extraction. *Eye* 2009 Jul;23(7):1611–1612. Epub 2008 Aug 22
33. ROTH DB, REALINI T, FEUER WJ ET AL.: Short-term complications of intravitreal injection of triamcinolone acetonide. *Retina* 2008 Jan;28(1):66–70
34. ROTH DB, FLYNN HW JR: Distinguishing between infectious and noninfectious endophthalmitis after intravitreal triamcinolone injection. *Am J Ophthalmol* 2008 Sep;146(3):346–347
35. SCHWARTZ SG, FLYNN HW, SCOTT IU: Endophthalmitis after intravitreal injections. *Expert Opin Pharmacother* 2009 Sep;10(13):2119–2126
36. SHELSTA HN, JAMPOL LM: Pharmacologic therapy of pseudophakic cystoid macular edema: 2010 update. *Retina*. 2011 Jan;31(1):4–12
37. SHEN L, YOU Y, SUN S ET AL.: Intraocular and systemic pharmacokinetics of triamcinolone acetonide after a single 40-mg posterior subtenon application. *Ophthalmology* 2010 Dec;117(12):2365–2371. Epub 2010 Aug 3

38. SPITZER MS, ZIEMSSSEN F, YOERUEK E ET AL.: Efficacy of intravitreal bevacizumab in treating post-operative pseudophakic cystoid macular edema. *J Cataract Refract Surg* 2008 Jan;34(1):70–75
39. STEINERT RF, WASSON PJ: Neodymium:YAG laser anterior vitreolysis for Irvine-Gass cystoid macular edema. *J Cataract Refract Surg* 1989 May;15(3):304–307
40. STURMAN RM, LAVAL J, STURMAN MF: Subconjunctival triamcinolone acetonide. *Am J Ophthalmol* 1966 Jan;61(1):155–166
41. SUKHIJA J, DOGRA MR, RAM J ET AL.: Acute orbital abscess complicating deep posterior sub-tenon triamcinolone injection. *Indian J Ophthalmol* 2008 May–Jun;56(3):246–247
42. TAO Y, JONAS JB: Intravitreal triamcinolone. *Ophthalmologica* 2011;225(1):1–20. Epub 2010 Aug 7
43. THOMAS ER, WANG J, EGE E ET AL.: Intravitreal triamcinolone acetonide concentration after subtenon injection. *Am J Ophthalmol* 2006 Nov;142(5):860–861
44. TODA J, FUKUSHIMA H, KATO S: Injection of triamcinolone acetonide into the posterior sub-tenon capsule for treatment of diabetic macular edema. *Retina* 2007 Jul–Aug;27(6):764–769
45. TSUJIKAWA A, FUJIHARA M, IWAWAKI T ET AL.: Triamcinolone acetonide with vitrectomy for treatment of macular edema associated with branch retinal vein occlusion. *Retina* 2005 Oct–Nov;25(7):861–867
46. UNOKI N, NISHIJIMA K, KITA M ET AL.: Randomised controlled trial of posterior sub-Tenon triamcinolone as adjunct to panretinal photocoagulation for treatment of diabetic retinopathy. *Br J Ophthalmol* 2009 Jun;93(6):765–770. Epub 2009 Feb 12
47. YAMAMOTO Y, KOMATSU T, KOURA Y ET AL.: Intraocular pressure elevation after intravitreal or posterior sub-Tenon triamcinolone acetonide injection. *Can J Ophthalmol* 2008 Feb;43(1):42–47
48. YOON SJ, RHEE DY, MARX JL ET AL.: Anatomic and visual outcomes of noninfectious endophthalmitis after intravitreal triamcinolone. *Am J Ophthalmol* 2009 Jun;147(6):1031–1036. Epub 2009 Mar 9
49. YOUNG PW, SHEA M: Pars plana vitrectomy in the management of the Irvine-Gass syndrome. *Can J Ophthalmol* 1980 Oct;15(4):172–175
50. YUKI K, SHIBA D, KIMURA I ET AL.: Trabeculectomy with or without intraoperative sub-tenon injection of triamcinolone acetonide in treating secondary glaucoma. *Am J Ophthalmol* 2009 Jun;147(6):1055–1060, 1060.e1–2. Epub 2009 Mar 27
51. ZAKA-UR-RAB S, MAHMOOD S, SHUKLA M ET AL.: Systemic absorption of triamcinolone acetonide after posterior sub-Tenon injection. *Am J Ophthalmol* 2009 Sep;148(3):414–419. Epub 2009 May 23

# Stellungnahme der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft, der Retinologischen Gesellschaft und des Berufsverbandes der Augenärzte Deutschlands zur Therapie der diabetischen Makulopathie

J. Hillenkamp

## Einleitung und epidemiologische Vorbemerkung

Die diabetische Retinopathie bleibt die häufigste Erblindungsursache in der erwerbsfähigen Bevölkerung der Industrienationen, auch wenn sich die Prognose der diabetischen Makulopathie durch bessere Blutzucker- und Blutdruckeinstellung gebessert hat. Für eine Zunahme der diabetischen Makulopathie ist nicht zuletzt die demografische Verschiebung der Alterspyramide verantwortlich. So nimmt die Anzahl von derzeit etwa sechs Mio. Betroffenen innerhalb der deutschen Bevölkerung mit einem bekannten Diabetes weiter zu [1]. Die Prävalenz des Diabetes ist in Deutschland von 4,9 % 1988, über 6,0 % 1998 und 6,9 % 2001 weiter angestiegen. Inzwischen wird davon ausgegangen, dass der von der WHO vorausgesagte Anstieg um 39 % bis 2030 deutlich überschritten wird [2, 3]. Aufgrund dieser Daten wird ein Anstieg der jährlichen Neuerblindungen durch Diabetes in Deutschland von 1728 im Jahr 2010 auf 2171 im Jahr 2030 prognostiziert [4].

In großen Querschnittstudien zeigen ca. 30 % der Menschen mit Diabetes Anzeichen einer Retinopathie (n = 251.386, Typ 1: 42 %, Typ 2: 28 %) [5]. Die diabetische Makulopathie ist dabei die häufigste Ursache einer dauerhaften Sehminderung [6]. Die Prävalenz des diabetischen Makulaödems liegt bei 20,1 % für Personen mit Typ 1 Diabetes und beträgt 13,9 % (ohne Insulin) bzw. 25,4 % (unter Insulin) bei Typ 2 Diabetes [7]. Das Risiko einer dauerhaften Sehminderung hängt entscheidend von der Diabetesdauer ab: Während in den ersten fünf Jahren der Erkrankung nur sehr wenige Betroffene (Typ-2-Diabetes: <5 %) unter einer Makulopathie leiden, steigt die Prävalenz 20 Jahre nach der Erstmanifestation auf über 30 % an [8]. Bei gleichem Visus entspricht die Einbuße an Lebensqualität der der altersabhängigen Makuladegeneration [9]. Mit entsprechenden Instrumenten (validierte Fragebögen: VF14, VFQ25, SF-36, ADREV) lassen sich die Einschränkungen in den verschiedenen Sehqualitäten und Aspekten des täglichen Lebens dokumentieren und quantifizieren [10, 11, 12].

Das Ausmaß des individuellen Verlustes an Lebensqualität kommt auch im resultierenden Leidensdruck zum Ausdruck: Wenn Patienten mit einer Sehschärfe von unter 0,1 (20/200) ein theoretisches Verfahren angeboten wurde, das eine Sehbesserung böte, aber mit einer kürzeren Lebenserwartung verbunden wäre, wird die Bereitschaft geäußert, dafür im Mittel auf 40 % der verbleibenden Lebenszeit verzichten zu wollen [13]. Damit wird von dem Betroffenen die Visusminderung auf 0,2–0,3 als so schwerwiegend eingestuft wie eine schwere Angina pectoris [14].

Aus der gesellschaftlichen Perspektive hat die diabetische Retinopathie erhebliche ökonomische Auswirkungen hinsichtlich direkter (Gesundheitssystem) und indirekter Kosten (Produktivität, Arbeitsunfähigkeit) [15]. Vor allem weil auch jüngere arbeitsfähige Menschen betroffen sind, wird davon ausgegangen, dass die indirekten Kosten nahezu die Hälfte der krankenhausbedingten Gesamtkosten ausmachen [16]. Daten für Deutschland von 2007 weisen direkte jährliche Gesundheitskosten von 4.457 € pro Diabetes-Patient aus. Von diesem Durchschnittswert waren 10 % (458 €) durch die Behandlung mikrovaskulärer Komplikationen (Auge/Niere) bedingt [17]. Deren Folgekosten betragen für insulinpflichtige Patienten über 1.500 €/Jahr. Am Beispiel der fokalen Lasertherapie wurde in Modellen aufgezeigt, dass die Behandlung Folgekosten erheblich reduzieren kann [18]. Weil die resultierenden Gesundheitskosten deutlich mit dem Schweregrad ansteigen und effektive Therapie-modalitäten vorliegen, erscheinen auch unter ökonomischen Gesichtspunkten Prävention und augenärztliche Früherkennungsuntersuchungen bei Diabetes besonders wichtig [19].

## Klinisches Bild

In der Behandlung der diabetischen Makulopathie ist vor allem das frühzeitige Erkennen von Veränderungen im Makulabereich entscheidend. Nach der Nationalen Versorgungsleitlinie und der der Deutschen Diabetes-Gesellschaft ist eine regelmäßige augenärztliche Untersuchung aller Diabetiker vorgesehen, weil insbesondere die frühen Stadien häufig keine oder nur milde Symptome verursachen [20, 21]. Typische Fundusveränderungen der diabetischen Makulopathie sind Mikroaneurysmen, Punktblutungen, Netzhautschwellung und Lipidablagerungen. Multiple kreisförmige Lipidatolle bilden sich häufig um leckende Mikroaneurysmen aus.

Zur Erkennung der Verdickung der Netzhaut in der Makula (Makulaödem) ist eine stereoskopische Funduskopie erforderlich. Terminologisch wird in Anlehnung an die Early Treatment Diabetic Retinopathy Study (ETDRS) dann von einem „klinisch signifikanten Ödem“ gesprochen, wenn bestimmte Charakteristika des Ödems in Bezug auf Fläche und Lokalisation erfüllt sind:

- Netzhautverdickung innerhalb der zentralen 500 µm
- Lipidablagerungen innerhalb der zentralen 500 µm mit einer Netzhautverdickung (weiter außerhalb)
- Netzhautverdickung innerhalb eines Papillendurchmessers zur Fovea mit der Ausdehnung von mindestens einer Papillenfläche

Viele aktuelle Studien beschränken sich allerdings auf solche klinisch signifikante Ödeme, die eine Netzhautverdickung unmittelbar im Bereich der Fovea aufweisen („center involving“, Verdickung des ‚central subfield‘).

In der klinischen Praxis teilt man die Makulaödeme in „fokal“ oder „diffus“ ein, je nachdem, ob begrenzte umschriebene Netzhautareale „fokal“ oder die gesamte Makula „diffus“ verdickt ist. Auch wenn Vermutungen auf unterschiedliche Prognosen und Ansprechen auf verschiedene Behandlungen zwischen fokalen und diffusen

Formen publiziert wurden, wurden solche Unterschiede in systematischen Studien nicht beschrieben [22]. Historisch waren Einteilungen vor allem aber auch dadurch limitiert, dass die Höhe des Ödems in der stereoskopischen Beurteilung nur grob abgeschätzt werden konnte [23, 24], während Fläche und Lokalisation eines Ödems besser zu beurteilen waren [25]. Andere Definitionsversuche schlossen neben Fundusfotos auch zunehmend OCT oder Kombinationen ein.

Die ETDRS differenzierte darüber hinaus nach der Angiographie „focal leakage“, wenn überwiegend Mikroaneurysmen leckten, von „diffuse leakage“, wenn der Fluoreszeinaustritt nicht den Mikroaneurysmen zuzuordnen ist [22, 26]. Die aktuelle DRCR.net-Studie überließ es der subjektiven Einschätzung des Untersuchers, ein diabetisches Makulaödem ohne weitere Vorgaben als „fokal“ oder „diffus“ zu charakterisieren [27].

Eine ischämische Komponente kann an einer Rarefizierung der perifovealen Kapillaren, einer Unterbrechung des perifovealen Randschlingennetzes oder einer Erweiterung der fovealen avaskulären Zone (FAZ) festgemacht werden, die in der Fluoreszeinangiographie sichtbar werden. Während der Durchmesser einer normalen FAZ 400 bis 500  $\mu\text{m}$  beträgt, muss mit einer stark verbreiterten FAZ und/oder einer erheblichen Rarefizierung des perifoveolären Gefäßnetzes auch eine irreversible Visusreduktion erwartet werden: Während bei einem Makulaödem ein Erholungspotenzial vorausgesetzt werden kann, muss bei einer schweren Makulaischämie von einem irreversiblen Prozess ausgegangen werden. Im Rahmen der (chronischen) ischämischen diabetischen Makulopathie ist häufig kein ausgeprägtes Ödem mehr vorhanden.

## Hintergrundinformationen zu den Therapiemodalitäten

### Lasertherapie

Die Effektivität der Lasertherapie bei der diabetischen Makulopathie wurde erstmals in der multizentrischen „Early Treatment of Diabetic Retinopathy Studie“ nachgewiesen, in der 3928 Patienten eingeschlossen und über fünf Jahre nachuntersucht wurden. Patienten mit proliferativen Veränderungen bzw. einem erhöhten Risiko für Proliferationen wurden ebenso wenig eingeschlossen wie Patienten mit einer Sehschärfe unter 20/200 (0,1) [28]. 2998 Augen mit milder bis moderater nicht proliferativer Retinopathie wurden entweder beobachtet (1490) oder erhielten eine Photokoagulation (panretinal vor fokal:  $n = 754$  oder sofort fokal:  $n = 754$ ). Die Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines schweren Sehverlusts ( $>3$  Zeilen) konnte durch die sofortige fokale Laserbehandlung halbiert werden (12 % vs. 24 % nach drei Jahren).

Das Protokoll sah relativ intensive Herde (Weißfärbung) im Bereich der Mikroaneurysmen und im Bereich der Leckage vor. War der Visus schlechter als 20/40 (0,5), wurde auch eine Behandlung von Läsionen innerhalb von 500  $\mu\text{m}$  vorgesehen (Aussparung der zentralen 300  $\mu\text{m}$ ). Ein gitterförmige Laserung („grid“) sollte nur in Arealen mit diffuser Leckage zur Anwendung kommen; diese Herde von max. 200  $\mu\text{m}$  sollte jeweils den Abstand eines Herdes frei lassen und nicht näher als 500  $\mu\text{m}$  an die

Fovea reichen. Eine spätere Auswertung mit längerer Nachbeobachtung zeigte, dass sich der Anteil von Patienten mit einer ausgeprägten Sehbehinderung (Visus unter 5/200, 0,025) in der Behandlungsgruppe und in der Kontrollgruppe nur geringfügig unterschied (2,6 % vs. 3,7 % nach fünf Jahren).

Besonders schlecht schnitten vor allem die Patienten der Behandlungsgruppe ab, die eine frühe panretinale Laserkoagulation erhalten hatten [29]. Patienten mit einem gering ausgeprägten, umschriebenen Ödem, das nah an der Fovea lokalisiert war, profitierten wegen des strukturellen Schadens der Laserherde kaum von einer fokalen Laserbehandlung [30]. Die Ausbildung einer subretinalen Fibrose war ein seltenes Ereignis, dessen Risiko bei ausgeprägten harten Exsudaten erhöht war. Aufgrund der Lokalisation der Fibrose wurde nur in neun von 109 Augen mit Fibrose ein ursächlicher Zusammenhang mit der Laserbehandlung diskutiert [31].

In einer späteren Studie, die 2006 vom Diabetic Retinopathy Clinical Research Network initiiert wurde, kamen deutlich mildere Laserenergien zur Anwendung. Die Parameter und die Zeitexposition wurden so gewählt, dass die Herde gerade noch sichtbar waren (Graufärbung) [32]. Für das flächige „Grid“-Muster im Bereich der verdickten Netzhaut sowie in nicht perfundierten Arealen (500 bis 3000 µm von der Fovea entfernt) war zwischen den einzelnen Herden ein Abstand von mindestens zwei Herden vorgesehen. Es wurden Wellenlängen im grünen oder gelben Bereich verwendet.

In der multizentrischen Studie erhielten 330 von 840 Augen eine „focal/grid“-Laserkoagulation [32]. Eingeschlossen wurden nur klinisch signifikante Makulaödeme mit einer zentralen Netzhautdicke von über 250 µm und einer Sehschärfe zwischen 20/40 (0,5) und 20/320 (0,06). In der Regel wurde die Behandlung in viermonatlichen Abständen wiederholt, solange nicht definierte Kriterien eine klinische Abbruchprüfung herbeiführten, z. B. das Fehlen eines fovealen Netzhautödems, ein Visus über 20/25 (0,8), eine besonders ausgeprägte Verbesserung, aber auch eine ausbleibende Wirkung einer bereits erfolgten Wiederholungsbehandlung. Ausdrücklich wurde das Stadium einer vollständigen Laserkoagulation („complete“) definiert, in dem keine weiteren Areale einer nochmaligen Laserbehandlung unterzogen werden sollten: Wenn alle Mikroaneurysmen im Bereich des Ödems fokale gelasert und alle Areale des Ödems mit einem „grid“ behandelt waren, wurde keine weitere Laserbehandlung durchgeführt. Die Behandlungsgruppe zeigte unter der wiederholten Behandlung eine langsame, aber kontinuierliche Verbesserung in den anatomischen und funktionellen Ergebnissen [33]. Es bestätigte sich auch, dass es nach einer einzelnen „focal/grid“-Lasertherapie über einen Zeitraum von über 16 bis 32 Wochen hinaus zu einer Abnahme des Ödems kommen kann [34].

Während der ersten zwei Jahre erfolgten im Mittel 3,1 „focal/grid“-Behandlungen. Darunter zeigten 31 % der Patienten einen Anstieg um mindestens zwei Zeilen, während ungefähr 19 % eine Verschlechterung um mindestens zwei Zeilen erfuhren. Obwohl die wiederholte Lasertherapie eine Sehverbesserung (Anstieg um  $\geq 15$  Buchstaben) in drei Jahren für nur 26 % der Patienten erreichen konnte, bestand der Haupterfolg in einer Stabilisierung der zentralen Sehschärfe. Eine Sehverschlechterung konnte in 84 % verhindert werden [32, 33].



Auch im Rahmen der vierarmigen Studie des DRCR.net 2010 erhielt die Lasergruppe im ersten Jahr einen Median von drei „focal/grid“-Laserungen [27]. Es wurde in dieser Gruppe weder ein rascher Visusanstieg noch ein anatomisches Austrocknen in den ersten zwölf Monaten erreicht, sodass nach dem Protokoll elf Placeboinjektionsbehandlungen erforderlich wurden. Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass auch eine fachgerecht durchgeführte Laserbehandlung einen thermischen Kollateralschaden verursachen kann. Histologische Studien und OCT-Bilder haben belegt, dass die Schädigung neben der gesamten neurosensorischen Netzhaut auch das Pigmentepithel und die Bruch'sche Membran umfassen kann [35]. Mögliche Nebenwirkungen umfassen daher Einschränkungen des Farbensehens, Skotome und choroidale Neovaskularisationen. Außerdem kann in extrem seltenen Fällen eine unbeabsichtigte (akzidentelle) Laserexposition der zentralen Fovea auftreten. In der Literatur wurde schließlich darüber berichtet, dass die durch Laserherde induzierten Skotome im zeitlichen Verlauf über viele Jahre progredient sein können mit Flächenausdehnungen von bis zu 300 % [36]. Trotz dieser Einschränkungen konnte die fokale Laserbehandlung in nahezu allen Kategorien der (visuell bedingten) Lebensqualität moderate, aber konsistente Verbesserungen über kurze Beobachtungszeiträume (drei Monate) erzielen [37]. In der Regel sollte vor einer panretinalen Laserkoagulation (z.B. zur Therapie einer proliferativen Retinopathie) zuerst die diabetische Makulopathie behandelt werden, bevor im zweiten Schritt die panretinale Laserkoagulation erfolgt [29, 30].

### **Intravitreale operative Medikamentenapplikation von VEGF-Inhibitoren**

Als Vorbemerkung möchten wir drauf hinweisen, dass beim Einsatz der hier und nachfolgend diskutierten Präparate darauf zu achten ist, welche Substanzen zum Zeitpunkt der Anwendung zugelassen sind, da bei einem Off-label-Gebrauch erhöhte Anforderungen in Bezug auf Patientenaufklärung und Produkthaftung bestehen [38, 39].

In der Literatur der letzten Jahre finden sich zu der Substanzgruppe der VEGF-Inhibitoren zwar systematische Reviews, die allerdings durch die extrem dynamische Entwicklung der Publikation aktueller Studiendaten mit höherem Evidenzniveau nicht mehr aktuell sein können [40, 41, 42].

Das Durchschnittsalter der Patienten mit diabetischer Makulopathie liegt insgesamt unter dem der Patienten mit venösen Verschlüssen oder mit altersabhängiger Makuladegeneration. Die Sicherheitsdaten müssen daher über weitere Zeiträume beobachtet und Hinweise auf potenziell nachteilige Effekte einzelner Wirkstoffe ernst genommen werden [43, 44]. Es muss vor allem beachtet werden, dass die hohe Komorbidität zu einer erheblich reduzierten Lebenserwartung dieser Patientengruppe beiträgt. So war in der ETDRS-Studie die Mortalität nach 22 Jahren selbst in der jüngeren Altersgruppe (25 bis 54 Jahre) mit immerhin 33,7 % im Vergleich zu 10,2 % in entsprechenden Vergleichskollektiven ohne Diabetes erhöht [45]. Konkrete Hinweise auf schwerwiegende systemische Komplikationen der intravitrealen Anti-VEGF-Therapie bei diabetischem Makulaödem gibt es jedoch zum gegenwärtigen Zeitpunkt nicht, auch wenn zurzeit keine ausreichenden systematischen Daten zur Medikamentensicherheit vorliegen.

### *Bevacizumab*

Viele retrospektive Studien über kürzere Zeiträume weisen auf eine grundsätzliche Wirksamkeit der intravitrealen Bevacizumab-Therapie beim diabetischen Makulaödem hin [41, 46, 47, 48]. In der prospektiven BOLT-Studie erhielten alle Patienten eine primäre Laserbehandlung eines klinisch signifikanten Makulaödems, das mindestens 270 µm Netzhautdicke aufwies [49]. Danach wurden die 80 Patienten zufällig auf zwei Behandlungsarme aufgeteilt, von denen der eine sechswöchentliche Bevacizumab-Injektionen (mind. drei, max. neun/Jahr), der andere viermonatliche Laserbehandlungen (mind. ein, max. vier/Jahr) erhielten. Nach einem Jahr hatten die IVOM-Patienten nach im Mittel neun Injektionen acht Buchstaben gewonnen, während die Lasergruppe lediglich eine Stabilisierung (-0,5 Buchstaben) erreichte.

Kein Vorteil ergibt sich offensichtlich durch die Applikation einer höheren Dosis (2,5 mg) [50, 51]. Nach den Gesetzmäßigkeiten der Pharmakokinetik lässt sich die Wirkung dadurch um maximal eine Halbwertszeit verlängern, während das größere Volumen höhere Druckanstiege im Rahmen der intravitrealen operativen Medikamentenapplikation bewirkt [52]. Mehrere Arbeiten mit allerdings niedrigerem Evidenz-Level haben für VEGF-Inhibitoren mit im Mittel längeren Intervallen zwischen den Medikamentenapplikationen schlechtere Ergebnisse gezeigt [41, 42]. Bei der Behandlung mit VEGF-Inhibitoren muss deshalb derzeit davon ausgegangen werden, dass ein anatomischer und funktioneller therapeutischer Effekt nur durch häufige Medikamentenapplikationen erreicht werden kann. Ob das therapierefraktäre diffuse Ödem nach Laser schlechter auf Bevacizumab anspricht, lässt sich nach den bisherigen Fallserien noch nicht definitiv beantworten [53, 54].

Prospektiv wurde die Kombination von Bevacizumab und Triamcinolon untersucht, indem drei Studienarme (1,25 mg Bevacizumab, 1,25 mg Bevacizumab und 2 mg Triamcinolon, Laser) gebildet wurden. Nach 36 Wochen mit dreimonatlicher Wiederholungsbehandlung konnte in der Gruppe mit Bevacizumab-Monotherapie in 37 % ein Anstieg um mindestens zwei Zeilen erreicht werden, mit kombinierten Triamcinolon in 25 % und nach der fokalen Laserkoagulation in 15 % [55]. Die Kombination mit Triamcinolon scheint also kurzfristig keinen wesentlichen additiven Effekt zu bewirken.

Für Patienten ohne Vorbehandlung wurde beschrieben, dass sich kurzfristige Vorteile eines schnelleren Austrocknens des Ödems in der Kombination mit Steroiden bereits nach 24 Wochen nicht mehr nachweisen lassen. Die Aussagekraft solcher Daten ist jedoch durch die wahrscheinliche Unterbehandlung (nur einmalige Injektion über sechs Monate) sehr begrenzt [56, 57]. Aussagen über systemische Komplikationen unter Bevacizumab können wegen der relativ geringen Fallzahlen, meist unzureichender systematischer Erfassung und der noch fehlenden Langzeitbeobachtungen in prospektiven Studien vorerst nur mit Vorsicht getroffen werden.

### *Pegaptanib*

In einer Phase-II-Studie wurde intravitreales Pegaptanib (0,3 mg, 1 mg und 3 mg) mit einer Placebogruppe für das bisher nicht behandelte diabetische Makulaödem verglichen [58]. Mehr Patienten in der mit 0,3 mg Pegaptanib behandelten Gruppe

wiesen nach 36 Wochen eine Visusbesserung von drei Zeilen (18 % im Vergleich zu 7 % nach Scheinbehandlung) auf. In der Behandlungsgruppe wurde dabei eine additive Laserkoagulation signifikant seltener durchgeführt (25 % im Vergleich zu 48 %).

### *Ranibizumab*

Für das Antikörperfragment Ranibizumab (Lucentis<sup>®</sup>, Genentech, CA, USA) liegen Ergebnisse aus Phase-II- und III-Studien vor.

In der READ-Studie („Ranibizumab for Edema of the Macula in Diabetes“, Phase II) zeigten die Augen mit diabetischem Makulaödem nach sechs Monaten Ranibizumab-Behandlung einen mittleren Visusanstieg von sieben Buchstaben im Vergleich zur Laserkoagulation. Nach zwei Jahren war der Unterschied zwischen Laser- (+5 Buchstaben) und Ranibizumab-Gruppe (+8 Buchstaben) aber weniger ausgeprägt [59].

In die RESOLVE-Studie („Safety and Efficacy of Ranibizumab in Diabetic Macular Edema with Center Involvement“, Phase II) wurden 151 Patienten mit einem Visus zwischen 20/160 (0,125) und 20/32 (0,63) eingeschlossen [60]. Das Protokoll sah strenge Kriterien für die Unterbrechung (Netzhautdicke  $\leq 225 \mu\text{m}$ ) und Dosisverdopplung (Reduktion des Ödems um weniger als  $50 \mu\text{m}$ ) vor. So erhielten beide Gruppen mit Ranibizumab-Behandlung (0,3 und 0,5 mg Ranibizumab) relativ häufige Wiederholungsbehandlungen (im Mittel zehn über zwölf Monate) und zeigten darunter einen Visusanstieg von im Mittel neun bzw. zwölf Buchstaben.

Für die vom National Institute of Health (NIH) in den USA gesponserte Studie des DRCR-Netzwerks wurden die verwendeten Wirkstoffe kostenlos durch den Hersteller zur Verfügung gestellt [27]. Das Behandlungsschema sah vier Therapiearme vor, in denen die Wiederholungsbehandlungen durch einen relativ komplexen Algorithmus definiert waren. Während zwei Gruppen Ranibizumab mit sofortiger oder (bei Bedarf nach sechs Monaten) verzögerter Laserbehandlung erhielten, wurden die Triamcinolon-Injektion mit Laserkoagulation und die Laserkontrollgruppe mit Scheininjektionen kombiniert.

In den beiden Ranibizumab-Gruppen erfolgten während der ersten sechs Monate drei initiale Applikationen und später so lange erneute Behandlungen, bis strenge Erfolgskriterien (Visus  $\geq 20/20$ , Netzhautdicke des zentralen Felds  $< 250 \mu\text{m}$ ) erreicht wurden. Auch danach erfolgten eher großzügig Re-Injektionen, falls keine Verbesserung ( $\geq +5$  Buchstaben gegenüber dem Ausgangsvisus, Verdünnung der verdickten zentralen Netzhaut von weniger als 10 %) beobachtet wurde. Eingeschlossen wurden nur Patienten mit einem Visus zwischen 20/320 (0,06) und 20/32 (0,63) sowie einer fovealen Beteiligung des Ödems (Dicke  $\geq 250 \mu\text{m}$ ). Die HbA1c-Werte (HbA1c: Glykohämoglobin) zwischen 6,5 und 8,6 (25. bzw. 75. Perzentile) deuten auf eine relativ gute Blutzuckereinstellung in der Kohorte hin [27]. Bisher sind erst die 12-Monats-Daten publiziert, die für beide Ranibizumab-Gruppen ein signifikant besseres Ergebnis (im Mittel +9 Buchstaben) gegenüber der bisherigen Standardtherapie mit Laser (im Mittel +3 Buchstaben) ausweisen – unabhängig davon, ob sofort oder erst nach sechs Monaten mit der „focal/grid“-Lasierung begonnen wurde. Mit im Median acht

bzw. neun Injektionen innerhalb der ersten 13 Monate konnte in den beiden kombinierten Gruppen gegenüber der Lasergruppe die Chance eines Visusanstiegs um  $\geq 10$  Buchstaben um 23 % bzw. 19 % erhöht und die Gefahr einer Sehverschlechterung von  $\geq 10$  Buchstaben um jeweils 10 % reduziert werden. Interessant war, dass in der Gruppe, die zuerst nur Ranibizumab-Injektionen erhielt, über 2/3 der Patienten auch im späteren Verlauf des ersten Jahres keine Laserkoagulation entsprechend der definierten Behandlungskriterien benötigten. In der Studie wurden Patienten ausgeschlossen, die einen erhöhten Blutdruck (systolisch  $> 180$  mmHg, diastolisch  $> 110$  mmHg) bzw. kardiovaskuläre Ereignisse oder Schlaganfälle innerhalb der letzten vier Monate berichtet hatten. Darunter wurde in den Ranibizumab-Gruppe keine erhöhte Rate für systemische Komplikationen gesehen. Umfangreiche Sicherheitsdaten vor allem über einen längeren Verlauf liegen aktuell noch nicht vor.

Die Daten einer weiteren Phase-III-Studie (RESTORE) stellen die Basis der Zulassung von Ranibizumab für das diabetische Makulaödem dar. Neben der Monotherapie mit Ranibizumab (0,5 mg,  $n = 116$ ) oder Laserkoagulation (Kontrollgruppe,  $n = 111$ ) erfolgte in einem dritten Arm eine Kombinationsbehandlung (Ranibizumab und Laser,  $n = 118$ ) [61]. Für den Einschluss war eine stabile Blutzuckereinstellung (keine Änderung der Medikation), ein HbA1C = 10,0 % und ein ETDRS-Visus zwischen 0,125 und 0,63 (39 und 78 Buchstaben) erforderlich. Ausgeschlossen wurden Patienten mit einem Schlaganfall in der Vorgeschichte sowie erhöhten Blutdruckwerten.

In beiden Ranibizumab-Gruppen ließ sich nach zwölf Monaten ein mittlerer Visusgewinn um +6,8 Buchstaben (Monotherapie) bzw. +6,4 (Kombinationstherapie) gegenüber einer stagnierenden Funktion (+0,9 Buchstaben) in der Kontrollgruppe (konventionelle Laserbehandlung) erreichen. Die Wiederbehandlungskriterien sahen nach drei initialen Behandlungen eine Pausierung beim Ausbleiben einer weiteren Visusbesserung (in Bezug auf die letzten zwei Kontrolluntersuchungen) oder dem Erreichen eines Visus  $\geq 1,0$  ( $> 84$  Buchstaben) vor. Die Behandlung konnte nach dem Ermessen des Arztes dann wieder aufgenommen werden, wenn eine Sehverschlechterung auf eine Zunahme des Ödems zurückzuführen war. Mit diesem Algorithmus wurde im Mittel siebenmal (bzw. 6,8-mal) in den Ranibizumab-Gruppen während der ersten zwölf Monate behandelt. Die Lasergruppe erhielt im beschriebenen Zeitraum im Mittel 2,1 Laserbehandlungen und 7,3 Scheininjektionen [61].

### **Intravitreale operative Medikamentenapplikation von Steroiden**

Pathophysiologisch wirken Steroide vor allem den Störungen der Blut-Netzhaut-Schranke entgegen, indem sie die Integrität der Gefäße verbessern, den intraretinalen Austritt von Flüssigkeit günstig beeinflussen und die inflammatorische Komponente kontrollieren [62]. Bei den Nebenwirkungen bleiben Kataraktbildung und Glaukom wichtige Nachteile. Innerhalb der DRCR.net-Studie 2006 betrug nach Triamcinolon (4 mg) die kumulative Wahrscheinlichkeit einer späteren Kataraktchirurgie 83 %; eine intraokuläre Druckerhöhung über 10 mmHg trat bei 33 % der Patienten auf [32]. Drug-Release-Systeme zeigen gegenüber Triamcinolon eine einheitlichere Pharmakokinetik und gleichmäßigere Wirkung.

In der sequenziellen Gabe haben Steroide und Laserbehandlung keine relevante synergistische Wirkung gezeigt [63, 64]. Die Zunahme eines Ödems nach einer pan-retinalen Laserkoagulation kann durch intravitreales Triamcinolon nicht verhindert werden [65].

### *Triamcinolon-Präparate*

Während im amerikanischen Raum vorwiegend Kenalog<sup>®</sup> als Präparat eingesetzt wurde, wurde im europäischen Raum häufig Volon A<sup>®</sup> als Ausgangsprodukt verwendet. Wegen der intraokularen Anwendung muss die mögliche Toxizität von konservierungsmittelhaltigen Suspensionen bedacht werden [66]. Triesence<sup>®</sup> (40 mg/ml) wurde in den USA außer zur perioperativen Anwendung zur Behandlung der sympathischen Ophthalmie, der Arteriitis temporalis sowie anderer Entzündungszustände zugelassen, die nicht auf eine Lokalthherapie ansprechen. In der Studie des DRCR-Netzwerks wurde Triamcinolon in einer Hydrogel-Formulierung (Trivaris<sup>®</sup>, 80 mg/ml) in einer Dosierung von 1 mg oder 4 mg verwendet [32]. Eine peribulbäre Gabe von Triamcinolon zeigte schlechtere funktionelle Ergebnisse als die intraokulare Anwendung [67].

Klinische Studien haben gezeigt, dass Triamcinolon vor allem in den ersten drei Monaten einen signifikanten Effekt auf das diabetische Makulaödem entwickeln kann [68, 69]. Die frühzeitige Abnahme der Netzhautdicke ist zwar teilweise ausgeprägter, als es innerhalb von drei Monaten nach Laserkoagulation oder kombinierter Behandlung beschrieben wurde [70]. In der Literatur finden sich aber auch zahlreiche Hinweise, dass die frühen Verbesserungen zumindest bei phaken Augen häufig nicht über eine Zeit von mehr als sechs Monaten gehalten werden können [71]. Das Nachlassen der Wirkung bestätigte sich auch in einer großen Studie des DRCR-Netzwerks 2008: Nach vier Monaten zeigte die Triamcinolon-Gruppe gegenüber den Laserpatienten eine deutliche funktionelle Überlegenheit, aber bereits nach zwölf Monaten fand sich kein Unterschied. Nach zwei Jahren war die Triamcinolon-Behandlung unterlegen [32].

Dagegen waren in einer Studie von Gillies et al., die bei ausgelaserten Augen Triamcinolon-Injektionen mit einer Placebothherapie verglich [72], der Visus und die Netzhautdicke im OCT nach zwei Jahren in der Triamcinolon-Gruppe signifikant besser als in der Placebogruppe. Allerdings musste in der Triamcinolon-Gruppe während der zwei Jahre bei 54 % eine Kataraktoperation erfolgen, während dies in der Placebogruppe bei keinem Patienten nötig war. Ähnliches zeigte sich in einer Studie des DRCR-Netzwerkes 2010: Triamcinolon-Injektion kombiniert mit sofortiger Laserkoagulation wurde verglichen mit einer Laserkontrollgruppe mit Scheininjektionen und zwei Ranibizumab-Gruppen kombiniert mit sofortiger oder um sechs Monate verzögerter Laserbehandlung [27]. Hierbei ergab sich über einen Nachbeobachtungszeitraum von mindestens zwölf Monaten (und bei 57 % der Patienten über 24 Monate), dass der Visus nach Triamcinolon innerhalb der ersten sechs Monate zwar besser wurde, dann aber wieder in den Bereich der funktionellen Ergebnisse der Lasergruppe abfiel. Der Effekt des Triamcinolon auf die Netzhautdicke war und blieb jedoch so gut wie bei der Ranibizumab-Gruppe.

Allerdings zeigte eine Subgruppenanalyse der bei Studienbeginn pseudophaken Augen, dass hier durch Triamcinolon ein ähnlich positiver Effekt sowohl auf die Netzhautdicke als auch den Visus zu erzielen war wie unter Ranibizumab. Dies legt nahe, dass für einen Teil der schlechteren funktionellen Ergebnisse die Kataraktprogression verantwortlich ist [72]. Daher besteht in der Kombination von Laser („focal/grid“) und Triamcinolon für pseudophake Patienten die Möglichkeit, einen größeren Visusanstieg zu erzielen als durch eine alleinige Laserbehandlung. Das Thema Linsentrübung ist außerdem vor allem dann relevant, wenn die Behandlung für junge Patienten mit Diabetes und noch bestehender Akkommodationsfähigkeit diskutiert wird.

Ein deutlicher Druckanstieg ( $>25$  mmHg) wurde nach Triamcinolon in ca. 30 bis 40 % der Anwendungen beobachtet [73]. Höhere Dosierungen zeigen ähnliche therapeutische Effekte, allerdings hängt die Rate des Steroidglaukoms von der Dosis und Dauer der Steroidbehandlung ab [74]. Wenn eine medikamentöse Druckregulation nicht mehr möglich ist, wird ein operativer Eingriff erforderlich (1 bis 9 %) [71, 72, 73]. Selten können Triamcinolon-Kristalle in die Vorderkammer gelangen oder eine sterile Entzündung hervorrufen, deren Abgrenzung von einer infektiösen Endophthalmitis Schwierigkeiten bereitet [75]. Es scheint eine große interindividuelle Variabilität zu geben, wie lange die vollständige Resorption der Kristalle aus dem Glaskörperaum im Einzelfall dauert.

### *Fluocinolon-Präparate*

Die kurze Wirkdauer der Steroidlösungen und Suspensionen hat zur Entwicklung von „Long-acting drug-delivery“-Implantaten geführt. Eine Formulierung mit anhaltender Wirkung stellt ein Fluocinolon-Implantat (Retisert<sup>®</sup>, Bausch & Lomb, Rochester, NY) dar, das zur Behandlung von posterioren Uveitiden zugelassen ist. Das Präparat ist nicht vollständig biologisch abbaubar und enthält 0,59 mg des Kortikosteroids, das mit einer konstanten Rate über 30 Monate freigesetzt wird [76].

Eine Studie hat die Wirksamkeit für das diabetische Makulaödem mit der Standardtherapie verglichen [77]. Eine Verbesserung um drei Zeilen wurde nach drei Jahren für 28 % der Augen mit Implantat gegenüber 15 % nach Laserkoagulation erreicht. Die okulären Nebenwirkungen standen jedoch einer Zulassung für die Indikation entgegen. 95 % der ursprünglich phaken Augen benötigten eine Kataraktoperation. Eine Druckerhöhung ( $\geq 30$  mmHg) wurde bei 35 % der Patienten festgestellt, eine filtrierende Operation war jedoch bei 28 % der implantierten Augen innerhalb von drei Jahren erforderlich. Das Implantat wurde zur Druckregulation bei 5 % der Augen entfernt.

Ein weiteres Implantat (Iluvien<sup>®</sup>, Alimera Sciences, Alpharetta, GA) verwendet ein anderes Trägermaterial (Medidur; pSivida, Watertown, MA) und hat die Phase III der klinischen Entwicklung erreicht [78]. Zwei Dosierungen (0,5  $\mu$ g, 0,2  $\mu$ g) wurden bei 956 Patienten untersucht. Nach zwei Jahren haben 28,7 % der Patienten mindestens drei Zeilen gewonnen, im Vergleich zu 16,2 % nach der Scheinbehandlung ( $P = 0,002$ ) [79].

Ungefähr 75 % mit der niedrigeren Fluocinolon-Dosierung erhielten eine Linsenoperation in den ersten zwei Jahren, dagegen nur 23 % in der Kontrollgruppe. Eine

Augeninnendrucksteigerung um  $\geq 30$  mmHg trat bei 16,3 % der Patienten in der Niedrigdosisgruppe gegenüber 2,7 % in der Placebogruppe auf.

### *Dexamethason-Präparate*

Im direkten Vergleich mit Triamcinolon besitzt Dexamethason eine größere antiinflammatorische Potenz in seiner Wirkung auf die Kortikoid-Rezeptoren [80]. Außerdem zeigt Dexamethason in der Zellkultur eine geringere Toxizität auf retinale Zellen als Triamcinolon [81]. In einer Phase-II-Studie über sechs Monate zur Dosisfindung wurden 172 Patienten mit einem diabetischen Makulaödem eingeschlossen, das auf eine vorherige Behandlung nur unzureichend angesprochen hatte [82, 83]. Nach 90 Tagen wurde mit 0,7 mg eine Sehverbesserung von mindestens zwei (drei) Zeilen für 35 % (18 %) der Patienten erreicht. Trotz der Vorbehandlung zeigte sich eine hohe Korrelation zwischen zentraler Sehkraft und gemessener fovealer Netzhautdicke [84]. Während der ersten sechs Monate zeigten 13,2 % der Augen einen Druckanstieg über 25 mmHg; ein relativer Anstieg um 10 mmHg wurde für 15 % beschrieben.

Eine weitere Phase-II-Studie (Champlain) untersuchte die Wirksamkeit für vitrektomierte Patienten. Die Hauptwirkung auf das diabetische Makulaödem wurde hier acht bis 13 Wochen nach der Injektion mit dem 22-Gauge-Applikator gesehen. Nach 26 Wochen entsprach der Visusgewinn dem Ausmaß, den man auch in nicht vitrektomierten Augen gesehen hatte ( $\geq 2$  Zeilen: 21 %,  $\geq 3$  Zeilen: 11 %) [85]. Weil bei Verwendung eines Implantates die Elimination von Dexamethason nach einer Vitrektomie im Gegensatz zu Triamcinolon nicht erhöht ist, werden in vitrektomierten und in nicht vitrektomierten Augen ähnliche Konzentration über die Zeit gemessen [86].

### **Vitrektomie**

Auch dem Glaskörper wird eine Rolle in der Pathophysiologie des diabetischen Makulaödems zugeschrieben. Diskutiert werden eine erhöhte vitreomakuläre Traktion (vermehrte Glykosylierung der Kollagenfasern), eine Akkumulation verschiedenster Faktoren im präretinalen Glaskörper, die eine Gefäßhyperpermeabilität bewirken und eine Zellmigration in den hinteren Glaskörper begünstigen können. Entsprechend ist der Effekt der Vitrektomie auf das diabetische Makulaödem bisher in einer Reihe von Fallserien untersucht worden. Es gibt Hinweise, dass manche Augen mit Makulaödem und vitreomakulärer Traktion von einer Vitrektomie profitieren können: bei vitreo-makulärer Traktion führte die Vitrektomie mit Induktion einer hinteren Glaskörperabhebung und Peeling von epiretinalen Membranen (so weit vorhanden) in einer prospektiven Studie ohne Kontrollgruppe bei den meisten Augen zu einer deutlichen Abnahme der zentralen Netzhautdicke. Die funktionellen Ergebnisse waren aber weniger konsistent: Die Sehschärfe hatte sich sechs Monate nach der Operation bei 28 % bis 49 % der Augen verbessert und bei 13 % bis 31 % der Augen verschlechtert [87].

Bisherige Studienergebnisse zur Vitrektomie mit oder ohne Peeling der Membrana limitans interna (ILM) bei diabetischem Makulaödem ohne vitreomakuläre Traktion sind widersprüchlich und haben kein hohes Evidenzniveau. Einige Autoren berichten

über funktionelle Verbesserung [88], andere berichten über eine Abnahme der Netzhautdicke jedoch ohne funktionelle Verbesserung [89]. Eine kürzlich veröffentlichte multivariate Analyse des DRCR.net von 241 Augen zeigte eine signifikante Abnahme der zentralen Netzhautdicke ohne signifikante funktionelle Verbesserung. Die Wahrscheinlichkeit, von der Operation funktionell zu profitieren, war größer bei schlechtem Ausgangsvisus und gleichzeitiger Entfernung von epiretinalen Membranen. Das Vorliegen vitreo-makulärer pathologischer Veränderungen vor der Vitrektomie war mit einer anatomischen, jedoch nicht mit einer funktionellen Verbesserung assoziiert [90]. Insgesamt bleibt die Rolle der Vitrektomie im Vergleich zu anderen Therapieansätzen bisher unklar, weil es keine prospektiven randomisierten Patientenstudien mit adäquater Fallzahl gibt, die es ermöglichen würden, alle relevanten Einflussgrößen des funktionellen Ergebnisses zu testen. Die aktuelle Studienlage ermöglicht es nicht, Augen zu identifizieren, die möglicherweise von einer Vitrektomie funktionell profitieren könnten [87, 91]. Bei der Abwägung der verschiedenen therapeutischen Möglichkeiten sollte zudem an die Risiken einer Vitrektomie gedacht werden. Obwohl die Entfernung des Glaskörpers im Einzelfall zu einer besseren Oxygenierung und Normalisierung der Netzhautdicke führen kann [92, 93], erfordern die operativen Komplikationen eine kritische Diskussion der Indikation, wenn keine Glaskörperblutung, keine vitreomakuläre Traktion oder epiretinale Gliose bestehen [88, 94]. Es muss auch berücksichtigt werden, dass – abgesehen von Kataraktinduktion und sekundären Netzhautlöchern – bei Diabetes das Endophthalmitis-Risiko nach einer Vitrektomie erhöht ist.

### **Systemische Therapie**

Selbstverständlich haben Qualität der Blutzuckereinstellung und Kontrolle weiterer Risikofaktoren – z. B. des Blutdrucks – einen Einfluss auf Inzidenz, Verlauf und Prognose der diabetischen Makulopathie. An dieser Stelle soll hierauf nicht detailliert eingegangen werden. Hier wird auch auf die Bedeutung von interdisziplinärer Kommunikation und Zusammenarbeit der beteiligten Fachdisziplinen hingewiesen [20].

### **Defizite bisheriger Studien**

Es existieren noch keine Untersuchungen, in denen die unterschiedlichen VEGF-Präparate miteinander verglichen wurden. Eine Aussage, ob ein VEGF-Inhibitor einem anderen VEGF-Inhibitor überlegen ist, ist daher nicht möglich [42, 95]. Die relativ kurzen Verlaufszeiträume erschweren zudem die Einschätzung, ob die Behandlung mit Bevacizumab, Pegaptanib und Ranibizumab einen anhaltenden, klinisch relevanten Nutzen bietet und die IVOM-Frequenz auf lange Sicht reduziert werden kann.

Bisher sind kaum Daten zu Subgruppenanalysen publiziert. Weitere Studien müssen daher klären, ob die Analyse des Ödemtyps eine individuelle Beurteilung des Ansprechens einer Therapiemodalität ermöglicht. Hierbei ergibt sich die methodische Schwierigkeit, dass den Studien unterschiedliche Definitionen des diffusen Makulaödems zugrunde liegen [22, 96, 97]. Beim Vergleich der Studien müssen außerdem Unterschiede in wichtigen Parametern (Vorbehandlung, Dauer des Ödems, Güte der



Stoffwechselkontrolle) und unterschiedliche Kollektive berücksichtigt werden, die die direkte Vergleichbarkeit verschiedener Studienergebnisse einschränken. Es ist davon auszugehen, dass die selektionierten Studienpopulationen nicht notwendigerweise den Charakteristika der Patienten im klinischen Alltag entsprechen. Weiterhin sind therapiebedingte Auswirkungen auf Lebensqualität, Kontrastsensitivität und Folgekosten bisher noch unzureichend untersucht [15].

## Empfehlungen

### Indikationsstellung

Die stereoskopische Fundusuntersuchung (biomikroskopische Untersuchung der Netzhaut in Mydriasis) und Visusprüfung (bestkorrigiert bei spielender Pupille unter standardisierten Bedingungen) sind Basis jeder Therapieinitiierung für ein diabetisches Makulaödem. Zur Indikationsstellung und zur Dokumentation sollte darüber hinaus die Fluoreszeinangiographie erfolgen, um eine eventuelle Ischämie sowie Ursprung und Ausdehnung der Leckage beurteilen zu können. Eine Fotodokumentation ist zur Verlaufsbeobachtung sinnvoll. Zusätzlich stellt die Untersuchung mittels optischer Kohärenztomographie (OCT) eine wesentliche diagnostische Untersuchung dar, ist aber als alleinige Untersuchung zur Indikationsstellung nicht ausreichend.

Die hochauflösende Spectral-Domain-OCT kann wichtige Informationen bieten, die für die Beurteilung der diabetischen Makulopathie auch im Verlauf von Bedeutung sind. Sie ermöglicht eine genaue Quantifizierung der makulären Netzhautdicke, eine qualitative Beurteilung verschiedener Netzhautschichten und eine genaue Lokalisation extrazellulärer Flüssigkeitsansammlungen. Zudem ist eine Verlaufskontrolle an identischen optischen Schnitten der Netzhaut möglich. So können die morphologischen Effekte einer Therapie besser beurteilt werden und die Entscheidung bezüglich einer eventuellen Wiederholungsbehandlung wird erleichtert [98]. Berücksichtigt werden muss allerdings, dass die Vergleichbarkeit der quantitativen Werte zwischen den verschiedenen Geräten sehr begrenzt ist. Weil die SD-OCT nicht jede Leckage, aber vor allem auch ischämische Areale nicht darstellen kann, ist auch die SD-OCT-Untersuchung kein Ersatz der Fluoreszeinangiographie, obwohl sie unter den Methoden der Bildgebung eine hohe Sensitivität auszeichnet [99, 100]. Die limitierte Korrelation zwischen den strukturellen Parametern und der Funktion muss beachtet werden. Laufende Untersuchungen befassen sich mit möglichen prädiktiven Merkmalen in der SD-OCT-Untersuchung – sowohl für den natürlichen Verlauf als auch für das Ansprechen auf therapeutische Interventionen.

Allgemeine Therapie (Blutzuckereinstellung) und interdisziplinäre Kooperation mit dem Diabetologen/Hausarzt sollten in enger Anlehnung an die entsprechende nationale Versorgungsleitlinie erfolgen [20, 21].

### Therapieempfehlungen

#### *Therapie der ischämischen Makulopathie*

Für die überwiegend ischämische Makulopathie kann keine Behandlung empfohlen werden. Ist die foveale avaskuläre Zone (FAZ) im größten Durchmesser er-

heblich verbreitert oder ein schwerer Ausfall des perifovealen Kapillarnetzes in der Fluoreszeinangiographie vorhanden, gibt es nach übereinstimmender Ansicht keine Therapiemöglichkeit dieser Form der diabetischen Makulopathie. Allerdings kann dies durch bislang vorliegende Studien nicht belegt werden.

Für geringere Kapillarausfälle ist bei bestehendem Makulaödem zu berücksichtigen, dass negative Auswirkungen auf die zentrale retinale kapilläre Blutversorgung nach Anwendung von VEGF-Inhibitoren bei der Behandlung des nicht ischämischen diabetischen Makulaödems nicht beobachtet wurden [101, 102]. Wegen der geringen Aussicht auf eine Visusbesserung wurden in den prospektiven Studien mit Anti-VEGF-Präparaten nur Patienten eingeschlossen, bei denen die Ischämie für den Funktionsverlust keine Rolle spielte [27, 49].

### *Therapie des nicht ischämischen Makulaödems*

Seit der ETDRS ist die fokale Laserkoagulation das etablierte Therapieverfahren des klinisch signifikanten Makulaödems [28, 32, 33]. Nach aktuellen Modifikationen sollte die Laserbehandlung des diabetischen Makulaödems mit einer Spotgröße von  $\leq 100 \mu\text{m}$  und einer Expositionszeit von  $\leq 100 \text{ ms}$  im grünen oder gelben Wellenlängenbereich bis zu einer gerade sichtbaren, zarten Weißfärbung der behandelten Netzhaut durchgeführt werden. Zusätzlich kann bei diffuser Leckage eine „grid“-Laserkoagulation ergänzt werden, dessen Herde einen Abstand von mindestens zwei Spotgrößen aufweisen sollten. Diese Behandlung kann im Abstand von mindestens drei Monaten ergänzt werden.

Neuere Studien haben gezeigt, dass bei fokaler Laserkoagulation 44 % der Patienten innerhalb der ersten drei Jahre mehr als zwei Zeilen der ETDRS-Lesetafel gewinnen, während nur 12 % einen Verlust  $\geq 10$  Buchstaben haben [33]. Für die fokale Laserkoagulation konnte außerdem im Langzeitverlauf (13 bis 19 Jahre) nachgewiesen werden, dass der visusstabilisierende Effekt anhält (Verlust von drei Zeilen oder mehr für weniger als 20 % der Behandelten) [45]. Die fokale Lasertherapie bleibt die „first line“-Therapie bei klinisch signifikantem Makulaödem ohne foveale Beteiligung. Die foveale Beteiligung ist durch ein Ödem definiert, das im Bereich der Fovea-Arkade und der fovealen avaskulären Zone gelegen ist.

Bei klinisch signifikantem diabetischen Makulaödem mit fovealer Beteiligung (Ödem, das im Bereich der Fovea-Arkade und der fovealen avaskulären Zone gelegen ist) sind aufgrund neuerer Daten VEGF-Inhibitoren eine sinnvolle Therapieoption.

Die Ergebnisse aktueller prospektiver Studien weisen darauf hin, dass in Zeiträumen von zwölf bis 24 Monaten im Vergleich zu einer alleinigen Lasertherapie durch Ranibizumab bessere funktionelle Ergebnisse erreicht werden können [27, 49]. Allerdings konnte der mittlere Visusanstieg in den prospektiven Studien nur mit mehrfachen Behandlungen (sieben bis zehn intravitreale operative Medikamentenapplikationen im ersten Jahr) erreicht werden [27, 60, 61].

Obwohl zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht abgeschätzt werden kann, ob das bessere Niveau auf Dauer ( $>24$  Monate) nur durch eine häufige und damit relativ aufwendige Wiederholungsbehandlung – auch mit einer entsprechend hohen kumulativen Komplikationsrate – stabilisiert werden kann, erscheint der Einsatz der

VEGF-Inhibitoren als initiale Therapie auf der Basis der aktuellen Daten sinnvoll. Ein Vorteil der medikamentösen Ansätze gegenüber der Lasertherapie besteht zudem im Vermeiden von irreversiblen strukturellen Schäden der Netzhaut einschließlich der Photorezeptoren und damit von Einschränkungen des zentralen Gesichtsfeldes.

Die Daten des „Diabetic Retinopathy Clinical Research“-Netzwerks (DRCR.net) und der RESTORE-Studie belegen zudem, dass eine Kombination von Ranibizumab als Primärtherapie und der Lasertherapie erst als (bis zu sechs Monate) verzögerter Behandlung auch gute funktionelle Ergebnisse erreichen kann.

Der Langzeitnutzen der Anti-VEGF-Therapie über zwei Jahre hinaus muss durch zukünftige Studien noch bestätigt werden. Ebenso sollte eine weitere Optimierung der Indikationsstellung, der Injektionsfrequenzen und Behandlungsintervalle sowie der möglichen Kombinationsbehandlung angestrebt werden. Deswegen sollte jedem Patienten bei einem diabetischen Makulaödem mit fovealer Beteiligung (Ödem im Bereich der Fovea-Arkade und der fovealen avaskulären Zone) auch die Laserkoagulation („focal/grid“) bei gegebener Indikation angeboten werden. Die Entscheidung, ob eine Therapie mit wiederholten intravitrealen Injektionen von Anti-VEGF-Substanzen durchgeführt wird, muss mit jedem Patienten im Sinne einer individuellen Aufwand-Nutzen-Analyse besprochen werden. Die Chance, während der ersten zwei Jahre ein besseres funktionelles Ergebnis zu erreichen, gilt es dabei gegen den Aufwand häufiger Injektionen, häufiger Arztbesuche und gegen das kumulative Risiko der Behandlung abzuwägen.

Bisherige Untersuchungen zur intravitrealen Applikation von Steroiden zeigen eine Unterlegenheit der alleinigen, wiederholten intravitrealen Applikation von Triamcinolon gegenüber der „focal/grid“-Laserbehandlung im Langzeitverlauf (>12 Monate) [32]. Im Langzeitverlauf (>12 Monate) kann insgesamt kein zusätzlicher Gewinn durch eine häufige Applikation von Triamcinolon im Rahmen einer Kombinationstherapie aus „focal/grid“-Laserbehandlung und Triamcinolon erreicht werden. Diese Daten weisen in Übereinstimmung mit älteren Untersuchungen darauf hin, dass der Effekt der Laserbehandlung anhält, während der Effekt von intravitreal applizierten Steroiden mit der Zeit nachlässt [32]. Ob Dexamethason-Präparate als slow release Applikation in Bezug auf einen positiven Therapieeffekt und okuläre Nebenwirkungen Triamcinolon-Formulierungen überlegen sind, müssen zukünftige Studienergebnisse klären.

Bei der intraokularen Anwendung von Steroiden sprechen ansonsten Sekundärglaukom und Kataraktbildung vorerst gegen eine Rolle über den Status eines Reservetherapeutikums hinaus. Für pseudophake Augen können zwar ähnliche funktionelle Ergebnisse wie bei den VEGF-Inhibitoren erzielt werden. Es bleibt aber die Druckproblematik, die ebenso wie die geringere Anzahl von notwendigen Behandlungen pro Jahr (z. B. dreimal 4 mg Triamcinolon/Jahr) berücksichtigt werden muss [27].

Die Pars-Plana-Vitrektomie ist trotz fehlender Studien mit hoher Evidenz bei vitreo-fovealer Traktion eine Therapieoption. Wegen der möglichen Komplikationen und der beschleunigten Elimination der wasserlöslichen VEGF-Inhibitoren im vitrektomierten Auge sollte die Entscheidung zu einer Operation nur nach intensiver Abwägung und ausführlicher Beratung erfolgen.

## **Verlaufsuntersuchungen, Therapiehäufigkeit und -intervalle**

### *Verlaufsbeobachtung*

Im Rahmen der Verlaufsbeobachtung sollten Visus (unter standardisierten Bedingungen, bestkorrigiert, bei spielender Pupille) und Fundusbefund (biomikroskopische Untersuchung der Netzhaut in Mydriasis) vor jeder Therapie und nach Beendigung der Therapie zunächst monatlich und dann in Abhängigkeit vom klinischen Verlauf dokumentiert werden. Diese Untersuchungen sind auch bei jeder subjektiven Verschlechterung erforderlich. Empfehlenswert ist die Dokumentation des Fundusbefundes durch Fundusfotos, um die Fundusveränderungen im Verlauf besser vergleichen zu können.

Eine SD-OCT-Untersuchung stellt eine wichtige Maßnahme im Hinblick auf eine quantitative Verlaufskontrolle und qualitative Beurteilung des Makulaödems dar. Die Information über die foveale Netzhautdicke spielt außerdem eine wichtige Rolle in der Diskussion der Therapiealternativen und der Bewertung eines eventuellen Ansprechens auf die gewählte Therapieoption. Eine Fluoreszeinangiographie ist im Verlauf sinnvoll u. a. bei Verdacht auf eine zunehmende ischämische Komponente im Fall von morphologischer Verbesserung im OCT und fehlendem Visusanstieg bzw. Visusabfall. Die Patienten müssen ausreichend darüber aufgeklärt werden, dass sie zu der empfohlenen Kontrolluntersuchung kommen oder möglichst bald, wenn sie subjektiv eine Verschlechterung feststellen.

### *Therapiehäufigkeit und Intervalle*

Sinnvoll ist bei den VEGF-Inhibitoren zunächst eine Initiierungsphase mit drei Injektionen im monatlichen Intervall. Voraussetzung für eine Behandlung sollte ein Visus von mindestens 0,05 sein. Im Einzelfall kann allerdings eine Behandlung auch bei einem Visus unter 0,05 indiziert sein, z. B. wenn eine frische prämakuläre Blutung vorliegt und nach der Resorption der Blutung ein Visus von mehr als 0,05 zu erwarten ist.

Die Kriterien für eine Wiederbehandlung mit weiteren Injektionen werden danach unter Berücksichtigung der Befunde von Fundusuntersuchung, OCT, Fluoreszeinangiographie und des Visusverlaufes definiert. Eine sinnvolle Behandlungsstrategie sieht die Fortsetzung der Behandlung vor, bis eine Stabilisierung der Erkrankung zu einer Unterbrechung führt oder ein Abbruchkriterium vorliegt. Das Kriterium für eine Stabilisierung ist erfüllt, wenn bei den letzten drei monatlichen Kontrollen eine der folgenden Bedingungen zutrifft:

- kein weiterer Visusanstieg um mindestens eine Zeile [27]
- keine mit einem SD-OCT gemessene Abnahme der Netzhautdicke in der Fovea um mindestens 10 % [27]
- kein Ödem mit fovealer Beteiligung (Definition s.o.) in SD-OCT oder Fluoreszeinangiographie
- ein Visus von 1,0 und besser

Die Gabe der VEGF-Inhibitoren wird nach Unterbrechungen dann wieder aufgenommen, wenn im Rahmen der zunächst monatlichen Untersuchungen ein Hinweis auf eine erneute Aktivität festgestellt wird. Kriterien hierfür sind:

- signifikante Zunahme des Makulaödems mit fovealer Beteiligung im OCT
- signifikante Zunahme der angiographischen Leckage im Bereich der Fovea (Definition s.o.)
- ein klinisch relevanter Visusverlust

Weil sämtliche Verfahren keine kausale Behandlung darstellen, sind nach Ende der Therapie weitere Nachkontrollen dauerhaft unverzichtbar.

### **Therapieabbruch**

Kriterien für einen Abbruch der Therapie mit intravitrealer Medikamenteneinbringung sind ein fehlendes Ansprechen der Therapie oder eine fehlende Aussicht auf eine relevante Besserung durch die Therapie. Ein Visusabfall gegenüber dem Ausgangsvisus um mindestens zwei Zeilen oder eine mit einem SD-OCT gemessene Zunahme der Netzhautdicke in der Fovea um mindestens 20 % nach einer intravitrealen operativen Medikamentenapplikation kann auf ein fehlendes Ansprechen hindeuten. Eine Alternative bleibt zu jedem Zeitpunkt der Wechsel zur bzw. die Ergänzung mit der fokalen und je nach Situation ggf. auch „grid“-Laserkoagulation.

### **Qualitätsanforderungen für die intravitreale operative Medikamentenapplikation**

Die intravitreale medikamentöse Therapie des diabetischen Makulaödems ist eine neue, kostenintensive Therapie, für die eine effektive Qualitätssicherung durchgeführt werden sollte. Die Fachgesellschaften und der Berufsverband empfehlen den Kostenträgern folgende konsentrierte Anforderungen, wie die Eingangs-, Prozess- und Strukturqualität sinnvollerweise in Verträgen inhaltlich definiert werden können:

#### *Eingangsqualität: Voraussetzungen an den Operateur*

- Abgeschlossene Weiterbildung zum Facharzt für Augenheilkunde
- Selbstständige Auswertung von mindestens 500 Fluoreszenzangiographien (FLA) des Augenhintergrundes zur Diagnostik und Differenzialdiagnostik pathologischer Veränderungen der Netzhaut
- Erfolgreiche Teilnahme an einem von der Fachgesellschaft zertifizierten Kurs für die Durchführung der fotodynamischen Therapie und der IVOM (intravitreale okuläre Medikamentenapplikation) (vierstündig) mit Darstellung der aktuellen Indikationen, der Behandlungstechniken, des Managements von Komplikationen und der Voraussetzungen für die Genehmigung der intravitrealen Therapie im Rahmen der vertragsärztlichen Tätigkeit
- Nachweis von 100 intraokularen Eingriffen

### **Strukturqualität**

Die Anforderungen an die räumlichen und apparativen Voraussetzungen sowie an den Ablauf der intravitrealen operativen Medikamentenapplikation sind an an-

derer Stelle ausführlich publiziert und auf den Webseiten der Fachgesellschaften in aktualisierter Form abrufbar [103]. Der Operationsraum, muss die Anforderungen nach § 6 Abs. 5 Nr. 1 der Qualitätssicherungsvereinbarung nach § 115b SGB V erfüllen sowie die hygienischen Anforderungen nach § 6 Abs. 3 der Qualitätssicherungsvereinbarung nach § 115b SGB V einhalten. Ferner muss der behandelnde Arzt eine Erlaubnis nach § 115b SGB V zur Durchführung ambulanter Operationen besitzen.

### **Dokumentation**

Der Qualitätssicherung müssen objektivierbare Verfahren zugrunde liegen, die die Entscheidungskriterien zur Therapie nachvollziehbar machen. Dafür ist neben der Dokumentation des zentralen Fundusbefundes (z.B. mit Fotografie) die Dokumentation des SD-OCT-Befundes der relevanten Stellen (u.a. foveale Beteiligung) erforderlich, alternativ zum OCT-Befund kann auch bei gegebener Indikation als Dokumentation eine Fluoreszeinangiographie erfolgen. In standardisierten Dokumentationsbögen kann festgehalten werden, welche Stabilitätskriterien, Abbruchkriterien und Aktivitätskriterien in der entsprechenden Behandlungsphase zutreffen.

### **Ergebnisqualität**

Zur Kontrolle der Ergebnisqualität durch Qualitätssicherungskommissionen wird ein Regelwerk in Zusammenarbeit von Retinologischer Gesellschaft, Berufsverband der Augenärzte und den Kostenträgern erstellt. Wesentliche Elemente sind dabei:

- eine Überprüfung der ärztlichen Dokumentation im Hinblick auf
  - die sachgerechte Indikationsstellung bei der Erst- und Weiterbehandlung,
  - die Qualität der OCT-Befunde, der Fluoreszeinangiogramme und Fundusfotografien,
  - die Zeitintervalle für die Wiederbehandlung nach Maßgabe des wissenschaftlichen Wissensstandes
- sowie die Festlegung adäquater Maßnahmen bei Auftreten von Mängeln.

*Stand: Dezember 2010*

### **Literatur**

1. HAMMES HP, LEMMEN KD, JOCHMANN C, WIEDEMANN P: Diabetic retinopathy and maculopathy. Dtsch Med Wochenschr 2006;131:1173–1175
2. WILD S , ROGLIC G , GREEN A ET AL.: Global prevalence of diabetes: estimates for the year 2000 and projections for 2030. Diabetes Care 2004;27:1047–1053
3. LIPSCOMBE LL, HUX JE: Trends in diabetes prevalence, incidence, and mortality in Ontario, Canada 1995–2005: a population-based study. Lancet 2007;369:750–756
4. KNAUER C, PFEIFFER N: Blindness in Germany – today and in 2030. Ophthalmologie 2006;103: 735–741
5. HEINTZ E , WIREHN AB, PEEBO BB ET AL.: Prevalence and healthcare costs of diabetic retinopathy: a population-based register study in Sweden. Diabetologia 2010

6. GELISKEN F, ZIEMSEN F: Diabetic maculopathy. Diagnosis and treatment. *Ophthalmologie* 2010;107:775–786
7. KLEIN R, KLEIN BE, MOSS SE: The Wisconsin epidemiological study of diabetic retinopathy: a review. *Diabetes Metab Rev* 1989;5:559–570
8. KLEIN R, KLEIN BE, MOSS SE ET AL.: The Wisconsin epidemiologic study of diabetic retinopathy. IV. Diabetic macular edema. *Ophthalmology* 1984;91:1464–1474
9. BROWN MM, BROWN GC, SHARMA S ET AL.: Quality of life with visual acuity loss from diabetic retinopathy and age-related macular degeneration. *Arch Ophthalmol* 2002;120:481–484
10. HARIPRASAD SM, MIELER WF, GRASSI M ET AL.: Vision-related quality of life in patients with diabetic macular oedema. *Br J Ophthalmol* 2008;92:89–92
11. CLARKE PM, SIMON J, CULL CA, HOLMAN RR: Assessing the impact of visual acuity on quality of life in individuals with type 2 diabetes using the short form-36. *Diabetes Care* 2006;29:1506–1511
12. WARRIAN KJ, LORENZANA LL, LANKARANIAN D ET AL.: The assessment of disability related to vision performance-based measure in diabetic retinopathy. *Am J Ophthalmol* 2010;149:852–860
13. SHARMA S, OLIVER-FERNANDEZ A, LIU W ET AL.: The impact of diabetic retinopathy on health-related quality of life. *Curr Opin Ophthalmol* 2005;16:155–159
14. MIYAMOTO JM, ERAKER SA: Parameter estimates for a QALY utility model. *Med Decis Making* 1985;5:191–213
15. CHEN E, LOOMAN M, LAOURI M ET AL.: Burden of illness of diabetic macular edema: literature review. *Curr Med Res Opin* 2010;26:1587–1597
16. SMITH AF: The economic impact of ophthalmic services for persons with diabetes in the Canadian Province of Nova Scotia: 1993–1996. *Ophthalmic Epidemiol* 2001;8:13–25
17. VON FERBER L, KOSTER I, HAUNER H: Medical costs of diabetic complications total costs and excess costs by age and type of treatment results of the German CoDiM Study. *Exp Clin Endocrinol Diabetes* 2007;115:97–104
18. MATZ H, FALK M, GOTTINGER W, KIESELBACH G: Cost-benefit analysis of diabetic eye disease. *Ophthalmologica* 1996;210:348–353
19. LAMOUREUX EL, TAI ES, THUMBOO J ET AL.: Impact of diabetic retinopathy on vision-specific function. *Ophthalmology* 2010;117:757–765
20. BUNDESÄRZTEKAMMER, KASSENÄRZTLICHE BUNDESVEREINIGUNG UND ARBEITSGEMEINSCHAFT DER WISSENSCHAFTLICHEN MEDIZINISCHEN FACHGESELLSCHAFTEN. Nationale Versorgungsleitlinie Diabetes: Prävention und Therapie von Netzhautkomplikationen 2010: [http://www.versorgungsleitlinien.de/themen/diabetes2/dm2\\_netzhaut/pdf/nvl\\_dm2netzhaut\\_lang.pdf](http://www.versorgungsleitlinien.de/themen/diabetes2/dm2_netzhaut/pdf/nvl_dm2netzhaut_lang.pdf)
21. HAMMES HP, LEMMEN KD, BERTRAM B: Diabetische Retinopathie und Makulopathie (Praxis Leitlinien der Deutschen Diabetes-Gesellschaft). *Diabetologie* 2010;5:117–121
22. BROWNING DJ, ALTAWEEL MM, BRESSLER NM ET AL.: Diabetic macular edema: what is focal and what is diffuse? *Am J Ophthalmol* 2008;146:649–55, 655
23. LEE CM, OLK RJ: Modified grid laser photocoagulation for diffuse diabetic macular edema. Longterm visual results. *Ophthalmology* 1991;98:1594–1602
24. EARLY TREATMENT DIABETIC RETINOPATHY STUDY RESEARCH GROUP: Grading diabetic retinopathy from stereoscopic color fundus photographs – an extension of the modified Airlie House classification. ETDRS report number 10. *Ophthalmology* 1991;98:786–806

25. GANGNON RE, DAVIS MD, HUBBARD LD ET AL.: A severity scale for diabetic macular edema developed from ETDRS data. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008;49:5041–5047
26. EARLY TREATMENT DIABETIC RETINOPATHY STUDY RESEARCH GROUP: Classification of diabetic retinopathy from fluorescein angiograms. ETDRS report number 11. *Ophthalmology* 1991;98:807–822
27. ELMAN MJ, AIELLO LP, BECK RW ET AL.: Randomized trial evaluating ranibizumab plus prompt or deferred laser or triamcinolone plus prompt laser for diabetic macular edema. *Ophthalmology* 2010;117:1064–1077
28. EARLY TREATMENT DIABETIC RETINOPATHY STUDY RESEARCH GROUP: Photocoagulation for diabetic macular edema. Early Treatment Diabetic Retinopathy Study report number 1. *Arch Ophthalmol* 1985;103:1796–1806
29. EARLY TREATMENT DIABETIC RETINOPATHY STUDY RESEARCH GROUP: Early photocoagulation for diabetic retinopathy. ETDRS report number 9. *Ophthalmology* 1991;98:766–785
30. EARLY TREATMENT DIABETIC RETINOPATHY STUDY RESEARCH GROUP: Focal photocoagulation treatment of diabetic macular edema. Relationship of treatment effect to fluorescein angiographic and other retinal characteristics at baseline: ETDRS report no. 19. *Arch Ophthalmol* 1995;113:1144–1155
31. FONG DS, SEGAL PP, MYERS F ET AL.: Subretinal fibrosis in diabetic macular edema. ETDRS report 23. Early Treatment Diabetic Retinopathy Study Research Group. *Arch Ophthalmol* 1997;115:873–877
32. DRCR.NET: A randomized trial comparing intravitreal triamcinolone acetonide and focal/grid photocoagulation for diabetic macular edema. *Ophthalmology* 2008;115:1447–1449
33. BECK RW, EDWARDS AR, AIELLO LP ET AL.: Three-year follow-up of a randomized trial comparing focal/grid photocoagulation and intravitreal triamcinolone for diabetic macular edema. *Arch Ophthalmol* 2009;127:245–251
34. DRCR.NET: The course of response to focal/grid photocoagulation for diabetic macular edema. *Retina* 2009;29:1436–1443
35. ROIDER J: Laser treatment of retinal diseases by subthreshold laser effects. *Semin Ophthalmol* 1999;14:19–26
36. SCHATZ H, MADEIRA D, McDONALD HR, JOHNSON RN: Progressive enlargement of laser scars following grid laser photocoagulation for diffuse diabetic macular edema. *Arch Ophthalmol* 1991;109:1549–1551
37. TRANOS PG, TOPOUZIS F, STANGOS NT ET AL.: Effect of laser photocoagulation treatment for diabetic macular oedema on patient's vision-related quality of life. *Curr Eye Res* 2004;29:41–49
38. ZIEMSEN F, WIEDEMANN P, KAMPIK A ET AL.: Intravitreal injections of medications in Germany. Contract situation and legal conditions. *Ophthalmologie* 2009;106:465–470
39. RETINOLOGISCHE GESELLSCHAFT, DEUTSCHE OPHTHALMOLOGISCHE GESELLSCHAFT UND BERUFSVERBAND DER AUGENÄRZTE: New aspects in the therapy of neovascular age related macular degeneration. Current position of the Retinological Society, the Germany Ophthalmologic Society and the Professional Union of Eye Doctors of Germany. *Ophthalmologie* 2009;106:457–464
40. NICHOLSON BP, SCHACHAT AP: A review of clinical trials of anti-VEGF agents for diabetic retinopathy. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2010;248:915–930
41. PARRAVANO M, MENCHINI F, VIRGILI G: Antiangiogenic therapy with anti-vascular endothelial growth factor modalities for diabetic macular oedema. *Cochrane Database Syst Rev* 2009; CD007419



42. SALAM A, DACOSTA J, SIVAPRASAD S: Anti-vascular endothelial growth factor agents for diabetic maculopathy. *Br J Ophthalmol* 1010;94:821–826
43. KLETTNER A, MOHLEF, ROIDER J: Intracellular bevacizumab reduces phagocytotic uptake in RPE cells. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2010;248:819–824
44. ZIEMSEN F, BARTZ-SCHMIDT KU, GRISANTI S: (Side) effects of VEGF inhibition. *Ophthalmologie* 2006;103:484–492
45. CHEW EY, FERRIS FL, III, CSAKY KG ET AL.: The long-term effects of laser photocoagulation treatment in patients with diabetic retinopathy: the early treatment diabetic retinopathy follow-up study. *Ophthalmology* 2003;110:1683–1689
46. KOOK D, WOLF A, KREUTZER T ET AL.: Longterm effect of intravitreal bevacizumab (avastin) in patients with chronic diffuse diabetic macular edema. *Retina* 2008;28:1053–1060
47. KARIM R, TANG B: Use of antivascular endothelial growth factor for diabetic macular edema. *Clin Ophthalmol* 2010;4:493–517
48. GOYAL S, LAVALLEY M, SUBRAMANIAN ML: Meta-analysis and review on the effect of bevacizumab in diabetic macular edema. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2010
49. MICHAELIDES M, KAINES A, HAMILTON RD ET AL.: A prospective randomized trial of intravitreal bevacizumab or laser therapy in the management of diabetic macular edema (BOLT study) 12-month data: report 2. *Ophthalmology* 2010;117:1078–1086
50. AREVALO JF, SANCHEZ JG, FROMOW-GUERRA J ET AL.: Comparison of two doses of primary intravitreal bevacizumab (Avastin) for diffuse diabetic macular edema: results from the Pan-American Collaborative Retina Study Group (PACORES) at 12-month follow-up. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2009;247:735–743
51. LAM DS, LAI TY, LEE VY ET AL.: Efficacy of 1.25 MG versus 2.5 MG intravitreal bevacizumab for diabetic macular edema: six-month results of a randomized controlled trial. *Retina* 2009;29:292–299
52. MEYER CH, ZIEMSEN F, HEIMANN H: Intravitreal injection. Monitoring to avoid postoperative complications. *Ophthalmologie* 2008;105:143–155, 157
53. SHIMURA M, NAKAZAWA T, YASUDA K ET AL.: Comparative therapy evaluation of intravitreal bevacizumab and triamcinolone acetonide on persistent diffuse diabetic macular edema. *Am J Ophthalmol* 2008;145:854–861
54. BIESTER S, ZIEMSEN F, BARTZ-SCHMIDT KU, GELISKEN F: Is intravitreal bevacizumab treatment effective in diffuse diabetic macular edema? *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2009;247:1575–1577
55. SOHEILIAN M, RAMEZANI A, OBUDI A ET AL.: Randomized trial of intravitreal bevacizumab alone or combined with triamcinolone versus macular photocoagulation in diabetic macular edema. *Ophthalmology* 2009;116:1142–1150
56. AHMADIEH H, RAMEZANI A, SHOEIBI N ET AL.: Intravitreal bevacizumab with or without triamcinolone for refractory diabetic macular edema; a placebo-controlled, randomized clinical trial. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2008;246:483–489
57. FAGHIHI H, ROOHIPOOR R, MOHAMMADI, SF ET AL.: Intravitreal bevacizumab versus combined bevacizumab-triamcinolone versus macular laser photocoagulation in diabetic macular edema. *Eur J Ophthalmol* 2008;18:941–948
58. CUNNINGHAM ET, JR., ADAMIS AP, ALTAWHEEL M ET AL.: A phase II randomized double-masked trial of pegaptanib, an anti-vascular endothelial growth factor aptamer, for diabetic macular edema. *Ophthalmology* 2005;112:1747–1757

59. NGUYEN QD, SHAH SM, KHWAJA AA ET AL.: Two-Year Outcomes of the Ranibizumab for Edema of the mAcula in Diabetes (READ-2) Study. *Ophthalmology* 2010;117:2146–2151
60. MASSIN P, BANDELLO F, GARWEG JG ET AL.: Safety and efficacy of ranibizumab in diabetic macular edema (RESOLVE Study): a 12-month, randomized, controlled, double-masked, multicenter phase II study. *Diabetes Care* 2010;33:2399–2405
61. MITCHELL P, BANDELLO F, SCHMIDT-ERFURTH U ET AL.; RESTORE STUDY GROUP: The RESTORE Study Ranibizumab Monotherapy or Combined with Laser versus Laser Monotherapy for Diabetic Macular Edema. *Ophthalmology* 2011;118:615–625
62. FELINSKI EA, ANTONETTI DA: Glucocorticoid regulation of endothelial cell tight junction gene expression: novel treatments for diabetic retinopathy. *Curr Eye Res* 2005;30:949–957
63. GILLIES MC, McALLISTER IL, ZHU M ET AL.: Pretreatment with intravitreal triamcinolone before laser for diabetic macular edema: 6-month results of a randomized, placebocontrolled trial. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2010;51:2322–2328
64. STEIJNS D, DUIJVESZ D, BREEDIJK MA, VAN DER HEIJDEN GJ: Steroid injection in addition to macular laser grid photocoagulation in diabetic macular oedema: a systematic review. *Acta Ophthalmol* 2010;88:389–393
65. MIRSHAHI A, SHENAZANDI H, LASHAY A ET AL.: Intravitreal triamcinolone as an adjunct to standard laser therapy in coexisting high-risk proliferative diabetic retinopathy and clinically significant macular edema. *Retina* 2010;30:254–259
66. SPITZER MS, ZIEMSEN F, YORUK E ET AL.: Preservative-Free Triamcinolone versus Purified Triamcinolone Preparations. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 2010
67. CHEW E, STRAUBER S, BECK R ET AL.: Randomized trial of peribulbar triamcinolone acetone with and without focal photocoagulation for mild diabetic macular edema: a pilot study. *Ophthalmology* 2007;114:1190–1196
68. MARTIDIS A, DUKER JS, GREENBERG PB ET AL.: Intravitreal triamcinolone for refractory diabetic macular edema. *Ophthalmology* 2002;109:920–927
69. SUTTER FK, SIMPSON JM, GILLIES MC: Intravitreal triamcinolone for diabetic macular edema that persists after laser treatment: three-month efficacy and safety results of a prospective, randomized, doublemasked, placebo-controlled clinical trial. *Ophthalmology* 2004;11:2044–2049
70. LAM DS, CHAN CK, MOHAMED S ET AL.: Intravitreal triamcinolone plus sequential grid laser versus triamcinolone or laser alone for treating diabetic macular edema: six-month outcomes. *Ophthalmology* 2007;114:2162–2167
71. BATIOGLU F, OZMERT E, PARMAK N, CELIK S: Two-year results of intravitreal triamcinolone acetone injection for the treatment of diabetic macular edema. *Int Ophthalmol* 2007;27:299–30
72. GILLIES MC, SUTTER FK, SIMPSON JM ET AL.: Intravitreal triamcinolone for refractory diabetic macular edema: two-year results of a double-masked, placebo-controlled, randomized clinical trial. *Ophthalmology* 2006;113:1533–1538
73. PARK HY, YI K, KIM HK: Intraocular pressure elevation after intravitreal triamcinolone acetone injection. *Korean J Ophthalmol* 2005;19:122–127
74. AUDREN F, LECLEIRE-COLLET A, ERGINAY A ET AL.: Intravitreal triamcinolone acetone for diffuse diabetic macular edema: phase 2 trial comparing 4 mg vs 2 mg. *Am J Ophthalmol* 2006;142:794–799
75. TABAN M, SINGH RP, CHUNG JY ET AL.: Sterile endophthalmitis after intravitreal triamcinolone: a possible association with uveitis. *Am J Ophthalmol* 2007;144:50–54

76. HSU J: Drug delivery methods for posterior segment disease. *Curr Opin Ophthalmol* 2007;18:235–239
77. PEARSON P, LEVY B, CORNSTOCK T: Fluocinolone Acetonide Implant Study Group. Fluocinolone acetonide intravitreal implant to treat diabetic macular edema: 3-year results of a multicenter clinical trial. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2006;47
78. LIU Y, KE Q, CHEN J ET AL.: Sustained mechanical release of dexamethasone sodium phosphate from a foldable capsular vitreous body. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2010;51:1636–1642
79. SCHWARTZ SG, FLYNN HW, JR.: Fluocinolone Acetonide Implantable Device for Diabetic Retinopathy. *Curr Pharm Biotechnol* 2010
80. CROXTALL JD, VAN HAL PT, CHOUDHURY Q ET AL.: Different glucocorticoids vary in their genomic and non-genomic mechanism of action in A549 cells. *Br J Pharmacol* 2002;135:511–519
81. YEUNG CK, CHAN KP, CHAN CK ET AL.: Cytotoxicity of triamcinolone on cultured human retinal pigment epithelial cells: comparison with dexamethasone and hydrocortisone. *Jpn J Ophthalmol* 2004;48:236–242
82. KUPPERMANN BD, BLUMENKRANZ MS, HALLER JA ET AL.: Randomized controlled study of an intravitreal dexamethasone drug delivery system in patients with persistent macular edema. *Arch Ophthalmol* 2007;125:309–317
83. HALLER JA, KUPPERMANN BD, BLUMENKRANZ MS ET AL.: Randomized controlled trial of an intravitreal dexamethasone drug delivery system in patients with diabetic macular edema. *Arch Ophthalmol* 2010;128:289–296
84. BLUMENKRANZ MS, HALLER JA, KUPPERMANN BD ET AL.: Correlation of visual acuity and macular thickness measured by optical coherence tomography in patients with persistent macular edema. *Retina* 2010;30:1090–1094
85. BOYER DS, FABER D, GUPTA V: Dexamethasone intravitreal implant for treatment of diabetic macular edema in vitrectomized patients. *Retina* [in press 2010]
86. LIN J, BURKE JA, PENG Q: Pharmacokinetics of a sustained release dexamethasone intravitreal implant in vitrectomized and nonvitrectomized eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* [in press 2010]
87. HALLER JA, QIN H, APTE RS ET AL.: Vitrectomy outcomes in eyes with diabetic macular edema and vitreomacular traction. *Ophthalmology* 2010;117:1087–1093
88. KUMAGAI K, FURUKAWA M, OGINO N ET AL.: Long-term follow-up of vitrectomy for diffuse non-tractional diabetic macular edema. *Retina* 2009;29:464–472
89. PATEL JJ, HYKIN PG, SCHADT M ET AL.: Pars plana vitrectomy with and without peeling of the inner limiting membrane for diabetic macular edema. *Retina* 2006;26:5–13
90. FLAXEL CJ, EDWARDS AR, AIELLO LP ET AL.: Factors associated with visual acuity outcomes after vitrectomy for diabetic macular edema: diabetic retinopathy clinical research network. *Retina* 2010;30:1488–1495
91. YAMAMOTO T, TAKEUCHI S, SATO Y, YAMASHITA H: Long-term follow-up results of pars plana vitrectomy for diabetic macular edema. *Jpn J Ophthalmol* 2007;51:285–291
92. NAVARRO A, POURNARAS JA, HOFFART L ET AL.: Vitrectomy may prevent the occurrence of diabetic macular oedema. *Acta Ophthalmol* 2010;88:483–485
93. PARK JH, WOO SJ, HA YJ, YU HG: Effect of vitrectomy on macular microcirculation in patients with diffuse diabetic macular edema. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2009;247:1009–1017
94. LAIDLAW DA: Vitrectomy for diabetic macular oedema. *Eye (Lond)* 2008;22:1337–1341
95. DOLGIN E: In vision trial, some researchers would rather see double. *Nat Med* 2010;16:611

96. LEE CM, OLK RJ: Modified grid laser photocoagulation for diffuse diabetic macular edema. Longterm visual results. *Ophthalmology* 1991;98:1594–1602
97. FUNATSU H, NOMA H, MIMURA T ET AL.: Association of vitreous inflammatory factors with diabetic macular edema. *Ophthalmology* 2009;116:73–79
98. BASKIN DE: Optical coherence tomography in diabetic macular edema. *Curr Opin Ophthalmol* 2010;21:172–177
99. VIRGILI G, MENCHINI F, DIMASTROGIOVANNI AF ET AL.: Optical coherence tomography versus stereoscopic fundus photography or biomicroscopy for diagnosing diabetic macular edema: a systematic review. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2007;48:4963–4973
100. BROWNING DJ, MCOWEN MD, BOWEN RM, JR., O'MARAH TL: Comparison of the clinical diagnosis of diabetic macular edema with diagnosis by optical coherence tomography. *Ophthalmology* 2004;111:712–715
101. MICHAELIDES M, FRASER-BELL S, HAMILTON R ET AL.: Macular perfusion determined by fundus fluorescein angiography at the 4-month time point in a prospective randomized trial of intravitreal bevacizumab or laser therapy in the management of diabetic macular edema (Bolt Study): Report 1. *Retina* 2010;30:781–786
102. CHUNG EJ, ROH MI, KWON OW, KOH HJ: Effects of macular ischemia on the outcome of intravitreal bevacizumab therapy for diabetic macular edema. *Retina* 2008;28:957–963
103. Empfehlung der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft, der Retinologischen Gesellschaft und des Berufsverbandes der Augenärzte Deutschlands für die Durchführung von intravitrealen Injektionen (IVI). 2007: <http://www.dog.org/publikationen>
104. SCOTT IU, EDWARDS AR, BECK RW ET AL.: A phase II randomized clinical trial of intravitreal bevacizumab for diabetic macular edema. *Ophthalmology* 2007;114:1860–1867
105. DEGHAN MH, AHMADIEH H, RAMEZANI A: A randomized, placebocontrolled clinical trial of intravitreal triamcinolone for refractory diabetic macular edema. *Int Ophthalmol* 2008;28:717
106. BRESSLER NM, EDWARDS AR, BECK RW: Exploratory analysis of diabetic retinopathy progression through 3 years in a randomized clinical trial that compares intravitreal triamcinolone acetonide with focal/grid photocoagulation. *Arch Ophthalmol* 2009;127:1566–1571
107. GILLIES MC, SIMPSON JM, GASTON C ET AL.: Five-year results of a randomized trial with open-label extension of triamcinolone acetonide for refractory diabetic macular edema. *Ophthalmology* 2009;116:2182–2187
108. JAFFE GJ, MARTIN D, CALLANAN D ET AL.: Fluocinolone acetonide implant (Retisert) for noninfectious posterior uveitis: thirty-four-week results of a multicenter randomized clinical study. *Ophthalmology* 2006;113:1020–1027

# Phake IOLs, Additive IOLs



# Lagestabilität einer phaken vorderkammerwinkelgestützten Intraokularlinse bei Akkommodation

O. K. Klaproth, J. Rehrmann, T. Kohnen

## Zusammenfassung

**Fragestellung:** Bewegt sich die phake kammerwinkelgestützte Vorderkammerintraokularlinse (IOL) Cachet (Alcon) bei Akkommodation, und welchen Einfluss hat eine potenzielle Bewegung auf die postoperative Defokuskurve.

**Material und Methoden:** Vorläufige Evaluation der Lagestabilität der phaken IOL (Abstand zum Endothel M1 sowie zur natürlichen Linse M2) sowie der prä- und postoperativen Vorderkammertiefe (VKT) und des Pupillendurchmessers (PD) in 50 Augen von 25 Patienten (15 weiblich, 10 männlich, Alter  $37 \pm 8,29$  Jahre, sphärisches Äquivalent präoperativ  $-9,7 \pm 2,2$  dpt) bei Akkommodationsstimuli von  $-7$  dpt bis  $+1$  dpt in 1-dpt-Schritten mittels optischer Kurzkohärenztomografie (Visante OCT, Carl Zeiss Meditec) und der entsprechenden Defokuskurve an den ETDRS-Charts. Durchführung eines Kolmogoroff-Smirnoff-Tests auf Normalverteilung, einer Regressionsanalyse zur Evaluation des Alters auf potenzielle Bewegungen bzw. Änderungen der VKT und des PD sowie eine Analyse der relativen Lageänderung ( $\Delta M$ ) der phaken IOL (zum Nullstimulus) mit einem einseitigen t-Test. Unterschiede von prä- zu postoperativer Sehschärfe wurden mit einem Friedman- und anschließend Conover-Inman-Bonferroni-Test analysiert ( $p = 0,05$ ).

**Ergebnisse:** Die Änderung von PD und VKT bei Akkommodation unterschied sich von prä- zu postoperativ nicht signifikant. Eine signifikante Änderung von  $\Delta M$  konnte bei Akkommodationsstimuli von  $-2$  dpt bis  $-7$  dpt (M1) bzw.  $-3$  dpt bis  $-7$  dpt (M2) gezeigt werden ( $\Delta M1_{7dpt} = -0,09 \pm 0,06$  mm;  $\Delta M2_{7dpt} = -0,06 \pm 0,12$  mm). Mit zunehmendem Alter nahmen alle  $\Delta$ -Werte (VKT, PD, M1 und M2) tendenziell ab. Die Defokuskurve zeigte eine signifikante Verbesserung der korrigierten Sehschärfe bei Defokusstimuli von  $0$  dpt bis  $-3$  dpt.

**Schlussfolgerung:** Es konnte eine Annäherung der natürlichen Linse an das Implantat sowie eine geringere Annäherung des Implantats an das korneale Endothel bei Akkommodation gezeigt werden.  $\Delta VKT$ ,  $\Delta PD$ ,  $\Delta M1$  und  $\Delta M2$  nahmen mit dem Alter ab, ein Einfluss der phaken IOL-Implantation auf  $\Delta VKT$  und  $\Delta PD$  sowie auf die Akkommodationsbreite zeigte sich nicht.

## Summary

**Purpose:** Does the phakic anterior chamber angle support intraocular lens (IOL) Cachet (Alcon) move during accommodation, and if so, which impact does this movement have on the defocus curve.

**Methods:** Preliminary evaluation of the phakic IOLs positional stability (distance to the corneal endothelium M1 and to the natural lens M2) as well as the pre- and postoperative anterior chamber depth (ACD) and pupil diameter (PD) in 50 eyes of 25 patients (15 female, 10 male, age  $37 \pm 8.29$  years, spherical equivalent  $-9.7 \pm 2.2$  D for accommodative stimuli ranging from  $-7$  D to  $+1$  D in 1 D steps using optical coherence tomography (Visante OCT, Carl Zeiss Meditec, Jena, Germany) and the respective defocus curve in

corrected status using ETDRS charts. Statistical analysis included a Kolmogoroff-Smirnov test for parametric distribution, a regression analysis for evaluation of the influence of age on potential positional changes of the phakic IOL, ACD and PD as well an analysis of relative positional changes ( $\Delta M$ , compared to zero stimulus) using a one-sided t-test. Visual acuity differences pre- to postoperative were analyzed using a Friedman- and consecutive Conover-Inman-Bonferroni testing ( $p = 0.05$ ).

**Results:** The change of PD and ACD during accommodation did not differ significantly between pre- and postop measurements. A significant change of  $\Delta M$  was shown for accommodative stimuli from -2 D to -7 D (M1), and -3 D to -7 D (M2), respectively ( $\Delta M1_{7\text{dpt}} = -0.09 \pm 0.06$  mm;  $\Delta M2_{7\text{dpt}} = -0.06 \pm 0.12$  mm). With increasing age all metrics ( $\Delta ACD$ ,  $\Delta PD$ ,  $\Delta M1$  and  $\Delta M2$ ) showed a tendency towards decrease. Defocus curve in corrected status revealed a significant improvement of visual acuity compared to preoperative values for defocus stimuli from 0 D to -3 D.

**Conclusion:** A convergence of the natural lens towards the implant as well as a lesser convergence of the implant towards the corneal endothelium was shown in accommodation.  $\Delta VKT$ ,  $\Delta PD$ , M1 and M2 decreased with age, an influence of IOL implantation on  $\Delta VKT$  and  $\Delta PD$  as well as on accommodative range could not be shown.

## Einleitung

Der korneale Endothelzellverlust nach Implantation von phaken Vorderkammerlinsen zur Myopiekorrektur tritt in nahezu allen Fällen auf. Die Verlustrate schwankt jedoch unter anderem je nach Implantatdesign und -material [9]. Ein weiterer Faktor, der den postoperativen, nicht traumatisch bedingten Endothelzellverlust beeinflusst, ist die Positionierung der IOL in der Vorderkammer. Implantate, die etwa in der Größenordnung von 2/3 der gesamten Vorderkammertiefe vom kornealen Endothel entfernt sitzen und diese Position auch über mehrere Jahre stabil halten können [1, 6], zeigen geringere Verlustraten in der kornealen Endothelzeldichte. In aktuellen Ergebnissen zur kammerwinkelgestützten phaken IOL Cachet (Alcon) wird vier Jahre nach der Implantation von nur etwa 4,2 % Endothelzellverlust berichtet. Dies ist zwar noch deutlich mehr als der Normalwert bei Erwachsenen, (0,3–0,6 %, [3, 10]), aber dennoch im Vergleich zu anderen phaken Vorderkammerlinsen (von 4,8 % nach drei Jahren [12] bis zu bis zu 14,3 % bereits nach zwei Jahren [2]) ein geringer Wert. Zu beachten sind immer individuelle Ausreißer.

Von phaken irisfixierten IOLs ist bekannt, dass sich diese bei Akkommodation in der Vorderkammer mit der Linse und damit der Iris bis zu einem bestimmten Maß mitbewegen [4, 11]. Diese Bewegung könnte, so sie denn zu stark ausfiele, ebenfalls zu Beeinträchtigungen des kornealen Endothels führen. Weiterhin könnten diese Bewegungen der phaken IOL im Auge zu einer dynamischen Beeinflussung der okulären Brechkraft führen.

Von phaken kammerwinkelgestützten IOLs ist hingegen keine starke bis gar keine Vorwärtsbewegung bei Akkommodation zu erwarten, da diese Implantate im Idealfall nicht mit der Iris in Berührung kommen und sich daher mit dieser bei Akkommodation auch nicht vorwärts bewegen.



Ziel dieser Studie ist es, die möglichen Bewegungen der phaken kammerwinkelgestützten IOL Cachet bei Akkommodation zu evaluieren und potenzielle Einflüsse dieser Bewegungen auf den Akkommodationserfolg darzustellen.

## **Material und Methoden**

### **Patienten**

In diese vorläufige Auswertung einer prospektiven Studie wurden bisher konsekutiv 50 Augen von 25 Patienten eingeschlossen, denen eine phake Intraokularlinse (Cachet, Alcon, Ft. Worth, Texas) implantiert wurde. Ein- und Ausschlusskriterien waren das vollendete 18. Lebensjahr sowie eine Myopie im Indikationsbereich des Implantats (s. u.), ein subjektiv ermittelter Astigmatismus von nicht mehr als 2 dpt, eine Vorderkammertiefe  $<3,2$  mm – inkl. Hornhaut gemessen am IOLMaster (Carl Zeiss Meditec, Jena – sowie eine altersabhängig festgelegte präoperative Mindestendothelzellzahl (18–25 Jahre:  $<2800$  Z/mm<sup>2</sup>; 26–35 Jahre:  $<2600$  Z/mm<sup>2</sup>; 36–45 Jahre:  $<2200$  Z/mm<sup>2</sup>;  $>46$  Jahre:  $<2000$  Z/mm<sup>2</sup>). Patienten mit Vorerkrankungen, die das visuelle Resultat einschränken oder eine sichere Implantation gefährden würden, wurden ausgeschlossen.

Alle Patienten willigten schriftlich in die Teilnahme an der Studie ein, und die lokale Ethikkommission erteilte der Studie ihre Zustimmung.

### **Implantat und Implantation**

Bei der implantierten phaken IOL handelt es sich um ein vierpunktfixiertes einstückiges faltbares Implantat aus Acrylat mit einer konvex-konkaven 6-mm-Optik- und einem Gesamtdurchmesser zwischen 12,5 mm und 14 mm, in 0,5-mm-Schritten. Das Implantat ist weiterhin in 0,50-dpt-Schritten von  $-6,00$  bis  $-16,50$  dpt lieferbar. Der Gesamtdurchmesser des Implantats wurde nach der Formel Hornhautdurchmesser + 0,5 mm festgelegt. Obwohl die Messung des Hornhautdurchmessers den Kammerwinkeldurchmesser nur annähernd wiedergibt, hat sich diese Herangehensweise in der Praxis bewährt. Die vier Fußplättchen des Implantats kompensieren durch ihre Flexibilität eventuelle Fehlkalkulationen der Implantatsgröße bis zu etwa 1 mm.

Die Implantation der phaken IOL erfolgte unter topischer Anästhesie von superior oder auf dem steilen Meridian durch eine 2,6 bis 2,7 mm Hornhauttunnelinzision ohne zusätzliches Anlegen einer Iridektomie, Iridotomie oder Parazentese. Das exakte Vorgehen wurde bereits von Kohnen et al. 2009 beschrieben [8]. In Fällen von kornealem Astigmatismus zwischen 1 dpt und 2 dpt wurde zusätzlich gemäß dem Nomogramm von Wang und Koch 2003 [13] mit einem Diamantmesser eine opposite limbale relaxierende Inzision (LRI) und ggf. zwei weitere LRI als Fortführung der Inzision angelegt.

### **Messung der Linsenposition bei Akkommodation sowie der Defokuskurve**

Alle Patienten wurden präoperativ am Tag der Operation sowie einen Monat postoperativ zu den Studienuntersuchungen einbestellt. Bei jeder Untersuchung wurden neben der Begutachtung des vorderen und hinteren Augenabschnittes eine subjek-

tive Refraktionsbestimmung sowie die unten beschriebenen Messungen der Vorderkammerdimensionen und der Defokuskurve durchgeführt.

Die Ermittlung der Vorderkammerdimensionen erfolgte mittels optischer Kurzkohärenztomografie (Visante OCT). Dieses Gerät bietet als Fixationsstimulus ein modifiziertes Malteserkreuz und erlaubt die geräteinterne Vorschaltung von Defokuslinsen zur Stimulation der Akkommodation. Vor jedem Messdurchlauf wurde das Gerät gemäß der Herstellerempfehlung mit einem künstlichen Auge kalibriert. Die Patienten wurden vor dem Gerät positioniert und Defokusstimuli von  $-7$  dpt bis  $+1$  dpt dargeboten.

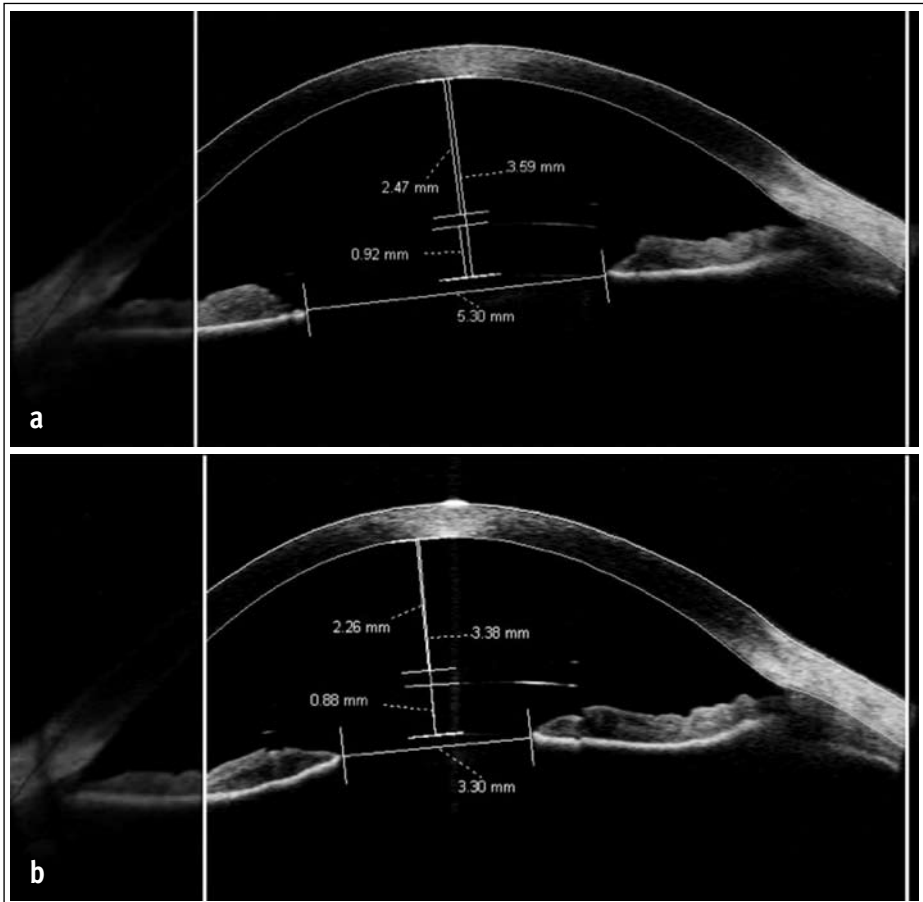
Vor jeder Messung wurde der Proband gebeten, das dargebotene Kreuz zu fixieren und „scharf zu stellen“. Nach jeder Messung wurde der Patient gebeten, zu blinzeln und die Augen zu entspannen. Während jeder Messung wurde ein horizontaler Scan durchgeführt. In einer Preliminärevaluation an vier Augen zeigte sich, dass die Patienten weitere Scans nur schwer tolerieren, mit neun Messungen pro Auge konnte noch eine entsprechende Compliance erreicht werden, weshalb auf die Durchführung weiterer in das OCT implementierter Messmodi verzichtet wurde. Die Auswertung der intraokularen Abstände erfolgte durch die geräteeigene Software mittels verschiedener manuell angelegter Kaliper. Vermessen wurden die zentrale Vorderkammertiefe (VKT, Abstand korneales Endothel – natürliche Augenlinse), der Pupillendurchmesser (PD) sowie postoperativ zusätzlich der Abstand des kornealen Endothels zur Vorderfläche der phaken IOL (M1) und der Abstand der Rückfläche der phaken IOL zur Vorderfläche der natürlichen Linse (M2). Bei den Messungen VKT, M1 und M2 wurde ein horizontaler Kaliper an den Außenrändern der Pupille angelegt und anschließend in dessen Mitte ein senkrechter Kaliper zur Vermessung der jeweiligen Abstände genutzt (Abb. 1).

### Statistische Methoden

Eine vorab durchgeführte Fallzahlberechnung ergab eine Fallzahl von 53 Augen, um signifikante Unterschiede der Linsenposition bei Akkommodation nachzuweisen. Die Normalverteilung wurde mittels des Kolmogoroff-Smirnoff-Tests überprüft. Zusammenhänge zwischen Alter und Änderungen der PD, VKT sowie der Linsenpositionen wurden mit einer Regressionsanalyse ermittelt. Zur Ermittlung signifikanter Änderungen in der relativen Linsenposition wurde ein einseitiger t-Test zur Darstellung signifikanter Lageänderungen im Vergleich zur Null-Stimulus-Position durchgeführt. Zum Vergleich der prä- und postoperativen Sehschärfe bei den verschiedenen Defokusstimuli wurde der Friedman-Test mit anschließendem Conover-Inman-Bonferroni-post-hoc-Test genutzt. Das Signifikanzniveau wurde mit  $p = 0,05$  festgelegt.

### Ergebnisse

Die in dieser Arbeit dargestellten Parameter waren normal verteilt, daher wurde auf parametrische Testverfahren zurückgegriffen. Eine Ausnahme ist die Sehschärfe, zur Analyse dieser wurde das nicht parametrische Friedman-Verfahren mit anschließendem Conover-Inman-Bonferroni-post-hoc-Test durchgeführt.



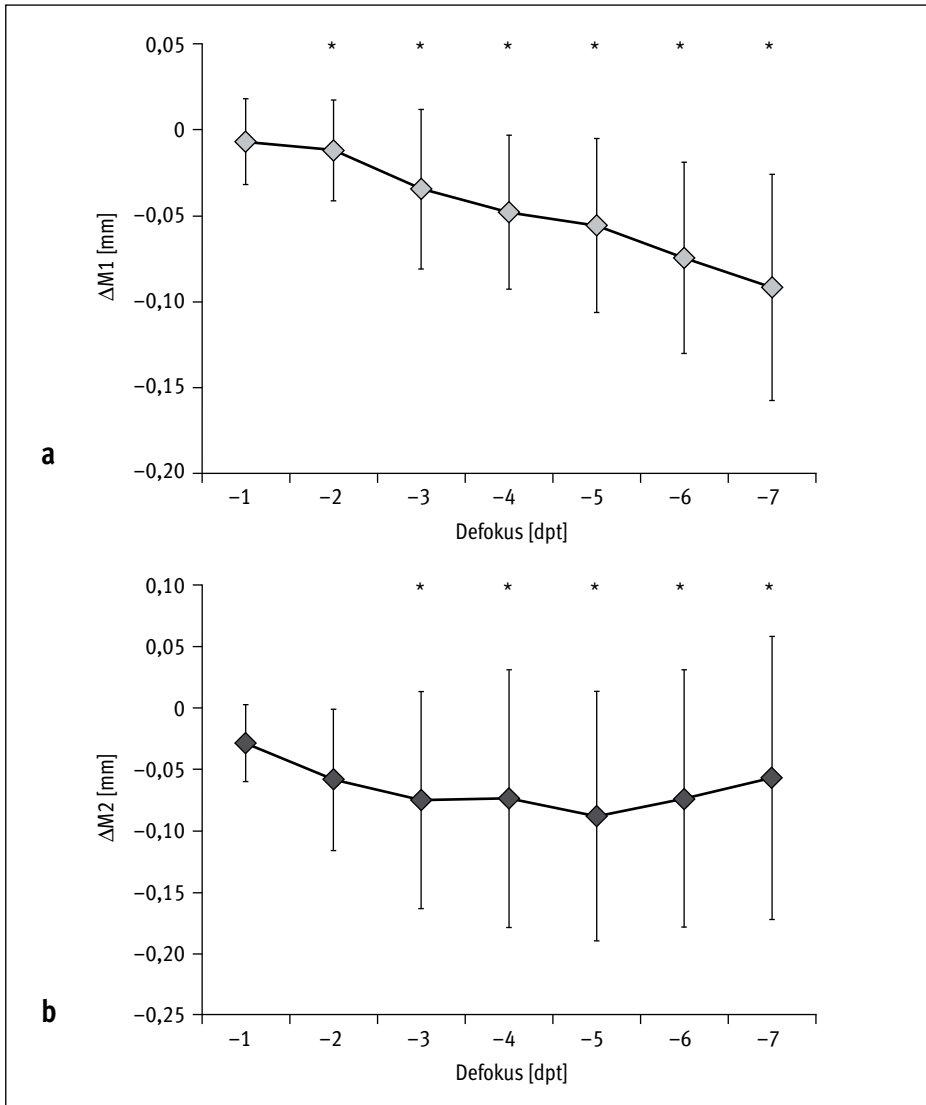
**Abb. 1:** Beispiel der Vermessung der Vorderkammerdimensionen sowie der Position der phaken Linse postoperativ. a) Bei 0 dpt Stimulation, b) Bei -7 dpt Stimulation

### Pupillendurchmesser und Vorderkammertiefe bei Akkommodation

Mit zunehmendem Akkommodationsstimulus zeigte sich eine Abnahme des Pupillendurchmessers (PD) sowie der Vorderkammertiefe. Die relative Änderung beider Werte im Vergleich zum Nullstimulus stellte sich für Defokusstimuli von -2 dpt bis -7 dpt signifikant dar (einseitiger t-Test). Für den PD ergab sich bei -7 dpt Stimulus  $\Delta PD_{7dpt} = -0,65 \pm 0,65$  mm (Spannweite von -2,43 bis 0,59 mm), für die VKT ergab sich  $\Delta VKT_{7dpt} = -0,15 \pm 0,15$  mm (Spannweite von -0,41 bis 0,10 mm). Die Regressionsanalyse zeigte eine tendenzielle Abnahme der Veränderung mit zunehmendem Alter. Die Regressionsfunktionen stellten sich wie folgt dar:  $\Delta PD = 0,02 \times \text{Alter [Jahre]} - 1,40$ ;  $R^2 = 0,07$  bzw.:  $\Delta VKT = 0,01 \times \text{Alter [Jahre]} - 0,57$ ;  $R^2 = 0,48$ .

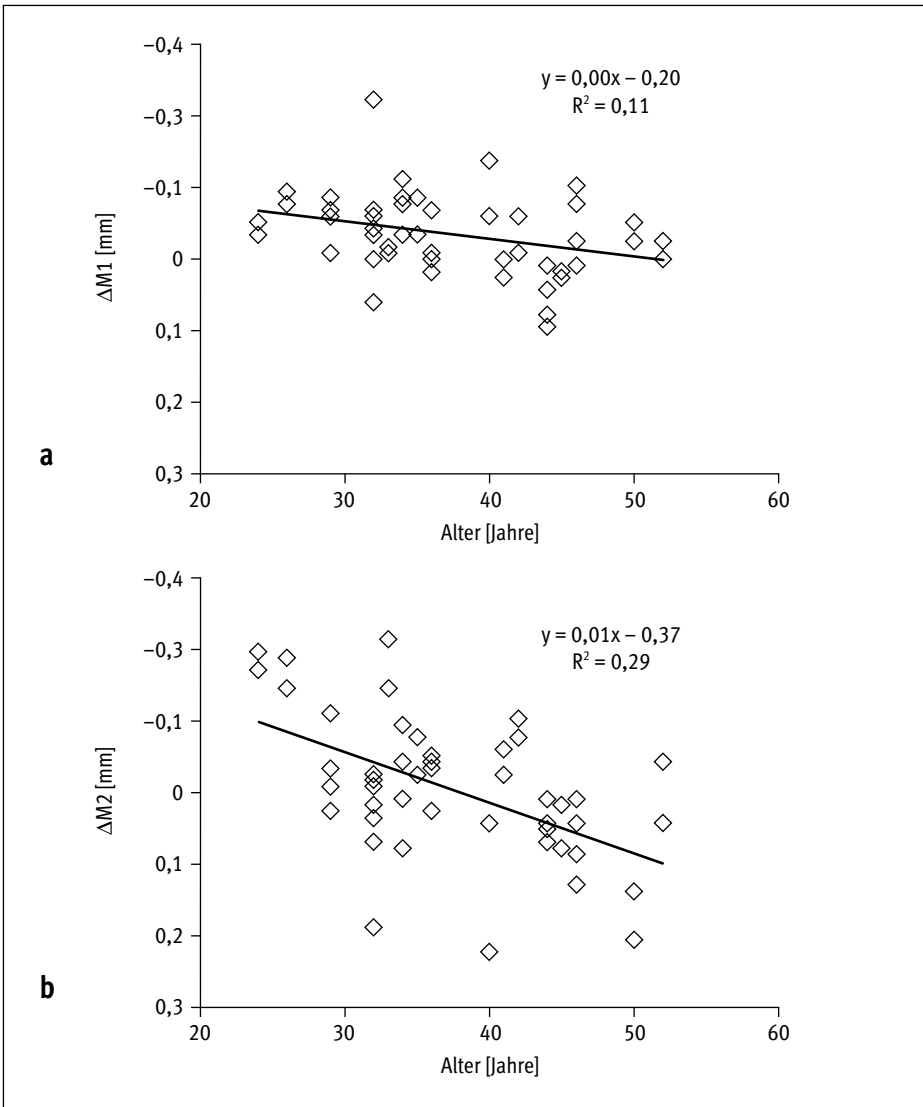
### Position der phaken IOL bei Akkommodation

Abbildung 2 zeigt die relative Veränderung der Abstände der phaken IOL zum kornealen Endothel und zur natürlichen Linse. Signifikante Lageveränderungen ergaben sich bei Defokuswerten von  $-2$  dpt oder mehr für  $\Delta M1$  bzw. bei  $-3$  dpt oder mehr für  $\Delta M2$ . Die mittleren relativen Änderungen bei 7 dpt Stimulation betrugen



**Abb. 2:** Relative Veränderung der Linseposition im Vergleich zum Nullstimulus. a) M1 (Abstand korneales Endothel – Vorderfläche phake Linse), b) M2 (Abstand Rückfläche der phaken IOL – Vorderfläche der natürlichen Linse), \*signifikante Abweichung von der Position bei Nullstimulation (einseitiger t-Test)

$\Delta M1_{7\text{dpt}} = -0,09 \pm 0,06$  mm (Spannweite von  $-0,31$  bis  $0,06$  mm) bzw.  $\Delta M2_{7\text{dpt}} = -0,06 \pm 0,12$  mm (Spannweite von  $-0,30$  bis  $0,21$  mm). Die Regressionsanalyse zeigte eine tendenzielle Abnahme der Bewegung mit zunehmendem Alter. Abbildung 3 zeigt die entsprechenden Graphen und Regressionsfunktionen.



**Abb. 3:** Regressionsfunktion zum Zusammenhang Alter und Änderung der anterior-posterioren Linsenpositionen bei Akkommodation. a) M1, b) M2

## Defokuskurve

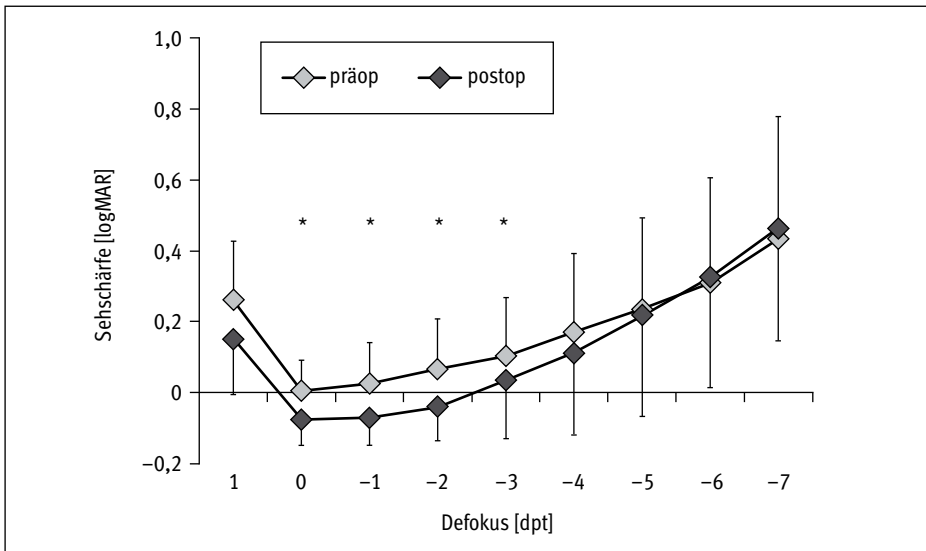
Tabelle 1 zeigt die Werte der prä- und postoperativen Defokuskurven, Abbildung 4 stellt die Daten grafisch dar. Ein signifikanter Unterschied für die korrigierten Sehschärfewerte mit entsprechender Defokussierung ergab sich für den Bereich von 0 dpt bis -3 dpt. Der Verlauf der Kurven ist in diesem Bereich annähernd parallel.

Sehschärfe [logMAR]	+1 dpt	0 dpt	-1 dpt	-2 dpt	-3 dpt
Präoperativ	0,26±0,17	0,00±0,09*	0,02±0,12*	0,07±0,14*	0,15±0,16*
Postoperativ	0,16±0,16	-0,08±0,07*	-0,07±0,08*	-0,04±0,10*	0,03±0,16*

Sehschärfe [logMAR]	-4 dpt	-5 dpt	-6 dpt	-7 dpt
Präoperativ	0,17±0,22	0,24±0,26	0,31±0,29	0,46±0,35
Postoperativ	0,10±0,22	0,21±0,28	0,33±0,32	0,47±0,34

**Tab. 1:** Postoperative mittlere Sehschärfewerte [logMAR] bei den verschiedenen Defokusstufen, \*signifikanter Unterschied zwischen prä- und postoperativer Sehschärfe (Friedman-Test)



**Abb. 4:** Defokuskurve im korrigierten Zustand mit Messbrille, \*signifikanter Unterschied von prä- zu postoperativ (Friedman-Test)

## Diskussion

Unter der akkommodativen Trias versteht man drei wesentliche an der Akkommodation beteiligte Vorgänge:

- die Vergenz
- die Pupillenkonstriktion
- die Brechkraftzunahme der Augenlinse

Letztere wird durch eine Aufsteilung der Krümmungsradien sowie die damit verbundene Dickenzunahme und relative Vorwärtsbewegung der Linse erreicht. Dadurch nimmt weiterhin auch die VKT ab, die Iris wird in die Vorderkammer hineingeschoben. Die Faktoren Pupillenkonstriktion und Vorderkammertiefe spielen daher auch eine wichtige Rolle bei der Implantation phaker Intraokularlinsen.

Sowohl bei phaken irisfixierten als auch bei phaken kammerwinkelgestützten IOLs zeigen sich immer wieder Fälle von Pupillenverziehungen [9].

Ein unzureichender Abstand phaker Vorderkammerintraokularlinsen zum kornealen Endothel wird als entscheidender Faktor für die bei diesen Implantaten immer wieder beobachteten Endothelzellverluste angesehen [9]. Das in dieser Studie untersuchte Linsenmodell (Cachet, Alcon) zeigt bisher gute visuelle Ergebnisse und geringe Endothelzellverluste [5, 7, 8]. Von phaken irisfixierten Vorderkammerlinsen ist allerdings bekannt, dass sich diese bei Akkommodation mit der Iris mitbewegen, welche ihrerseits von der sich verdickenden natürlichen Augenlinse nach anterior verschoben wird [4, 11].

Diese Studie untersuchte entsprechend sowohl den Einfluss des Implantats auf das Pupillenspiel und die Veränderung der VKT bei Akkommodation sowie die Sehschärfe als auch den Einfluss der Akkommodation auf die Lagestabilität des Implantats.

Einen Monat postoperativ zeigte sich kein signifikanter Unterschied in der Änderung des PD oder der VKT bei Akkommodation. Auch in der Literatur zeigen sich drei Jahre nach Implantation keine Pupillenverziehungen [5]. Ein Einfluss des Implantats auf den PD kann aber in Ausnahmefällen nicht ausgeschlossen werden. Mit zunehmendem Alter verringern sich die Änderungen in PD und VKT wie zu erwarten.

Der Abstand der natürlichen Linse zum phaken Implantat nimmt bei Akkommodation ab, ebenso nimmt der Abstand der phaken Linse zum kornealen Endothel ab, allerdings in geringerem Maße. Die phake Linse wird also bei Akkommodation nur wenig nach anterior verschoben. Hier sind die Standardabweichungen und Spannweiten der gemessenen Abstände zu beachten. In Einzelfällen kann es zu stärkeren Bewegungen des Implantats kommen. Ob diese Einzelfälle verantwortlich für stärkere Endothelzellverluste sind, lässt sich aus dieser Studie nicht ableiten, da nur 1-Monats-Daten erhoben wurden und die Endothelzellzahl zwar gemessen, aber nicht ausgewertet wurde. Entsprechend der mit dem Alter abnehmenden Bewegung der natürlichen Linse nimmt auch die Bewegung des Implantats mit dem Alter ab. Bei älteren Patienten wird damit also ein Endothelzellverlust aufgrund sich bei Akkommodation bewegender phaker IOL noch unwahrscheinlicher.

Die korrigierte Sehschärfe zeigt sich wie bei fast allen phaken IOLs zur Myopiekorrektur im Vergleich zu präoperativ stark verbessert. Dies ist hauptsächlich auf die Zunahme der Netzhautbildgröße beim Wegfall der stark verkleinernden Minusgläser

zurückzuführen. Die Defokuskurven verlaufen jedoch prä- und postoperativ nahezu parallel, was einen negativen Einfluss des Implantats auf die Akkommodationsfähigkeit ausschließt. Die von Patienten immer wieder geäußerten postoperativen Schwierigkeiten im Nahbereich sind viel eher auf den ungewohnten Refraktionsstatus zurückzuführen. Im unkorrigierten postoperativen Zustand kann im Gegensatz zu präoperativ in kürzester Distanz nicht mehr deutlich gelesen werden, ohne die Akkommodation zu bemühen. Die Defokuskurve zeigt weiterhin, dass selbst bei mehr als 1 dpt sphärischem Restfehler noch sehr gute Sehschärfewerte erreicht werden, die von den Patienten durchaus als sehr gut empfunden werden können. Dieser Erkenntnis zufolge sollte die Praxis, vor Implantation der phaken Linse eine LASIK-Flap anzulegen, um mögliche postoperative Restfehler zu korrigieren, zumindest hinterfragt werden.

Eine mögliche Schwäche der Studie ist die manuelle Messung der Abstände anhand elektronischer Kaliper in der Gerätesoftware der OCT-Systems. Diesem Umstand soll durch die relativ hohe Fallzahl von bisher 50 Augen entgegengewirkt werden. Weiterhin ermöglicht die Auswertung relativer Änderungen, also die Differenzen zweier Absolutwerte, die Minimierung systematischer Messfehler.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Implantation der phaken kammerwinkelgestützten Vorderkammerintraokularlinse Cachet keinen Einfluss auf das Pupillenspiel oder die Verringerung der Vorderkammertiefe bei Akkommodation nimmt. Die Position der phaken IOL in der Vorderkammer zeigt sich wenig abhängig von der Akkommodation. Der Abstand zur natürlichen Linse verringert sich bei Akkommodation leicht. Durch die Kammerwinkelpositionierung der phaken IOL wird diese Bewegung der natürlichen Linse nur unwesentlich an das Implantat weitergegeben, weshalb ein adäquater Abstand zum kornealen Endothel auch bei starker Akkommodation gewährleistet werden kann. Der postoperative Akkommodationserfolg wird durch das Implantat nicht beeinflusst, die korrigierte Sehschärfe steigt im Vergleich zur korrigierten präoperativen Sehschärfe mit Messbrille signifikant an.

## Literatur

1. ALIO JL, PINERO DP, SALA E, AMPARO F: Intraocular stability of an angle-supported phakic intraocular lens with changes in pupil diameter. *J Cataract Refract Surg* 2010;36:1517–1522
2. ALLEMANN N, CHAMON W, TANAKA HM ET AL.: Myopic angle-supported intraocular lenses: two-year follow-up. *Ophthalmology* 2000;107:1549–1554
3. BOURNE WM, NELSON LR, HODGE DO: Central corneal endothelial cell changes over a ten-year period. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1997;38:779–782
4. GUELL JL, MORRAL M, GRIS O ET AL.: Evaluation of Verisyse and Artiflex phakic intraocular lenses during accommodation using Visante optical coherence tomography. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:1398–1404
5. KNORZ MC, LANE SS, HOLLAND SP: Angle-supported phakic intraocular lens for correction of moderate to high myopia: Three-year interim results in international multicenter studies. *J Cataract Refract Surg* 2011;37:469–480



6. KOHNEN T, KLAPROTH OK: Three-year stability of an angle-supported foldable hydrophobic acrylic phakic intraocular lens evaluated by Scheimpflug photography. *J Cataract Refract Surg* 2010;36:1120–1126
7. KOHNEN T, KNORZ MC, COCHENER B ET AL.: AcrySof phakic angle-supported intraocular lens for the correction of moderate-to-high myopia: one-year results of a multicenter European study. *Ophthalmology* 2009;116:1314–1321, 21 e1–3
8. KOHNEN T, KOOK D, MORRAL M, GUELL JL: Phakic intraocular lenses: part 2: results and complications. *J Cataract Refract Surg*. 2010;36:2168–2194
9. MOLLER-PEDERSEN T: A comparative study of human corneal keratocyte and endothelial cell density during aging. *Cornea* 1997;16:333–338
10. SEKUNDO W, BISSMANN W, TIETJEN A: Behaviour of the phakic iris-claw intraocular lens (Artisan/Verisyse) during accommodation: an optical coherence biometry study. *Eur J Ophthalmol* 2007;17:904–908
11. STULTING RD, JOHN ME, MALONEY RK ET AL.: Three-year results of Artisan/Verisyse phakic intraocular lens implantation. Results of the United States Food And Drug Administration clinical trial. *Ophthalmology* 2008;115:464–472 e1
12. WANG L, MISRA M, KOCH DD: Peripheral corneal relaxing incisions combined with cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:712–722



# Kindliche Katarakt/Komplexe OPs



# Primäre (Duett-Implantation) und sekundäre Implantation additiver Intraokularlinsen bei kindlicher Katarakt

M. Amon, G. Kahraman

## Summary

**Purpose:** Preliminary results with polypseudophakia (Sulcoflex<sup>®</sup>) in children are presented. Requirements on a sulcus supported supplementary IOL are defined. Surgical technique is described and indication for Duet-Implantation in children is analysed.

**Setting:** Department of Ophthalmology, Academic Teaching Hospital of St John of God, Vienna, Austria.

**Methods:** The IOL is designed for implantation into the ciliary sulcus in pseudophakic eyes (“piggy back”). It is a single-piece implant made of hydrophilic acrylic. Optic- and haptic-edges are round. The optic has a diameter of 6.5 mm and a concave/convex shape for perfect fit on the anterior convex surface of the primary IOL. The haptic is angulated, and has an undulated design to preclude IOL rotation.

The same surgeon (M.A.) performed all Sulcoflex<sup>®</sup> implantations through a self-sealing clear corneal incision (2.75 mm) under general anesthesia using a standardized technique. After surgery slitlamp examination, photodocumentation and visual function were assessed. Position of the IOL was documented regularly at all control visits.

**Results:** In this prospective study 4 eyes of 4 patients received a monofocal Sulcoflex IOL. All surgeries were uneventful. Postoperative emmetropia ( $\pm 0.25$  D) was achieved in all cases with stable refraction through the follow up period. In 2 cases fibrin was seen in the pupillary area during the first days after surgery. A few foreign body giant cells on the anterior IOL-surface were found in all cases, but they resolved after a few weeks. There was no elevation of the eye pressure at any time after surgery. Occlusion therapy was possible in all patients. At the last visit all eyes were without inflammation and the IOLs were well accepted.

**Conclusion:** The Sulcoflex<sup>®</sup> IOL was well tolerated in all cases. The implant can be used at the same time with the primary implant or at a later time as secondary implant. Additive IOL-Implantation helps optimizing the refractive results in children after cataract surgery.

## Einleitung

Die Implantation einer zusätzlichen Intraokularlinse stellt eine reversible Methode zur Korrektur postoperativer Refraktionsfehler bei Pseudophakie dar. Ziel war es, ein ausgereiftes Linsensystem (Sulcoflex<sup>®</sup>) zu entwickeln, das ein breites Indikationsspektrum bei primärer und sekundärer Anwendung bietet (Abb. 1). Außerdem sollte die Linse sicher und kontrolliert zu implantieren (mit Injektor) und gut verträglich sein [1]. Aus diesem Grund wurde ein „One-Piece“-Design gewählt, das eine kontrollierte „wundassistierte“ Implantation durch sehr kleine Inzisionen gewährleistet.

Da eine additive IOL in den sulcus ciliaris implantiert wird und sie somit in direkter Nähe zu uvealem Gewebe liegt, ist deren uveale Biokompatibilität von größter

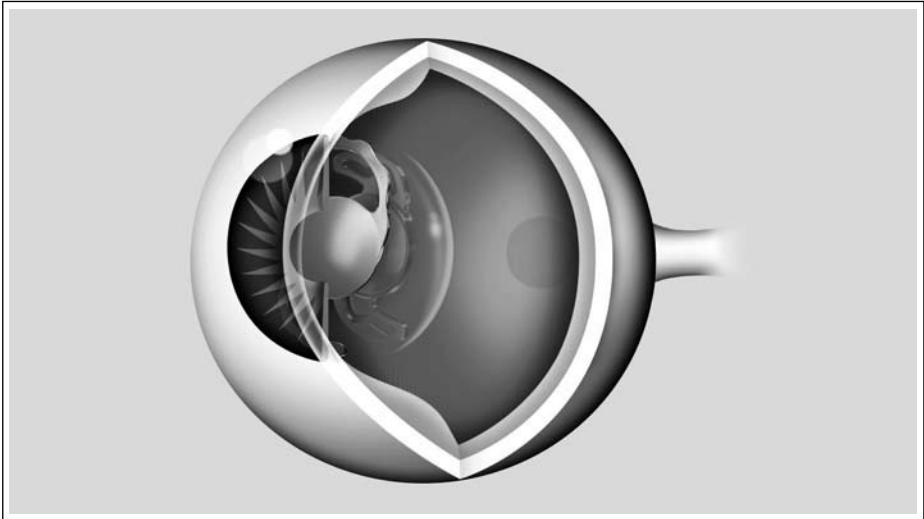


Abb. 1: Sulcoflex®-IOL

Bedeutung [2, 3]. Deshalb wurde ein bewährtes hydrophiles Acrylat als Linsenmaterial gewählt und eine „One-Piece“-Linse konstruiert.

Die Linsenhaptik ist 10 Grad gewinkelt, um Iriskontakt und „optic-capture“ zu vermeiden. Die Haptik hat nunmehr einen Durchmesser von 14 mm und einen undulierenden Außenrand, um Zentrierung und Rotationsstabilität zu gewährleisten. Die Haptikkanten sind ebenfalls abgerundet.

Die Linsenoptik hat eine konkave Linsenhinterfläche, um einen Kontakt mit der primären IOL zu vermeiden. Der Optikdurchmesser ist mit 6,5 mm relativ groß. Dadurch überlappt die IOL die gesamte Optik der primären Linse, ein „optic-capture“ wird so vermieden [4, 5]. Da die Linse keinen Nachstar zu verhindern braucht, ist die Optikkante rund, um Dysphotopsien zu vermeiden.

Ein Problem bei kindlicher Katarakt ist die sich durch das weiterhin bestehende Augenwachstum ändernde postoperative Refraktion, die zu einer Myopisierung des Auges führt. Aus diesem Grund wird das Auge meist altersabhängig hyperopisiert. Dies ist kein idealer Zustand für die postoperative Entwicklung des Auges, sollte doch Emmetropie oder sogar eine leichte Myopie postoperativ angestrebt werden. Unter Anwendung einer additiven Sulkuslinse kann nunmehr versucht werden, während der gesamten Augenentwicklung eine möglichst optimale Refraktion zu erhalten. So kann die Sulkuslinse primär mit einer Kapselsacklinse implantiert werden (Duett-Implantation) oder sekundär im Fall einer zu korrigierenden Refraktionsänderung zu einem späteren Zeitpunkt. Da es sich bei dieser Technik um einen reversiblen Eingriff handelt, kann die Sulkuslinse entsprechend der Refraktionserfordernis jederzeit entfernt oder ausgetauscht werden.

Ziel dieser prospektiven Pilotstudie war, die Sicherheit und Effektivität dieser bewährten Technik bei kindlicher Katarakt zu evaluieren.

## Patienten und Methoden

Insgesamt konnten bis dato vier Patienten in diese Studie einbezogen werden. Das Alter der kleinen Patienten betrug ein Jahr, zwei Jahre und bei zwei Patienten vier Jahre. Der Nachbeobachtungszeitraum betrug zwei Jahre.

Bei allen vier Patienten wurde Emmetropie angestrebt. Die Berechnung erfolgte mit der SRK-T-Formel. Bei dem einjährigen Patienten wurden 20 % der errechneten Linsenstärke mit der Sulcoflex-Linse implantiert (IOL power: 30 dpt; Kapselsacklinse 24 dpt, Sulkuslinse 6 dpt), bei den anderen drei Patienten waren es 10 % der errechneten Linsenstärke.

Alle Operationen erfolgten unter Allgemeinnarkose durch denselben Operateur (M. A.). Nach einer 2,75 mm breiten Clear-Cornea-Inzision und vorderer 5 mm breiten Kapsulorhexis wurde das Linsenmaterial abgesaugt und eine hintere 4,5 mm Kapsulorhexis durchgeführt. Danach erfolgte die Implantation einer Kapselsacklinse (Acrysof natural). Nach einer trockenen anterioren 25-G-Vitrektomie wurde die additive Linse (Sulcoflex) in den Sulcus ciliaris platziert. Am Ende der Operation erfolgten eine 25-G-Iridektomie und die Applikation von intrakammeralem Cefuroxim. Die Wunde wurde mit 10/0 Nylon versorgt. Intraoperativ traten keine Komplikationen auf.

Die postoperative Tropftherapie wurde dem Reizzustand des Auges angepasst, bestand jedoch generell in einer Kombinationstherapie aus Kortison und NSAIDs.

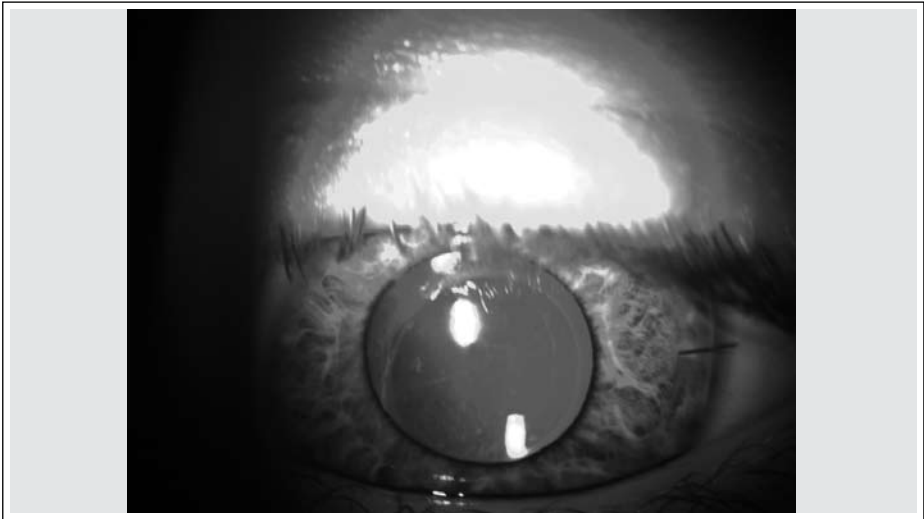
Genaue spaltlampenmikroskopische Untersuchungen mit Fotodokumentation erfolgten zu jedem Kontrollzeitpunkt. Die Refraktion wurde skiaskopisch ermittelt. Eine Amblyopiebehandlung wurde jeweils eingeleitet.

## Ergebnisse

Die Ergebnisse nach Implantation von vier Linsen liegen vor. Die ersten Fälle weisen nunmehr eine Nachbeobachtungszeit von über zwei Jahren auf. Die Sulcoflex-IOL konnte in allen Fällen ohne jegliche Komplikation mittels Standardinjektor (Rayner) und Faltung unter dem Mikroskop durch eine korneale Inzision (2,75 mm) implantiert werden. Bedingt durch das Linsenmaterial und das Design („one piece“) der Linse entfaltete sich diese in allen Fällen kontrolliert und langsam.

Der postoperative Verlauf war in allen Fällen ohne schwere Komplikationen. Jedoch entwickelten sich aufgrund mangelnder Compliance bei zwei Augen (2a, 4a) eine fibrinöse Uveitis. Die fibrinöse Reaktion verschwand nach Intensivierung der Tropftherapie (stdl. Ultracortenol, stdl. Acular, dreimal Mydriaticum) innerhalb der ersten Woche. Weiterhin fanden sich in allen drei Fällen auf der Linsenvorderfläche der Sulkuslinse vereinzelte Fremdkörperriesenzellen (Abb. 2), die sich aber nach einigen Wochen komplett resorbierten. Nach drei Monaten waren keine Fremdkörperriesenzellen mehr zu dokumentieren. In keinem Fall fanden sich Veränderungen an Irisgewebe. Pigmentdispersion oder interlentikuläre Opazifizierungen traten nicht auf.

In allen Fällen wurde eine ausreichende Distanz zwischen Iris zur Sulkuslinse und zwischen den beiden Implantaten gefunden. Es kam zu keiner Pupillenovalisation und zu keinem „optic capture“, die Zentrierung war ausgezeichnet.



**Abb. 2:** Postoperativer Aspekt mit Fremdkörperriesenzellen auf der Linsenvorderfläche

Die postoperative Refraktion lag in allen Fällen innerhalb einer halben Dioptrie der Emmetropie, eine Okklusionstherapie konnte in allen Fällen suffizient durchgeführt werden.

## Schlussfolgerung

Prinzipiell können additive Linsen primär, im Rahmen der Kataraktoperation, unmittelbar nach Implantation der ersten Linse (Duett-Implantation) oder sekundär bei bereits bestehender Pseudophakie implantiert werden [6, 7].

Als eine wichtige Indikation für diese Linse ist wohl die sekundäre Implantation nach einer „biometrischen Überraschung“ zu nennen, sind die postoperativen Erwartungen vor allem nach refraktiver Linsen Chirurgie doch enorm hoch. Diese Technik ist weniger traumatisch als ein Linsentausch und kann einen refraktiven Hornhauteingriff ersetzen.

Prinzipiell ermöglicht das Konzept der Duett-Implantation, die Linse jederzeit ohne „Kapselchirurgie“ wieder zu entfernen. So hat man z. B. im Fall von Dysphotopsien nach Implantation einer multifokalen Linse Zeit, die erfolgreiche Neuroadaptation in Ruhe abzuwarten. Sollte tatsächlich eine Explantation nötig werden, müsste der Patient danach emmetrop sein. Auch in Fällen, bei denen es postoperativ zu refraktiven Veränderungen kommen kann (kongenitale Katarakt, Keratokonus, Keratoglobus, Silikonöltamponade, Keratoplastik etc.), stellt dieses Linsenkonzept eine interessante Alternative dar. Die Linse könnte je nach Bedarf eingesetzt, entfernt oder ausgetauscht werden.

Vor allem bei Kindern ist eine optimale postoperative Refraktion für die Entwicklung des weiteren Sehvermögens enorm wichtig. Wird in vielen Fällen doch bewusst



eine Unterkorrektur (Hyperopisierung) angestrebt, um einen zu großen „myopic shift“ zu vermeiden, kann mithilfe additiver Linsensysteme je nach Bedarf eine Emmetropisierung oder sogar eine leichte Myopisierung erreicht werden. Im Fall einer relevanten Refraktionsänderung kann dann je nach Ausgangssituation die Sulkuslinse explantiert, getauscht oder eben zusätzlich implantiert werden.

Prinzipiell gibt es im Rahmen der Kataraktoperation die Möglichkeit, eine Duett-Implantation durchzuführen oder primär lediglich eine Kapselsacklinse zu implantieren und erst bei Bedarf die Refraktionsänderung mit einer zusätzlichen Sulkuslinse zu korrigieren. In vielen Fällen wäre die errechnete Linse aber außerhalb des Lieferbereiches einer Standardlinse; dann erscheint jedenfalls die Duett-Implantation sinnvoll.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass es im Rahmen der prospektiven Studie zu keinerlei intraoperativen Komplikationen kam. Nach über zwei Jahren waren die Ergebnisse zufriedenstellend. Prospektive Multicenterstudien wurden bereits initiiert, um statistisch auswertbare Ergebnisse zu erhalten. Aus heutiger Sicht stellen additive Linsen ein interessantes, vielseitig einsetzbares und reversibles Linsenkonzept dar.

## Literatur

1. KAHRAMAN G, AMON M: New supplementary intraocular lens for refractive enhancement in pseudophakic patients. *J Cataract Refract Surg* 2010 Jul;36(7):1090–1094
2. ABELA-FORMANEK C, AMON M, SCHILD G ET AL.: Uveal and capsular biocompatibility of hydrophilic acrylic, hydrophobic acrylic, and silicone intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2002 Jan;28(1):50–61
3. RICHTER-MUEKSCH S, KAHRAMAN G, AMON M ET AL.: Uveal and capsular biocompatibility after implantation of sharp-edged hydrophilic acrylic, hydrophobic acrylic, and silicone intraocular lenses in eyes with pseudoexfoliation syndrome. *J Cataract Refract Surg* 2007 Aug;33(8):1414–1418
4. GAYTON JL, SANDERS V, KARR VAN DER M: Pupillary capture of the optic in secondary piggyback implantation. *J Cataract Refract Surg* 2001 Sep;27(9):1514–1515
5. MASKET S: Pseudophakic posterior iris chafing syndrome. *J Cataract Refract Surg* 1986;12:252–256
6. GAYTON JL, SANDERS VN: Implanting two posterior chamber intraocular lenses in a case of microphthalmos. *J Cataract Refract Surg* 1993 Nov;19(6):776–777
7. KOHNEN T, KLAPROTH OK: Pseudophakic supplementary intraocular lenses. *Ophthalmologie* 2010 Jun;20



# Genetik der isolierten Ectopia lentis

T. M. Neuhann

## Zusammenfassung

Linsenluxationen kommen in Kombination mit weiteren Merkmalen im Rahmen von Syndromen vor, werden aber auch isoliert vorgefunden. In dieser Studie wurden Patienten mit isolierter Linsenluxation auf das Vorliegen von Mutationen im ADAMTSL4-Gen untersucht (PCR-Amplifikation der kodierenden Exons und Sequenzierung). Bei allen untersuchten Linsen konnte die identische ADAMTSL4-Mutation (NM\_01903d.4:c.759\_778del20) nachgewiesen werden. Diese Ergebnisse unterstützen die kausale Beziehung von ADAMTSL4-Mutationen und der isolierten Linsenluxation. Die nachgewiesene Mutation scheint besonders häufig zu sein. Die Mutationsanalyse von ADAMTSL4 ist daher bei allen Patienten mit isolierter bzw. nicht sicher syndromaler Linsenluxation zur weiteren differenzialdiagnostischen Abklärung sinnvoll.

## Summary

Ectopia lentis can be a feature of syndromal diseases but can also be present as an isolated finding. In this study patients with isolated ectopia lentis were analysed for mutations within the ADAMTSL4 gene (PCR amplification and sequencing). In all patients, the identical ADAMTSL4 mutation was identified (NM\_01903d.4:c.759\_778del20). These results support the relationship between mutations within ADAMTSL4 and isolated ectopia lentis. The identified mutation seems to be a very frequent mutation. Thus, mutation analysis of ADAMTSL4 should recommend for all patients with (suspected) isolated ectopia lentis.

## Einleitung

Linsenluxationen kommen in Kombination mit weiteren Merkmalen typischerweise im Rahmen von genetisch bedingten Syndromen vor, hier sind insbesondere das Marfan-Syndrom zu nennen; auch bei der Homocystinurie und dem Weill-Marchesani-Syndrom ist eine Linsenluxationen ein typisches Symptom. Allerdings kann eine Linsenluxation auch isoliert vorkommen, ohne weitere systemische Manifestationen. Eine Abgrenzung zwischen beiden Formen ist mitunter schwierig, wodurch die Beratung solcher Patienten oft Probleme aufwirft, auch bezüglich der Entscheidung, ob weitere Vorsorgeuntersuchungen indiziert sind (z. B. kardiologische Kontrollen).

Ziel unserer Studie war es, eine Kohorte von Patienten mit isolierter Linsenluxation auf Mutationen im ADAMTSL4-Gen zu untersuchen. Mutationen in diesem Gen wurden erstmals als ursächlich für eine isolierte Linsenluxation in einer konsanguinen Familie [1] betrachtet.

## Patienten und Methoden

Insgesamt wurde bei acht Patienten aus sieben nicht konsanguinen Familien (ein Geschwisterpaar) mit einer Linsenluxation ohne Hinweis auf systemische Beteiligung die molekulargenetische Untersuchung des ADAMTSL4-Gens durchgeführt. Die Mutationsanalyse erfolgte mittels PCR-Amplifikation der kodierenden Exons und angrenzender intronischer Bereiche des ADAMTSL4-Gens und anschließender Sequenzierung.

## Ergebnisse

Bei allen acht untersuchten Patienten konnte eine identische Mutation identifiziert werden. Die Mutation ist eine homozygote Deletion von 20 Basenpaaren im Exon 6 des ADAMTSL4-Gens (NM\_01903d.4:c.759\_778del20). Weiterführende Analysen (SNP-Untersuchungen, Mikrosatellitenanalyse) ergaben den Hinweis, dass es sich bei dieser Mutation um eine sog. Founder-Mutation handelt. In einer Screening-Untersuchung von 360 Kontrollpersonen ohne Linsenluxation wurden zwei heterozygote Anlageträger für diese Mutation gefunden.

Diese Ergebnisse unterstützen die kausale Beziehung von ADAMTSL4-Mutationen und der isolierten Linsenluxation. Die nachgewiesene Deletion von 20 Basenpaaren wurde auch von zwei weiteren Gruppen beschrieben [2, 3] und wurde insgesamt bei der Mehrzahl von Patienten europäischer Herkunft gefunden. Sowohl in der von uns untersuchten deutschen als auch in einer norwegischen Kontrollgruppe konnten gesunde Anlageträger für diese Mutation identifiziert werden (Anlageträgerfrequenz mind. 1:180). Somit handelt es sich hierbei eine besonders häufige Mutation, wahrscheinlich aufgrund eines Founder-Effekts.

Bei allen Patienten in dieser Studie wurde die Diagnose einer beidseitigen Linsenluxation bereits in früher Kindheit gestellt. Bei einem Teil der Patienten war aufgrund eines ausgeprägten Visusverlustes durch die Luxation eine Linsenextraktion erforderlich. Bei keinem der von uns untersuchten Patienten noch bei Patienten aus den anderen Studien mit einer ADAMTSL4-Mutation konnten schwerwiegende extrakuläre Manifestationen festgestellt werden, wie eine Aortendilatation oder skeletale Veränderungen. Daher ist davon auszugehen, dass Veränderungen dieses Gens zu einer isolierten Linsenluxation führen. Durch den autosomal-rezessiven Erbgang ist die Familienanamnese häufig unauffällig, es können jedoch Geschwisterfälle beobachtet werden.

## Fazit

Die Mutationsanalyse von ADAMTSL4 ist bei allen Patienten mit isolierter bzw. nicht sicher syndromaler Linsenluxation zu empfehlen. Gerade bei Kindern, bei denen eine Linsenluxation das erste Symptom einer syndromalen Erkrankung darstellen kann, ist dies von spezieller Bedeutung. Die Mutationsanalyse stellt eine schnelle und kostengünstige Untersuchung im Rahmen der differenzialdiagnostischen Abklärung und ätiologischen Zuordnung der Linsenluxation dar, insbesondere zu syn-

dromalen Erkrankungen wie dem Marfan-Syndrom oder der Homocystinurie. Bei Nachweis einer Mutation in ADAMTSL4 kann das Vorliegen einer isolierten Linsluxation bestätigt werden; weiterführende aufwendige Untersuchungen zur differenzialdiagnostischen Abklärung sind dann nicht mehr erforderlich.

## Literatur

1. AHRAM D, SATO TS, KOHILAN A ET AL.: A homozygous mutation in ADAMTSL4 causes autosomal-recessive isolated ectopia lentis. *Am J Hum Genet* 2009;84:274–278
2. ARAGON-MARTIN JA, AHNOOD D, CHARTERIS DG ET AL.: Role of ADAMTSL4 mutations in FBN1 mutation-negative ectopia lentis patients. *Hum Mutat* 2010;31:E1622–E1631
3. CHRISTENSEN AE, FISKERSTRAND T, KNAPPSKOG PM ET AL.: A novel ADAMTSL4 mutation in autosomal recessive ectopia lentis et pupillae. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2010;51:6369–6373
4. NEUHANN TM, ARTELT J, TINSCHERT S ET AL.: A Homozygous Microdeletion within ADAMTSL4 in Patients with Isolated Ectopia Lentis: Evidence of a Founder Mutation. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2011;52:695–700



# Glaukom





# Kanaloplastik versus Phakokanaloplastik – Vergleich einer „single surgeon“-Serie

A. Brüggemann, A. Wegent, J. Torrent Despouy, M. Ranjbar, M. Müller

## Zusammenfassung

**Hintergrund:** Während bei der fistulierenden Glaukomchirurgie ein mit Kataraktoperation kombiniertes Vorgehen kontrovers diskutiert wird, wurde dies bei Kanalplastiken bisher wenig beleuchtet.

**Methodik:** Prospektive konsekutive Datenerhebung von 57 Patienten, die mit einer Kanaloplastik (Gruppe I, n = 31) oder einer kombinierten Phakokanaloplastik (Gruppe II, n = 26, bimanuelle MICS) versorgt wurden. Analysiert wurden innerhalb der ersten 12 Monate postoperativ: prä- und postoperativer IOD, Medikation, demografische Daten, Komplikationen, postoperative Interventionen und bestkorrigierter Fernvisus.

**Ergebnisse:** Der mittlere präoperative intraokulare Druck (IOD) betrug in Gruppe I 31,4 mmHg (SD±9,6) und 29,0 mmHg (SD±7,2) in Gruppe II. Nach 12 Monaten betrug der IOD 13,1 mmHg (SD±3,3) in Gruppe I und 12,8 mmHg (SD±2,2) in Gruppe II. Präoperativ wurden in Gruppe I 2,6 Medikamente und in Gruppe II 2,7 Medikamente appliziert, während postoperativ bei je 2 Patienten eine lokale antiglaukomatöse Medikation erforderlich war (entsprechend im Mittel für Gruppe I 0,1 und für Gruppe II 0,22 Medikationen). Der Ausgangsvisus wurde in beiden Gruppen durch die operative Intervention nicht beeinträchtigt: Gruppe I: präoperativ logMAR 0,18 (SD±0,32), postoperativ logMAR 0,14 (SD±0,17); Gruppe II: präoperativ logMAR 0,14 (SD±0,18), postoperativ logMAR 0,12 (SD±0,12) ( $p > 0,05$ ).

**Schlussfolgerung:** Bei gleichem Risikoprofil zeigten beide Gruppen sowohl kurzfristig als auch langfristig eine erfolgreiche IOD-Reduktion. Eine simultane Kataraktoperation kann somit effektiv und risikofrei zusätzlich durchgeführt werden.

## Summary

**Background:** As a combined phaco-trabeculectomy is controversially discussed this has not yet been argued for canaloplasty.

**Methods:** Prospective consecutive case series of 57 patients either treated with Canaloplasty alone (group I, n = 31) or combined Phaco-Canaloplasty (group II, n = 26, bimanuell MICS). Data regarding early and late surgical complications and interventions, pre- and post-operative IOP, glaucoma medication, best-corrected visual acuity (BCVA), and demographic data were evaluated

**Results:** Mean preoperative intraocular pressure (IOP) was lowered from 31.4 mmHg (SD±9.6) at baseline to 13.1 mmHg (SD±3.3) in group I and 29.0 mmHg (SD±7.2) at baseline to 12.8 mmHg (SD±2.2) in group II at follow-up. Glaucoma medication decreased from 2.6 (range 1–4) in group I and 2.7 (range 1–4) in group II to two individual cases (mean of 0.1 in group I and 0.22 in group II). BCVA remained stable: group I logMAR 0.18 (SD±0.32) at baseline to logMAR 0.14 (SD±0.17) at follow-up; group II: logMAR 0.14 (SD±0.18) at baseline to logMAR 0.12 (SD±0.12) at baseline ( $p > 0.05$ ).

**Conclusion:** With a similar benefit-risk profile both groups show a successful IOP reduction at short- as well as long-term. A simultaneous phacoemulsification may therefore be efficiently performed.

## Hintergrund

Die Kanalooplastik ist eine effektive und sichere Methode zur Therapie des Offenwinkelglaukoms [1–4]. Während bei fistulierenden Operationen eine simultane oder spätere Kataraktoperation einen negativen Einfluss auf die IOD-Entwicklung sowie auf entzündliche und Vernarbungsprozesse hat, wurde dies bisher für die Kanalooplastik wenig beleuchtet [5–7].

Ziel dieser Studie war es, den Einfluss einer zusätzlichen Kataraktoperation bei Phakokanalooplastik im Vergleich zur Kanalooplastik im Hinblick auf die IOD-Entwicklung, den bestkorrigierten Visus und die intra- und postoperative Komplikationsrate zu untersuchen.

## Patienten und Methode

Unsere retrospektive konsekutive Studie beinhaltet Daten von insgesamt 57 Patienten, die aufgrund eines fortschreitenden Glaukoms in unserer Klinik entweder mit einer Kanalooplastik (Gruppe I) oder einer Phakokanalooplastik (Gruppe II) behandelt wurden. Dabei konnte Gruppe I in zwei Untergruppen eingeteilt werden: phake Patienten und pseudophake Patienten. Die Entscheidung für ein entweder kombiniertes Vorgehen oder eine Kanalooplastik basierte auf folgenden Faktoren: Patientenalter, Glaukomprogression, gonioskopisch erhobener Kammerwinkelbefund und bildmorphologische Darstellung mittels spaltlampenadaptierter optischer Kohärenztomografie (SL-OCT, Heidelberg Engineering, Heidelberg, Deutschland). Alle chirurgischen Maßnahmen wurden durch eine erfahrene Operateurin (MM) durchgeführt.

Die demografischen Daten beinhalteten Alter, Geschlecht, Zeitpunkt der Operation und Angaben über allgemeine Erkrankungen. Primärer Endpunkt war der postoperative IOD nach zwölf Monaten, während Anzahl der Medikation, bestkorrigierter Visus und postoperative Komplikationen als sekundäre Endpunkte definiert wurden.

In Gruppe II erfolgte während der Kanalooplastik eine mikroinzisionale biaxiale Kataraktoperation mit IOL-Implantation (1,8 mm, Akreos Mi60, Bausch & Lomb, Rochester, USA). Alle Patienten erhielten postoperativ eine topische konservierungsmittelfreie Therapie mit Dexamethason, Diclofenac und Ofloxacin beginnend mit fünfmal täglich, welche in den ersten sechs Wochen postoperativ langsam ausgeschlichen werden konnte. Eine postoperative Pupillenmydriasis wurde in den ersten vier Wochen nach Kanalooplastik untersagt. Vier Wochen präoperativ wurden die lokalen Antiglaukomatosa durch eine systemische Therapie mit einem Carboanhydrasehemmer (Acetazolamid zwei- bis dreimal 250 mg täglich) substituiert.

## Statistische Analyse

Genutzt wurde GraphPad Prism (Version 4.0, GraphPad Software, Inc., La Jolla, CA, USA; Windows® 2000 SP 4, Microsoft Corp., Redmond, USA). Ein P-Wert unter 0.05 war statistisch signifikant.

Der Erfolg der Operation wurde wie folgt definiert: Ein kompletter Erfolg wurde festgelegt als IOD  $\leq$  18 mmHg ohne zusätzliche topische antiglaukomatöse Medikation. Ein partieller Erfolg wurde erreicht bei einem IOD  $\leq$  18 mmHg unter einer zusätzlichen lokal drucksenkenden Medikation.

## Ergebnisse

Insgesamt wurden 57 Patienten in diese Studie eingeschlossen (männlich: n = 31, weiblich: n = 26). Davon konnten 31 Patienten in Gruppe I (Kanaloplastik) und 26 Patienten in Gruppe II (Phakokanaloplastik) eingeteilt werden. Das mittlere Lebensalter zum Zeitpunkt der Operation betrug 68 Jahre (33 bis 86 Jahre) in Gruppe I und 67 Jahre (45 bis 82 Jahre) in Gruppe II. 42 Patienten wurden aufgrund eines primären Offenwinkelglaukoms (OWG) behandelt, neun Patienten aufgrund eines Pseudoexfoliationsglaukoms (PEX), zwei Patienten aufgrund eines Low-Tension-Glaukoms (LTG) und vier Patienten aufgrund eines Pigmentdispersionsglaukoms (PDG).

## IOD-Entwicklung

Der mittlere IOD konnte in Gruppe I von 31,4 mmHg (SD $\pm$ 9,6) und in Gruppe II von 29,0 mmHg (SD $\pm$ 7,2) auf 13,1 mmHg (SD $\pm$ 3,3) nach Kanaloplastik und 12,8 mmHg (SD $\pm$ 2,2) nach Phakokanaloplastik nach zwölf Monaten gesenkt werden.

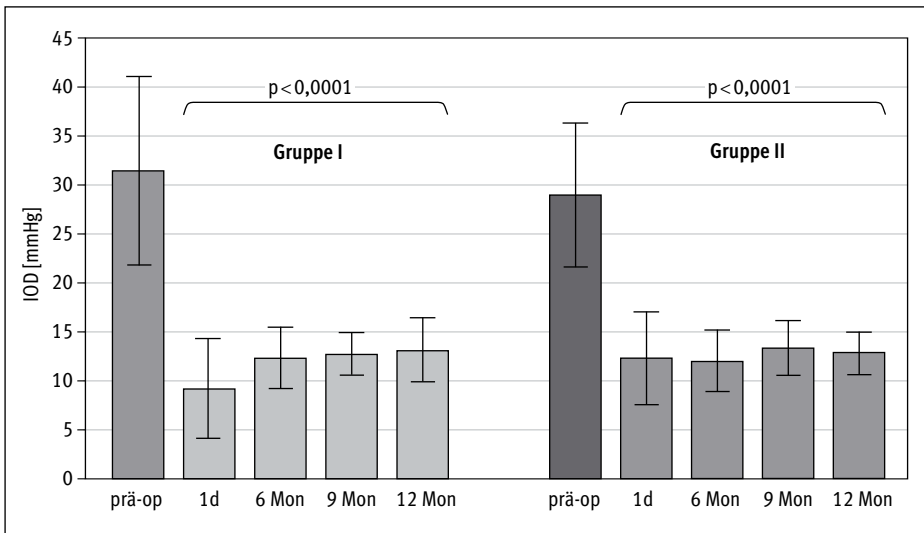


Abb. 1: IOD präoperativ bis 12 Monate postoperativ. Gruppe I: Kanaloplastik; Gruppe II: Phakokanaloplastik

Die IOD-Senkung war statistisch signifikant ( $p < 0,0001$ ). Zu keinem Zeitpunkt konnten signifikante Unterschiede zwischen beiden Gruppen gemessen werden (Abb. 1).

### Medikation

In Gruppe I benötigten die Patienten präoperativ 2,6 Medikamente (phak: 2,6 Medikamente, pseudophak: 2,6 Medikamente) und in Gruppe II 2,7 Medikamente. Die Anzahl der antiglaukomatösen Medikamente konnte für beide Gruppen signifikant reduziert werden ( $p < 0,0001$ ). Nur bei einzelnen Patienten waren nach zwölf Monaten lokale Antiglaukomatosa nötig. In Gruppe I waren es zwei phake Patienten mit 1,5 Medikamenten und in Gruppe II zwei Patienten mit im Mittel drei Medikamenten. Dies entspricht einer mittleren Medikation von 0,1 in Gruppe I und 0,22 in Gruppe II.

### Operativer Erfolg

In Gruppe I wurde in 93,5 % ein kompletter Erfolg erreicht und in Gruppe II bei 92,3 %. Unter einer zusätzlichen Medikation konnte bei allen Patienten in beiden Gruppen eine erfolgreiche IOD-Reduktion (partieller Erfolg) erwirkt werden.

### Bestkorrigierter Visus

Der Ausgangsvisus betrug in Gruppe I logMAR 0,18 ( $SD \pm 0,32$ ) und in Gruppe II logMAR 0,14 ( $SD \pm 0,18$ ) ( $p > 0,05$ ). Auch zwölf Monate postoperativ waren diese Werte für beide Gruppen stabil: (Gruppe I: logMAR 0,14 ( $SD \pm 0,17$ ) und Gruppe II: logMAR 0,12 ( $SD \pm 0,12$ )). Zu keinem Zeitpunkt trat eine signifikante Veränderung zwischen den Gruppen oder innerhalb der Gruppen auf ( $p > 0,05$ ) (Abb. 2).

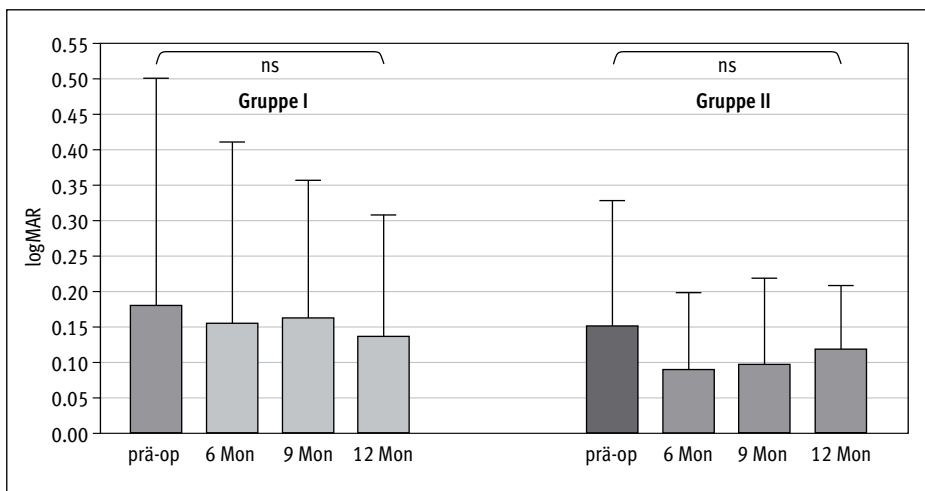


Abb. 2: Visusentwicklung, Gruppe I: Kanalplastik; Gruppe II: Phakokanalplastik (ns = nicht signifikant)

## Diskussion

Lewis et al. haben vor Kurzem ihre 3-Jahres-Ergebnisse nach Kanaloplastik veröffentlicht [1]. Der IOD konnte nach alleiniger Kanaloplastik nach drei Jahren auf 15,2 mmHg (SD±3,5) bei 0,8 (SD±0,9) Medikamenten gesenkt werden. Augen, die mit einer kombinierten Phakokanaloplastik behandelt wurden, wiesen nach drei Jahren einen mittleren IOD von 13,6 mmHg (SD±3,6) und 0,3 (SD±0,5) Medikationen auf. Im Vergleich wiesen unsere Patienten einen deutlich höheren Ausgangs-IOD auf und hatten präoperativ mehr Medikamente.

In unseren beiden Gruppen konnte eine effektive IOD-Senkung erreicht werden, wobei sowohl mit Kanaloplastik als auch Phakokanaloplastik gleichwertig ein niedriges Druckniveau (nur Kanaloplastik: 13,1 mmHg; Phakokanaloplastik: 12,8 mHg) erzielt werden konnten. Somit zeichnen sich beide Vorgehensweisen als sichere und effektive Methoden zur Behandlung des Glaukoms aus. Ein kombiniertes Vorgehen wurde unter anderem in Abhängigkeit des gonioskopischen Aspekts des Kammerwinkels und der Darstellung im SL-OCT durchgeführt. Bei schnabelförmig verengt ausgezogenem Kammerwinkel und eher flacherer Vorderkammerkonfiguration erfolgte ein kombiniertes Vorgehen.

Einen additiven IOD-senkenden Effekt durch die Kataraktoperation konnten wir nicht bestätigen. Es ist bekannt, dass eine alleinige Kataraktoperation abhängig vom Ausgangswert zu einer Verminderung des IOD und der Anzahl der Medikationen führt [8, 9]. Shingleton et al. demonstrierten eine IOD-Senkung nach Clear-Cornea-Kataraktoperation von 1,4 mmHg (SD±3,3) für Augen mit bekanntem Glaukom, 1,4 mmHg (SD±4,2) für Augen mit Glaukomverdacht und 1,7 mmHg (SD±3,1) für nicht glaukomekrankte Augen [10]. Dieser Ergebnisse waren in einem Nachbeobachtungszeitraum von fünf Jahren stabil.

Es zeigte sich, dass der IOD nach zunächst erfolgreicher Senkung durch eine fistulierende Operation nach einer nachfolgenden Kataraktoperation wieder ansteigen kann [11, 12]. Verschiedene prospektive Studien beschreiben hierzu sehr unterschiedliche Ergebnisse. Chen et al. fanden sowohl konsekutive IOD-Senkungen von 0,8 mmHg als auch IOD-Erhöhungen um bis zu 6,6 mmHg [22]. Andere Autoren berichten über einen mittleren IOD-Anstieg von bis zu 2,0 mmHg oder stabil bleibende IOD-Werte [13, 14, 15]. Dabei wird sowohl ein partieller Verlust der Filtrationsfunktion des Filtrationskissen als auch eine direkte Veränderung der Filterkissenmorphologie diskutiert [5]. Linsenproteine werden für eine forcierte Fibrinreaktion sowie eine verstärkte Narbenbildung verantwortlich gemacht und können so zu einer weiteren Beeinträchtigung des TM mit konsekutiver IOD-Erhöhung führen [8, 16].

Entgegen dieser Ergebnisse für fistulierende Operationen scheint eine nachfolgende Kataraktoperation die langfristig erfolgreiche IOD-Senkung bei nicht fistulierenden Operationen wie der tiefen Sklerektomie, der Trabekulotomie oder der Viskokanalostomie nicht entscheidend zu beeinflussen [8, 17, 18, 19]. Wishart et al. zeigten in einer prospektiven randomisierten Studie, dass sowohl die Viskokanalostomie als auch die Phakoviskokanalostomie gleichwertig den IOD senken: 17,3 mmHg (SD±2,3), relative IOD-Senkung von 27,6 % gegen 17,3 mmHg (SD±2,4), relative IOD-Senkung von 37,5 % [18]. Weitere Studien beleuchteten den Vergleich von

Phakoviskokanalostomie und Phakotrabekulektomie und konnten, wie in unserem Vergleich, keinen signifikanten Unterschied in der IOD-Senkung aufzeigen [20, 21].

Sowohl die Kanaloplastik als auch die Phakokanaloplastik sind effektive Methoden zur Behandlung des progressiven Glaukoms. Eine zusätzliche IOD-Senkung durch eine kombinierte Kataraktoperation konnten wir nicht bestätigen, jedoch scheint auch eine entzündliche Reaktion mit Vernarbungsprozessen, wie bei fistulierenden Operationen, für die Kanaloplastik keine wesentliche Rolle zu spielen. Im klinischen Alltag bedeutet die Möglichkeit einer Phakokanaloplastik zusätzlich eine Erweiterung des Indikationsspektrums für Augen mit für diese Indikation grenzwertiger Kammerwinkelkonfiguration.

## Literatur

1. LEWIS RA, VON WOLFF K, TETZ M ET AL.: Canaloplasty: Three-year results of circumferential viscodilation and tensioning of Schlemm canal using a microcatheter to treat open-angle glaucoma. *J Cataract Refract Surg* 2011;37:682–690
2. KOERBER NJ: Canaloplasty in One Eye Compared With Viscocanalostomy in the Contralateral Eye in Patients With Bilateral Open-angle Glaucoma. *J Glaucoma* 2011 Jan 26 [Epub ahead of print]
3. SHINGLETON B, TETZ M, KOERBER N: Circumferential viscodilation and tensioning of Schlemm canal (canaloplasty) with temporal clear corneal phacoemulsification cataract surgery for open-angle glaucoma and visually significant cataract: one-year results. *J Cataract Refract Surg* 2008; 34:433–440
4. MATTHAEI M, STEINBERG J, WIERMANN A ET AL.: Canaloplasty: A new alternative in non-penetrating glaucoma surgery. *Ophthalmologie* 2010 Dec 18 [Epub ahead of print]
5. LOCHHEAD J, CASSON RJ, SALMON JF: Long term effect on intraocular pressure of phacotrabeculectomy compared to trabeculectomy. *Br J Ophthalmol* 2003;87:850–852
6. PARK M, HAYASHI K, TAKAHASHI H ET AL.: Phaco-viscocanalostomy versus phaco-trabeculectomy: a middle-term study. *J Glaucoma* 2006;15:456–461
7. CASSON RJ, SALMON JF: Combined surgery in the treatment of patients with cataract and primary open-angle glaucoma. *J Cataract Refract Surg* 2001;27:1854–1863
8. KLINK TH, MULLER M, ZIERHUT M, GEERLING G: Glaucoma and cataract. *Ophthalmologie* 2010; 107:403–408
9. MATHALONE N, HYAMS M, NEIMAN S ET AL.: Long-term intraocular pressure control after clear corneal phacoemulsification in glaucoma patients. *J Cataract Refract Surg* 2005;31:479–483
10. SHINGLETON BJ, PASTERNAK JJ, HUNG JW, O'DONOGHUE MW: Three and five year changes in intraocular pressures after clear corneal phacoemulsification in open angle glaucoma patients, glaucoma suspects, and normal patients. *J Glaucoma* 2006;15:494–498
11. DERBOLAV A, VASS C, MENAPACE R ET AL.: Long-term effect of phacoemulsification on intraocular pressure after trabeculectomy. *J Cataract Refract Surg* 2002;28:425–430
12. DOYLE JW, SMITH MF: Effect of phacoemulsification surgery on hypotony following trabeculectomy surgery. *Arch Ophthalmol* 2000;118:763–765
13. KLINK J, SCHMITZ B, LIEB WE ET AL.: Filtering bleb function after clear cornea phacoemulsification: a prospective study. *Br J Ophthalmol* 2005;89:597–601

14. REBOLLEDA G, MUNOZ-NEGRETE FJ: Phacoemulsification in eyes with functioning filtering blebs: a prospective study. *Ophthalmology* 2002;109:2248–2255
15. KHOKHAR S, SINDHU N, PANGTEY MS: Phacoemulsification in filtered chronic angle closure glaucoma eyes. *Clin Experiment Ophthalmol* 2002;30:256–260
16. LINK S, HARING G, HEDDERICH J: Effect of phacoemulsification and posterior chamber lens implantation on intraocular pressure in patients with and without open-angle glaucoma. *Ophthalmologie* 2000;97:402–406
17. HASSAN KM, AWADALLA MA: Results of combined phacoemulsification and viscocanalostomy in patients with cataract and pseudoexfoliative glaucoma. *Eur J Ophthalmol* 2008;18:212–219
18. WISHART MS, DAGRES E: Seven-year follow-up of combined cataract extraction and viscocanalostomy. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:2043–2049
19. GUEDES RA, GUEDES VM, CHAUBAH A: Does phacoemulsification affect the long-term success of non-penetrating deep sclerectomy? *Ophthalmic Surg Lasers Imaging* 2010;41:228–235
20. KOBAYASHI H, KOBAYASHI K: Randomized comparison of the intraocular pressure-lowering effect of phacoviscocanalostomy and phacotrabeculectomy. *Ophthalmology* 2007;114:909–914
21. PARK M, TANITO M, NISHIKAWA M ET AL.: Combined viscocanalostomy and cataract surgery compared with cataract surgery in Japanese patients with glaucoma. *J Glaucoma* 2004;13: 55–61
22. CHEN PP, WEAVER YK, BUDENZ DL ET AL.: Trabeculectomy function after cataract extraction. *Ophthalmology* 1998;105: 1928-1935





# Kontrollierte Zyklphotokoagulation: Individuelle Anpassung mit dem Frankfurter-Nomogramm

A. Mylan Hoang, C. Wirbelauer, A. Just, A. Berthold

## Zusammenfassung

Die kontrollierte Zyklphotokoagulation stellt eine gute Alternative zur Senkung des intraokularen Drucks (IOD) dar. In einer klinischen Untersuchung wurden die Wirksamkeit und die Sicherheit durch eine individuelle Anpassung der Herdzahl überprüft. Es wurden 47 Patienten mittels kontrollierter Zyklphotokoagulation (COCO II, Schwind) behandelt. Durch das Frankfurter-Nomogramm wurde eine Abhängigkeit zwischen dem präoperativen Maximaldruck, der Anzahl der zu applizierenden Herde und einer Sicherheitskorrektur nachgewiesen. Untersucht wurden der IOD-Verlauf sowie mögliche Komplikationen. Der präoperative maximale Druck lag durchschnittlich bei  $31 \pm 12$  mmHg. Nach entsprechender Anpassung durch das Frankfurter-Nomogramm wurden im Mittel 21 Herde gesetzt. Postoperativ konnte der mittlere IOD auf  $18 \pm 8$  mmHg signifikant ( $P < 0,05$ ) gesenkt werden. Der mittlere IOD-Abfall lag bei 41 %. Es gab eine signifikante Korrelation zwischen IOD-Abfall und Anzahl der Herde ( $r = -0,52$ ,  $P = 0,001$ ). Trotz der erhöhten Herdzahl kam es bisher zu keinen Komplikationen. Eine individuelle Anpassung der kontrollierten Zyklphotokoagulation durch das Frankfurter-Nomogramm konnte die Wirksamkeit verbessern und durch die geringe Komplikationsrate die hohe Sicherheit erhalten.

## Summary

The controlled cyclophotocoagulation (CPC) represents an adequate alternative to decrease the intraocular pressure. In a clinical study the efficacy and safety through the individual adaption of the number of applications were examined. 47 patients were treated with CPC (COCO II, Schwind) in local anesthesie. Patients were treated using our Frankfurt-Nomogram, which titrates the number of applications to the preoperative maximum pressure and a calculated safety factor. The intraocular pressures as well as possible complications were examined. The preoperative maximum pressure was in average  $31 \pm 12$  mmHg. A mean of 21 laser applications were set according the adaptations to the Frankfurt-Nomogram. A significant decrease of the mean intraocular pressure to  $18 \pm 8$  mmHg ( $P < 0.05$ ) was observed, which represented a decrease of 41 %, compared to preoperative values. There was a significant correlation between the decrease in intraocular pressure and the number of applications ( $r = -0.52$ ,  $P = 0.001$ ). Despite the individually increased number of applications there were no significant complications. Therefore, an individual adaptation of the controlled CPC through the Frankfurt-Nomogram enabled to increase the efficacy without compromising the high safety.

## **Standardisierte Zyklphotokoagulation: Drucksenkung oft zu gering**

Die Zyklphotokoagulation (CPC) ist ein etabliertes Verfahren zur Senkung des Augeninnendrucks und wird insbesondere bei schwer beherrschbaren Fällen angewendet [1, 2, 4, 6, 8]. Hierbei wird durch eine transsklerale hohe Energie der Ziliarkörper koaguliert, sodass eine Verringerung der Produktion, aber auch die Verbesserung des Abflusses des Kammerwassers über den uveo-skleralen Weg erzielt werden kann.

Im Jahr 1972 beschrieben Beckman et al. als Erstes die Anwendung der transskleralen Zyklphotokoagulation mit dem Rubinlaser (693 nm) [1]. In den folgenden Jahrzehnten wurde die Methode der Zyklphotokoagulation weiterentwickelt [4, 8]. Inzwischen wird für die transsklerale Applikation meistens infrarotes Licht mit einer Wellenlänge von 810 nm verwendet. Hierbei wird das Laserlicht durch den Ziliarkörper absorbiert und eine Zerstörung und Koagulation des Ziliarkörperepithels hervorgerufen.

Bei der kontrollierten Zyklphotokoagulation werden in der Regel 16 Applikationsherde empfohlen [7]. Aufgrund der unterschiedlichen Diagnosegruppen führt diese Standardisierung oftmals nicht zu einer ausreichenden Senkung des intraokularen Druckes (IOD). Das Konzept des Frankfurter-Nomogramms beschreibt die individuelle Anpassung der Herdzahl in Abhängigkeit vom IOD. Dabei wird der präoperative Maximaldruck betrachtet, und es erfolgt nach diesem Nomogramm ein individueller Abzug (Korrekturwert); dies soll die Wirksamkeit erhöhen, aber gleichzeitig die Sicherheit der Behandlung gewährleisten.

In unserer klinischen Untersuchung wurden die Wirksamkeit und die Sicherheit durch eine individuelle Anpassung weiter optimiert und überprüft.

## **Führt zu besseren Ergebnissen: Individualisierte Zyklphotokoagulation**

In unserer retrospektiven Untersuchung wurden 49 Augen von 47 Patienten (25 männlich, 24 weiblich; mittleres Alter  $70 \pm 11$  Jahre) eingeschlossen. Alle Patienten wurden präoperativ eingehend ophthalmologisch untersucht. Dies beinhaltete die Bestimmung des bestkorrigierten Visus, die Biomikroskopie an der Spaltlampe mit Erfassung einer Rubeosis iridis, die Fundoskopie, den IOD sowie die statische Perimetrie (Humphrey Field Analyzer-II, 24-2-Schwellentest). Eingeschlossen wurden Patienten mit den Indikationen Offenwinkelglaukom ( $n = 24$ ), sekundäres Glaukom ( $n = 14$ ), PEX ( $n = 7$ ), Engwinkelglaukom ( $n = 3$ ) und Pigmentdispersionsglaukom ( $n = 1$ ) mit einer bereits bis zu fünffachen Kombinationstherapie.

Grund für die Behandlung von Patienten mit einem Offenwinkelglaukom waren vernarbende Bindehautverhältnisse nach vorausgegangenen Operationen oder ein relativ junges Alter mit bekanntlich hohem Vernarbungsrisiko bei fistulierenden Operationen. 45 % der Patienten wurden zu dem Zeitpunkt bereits mit einer intensiveren Therapie von mehr als einer zweifachen Kombinationstherapie behandelt.

Die transsklerale Zyklphotokoagulation wurde mit dem COCO-II-Gerät (Schwind, Kleinostheim) durchgeführt [5]. Es handelt sich um eine kontrollierte Zyklphoto-

koagulation mit einer Wellenlänge von  $809\pm 5$  nm. Die Laserleistung von 5000 mW wurde konstant gehalten mit einer maximalen Expositionszeit von 500 ms. Als Lokalanästhesie wurde die Tropf-Gel-Anästhesie mittels Novesine (Oxybuprocain) 0,4 % Augentropfen und Xylocain (Lidocain) 2 % Gel gewählt. Bei anhaltenden Schmerzen wurde zusätzlich Xylocain (Lidocain) 2 % subkonjunktival injiziert.

Die zu applizierende Herdzahl richtete sich individuell nach dem Frankfurter-Nomogramm (Abb. 1). Koaguliert wurde in einem Limbusabstand von 3,5 mm (Übergang zwischen Pars plicata und Pars plana des Ziliarkörpers), zirkulär angeordnet unter Aussparung des temporal oberen Quadranten, um eine mögliche Phthisis zu vermeiden.

Postoperativ wurden die Patienten mit einem Kombinationspräparat von Dexamethason und Gentamicin Augentropfen behandelt. Zusätzlich erhielten die Patienten bei Bedarf als orale Schmerzmedikation Novaminsulfon (Metamizol) Tropfen.

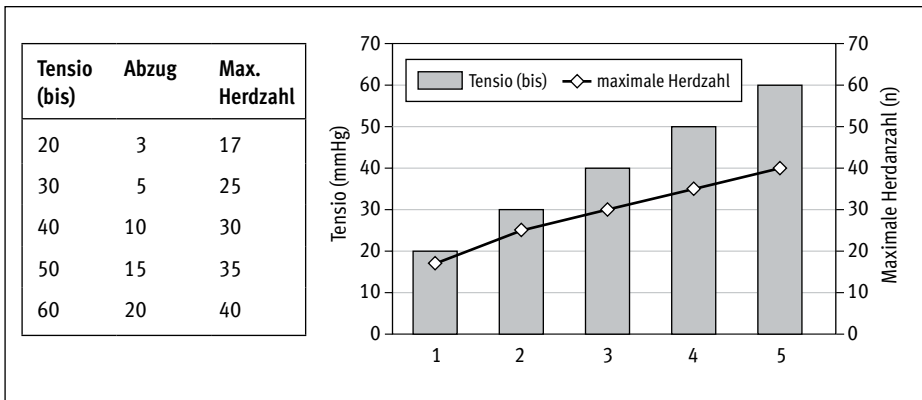


Abb. 1: Frankfurter-Nomogramm zur individuellen Anpassung der Herdzahl bei der kontrollierten CPC

### Mittlere Drucksenkung 13 mmHg, keine ernsten Komplikationen

Bei unserem Patientenkollektiv zeigten sich fortgeschrittene Gesichtsfelddefekte mit einer deutlichen Abnahme der mittleren Abweichung der retinalen Empfindlichkeit auf im Mittel  $-12,47$  dB (SD  $\pm 11$  dB). Der Visus lag durchschnittlich bei 0,4 (SD  $\pm 0,3$ ). 55 % der Patienten (26) waren pseudophak und 45 % (21) der Patienten hatten noch ihre natürliche Linse. Die Patienten wurden mit einer durchschnittlichen Herdzahl von 21 Herden behandelt mit einem Minimum von 13 und einem Maximum von 31 Herden (Abb. 3). Die insgesamt ins Auge applizierte mittlere Energie lag bei 20 mW und die Dauer der abgegebenen Laserpulse bei 171 ms.

Der präoperative maximale IOD lag im Mittel bei 31 mmHg (SD  $\pm 12$  mmHg) und verringerte sich postoperativ auf einem Mittelwert von 18 mmHg (SD  $\pm 8$  mmHg) ( $P < 0,001$ ) (Abb. 2). Es konnte gezeigt werden, dass 91 % der Patienten, die aufgrund eines Offenwinkelglaukoms behandelt wurden, eine postoperative Tension von unter

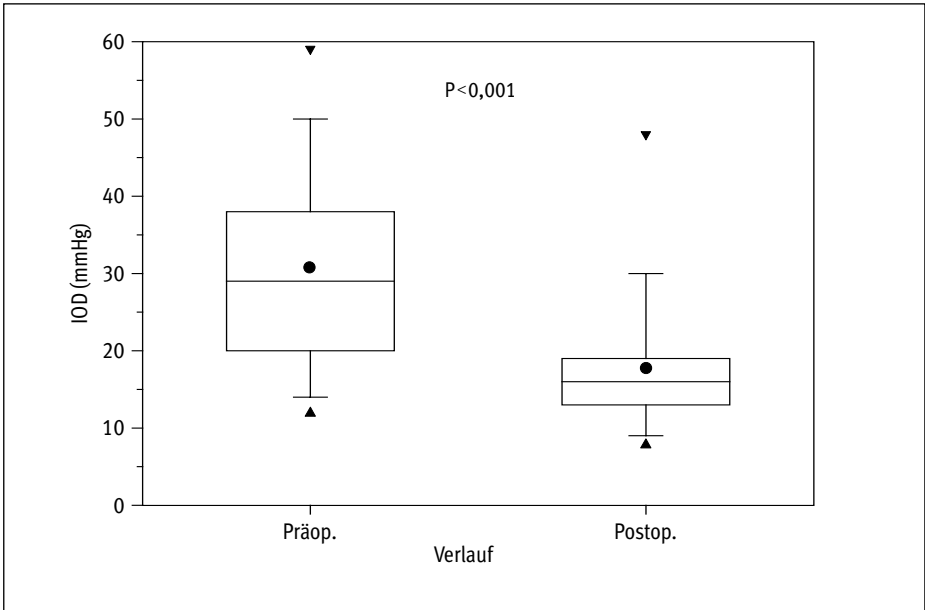


Abb. 2: Grafische Darstellung des prä- und postoperativen intraokularen Druckes (IOD)

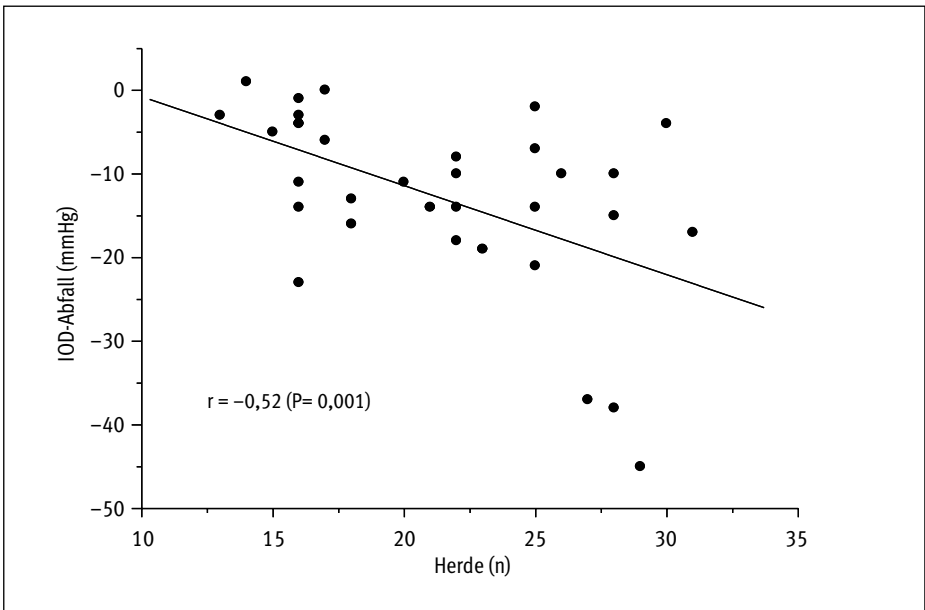


Abb. 3: Grafische Darstellung des Zusammenhangs zwischen der applizierten Herdzahl und der Drucksenkung

21 mmHg erreichten. Bei 50 % der Patienten mit einem sekundären Glaukom, die bereits einen chronisch hohen Augeninnendruck aufwiesen, war ein postoperativer Druck von unter 28 mmHg zu beobachten.

Es zeigte sich ein signifikanter Zusammenhang ( $r = -0,52$ ,  $P = 0,001$ ) zwischen der Zahl der Herde und der erreichten Drucksenkung (Abb. 3). Dies zeigte, dass eine höhere Herdzahl auch einen stärkeren Druckabfall bewirkte, im Durchschnitt um 13 mmHg (-41 %).

In unserer Untersuchung zeigte sich eine sehr geringe Häufigkeit an Komplikationen. Bei 29 Patienten (52 %) konnte gar keine Komplikation festgestellt werden und bei 16 Patienten (29 %) ein leichter Vorderkammerreiz mit Zellen ohne Fibrinbildung. Weitere Komplikationen wie ein Hyposphagma (2 %), eine Hornhautstipung (2 %) oder eine Irishyperämie (2 %) waren ebenfalls sehr selten.

### Individualisierte Zyklphotokoagulation: Gute Verträglichkeit

Die CPC zeigte als operative Methode zur Senkung des Augeninnendrucks eine hohe Verträglichkeit mit intraoperativ geringen Schmerzen [8].

Es konnte in keinem Fall eine schwerwiegendere Komplikation, wie eine Phthisis oder eine protrahierte Bulbushypotonie, festgestellt werden. Durch diese geringe Komplikationsrate war eine hohe Sicherheit vorhanden. Durch die Kombination aus kontrollierter Koagulation und individueller Anpassung der Herdzahl stellt deshalb dieses Verfahren eine relativ nebenwirkungsarme und effektive Alternative zur Behandlung sowohl von sekundären Glaukomen als auch von primären Offenwinkelglaukomen mit ungünstiger Bindehautsituation dar.

### Literatur

1. BECKMANN H, KINOSHITA A, ROTA AN, SUGAR HS: Transcleral ruby laser irradiation of the ciliary body in the treatment of intractable glaucoma. *Trans Am Acad Ophthalmol Otolaryngol* 1972;76:423–436
2. BLOOM PA, TSAI JC, SHARMA K ET AL.: „Cyclodiode“. Transcleral diode laser cyclophotocoagulation in the treatment of advanced refractory glaucoma. *Ophthalmology* 1997;104:1508–1519
3. EUROPEAN GLAUCOMA SOCIETY: Terminology and Guidelines for Glaucoma. 2008;3rd edn.
4. PASTOR SA, SINGH K, LEE DA: Cyclophotocoagulation, a report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology* 2001;108:2130–2138
5. PREUßNER PR: Kontrollierte Zyklphotokoagulation. *Ophthalmologe* 1998;95:645–650
6. SCHLOTE T, DERSE M, RASSMANN K ET AL.: Efficacy and safety of contact transcleral diode laser cyclophotocoagulation for advanced glaucoma. *J Glaucoma* 2001;10:294–301
7. SPENCER AF, VERNON SA: „Cyclodiode“: results of a standard protocol. *Br J Ophthalmol* 1999; 83:311–316
8. TZAMALIS A, PHAM DT, WIRBELAUER C: Diode-laser cyclophotocoagulation (DCPC) versus cyclocryotherapy (CCT) in the treatment of refractory glaucoma. *Eur J Ophthalmol* 2011 (im Druck)



# Biometrie





# Refraktionswerte 12 Monate nach Implantation der Light Adjustable Lens (LAL)

T. Neuhann, E. Jakobs, S. Hache

## Zusammenfassung

Bei 39 Augen wurde die kristalline getrübte Linse gegen eine lichtadjustierbare Silikonlinse (LAL) getauscht. Die Operation wurde in allen Fällen vom selben Operateur unter topischer Anästhesie mit Kleinschnitttechnik durchgeführt. Im Anschluss an den operativen Eingriff trugen die Patienten, während sie wach waren, eine 100 % filternde Brille bis zum Abschluss der Behandlung. Hatte sich die postoperative Refraktion stabilisiert – dies war durchschnittlich nach 14 Tagen unter lokaler Steroidtherapie der Fall –, konnte erstmals die Refraktion bestimmt werden. Die ermittelten Refraktionswerte wurden anschließend in das digitale „light delivery device“ – ein UV-Bestrahlungsgerät – eingegeben, nachdem die Zielrefraktion bestimmt war. In 3 bis 4 UV-Lichtbehandlungen wurden die lichtsensitiven Silikonmakromere derart fotopolymerisiert, dass schließlich die gewünschte Zielrefraktion erreicht wurde [1]. Nach 12 Monaten wurde erneut die Refraktion der betroffenen Augen bestimmt, um vor allem die Stabilität der Refraktion und des Visus zu prüfen.

## Summary

In 39 eyes cataract surgery was performed implanting a light adjustable lens device into the capsular bag. In all cases uneventful small incision phacoemulsification was performed under topical anesthesia by the same surgeon. During the postoperative phase all patients had to wear 100% protecting UV-light glasses during day time till the end of the last UV-light treatment. After refractive stabilization – in the mean after two weeks under topical steroids – the first UV light treatment was performed knowing the actual and target refraction. Most patients had three treatments some needed a fourth treatment to reach the final refraction. 12 months later subjective refraction and visual acuity was measured to prove the stability of the implant comparing it with the 4 weeks results.

## Einleitung

Seit mehr als 60 Jahren wird während einer Kataraktoperation eine Kunstlinse eingesetzt mit der Absicht, postoperativ die besprochene Zielrefraktion zu erreichen. Dies gelingt immer häufiger, aber eben nicht in allen Fällen. Die Gründe für das Versagen der angestrebten Zielrefraktion sind wohl bekannt, aber trotz dieses Wissens nicht immer vermeidbar [2]. Zahlreiche Verbesserungen auf dem Gebiet der Biometrie sowie der anschließenden Kalkulation durch moderne Formeln lassen dennoch Fehlkalkulationen zu [3].

Die Dioptrien der neuen Light Adjustable Lens (LAL) werden ebenfalls mit diesen modernen biometrischen Techniken bestimmt, ermöglichen jedoch additiv durch die postoperative Lichtbehandlung von  $\pm 2$  dpt sphärisch sowie torisch postoperativ die

Feinkorrektur der IOL für die gewünschte Zielrefraktion. Dies ist einzigartig und genau die Option, nach welcher seit 60 Jahren gesucht wurde. Dies wurde in Publikationen bereits des Öfteren bestätigt [4, 5]. Frage war nun, ob diese einmal erreichte Zielrefraktion von Dauer ist.

## Material und Methode

Bei 39 Augen – 25 weiblich und elf männlich – wurde die Light Adjustable Lens in der AaM Augenklinik am Marienplatz nach beschriebener Operation in allen Fällen komplikationslos implantiert. Das durchschnittliche Alter der Patienten lag bei 64 Jahren (49 bis 77 Jahre). Die Verteilung zwischen 20 rechten Augen (51,3 %) und 19 linken Augen (48,7 %) war nahezu ausgewogen. Die zwölfmonatige Nachuntersuchungsquote lag bei 72,8 %.

Bei allen behandelten Augen wurde präoperativ sowohl eine Hornhauttopografie, eine korneale Aberrometrie, eine Hornhautendotheluntersuchung [6] als auch eine IOLMaster-Biometrie und die okuläre Kohärenztomografie der zentralen Netzhaut durchgeführt. Unter Verwendung der Hoffer-Q-Formel wurden dann die Dioptrien der zu implantierenden LAL berechnet und mit der beschriebenen Operationstechnik implantiert.

Postoperativ erhielten die Patienten zur topischen Therapie des operierten Auges Prednisolonacetat-haltige Augentropfen in wöchentlich absteigender Dosierung sowie zwei 100 % UV-filternde Brillen zur permanenten UV-Protektion der implantierten LAL, um unerwünschte Veränderungen der LAL auszuschließen.

Zwei Wochen postoperativ wird die ermittelte Refraktion in das digitale Bestrahlungsgerät eingegeben. Die zugrunde liegende zertifizierte Software bestimmt sowohl Bestrahlungsart als auch Häufigkeit und Länge der Behandlung. Muss die Brechkraft erhöht werden, wird vor allem der zentrale Teil der LAL fotopolymerisiert, die Linse wird dicker, die Brechkraft nimmt zu. Werden die Ränder der LAL bestrahlt, werden diese dicker, das Zentrum der LAL flacht ab, die Brechkraft nimmt ab. Auf ähnliche Weise wird der Astigmatismus behandelt und die LAL torisch geformt. Die beiden letzten Behandlungen sind für die Fixierung der LAL bestimmt.

## Ergebnisse

Während direkt postoperativ die sphärische Refraktion der implantierten LAL zwischen  $-2,0$  dpt und  $+2,25$  dpt lag, war der astigmatische Wert mit bis zu  $2,5$  dpt unverändert zu den präoperativen Daten.

Nach der dritten bzw. vierten UV-Lichtbehandlung mit dem „light delivery device“ lagen bei 92,8 % Patienten die sphärischen und torischen Werte nicht nur direkt nach UV-Behandlung bei  $\pm 0,5$  dpt, sondern auch zwölf Monate später (Abb. 1a, b, c).

Die Stabilität des sphärischen Äquivalents ist ebenso nach zwölf Monaten sehr stabil und zeigt keine statistisch relevanten Veränderungen (Abb. 2).

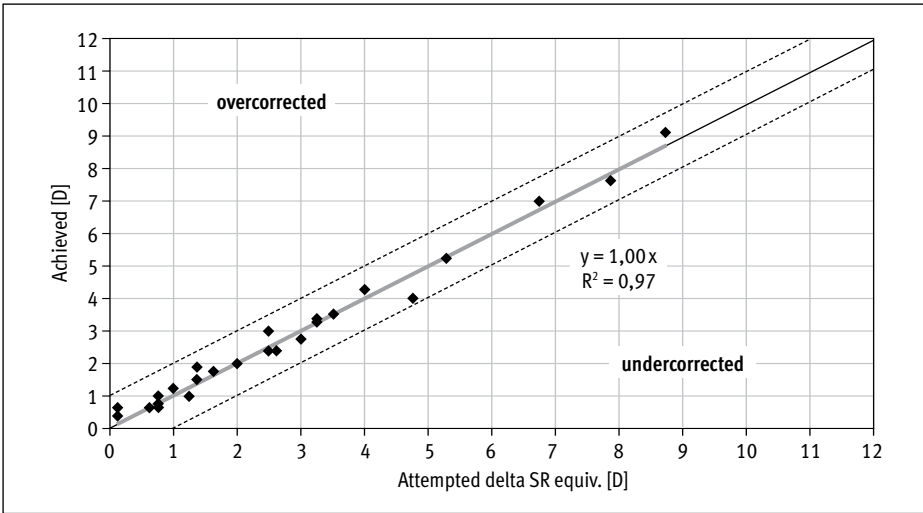


Abb. 1a: Streuung der sphärischen Refraktionswerte 12 Monate nach Behandlung

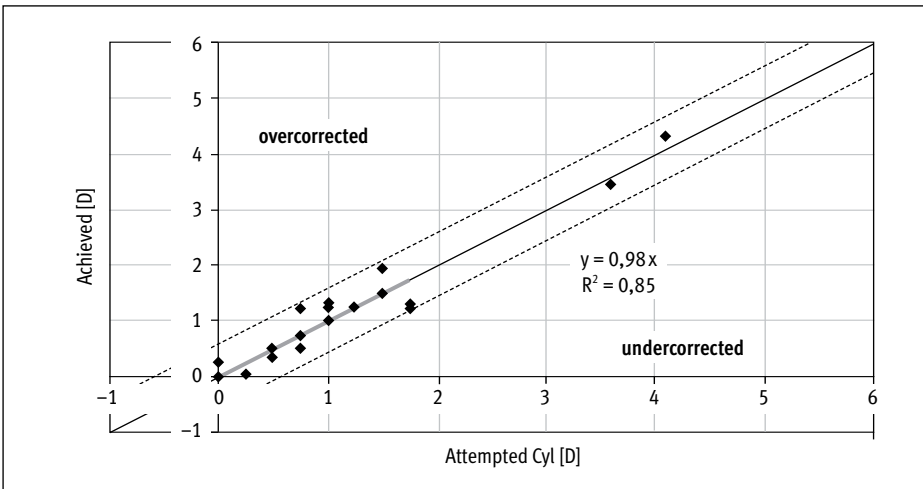
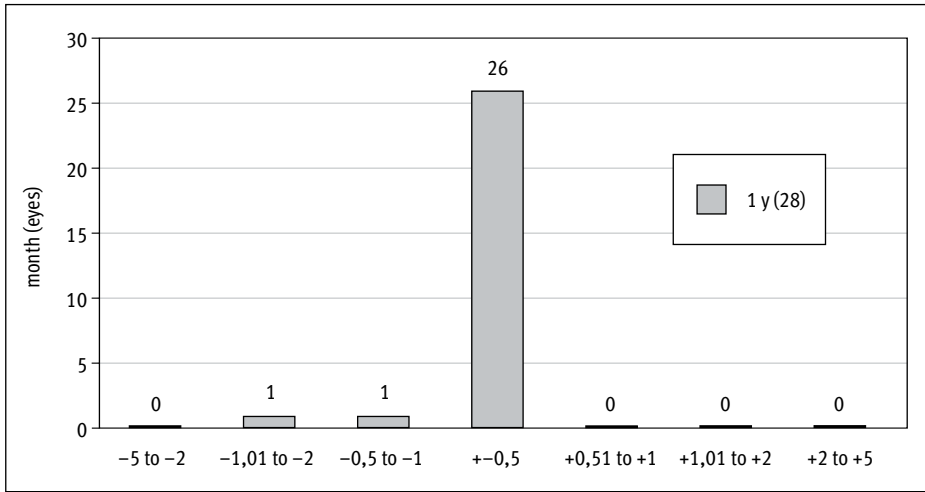
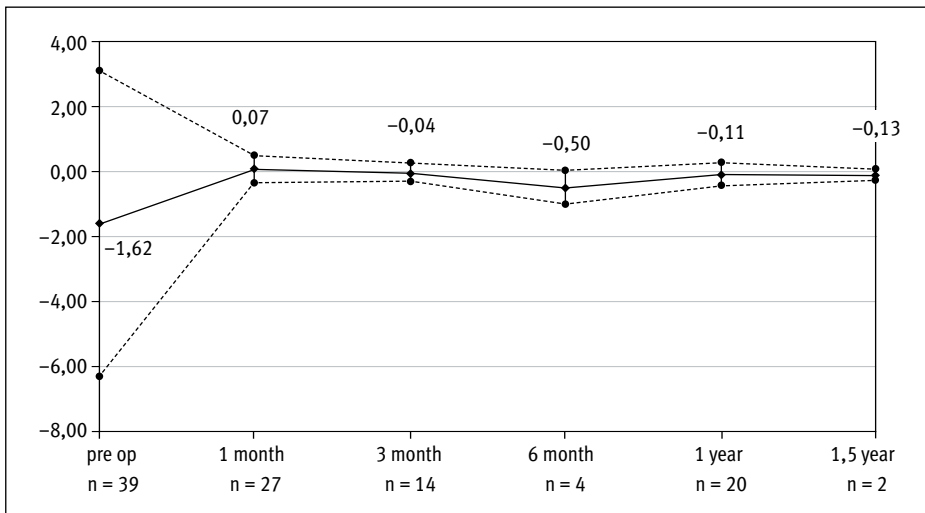


Abb. 1b: Streuung der torischen Refraktionswerte 12 Monate nach Behandlung



**Abb. 1c:** Bei 26 Augen von 28 Augen liegt die Refraktion 12 Monate postoperativ innerhalb  $\pm 0,5$  dpt. Die höchste Abweichung bei einem Auge liegt bei  $-1$  dpt sowie bei einem Auge mit  $-0,75 -0,5cA90^\circ$



**Abb. 2:** 12-monatige postoperative Refraktionsstabilität

## Diskussion

Die hohe Erfolgsquote sowohl hinsichtlich der Durchführung der Kataraktoperation als auch der angestrebten Zielrefraktion erhöht deutlich den Erfolgsdruck auf den heutigen Operateur. Fehlrefraktionen, auch wenn dieses Problem präoperativ besprochen wurde, wird von den betroffenen Patienten kaum mehr akzeptiert und führt zu hoher Unzufriedenheit sowohl des Patienten als auch des Arztes.

Während die Zielgenauigkeit der postoperativen Korrektur mittels der Applanationsultraschalltechnologie (A-Bild) im Bereich von  $\pm 3$  dpt liegt [6], konnte mittels der kontaktfreien optischen Kohärenzinterferometrie die Biometrie wesentlich verbessert werden. Heute liegt bei 95 % der Patienten die postoperative Refraktion im gewünschten Bereich, wenn mit der optischen Interferometrie gemessen werden konnte [7]. Weitere Verbesserungen dieser Ergebnisse werden durch Hinzuziehung zusätzlicher biometrischer Daten erwartet [8].

Im Fall der LAL wird ein komplett anderes Konzept verfolgt: Die individuelle postoperative Feinjustierung der unerwünschten Restrefraktion. Diese Lösung erscheint derzeit als die logischste und erfolgreichste, da es sich im Fall des menschlichen Auges um eine biologische Optik handelt, die subjektiv „nur“ im Bereich von  $\pm 0,5$  dpt Genauigkeit liegt. Der Unterschied in der Messgenauigkeit zu einer technischen Optik liegt im Bereich von Faktor 10!

Die unterschiedlichen biologischen biometrischen Daten sieht man immer wieder in den Resultaten der Messungen [9]. Des Weiteren gibt es Situationen, in denen die klassische wie optische Biometrie versagt: im Fall der muren Katarakt, der hinteren Schalenkatarakt – *Cataracta scutellaris posterior* –, dem Zustand nach kornealen refraktiven Eingriffen wie LASIK, LASEK oder PRK, bei Keratokonus oder anderen Hornhauterkrankungen. In diesen Fällen kann man mit den beschriebenen Methoden – Ultraschall- oder Interferenzbiometrie – nur orientierende Werte ermitteln.

Die LAL gibt Patient und Arzt jedoch postoperativ die Möglichkeit, bei nur einem operativen Eingriff und anschließender Lichtbehandlung die Genauigkeit der postoperativen Refraktion in den gewünschten Bereich zu optimieren, da eben die postoperative Refraktion individuell nachjustiert werden kann [10].

Dieses noch junge anspruchsvolle Konzept, dessen Möglichkeiten noch längst nicht ausgeschöpft sind, muss seine Überlegenheit zu den etablierten Verfahren weiterhin unter Beweis stellen. Dennoch sind unsere ersten Ergebnisse zur Refraktionsstabilität sehr ermutigend, bedürfen aber noch weiterer Bestätigung.

## Literatur

1. HENGERER FH, MELLEIN AC, BUCHNER SE, DICK HB: The light-adjustable lens. Principles and clinical application. *Ophthalmology* 2009 Mar;106(3):260–264
2. BANG S, EDELL E, YU Q ET AL.: Accuracy of intraocular lens calculations using the IOLMaster in eyes with long axial length and a comparison of various formulas. *Ophthalmology* 2011 Mar;118(3):503–506
3. PREUBNER PR: Accuracy limits in IOL calculation: current status. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 2007 Dec;224(12):893–839. German
4. HENGERER FH, HÜTZ WW, DICK HB, CONRAD-HENGERER I: Combined Correction of Axial Hyperopia and Astigmatism Using the Light Adjustable Intraocular Lens. *Ophthalmology* 2011 Mar 23
5. VON MOHRENFELS CW, SALGADO J, KHORAMNIA R ET AL.: Clinical results with the light adjustable intraocular lens after cataract surgery. *J Refract Surg* 2010 May;26(5):314–320

6. LICHTINGER A, SANDSTEDT CA, PADILLA K ET AL.: Corneal endothelial safety after ultraviolet light treatment of the light-adjustable intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2011 Feb;37(2):324–327
7. OLSEN T: Improved accuracy of intraocular lens power calculation with the Zeiss IOLMaster. *Acta Ophthalmol Scand* 2007 Feb;85(1):84–87
8. HAIGIS W: IOL power calculations. *Ophthalmology* 2010 Feb;117(2):400–401
9. MCCARTHY M, GAVANSKI GM, PATON KE, HOLLAND SP: Intraocular lens power calculations after myopic laser refractive surgery: a comparison of methods in 173 eyes. *Ophthalmology* 2011 May;118(5):940–944
10. LICHTINGER A, SANDSTEDT CA, SCHWARTZ DM, CHAYET AS: Correction of Astigmatism After Cataract Surgery Using the Light Adjustable Lens: A 1-Year Follow-Up Pilot Study. *J Refract Surg* 2011 Jan 17:1–4

# Zusammenhang zwischen dem Durchmesser der Optik und der A-Konstante am Beispiel der Intraokularlinse Model 620H

N. V. Weber, St. Mennel, W. Sekundo

## Zusammenfassung

**Fragestellung:** Macht die Änderung des Optikdurchmessers eine Anpassung der A-Konstante erforderlich? Um diese Frage zu beantworten, wurden die C.Flex 570C (Rayner Ltd./GB) mit einem Gesamtdurchmesser von 12,0 mm und die Superflex 620H (Rayner Ltd./GB) mit einem Gesamtdurchmesser von 12,50 mm verglichen. In allen anderen Parametern sind die IOLs identisch.

**Methodik:** Es wurde an 48 Augen von 41 Patientin durch einen erfahrenen Chirurgen in Clear-Cornea-Technik eine Phakoemulsifikation mit Hinterkammerlinsenimplantation durchgeführt. Zur IOL-Berechnung wurde die optische Kohärenzbiometrie (IOLMaster, Carl Zeiss Meditec) und die SRK/T-Formel verwendet. 3 Monate postoperativ wurde die objektive und subjektive Refraktion der Patienten erhoben, in das Berechnungsprogramm des IOLMasters eingegeben und die A-Konstante optimiert.

Mit der modifizierten A-Konstante wurden 20 Augen von 20 Patienten auf dieselbe Art und von demselben Chirurgen operiert und nachbeobachtet.

**Ergebnisse:** Die vom Hersteller empfohlene A-Konstante für die optische Kohärenzbiometrie und die SRK/T-Formel von 119,10 wurde auf 118,90 optimiert. Das entspricht einer IOL-Stärkendifferenz von 0,5 dpt.

**Schlussfolgerung:** Die Änderung des Optikdurchmessers führt anscheinend zu einer veränderten Position im Iris-Linsen-Diaphragma. Diese Theorie muss noch weiter evaluiert werden.

## Summary

**Purpose:** To analyse the effect of the IOL diameter on a constant to improve the refractive outcome. The IOL used are the C-Flex 570C (Rayner LTD/GB) with an overall diameter of 12.0 mm and the Superflex 620H (Rayner LTD/GB) with an overall diameter of 12.5 mm. In all other material and design parameter these 2 IOL are identical. Does the increased diameter lead to a different a constant?

**Methods:** 48 eyes of 41 patients underwent clear cornea phakoemulsification and implantation of the 620H IOL. The operation was done by one experienced surgeon. The IOL power was measured using partial coherence interferometry (IOLMaster, Carl Zeiss Meditec), the SRK/T formula and the formerly adopted a constant for the C-Flex which was 119.1 (recommended a constant: 118.0).

After 3 month the objective and subjective refraction was examined and a constant for the 620H was re-calculated using the IOLMaster program.

Then another 20 eyes of 20 patients underwent clear cornea phakoemulsification and implantation of the 620H IOL. The IOL power was calculated with the adopted a-constant.

**Results:** The adopted a constant for the 620H IOL is 188.9 which equals 0.50 D.

**Discussion:** It seems, that the increased diameter of the 620H IOL to the 570C IOL leads to a different position within the lens-iris-diaphragm. Further evaluations to proof this theory have to be made.

## Einleitung

Die vom Hersteller angegebene A-Konstante für die IOL 620H (Superflex, Rayner LTd/GB) ist ein objektiv ermittelter Wert, der sich von dem Wert des Models 570C (C-Flex, Rayner Ltd./GB) ableitet. Der Unterschied zwischen den beiden Modellen liegt einzig im Durchmesser (Superflex: 12,5 mm, C-Flex: 12,0 mm).

Wir haben vor einigen Jahren im Rahmen einer FDA-Studie die A-Konstante für die C-Flex optimiert. Hierfür wurde an 60 Augen von 60 Patienten eine Clear-Cornea-Phakoemulsifikation mit Implantation der 570C von einem erfahrenen Chirurgen vorgenommen. Die objektive und subjektive Refraktion wurde nach drei Monaten erhoben und in das Optimierungsprogramm des IOLMasters eingegeben. Die optimierte A-Konstante für die 570C betrug 119,10 gegenüber der theoretischen A-Konstante von 118,0. Das Model 620H unterscheidet sich von dem Model 570C ausschließlich durch den vergrößerten Optik- und Gesamtdurchmesser. Wir verwendeten daher zur Berechnung der IOL-Stärke die optimierte A-Konstante der 570C. Mit dieser Studie wollten wir prüfen, ob die A-Konstante durch den geänderten Parameterdurchmesser beeinflusst wird (Abb. 1).

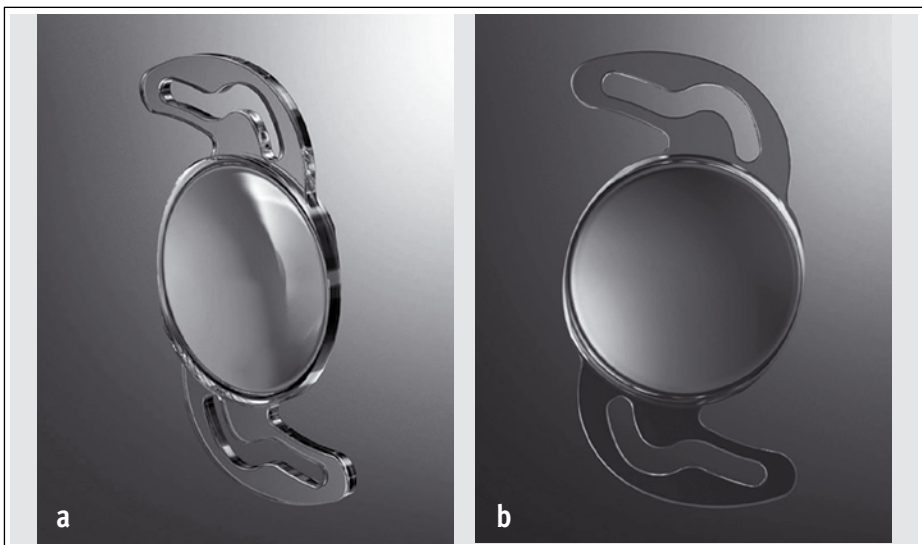


Abb. 1: a) 570C (C-Flex), b) 620H (Superflex)



## Methoden

Es wurde an 48 Augen von 41 Patienten durch einen erfahrenen Chirurgen in Clear-Cornea-Technik eine Phakoemulsifikation mit Implantation einer 620H durchgeführt. Zur IOL-Berechnung wurde die optische Kohärenzbiometrie (IOLMaster, Carl Zeiss Meditec) und die SRK/T-Formel sowie die optimierte A-Konstante 119,10 verwandt. Nach drei Monaten wurde die objektive und subjektive Refraktion der Patienten erhoben, in das Berechnungsprogramm des IOLMasters eingegeben und die A-Konstante optimiert.

Mit der für die 620H optimierten A-Konstante wurden weitere 20 Augen von 20 Patienten auf dieselbe Art und von demselben Chirurgen operiert und nachbeobachtet.

## Ergebnisse

Die theoretische A-Konstante für die optische Kohärenzbiometrie und die SRK/T-Formel konnte für die 620H von 119,10 auf 118,90 optimiert werden. Das entspricht einer IOL-Stärkendifferenz von 0,5 dpt (Tab. 1).

620 H (Superflex)	Mittelwertdifferenz zwischen Zielrefraktion und tatsächlicher Refraktion in dpt
118,0 (Hersteller)	0,29
118,9 (optimierte A-Konstante)	0,01
119,1 (optimierte A-Konstante C-Flex)	0,18

Tab. 1

## Schlussfolgerung

Die optimierte A-Konstante der 570C weicht um 0,20 von der optimierten A-Konstante der 620H ab. Da der einzige geänderte Parameter zwischen diesen beiden IOLs und der Durchführung der Operation der Durchmesser ist, liegt der Schluss nahe, dass eine Änderung des Durchmessers zu einer Änderung der A-Konstante führt.

Inwieweit der größere Gesamtdurchmesser zu einer versetzten Lage innerhalb des Iris-Linsen-Diaphragmas führt, muss noch evaluiert werden.

## Literatur

1. ARISTODEMOU P, KNOX CARTWRIGHT NE, SPARROW JM, JOHNSTON RL: Intraocular lens formula constant optimization and partial coherence interferometry biometry: Refractive outcomes in 8108 eyes after cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2011 Jan;37(1):50–62
2. CHARALAMPIDOU S, CASSIDY L, NG E ET AL.: Effect on refractive outcomes after cataract surgery of intraocular lens constant personalization using the Haigis formula. *J Cataract Refract Surg* 2010 Jul;36(7):1081–1089
3. SAVINI G, BARBONI P, CARBONELLI M, HOFFER KJ: Accuracy of a dual Scheimpflug analyzer and a corneal topography system for intraocular lens power calculation in unoperated eyes. *J Cataract Refract Surg* 2011;Jan;37(1):72–76

# Wiederholbarkeit densitometrischer Messungen der kristallinen Linse mittels Scheimpflug-Fotografie

X. Weiner, J. Bühren, O. Klaproth, M. Baumeister, T. Kohnen

## Zusammenfassung

**Fragestellung:** Evaluation der Wiederholbarkeit einer Messmethode (Pentacam® HR Oculus, Wetzlar) zur objektiven Vermessung der Linsendensitometrie, beruhend auf dem Scheimpflug-Verfahren.

**Methodik:** Untersucht wurden 130 Augen in Mydriasis. Jedes Auge wurde in zwei zu vergleichenden Messreihen, bestehend aus drei Einzelmessungen, erfasst. Für die Densitometrie stehen in der Pentacam-Software drei verschiedene Auswertungsmodi zur Bestimmung der Linsentrübung zur Verfügung: Peak (Maximalwert), Linear (Messung entlang einer zentralen Achse) und 3-D (Messung innerhalb eines dreidimensionalen Prüfkörpers). Die Ergebnisse wurden jeweils nach der Methode von Bland und Altman ausgewertet. Als statistische Kenngrößen dienten der Wiederholbarkeitskoeffizient (Coefficient of Repeatability, COR) sowie die relative Wiederholbarkeit (RR, das Verhältnis aus COR und dem Betrag des Mittelwerts aller Messungen).

**Ergebnisse:** In der linearen und 3-D-Messmethode lag der COR bei 0,9 (RR: 8,7 %) und 0,37 (RR: 3,56 %). Der Peak-Messmodus erreicht mit einem COR von 5,5 (rel. COR: 29,3 %) ein niedrigeres Reliabilitätsniveau.

**Schlussfolgerungen:** Die Linsendensitometrie, erfasst durch die Pentacam®, ist in hohem Maße wiederholbar.

## Summary

**Purpose:** To evaluate an objective method (Pentacam® HR Oculus, Wetzlar) measuring lens densitometry based on the Scheimpflug principle.

**Methods:** 130 eyes were examined in diagnostic mydriasis. Each eye was evaluated comparing two successive measurements, both consisting of three single consecutive measurements. The assessment of the lens densitometry comprehends the application of three different analysis modes: Peak value, linear mode and 3D-mode. As statistical method, Bland-Altman-analysis was employed, using the corresponding parameters like the COR (coefficient of repeatability) and the relative repeatability (RR).

**Results:** The COR of the linear and the 3D mode added up to a COR of 0.9 (RR: 8.6 %) and 0.36 (RR: 3.56 %). The Peak-mode reaches a lower level of repeatability with a COR of 5.5 (RR: 29.3 %).

**Conclusion:** Lens densitometry measured by Scheimpflug imaging is highly repeatable.

## Hintergrund

Die altersbedingte Trübung der kristallinen Linse ist ein alltäglich beobachtetes Phänomen. Aufgrund ihrer hohen Prävalenz ist die operative Therapie der Katarakt die weltweit am häufigsten durchgeführte operative Prozedur. Die geschätzte Zahl der operativen Katarakteingriffe beläuft sich in Deutschland auf über 600.000 [1].

Die Katarakt wird im Allgemeinen durch den Augenarzt subjektiv eingeschätzt und dann – falls nötig – einer operativen Therapie zugeführt. Auch ein objektivierender Score wie der LOCS III [2], der Katarakte je nach Lokalisation und ihrer Grade einteilt, beruht auf einer individuellen Einschätzung des Untersuchers und bietet so eine Angriffsfläche für untersucherabhängige Differenzen bei ophthalmologischen Studien.

Eine quantitative und objektive Methode, um die Trübung der Linse exakt zu erfassen, würde einen Fortschritt bedeuten, da hierdurch eine Untersuchung der Korrelation zwischen der Morphologie und der Funktion der Linse für die Presbyopieforschung erfolgen könnte. Eine andere denkbare Anwendung einer solchen Technologie könnte die Analyse eines wahrscheinlichen Zusammenhangs zwischen der Trübung der Linse und einer eventuellen Visuseinschränkung sein, die insbesondere für forensische Fragestellungen interessant werden könnte. Die vorliegende Studie soll nun zeigen, ob die Pentacam HR diese Anforderungen erfüllt und für die klinische und wissenschaftliche Anwendung zur Densitometrie der Linse geeignet ist. Die Studie wurde durch die Ethikkommission der Universitätsklinik der Goethe-Universität in Frankfurt am Main überprüft und bewilligt.

## Patienten und Methode

### Patienten

Insgesamt konnten 130 Augen von 72 Patienten in die Studie eingeschlossen werden. Je nach Alter wurde das vorliegende Kollektiv in drei Gruppen eingeteilt (Abb. 1). Einschlusskriterien waren ein Alter zwischen 18 und 85 Jahren, eine durch den Patienten unterschriebene Einverständniserklärung sowie eine diagnostische

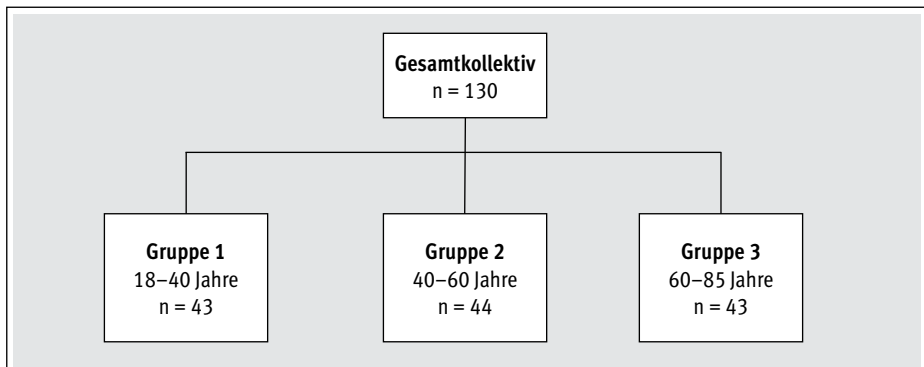


Abb. 1: Aufteilung des Kollektivs in 3 Untergruppen je nach Alter beziehungsweise geplantem Eingriff

Mydriasis. Patienten mit kornealen Pathologien, einem Augentrauma oder einer Augenoperation sowie ophthalmologischen Erkrankungen in der Anamnese wurden von der Studie ausgeschlossen. Der Patient sollte fähig zur Fixation über längere Zeit sein. Ein Ausschlusskriterium war ebenfalls eine ausgeprägte Blepharochalasis, die die Aufnahme mit der Pentacam erschwert.

### **Pentacam-HR-Scheimpflug-Fotografiesystem und Messungen**

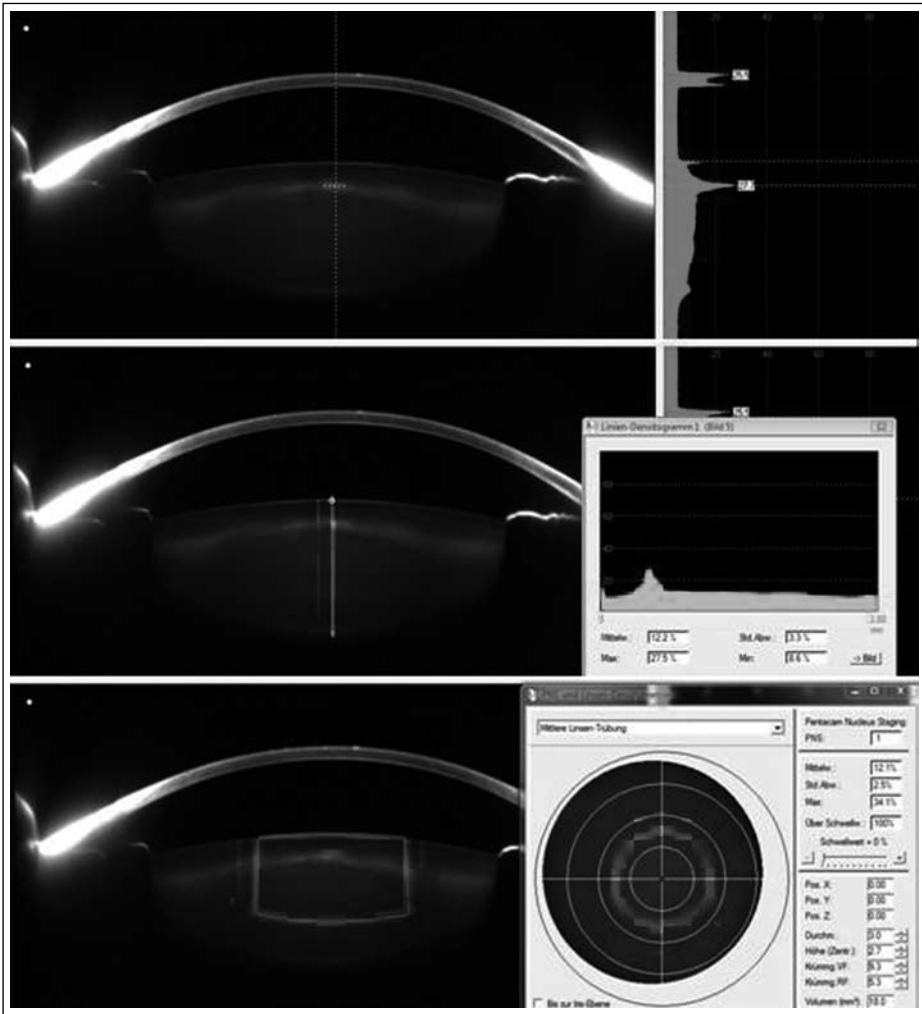
Die Pentacam beruht auf einer Spaltlampenbeleuchtung kombiniert mit einer Scheimpflug-Kamera, deren Aufnahmeweise in einer Rotation um das Auge besteht [3]. Die Bilder wurden von einem lateralen Blickwinkel aufgenommen und erfüllen das Scheimpflug-Prinzip (Theodor Scheimpflug 1904, [4]). Dank der Rotation der Kamera kann eine Bildreihe erfasst werden, die eine dreidimensionale Abbildung des vorderen Augenabschnitts ermöglicht. Die Pentacam ermöglicht eine Ermittlung der Vorderkammertiefe, der Hornhautdicke, eine Topografie der Hornhaut sowie eine Densitometrie der Linse. Dabei handelt es sich bei der Pentacam um ein schnelles, nicht invasives und nebenwirkungsfreies Verfahren [3].

Jeder Patient wurde vor der Durchführung der densitometrischen Messung einer ausführlichen augenärztlichen Untersuchung zugeführt. Nach Unterschreiben der Einwilligungserklärung wurden die Patienten an der Pentacam positioniert. Dort wurden die Patienten angeleitet, das Fixationslicht zu fixieren. Der Untersucher fokussierte und zentrierte das Gerät mithilfe der Ausrichtungsanzeige auf dem Computermonitor. Das Gerät löste automatisch bei richtiger Zentrierung aus, sodass untersucherunabhängige Bilder entstanden. Es wurden zwei verschiedene Messreihen M1 und M2 erfasst, zwischen denen der Patient gebeten wurde, kurz aufzustehen, und das Gerät komplett zurückgezogen wurde, um einen zweiten unabhängigen Besuch des Patienten zu simulieren. M1 und M2 umfassen jeweils das arithmetische Mittel von drei aufeinanderfolgenden Messungen.

### **Datenanalyse und Statistik**

Die erfassten Werte wurden nun in drei verschiedenen Messmodi evaluiert: Peak, Linear und 3-D. Die Peak-Messmethode umfasst den Punkt der maximalen Trübung im Densitogramm der Pentacam. Der zweite Modus (Linear) wird durch den Mittelwert der Trübung einer manuell festgelegten vertikalen Linie durch den Apex der Linse berechnet. Der 3-D-Messmodus verwendet einen dreidimensionalen Prüfkörper, dessen Position und Volumen festgesetzt wurde (Position  $x = 0$ ,  $y = 0$ ,  $z = 0$ , Durchmesser  $d = 3$  mm) und innerhalb dessen Ausmaße wiederum die mittlere Trübung erfasst wird (Abb. 2). Also kann man beobachten, dass in der genannten Reihenfolge der Auswertungsmethoden mehr Messwerte in den Mittelwert einfließen. Um den Messaufwand gering zu halten und um eine Vergleichbarkeit der einzelnen Bilder der Patienten zu gewährleisten, wurden nur optische Schnitte entlang des senkrechten Meridians verwendet:  $90^\circ$  bis  $270^\circ$  für das rechte Auge und  $270^\circ$  bis  $90^\circ$  für das linke Auge.

Die statistische Analyse erfolgte mittels eines für diese Studie erstellten Programms (Visual Basics for Applications/Microsoft Office Excel). Eine anhand eines



**Abb. 2:** Abbildung der 3 verschiedenen Messmodi. Oben Peak-Messmodus; mittig: linearer Messmodus; unten: 3-D-Messmodus

Referenzpapers von Kirkwood et al. [5] durchgeführte Fallzahlberechnung ergab eine Mindestgröße der Untergruppen von mindestens 23, was in jeder Gruppe erfüllt werden konnte. Um die Wiederholbarkeit der Densitometrie zu untersuchen, verwendeten wir eine Bland-Altman-Analyse [6]. Im Bland-Altman-Diagramm wird das Mittelmaß der beiden zu vergleichenden Messwerte  $((M_1 + M_2)/2)$  gegen die Differenz der Messwerte  $M_1 - M_2$  aufgetragen. Der Graph weist auf eventuelle systematische Messfehler und insbesondere darauf hin, wie weit die beiden Messwerte voneinander entfernt liegen. Statistisch erfasste Werte waren neben der Standardabweichung der Reliabilitätskoeffizient  $(COR = 1,96 \times \sqrt{\frac{\sum(s_1 - s_2)^2}{n-1}})$  und die relative

Wiederholbarkeit (RR), die dem Wiederholbarkeitskoeffizienten bezogen auf die jeweiligen Werte entspricht. Hier gilt: Je kleiner der COR beziehungsweise die relative Wiederholbarkeit, desto wiederholbarer ist die Methode [6]. Außerdem erfassten wir die limits of agreement (LOA =  $\pm 1.96 \cdot \text{Standardabweichung}$ ), die die Schwankungsbereiche der Messwerte beschreibt.

## Ergebnisse

### Deskriptive Ergebnisse

Die deskriptiven Daten zeigen eine sehr homogene Aufteilung der Gruppengrößen sowie der anthropometrischen Daten, was eine gute Vergleichbarkeit der Gruppen gewährleistet. In jeder Gruppe konnte die geforderte Mindestgruppengröße von  $n \geq 23$  erfüllt werden (Tab. 1).

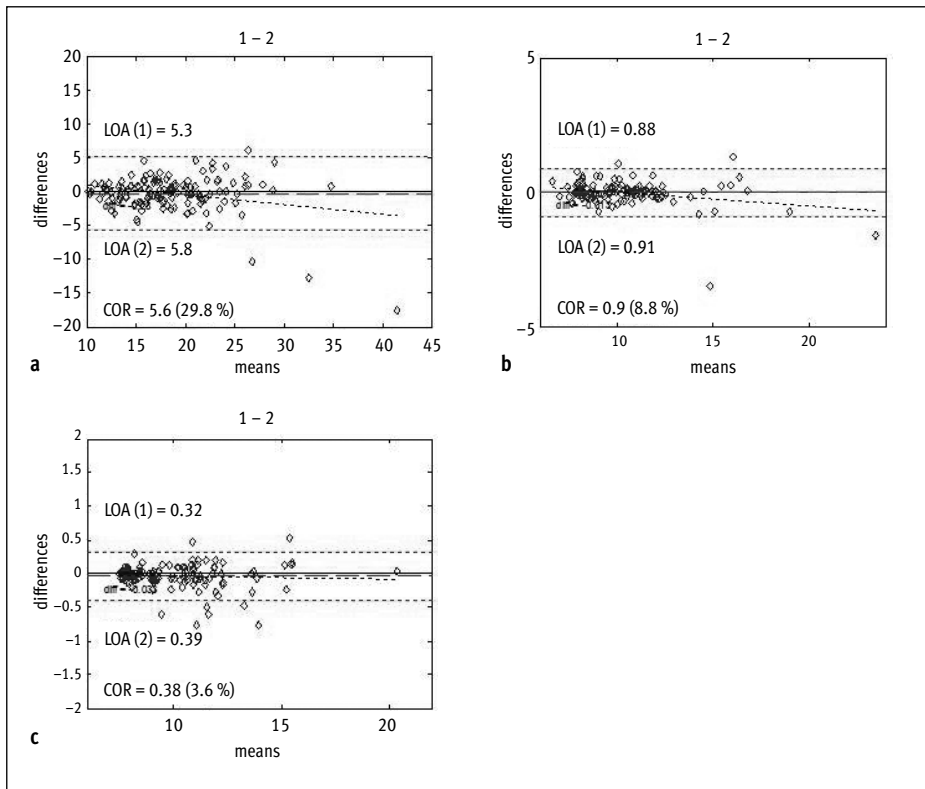
Ergebnisse	
<b>Gesamtkollektiv (n = 130)</b>	
Alter	
Mittelwert	49,5
Median	49,5
Geschlecht (m/w)	68/62 (52,3 %/47,7 %)
Augenverteilung (OD/OS)	64/66 (49,2 %/50,8 %)
<b>Gruppe 1 (n = 43)</b>	
Alter	
Mittelwert	28,2
Median	29,0
Geschlecht (m/w)	22/21 (51,2 %/48,8 %)
Augenverteilung (OD/OS)	22/21 (51,2 %/48,8 %)
<b>Gruppe 2 (n = 44)</b>	
Alter	
Mittelwert	50,1
Median	49,5
Geschlecht (m/w)	20/24 (45,45 %/54,55 %)
Augenverteilung (OD/OS)	22/22 (50 %/50 %)
<b>Gruppe 3 (n = 43)</b>	
Alter	
Mittelwert	70,3
Median	71,0
Geschlecht (m/w)	26/17 (60,5 %/39,5 %)
Augenverteilung (OD/OS)	20/23 (46,5 %/53,5 %)

**Tab. 1:** Deskriptive Daten mit Alters- und Geschlechtsverteilung sowie Augenverteilung (OD/OS) für die 3 Untergruppen und das Gesamtkollektiv

## Ergebnisse der Studie

Abbildung 3a zeigt das Bland-Altman-Diagramm der Ergebnisse des Peak-Messmodus. Abgesehen von einigen wenigen Ausreißern liegen alle Messwerte im Bereich des Konfidenzintervalls. Der errechnete Reabilitätskoeffizient liegt bei 5,55 (RR 29,3). Die lineare Korrelation der beiden zu vergleichenden Messwerte M1 und M2 liegt bei 86,7 %. Abbildung 3b, die den linearen Modus beschreibt, zeigt eine schmalere Schwankungsbreite der Werte (LOA 1,79) als im Peak-Messmodus. Der COR lag hier bei 0,87 (RR 8,66). Die lineare Messmethode wies Korrelationen der Werte von 98,5 % auf. Abbildung 3c zeigt schließlich die Wiederholbarkeit des 3-D-Messmodus. Hier wurde der kleinste Wiederholbarkeitskoeffizient mit 0,37 (RR 3,56) gefunden. Die LOA-Schwankungsbreite lag beim 3-D-Messmodus am tiefstem mit 0,32. Die lineare Korrelation  $r$  der beiden Messwerte belief sich auf 99,7 %.

Man kann also anhand dieser Diagramme und Werte beobachten, dass alle erfassten Parameter darauf hinweisen, dass die Wiederholbarkeit von Peak über Linear zu 3-D zunimmt.



**Abb. 3:** a) Bland-Altman-Diagramm des Peak-Messmodus, b) Bland-Altman-Diagramm des linearen Messmodus, c) Bland-Altman-Diagramm des 3-D-Messmodus.



## Diskussion

In der vorliegenden prospektiven Studie konnte eine zufriedenstellende Wiederholbarkeit für alle drei Messmodi festgestellt werden. Dabei stieg die Wiederholbarkeit deutlich von Peak über Linear zu 3-D. Dies wird sowohl durch das Bland-Altman-Diagramm, die linearen Korrelationen als auch durch die absolute und relative Wiederholbarkeit widerspiegelt. Vor allem für den 3-D-Modus konnte eine Wiederholbarkeit auf einem exzellenten Level (COR 0,37, RR 3,56) bestätigen, was sehr gut mit Ergebnisse aus vergleichbaren Studien korreliert [5, 7].

Die technische Durchführung der Studie bezüglich der Aufnahmetechnik durch die Pentacam HR brachte jedoch auch einige Probleme mit sich: Eines dieser Probleme bezieht sich auf das Anlegen des Prüfkörpers im linearen und 3-D-Messmodus. Beim linearen Modus konnte die axiale Gerade durch den Linsenapex nicht mit festgesetzten Koordinaten festgelegt werden, sodass die Anlage manuell erfolgen musste, was nicht den Ansprüchen an einen objektiv festgesetzten Prüfkörper entspricht. Auch das Festsetzen des 3-D-Prüfkörpers gestaltete sich insofern problematisch, da zwar die Position und das Volumen des Prüfkörpers fest eingestellt werden konnte, diese Koordinaten aber nicht an individuellen anatomischen Gegebenheiten, wie eine unterschiedliche Kippung der Linse oder die Linsendicke, angepasst ist. Dies kann zu einem eventuellen Übertreten des Prüfkörpers in die Vorderkammer führen, was zu falsch niedrigen Messwerten führt. Durch das Nichtbeachten der mit dem Alter zunehmenden Linsendicke erfasst man mit unadaptierten Prüfkörpern mit festen Koordinaten die Trübung der Linse bei unterschiedlich alten Testpersonen in unterschiedlichen Bereichen der Linse. Ein anderes aufnahmebedingtes Problem besteht in dem Auftreten von Reflexartefakten, die sich vor oder in die Linse projizieren können. Da der Peak-Modus den Ort der höchsten Trübung erfasst, wird das Reflexartefakt als solches erkannt und liefert so falsch hohe Werte. Dieser Wert wird im Peak-Messmodus nicht durch Mittelwertbildung wie in den anderen Modi relativiert, sodass es sich beim Peak-Messmodus daher um die ungünstigste Messmethode handelt. Zusätzlich konnte methodenbedingt insbesondere bei Linsen mit einer hohen Dicke und einem hohen Trübungsgrad trotz diagnostischer Mydriasis die hintere Zone der Linse nicht immer dargestellt werden, was vor allem die Diagnostik von posterioren subkapsulären Trübungen mit der Scheimpflug-Fotografie sehr erschwert.

Die Wahl des geeigneten Prüfkörpers wurde von verschiedenen Autoren auf unterschiedlichste Art und Weise gelöst. Wie in der vorliegenden Studie verwendeten Kirkwood et al. drei verschiedene Messmodi, die durch die Pentacam HR gegeben werden [5], während Pei sich auf die Messung von Maximalwerten beschränkte [8]. Grewal et al. [9] wählten eine eigenständige Auswertungsmethode, indem sie eine elliptische Region of Interest (ROI) wählten, die den Linsenkortex ausschließt und an die nukleare Trübungszone angepasst ist, um den Einschluss von umgebenden Diskontinuitätszonen zu vermeiden. Kim et al. [10] wählten ebenfalls eine elliptische ROI, deren mittlere und maximale Trübung erfasst wird, wobei hier nicht erwähnt wird, ob und wie das Volumen oder die Position des Prüfkörpers festgesetzt wurde. Auch in vorherigen Scheimpflug-Systemen wurde über die Wahl des Prüfkörpers be-

richtet: In einer Studie von Magno [7] wurde die mittlere Trübung innerhalb des Linsenkerne mithilfe eines rechteckigen Prüfkörpers gemessen, während Robman et al. [11] verschiedene bestimmte Messwerte, wie die Maximalwerte der anterioren und posterioren Kernzone, dem dazwischen liegendem Minimalwert sowie den Mittelwert eines elliptischen Prüfkörpers und die optische Dichte um das Linsenzentrum, bestimmten. Die Menge der verschiedenen verwendeten Messmethoden weisen darauf hin, dass es noch keine allgemeingültige Lösung zur Anlage und Definition des Prüfkörpers gibt, was den Vergleich der verschiedenen Studien und Messwerte erschwert. Um eine vergleichbare wissenschaftliche Messung zu erreichen, wäre eine allgemeine Definition eines individuellen, jedoch wiederholbaren Prüfkörpers vonnöten.

Eine klinische Anwendung der auf dem Scheimpflug-Prinzip basierenden Densitometrie könnte ein präoperativer Messdurchgang sein, um die geplante Phakoemulsifikation an die anatomischen Gegebenheiten anzupassen. Kim et al. berichten, dass die Linsenkerndichte gemessen mit dem Scheimpflug-Prinzip mit der operativen Zeit und der aufgewendeten Energie korreliert [10]. Nixon fand einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem PNS (Pentacam Nucleus Grading System) und einer kürzeren resultierenden effektiven Operationszeit sowie einem reduzierten BSS-Verbrauch (balancierter Salzlösung) nach Anpassung der Phakoemulsifikationseinstellungen abhängig vom gemessenen Grad der Kernkatarakt [12]. Vor allem bezüglich forensischer Fragestellungen ist ein wiederholbares Messinstrument unverzichtbar, um die klinische Indikation zur Kataraktchirurgie zu stellen. So zeigten Grewal et al. [9] einen signifikanten Zusammenhang zwischen der Linsenkerntübung und der CDVA (corrected distance visual acuity) sowie der photopischen Kontrastempfindlichkeit. Auch Pei et al. [8] konnten eine Korrelation zwischen dem Mittelwert der Linsentrübung und dem Visus sowie dem LOCS III bestätigen. Beide Autoren stimmen darin überein, dass die Densitometrie mittels Pentacam HR einen guten objektiven Parameter darstellt, um die optische Beeinträchtigung des Patienten durch die Lichtstreuung einzuschätzen. Der Zusammenhang zwischen objektivem Grad der Katarakt und mittlerer Visuseinschränkung – auch wenn diese meist als multifaktoriell einzuschätzen ist [13] –, könnte in Zukunft ein wichtiger Aspekt für die Indikationsstellung für Kataraktchirurgie sowie für die individuelle Visusprognose bedeuten.

## Literatur

1. KOHNEN T, BAUMEISTER M, KOOK D ET AL.: Kataraktchirurgie mit Implantation einer Kunstlinse. Dtsch Arztebl 2009;43
2. CHYLACK LT, WOLFE JK, SINGER DM ET AL.: The Lens Opacities Classification System III. The Longitudinal Study of Cataract Study Group. Arch Ophthalmology 1993;111(6):831–836
3. <http://www.pentacam.de/sites/messsprinzip.php>. [Online] Oculus. [Zitat vom: 12. April 2011]
4. SCHEIMPFLUG T: Improved Method and Apparatus for the Systematic Alteration or Distortion of Plane Pictures and Images by Means of Lenses and Mirrors for Photography and for other purposes. GB Patent; No 1196:1904

5. KIRKWOOD BJ, HENDICOTT P L, READ S A, PESUDOV K: Repeatability and validity of lens densitometry measured with Scheimpflug imaging. *J Cataract Refract Surg* 35;2009:1210–1215
6. BLAND JM, ALTMAN DG: Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet* 1986; Feb 8:307–310
7. MAGNO BV, FREIDLIN V, DATILES MB: Reproducibility of the NEI Scheimpflug. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1994; June 35, Bd. 7
8. PEI X, BEO Y, CHEN Y: Correlation of lens densitometry measured using the Pentacam Scheimpflug system with the Lens Opacities Classification System III grading score and visual acuity in age-related nuclear cataract. *Br J Ophthalmol* 2008;92:1471–1475
9. GREWAL DS, BRAR GS, GREWAL SPS: Correlation of Nuclear Cataract Lens Density Using Scheimpflug Images with Lens Opacities Classification System III and Visual Function. *Ophthalmology* 116;2009:1436–1443
10. KIM JS, CHUNG SH, JOO CK: Clinical application of a Scheimpflug system for lens density measurements in phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 2009;35:1204–1209
11. ROBMAN LD, McCARTY CA, GARRETT SKM, STEPHENSON H: Comparison of clinical and digital assessment of nuclear optical density. *Ophthalmic Res* 1999;31:119–126
12. NIXON DR: Preoperative cataract grading by Scheimpflug imaging and effect on operative fluidics and phacoemulsification energy. *J Cataract Refract Surg* 2010;36(2):242–246
13. McCARTY CA, KEEFFE JE, TAYLOR HR: The need for cataract surgery: projections based on lens opacity, visual acuity, and personal concern. *Br J Ophthalmol* 1999;83:62–65



# Das Verhältnis zwischen Refraktion, Hornhautkrümmung, Alter und der Hornhautdicke (dünnste Stelle)

J. Steinberg, S. Linke, M.-T. Eddy, G. Richard, T. Katz

## Zusammenfassung

Wir untersuchten 9031 Augen von 4600 Menschen, die sich einem refraktiven Eingriff bei CareVision unterzogen haben. Der Fokus lag dabei auf dem Zusammenhang zwischen der Dicke an der dünnsten Stelle der Hornhaut (DSH), ermittelt mittels der Oculus Pentacam, und den Parametern Refraktion, Keratometrie und Alter.

Wir fanden hochsignifikante Zusammenhänge zwischen allen untersuchten Konstellationen (DSH - Refraktion [ $p < 0,001$ ]; DSH - Keratometrie [ $p < 0,001$ ], DSH - Alter [ $p < 0,001$ ]). Dabei ließen sich zwischen der DSH und der Keratometrie eine negative, zwischen der DSH und Refraktion bzw. Alter eine positive Korrelation nachweisen (Keratometrie:  $r = -0,09$ ,  $p < 0,001$ ; Refraktion:  $r = 0,07$ ,  $p < 0,001$ ; Alter:  $r = 0,05$ ,  $p < 0,001$ ).

## Summary

Medical records of 9031 eyes of 4600 refractive surgery candidates were reviewed regarding a potential coherence between keratometry, refractive state (spherical equivalent), age and the thinnest point in corneal thickness (TPCT).

Mean keratometry, spherical equivalent and age displayed significant impact on TPCT ( $p < 0.001$ ). Refractive state ( $r = 0.07$ ,  $p < 0.001$ ) and age ( $r = 0.05$ ,  $p < 0.001$ ) showed a positive, keratometry ( $r = -0.09$ ,  $p < 0.001$ ) a negative correlation with TPCT.

## Einleitung

Die DSH stellt einen zentralen Faktor in der präoperativen Planung refraktiver Eingriffe dar. Sie limitiert die Ablationstiefe bei der photorefraktiven Keratektomie (PRK) und der Laser-in-situ-Keratomileusis (LASIK) und determiniert postoperative Risiken (u. a. Hornhautektasie) [1, 2]. Um die Risiken zu minimieren, ist eine gute Kenntnis der Hornhaut und ihrer Zusammenhänge mit anderen okulären Parametern unumgänglich.

Wir haben uns daher dafür entschieden, den Zusammenhang zwischen der DSH und der Refraktion, der Keratometrie und dem Alter zu untersuchen.

## Material und Methoden

Die retrospektive Studie wurde in Kooperation zwischen der Augenklinik des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf und den refraktiven Zentren von CareVision Germany durchgeführt. Es wurden insgesamt 9031 Augen von 4600 Personen in die Analysen mit einbezogen. Die Augen wurden sämtlich in den refraktiven Zentren von CareVision in Hannover, Köln, Berlin und Wien behandelt. Die Pachymetrie (DSH)

und Keratometrie wurden mittels der Oculus Pentacam ermittelt. Die Refraktion wurde als subjektive Refraktion von einem Optometristen erhoben. Die Daten wurden mittels Microsoft Excel und der SPSS-Software (Vers. 17; SPSS Inc., Chicago, IL) ausgewertet. Es lagen vier gleichförmige Variablen vor: das sphärische Äquivalent (SE), die Keratometrie, das Alter und die DSH. Bis auf die Refraktion lag bei allen Variablen eine Normalverteilung vor. Refraktion, Keratometrie und Alter wurden für die Analysen in Untergruppen aufgeteilt.

Refraktive Gruppen wurden nach ihrem SE und Zylinder in folgende Gruppen untergliedert: Gruppe 1: SE  $<0,0$  dpt, Zylinder  $<3,00$  dpt; Gruppe 2: SE  $>0,0$  dpt und Zylinder  $<3,00$  dpt; Gruppe 3: sämtliche SE und Zylinder  $>3,0$  dpt. Bei den Keratometriegruppen verwendeten wir für die Einteilung der Untergruppen  $\leq 42,4$  dpt, 42,5–44,9 dpt, 45–47,4 dpt sowie  $>47,5$  dpt. Das Alter wurde in drei Untergruppen gegliedert: Gruppe 1:  $\leq 39$  Jahre; Gruppe 2: 40–54 Jahre und Gruppe 3:  $\geq 55$  Jahre. Anschließend wurden die Mittelwerte der DSH der einzelnen Untergruppen mittels des Student's t-test bzw. des Benferonni-Tests im Rahmen von univariaten Varianzanalysen (ANOVA) miteinander verglichen. Ein p-Wert von unter 0,05 wurde als statistisch signifikant angenommen.

Um die Korrelationen zwischen der DSH und der Keratometrie bzw. dem Alter zu ermitteln, wurde die Bravis-Pearson-Korrelation durchgeführt. Für die Korrelationsanalysen zwischen der DSH und der Refraktion wurde die Spearman-Rangkorrelation hinzugezogen.

## Ergebnisse

Die mittlere DSH betrug  $549 \pm 33$   $\mu\text{m}$ . Tabelle 1 gibt einen Überblick über die gesamte Datenmenge.

Bezüglich der DSH zeigten die statistischen Untersuchungen einen signifikanten Unterschied zwischen der Myopiegruppe und der Hyperopiegruppe ( $p < 0,001$ ). Weder zwischen der Myopie- und der Astigmatismusgruppe noch zwischen der Hyperopie- und der Astigmatismusgruppe konnten signifikante Unterschiede hinsichtlich der DSH nachgewiesen werden.

Die Vergleiche zwischen den Keratometriegruppen ergaben zwischen den Gruppen  $\leq 42,4$  und 45,0–47,4 ( $p < 0,001$ ) sowie zwischen  $\leq 42,4$  und  $>47,5$  ( $p < 0,05$ ) und 42,5–44,9 und 45,0–47,5 ( $p < 0,001$ ) signifikante Unterschiede hinsichtlich der DSH.

Bezüglich des Alters zeigten sich signifikante Unterschiede der DSH zwischen den  $<39$ -Jährigen und den 40- bis 54-Jährigen ( $p < 0,001$ ) als auch zwischen den  $<39$ -Jährigen und den  $>55$ -Jährigen ( $p < 0,05$ ). Zwischen den Gruppen 40–54 Jahre und  $>55$  Jahre konnten keine signifikanten Unterschiede nachgewiesen werden.

Korrelationsanalysen zeigten eine positive Korrelation der DSH mit dem Alter ( $r = 0,05$ ) sowie der Refraktion ( $r = 0,07$ ) und eine negative Korrelation mit der Keratometrie ( $r = -0,09$ ).

	Anzahl	Prozent	Mittelwert	Standardabweichung	Min	Max
Pentacam	9031		548,77	33,24	426	690
<b>Refraktion:</b>						
Myopie	7627	84,40	547,76	33,03	426	690
Hyperopie	1047	11,60	554,91	33,43	444	677
Astigmatismus	363	4,00	552,12	34,93	458	651
<b>Alter:</b>						
≤39	5561	61,50	547,49	33,15	426	670
40–54	3066	34,00	550,65	33,32	431	690
≥55	404	4,50	551,94	32,98	444	677
<b>Keratometrie:</b>						
<42,4	1185	13,10	552,59	32,97	452	662
42,5–44,9	4114	45,40	550,57	33,73	426	690
45–47,4	3630	40,20	545,72	32,42	444	677
>47,5	102	1,10	542,98	32,45	472	609

Tab. 1: Überblick gesamte Datenmenge

Bezüglich der DSH zeigten die statistischen Untersuchungen einen signifikanten Unterschied zwischen der Myopiegruppe und der Hyperopiegruppe ( $p < 0,001$ ). Weder zwischen der Myopie- und der Astigmatismusgruppe noch zwischen der Hyperopie- und der Astigmatismusgruppe konnten signifikante Unterschiede hinsichtlich der DSH nachgewiesen werden.

## Diskussion

Das Verhältnis zwischen der DSH und der Refraktion, Keratometrie und Alter ist Gegenstand vieler aktueller Studien [3, 4, 5]. Diese beziehen sich jedoch überwiegend auf das Verhältnis der okulären Parameter und der zentralen Hornhautdicke in einem meist breit angelegten Studienkollektiv (Populationsstudien) und umfassen in der Regel nicht mehr als 200 bis 900 Augen.

Die Ergebnisse dieser Studien stellen sich überwiegend heterogen dar. Wir haben uns bei unserer Analyse bewusst für ein refraktives Kollektiv als Studienpopulation entschieden und das Verhältnis zur DSH untersucht, um die in der refraktiven Chirurgie relevanten Verhältnisse zu klären. Unsere Ergebnisse zeigen einen statistisch signifikanten, gleichzeitig aber sehr geringen Zusammenhang zwischen der DSH und der Refraktion, der Keratometrie und dem Alter. Aufgrund der Anzahl der eingeschlossenen Augen sind unsere Ergebnisse als fundiert anzusehen. Die klinische Relevanz gilt es jedoch, in zukünftigen Untersuchungen zu überprüfen.

## Literatur

1. DAWSON DG, RANDLEMAN JB, GROSSNIKLAUS HE ET AL.: Corneal ectasia after excimer laser keratorefractive surgery: histopathology, ultrastructure, and pathophysiology. *Ophthalmology* 2008 Dec;115(12):2181–2891 e1
2. RANDLEMAN JB, WOODWARD M, LYNN MJ, STULTING RD: Risk assessment for ectasia after corneal refractive surgery. *Ophthalmology* 2008 Jan;115(1):37–50
3. ALMAHMOUD T, PRIEST D, MUNGER R, JACKSON WB: Correlation between Refractive Error, Corneal Power and Thickness In a Large Population with a Wide Range of Ametropia. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2010 Nov 4.
4. CHEN MJ, LIU YT, TSAI CC ET AL.: Relationship between central corneal thickness, refractive error, corneal curvature, anterior chamber depth and axial length. *J Chin Med Assoc* 2009 Mar;72(3): 133–137
5. TOUZEAU O, ALLOUCH C, BORDERIE V ET AL.: Correlation between refraction and ocular biometry. *J Fr Ophtalmol* 2003 Apr;26(4):355–363



# Optische Biometrie bei extrem langen Augen

W. Haigis

## Zusammenfassung

Es gibt keine Hinweise für fehlerhafte IOLMaster-Achslängenmessungen an hochmyopen Augen. Messwerte und zurückgerechnete Achslängen unterscheiden sich nicht bei Verwendung korrekter IOL-Konstanten. Scheinbare Unterschiede werden durch die Wahl unpassender Linsenkonstanten verursacht.

## Summary

There are no indications for the IOLMaster to produce erroneous axial length measurements in highly myopic eyes. With appropriate IOL constants, back-calculated and measured axial lengths are not significantly different. An apparent difference is caused by using inappropriate lens constants.

## Einleitung

Extrem lange Augen mit Achslängen  $>30$  mm sind zwar mit  $\approx 1,2$  % in der Kataraktbevölkerung vergleichsweise selten, nicht jedoch bei Patienten, die sich einem refraktiv-chirurgischen Eingriff unterziehen wollen. Insofern haben solche Augen in den letzten Jahren besondere Aufmerksamkeit auf sich gezogen, stellen sie doch für Biometrie und Intraokularlinsen-(IOL-)Berechnung besondere Herausforderungen dar. So nimmt die Staphyloin-Inzidenz von ca. 5 % bei Achslängen von 28 mm bei 32 mm langen Augen auf 50 % zu [1], was eine präzise Ultraschallmessung sehr erschwert. Erst die optische Biometrie mit ihrer Messung entlang der Sehachse hat dieses Problem entschärft.

Hohe Achslängen führen im Verein mit flachen Hornhautradien zunehmend zum sog. „cusp error“ bei der SRK/T-Formel [2]. Dieser beruht auf der Berechnung fehlerhafter IOL-Stärken durch einen imaginär werdenden Wurzelausdruck innerhalb dieser Formel.

Weitere kritische Achslängen finden sich in einem Bereich zwischen 31 und 32 mm, in dem der Übergang von Plus- über Plano- auf Minuslinsen stattfindet. Obwohl verschiedene IOL-Formeln unterschiedliche Achslängenabhängigkeiten des refraktiven Vorhersagefehlers aufweisen [3], findet man bei extrem langen Augen nach übereinstimmenden Literaturberichten (z. B. [4]) für alle Formeln hyperope Refraktionsabweichungen, sogar bei 0-dpt-Linsen.

In Modellrechnungen [5] wie auch anhand klinischer Daten [4] konnte gezeigt werden, dass sich diese hyperopen Abweichungen von der Zielrefraktion auf die Verwendung nur eines IOL-Konstantensatzes für Plus- und Minuslinsen zurückführen lassen und durch unterschiedliche Konstantensätze vermieden werden können.

Gelegentlich wird zur Erklärung dieser klinischen Refraktionsbefunde auch über vermeintliche systematische Messabweichungen bei der optischen Achslängen-

messung mit dem Zeiss IOLMaster spekuliert [6, 7]. Ziel dieser Studie ist daher die Klärung der Frage, ob Achslängenmessungen mit dem Zeiss IOLMaster bei hochmyopen Augen systematische Messfehler aufweisen.

## Material und Methoden

Refraktive Ergebnisse von 88 hochmyopen Patienten, die in zwei verschiedenen Zentren (Universitätsaugenklinik Tübingen, Praxis Dr. P. Hoffmann & Partner, Castrop-Rauxel) mit einer Alcon MA60MA versorgt worden waren, wurden retrospektiv analysiert. Hierzu wurden die effektiven Achslängen aus den tatsächlich erreichten Refraktionen zurückgerechnet und mit den IOLMaster-Messwerten verglichen. Plus- und Minuslinsen wurden dabei sowohl durch unterschiedliche als auch durch gleiche IOL-Konstantensätze charakterisiert.

### Bestimmung der effektiven Achslänge durch Rückrechnung aus der Refraktion

Ausgehend von der elementaren IOL-Formel

$$P = \frac{n}{L - d} - \frac{n}{\frac{n}{K + \frac{Rx}{1 - dx \cdot Rx}} - d}$$

ergibt sich nach kurzer Umrechnung für die effektive Achslänge  $L$

$$L = \frac{n \cdot \left( \frac{n}{K + \frac{Rx}{1 - dx \cdot Rx}} - d \right)}{P \cdot \left( \frac{n}{K + \frac{Rx}{1 - dx \cdot Rx}} - d \right) + n} + d \quad (1),$$

wobei  $P$ : IOL-Brechkraft;  $Rx$ : Refraktion;  $n$ : Brechungsindex von Kammerwasser;  $d$ : effektive IOL-Position;  $K$ : Hornhautbrechkraft;  $dx$ : Scheitelabstand;  $L$ : Achslänge.

Für die IOL-Position gilt in der Haigis-Formel [8] ( $VK$ : präoperative Vorderkammertiefe):

$$d = a_0 + a_1 \cdot VK + a_2 \cdot L \quad (2)$$

mit den Linsenkonstanten  $a_0$ ,  $a_1$  und  $a_2$ .

## Verwendete IOL-Konstanten

Wie man dem Ausdruck für  $L$  (Gl.(1)) entnehmen kann, gehen die effektive Linsenposition  $d$  (Gl.(2)) und damit die Linsenkonstanten  $a_0$ ,  $a_1$  und  $a_2$  in die Rückrechnung der Achslänge ein. Für die folgenden Berechnungen wurden zwei Szenarios zugrunde gelegt, die in Tabelle 1 zusammengefasst sind. In Szenario 1 werden die in der ULIB-Liste [9] für die Pluslinsen der MA60MA-Serie veröffentlichten Konstanten sowohl für Plus- als auch für Minuslinsen verwendet, während Szenario 2 die für die jeweiligen Linsen zutreffenden Konstantensätze der ULIB-Liste benutzt.

## Ergebnisse

Die Ergebnisse des Vergleichs zwischen rückgerechneten und mit dem IOLMaster gemessenen Achsenlängen sind in Tabelle 1 und in den Abbildungen 1 und 2 zusammengefasst. So ergaben sich keine signifikanten Unterschiede ( $0.01 \pm 0.52$  mm,  $p = 0.82$ ) und eine hohe Korrelation ( $R = 0.96$ ) bei einer Steigung ( $m = 1.03 \pm 0.03$ ) von praktisch 1 für die auf verschiedene Weise gewonnenen Achslängen, wenn unterschiedliche Konstanten für Plus- und Minuslinsen verwendet wurden (Szenario 2). Wurde dagegen nur ein Konstantensatz für alle Linsen verwendet (Szenario 1), so erhielt man einen signifikanten Unterschied ( $0.35 \pm 0.76$  mm,  $p < 0.001$ ), eine geringere Korrelation ( $R = 0.90$ ) und eine von 1 deutlich abweichende Steigung ( $m = 0.81 \pm 0.04$ ).

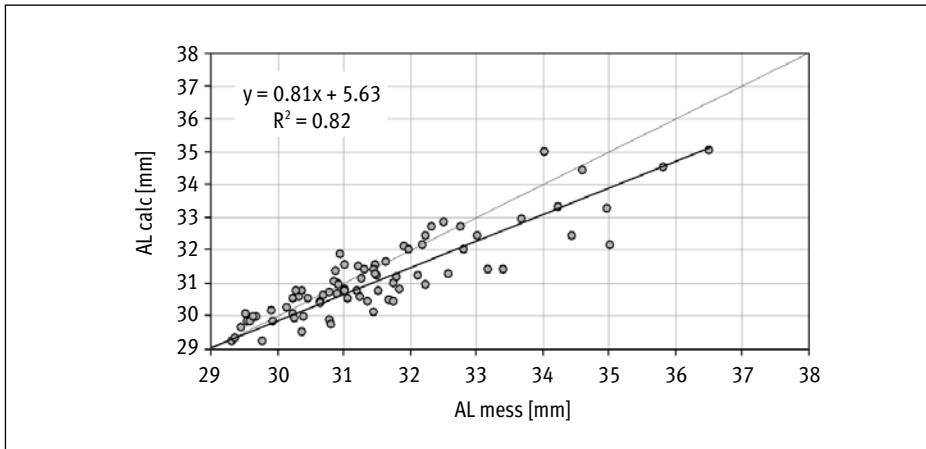
Die gute Übereinstimmung zwischen gemessenen und rückgerechneten Achslängen bei Verwendung individueller Konstantensätze sowie die schlechte Übereinstimmung für nur einen Konstantensatz ist auch direkt den Abbildungen 1 und 2 zu entnehmen.

	MA60MA +dpt			MA60MA -dpt		
	a0	a1	a2	a0	a1	a2
<b>Szenario 1</b>	5,92	0,4	0,1	5,92	0,4	0,1
<b>Szenario 2</b>	5,92	0,4	0,1	-4,00	0,4	0,1

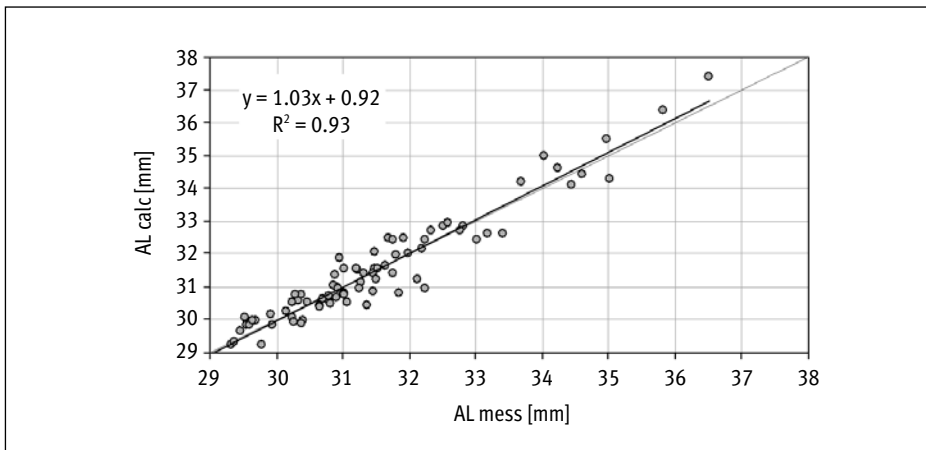
**Tab. 1:** Rechenbedingungen für die Rückrechnung der Achslänge aus der Refraktion: Szenario 1: Konstanten  $a_0, a_1, a_2$  für Pluslinsen auch für Minuslinsen verwendet. Szenario 2: unterschiedliche Konstanten  $a_0, a_1, a_2$  für Plus- und Minuslinsen

	$\Delta AL$ [mm]	$R$	$m$
<b>Szenario 1</b>	$0,35 \pm 0,76$	0,90	$0,81 \pm 0,04$
<b>Szenario 2</b>	$0,01 \pm 0,52$	0,96	$1,03 \pm 0,03$

**Tab. 2:** Differenz zwischen gemessener und berechneter Achslänge  $\Delta AL$  sowie Korrelationskoeffizient  $R$  und Steigung  $m$  für die Abhängigkeit der berechneten von der gemessenen Achslänge für beide Szenarios



**Abb. 1:** Zusammenhang zwischen rückgerechneten (AL calc) und mittels IOLMaster gemessenen (AL wahr) Achslängen bei Verwendung nur eines Konstantensatzes für Plus- und Minuslinsen (Szenario 1)



**Abb. 2:** Zusammenhang zwischen rückgerechneten (AL calc) und mittels IOLMaster gemessenen (AL wahr) Achslängen bei Verwendung unterschiedlicher Konstantensätze für Plus- und Minuslinsen (Szenario 2)

## Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass der Zusammenhang zwischen berechneten und gemessenen Achslängen wesentlich von der Wahl der IOL-Konstanten abhängt. Dieser Sachverhalt ist nicht verwunderlich und geht direkt aus den Gleichungen (1) und (2) hervor. Änderungen in den Linsenkonstanten können danach mathematisch durch Änderungen an der Achslänge kompensiert werden, ohne dass sich die Refraktion ändert. Die aktuelle Studie ist somit kein *Beweis*, dass der IOLMaster bei langen Augen *nicht* falsch misst.

Die bekannten hyperopen Abweichungen bei extremen Achslängen konnten physikalisch konsistent und plausibel [4, 5] durch Verwendung unterschiedlicher Konstantensätze für Plus- und Minuslinsen vermieden werden. Dasselbe Vorgehen führt hier zu einer hervorragenden Übereinstimmung von gemessenen und rückgerechneten Achslängen, sodass sich mithilfe von Ockham's knife („Die einfachste Erklärung ist in der Regel die beste“) schließen lässt, dass der IOLMaster extrem lange Augen nicht falsch misst.

## Literatur

1. CURTIN BJ, KARLIN DB: Axial length measurements and fundus changes of the myopic eye. *Am J Ophth* 1971;71(1):42–53
2. HAIGIS W: Occurrence of Erroneous Anterior Chamber Depth in the SRK/T formula. *J Cataract Refract Surg* 1993;19:442–443
3. HAIGIS W: IOL-Kalkulation bei hohen Ametropien. *Ophthalmologe* 2008;105:999–1004
4. PETERMEIER K, GEKELER F, MESSIAS A ET AL.: Intraocular lens power calculation and optimized constants for highly myopic eyes. *J Cataract Refract Surg* 2009;35(9):1575–1581
5. HAIGIS W: Intraocular lens calculation in extreme myopia. *J Cataract Refract Surg* 2009;35:906–911
6. PREUBNER PR: Intraocular lens calculation in extreme myopia. Letter. *J Cataract Refract Surg* 2010;36(3):531–532
7. HAIGIS W: Intraocular lens calculation in extreme myopia. Reply. *J Cataract Refract Surg* 2010;36(3):532–534
8. HAIGIS W, LEGE B, MILLER N, SCHNEIDER B: Comparison of immersion ultrasound biometry and partial coherence interferometry for IOL calculation according to Haigis. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2000;238:765–773
9. <http://www.augenklinik.uni-wuerzburg.de/ulib/c1.htm>, Zugriff am 07.03.2011



# Treten Fehler der Biometrie einseitig oder beidseitig auf?

L. Gorodezky, A. Schönhofen, M. Wenzel

## Zusammenfassung

Bei 335 Kataraktpatienten wurden im Laufe eines Jahres beide Augen operiert. Die refraktiven Ergebnisse wurden 2 Monate nach der Operation mit der nach der SRK/T-Formel errechneten Refraktion verglichen. Die Abweichungen beider Augen kommen einander nahe. Wenn das erste Auge ins Hyperope abgewichen ist, so ist grundsätzlich auch am Partnerauge eine hyperope Abweichung zu erwarten. Das Gleiche gilt für myope Abweichungen. Im Median lag der postoperativ ermittelte Fehler eines Auges bei der Hälfte des Fehlers im Partnerauge. Sollte es z. B. beim ersten Auge zu einer Fehlimplantation von  $-1,5$  dpt gekommen sein, so ist bei der Operation des zweiten Auges von einem mittleren Fehler von  $-1$  dpt zum errechneten Wert der Biometrie auszugehen. Diese Addition gilt unabhängig von einer eventuell bestehenden Differenz der Biometrie beider Augen.

## Summary

335 patients received cataract-surgery in both eyes. 2 months after surgery the results of SRK/T-biometry and final visual outcome were compared. The differences between both eyes were very similar. If one eye developed postoperative myopia, the fellow eye did the same as well. The median of the faults of an eye was nearly half of the fault of the fellow eye. We draw the conclusion, that this fault has to be calculated into the biometry of the second eye. If, e.g., the first eye developed an unexperienced myopia of  $-1.5$  D, we estimate myopia of  $-1$  D in the fellow eye. This estimation should also be done in cases of biometrical differences between the both eyes.

## Einleitung

Die Biometrie zur Linsenberechnung gilt nach Einführung des IOLMasters von Zeiss als ein grundsätzlich gelöstes Problem [2]. Unerwartete postoperative Abweichungen der Zielrefraktion von der errechneten Refraktion liegen nur zu 10 % über 1 dpt. Im klinischen Alltag stellen aber gerade diese 10 % der Patienten den Operateur vor eine schwierige Entscheidung: Wenn bei dem erstoperierten Auge des Patienten eine unerwartete Abweichung erzielt wurde, welche Linse soll das zweite Auge erhalten?

## Material und Methode

Wir untersuchten 335 Patienten mit beidseitiger Katarakt, die in den ersten Wochen des Jahres 2008 in der Augenklinik Petrisberg operiert worden sind. 25 Patienten haben uns direkt aufgesucht, die übrigen 310 Patienten wurden uns von augenärztlichen Kollegen zur Operation zugewiesen. Zwei Monate nach der ersten Operation wurde das zweite Auge vom gleichen Arzt operiert. Alle Patienten er-

hielten präoperativ eine optische Biometrie mit dem IOLMaster. Die Zielrefraktion wurde mit der SRK/T- und der Haigis-Formel errechnet.

Bei der Operation des ersten Auges wurde oft eine leichte Myopie von  $-0,5$  dpt angestrebt. Bei allen Patienten wurde eine hydrophobe, einteilige Acryllinse (Acrysof SA60AT) ohne Verwendung eines Shooters durch einen 2,2-mm-Tunnel injiziert [11].

Die Wahl des Linsenimplantats des zweiten Auges erfolgte in Abhängigkeit von dem Patientenwunsch. Zwei Monate nach der letzten Operation wurden die zuweisenden Augenärzte angeschrieben oder angerufen und um Übermittlung der aktuellen Refraktionswerte gebeten. Von den ermittelten Daten wurde der Zylinder gemittelt und nur das sphärische Äquivalent in der Auswertung berücksichtigt. Die postoperativen Werte wurden mit den präoperativen Biometrien verglichen. Dabei wurden alle Angaben auf halbe Dioptriewerte gerundet. Mit der Auswertung soll weder die Qualität der SRK/T- oder Haigis-Formel untersucht werden, noch wird die individuelle A-Konstante untersucht, sondern es soll die Frage beantwortet werden, ob eine unerwartete postoperative Refraktionsabweichung am ersten Auge in ähnlicher Weise auch am zweiten Auge zu erwarten ist.

## Ergebnisse

Das Durchschnittsalter der 335 Patienten betrug 75 Jahre. Der jüngste Patient war 38 und der älteste 96 Jahre alt. Es wurden 670 Linsen mit einer Brechkraft von  $-2$  bis  $+33$  dpt implantiert. 54 % der Linsenwerte lagen zwischen 20,5 und 24 dpt. Die am häufigsten eingesetzte IOL hatte eine Brechkraft von 22,5 dpt, sie wurde in 60 Augen implantiert.

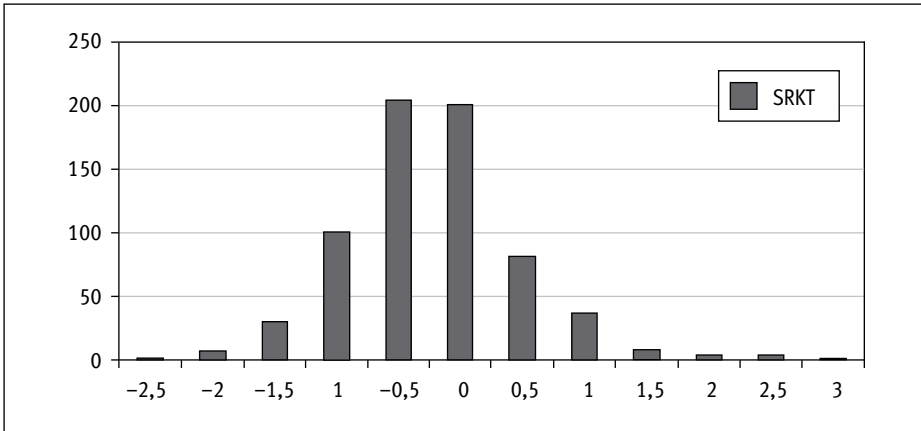
27 % der Patienten erhielten Linsen mit gleichem Dioptrienwert in beide Augen implantiert. Meist wurden unterschiedliche Linsen in beide Augen implantiert, entweder, um eine geringe Monovision zu erzielen oder wegen unterschiedlicher Biometriewerte.

Die Differenzen der Linsen beider Augen lagen zwischen 0,5 und 21 dpt, 36 % der Patienten erhielten eine um 0,5 dpt differierende IOL, die anderen 36 % der IOLs wiesen einen Unterschied zwischen 1 und 21 dpt auf.

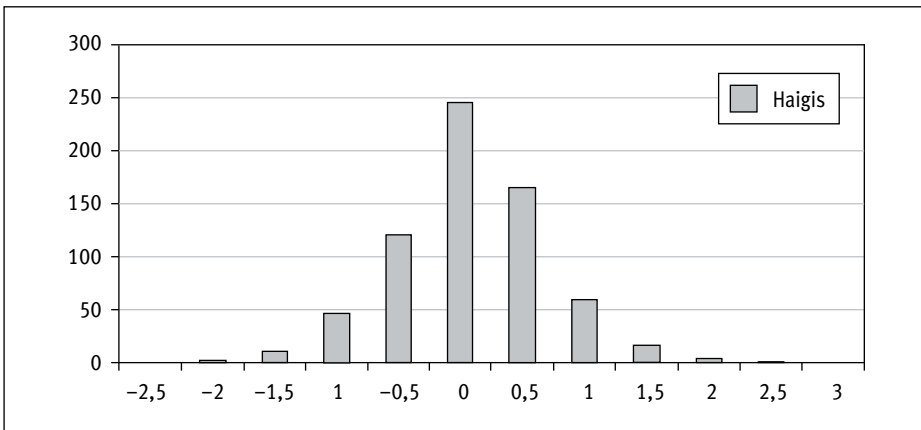
Bei 48 % der Patienten wurde im zweiten Auge die gleiche Zielrefraktion wie im erstoperierten Auge angestrebt. Zu 40 % wurde bei der zweiten Operation eine um 0,5 dpt abweichende Zielrefraktion gewählt: In 12% der Fälle lag der Unterschied der Zielrefraktion beider Augen bei 1 dpt oder mehr. Bei 31 % der Patienten gab es postoperativ keine Refraktionsdifferenz zwischen beiden Augen, bei weiteren 40 % lag die Differenz beider Augen bei 0,5 dpt, bei 22 % der Patienten betrug der postoperative Unterschied 1 dpt, bei 5 % 1,5 dpt und bei 1 % 2 dpt oder 2,5 dpt.

In Abbildung 1 wird die Differenz der präoperativ errechneten Biometriewerte mit den postoperativ erzielten Refraktionen der 670 Augen verglichen. Bei 486 Augen (73 %) lag die mit der SRK/T-Formel berechnete Refraktion im Wert von  $\pm 0,5$  dpt um die postoperativ erzielte Refraktion. Bei 625 Augen (93 %) lag der Wert im Bereich von  $\pm 1$  dpt. 38 Augen (5,7 %) waren von  $-1,5$  bis  $-2,5$  dpt myopisiert, zwölf Augen





**Abb. 1a:** Differenzen zwischen berechneter und erzielter Refraktion (n = 670 Augen) nach der SRK/T-Formel



**Abb. 1b:** Differenzen zwischen berechneter und erzielter Refraktion (n = 670 Augen) nach der Haigis-Formel

(1,8 %) waren von +1,5 bis +3 dpt hyperopisiert (Abb. 1a). Nach der Haigis-Formel waren 533 Augen (80 %) auf  $\pm 0,5$  dpt emetropisiert. 640 Augen (96 %) lagen im Bereich von  $\pm 1$  dpt. Zwölf Augen (1,8 %) waren zwischen  $-1,5$  und  $-2,0$  dpt myopisiert, 22 Augen (3,3 %) waren zwischen  $+1,5$  und  $+2,5$  dpt hyperopisiert. Durch Anpassung der A-Konstante wäre der SRK/T-Wert optimierbar, doch haben wir die leichte Myopisierung gewünscht.

Das eigentliche Ziel dieser Arbeit aber ist das beidseitige Ergebnis der 48 Augen (7 % aller Augen), bei denen die postoperativ erzielte Refraktion um mehr als 1 dpt vom errechneten Wert abwich. Die größte Abweichung der Endrefraktion von der Zielrefraktion betrug 3 dpt, dabei handelte es sich um ein Auge mit einem Staphyloma posticum, das wegen myoper Makulanarben einen Visusanstieg von „Handbe-

		Abweichung der berechneten von der erzielten Refraktion eines Auges in dpt											
		-2.0	-1.5	-1.0	-0.5	0.0	+0.5	+1.0	+1.5	+2.0	+2.5	+3.0	Σ
Abweichung der berechneten von der erzielten Refraktion des Partnerauges in dpt	-3.0												
	-2.5												0
	-2.0		2	2	2								6
	-1.5	2	8	14	5	1							30
	-1.0	2	14	32	38	12							98
	-0.5	2	5	38	78	56	19	1	1				200
	0.0		1	12	56	102	28	9					208
	+0.5				19	28	20	13	3				83
	+1.0				1	9	13	6	2	2			33
	+1.5				1		3	2	2			1	9
	+2.0							2					2
	+2.5												0
	+3.0									1			0
	Σ	6	30	98	200	208	83	33	9	2	0	1	670

Tab. 1: Abweichung der erzielten Refraktion vom errechneten Wert (SRK/T) beider Augen im Vergleich. Anzahl der Patienten mit den jeweiligen interindividuellen Abweichungen (n = 670 Augen)

wegungen erkannt“ auf 1/20 erzielte, und bei dem der Patient das Refraktionsdefizit nicht bemerkte. Die Werte von Abbildung 1a werden in Tabelle 1 im binokularen Vergleich differenziert aufgeschlüsselt.

In der Abszisse sind die Abweichungen von errechneter Biometrie und erzielter Refraktion aller Augen aufgeführt. In der Ordinate sind die Abweichungen von Biometrie und erzielter Refraktion der jeweiligen Partneraugen aufgeführt. Sechs Augen wiesen eine postoperative Fehlrefraktion von -2 dpt auf, die Refraktionsfehler der sechs Partneraugen lagen zwischen -0,5 und -1,5 (im Median bei -1 dpt). 30 Augen wiesen eine postoperative Fehlrefraktion von -1,5 dpt auf, die Refraktionsfehler der 30 Partneraugen lagen zwischen 0 und -2 (im Median bei -1 dpt). 98 Augen wiesen eine postoperative Fehlrefraktion von -1 dpt auf, die Refraktionsfehler der 98 Partneraugen lagen zwischen 0 und -2 (im Median bei -0,5 dpt). 200 Augen wiesen eine postoperative Fehlrefraktion von -0,5 dpt auf, die Refraktionsfehler der 200 Partneraugen lagen zwischen +1,5 und -2 (im Median bei -0,5 dpt). 83 Augen wiesen eine postoperative Fehlrefraktion von +0,5 dpt auf, die Refraktionsfehler der 83 Partneraugen lagen zwischen +1,5 und -0,5 (im Median bei 0 dpt). 33 Augen

wiesen eine postoperative Fehlrefraktion von +1 dpt auf, die Refraktionsfehler der 33 Partneraugen lagen zwischen +2 und -0,5 (im Median bei -0,5 dpt). Neun Augen wiesen eine postoperative Fehlrefraktion von +1,5 dpt auf, die Refraktionsfehler der neun Partneraugen lagen zwischen +3 und -0,5 (im Median bei +1 dpt).

Zusammenfassend zeigen die interindividuellen Vergleiche: Die Differenz der Vorhersage zwischen beiden Augen lag bei nur einem Patienten bei 2 dpt, bei fünf Patienten bei 1,5 dpt und bei 52 Patienten bei 1 dpt. Die Abweichungen zwischen Zielrefraktion und erzielter Refraktion sind bei beiden Augen eines Menschen meist ähnlich. Im Median lag der postoperativ ermittelte Fehler eines Auges bei der Hälfte des Fehlers im Partnerauge.

## Diskussion

Beim Lesen moderner Literatur zur Biometrie des Auges wird oft der falsche Eindruck erweckt, durch exaktere Biometrien ließen sich unerwartete postoperative Ergebnisse der Refraktion ausschalten. Der Präzision der Biometrie sind aufgrund von anatomischen Besonderheiten des alten Auges Grenzen gesetzt. Wir müssen uns damit zufrieden geben, dass eine Präzision +1 dpt zu 90 % realisierbar ist, nicht aber zu 100 %.

Die optisch relevanten Werte eines lebenden Auges sind viel variabler als die eines verschraubten und verklebten optischen Gerätes. Abweichungen von errechneten und erzielten Werten kommen nicht nur durch fehlerhafte Messungen vor, sondern ebenso durch unvorhersehbare individuelle anatomische Besonderheiten. Ein unsicherer Faktor jeder biometrischen Untersuchung ist die postoperative Vorderkammertiefe [3, 8]. Wenn die 4 bis 5 mm dicke Katarakt durch eine 1 mm dünne IOL ersetzt wird, kann die postoperative Lage der IOL im Auge präoperativ immer nur geschätzt, aber nie berechnet werden. Eine durch Zonulaschwäche bedingte Dezentrierung der IOL um 1 mm nach vorne bedeutet eine postoperative Refraktionsänderung um circa 1,5 dpt [2].

Da nie exakt voraussehbar ist, wo die 1 mm dünne Linse im 5 mm dicken alten Kapselsack verwächst, ist es erstaunlich, wie präzise die Biometrie möglich ist. Mit dem IOLMaster von Zeiss ist eine Präzision von wenigen Mikrometern möglich [1], er hat sich nach 2002 als Standardverfahren der präoperativen Biometrie in Deutschland durchsetzen können. Zur Linsenberechnung wurde 2002 von den meisten Operateuren die SRK-II-Formel bevorzugt, gefolgt von der Haigis-Formel und der SRK/T-Formel, 15 % der Kollegen bevorzugten andere Formeln [5].

In den meisten Arbeiten zur Biometrie, so auch in unserer, wird der Astigmatismus auf sein sphärisches Äquivalent umgerechnet und darüber hinaus nicht berücksichtigt. 2 bis 3 % der Augen haben einen Astigmatismus von >3 dpt [4]. Patienten mit schwierigen Ausgangssituationen sind bekannt und werden deshalb oft bei Studien ausgeschlossen, die die Linsenberechnung optimieren sollen [7, 9].

Leider führen Fehlberechnungen immer noch zu Katastrophen bis hin zur Explantation von Linsen [10]. Oft werden unrealistische Erwartungen bei den Patienten geweckt. Erstes Gebot jedes Operateurs ist es, für eine bestmögliche Biometrie und

Linsenberechnung zu sorgen. Er muss bei Fehlern immer zuerst an eigene Fehler denken, wie wir sie auch bei der Erstellung dieser Studie gesucht und gefunden haben. Darüber hinaus muss er aber auch wissen, dass es anatomische Besonderheiten gibt, die eine exakte Berechnung unmöglich machen. Dies zu untersuchen war Ziel unserer Studie.

Nur ein Drittel aller Patienten, 102 von 335, erreichten beidseits eine Präzision von unter 0,5 dpt. Das muss bei der Aufklärung berücksichtigt werden. Die postoperativen Abweichungen beider Augen kommen einander nahe. Wenn es bei der Operation eines Auges zu einer unerwarteten Abweichung der postoperativen Refraktion gekommen ist, so ist davon auszugehen, dass sie in ähnlicher, abgeschwächter Weise auch im Partnerauge vorkommt. Wir halten es für richtig, die Hälfte des Fehlers des erstoperierten Auges bei der Berechnung des Partnerauges einzukalkulieren. Wenn wir bei einem Patienten eine unerwartete Myopie von  $-2$  dpt erhalten haben, implantieren wir am Partnerauge als Zielrefraktion  $-1$  dpt. Um ein dauerhaft optimales Ergebnis zu erzielen, ist ein Abstand zwischen beiden Operationen von mindestens sechs Wochen anzustreben.

## Literatur

1. HAIGIS W: Bestimmung der Gruppenbrechungsindices moderner Intraokularlinsen für die optische Biometrie. In: Pham DT, Auffarth GU, Wirbelauer, C, Demeler U (Hrsg.): 18. Kongress der DGII. Köln: Biermann Verlag 2004;181–184
2. HAIGIS W, GOES F: IOL-Berechnung für hyperope Augen. In: Auffarth GU, Pham DT, Kohnen T (Hrsg.): 22. Kongress der DGII. Köln: Biermann Verlag 2008;129–132
3. HOFFMANN P: Ergebnisse und Optimierung der IOL-Berechnung bei 3046 Augen In: Fabian E, Auffarth GU, Kohnen T (Hrsg.): 23. Kongress der DGII. Köln: Biermann Verlag 2010;203–214
4. HOFFMANN P: Biometrieergebnisse von 23239 Augen. In: Fabian E, Auffarth GU, Kohnen T (Hrsg.): 23. Kongress der DGII. Köln: Biermann Verlag 2010;215–224
5. OBER S, REUSCHER A, WENZEL M: Umfrage von DGII und BVA 2002 zum derzeitigen Stand der Katarakt- und Refraktiven Chirurgie. *Ophthalmol-Chirurgie* 2003;15:217–222
6. OLSEN T: Improved accuracy of intraocular lens power calculation with the Zeiss IOLMaster. *Acta Ophthalmol Scand* 2007;85:84–87
7. PETERMEIER K, GEKELER F ET AL.: Intraocular lens power calculation and optimized constants for highly myopic eyes. *J Cataract Refract Surg* 2009;35:1575–1581
8. PREUßNER P: Genauigkeitsgrenzen bei der IOL-Berechnung. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 2007; 224:893–899
9. SCHRADER W: Aphakiekorrektur beim Kind. *Ophthalmol-Chirurgie* 2008;20:147–151
10. WACKER B, HOLZER P ET AL.: Gründe für die Explantation von Intraokularlinsen. *Ophthalmol-Chirurgie* 2006;18:216–219
11. WENZEL M, BECHMANN M: Injektion von Linsen ohne Injektor. *Ophthalmol-Chirurgie* 2003;15: 15–19

# 1-Jahres-Erfahrung mit Aberrometrie, kornealer Topografie und Refraktion nach Femtosekundenlaser-basierter Flap- und intrakornealer Lentikelpräparation mit verschiedenen Abtragungsprofilen

D. R. H. Breyer, H. Kaymak, K. Klabe, F. Henke

## Zusammenfassung

138 Augen wurden entweder mittels Femto-LASIK oder mit dem von Zeiss entwickelten FLEEx-Verfahren mit dem Ziel der Korrektur eines Sehfehlers behandelt. In dieser retrospektiven Untersuchung war das Ziel, die Sehqualität der beiden Methoden zu vergleichen und zu objektivieren.

Es konnte gezeigt werden, dass sich sowohl die Femto-LASIK als auch die FLEEx-Methode durch eine sehr hohe Sicherheit und Effizienz auszeichnen. Die FLEEx ist der Femto-LASIK in Bezug auf das Refraktionsdefizit leicht überlegen. Auch kann die FLEEx sehr gut mit den Aberrationen der Femto-LASIK mithalten, obwohl von uns bisher die FLEEx vor allem in sehr hochmyopen Bereichen angewandt wurde. Zusätzlich ist das FLEEx-Verfahren für den Patienten angenehmer, da die OP nur an einem Laser stattfindet.

## Einleitung

Zu den jüngsten Techniken in der refraktiven Laserchirurgie zur Korrektur von Fehlsichtigkeiten gehören in erster Linie die Femto-LASIK und das FLEEx-Verfahren. Im Fall der Femto-LASIK erfolgt die Präparation des Flaps mithilfe des Femtosekundenlasers. Die Hornhautabtragung hingegen wird mit dem Excimerlaser durchgeführt. Bei der Femto-Lentikelextraktion („All-Femto-LASIK“) hingegen erfolgt die Präparation des Flaps und die Hornhautablation in einem Schritt durch den Femtosekundenlaser. Als Erstes wird ein Lentikel in die Hornhaut geschnitten und dann der Flap präpariert, sodass die Ablation durch Entfernung des Lentikels erfolgt.

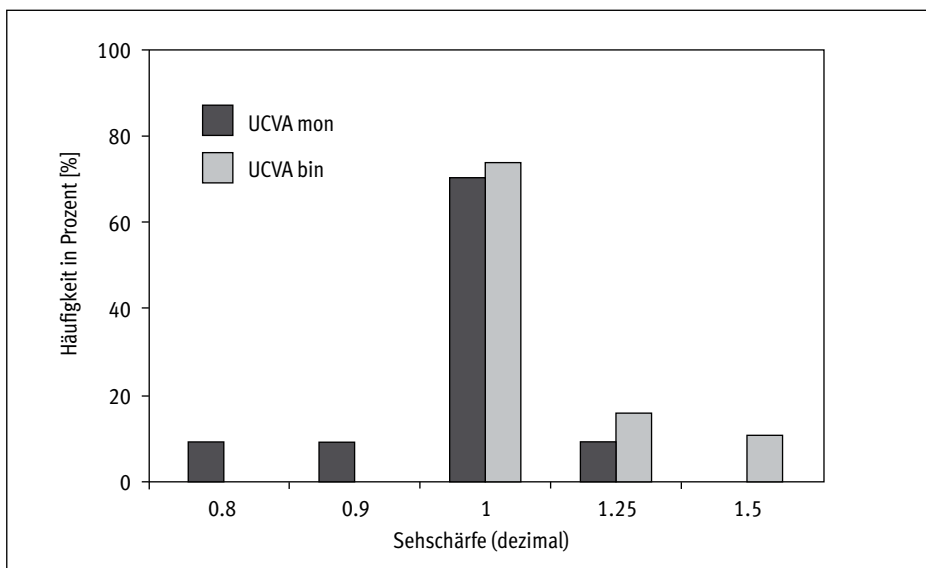
Mit dem Ziel, die Sehqualität zu objektivieren, haben wir beide Methoden verglichen. Anhand des Aberrometers kann die Abbildungsqualität des Auges bestimmt werden. Neben den Sehfehlern niederer Ordnung wie Sphäre und Zylinder können auch Sehfehler höherer Ordnung wie Coma und sphärische Aberrationen bestimmt werden. Im Fall des KR-1W-Aberrometers wird die Wellenfrontanalyse für Linse (internal), Hornhaut (korneal) und das gesamte Auge (okular) aufgezeigt.

## Methoden

Insgesamt wurden 138 Augen untersucht, wobei 90 Augen mit der Femto-LASIK und 48 mit der FLEx-Methode behandelt wurden. Dabei betrug das mittlere sphärische Äquivalent präoperativ  $-2,5$  dpt im Fall der LASIK-behandelten Patienten und  $-5,2$  dpt der Patienten, die mit dem FLEx-Verfahren behandelt wurden. Die Flap- und Lentikelpreparation wurde mit dem Femtosekundenlaser VisuMax von Carl Zeiss Meditec (Jena, D.) durchgeführt. Die Hornhautabtragung im Fall der Femto-LASIK erfolgte mithilfe des Excimerlasers Mel80 von Carl Zeiss Meditec (Jena, D.). Prä- und postoperative Untersuchungen wie subjektive Refraktion und Wellenfrontanalysen mittels des KR-1W-Aberrometers (Topcon, Oakland, NJ, USA) wurden miteinander verglichen. Im Fall der Wellenfrontanalysen wird hier nur auf die Werte bei skopischen Lichtverhältnissen eingegangen.

## Ergebnisse

Das postoperative sphärische Äquivalent (SEQ) betrug im Mittel  $-0,07$  dpt der Femto-Patientengruppe und  $-0,05$  dpt der FLEx-Patientengruppe. Bei dem Vergleich des prä- und postoperativen bestkorrigierten Visus (BCVA) zeichnen sich beide Verfahren durch eine sehr hohe Sicherheit aus. Auch der Vergleich des präoperativen BCVA und des unkorrigierten Visus (UCVA) postoperativ zeigt eine sehr hohe Effizienz beider Laserverfahren. In Abbildung 1 ist die Verteilung des postoperativen UCVA monokular und binokular der FLEx-Patientengruppe dargestellt (Abb. 1).



**Abb. 1:** Häufigkeit des postoperativen unkorrigierten Dezimalvisus (UCVA) der FLEx-behandelten Patientengruppe monokular [mon] und binokular [bin]

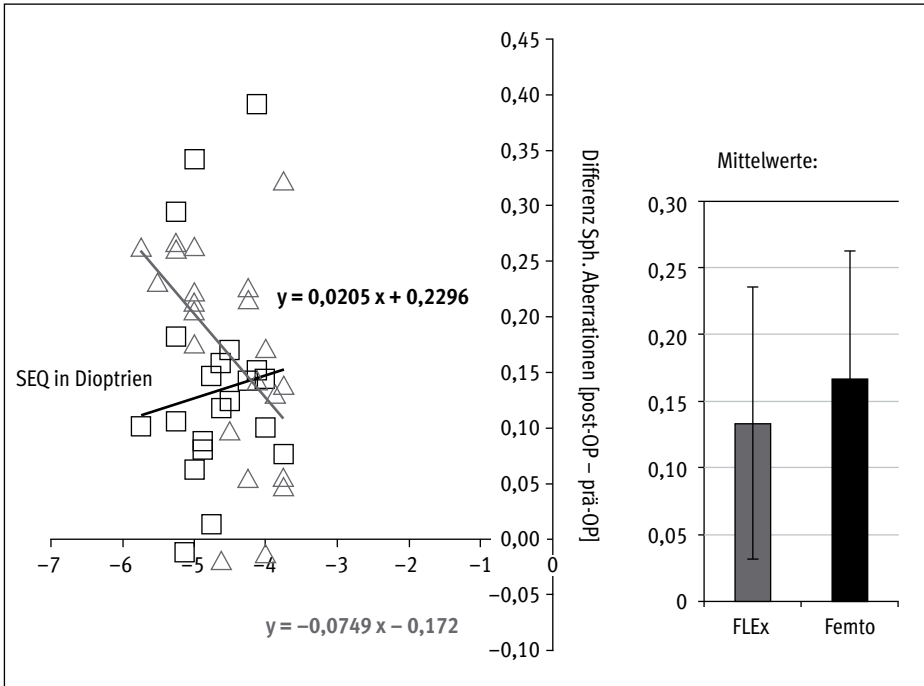


Abb. 2: Spärische Aberrationen

Die okulären Aberrometriemessungen des Astigmatismus zeigen, dass in beiden Gruppen der Astigmatismus signifikant reduziert werden konnte. In der subjektiven Refraktion wurde in der Femto-Patientengruppe ein mittlerer postoperativer Zylinder von  $-0,4$  dpt erzielt. In der FLEx-Patientengruppe konnte der postoperative Zylinder im Mittel auf  $-0,15$  dpt reduziert werden.

Bei der Betrachtung der Aberrationen höherer Ordnung bei skotopischen Lichtverhältnissen (6 mm Pupille) wurden im Vergleich der prä- und postoperativen Daten in der FLEx-Gruppe mehr Aberrationen induziert. Dieses Ergebnis ist vor allem auf die Induktion von Coma bei der Präparation des Lentikels und die Induktion von sphärischen Aberrationen zurückzuführen. Zu beachten ist aber, dass die FLEx-Patientengruppe präoperativ eine höhere myope Ausgangsrefraktion aufwies, sodass es nicht sinnvoll erscheint, die gesamten Patientenpopulationen miteinander zu vergleichen. In Abbildung 2 ist die Induktion der sphärischen Aberrationen in Abhängigkeit von dem präoperativen SEQ in einem Bereich von  $-3,75$  bis  $-5,75$  dpt, wo sich beide Patientengruppen überlagern, dargestellt, sodass in einem weiteren Schritt der Mittelwert der induzierten sphärischen Aberrationen gebildet werden kann. Daraus geht hervor, dass im Fall der Femto-LASIK im Mittel mehr sphärische Aberrationen induziert werden als bei dem FLEx-Verfahren.

## Schlussfolgerung

Bei dem Vergleich der postoperativen refraktiven Daten der Femto-LASIK und der FLEEx-Patientengruppe konnte gezeigt werden, dass beide Verfahren eine sehr hohe Sicherheit und Effizienz aufweisen. Die FLEEx-Methode ist der Femto-LASIK in Bezug auf das postoperative Refraktionsdefizit leicht überlegen, obwohl die Korrektur in sehr viel myoperen Bereichen erfolgte. Außerdem hat das FLEEx-Verfahren den großen Vorteil, dass es für den Patienten angenehmer ist, da die gesamte Operation an einem Laser stattfindet. Nichtsdestotrotz erfordert das Verfahren mit dem Femtosekundenlaser operative Erfahrung.

Die Analyse der Wellenfrontmessungen hat gezeigt, dass bei gleicher Ausgangspopulation von der FLEEx-Methode nicht mehr sphärische Aberrationen induziert werden, sondern im Mittel sogar weniger als bei der Femto-LASIK.



# Herausforderungen und Lösungsansätze der Biometrie heute

W. Haigis

## Zusammenfassung

Mit den heute verfügbaren Techniken lassen sich auch für Problemaugen anspruchsvolle refraktive Ergebnisse erzielen, die nahezu denselben Qualitätskriterien genügen, wie sie für normale Augen gefordert werden.

## Summary

With the technology of today it is possible even for problem eyes to obtain ambitious refractive results conforming nearly to the same quality criteria which are postulated for normal eyes.

## Einleitung

Die letzten Jahre haben zunehmende Anforderungen an die Präzision der Berechnung intraokularer Linsen (IOL) mit sich gebracht. Torische, multifokale, asphärische, phake und akkommodative Linsen, refraktiver Linsentausch und vorangegangene refraktive Chirurgie stellen erhöhte Ansprüche nicht nur an die Operationstechniken, sondern im selben Maße an klinische Messmethoden und Berechnungsverfahren, die so von wesentlicher Bedeutung für das refraktive Ergebnis werden.

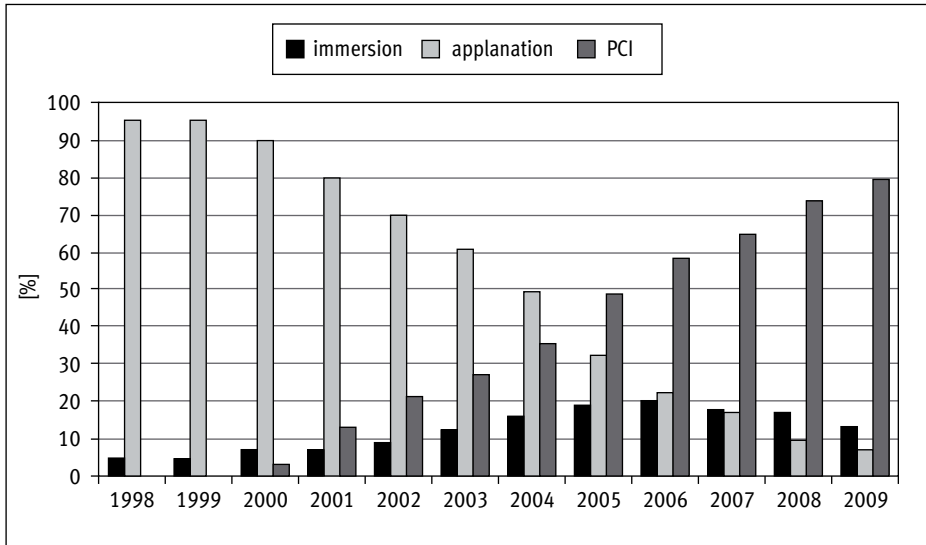
Im Folgenden soll versucht werden, den aktuellen Stand von Biometrie und IOL-Berechnung bei Normal- und Problemaugen unter Berücksichtigung neuer Lösungsansätze zu beschreiben.

## Messverfahren zur Bestimmung okularer Größen

### Messung von okularen Distanzen

Bei den Messmethoden setzen sich vermehrt optische Verfahren durch. Wurde ein halbes Jahrhundert lang Ultraschall zur okulären Längenmessung verwendet, so hat in den letzten Jahren zunehmend die Laserinterferenzbiometrie an Bedeutung gewonnen. Abbildung 1 zeigt einen Überblick über den Wandel im Einsatz der verschiedenen Biometrieverfahren durch Mitglieder der American Society for Cataract and Refractive Surgery (ASCRS) in den Jahren 1998 bis 2009. Die lange mit 95 % absolut dominierende Kontaktultraschallbiometrie ging danach bis 2009 auf unter 10 % zurück, während die optische Biometrie auf 80 % anstieg. Die Ultraschall-immersionsbiometrie erlebte eine Renaissance und erreichte 2005 fast 20 %, um in den Folgejahren wieder leicht auf unter 15 % abzufallen.

Die Methode der Wahl ist heute die optische Biometrie. Der Zeiss IOLMaster, im Herbst 1999 klinisch verfügbar geworden, hat sich dabei zum De-facto-Industrie-



**Abb. 1:** Einsatz verschiedener Biometrietechniken in den USA. immersion: Immersionsultraschall; applanation: Kontaktultraschall; PCI: optische Biometrie (IOLMaster). Daten für 1998 bis 2003: [1], Daten für 2004: [2], Daten für 2005: [3], Daten für 2006 bis 2009: [4]

standard entwickelt. Im Sprachgebrauch wurden Messverfahren (optische Biometrie) und Gerätenamen (IOLMaster) fast synonym verwendet, bis mit dem Lenstar LS 900 von Haag-Streit (baugleich mit dem Biograph von Wavelight) ein Wettbewerber erschien. Dieses Gerät unterscheidet sich zwar im Aufbau vom Zweistrahlprinzip des Zeiss IOLMaster, beruht aber ebenso auf der Verwendung von kurzkohärentem Licht. Etwas schwieriger zu justieren und mit größerem Zeitaufwand als bei seinem Vorbild, erlaubt der Lenstar LS 900 Messungen der okulären Teilstrecken, wie von der Ultraschallechometrie gewohnt.

In der Literatur finden sich eine Reihe von Studien (z. B. [5]), in denen IOLMaster und Lenstar verglichen wurden. Übereinstimmend zeigten dabei die Achslängenmessungen mit beiden Geräten praktisch keinen Unterschied, wohl aber fanden sich signifikante Unterschiede bei den Messungen der Vorderkammertiefe und teilweise auch bei den keratometrischen Messwerten. Ähnliche Beobachtungen machten wir in unserem Labor.

Während das Zeiss-Gerät mit dem IOLMaster 500 nunmehr in der dritten Generation vorliegt, erschien vor Kurzem mit dem Tomey OA 1000 ein weiteres Gerät des Wettbewerbs. Mit ihm sind Messungen von Achslänge, Vorderkammer und Hornhautdicke möglich. Erste Erfahrungen in unserem Labor deuten daraufhin, dass auch die Achslängenmesswerte dieses optischen Biometers direkt mit dem Zeiss IOLMaster vergleichbar sind, nicht aber die gemessenen Vorderkammertiefen.

Eine Übersicht über die momentan verfügbaren Laserinterferenzbiometriegeräte gibt die Tabelle 1.

	Zeiss IOLMaster	Zeiss ACMaster	Haag-Streit Lenstar LS 900	Tomey OA 1000
Hornhautradien	x		x	
Achslänge	x		x	x
Vorderkammer	x	x	x	x
Linsendicke		x	x	
Hornhautdicke		x	x	x
Netzhautdicke	(x)		x	
weiß-zu-weiß	x	x	x	
Pupillometrie		x	x	
Sehachse	x	x		

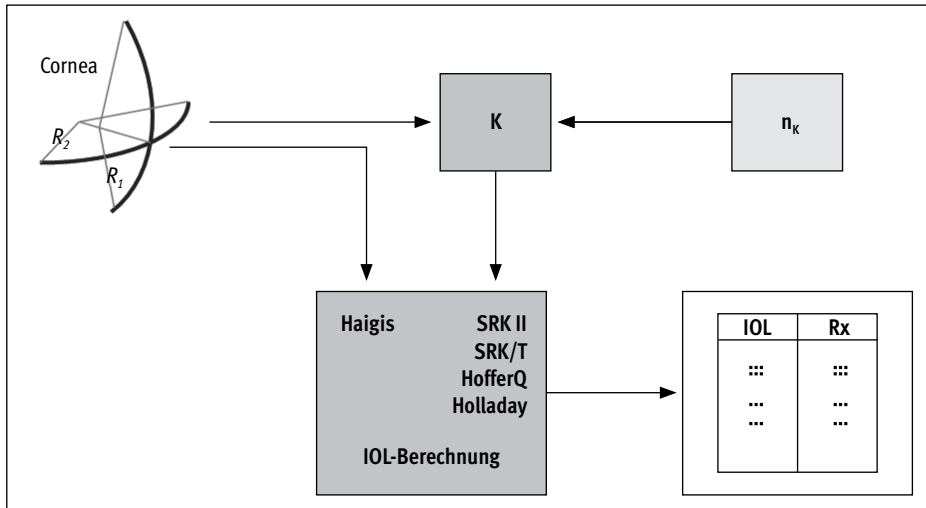
Tab. 1: Aktuelle optische Biometrieeräte nach dem Laserinterferenzprinzip mit kurzkohärentem Licht

## Bestimmung der Hornhautbrechkraft

Klassisch werden zur Bestimmung der Hornhautbrechkraft Keratometer (Ophthalmometer) in der manuellen oder automatischen Betriebsart oder Hornhauttopographiesysteme eingesetzt. Es gibt kein Gerät, das direkt die Brechkraft messen könnte. Stattdessen wird die Krümmung der vorderen Hornhautfläche bzw. deren Radius bestimmt und über den Keratometerindex in einen Brechwert umgerechnet. Keratometerindices basieren auf Modellvorstellungen zur Geometrie der Hornhaut, insbesondere was den Zusammenhang zwischen Vorder- und Hinterradius angeht. Sie sind von Hersteller zu Hersteller verschieden: So geht etwa Zeiss von einem Wert von 1.332 aus, während in den USA 1.3375 verbreitet ist. Bei konstantem Krümmungsradius entspricht dies einem Brechkraftunterschied der Hornhaut von ca. 0.8 dpt.

Zum Problem kann der Keratometerindex bei der IOL-Berechnung werden (Abb. 2): Während die Haigis-Formel bei der IOL-Berechnung Hornhautkrümmungsradien in [mm] verlangt und so möglichen Keratometerindexproblemen aus dem Weg geht, erwarten die „amerikanischen“ Formeln „K-readings“ in [dpt]. Dabei wird ein Keratometerindex von 1.3375 unterstellt. Stammen die K-readings indes von einem Keratometer mit der Zeiss-Kalibrierung (1.332), so entsteht an dieser Stelle schon ein systematischer IOL-Berechnungsfehler von knapp 1 dpt.

Während der vordere Hornhautradius einer Messung leicht zugänglich ist, gilt dies nicht für den Hinterradius. Erst moderne optische Verfahren (dynamische Scheimpflug- und Spaltbildverfahren, OCT etc.), die in bildgebenden Systemen für den Vorderabschnitt (Orbscan, Pentacam, Galilei, Sirius, div. OCT-Geräte etc.) verfügbar wurden, machten dies in den letzten Jahren auf bequeme Weise möglich. Diese Instrumente stellen die Konturen von Hornhautvorder- und rückfläche dar und erlauben daraus die Ableitung der entsprechenden anterioren und posterioren apikalen Krümmungsradien. Mit diesen Daten lässt sich dann – z. B. mit entsprechenden



**Abb. 2:** IOL-Berechnung und Keratometerindex: während die Haigis-Formel bei der IOL-Berechnung Hornhautkrümmungsradien in [mm] verlangt, erwarten die „amerikanischen“ Formeln „K-readings“ in [dpt]. Dabei wird ein Keratometerindex von 1.3375 unterstellt

Formeln der Gauss'schen Optik – die Hornhautbrechkraft bestimmen, ohne dass auf Keratometerindices zurückgegriffen werden muss.

Die Ergebnisse zur Hornhautbrechkraftbestimmung mit diesen neuen Verfahren sind allerdings noch nicht richtig zufriedenstellend: So berichtet Lam [6] für die automatisierte Keratometrie von kleineren mittleren Absolutfehlern nach IOL-Implantation als für die Scheimpflug-Keratometrie. In eigenen Studien fanden wir signifikante Unterschiede bei der Hornhautgesamtbrechkraft nach LASIK zwischen Pentacam-basierten und aus der Refraktionsmethode abgeleiteten Werten [7]. Ebenso beobachteten wir größere absolute Vorhersagefehler nach IOL-Implantation in normalen Augen bei Pentacam- als bei IOLMaster-basierter Keratometrie [8].

## Rechenverfahren zur Bestimmung der IOL-Stärke

Zur Bestimmung der notwendigen IOL-Stärke stehen prinzipiell verschiedene Methoden zur Verfügung: empirische, analytische, numerische oder kombinierte Verfahren. Das System Auge + Brille kann mit exaktem „raytracing“ oder in paraxialer Näherung oder mittels Matrizenoptik mit dicken oder dünnen Linsen behandelt werden. Schließlich stehen noch die klassischen analytischen „IOL-Formeln“ in Gauss'scher Optik zur Verfügung.

Tatsächlich werden diese IOL-Formeln in mehr als 98 % für die praktische IOL-Berechnung eingesetzt, wie aus einer Umfrage [9] unter Mitgliedern der American Society for Cataract and Refractive Surgery (ASCRS) im Jahr 2008 hervorgeht. Tabelle 2 zeigt einen Überblick über die unterschiedlichen Variablen, die in die einzelnen IOL-Formeln eingehen.

	Haigis	HofferQ	Holladay-1	Holladay-2	SRK/T	SRK II	Olsen
K	x	x	x	x	x	x	x
AL	x	x	x	x	x	x	x
ACD	x			x			x
LD				x			x
WzW				x			x
Alter				x			
Rxprä				x			

**Tab. 2:** Unterschiede zwischen klassischen IOL-Formeln: Übersicht über die von den verschiedenen Formeln verarbeiteten Variablen. K: Hornhautbrechkraft, AL: Achslänge, ACD: (phake) Vorderkammertiefe, LD: Linsendicke, WzW: Weiß-zu-weiß-Durchmesser, Rxprä: präoperative Refraktion

Das klassische Verfahren des raytracing spielt für die klinische IOL-Berechnung keine Rolle, zumal in der Literatur (z. B. [10]) immer wieder von vergleichbaren Ergebnissen mit den herkömmlichen Formeln berichtet wird. Für Einzelfälle und in Wissenschaft und Forschung ist raytracing dagegen sicher von Bedeutung.

## Problemaugen

Es gibt keine Universalformel für alle Fälle: Phake und pseudophake IOLs erfordern unterschiedliche Ansätze, ebenso kurze, lange und astigmatische Augen oder Augen nach refraktiver Chirurgie.

### Astigmatische Augen

Die IOL-Bestimmung für astigmatische Augen lässt sich dadurch durchführen, dass man die Berechnung getrennt für den steilen und den flachen Meridian vornimmt. Ein Problem stellt sich dann bei der Linsenbestellung, da es bislang noch keinen verbindlichen ISO-Standard für die Bezeichnung einer torischen IOL gibt. So werden astigmatische Linsen sowohl in der gewohnten Weise durch Sphäre, Zylinder und Achse charakterisiert als auch durch die Kombination von sphärischem Äquivalent, Zylinder und Achse. Hier empfiehlt es sich, die Berechnungssoftware der Hersteller (online oder offline) in Anspruch zu nehmen, die zumeist über die reine Berechnung hinausgehende Zusatzservices anbietet.

### Kurze und lange Augen

Die gängigen IOL-Formeln weisen unterschiedliche Abhängigkeiten ihres Vorhersagefehlers von der Achslänge auf. So haben sich HofferQ, Haigis und Holladay-2 für kurze, Holladay-1, Haigis und Holladay-2 für lange Augen bewährt [11]. Die Verwendung von SRK I wird nicht mehr als *lege artis* angesehen; SRK II sollte man auf keinen Fall bei kurzen Augen einsetzen. Für extrem lange Augen benötigte schwache Plus- oder Minuslinsen sollten durch unterschiedliche Konstanten charakterisiert

sein. Stark brechende Linsen für extrem kurze Augen sind Sonderanfertigungen; die zugehörige IOL-Berechnung wird sinnvollerweise in enger Abstimmung mit dem gewählten IOL-Hersteller vorgenommen.

### **Phake Augen**

Die IOL-Berechnung für phake Augen ist in der Regel weniger kritisch als für aphake Augen. Während letztere zwingend auf eine präzise Achslängenmessung angewiesen ist, wird die Länge des Auges bei der phaken IOL-Berechnung nicht benötigt. Von großer Bedeutung ist hier die exakte Kenntnis der präoperativen Refraktion. Dies ist intuitiv verständlich, denn es soll ja „die Brille in das Auge eingebaut“ werden und hierzu muss sie genau bekannt sein. Hinsichtlich der Berechnung phaker Linsen wird wie bei torischen IOLs auf die Software der Hersteller verwiesen. Diese Programme bieten neben der reinen Berechnung noch eine Reihe von wertvollen Zusatzinformationen, etwa zum Abstand der IOL zum Hornhautendothel etc.

### **Augen nach refraktiver Chirurgie**

Für Augen nach refraktiver Chirurgie gilt in besonderer Weise, dass es nicht eine Formel für alle Augen geben kann. Die Schwierigkeiten der IOL-Berechnung bei diesen Augen lassen sich auf die optische Zone, die verwendeten Messgeräte und die eingesetzten IOL-Formeln zurückführen [12]. Entsprechend sind spezifische Korrekturen für die jeweiligen Einflussfaktoren notwendig. Diese hängen zusätzlich von der Zeit ab, da sich Behandlungsmodalitäten wie auch klinische Messgeräte mit der Zeit ändern. Für die Zukunft ist demnach mit neuen Formeln zu rechnen.

In der Literatur findet man mittlerweile eine Vielzahl von Arbeiten, die sich der Thematik angenommen haben. Eine grobe Einteilung der veröffentlichten Methoden lässt sich anhand der Frage vornehmen, ob zur IOL-Berechnung historische Daten benötigt werden oder ob aktuell durchführbare Messungen ausreichen. Letztere sind zweifellos die klinisch relevanteren, denn oft sind historische Messdaten nicht mehr vorhanden oder es ist kein Zugriff darauf (mehr) möglich.

Was die Anzahl der analysierten klinischen Fälle angeht, scheint unser Labor die größten Zahlen vorweisen zu können. So überblicken wir im Moment 278 Augen [13] nach Kataraktchirurgie, von denen 222 vormals myop und 56 hyperop waren bzw. sich einer entsprechenden refraktiven Laserchirurgie unterzogen haben. Die myopen Augen wurden von 64 Operateuren aus der ganzen Welt mit 35 verschiedenen IOL-Typen versorgt; 15 Operateure behandelten die hyperopen Augen mit 13 verschiedenen IOL-Typen. Biometrie und Keratometrie wurden bei allen Patienten mit dem Zeiss IOLMaster durchgeführt. Zur IOL-Berechnung wurde die im IOLMaster implementierte Haigis-L-Formel [12] verwendet, in den meisten Fällen prospektiv. Die mittleren arithmetischen Vorhersagefehler waren  $-0.08 \pm 0.71$  dpt für die myopen und  $-0.06 \pm 0.77$  dpt für die hyperopen Augen; die jeweiligen Mediane des Absolutfehlers betragen 0.37 dpt und 0.40 dpt. Die Prozentsätze korrekter Refraktionsvorhersagen innerhalb  $\pm 2$  dpt,  $\pm 1$  dpt und  $\pm 0.5$  dpt bei den myopen Augen lagen bei 98,6 %, 82,9 % und 59,9 %. Bei den hyperopen Augen waren die entsprechenden Werte 96,4 %, 82,1 % und 58,9 %.

## Fehlerquellen

Die Genauigkeit der präoperativen Vorhersage der postoperativen Refraktion ist durch systematische und stochastische Fehler begrenzt. Messfehler breiten sich entsprechend der Gauss'schen Fehlerfortpflanzung aus. Ein typischer mittlerer arithmetischer Fehler (ME) bei Verwendung der optischen Biometrie mit personalisierten Konstanten liegt heute bei  $0.0 \pm 0.5$  dpt. Ohne Konstantenoptimierung wird etwa  $1.0 \pm 0.5$  dpt erreicht. Mit diesen Werten lässt sich aus den mathematischen Eigenschaften der Gauss-Funktion leicht der Anteil korrekter Refraktionsvorhersagen innerhalb vorgegebener Grenzen berechnen. So erkennt man in Tabelle 3 deutlich den Gewinn durch die Konstantenoptimierung vor allem für den Prozentsatz kleiner Refraktionsabweichungen: Während die Vorhersagen innerhalb  $\pm 2$  dpt fast unberührt bleiben, wird der Anteil korrekter Vorhersagen innerhalb  $\pm 1$  dpt durch Optimierung nahezu verdoppelt und der innerhalb  $\pm 0.5$  dpt mehr als vervierfacht.

Konstantenoptimierung – wie man sieht – lohnt sich.

	Guter Chirurg, gute Messtechnik, ohne Konstantenoptimierung	Guter Chirurg, gute Messtechnik, mit Konstantenoptimierung
Mittlerer arithmetischer Fehler ME [dpt]	ME = $1.0 \pm 0.5$	ME = $0.0 \pm 0.5$
Korrekte Refraktionsvorhersagen innerhalb $\pm 2.0$ dpt [%]	97.73	99.99
Korrekte Refraktionsvorhersagen innerhalb $\pm 1.0$ dpt [%]	50.01	95.45
Korrekte Refraktionsvorhersagen innerhalb $\pm 0.5$ dpt [%]	15.74	68.27

**Tab. 3:** Typische prozentuale Anteile korrekter Refraktionsvorhersagen bei Verwendung aktueller Messtechnik ohne und mit Optimierung von IOL-Konstanten

## Ausblick

Der heute erreichbare mittlere Absolutfehler unter optimierten Bedingungen liegt typisch in der Größenordnung von 0.4 bis 0.5 dpt. Unter besonderen Bedingungen werden in Einzelfällen sogar Werte von 0.25 bis 0.3 dpt berichtet.

Für normale Augen schlugen Gale und Mitarbeiter [14] vor, dass 85 % aller Refraktionsvorhersagen innerhalb von  $\pm 1$  dpt, 55 % innerhalb von  $\pm 0.5$  dpt der intendierten Refraktion liegen sollten. Ein Vergleich dieses Vorschlags mit unseren Ergebnissen bei Augen nach refraktiver Chirurgie zeigt, dass diese die 55%-Marke für die  $\pm 0.5$ -dpt-Gruppe überschreiten und sehr nahe an den geforderten 85 % für die  $\pm 1$ -dpt-Gruppe liegen. Die Problemaugen zeigen also fast schon Ergebnisse, wie sie momentan für Normalaugen gefordert werden.

## Literatur

1. LEAMING DV: Practice styles and preferences of ASCRS members – 2003 survey. *J Cataract Refract Surg* 2004;30:892–900
2. LEAMING DV: Practice styles and preferences of ASCRS members 2004 survey (via CZM)
3. MORAN JR: Optimized lens constants: influence of diagnostic and surgical technique. Symposium on Cataract, IOL and Refractive Surgery, American Society of Cataract and Refractive Surgery (ASCRS), San Francisco, CA, USA, March 18–22, 2006
4. LEAMING DV: Highlights of the 2008 ASCRS member practice style survey. Symposium on Cataract, IOL and Refractive Surgery, American Society of Cataract and Refractive Surgery (ASCRS), San Francisco, CA, USA, April 05–08, 2009
5. BUCKHURST PJ, WOLFFSON JS, SHA S ET AL.: A new optical low coherence reflectometry device for ocular biometry in cataract patients. *Br J Ophthalmol* 2009;93:949–953
6. LAM S: Comparing conventional automated keratometry with pupil-size based Scheimpflug keratometry in refractive outcomes after cataract surgery in patients with virgin corneas. *J Cataract Refract Surg* 2011 (in print)
7. HAIGIS W, LEGE B: Hornhautbrechwertbestimmung nach LASIK mit der Pentacam. In: Fabian E, Auffarth GU, Kohnen T (Hrsg.): 23. Kongress der DGII. Köln: Biermann Verlag 2010;197–202
8. HAIGIS W: IOL calculation using the Pentacam. 5th IPC meeting, Roses, Spain, Sept 09–11, 2009
9. LEAMING D: Highlights of the 2008 ASCRS member practice style survey. Poster presented at the Symposium on Cataract, IOL and Refractive Surgery, American Society of Cataract and Refractive Surgery (ASCRS), San Francisco, CA, USA, April 3–8, 2009
10. NORRBY S, LYDAHL E, KORANYI, TAUBE M: Clinical application of the lens haptic plane concept with transformed axial lengths. *J Cataract Refract Surg* 2005;31:1338–1344
11. HAIGIS W: IOL-Kalkulation bei hohen Ametropien. *Ophthalmologie* 2008;105:999–1004
12. HAIGIS W: IOL calculation after refractive surgery for myopia: the Haigis-L formula. *J Cataract Refract Surg* 2008;34(10):1658–1663
13. HAIGIS W: Unveröffentlichte Daten, 2011
14. GALE RP, SALDANA M, JOHNSTON RL ET AL.: Benchmark standards for refractive outcomes after NHS cataract surgery. *Eye* 2009;23(1):149–152



# Speziellinsen und Presbyopiekorrektur



# Erste klinische Erfahrungen mit den neuen intraokularen Multifokallinsen Lentis LS-313 MF 15 und Lentis LS-313 MF30

J. Reiter, B. Eckhardt, M. Wiszniowska, I. Fuchs, A. Veith

## Zusammenfassung

**Hintergrund:** Klinische Evaluation dieser neuartigen multifokalen Intraokularlinsen mit progressiver Nahaddition im unteren IOL-Sektor im Rahmen einer prospektiven kontralateralen Studie bei beidseits geplanten Kataraktoperationen. Im Vordergrund standen die Sehschärfe für Ferne, Nähe und den Intermediärbereich, optische Nebenwirkungen und die subjektive Verträglichkeit.

**Methoden:** Im Zeitraum Juni bis November 2010 wurden insgesamt 20 Patienten mit o. g. MIOLs versorgt. In das zunächst operierte, nicht dominante Auge wurde eine LS-313 MF30 implantiert. Etwa 4 Wochen später erfolgte die Implantation einer LS-313 MF15 in das dominante Auge. Alle Augen waren mit Ausnahme einer Katarakt ohne wesentlichen pathologischen Befund. Der zu erwartende postoperative Visus sollte aufgrund der Makulasituation mind. 0,6 betragen.

**Ergebnisse:** Operationsbedingt war ein erheblicher Visusanstieg von  $cc = 0,42$  prä auf  $cc = 0,80$  post im Mittel zu beobachten. Postop. wurde ein sphärisches Äquivalent von  $-0,25$  dpt erreicht. Der durchschnittliche unkorrigierte Fernvisus der MF15-Gruppe betrug 0,63, intermediär 0,55 und in der Nähe 0,43. In der kontralateralen MF30-Gruppe betrug der unkorrigierte Fernvisus 0,70, intermediär 0,63 und in der Nähe 0,58. Der bestkorrigierte Fernvisus der MF15-Augen lag bei 0,82, intermediär bei 0,52 und in der Nähe bei 0,32. In der kontralateralen MF30-Gruppe betrug der bestkorrigierte Fernvisus 0,78, intermediär 0,68 und in der Nähe 0,55. Alle MF30-Augen zeigten einen korrigierten und unkorrigierten Visus in allen Entfernungen von über 0,50. Es zeigte sich ein deutlicher Unterschied in der unkorrigierten und fernkorrigierten Nahsehschärfe zwischen der MF15- und der MF30-Gruppe. Optische Nebenwirkungen wie Halos, Glare, vermehrte Blendung beim nächtlichen Autofahren wurden bislang nicht berichtet.

**Schlussfolgerung:** Bei vielen Patienten konnte Brillenfreiheit im Alltag erreicht werden. Die durchschnittliche Nahsehschärfe der MF30-Augen war  $>0,50$  sowohl unkorrigiert als auch fernkorrigiert. Alle Augen zeigten einen guten Intermediärvision sowohl unkorrigiert als auch fernkorrigiert. Die Patientenzufriedenheit war hoch. Optische Nebenwirkungen wurden bisher nicht berichtet.

## Summary

**Background:** Evaluation of these MIOLs with progressive near-addition of 1.5 D vs 3.0 D in the inferior IOL-segment. A contralateral prospective study in the context of planned cataract surgery was performed. Focus of interest was post op visual acuity for far, near and intermediate, subjective tolerance, photic phenomena and overall patient satisfaction.

**Methods:** A total of 20 patients received the above MIOL MF15 in the dominant eye and MF30 in the non-dominant eye during late 2010 in the context of planned bilateral cataract surgery. With the exception of mild AMD and/or glaucoma all eyes were otherwise healthy. The minimum expected post op visual acuity was 0.6 or above. 4 to 6 weeks post op eyes were examined for data-collection and statistical analysis.

**Results:** BSCVA improved from pre op 0.42 to post op 0.80 (mean). Post op spherical equivalent (SE) was  $-0.25$  D. Average Distance-UCVA of MF15 was 0.63, intermediate 0.55 and near 0.43. In the contralateral MF30-eye average Distance-UCVA was 0.70, intermediate 0.63 and near 0.58. BSCVA for distance of MF15 was 0.82, intermediate 0.52 and near 0.32. In the contralateral MF30-eye average Distance-BSCVA was 0.78, intermediate 0.68 and near 0.55. All MF30-eyes were above 0.50 corrected and uncorrected for all distances. There was a clear difference in uncorrected and distance-corrected near visual acuity between MF15 and MF30 IOL. Optical side effects like halos, glare, problems with night-driving or other photic phenomena were not reported in any group.

**Conclusion:** Many patients achieved spectacles-independence. Average near visual acuity was above 0.50, uncorrected and distance-corrected in the MF30-eye. All eyes showed good intermediate visual acuity both uncorrected and distance-corrected. Overall patient satisfaction was high. No optical side effects were reported so far.

## Einleitung

Einer der Hauptgründe für die zurückhaltende Implantation von klassischen refraktiven oder diffraktiven Multifokallinsen (3 % bis max. 5 % Marktanteil) – nicht nur im deutschsprachigen Raum – sind vor allem die optischen Nebenwirkungen (Halos und Glare), besonders beim nächtlichen Autofahren in der frühen postoperativen Phase, vermindertes Kontrastsehen und zum Teil eingeschränkter Intermediärvision [1–5].

Ein neues Konzept der multifokalen intraokularen Linsentechnologie, die sog. Sektorlinse mit einem sektorförmigen progressiven Nahteil (Abb. 1), scheint einen

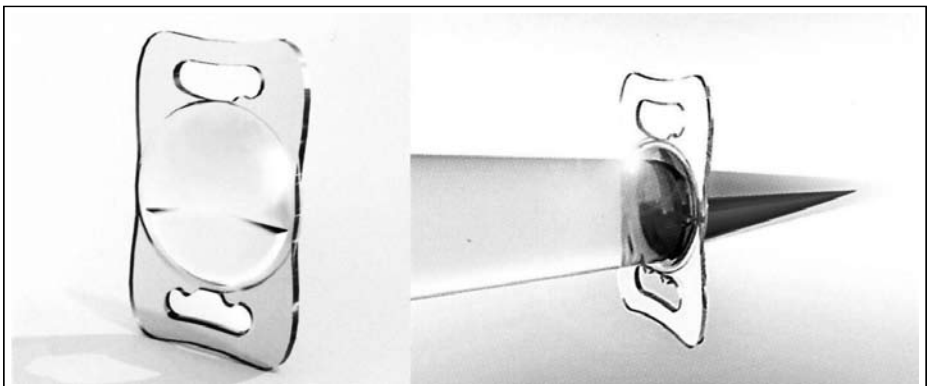


Abb. 1

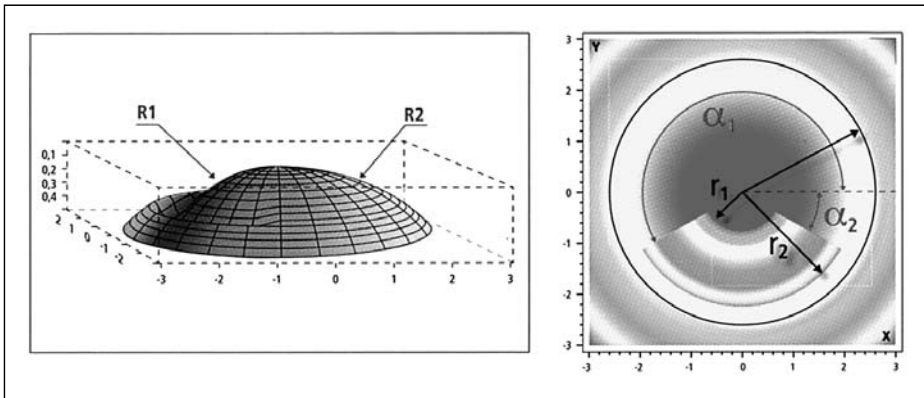


Abb. 2

Teil dieser Problematik zu umgehen. Sie kombiniert zwei Kugeloberflächen unterschiedlicher Radien, einer Hauptoberfläche mit Radius  $R1$  und einer eingelagerten Oberfläche mit Radius  $R2$  (Abb. 2). Auf diese Weise entfällt die Aufteilung des Lichtes für Ferne und Nähe. Es entsteht deutlich weniger Streulicht, dieses belastet die Fovea centralis nur zum Teil [6, 7].

Hintergrund der hier vorliegenden Studie ist die klinische Evaluation dieser neuartigen multifokalen Intraokularlinsen mit progressiver Nahaddition im unteren IOL-Sektor im Rahmen einer prospektiven kontralateralen Studie bei beidseits geplanten Kataraktoperationen. Im Vordergrund standen die subjektive Verträglichkeit, optische Nebenwirkungen, Visusentwicklung insbesondere im Nahbereich und subjektive Zufriedenheit der Patienten im Alltag.

## Methoden und Patienten

Im Zeitraum Juni bis November 2010 wurden insgesamt 20 Patienten mit o. g. MIOLs versorgt. Zunächst wurde das nicht dominante Auge operiert und eine LS-313 MF30 mit einer maximalen Nahaddition von +3,0 auf IOL-Ebene implantiert. Etwa vier Wochen später erfolgte die Implantation einer LS-313 MF15 mit einer maximalen Nahaddition von +1,5 auf IOL-Ebene in das dominante Auge. Alle Augen waren mit Ausnahme einer Katarakt ohne wesentlichen pathologischen Befund. Der zu erwartende postoperative Visus sollte aufgrund der Makulasituation mind. 0,6 betragen.

Das mittlere Alter der Patienten lag bei 71,2 Jahren ( $n = 19$ ). Vier Patienten litten unter einem gut eingestellten Diabetes mellitus. Bei vier Augen lag eine milde trockene AMD vor und bei zwei Augen wurde ein PEX-Syndrom präoperativ diagnostiziert. Die mittlere Achslänge betrug 23,25 mm (21,84 bis 25,37). Die mittlere implantierte IOL-Stärke lag bei 21,05 dpt (16,5 bis 25,0). Phakoemulsifikation und Implantation erfolgten über einen 2,65 mm breiten Zugang am steilen Meridian, ggf. wurde eine Opposite-Clear-Cornea-Inzision (OCCI) durchgeführt.

## Ergebnisse

Wie erwartet war operationsbedingt ein erheblicher Visusanstieg von  $cc = 0,42$  prä- auf  $cc = 0,80$  postop. im Mittel zu beobachten. Postop. wurde ein sphärisches Äquivalent von  $-0,25$  dpt bei einer Zielrefraktion von  $+0,01$  erreicht. Der Fernvisus mit bester Korrektur (kontralateraler Vergleich,  $n = 19$ ) ist in beiden Gruppen nahe-

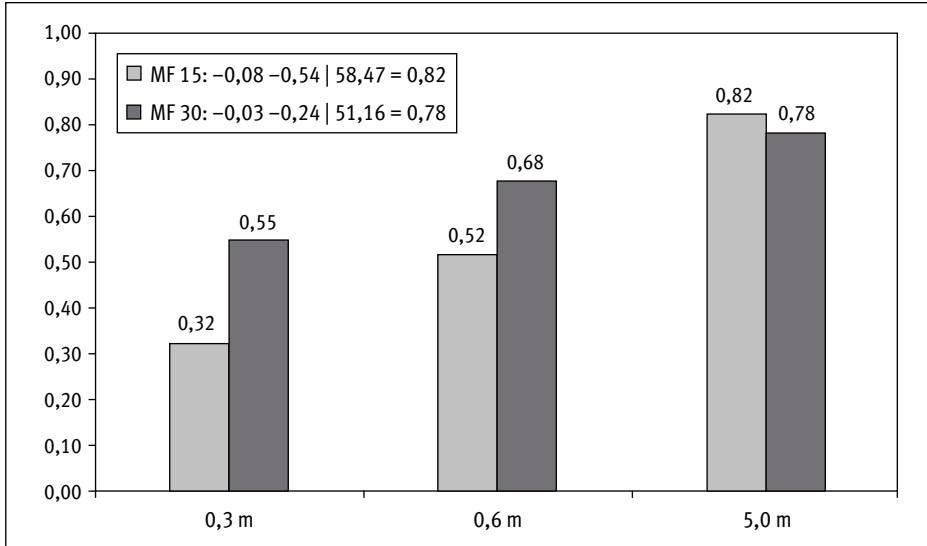


Abb. 3

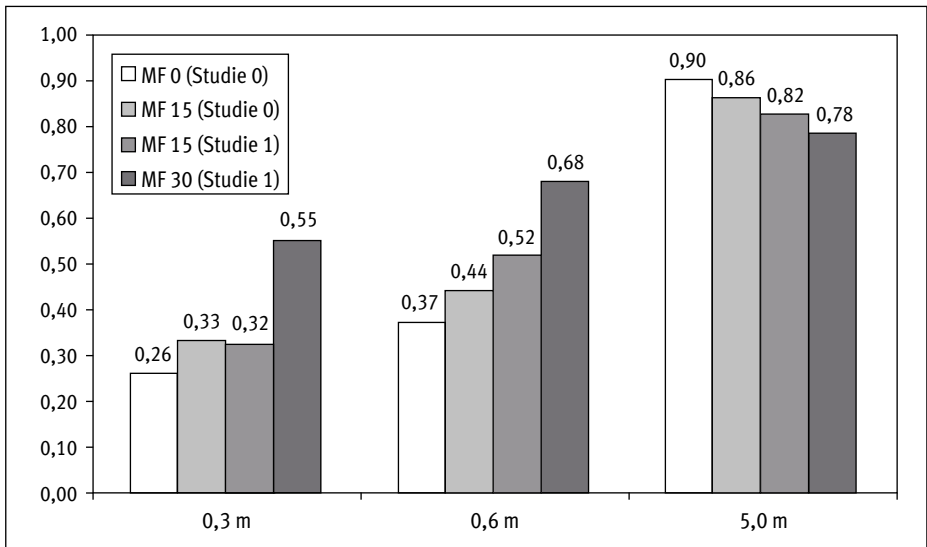


Abb. 4

zu identisch (Abb. 3). Intermediär und Nahvisus sind jedoch in der MF30-Gruppe deutlich besser. Ein alltagstauglicher Lesevisus wurde bei allen Augen der MF30-Gruppe erreicht. Im Vergleich mit den Ergebnissen einer Vorläuferstudie kommt der verbesserte Nahvisus der MF30-Gruppe noch deutlicher zum Ausdruck (Abb. 4). Die subjektiv beste Nahaddition lag in der MF30-Gruppe bei +1,24 dpt, während in der MF15-Gruppe 2,01 dpt gefordert wurden (Abb. 5). Bei nahezu allen Patienten konnte Brillenfreiheit im Alltag erreicht werden. Dieser Gewinn an Nahsehstärke ist sicherlich der Hauptgrund für das hohe Maß an subjektiver Zufriedenheit. Optische Nebenwirkungen wie Halos, Glare, vermehrte Blendung beim nächtlichen Autofahren wurden bislang weder spontan noch auf Nachfrage berichtet.

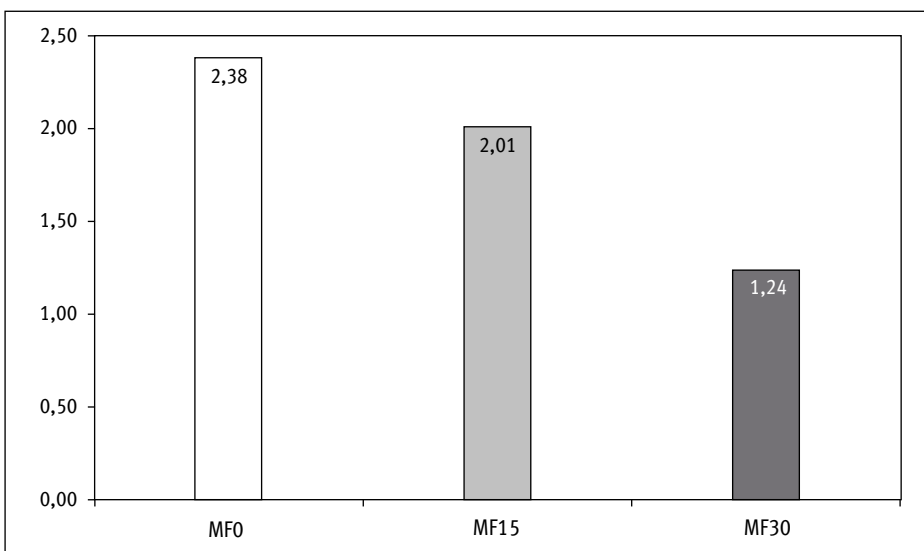


Abb. 5

## Diskussion

Die bislang publizierten Daten zeigen insgesamt positive Ergebnisse mit unterschiedlichen Lasersystemen: So konnte eine Arbeitsgruppe sechs Monate nach Femto-AK (Femtec FSL, 20/10 Perfect Vision, Heidelberg) eine Verminderung des kornealen Astigmatismus um 5 dpt und einen signifikanten Visusanstieg erzielen [1]. Andere Autoren zeigten ähnliche Ergebnisse – wenngleich ohne Visusveränderung (Femtec) [2]. Eine deutsche Arbeitsgruppe konnte eine Reduktion des kornealen Astigmatismus um 3 dpt mit einer Visusverbesserung erzielen (Femtec) [3]. Erfolgversprechende Ergebnisse mit dem IntraLase (IntraLase, Irvine, Kalifornien) zeigt eine Arbeit mit einer Verminderung des Astigmatismus um 4 dpt und signifikanter Visusverbesserung zwei Monate nach Femto-AK [4]. Auch nach längerer Nachbeobachtungszeit nach Femto-AK (IntraLase) berichten einige Kasuistiken

über eine Reduktion des kornealen Astigmatismus um 3 bis 4 dpt mit deutlichem Visusanstieg [5, 6]. Eine jüngste Publikation über die Ergebnisse einer größeren retrospektiven Fallserie nach Femto-AK mit dem IntraLase zeigt einen signifikanten Visusanstieg, eine Verminderung des Astigmatismus von im Mittel knapp 3 dpt mit zugleich einem signifikanten Anstieg der Aberrationen höherer Ordnung (HOA) [8]. Vergleicht man unsere Ergebnisse mit den Daten der Literatur, so sind unsere Ergebnisse hinsichtlich der Stabilität und Effizienz insbesondere durch unsere relativ kurze Schnittlänge von im Mittel 35 Grad zu erklären. Ebenso mag die Tatsache eine Rolle spielen, dass wir nach erfolgter Laserapplikation in allen Fällen keine zusätzliche manuelle Manipulation zur Eröffnung des Schnittes durchgeführt haben. Hierbei ist anzumerken, dass wir zu Beginn unserer Behandlungen im Jahr 2007 eine Überkorrektur auf jeden Fall vermeiden wollten. Daher hatten wir uns aufgrund fehlender Erfahrungswerte und Behandlungsnomogramme bewusst für eine eher konservative Lasereinstellung entschieden.

Erschwerend hinsichtlich der Vergleichbarkeit mit Nomogrammen nach Lindstrom, Thornton oder Nichamin war unter anderem die Tatsache, dass es sich bei unserem Kollektiv ausschließlich um Hornhäute mit Z.n.-Keratoplastik handelt, die sich in ihrer Biomechanik von nicht voroperierten Hornhäuten unterscheiden. Die Analyse der induzierten Aberrationen höherer Ordnung zeigt, dass im Mittel keine signifikante Induktion von Aberrationen höherer Ordnung stattfindet. Auch die optische Qualität der Hornhautoberfläche fällt nicht signifikant ab. Allerdings lassen sich sehr hohe Spannweiten der Differenzwerte feststellen. Dies kann auf interindividuelle Unterschiede der biomechanischen Reaktionen zurückgeführt [8] oder aber auch durch eine hohe Streubreite der Messgenauigkeit bei starken Unregelmäßigkeiten in der Topografie erklärt werden.

## Schlussfolgerung

Die hier dargestellten Ergebnisse sind in Übereinstimmung mit jüngst veröffentlichten Studien von Alió et al. [8] bzgl. der MF30-Linse und McAlinden et al. [9] bzgl. des Vergleiches MF15 vs. MF30. In der hier vorliegenden prospektiven kontralateralen Studie mit Implantation der MF15 auf dem dominanten und der MF30 auf dem nicht dominanten Auge konnte bei nahezu allen Patienten Brillenfreiheit im Alltag erreicht werden. Bei monokularer Prüfung entspricht die angeforderte maximale Nahaddition für 30 cm dem jeweils verbleibenden Refraktionsdefizit. Beeindruckend sind die bisher nicht berichteten störenden optischen Nebenwirkungen.



## Literatur

1. AUFFARTH GU, DICK HB: Multifocal intraocular lenses: a review. *Ophthalmology* 2001;98: 127–137
2. AUFFARTH GU, RABSILBER TM, KOHNEN T, HOLZER MP: Design and optical principles of multifocal lenses. *Ophthalmology* 2008;105:522–526
3. KOHNEN T, KOOK D, AUFFARTH GU, DERHARTUNIAN V: Use of multifocal lenses and criteria for patient selection. *Ophthalmology* 2008;105:527–532
4. PEPOSE JS: Maximizing satisfaction with presbyopia-correcting intraocular lenses the missing links. *Am J Ophthalmology*, 2008;146:641–648
5. BELLUCI R: Multifocal intraocular lenses. *Curr Opin Ophthalmol.* 2005;16:33-37
6. AUFFARTH GU, RABSILBER TM, PHILIPS R, NOVÁK J: Oculentis LENTIS Mplus: A new Concept of multifocal intraocular lens technology. ESCRS, Barcelona, September 2009
7. AUFFARTH GU, RABSILBER TM: Lentis MPlus – die einzige nicht rotationssymmetrische Multifokallinse. *Ophthalmol-Chirurgie* 2009;21 (Suppl. 2):1–4
8. ALÍO JL, PIÑERO DP, PLAZA-PUCHE AB, CHAN MJ: Visual outcomes and optical performance of a monofocal intraocular lens and a new-generation multifocal intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2011;37:241–250
9. McALINDEN C, MOORE JE: Multicoal intraocular lens with a surface-embedded near section: Short-term clinical outcomes. *J Cataract Ref Surg* 2011;37:441–445



# Das Leistungsspektrum der neuen refraktiven Multifokallinse vom Typ Hoya iSii (PY-60MV)

St. Schmickler, C. Althaus, O. Carlsburg, M. Engels, A. Farlopolos, I. Plagwitz

## Zusammenfassung

Die Hoya iSii (PY-60MV) ist eine neue refraktive Multifokallinse mit einer Nahaddition von +3,0 dpt auf IOL-Ebene. In einer prospektiven Studie sollte herausgefunden werden, wo die Stärken und wo die Schwächen der neuen Multifokallinse im Vergleich zu den gängigen diffraktiven Multifokallinsen liegen.

## Summary

21 patients underwent bilateral cataract surgery with implantation of the new Hoya multifocal lens PY-60MV. The recommended manufacturer A-constant (118.4) was used and subjective refraction was measured one and 3 months after surgery. Best-corrected and uncorrected visual acuity (distance, intermediate and near) was documented. Patient satisfaction was evaluated at the 3-month-visit. Uncorrected visual acuity for distance, intermediate and near ranged from logMar 0.34 to 0.0. Patient satisfaction did not necessarily correlate with residual ametropia. All patients had halos but the tolerance differed interindividually according the type of patient. The new Hoya multifocal lens is a good new option for patients interested in good intermediate visual acuity undergoing cataract surgery. As in all multifocal patients perfect postoperative patient management is highly important to gain high patient satisfaction.

## Ziel

Die Hoya iSii (PY-60MV) ist eine neue refraktive Multifokallinse mit einer Nahaddition von +3,0 dpt auf IOL-Ebene. In einer prospektiven Studie sollte untersucht werden, wo die Stärken und wo die Schwächen der neuen Multifokallinse im Vergleich zu den gängigen diffraktiven Multifokallinsen liegen. Hierzu gehörte die Ermittlung der Sehschärfe in unterschiedlichen Distanzen sowohl mit als auch ohne Korrektur sowie die Patientenzufriedenheit anhand eines Fragebogens.

## Methoden

Bei der refraktiven Linse vom Typ Hoya PY-60MV handelt es sich um eine faltbare hydrophobe Blaulichtfilteracryllinse mit einem Gesamtdurchmesser von 12,5 mm und einem Optikdurchmesser von 6 mm. Zentral liegt die Fernzone, daran schließt sich die Nahzone und dann wieder die Fernzone. Die Linse wird in einem Injektor vorgeladen angeliefert (Abb. 1). Die Linse wurde bei 21 Patienten in beiden Augen im Abstand von ein bis zwei Wochen implantiert. Die Patienten wurden am ersten Tag, nach einer Woche, vier Wochen und drei Monaten nachuntersucht. Bei

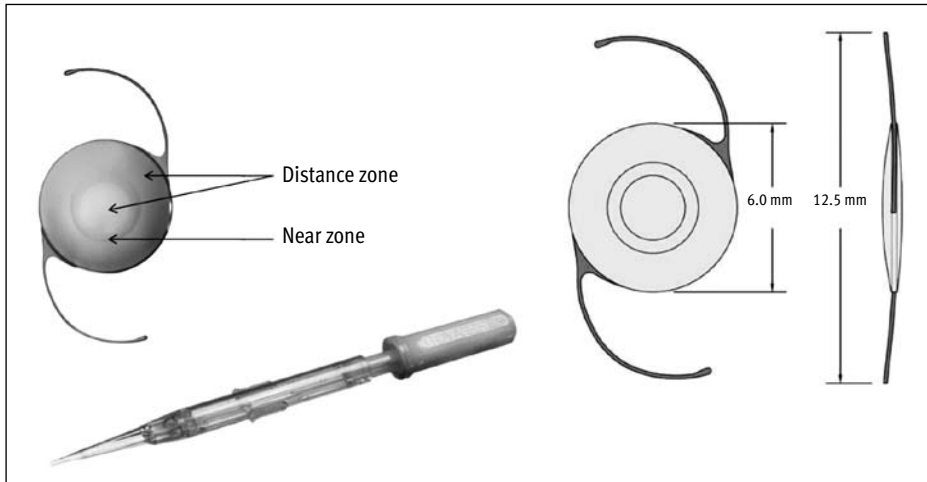


Abb. 1: Die Hoya Preloaded refraktive MIOL vom Typ PY-60MV

der 3-Monats-Untersuchung fand neben der ärztlichen Untersuchung auch eine standardisierte Befragung der Patienten statt (Abb. 2). Ziel der Untersuchung war es, das Leistungsspektrum der neuen Multifokallinse zu erfassen.

Die Einschlusskriterien sahen eine binokulare Implantation, eine durchschnittliche Pupillengröße von 3 mm und mehr wegen des „comfort optic concepts“ vor. Die Zielrefraktion sollte auf Emmetropie ausgerichtet und der Astigmatismus präoperativ kleiner als 2 dpt sein. Der postoperativ zu erwartende Visus sollte mindestens 70 % erreichen können. Der Visus wurde in logMAR-Werten ermittelt.

## Ergebnisse

Bei der 3-Monats-Kontrolle zeigte sich, dass der Median für den unkorrigierten Fernvisus bei 0,04, für den korrigierten bei 0,0, für den unkorrigierten Nahvisus (40 cm Entfernung) bei 0,26 und für den Intermediärbereich (70 cm) bei 0,34 liegt. Vergleicht man diese Werte mit dem Follow-up nach vier Wochen (= V1 Visit), so sieht man, dass es zu einer deutlichen Verbesserung des Fernvisus gekommen ist (Abb. 3).

Auf die Nachfrage, ob die Patienten Halos und Glare sahen, wurde ihnen die Picture Card (Abb. 4) gezeigt. Die meisten Patienten geben Halos im Bereich von Bild 2 und Glare im Bereich von Bild 5 an. Somit ist die Äußerung von Halos und Glare ähnlich wie bei anderen Multifokallinsen.

Des Weiteren wurden die Patienten bei der 3-Monats-Kontrolle gefragt, wie häufig sie noch eine Brille trügen. 60 % gaben an, niemals eine Brille mehr zu tragen. Auf die Frage, wie oft die Patienten eine Brille für die Ferne zum Autofahren trügen, gaben 75 % der Patienten an, keine Brille mehr zu benötigen. Für den PC sind es immerhin über 50 % der Patienten, die keine Brille benötigen. Zum Lesen benötigen ca. 45 % der Patienten noch eine Brille. Insgesamt beurteilen die Patienten

CRF MF-IOL	P-06-11
PACIENT N°	

**Post-operative visit (≥ 3 months from the 2<sup>nd</sup> operated eye) – Page 4 of 4**

**PACIENT SATISFACTION:**

Please answer the questions below based on the vision on both eyes.

1) Wie oft tragen Sie Brille oder Kontaktlinsen?  
 Immer     Manchmal     Nie (wenn nie, fahren Sie bitte mit Frage 5 fort)

2) Wie oft tragen Sie Brille oder Kontaktlinsen zum Blick in die Ferne (wie Auto fahren, fernsehen)?  
 Nie     Selten     Gelegentlich     Oft     Immer

3) Wie oft tragen Sie Brille oder Kontaktlinsen für die mittlere Distanz (zum Beispiel PC-Arbeit, Karten spielen, kochen, einkaufen)?  
 Nie     Selten     Gelegentlich     Oft     Immer

4) Wie oft tragen Sie Brille oder Kontaktlinsen für die nahe Distanz (zum Beispiel lesen)?  
 Nie     Selten     Gelegentlich     Oft     Immer

5) Wie zufrieden sind Sie mit Ihrer Sehkraft auf einer Skala von 1-10?  
*(1 = sehr unzufrieden; 10 = sehr zufrieden)*  
 1     2     3     4     5     6     7     8     9     10

**Bewerten Sie den Grad der Schwierigkeiten, die Sie mit folgenden visuellen Problemen haben**

Wenn Sie visuelle Probleme haben, beschreiben Sie bitte, unter welchen Umständen diese vorkommen

Visuelles Problem	nicht beobachtet	leicht erträglich	unerträglich	Umstände, in denen Probleme auftreten
Blendempfindlichkeit (bei starkem Licht/Autoscheinwerfern)	0	1 2 3 4 5 6 7		
Blendungsringe	0	1 2 3 4 5 6 7		
Verzerrte Nahsicht (gerade Linien erscheinen im Nahen krumm)	0	1 2 3 4 5 6 7		
Verzerrte Weitsicht (gerade Linien erscheinen in der Ferne krumm)	0	1 2 3 4 5 6 7		
Unschärfe Nahsicht	0	1 2 3 4 5 6 7		
Unschärfe Fernsicht	0	1 2 3 4 5 6 7		
Probleme mit der Nachtsicht	0	1 2 3 4 5 6 7		
Doppelt Sehen mit beiden Augen	0	1 2 3 4 5 6 7		
Probleme mit Farbwahrnehmung	0	1 2 3 4 5 6 7		

**Main Investigator:** \_\_\_\_\_ / DD / MM / YYYY  
Signature

Abb. 2: Patientenfragebogen

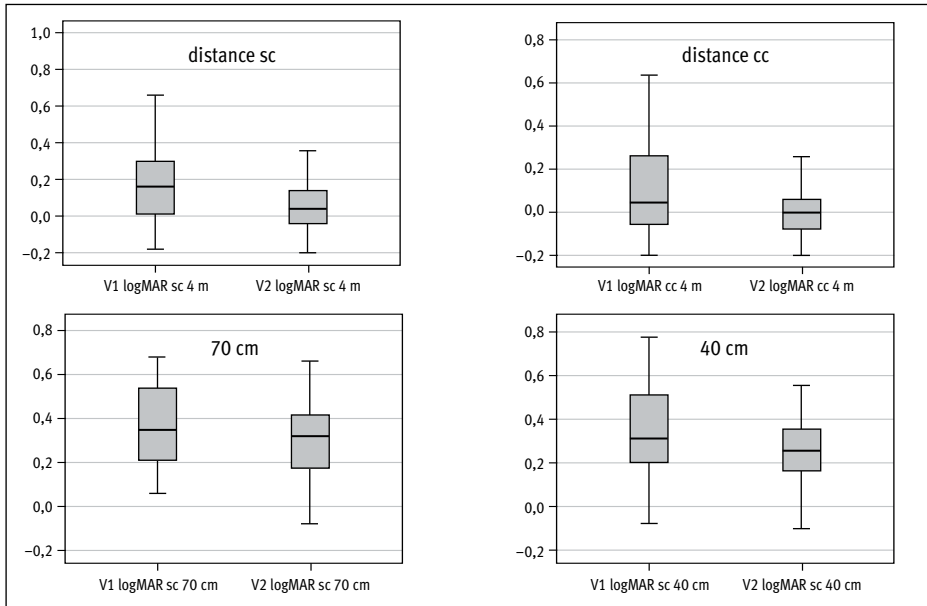


Abb. 3: Visusverbesserung in allen Entfernungen zwischen Visit 1 und Visit 2

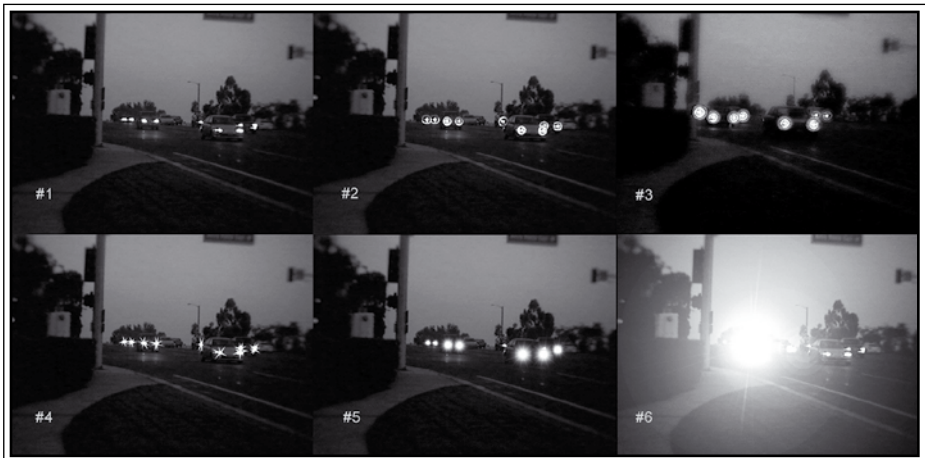


Abb. 4: Picture Card – Ergebnisse Glare (Bild 4–6) und oben Halos (Bild 1–3)

Beschwerden wie Blendungsempfindlichkeit, Blendungsringe, Probleme mit der Nachtsicht etc. als „leicht erträglich“.

Zusammenfassend kann man feststellen, dass die Hoya PY-60MV zu seinem sehr guten Fern- und Intermediärvisus führt. Aufgrund der schwächeren Nahkorrektur ist in 45 % der Fälle noch eine Lesebrille mit +1,0 dpt erforderlich. Umso erstaunlicher war es, dass eine Patientin, die in der Ferne sc 1,0 sah, auch in der Nähe das Gebet-

buch mit kleinster Schrift vorlesen konnte. Hier scheint bei Multifokallinsenpatienten immer auch der Faktor „Gehirn“ (= brain factor) eine große Rolle zu spielen.

Unserer Meinung nach schließt die Hoya PY-60MV aufgrund ihrer guten Fern- und Intermediärvisuswerte eine Lücke in der ophthalmochirurgischen Versorgung. Daher ist sie eine gute geeignete Linse gerade für Menschen, die noch viel im Büro und/oder am PC arbeiten.

**Interessenkonflikt**

Die Autorin hat kein finanzielles Interesse.





# Presbyopiekorrektur mit einer torischen bifokalen MICS-IOL nach koaxialer Mikroinzisionskataraktchirurgie (CO-MICS)

D. R. H. Breyer, H. Kaymak, C. Klabe, R. M. Remmel, C. M. Dardenne,  
D. M. Handzel, F. Henke

## Zusammenfassung

In der Vergangenheit waren Augen mit einem Astigmatismus über 1 dpt nicht die beste Indikation für eine multifokale Intraokularlinse (MIOL). Wir implantierten nach CO-MICS durch eine 1,6 mm breite Inzision in etwa 80 Augen eine torisch bifokale MICS-IOL (AT.LISA 909, Carl Zeiss Meditec), um korneale Inzisionen oder Bioptics zu vermeiden. Prä- und postoperative Refraktion, Messungen mit Videokeratoskopie, Pentacam, IOLMaster und Visusbestimmungen und ein Fragebogen wurden bis zu 2 Jahre dokumentiert. Mehr als 90 % der Patienten benötigen keine Brille mehr. Besonders bei hohen Astigmatismen und Ametropien waren die Ergebnisse, bis auf einen Patienten, sehr zufriedenstellend. Aufgrund der genauen Vorhersagbarkeit und der großen Patientenzufriedenheit sind die koaxiale Mikroinzisionschirurgie und die Implantation der AT.LISA 909 bei uns zu einem Routineverfahren in der Behandlung von presbyopen Patienten geworden.

## Einleitung

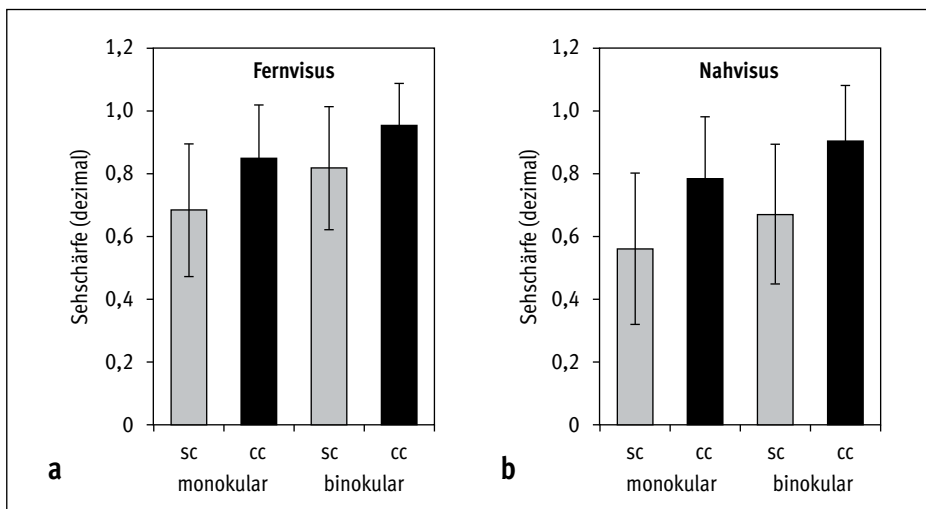
In der Vergangenheit waren Augen mit einem Astigmatismus über 1 dpt nicht die beste Indikation für eine multifokale Intraokularlinse (MIOL). Mit der torischen MIOL AT.LISA 909 von Zeiss ist es möglich, Sphäre, Zylinder und Presbyopie gleichzeitig zu korrigieren und dies mithilfe der Mikroinzisionschirurgie astigmatismusneutral zu operieren. Die AT.LISA besitzt eine torische vordere Optik und eine multifokale hintere Optik. Das diffraktive Linsendesign ermöglicht eine Pupillenunabhängigkeit. Die Lichtverteilung liegt bei 65 % in der Ferne und 35 % in der Nähe, wobei die Linse wie die nicht torische LISA eine Nahaddition von 3,75 dpt aufweist. Mit der Implantation der torischen MIOL sollten korneale Inzisionen oder Bioptics vermieden werden.

## Methoden

Wir implantierten die torisch bifokale AT.LISA in etwa 80 Augen anhand der koaxialen mikroinzisionalen (CO-MICS) Kataraktchirurgie durch 1,5 bis 1,8 mm. Dabei haben wir einen Dioptrienbereich von 3 bis 35 für die Sphäre und 1 bis 11,5 für den Zylinder verwandt. Die Markierung der Achse für die Lage der Linse erfolgte mithilfe des Nd:YAG-Lasers 0,5 bis 1 h vor der OP. Zusätzlich wurde immer ein Kapselspannung implantiert, um die Stabilität zu erhöhen und Dezentrierungen und Rotationen der IOL zu vermeiden. Prä- und postoperative Refraktion, Messungen mittels Videokeratoskopie, Pentacam, IOLMaster, Visus und ein Fragebogen wurden dokumentiert. Hier werden wir uns auf die Refraktionsbestimmungen und Visusmessungen beschränken.

## Ergebnisse

Alle Augen seit der ersten OP wurden für die Auswertung herangezogen, auch ein paar wenige amblyope Augen wurden inkludiert sowie ein Auge nach PKL. Der dezimale präoperative bestkorrigierte Visus (BCVA) vor der OP betrug im Mittel 0,6. Das präoperative sphärische Äquivalent (SEQ) lag bei einer Spannweite von  $-16,4$  bis  $8,5$  dpt, wobei das Maximum des angenommenen Zylinders in der Refraktion  $-7,5$  dpt darstellte. Das SEQ konnte postoperativ im Mittel auf  $0,06$  dpt reduziert werden. Der angenommene Zylinder auf Brillenebene konnte im Durchschnitt von  $-2,0$  auf  $-0,35$  dpt reduziert werden. Die postoperativen Visusbestimmungen sind in Abbildung 1 dargestellt. Woraus deutlich hervorgeht, dass sich der Visus mithilfe beider Augen noch einmal deutlich verbessert.



**Abb.1:** a) Dezimale Visusbestimmung für die Ferne monokular und binokular, unkorrigiert (sc) und korrigiert (cc).  
b) Dezimale Visusbestimmung für die Nähe monokular und binokular, unkorrigiert (sc) und korrigiert (cc).

## Schlussfolgerung

1. Mittels koaxialer Kleinstschnittchirurgie ist es möglich, die Induktion eines Astigmatismus zu verhindern.
2. Die objektiven Messungen und vor allem die subjektiven Meinungen der Patienten sind sehr zufriedenstellend und vielversprechend.
3. Mit der multifokal-torischen AT.LISA ist es möglich, Patienten mit sehr hohem Astigmatismus und dem Wunsch nach Brillenfreiheit zu behandeln.
4. Zusätzlich lassen sich Biopics vermeiden.

Aufgrund der genauen Vorhersagbarkeit und der großen Patientenzufriedenheit sind CO-MICS und die Implantation der AT.LISA 909 Routine in der Versorgung unserer presbyopen Patienten geworden.

# Lichtadjustierbare Linse – neue Möglichkeiten zur Presbyopiekorrektur

F. H. Hengerer

## Zusammenfassung

**Zielsetzung:** Ziel dieser Untersuchung war die Evaluation der ersten funktionellen Ergebnisse nach Implantation und Beleuchtung der lichtadjustierbaren Intraokularlinse (LAL) mit verschiedenen Nomogrammen zur Presbyopiekorrektur.

**Methoden:** Bei Patienten mit Katarakt wurde eine Kataraktoperation mit anschließender Implantation einer lichtadjustierbaren Linse durchgeführt. Die Adjustierung der residualen Brechwertfehler (Sphäre und Zylinder) erfolgte individuell nach postoperativer Stabilisation der Refraktion. Nach Erreichen der Zielrefraktion erfolgte nach dem ersten Adjustierungsprofil eine Beleuchtung zur Verstärkung der zentralen Linsenbrechkraft (Customized Near Add = CNA) abhängig von der Pupillenweite und ein abschließendes Lock-in zur dauerhaften Fixation der IOL. Präoperativ, vor den Adjustierungen sowie nach dem Lock-in erfolgten monatliche vollständige ophthalmologische Untersuchungen einschließlich der Messung von Defokuskurven.

**Ergebnisse:** Die Kataraktoperationen verliefen ohne Komplikationen. Dargestellt werden die Visusergebnisse für Fern-, Intermediär- sowie Nahdistanz. Dabei zeigte sich ein Anstieg der Nah- und Intermediärsehleistung bei gutem Fernvisus.

**Schlussfolgerung:** Mit der lichtadjustierbaren Linse lassen sich nach Korrektur verbliebener Brechwertfehler individuelle Lösungen für eine gute Intermediär- und Nahsehstärke erzeugen.

## Zielsetzung

In den vergangenen Jahren entwickelte sich die Kataraktchirurgie mehr und mehr zu einem refraktiv-chirurgischen Eingriff. Auch die gesteigerte Erwartungshaltung der Patienten nach einem postoperativen Sehen ohne Brille in allen Distanzen oder das möglichst exakte Erreichen der Zielrefraktion sind nur einige der täglichen Herausforderungen für den Ophthalmochirurgen. Ziel dieser Untersuchung war die Evaluation der ersten funktionellen Ergebnisse nach Implantation und Beleuchtung der lichtadjustierbaren Intraokularlinse (LAL) mit verschiedenen Nomogrammen zur Presbyopiekorrektur.

## Methodik

Wir stellen eine prospektive, nicht randomisierte Studie in der Universitäts-Augenklinik der Ruhr-Universität Bochum vor. Dabei wurden 15 Patienten ausgewählt, welche sich zur Operation der beidäugigen Alterskatarakt mit Implantation einer Intraokularlinse bei uns vorstellten und die auf ihre Eignung zur freiwilligen

Teilnahme an der Studie untersucht wurden. Dabei wurden Patienten mit auffälligen Vorderabschnittspathologien, nicht eingestelltem Glaukom, mit vorausgegangenem chirurgischen Eingriffen, Makulopathien, Retinopathie oder einer Pupillenweite in medikamentöser Mydriasis  $<7$  mm von der Teilnahme ausgeschlossen. Die postoperative photopische Pupillenweite zur Anwendung des Customized-Near-Add-Profiles (CNA-Profil) sollte mindestens bei 3,25 mm liegen.

Die lichtadjustierbare Intraokularlinse (LAL) ist eine faltbare dreistückige Silikonlinse, deren Schlaufenhaptiken aus blauem Polymethyl-Methacrylat bestehen und in einer modifizierten C-Form direkt mit der Optik verbunden sind. Die gesamte IOL weist einen Durchmesser von 13,0 mm auf, die bikonvexe optische Zone von 6,0 mm mit  $360^\circ$  scharfer Kante.

Bei allen Patienten wurde in Retrobulbäranästhesie eine Phakoemulsifikation von einem Operateur (F. H. H.) durchgeführt, die LAL-Implantation erfolgte mithilfe des Silver-Series-II-Injektors der Fa. AMO durch einen selbst dichtenden Clear-Cornea-Tunnelschnitt von 2,75 mm. Nach Entfernung des Viskoelastikums erhielten die operierten Augen einen Verband. Dieser wurde am Folgetag zur Untersuchung abgenommen, und die Patienten erhielten eine eigens vom Hersteller der LAL (Calhoun Vision Inc, San Francisco, California, USA) zur Verfügung gestellte UV-Lichtschutzbrille (7EYE, Pleasonton, California, USA) mit der Maßgabe, diese Schutzbrille sowohl im Freien als auch in geschlossenen Räumen ständig zu tragen. Die Schutzbrille wurde einen Tag nach Beendigung der Lock-in-Beleuchtung der LAL abgenommen und verhinderte in der Zeit nach der Implantation bis zum Lock-in ein akzidentielles Beleuchten durch UV-Licht aus der Umgebung.

Die Adjustierung verbliebener Brechwertfehler erfolgte postoperativ individuell mit einer digital gesteuerten UV-Lichtquelle (Digital Light Delivery Device, DLDD) der Firma Carl Zeiss Meditec (Jena, Deutschland). Dieser Mikrochip, bestehend aus vielen Einzelspiegeln, ist derzeit technisch in der Lage, sphärische und torische Beleuchtungsprofile zu generieren sowie individuelle zentrale Aufteilungen. Die Zentrierung der zentralen Linsenaufteilung erfolgte in die Sehachse, die Zonengröße ist an die Pupillenweite anpassbar, eine individuelle Nahaddition ist möglich. Unsere Patienten sind mit einem Profil von +2,1 dpt Addition über eine 2,5 mm Zone beleuchtet worden. Zuvor ist zunächst die Adjustierung auf +0,25 dpt erforderlich.

Die Adjustierungen der LAL erfolgten in Tropfanästhesie. Der Operateur stabilisierte das Auge mit einem speziell dafür bereitgestellten Kontaktglas (Vergrößerung 0,835-fach, Fa. Ocular Instruments, Bellevue, WA, USA) ähnlich einer herkömmlichen Laserkoagulationsbehandlung. Der Patient fixierte während der Beleuchtungssitzungen ein grün blinkendes Fixierlicht. Der UV-Lichtstrahl wurde vom Operateur mittels eines in den Strahlengang eingeblendeten Fadenkreuzes in der Sehachse des Patienten zentriert.

Postoperativ erfolgten wöchentliche augenfachärztliche Untersuchungen sowie die Bestimmung des korrigierten und unkorrigierten Nah-, Intermediär- und Fernvisus sowie die Ermittlung der Defokuskurven von +4,0 dpt bis -4,0 dpt zu den wichtigsten Messzeitpunkten.

## Ergebnisse

Die angestrebte Refraktion blieb bei allen Augen im gesamten untersuchten Zeitraum nach Lock-in bis drei Monate nach Lock-in-Beleuchtung stabil.

Zum Zeitpunkt drei Monate nach Lock-in erreichten die mit CNA-Profil adjustierten Augen in Lesedistanz (40 cm) einen Visus von  $1,01 \pm 0,15$  (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung), in Intermediärdistanz (60 cm) einen Visus von  $0,95 \pm 0,01$  und einen Fernvisus von  $0,79 \pm 0,15$ , während die auf Emmetropie adjustierten Partneraugen in Lesedistanz (40 cm) einen Visus von  $0,46 \pm 0,10$ , in Intermediärdistanz (60 cm) einen Visus von  $0,69 \pm 0,09$  und einen Fernvisus von  $1,10 \pm 0,10$  aufwiesen. Binokular ergaben sich in Lesedistanz (40 cm) Visuswerte von  $1,06 \pm 0,12$ , in Intermediärdistanz (60 cm) von  $0,95 \pm 0,08$  und in der Ferne von  $1,10 \pm 0,10$ .

Die Defokuskurven der 15 CNA-adjustierten Augen zeigen im Minusbereich ein zweites Plateau bei  $-2,5$  dpt.

## Schlussfolgerung

Das Customized-Near-Add-Profil bietet Patienten nach Implantation der lichtadjustierbaren Intraokularlinse mit einer postoperativen skotopischen Pupillenweite von mehr als 3,25 mm die Möglichkeit eines guten Nah- und Intermediärvisus – ohne Beeinträchtigung der Fernschärfe. Die dominanten Partneraugen werden auf Emmetropie eingestellt. Darüber hinaus bietet die individuell adjustierbare Monovision derzeit auch Patienten mit geringeren skotopischen Pupillenweiten die Möglichkeit einer postoperativen Einstellung des nicht dominanten Auges auf  $-1,25$  dpt. Die Verträglichkeit kann geprüft und – falls erforderlich – die Myopisierung verstärkt oder abgeschwächt werden. Auch hier wird zunächst das dominante Partnerauge nach Implantation einer LAL auf Emmetropie beleuchtet. Zukünftig wird des Weiteren ein von der Arbeitsgruppe von Prof. Pablo Artal (Murcia, Spanien) entwickeltes Nomogramm in der Universitäts-Augenklinik in Bochum im Rahmen einer Studie zur klinischen Anwendung kommen, das durch Beeinflussung der postoperativen Asphärität der implantierten adjustierbaren Linse unabhängig von der Pupillenweite zu einem Anstieg des Nah- und Intermediärvisus ohne Beeinträchtigung des Fernvisus führt.



# Sehen ohne Brille – unsere 2-Jahres-Ergebnisse mit Binovision

S. Paulig

## Zusammenfassung

Die Implantation der Light Adjustable Lens (LAL) erlaubt es uns, die Zielrefraktion mit hoher Präzision zu erreichen. Durch die postoperative Bestrahlung der LAL wird eine asphärische Oberfläche erzeugt, die die Tiefenschärfe ganz wesentlich erhöht. Dadurch ist es uns möglich, unsere Patienten so zu korrigieren, dass sie nach Ende der Bestrahlungsbehandlung sowohl monokular als auch binokular einen exzellenten Visus in der Nähe, intermediär und in der Ferne haben. Im Gegensatz zur Monovisionstechnik ermöglicht die Binovision dem Patienten ein binokulares und stereoskopisches Sehen in praktisch allen Entfernungsbereichen.

## Summary

Implantation of the LAL allows us to achieve patients' targeted refraction with high precision. Postoperative irradiation treatments, which create an aspheric surface that increases depth of field, allows us to correct patients both monocularly and binocularly so that they achieve excellent vision at near, intermediate and far distances. In contrast to monovision techniques, this binovision technique provides the patient with binocular and stereoscopic vision at practically all distances with the LAL.

## Einleitung

Seit 2008 implantieren wir in unserer Klinik die Light Adjustable Lens (LAL). Die Linse wurde vom amerikanischen Nobelpreisträger für Chemie, Prof. R. Grubbs und dem amerikanischen Augenarzt, Prof. D. Schwartz, entwickelt. Mit ihr sollten postoperative Korrekturen bis zu 2 dpt sphärisch und bis zu 2 dpt Zylinder korrigiert werden. Bei der Arbeit mit dieser Linse konnten wir feststellen, dass sich neben der Visusverbesserung auch die Asphärizität der Linse und damit die Tiefenschärfe ändern. Sie ist so stark zu erhöhen, dass der Patient dadurch in die Lage versetzt wird, große Entfernungsbereiche wahrzunehmen. Außerdem erhält er ein normales stereoskopisches Sehen.

## Material und Methode

Zwischen Oktober 2008 und Januar 2011 haben wir mit dieser Methode 143 Augen behandelt. Davon waren 121 Augen gesund, d. h., die Patienten wurden im Rahmen der Kataraktoperation oder der Clear-Lens-Extraktion ohne zusätzliche visusmindernde Erkrankungen operiert. Bei 22 Augen fanden wir komplizierte, visuseinschränkende Ausgangssituationen vor wie Anisometropie mit Amblyopie, Strabismus oder auch altersabhängige Makuladegeneration.

Die Light Adjustable Lens besteht aus einem photosensitiven Silikon und ist asphärisch. Ihre Refraktion kann postoperativ durch UV-Bestrahlung (365 nm) noch bis um 2 dpt in der Sphäre und im Zylinder korrigiert werden (Abb. 1).

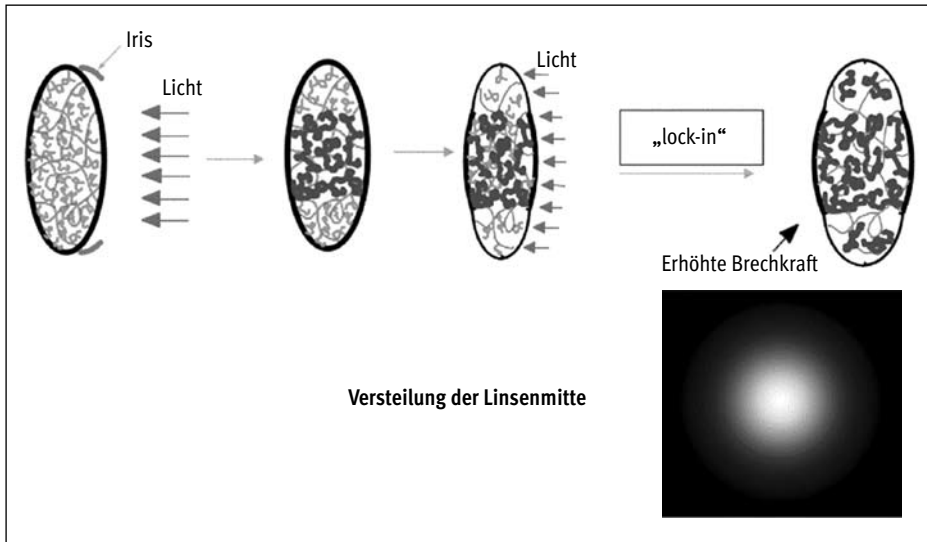


Abb. 1: Brechkrafterhöhung

Die LAL wird zunächst wie jede Silikonlinse implantiert. Wir falten die Linse und implantieren sie durch eine 3 mm breite Inzision. In der dritten postoperativen Woche beginnen wir mit der Nachbehandlung. Unter Anwendung des LDD-Bestrahlungsgerätes ist es uns möglich, die Brechkraft der Linse zu verändern. Eine Versteilung der Linsenmitte führt zur Brechkrafterhöhung, mit einer Abflachung der Linsenmitte erreichen wir eine Brechkraftreduzierung. Eine Korrektur des Astigmatismus wird möglich durch eine Abflachung entlang der Achse des Astigmatismus. Wir führen diese Adjustierung zwei- oder dreimal durch und schließen ein sogenanntes Lock-in zweimal an. Dabei wird die Linse gleichmäßig bestrahlt und eine Transformation der restlichen Makromere zur Fixierung der Linse und damit des Visusergebnisses erreicht. Zwischen allen Adjustierungen und den Lock-in-Behandlungen sollten 48 Stunden oder ab der zweiten Adjustierung 24 Stunden Abstand sein, um die Migrationsbewegungen des Silikonmaterials abgeschlossen zu haben. Wesentlich ist, dass alle Patienten vor der Operation darauf hingewiesen werden, dass sie unmittelbar postoperativ bis zum Ende des Lock-in eine Lichtschutzbrille tragen müssen, die sie von uns bekommen.

In Abweichung der von CalhounVision zur Verfügung gestellten Nomogramme haben wir im Laufe der letzten Jahre unsere eigene Bestrahlungstechnik entwickelt. Diese ermöglicht es uns, unsere Patienten postoperativ so zu korrigieren, dass sie sowohl monokular als auch binokular Objekte in allen Distanzen wahrnehmen können. Die dabei erzielten Ergebnisse stellen wir im Folgenden vor.



## Ergebnisse

Bei der Darstellung der Ergebnisse konzentrieren wir uns in diesem Beitrag auf die 121 gesunden Augen. Die Augen mit komplizierter Ausgangssituation sind sehr interessante Einzelfalldarstellungen und würden den Rahmen dieser Veröffentlichung sprengen. Zu einem späteren Zeitpunkt werde ich jedoch gern darüber berichten, weil sich auch für diese Patientengruppe bessere Behandlungskonzepte und -erfolge eröffnen, die man den betroffenen Patienten nicht vorenthalten sollte.

In der Gruppe der gesunden Augen wurden bis Februar 2011 79 Augen ferndominant und 42 Augen nahdominant korrigiert. Von den 79 ferndominanten Augen hatten 75 Augen (95 %) einen unkorrigierten Visus zwischen 0,9–1,3 und vier Augen (5 %) einen unkorrigierten Visus von 0,8 (Tab. 1). Das war es, was wir zunächst angestrebt hatten. Doch dann wurde es richtig interessant, denn wir konnten feststellen, dass die Augen, bei denen wir eine Fernkorrektur ausgeführt hatten, auch extrem gute Ergebnisse in der Nähe hatten (Abb. 2).

<b>143</b>	<b>Augen insgesamt, davon</b>
121	gesunde Augen (in dieser Präsentation betrachtet), davon 79 Augen – Fernkorrektur 42 Augen – Nahkorrektur
22	Augen mit schwieriger Ausgangssituation (Strabismus, AMD, Amblyopie)

Tab 1: Ergebnisauswahl Light Adjustable Lens (Oktober 2008 – Februar 2011)

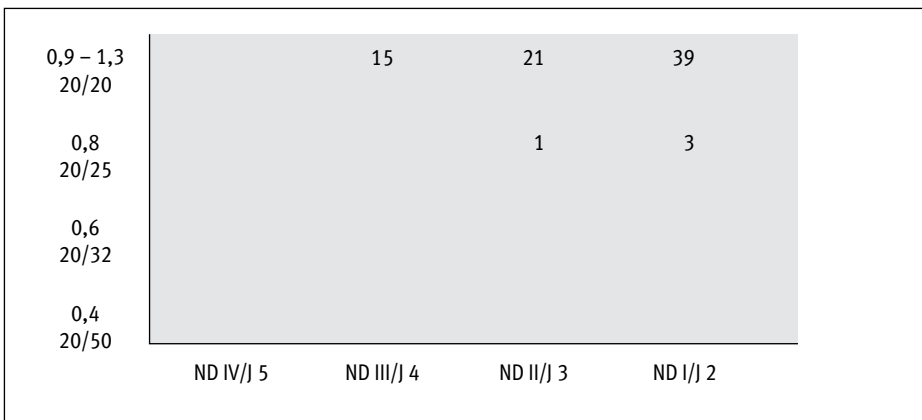


Abb. 2: Fernvisus versus Nahvisus (unkorrigiert)

Von den 42 Augen, die wir für die Nähe korrigiert hatten, erzielten 41 Augen einen Nahvisus von Nieden I. Ein Patient hatte Nieden II. Diese Nahaugen hatten aber ebenfalls sehr gute Ergebnisse in der Ferne (Abb. 3). Angeregt durch die sehr guten binokularen Ergebnisse haben wir bei den letzten 23 Patienten das stereoskopische Sehen mittels Titmus-Test untersucht. Alle Patienten verfügten nach Abschluss der

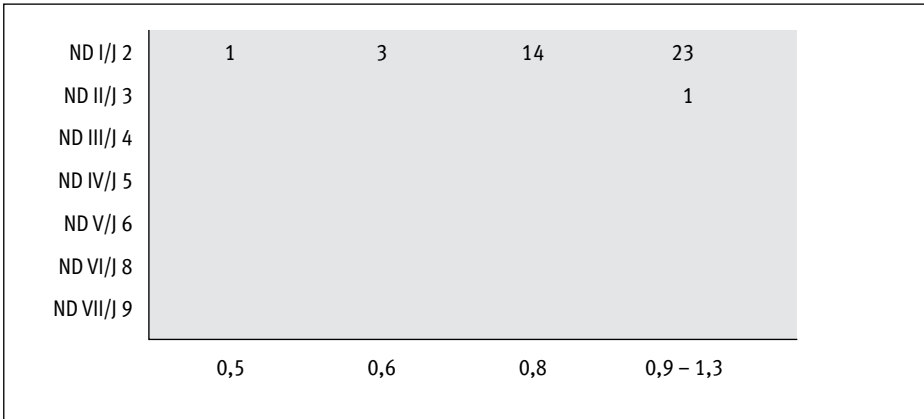


Abb. 3: Nahvisus versus Fernvisus (unkorrigiert)

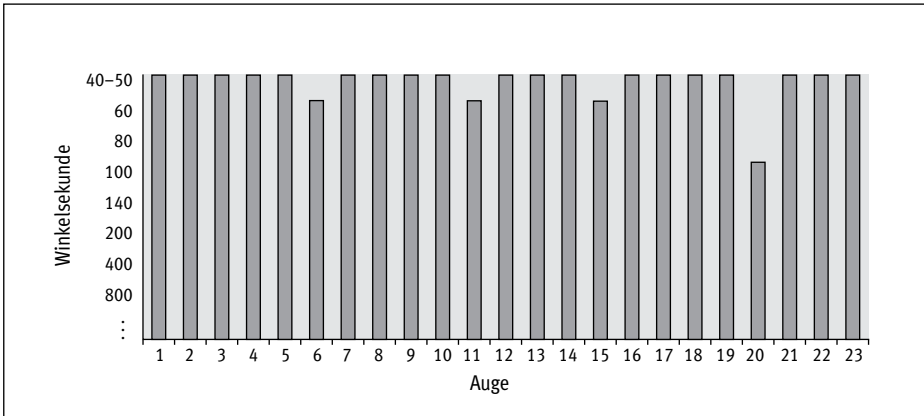


Abb. 4: Stereoskopisches Sehen (Titmus-Test)

Behandlung über ein normales stereoskopisches Sehen zwischen 40 und 60 Winkelsekunden (Abb. 4).

Im Laufe der Arbeit mit dieser Linse haben wir festgestellt, dass durch den Bestrahlungsvorgang die Asphärizität der Linse zunimmt. Dadurch erhöht sich die Tiefenschärfe des Auges. Aus der Aberrometriemessung vor und nach der Justierung lässt sich erkennen, welchen positiven Einfluss die Bestrahlungen auf die Abbildungsqualität haben (Abb. 5).

Bei Untersuchungen mit dem iTrace-Aberrometer fanden wir eine besonders gute Tiefenschärfe der Calhoun Light Adjustable Lens. Diese Linse bietet dem Patienten eine Abbildungsqualität, die weder mit Standard- noch Multifokallinsen zu erreichen ist (Abb. 6).

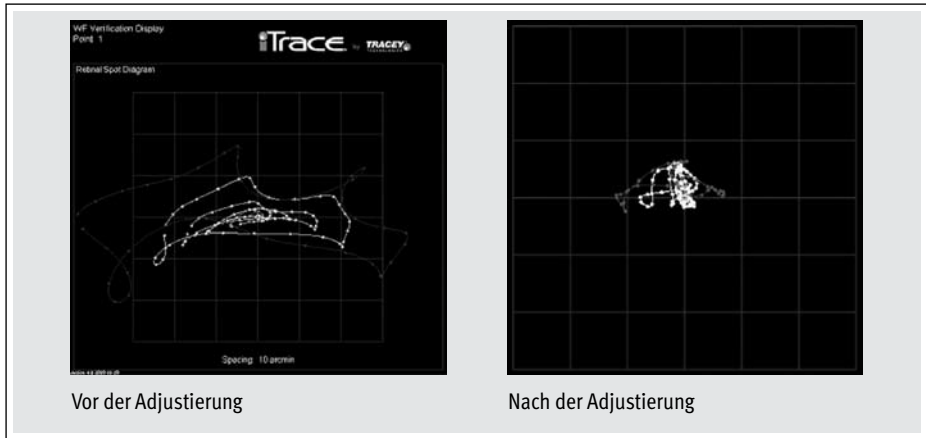


Abb. 5: Aberrometrie vor und nach Adjustierung

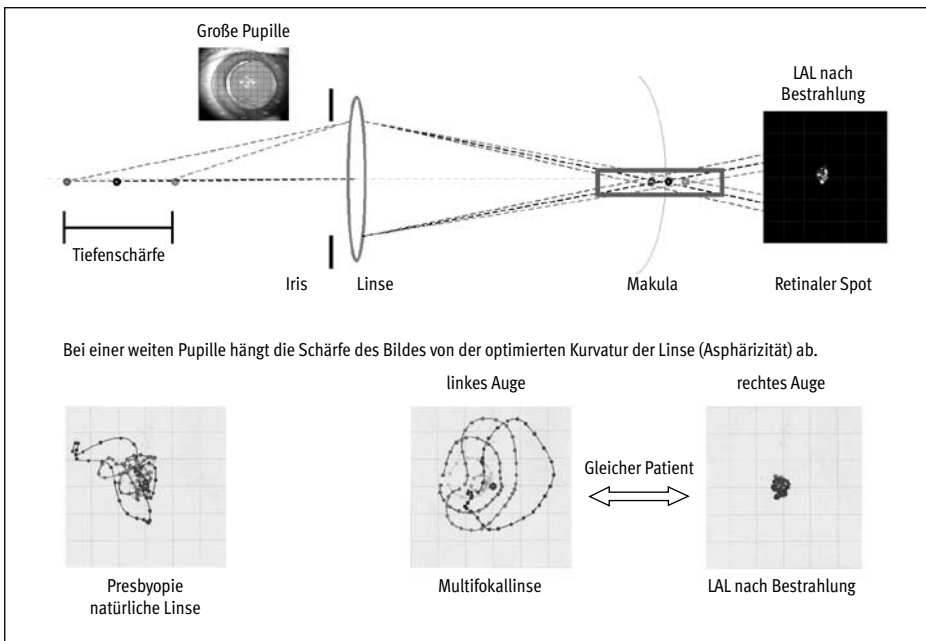


Abb. 6: Nachweis der guten Tiefenschärfe der LAL mittels iTrace

## Schlussfolgerung/Zusammenfassung

Mit der Calhoun Light Adjustable Lens ist es möglich, die gewünschte Zielrefraktion mit hoher Präzision zu erreichen.

Nach der Bestrahlung der operierten Augen (Justierung und Lock-in mit dem LDD-Gerät) fiel uns auf, dass alle Patienten in der Lage waren, sowohl in der Ferne, im Intermediärbereich als auch in der Nähe, exzellent zu sehen. Bei Untersuchungen mit dem iTrace-Aberrometer stellten wir bei allen untersuchten Patienten eine starke Erhöhung der Tiefenschärfe fest. Wir führen das auf die Zunahme der Asphärität der Linse im Rahmen der Nachbehandlungen zurück. Diese Resultate haben uns ermutigt, ein neues Korrekturprinzip anzubieten: Binovision. Wir verstehen unter Binovision die binokulare visuelle räumliche Wahrnehmung von Objekten in allen Entfernungsbereichen. Jeweils ein Auge führt in der Nah- bzw. der Ferndistanz, ca. 90 % aller Entfernungsbereiche werden von beiden Augen gemeinsam wahrgenommen.

Wir sind davon überzeugt, dass Binovision mit der Light Adjustable Lens im Augenblick eine überlegene und interessante Methode auch für Patienten zur Presbyopiekorrektur darstellt.

## Literatur

1. SANDSTEDT CA, CHANG SH, GRUBBS RH, SCHWARTZ DM: Light adjustable lens: Customizing correction for multifocality and higher order aberrations. *Trans Am Ophthalmol Soc* 2006;104:29–39
2. SCHWARTZ DM: Light adjustable lens. *Trans Am Ophthalmol Soc* 2003;101:411–430
3. OLSON R, MAMALIS N, HAUGEN B: A Light Adjustable Lens with Injectable Optics. *Ophthalmol Clin N Am* 2006;19:135–142

# Akkommodative IOLs: Was gibt es Neues?

G. U. Auffarth, B. C. Thomas

## Zusammenfassung

Seit über 20 Jahren wird an der Wiederherstellung der Akkommodation nach Kataraktoperation geforscht. Erst in den letzten Jahren machen neue OP-Techniken und Biomaterialien Fortschritte möglich. Heute stehen verschiedene Modelle akkommodativer Intraokularlinsen (A-IOLs) zur Verfügung. Es gibt sie im Einzel- oder Dualoptikdesign, ihre Funktionsmechanismen basieren auf verschiedenen Prinzipien wie Optik-Shift oder Veränderung der Oberflächenkrümmung.

## Summary

For over 20 years research on the restoration of accommodation after cataract surgery has been conducted. Only in the last few years advances have been possible due to new surgical techniques and materials. Today different models of accommodative intraocular lenses (A-IOLs) are available. They are designed as single- or dual-optic devices and their mechanisms of function are based on different principles like optic-shift or change in curvature.

## Einleitung

Der Verlust der Akkommodationsfähigkeit bedeutet für presbyope Patienten und besonders für junge pseudophake Patienten eine deutliche Verringerung der Lebensqualität. Die Wiederherstellung der Akkommodation in pseudophaken Patienten stellt weiterhin eine Herausforderung dar. Seit über 20 Jahren wird an der Wiederherstellung der Akkommodation nach Kataraktoperation geforscht. Entwickelt wurden bifokale und multifokale Intraokularlinsen. Des Weiteren gibt es experimentelle Ansätze mit der Idee des „lens refilling“ [1, 2] und des Phakoersatzes [3, 4]. Erst in den letzten Jahren machen neue OP-Techniken und Biomaterialien Fortschritte möglich.

Für die Presbyopiekorrektur mittels akkommodativer Intraokularlinsen (A-IOLs) stehen heute verschiedene Modelle zur Verfügung. Man unterscheidet zwischen Einzel- und Dualoptikdesign. Es gibt völlig verschiedene Funktionsmechanismen wie das Optik-Shift-Prinzip oder eine Veränderung der Oberflächenkrümmung („change in curvature“).

## Das Optik-Shift-Prinzip

Einige A-IOLs basieren auf dem Optik-Shift-Prinzip, d.h., aufgrund einer Vorwärts-Rückwärts-Bewegung im Auge, ausgelöst durch die Ziliarkörperkontraktion, soll es zu einer Fokusveränderung kommen. Dadurch soll die natürliche Bewegung der Linse während der Akkommodation simuliert werden. Hierfür werden die IOLs

mit speziellen Haptiken versehen, durch die die benötigte Bewegung im Zusammenhang mit dem Kapselsack ermöglicht werden soll. Beispiele hierfür sind die Crystalens (Bausch & Lomb) und die 1 CU (Humanoptics).

Die Einzeloptik-Crystalens (Abb. 1a) wurde in einer großen Phase-2-Studie der U.S. Food and Drug Administration (FDA) untersucht [5]. Hier zeigte sich ein guter unkorrigierter Nah-, Intermediär- und Fernvisus der pseudophaken Patienten. Das Nachfolgemodell, die Crystalens HD (= high definition), wurde 2008 von der FDA zugelassen. Im Jahr 2010 stellte Bausch & Lomb die Crystalens AO (= aspheric optic) vor, die durch ein verändertes Design das Kontrastsehen verbessern und die Aberrationen höherer Ordnung verringern soll. Aktuelle klinische Studien mit der Crystalens HD zeigen gute Ergebnisse insbesondere im Hinblick auf den Intermediärbereich [6], aber auch für den Fern- und Nahvisus [7].

Die 1 CU akkommodative Intraokularlinse (Abb. 1b) besteht ebenfalls aus einer Einzeloptik. Eine Metaanalyse mehrerer Studien [8] ergab, dass der Nahvisus im Vergleich zu den Kontrolllinsen nicht oder nur mäßig besser war. Eine statistisch signifikante, kleine, zwischen den Patienten sehr variable Vorwärtsbewegung konnte nach Pilocarpin-Stimulation festgestellt werden. Mastropasqua und Kollegen beschrieben, dass im 2-Jahres-Langzeitverlauf die Patienten ihre Akkommodationsfähigkeit aufgrund von anteriorem oder posteriorem Nachstar verloren [9].

Es ist davon auszugehen, dass mehr als die Hälfte des akkommodativen Effekts der Einzeloptik A-IOLs auf pseudoakkommodativen Mechanismen, wie Änderung der kornealen Refraktion, stenopäischer Effekt der Miosis und Restmyopie/-astigmatismus beruht.

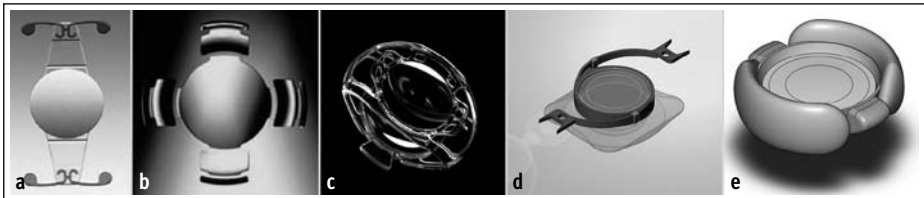


Abb. 1: a) Crystalens, b) 1 CU, c) Synchrony, d) NuLens (Prototyp), e) FluidVision

## Das Dualoptiksystem

Die Synchrony (AMO, früher: Visiogen, Abb. 1c) ist eine einstückige Dualoptik-A-IOL [10]. Sie besteht aus einer anterioren Pluslinse (+32 dpt) und einer posterioren Minuslinse. Kontrahiert sich der Ziliarkörper und reduziert dadurch die Spannung des Kapselsacks und der Zonulafasern, bewegt sich die vordere Linse nach vorn und verändert den Fokus zu mittlerer oder Nahsicht. Der Vorteil des Dualoptiksystems besteht darin, dass die theoretische Vorwärtsbewegung im Auge nur ca. 1,4 mm betragen muss, um einen Akkommodationserfolg von 3 dpt zu erreichen. Für Einzeloptikmodelle wäre eine Vorwärtsbewegung von ca. 2,3 mm nötig. Raytracing-Untersuchungen sprachen dem Dualoptiksystem im Vergleich zum Einzeloptik-

system eine höhere erreichbare Akkommodation zu [11]. Die Synchrony zeigte bisher gute funktionelle Ergebnisse, eine hohe Patientenzufriedenheit sowie eine stabile Lesefähigkeit [12–15].

In einer eigenen Langzeitbeobachtung (fünf Jahre) von sechs Patienten (Alter:  $66 \pm 8$  Jahre) zeigten sich folgenden Ergebnisse nach fünf Jahren: Refraktion: Sphäre  $+0,25 \pm 1,00$  dpt, Zylinder  $-1,25 \pm 0,36$  dpt, sphärisches Äquivalent  $-0,28 \pm 0,89$  dpt. Die Visuswerte waren wie folgt: UCDVA  $0,71 \pm 0,35$ , BCDVA  $0,98 \pm 0,13$ , UCNVA  $0,41 \pm 0,27$ , DCNVA  $0,72 \pm 0,22$ . Mittels der dynamischen Stimulationsaberrometrie (DSA) [16] konnte bei einem der Patienten eine Akkommodationsamplitude von ca. 1 dpt gemessen werden (Abb. 2).

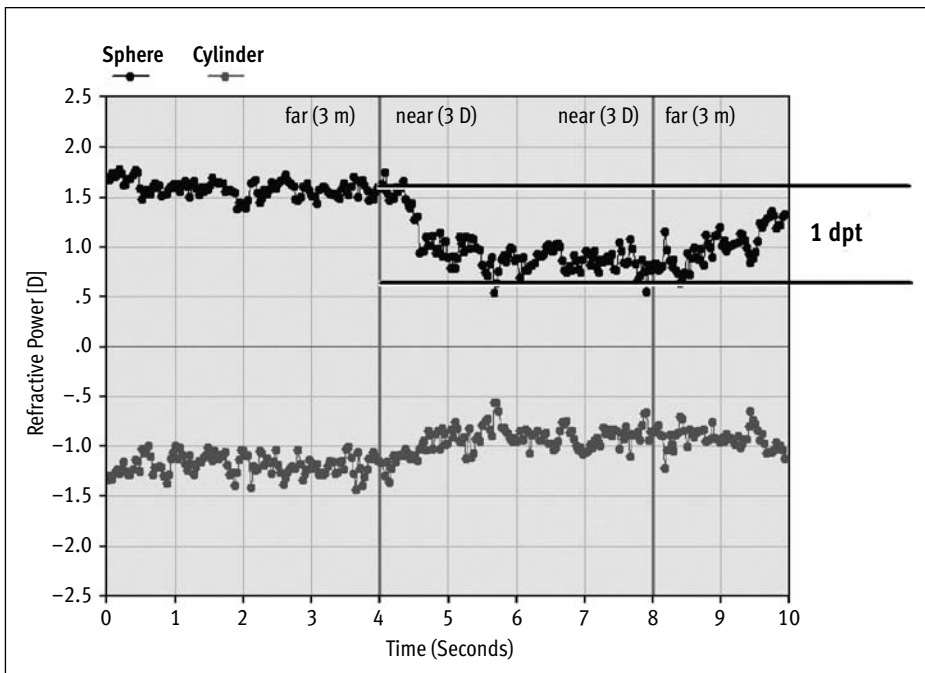


Abb. 2: Wavefront Refraction Sphere/Cylinder (Zernike, all Coefficients used)

## Veränderung der Oberflächenkrümmung („change in curvature“)

Einige Neuentwicklungen basieren auf einem völlig anderen Funktionsmechanismus, dem „change in curvature“. Beispiele hierfür sind die NuLens DynaCurve LV (NuLens Ltd.) und die FluidVision (Powervision) A-IOL.

Die NuLens (Abb. 1d) ist eine faltbare Hybrid-IOL bestehend aus zwei Teilen: einem zentralen Silikongelelement eingebunden in einen PMMA-Ring, der in den Sulkus implantiert wird, und einer runden/ovalen Basis-IOL, die auf den Kapselsack gelegt wird [17]. Die Basis-IOL stellt den Basisrefraktionsausgleich (d. h. die Fern-

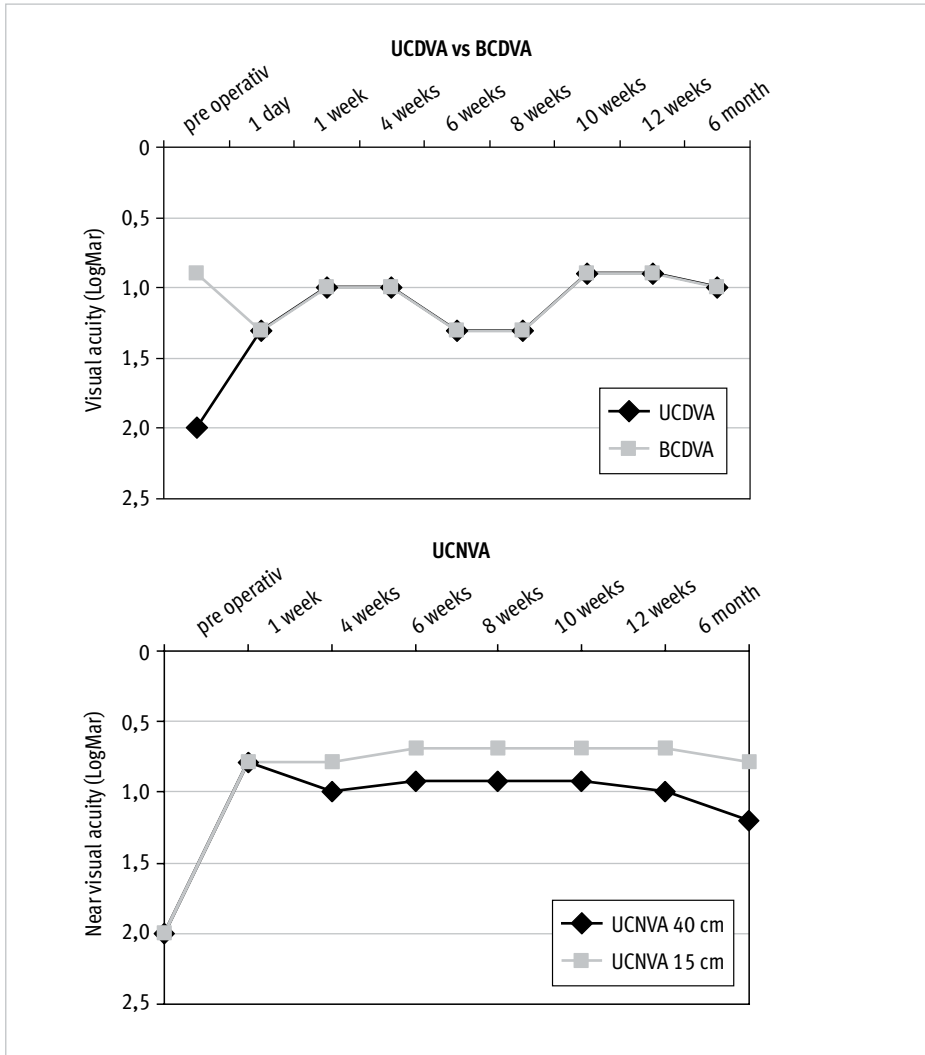


Abb. 3: Visusverlauf eines Patienten mit NuLens-Implantation

korrektur) dar. Das Silikongelelement wird bei der Ziliarmuskelkontraktion nach anterior gedrückt und wölbt sich so vor, dass eine Fokusveränderung zu Nah- bzw. Intermediärsicht entsteht.

Die NuLens wurde bisher bei Patienten mit Sehbehinderung eingesetzt. Alió und Kollegen [18] untersuchten zehn Augen von zehn Patienten mit Makuladegeneration ein Jahr nach der NuLens-Implantation in das schlechtere Auge. Sie ermittelten eine mögliche Akkommodationsbreite von 10 dpt. Der Nahvisus verbesserte sich im Vergleich zu präoperativ um durchschnittlich drei Zeilen.



Beispielhaft sind nun die Ergebnisse eines eigens operierten Patienten dargestellt (männlich, 70 Jahre, rechtes Auge, altersbedingte Makuladegeneration): Präoperativ betrug der unkorrigierte Fernvisus 2,0 logMAR, der bestkorrigierte Fernvisus 0,9 logMAR und die Refraktion war  $+5,5/-1,25/90^\circ$ . Der bestkorrigierte Nahvisus (add +2,5, 40 cm) war 1,0 logMAR. Der postoperative Visus ist in Abbildung 3 dargestellt. Der unkorrigierte Fernvisus stieg deutlich über den präoperativen Wert an. Der unkorrigierte Nahvisus verbesserte sich ebenfalls und stabilisierte sich über drei bis vier Wochen.

Die FluidVision (Abb. 1e) enthält in ihren Haptiken und in ihrer Optik ein System von kleinen Kanälen, die mit Silikonöl gefüllt sind. Das Silikonöl wird von den Haptiken in die Optik gepumpt und verändert so die Krümmung der Linsenvorderkapsel. In einer südafrikanischen Pilotstudie wurde die FluidVision bei fünf Patienten in ein blindes Auge implantiert. Alle Patienten tolerierten die IOL gut. Akkommodative Bewegungen bis zu einem In-vivo-Äquivalent von 8 dpt konnten gemessen werden.

## Schlussfolgerungen

- Einzeloptik-A-IOLs arbeiten mit pseudoakkommodativen Parametern.
- Die Dualoptik-A-IOL ergibt einen guten Nah- und Fernvisus.
- Die NuLens erbringt bis zu 8 bis 10 dpt Akkommodation durch Veränderung der Oberflächenkrümmung.
- Die FluidVision erreicht ähnliche Ergebnisse in Pilotstudien (8 bis 10 dpt).

## Literatur

1. HETTLICH HJ: Lens refilling. *Ophthalmologe* 2010; 107:474–478
2. NISHI Y, MIRESKANDARI K, KHAW P, FINDL O: Lens refilling to restore accommodation. *J Cataract Refract Surg* 2009;35:374–382. Review
3. HAEFLIGER E, PAREL JM: Accommodation of an endocapsular silicone lens (Phaco-Ersatz) in the aging rhesus monkey. *J Refract Corneal Surg* 1994;10:550–555
4. PAREL JM, GELENDER H, TREFERS WF, NORTON EW: Phaco-Ersatz: cataract surgery designed to preserve accommodation. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 1986;224:165–173
5. CUMMING JS, COLVARD DM, DELL SJ ET AL.: Clinical evaluation of the Crystalens AT-45 accommodating intraocular lens: results of the U.S. Food and Drug Administration clinical trial. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:812–825
6. TOMALLA M: 6-Monats-Ergebnisse nach Implantation der akkommodativen Crystalens HD. In: Körber N, Kuchenbecker J, Kohlen T (Hrsg.): 24. Kongress der DGfO. Köln: Biermann Verlag 2010:51–54
7. ALÍO JL, PIÑERO DP, PLAZA-PUCHE AB: Visual outcomes and optical performance with a monofocal intraocular lens and a new-generation single-optic accommodating intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2010; 36:1656–1664
8. FINDL O, LEYDOLT C: Meta-analysis of accommodating intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:522–527
9. MASTROPASQUA L, TOTO L, FALCONIO G ET AL.: Longterm results of 1 CU accommodative intraocular lens implantation: 2-year follow-up study. *Acta Ophthalmol Scand* 2007;85:409–414

10. McLEOD SD, VARGAS LG, PORTNEY V, TING A: Synchrony dual-optic accommodating intraocular lens. Part 1: optical and biomechanical principles and design considerations. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:37–46
11. HO A, MANNS F, THERESE KL, PAREL JM: Predicting the performance of accommodating intraocular lenses using ray tracing. 2006;32:129–36
12. AUFFARTH GU, EHMER A, LIMBERGER JJ ET AL.: Erste klinische Ergebnisse mit der neuesten Version der Synchrony-Dualoptik akkommodativen IOL. In: Körber N, Kuchenbecker J, Kohnen T (Hrsg.): 24. Kongress der DGIL. Köln: Biermann Verlag 2010:47–50
13. BOHÓRQUEZ V, ALARCON R: Long-term reading performance in patients with bilateral dual-optic accommodating intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2010;36:1880–1886
14. McLEOD SD: Optical principles, biomechanics, and initial clinical performance of a dual-optic accommodating intraocular lens (an American Ophthalmological Society thesis). *Trans Am Ophthalmol Soc* 2006;104:437–452
15. OSSMA IL, GALVIS A, VARGAS LG ET AL.: Synchrony dual-optic accommodating intraocular lens. Part 2: pilot clinical evaluation. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:47–52
16. EHMER A, MANNSFELD A, AUFFARTH GU, HOLZER MP: Dynamic stimulation of accommodation. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:2024–2029
17. BEN-NUN J, ALIÓ JL: Feasibility and development of a high-power real accommodating intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2005;31:1802–1808
18. ALIÓ JL, BEN-NUN J, RODRIGUEZ-PRATS JL, PLAZA AB: Visual and accommodative outcomes 1 year after implantation of an accommodating intraocular lens based on a new concept. *J Cataract Refract Surg* 2009;35:1671–1678

# 6-Monats-Ergebnisse nach Crystalens-HD-Implantation mit frühzeitigem Einsatz einer spezifischen YAG-Kapsulotomie

M. Tomalla

## Zusammenfassung

**Ziel/Fragestellung:** Besonderheiten während und nach der Implantation der Crystalens HD werden erklärt. Die Notwendigkeit einer frühzeitigen, spezifischen YAG-Kapsulotomie wird erläutert. Die 6-Monats-Ergebnisse postoperativ werden vorgestellt.

**Methodik:** Prospektive, nicht kontrollierte, offene Verlaufsbeobachtung. 74 Augen wurden bisher in die Studie eingeschlossen. Für 30 Augen liegen uns die 6 Monatswerte postoperativ vor. Die Operation unterscheidet sich deutlich von einer Standardkatarakt-OP.

**Ergebnisse:** Nach 6 Monaten ( $n = 30$ ) zeigen binokular Operierte deutlich bessere Werte als monokular Operierte. 100 % zeigen gute Werte bei Fern- und Nahvisus. 93 % der Studienteilnehmer haben einen optimalen intermediären Visus. 100 % der Operierten zeigen keine Blendungsempfindlichkeit oder Halos und verfügen über einen unveränderten Nachtvisus. 68 % brauchen keine Lesebrille mehr.

Eine spezifische YAG-Kapsulotomie sollte bereits 8–10 Wochen postoperativ durchgeführt werden. Dadurch verbessert sich die Mobilität der Crystalens HD, und es wird einem möglicherweise durch die Operation induzierten Astigmatismus entgegengewirkt.

**Schlussfolgerung:** Nach Implantation der Crystalens HD erzielen wir postoperativ gute klinische Ergebnisse sowohl beim Fern- als auch beim Nahvisus. Besonders überzeugend fallen die Werte für den intermediären Visus aus. Dass diese akkommodative IOL mit nur einem Fokus auskommt, bewirkt eine überdurchschnittlich hohe subjektive Patientenzufriedenheit. Eine spezifische YAG-Kapsulotomie sollte frühzeitig durchgeführt werden.

## Summary

**Purpose:** Particularities during and after implantation of Crystalens HD are explained. The necessity of an early, specific YAG-capsulotomy is elucidated. 6-month post-operative results are presented.

**Methods:** Prospective, non-controlled, open observational study. Thus far, 74 eyes have been included in the study. 6-month post-operative results are available for 30 eyes. The surgery differs clearly from standard cataract surgery.

**Results:** After 6 months, ( $n = 30$ ) binocular operated patients showed considerably better values than monocular operated. 100 % show good results for distant and near vision. 93 % of the study participants show optimal intermediate vision. 100 % of the operated patients have no blinding sensitivity or halos and unchanged night vision. 68 % of the patients no longer need reading glasses.

A specific YAG-capsulotomy should be performed after 8–10 weeks post-operative. This will improve the mobility of the Crystalens HD and will counteract a possible surgically-induced astigmatism.

**Conclusions:** After implantation of Crystalens HD, we achieved good post-operative clinical results for near and distant vision. Post-operative values of intermediate vision were particularly convincing. Since this accommodative IOL works with only one focal point, the subjective patient satisfaction is greater than average. A specific YAG-capsulotomy should be performed early.

## Fragestellung, Ziel

Besonderheiten während und nach der Implantation der Crystalens HD werden erklärt. Die Notwendigkeit einer frühzeitigen, spezifischen YAG-Kapsulotomie wird erläutert. Die 6-Monats-Ergebnisse postoperativ werden vorgestellt.

## Merkmale der Crystalens HD

Die Crystalens HD (Bausch & Lomb) ist eine akkommodative IOL, die mit nur einem Fokus arbeitet. Diese refraktive Linse der vierten Generation ermöglicht neben der Kataraktbehandlung gleichzeitig eine Korrektur der Myopie, Hyperopie sowie des geringen Astigmatismus bis 0,75 dpt. Die IOL besitzt mittig eine 3- $\mu$ m-Verdickung, wodurch die Presbyopie korrigiert wird. Die 5-mm-IOL-Optik besteht aus Silikon (Biosil<sup>®</sup>, RI = 1.427). Die rigiden Haptiken sind aus Polyimid.

## Methodik

Wir haben 74 Patienten in eine prospektive, offene, nicht kontrollierte Anwendungsbeobachtung eingeschlossen und überblicken bei 30 Patienten die 6-Monats-Ergebnisse postoperativ. Den Visus überprüfen wir mit Jaeger-Tafeln (Nahvisus), Sloan-Tafeln (intermediärer Visus) und ermitteln für die Fernsicht den unkorrigierten Visus. Mittels Fragebogen erheben wir zusätzlich die subjektive Patientenzufriedenheit.

Die Operation unterscheidet sich deutlich von einer herkömmlichen Kataraktoperation:

- Die Kapsulorhexis muss größer als die IOL-Optik sein. Die Optik und die Optik-Haptik-Übergänge müssen frei liegen.
- Die Linse wird in den Kapselsack implantiert. Weil die natürliche Bewegung des Ziliarmuskels später zur Fokussierung genutzt wird, müssen die Zonulafasern intakt bleiben.
- Da die Silikonoptik sehr weich ist, die Polyimid-Haptiken jedoch rigide sind, ist die IOL – besonders bei engen Pupillen – schwer in den Kapselsack zu positionieren.
- Abschließend muss die Linse komplett an das hintere Kapselsackblatt angedrückt werden und darf keine Bewegung nach vorne machen.
- Deshalb wird unmittelbar postoperativ die Pupille mit 1 x Atropin weit gestellt, was einen Akkommodationsblock bewirkt, der bis zu 14 Tage anhält.

## Wirkmechanismus der Crystalens HD

Unmittelbar postoperativ bewirkt das Haptikmaterial Polyimid, dass die IOL durch eine gezielte Fibrosebildung schnell mit dem Kapselsack verwächst. Damit dieser Vorgang ungestört und vollständig verläuft, darf der Patient in den ersten zehn Tagen nicht akkomodieren. Der Patient leidet in dieser Phase unter stärkerer Blendungsempfindlichkeit und kann noch nicht lesen.

## Ergebnisse

Ein optimales postoperatives Ergebnis stellt sich nach vier bis sechs Wochen ein. Nach sechs Monaten ( $n = 30$ ) zeigen binokular Operierte deutlich bessere Werte als monokular Operierte.

Binokular Operierte ( $n = 8$ ) zeigen folgende unkorrigierte Visuswerte für

- die Ferne<sup>1</sup> 1.00 = 73 %, 0.80 = 100 %
- den intermediären Bereich 1.00 = 100 %
- die Nähe 1.00 = 87 %, 0.67 = 100 %

Monokular Operierte ( $n = 22$ ) haben folgende unkorrigierte Visuswerte für

- die Ferne<sup>1</sup> 1.00 = 20 %, 0.67 = 82 %
- den intermediären Bereich 1.00 = 70 %, 0,8 = 100 %
- die Nähe 1.00 = 39 %, 0,5 = 100 %

Nach sechs Monate ( $n = 30$ ) zeigen 93 % der Studienteilnehmer einen optimalen intermediären Visus. 100 % der Operierten zeigen keine Blendungsempfindlichkeit oder Halos und verfügen über einen unveränderten Nachtvisus. 68 % brauchen keine Lesebrille mehr, 32 % benötigen nur noch gelegentlich eine Lesebrille. Die subjektive Patientenzufriedenheit ist überdurchschnittlich hoch.

Eine spezifische YAG-Kapsulotomie sollte bereits acht bis zehn Wochen postoperativ durchgeführt werden. Hierbei wird zuerst eine zentrale Lücke von 3 mm gebildet. Sofern es zur Ausbildung von Astigmatismus gekommen ist, werden ellipsoide 90°-Lücken hinter den Optik-Haptik-Gelenken in Richtung der Haptiken gebildet. Dadurch werden die Zugkräfte, die auf Kapselsack und IOL wirken, reduziert.

Eine anteriore YAG-Kapsulotomie mit niedriger Energie sollte bei zu kleiner Kapsulorhexis, d. h., wenn es zur Überlappung von Kapsulorhexis und Optik gekommen ist, durchgeführt werden. In diesen Fällen leidet der Patient unter einem schlechten postoperativen Nahvisus. Ebenso kann eine anteriore YAG-Kapsulotomie bei einseitiger Überlagerung durchgeführt werden, denn diese könnte eine Verkipfung der Linse und damit einen linseninduzierten Astigmatismus hervorrufen.

Nach durchgeführter YAG-Kapsulotomie wird die Mobilität der Crystalens HD verbessert, und es wird einem möglicherweise durch die OP induzierten Astigmatismus entgegengewirkt.

<sup>1</sup> Bei den ersten Implantationen konnte keine optimale Biometrieberechnung durchgeführt werden. Mit höherer Implantationszahl sollte sich die Auswertung der Werte noch verbessern.

## Schlussfolgerung

Nach Implantation der Crystalens HD erzielen wir postoperativ gute klinische Ergebnisse sowohl beim Fern- als auch beim Nahvisus. Besonders überzeugend fallen die Werte für den intermediären Visus aus. Dass diese akkommodative IOL mit nur einem Fokus auskommt, bewirkt eine überdurchschnittlich hohe subjektive Patientenzufriedenheit. Eine spezifische YAG-Kapsulotomie sollte frühzeitig durchgeführt werden, um die Mobilität der Linse zu verbessern und einem operativ induzierten Astigmatismus entgegenzuwirken.

# Linsentechnologie und Astigmatismus





# Neuer Korneamarker für torische Premiumintraokularlinsen

T. Neuhann

## Zusammenfassung

Bei 50 Patienten wurde vor der geplanten Operation mit Implantation einer torischen Linse präoperativ die berechnete Achsenlage korneal markiert. Verwendet wurde der neu entwickelte Tomark<sup>®</sup>-Marker, der auf der einen Seite in die Aufnahmeöffnung des Messkopfes eines Applanationstonometers passt. Auf der gegenüberliegenden Seite befinden sich zwei gebogene Metallkufen, die farblich markiert werden können. Zwischen diesen beiden Enden befindet sich die drehbare Winkelskala, die die Achslage der Kufen bestimmt und so auf der Kornea die präzise Markierung garantiert. In allen Fällen war sowohl die korneale Markierung bis zum Ende des Eingriffes sichtbar als auch am 1. postoperativen Tag die intraoperativ eingestellte Achse des Implantates  $\leq 5^\circ$ .

## Summary

50 patients received a toric lens implant after a preoperative evaluation including the determination of the required axis. This axis was marked on the cornea with the new Tomark<sup>®</sup> marker, which was inserted into the fixation opening of the applanation tonometer at the slitlamp. 8 different models of toric implants were used. In all cases, the preoperative marking was good enough to identify the marking until the end of the procedure and was precise enough to be on the first postoperative day  $\leq 5^\circ$  of the required axis.

## Einleitung

Seit 1992 steht mit der Einführung der torischen Intraokularlinse von Staar die refraktive Korrektur eines regulären Hornhautastigmatismus zur Verfügung. Während der korneale Astigmatismus in der Regel im Sitzen gemessen wird, findet die operative Korrektur mit der torischen Intraokularlinse im Liegen statt. Dies führt je nach Anästhesieverfahren und Lagerung zu einer In- oder Excyclorotation des Augapfels, was sich auf die exakte Markierung in horizontaler Lage negativ auswirkt. Da früher im Wesentlichen nur höhere Astigmatismen ab 3 bis 4 dpt korrigiert wurden, genügten qualitative intraoperative Messverfahren, die bei höheren Astigmatismen exakt genug waren. Da heute auch niedrige korneale Astigmatismen korrigiert werden, benötigen wir sehr präzise Markierungen, die möglichst in der Position stattfinden wie die Messung der Achslage.

## Material und Methode

Bei 50 Augen von 50 Patienten wurde mit dem neu entwickelten Marker Tomark<sup>®</sup>, der in der Halterung des Tonometermesskopfes Platz findet, die korneale Markierung, wie sie auf dem präoperativen Berechnungsbogen abgebildet ist, durchgeführt. Dabei befindet sich der Patient in sitzender Position an der Spaltlampe. Kinn und Stirn sind fest positioniert, die Kornea ist oberflächenanästhesiert, während ähnlich einer Applanationstonometrie der Marker auf der Kornea Kontakt findet. Da die Oberfläche der Metallkufen des Markers geriffelt ist, versucht man zusätzlich, die Riffelung in die Schichten des Hornhautepithels zu indentieren, falls die farbige Markierung sich bis zur operativen Versorgung verwischen sollte. Dann bleibt zumindest die Markierung im Epithel bis zum Ende des Eingriffs gut sichtbar erhalten. Anschließend begibt sich der Patient in den Operationsaal.

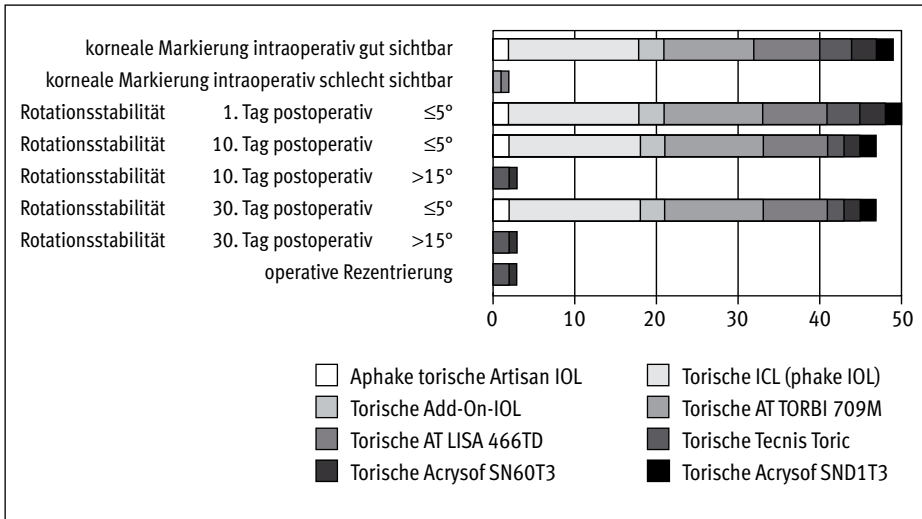
Die Zentrierung der Markierung in der X- und Y-Achse ist über den optischen Teil der Spaltlampe gut kontrollierbar, da man durch die Tomark-Halterung gut hindurchsehen kann. Somit liegt die Präzision der kornealen Markierung bei  $\pm 5^\circ$  je nach Kopfhaltung, die bei dieser Methode so gut kontrollierbar ist wie bei der Durchführung der Topografie.

## Ergebnisse

Bei 48 Patienten war die farbige Markierung auch nach der operativen Vorbereitung mit Abkleben des Operationsgebietes sowie Spülung des Bindehautsackes mit Jodpovidon-Lösung samt Kornea bis zum Ende des operativen Eingriffes sichtbar, während bei zwei Patienten sich die Farbe zum Teil verflüchtigt hatte. Durch die Impression in das Hornhautepithel konnte jedoch besonders im regredienten Licht die Markierung durch die besondere Riffelung des Tomark-Markers eindeutig identifiziert werden. Somit gelang bei 50 aller Patienten die Implantation der torischen Kunstlinse komplikationslos in der markierten Achslage. Zur Implantation wurden folgende 50 Kunstlinsen (19 torische phake Linsen, 31 torische IOLs) verwendet:

- 2 torische Artisan Aphakielinsen von Ophtec
- 16 torische phake implantierbare Kontaktlinsen Typ VTICL von Staar Surgical
- 3 torische Add-on-IOL Sulcoflex von Rayner
- 12 torische IOL Typ AT Torbi<sup>®</sup> 709M von Zeiss
- 8 torische multifokale IOL Typ AT LISA toric 466 TD von Zeiss
- 4 torische IOL Typ Tecnis Toric von AMO
- 3 torische IOL Typ SN60T3 von Alcon
- 2 torische multifokale IOL Typ SND1T3 von Alcon

Am ersten postoperativen Tag in Mydriaskontrolle mit dem rotierbaren Spaltlicht gemessen fanden sich alle implantierten IOLs innerhalb der  $5^\circ$ -Toleranzachse (Abb. 1). Die beiden torischen Artisan-Linsen waren irisfixiert, hier erfolgte die postoperative Kontrolle in den ersten drei Monaten ohne Mydriasis. Während der zweiten postoperativen Kontrolle zehn Tage später waren drei torische Implantate um mehr als  $15^\circ$ , ein weiteres um  $25^\circ$  gedreht. Bei der dritten Kontrolle 30 Tage postoperativ



**Abb. 1:** Präzision des Tomark®-Markers mit Abbildung der Rotationsstabilität der implantierten torischen Kunstlinsen

lagen schließlich zwei torische IOL Typ Tecnis Toric um 15°, eine torische IOLs Typ Acrysof SN60T3 um 20° von der implantierten Achse entfernt. Alle anderen Linsen zeigten perfekte Achsenstabilität.

Für die Rezentrierung sechs Wochen postoperativ wurde die beschriebene Achsenmarkierung an der Spaltlampe mit dem Tomark-Marker erneut verwendet, da die Rotation der Implantate unabhängig von der Markierung war. Bei allen Augen blieb die Markierung bis zum Ende des Eingriffs gut sichtbar. Im Anschluss an die problemlose operative Rezentrierung im Kapselsack bleiben auch diese drei Implantate im Nachbehandlungszeitraum achsenstabil.

Bei der torischen Korrektur von 0,75 dpt Astigmatismus bei zwei Add-on-Linsen lag das Ergebnis der objektiven Refraktion einmal bei 0,25 dpt sowie bei 0 dpt.

Bei den torischen ICLs mit einer Korrektur von bis zu 3,5 dpt Astigmatismus lag bei elf Implantaten das refraktive torische Ergebnis bei 0,5 dpt und kleiner, bei fünf torischen ICLs über 2 dpt nur einmal bei 0,75 dpt, bei einer TICL mit 6 dpt lag der Restastigmatismus bei 1 dpt exakt in der präoperativen Achse.

## Diskussion

Seit Einführung der torischen Premiumlinsen in der Kataraktchirurgie hat die gleichzeitige Korrektur eines bestehenden Hornhautastigmatismus im Verlauf der Operation deutlich zugenommen. Die Markierung der steilen oder flachen Achse auf der Kornea wurde deshalb ein zentrales Thema. Während in den 1990er-Jahren meist nur hohe Astigmatismen korrigiert wurden, genügte zur Achsenmarkierung die sehr eleganten qualitativen Messmethoden. Hierbei wurde eine runde

Lichtquelle, die unterhalb des Mikroskops angebracht war, scharf auf der torischen Hornhaut abgebildet, wobei die Abbildung entsprechend der Höhe des Torus oval abgebildet wurde. Die Plusachse wurde dann in dem kleinsten Durchmesser abgebildet und umgekehrt. Für kleinere Astigmatismen von 0,75 dpt bis 2,5 dpt eignet sich diese Methode nicht.

Auch wenn immer neue unterschiedliche, vor allem bildgestützte Methoden vorgestellt werden, haben sich zwei Techniken etabliert:

Bei der ersten Methode wird präoperativ im Sitzen freihand die  $0^\circ$ -Achse horizontal markiert. Intraoperativ wird an diese Markierung eine Messschablone mit Winkelgradeinteilung angelegt. Im dritten Schritt wird nun die gewünschte Achse markiert. Da bei jedem einzelnen Schritt ein Markierungsfehler auftreten kann, ergibt sich hier eine mögliche dreifache Fehlerquote [1].

Eine andere Markierungsmethode versucht, die eben beschriebene Fehlerquote zu minimieren, indem bei einem Marker die horizontale Achse durch ein integriertes Pendel angezeigt wird, wobei gleichzeitig die gewünschte Achse im Sitzen markiert werden kann. Als Nachteil dieser Methode hat sich im Gebrauch einmal die Schwierigkeit der Markierung bei tief liegenden Augen gezeigt sowie das Nachlassen der akkuraten Anzeige der  $0^\circ$ -Achse. Da aber die Anzeige der Winkelskala sowie der kornealen Markierungskufen bei diesem Marker ideal waren, musste dieses System nur soweit modifiziert werden, dass der Messteil vom Pendelhalter getrennt wurde.

Der Tomark-Marker kann jetzt entweder an der Spalllampe oder in einem modifizierten Pendelmarker verwendet werden. Da, wie dargestellt, heute auch die Korrektur von niedrigen Dioptrien gewünscht und damit notwendig wird, bevorzugten wir in der vorliegenden Studie die korneale Markierung unter mikroskopischer Kontrolle. Damit ist diese analoge Markierung mindestens so akkurat wie die neuen digitalen oder bildgestützten Verfahren, aber deutlich weniger aufwendig und kostenintensiv [2].

Obwohl es nicht primäres Ziel der vorliegenden Studie war, beobachteten wir bei der Präzisionskontrolle der verwendeten Markierung postoperative IOL-Rotationen. Die postoperative Rotation von torischen Implantaten ist seit der ersten Stunde von torischen Intraokularlinsen ein Problem. Rotiert ein torisches Implantat um  $10^\circ$  oder mehr, verändert sich die sphärische und torische Zielrefraktion etwas, rotiert es um  $30^\circ$ , verliert es gänzlich seine torische Wirkung, sphärische und torische Zielrefraktion sind signifikant verändert [3].

Ursachen für die Rotation sind multifaktoriell, wobei eine Hauptursache im Design der implantierten Intraokularlinse zu suchen ist. Dass torische IOLs aus faltbarem Material sein müssen, liegt in der Natur dieser operativen Versorgung. Es gibt wie bei sphärischen Linsen drei Hauptdesigns: die dreistückige IOL, die einstückige IOL mit C-Schlaufen und die einstückige IOL mit Plattenhaptik. Auffallend ist bei den beschriebenen Rotationen, dass diese nur im Kapselsack implantierte einstückige C-Schlaufen-IOLs von unterschiedlichen Herstellern betreffen, während alle im Kapselsack implantierten Plattenhaptiklinsen als auch die anderen verwendeten torischen Implantate Rotationsstabilität zeigen. Diese klinische Beobachtung ist bei den vorliegenden Ergebniszahlen statistisch noch nicht signi-

fikant, aber erwähnenswert. Randomisierte Studien zu dieser Beobachtung werden aufzeigen, ob es sich um Einzelfallbeobachtungen handelt oder es eine statistische Signifikanz aufweist [4].

Vergleicht man bei der kornealen Markierung die etablierten Methoden mit der Technik des neuen Tomark-Markers, so zeigt sich bei dieser neuen Technik die Zuverlässigkeit und Präzision besonders auch bei der Korrektur der niedrigen Astigmatismen unter 2 dpt [5].

## Literatur

1. GRAETHER JM: Simplified system of marking the cornea for a toric intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2009 Sep;35(9):1498–1500
2. GERTEN G, KERMANI O, OBERHEIDE U, LUBATSCHOWSKI H: Vergleich eines Pendelmarkeurs mit elektropotischer Irisregistrierung zur Achsenbestimmung bei Astigmatismus. Jahrestagung der Ophthalmochirurgen Deutschlands, DOC Nürnberg, Mai 2007
3. JIN H, LIMBERGER II, EHMER A ET AL.: Impact of axis misalignment of toric intraocular lenses on refractive outcomes after cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2010 Dec;36(12):2061–2072
4. PRINZ A, NEUMAYER T, BUEHL W ET AL.: Rotational stability and posterior capsule opacification of a plate-haptic and an open-loop-haptic intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2011 Feb;37(2):251–257
5. MERTENS EL: Toric phakic implantable collamer lens for correction of astigmatism: 1-year outcomes. *Clin Ophthalmol* 2011;5:369–375



# Eyetracking in der Kataraktchirurgie – eine neue Methode

D. Tilch, F. H. Hengerer, H. B. Dick

## Zusammenfassung

Mit der Entwicklung neuer Intraokularlinsentypen steigen auch die Anforderungen an den Operateur. Eine bedeutende Gruppe bilden die torischen Intraokularlinsen (IOL) mit der Notwendigkeit einer exakten Achsenausrichtung. Eine Alternative zu der präoperativen Markierung bietet hier das intraoperativ arbeitende Eyetracking-System der Firma Senso Motoric Instruments (SMI).

## Summary

The development of innovative types of intraocular lenses leads to an increase of options and requirements for the cataract surgeon. It is especially essential for the group of toric intraocular lenses to calculate the exact alignment of the target axis. The active eye tracking system of SMI applied during surgery can be regarded as an alternative method to mark the cornea preoperatively.

## Herausforderungen in der Kataraktchirurgie

In der Kataraktchirurgie steigen die refraktiven Ansprüche seitens der Operateure als auch der Patienten zunehmend. Sowohl die Ametropie und der Astigmatismus wollen ausgeglichen als auch die präpresbyope Akkommodationsfähigkeit wieder hergestellt sein.

Um diesem Ziel so nahe wie möglich zu kommen, ist auf dem Markt eine Vielzahl von Sonderlinsen erhältlich (asphärisch, torisch, multifokal, pseudoakkommodativ u. v. m).

Eine besondere Herausforderung an den Operateur stellen die multifokalen und torischen Intraokularlinsen dar. Die technische Durchführung der Operation muss absolut präzise sein und die Inzisionsgröße gering, um den induzierten Astigmatismus zu minimieren. Eine exakte Zentrierung und Positionierung der Intraokularlinse (IOL) ist Voraussetzung für den refraktiven Erfolg.

Die Rotation einer torischen IOL oder die Dezentrierung einer multifokalen IOL kann eine Visus- bzw. Bildqualitätsminderung nach sich ziehen. In seltenen Fällen kann durchaus ein Linsenaustausch infrage kommen. Für die Zentrierung multifokaler IOLs stand dem Operateur bislang kein Hilfsmittel zur Verfügung.

Für die Ausrichtung torischer IOLs wurde in der Universitätsaugenklinik Bochum der Gertenmarkeur verwandt. Dieser ist prinzipiell bei jedem Patienten anwendbar. Durch kleine Bewegungen während der Markierung kann jedoch die Farbe verwischen, und die Bestimmung der Achse wird ungenau. Es können Verdrehungen des Markeurs auftreten, die zu ungenauer Markierung führen. Auch das Arbeiten

mit Folie über dem Monitor zur Bestimmung der Implantationsachse ist mit möglichen Fehlern behaftet. Eine Alternative hierzu stellt das Eyetracking-System dar.

## Eyetracking in der Kataraktchirurgie

Wir führten in unserer Augenklinik die Implantation von Gravurlinsen und torischen IOLs mit intraoperativer Unterstützung eines Eyetracking-Gerätes der Firma Senso Motoric Instruments (Berlin) an 100 Augen durch. Die Operationen wurden von drei Ophthalmochirurgen (Prof. Dr. Dick, Dr. Hengerer, Dr. Breil) durchgeführt.

### System

Das System besteht aus einem diagnostischen Untersuchungsgerät (Abb. 1a) und einem intraoperativ arbeitenden zweiten Gerät (Abb. 1b).

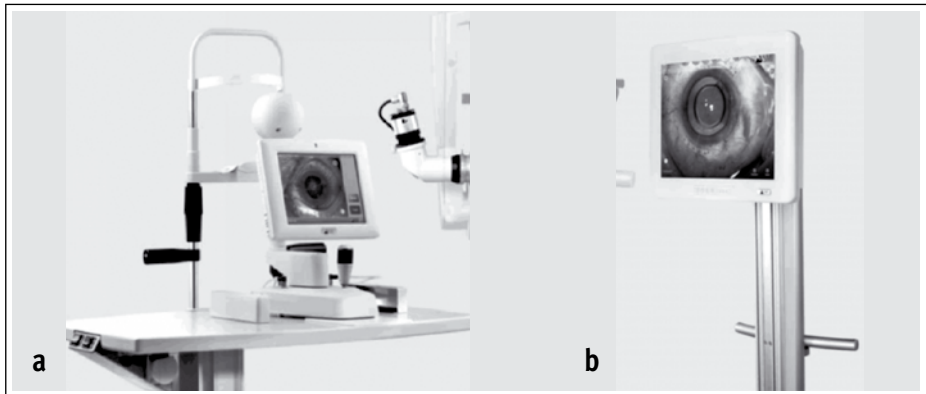


Abb.1: a) Aufnahmestation, b) Operationsbegleitung

Zu den präoperativ erhobenen Daten zählen eine Keratometrie und ein hochauflösendes Farbbild zur Pupillen- und Limbuserkennung. Für die Keratometrie werden zwölf Lichtpunkte in einem Kreis von 2,6 mm Durchmesser auf die Hornhaut projiziert, Position sowie Form der Reflexe werden ausgewertet. Zur Pupillenerkennung dienen die Kontrastunterschiede zwischen Pupille und Iris, zur Limbuserkennung die Kontrastunterschiede zwischen Limbus und Iris (Abb. 2).

Die präoperativ gewonnenen Daten werden per USB-Stick in den Surgery pilot eingespielt. Es werden dann die für die Operationsplanung noch notwendigen Daten ergänzt, wie Größe und Position der Kapsulorhexis (Abb. 3). Für das Tracking werden die limbusnahen skleralen und konjunktivalen Gefäße für den Rotationsausgleich genutzt und der Limbus für die Größen- und Positionsbestimmung. Automatisch (wahlweise auch manuell ergänzend) werden die präoperative Aufnahme und das online eingespielte Bild abgeglichen. Intraoperativ stehen vier verschiedene Module



zur Auswahl: Inzisionsanzeige, Kapsulorhexisanzeige (Abb. 4), Zentrierungshilfe für multifokale IOLs und Zielachsenanzeige für torische IOLs (Abb. 5).

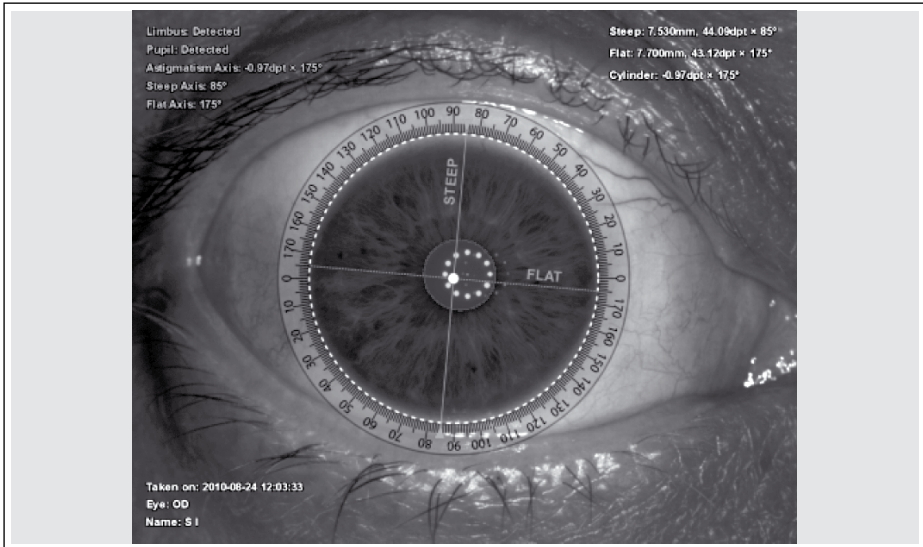


Abb. 2: Ansicht des Bildschirms der Aufnahmestation nach der Untersuchung des Patientenauges; angezeigt werden Erkennung von Limbus und Pupille sowie die Brechkraft in den Hauptachsen und der Astigmatismus in dpt

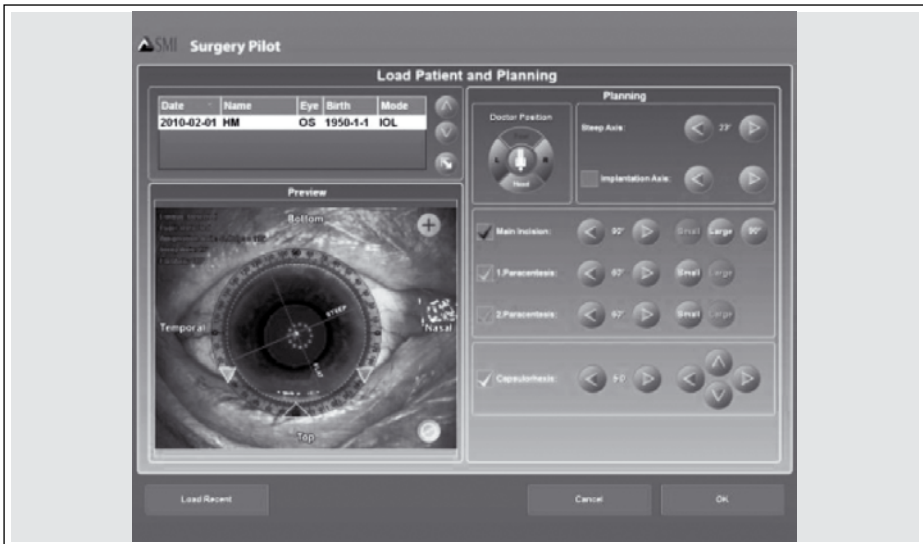


Abb. 3: Bildschirm Operationsgerät

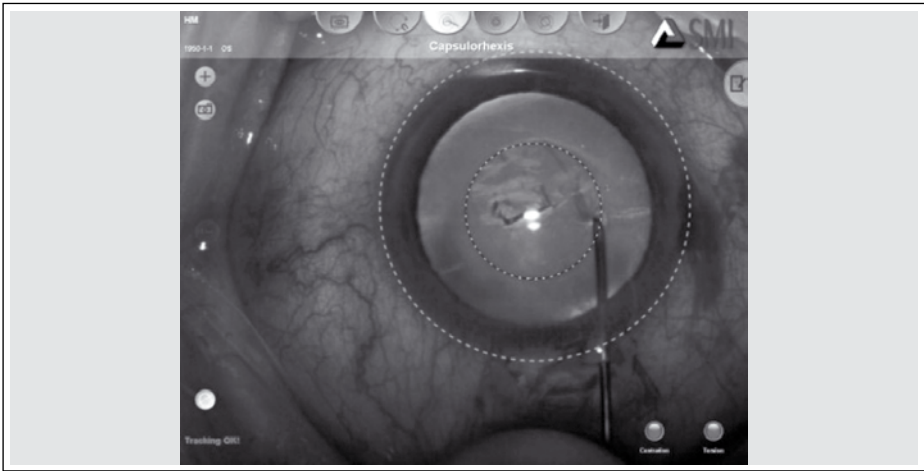


Abb. 4: Kapsulorhexisanzeige

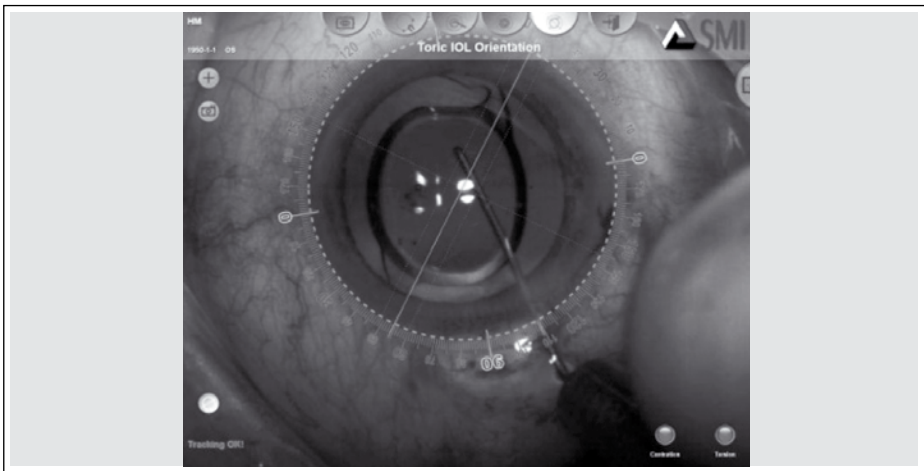


Abb. 5: Anzeige der Zielachse

## Anwendungserfahrung

Für eine erfolgreiche Durchführung der Operation mit dem Gerät empfiehlt sich, die Voraufnahmen, die als Basis für das intraoperative Eyetracking dienen, sorgfältig und präzise reproduzierbar zu erheben. Am besten wird die Untersuchung bei enger Pupille durchgeführt, da das Gerät so Pupille und Limbus am besten erkennt und eine spätere Zentrierung im Modul für multifokale IOLs genauer ist. Ein ausgeprägter Arcus senilis sowie ein irregulärer Limbus können dazu führen, dass das Gerät den Limbus nicht korrekt erkennt und somit kein Eyetracking möglich ist. Bei

pseudophaken Augen können die linsenbedingten Reflexe mitunter so stark ausgeprägt sein, dass keine verlässlichen Daten erhoben werden können.

Das intraoperative Eyetracking hängt wesentlich von der Qualität der Voraufnahmen ab. Hier kommt es vor allem auf eine gute Darstellung der limbalen und skleralen Gefäße zur Pupillen- und Limbuserkennung an. Bei Vorliegen guter Voraufnahmen ist das präoperative Abgleichen dieser mit dem Onlinebild des Patienten- Auges schnell durchzuführen.

Bei Versagen der Gefäß- oder Limbuserkennung wird das Tracking unmöglich. Dies kann Folge von intraoperativ auftretenden großflächigen Bindehautblutungen oder einer ausgeprägten Chemose sein. Jedoch war das Fortführen des Eyetrackings bei intraoperativer Ausbildung einer Bindehautchemose noch erstaunlich lange gut möglich. Bei ca. 98 % der Augen mit ausreichend guten Voraufnahmen erfolgte das Eyetracking zuverlässig. Die Achsenausrichtung bei der Implantation von torischen IOLs oder Gravurlinsen war sehr zuverlässig durchführbar, die Achsenangabe exakt.

## Fazit

Das Eyetracking-System der Firma SMI ist in der klinischen Praxis sehr gut anwendbar. Das System erwies sich als sehr flexibel. Es bietet die Möglichkeit, prä- und intraoperativ zwischen den Modulen zu wechseln und die Dateneingabe anzupassen. Es stellt einen zusätzlichen Sicherheitsfaktor dar, indem es bei dem präoperativen Abgleich der Aufnahmen die finale Bestätigung liefert, ob das korrekte Auge ausgewählt wurde.

Die Angabe der Kapsulorhexisgröße und -positionierung ist sehr hilfreich, sowohl für weniger geübte Operateure als auch bei der Implantation der zunehmenden Anzahl an Sonderlinsen. Das refraktive Ergebnis kann bekanntlich von der Kapsulorhexisgröße beeinflusst werden.

Bei der exakten Ausrichtung torischer IOLs stellt das SMI-System eine wertvolle Ergänzung zu der Markierung mit dem Gertenmarkeur dar. Die Anzeige der Zielachse ist im Vergleich mit dem Gertenmarkeur sehr exakt, jedoch ist derzeit eine zusätzliche präoperative Markierung mit dem Markeur bei Durchführen der Operation in lokaler Anästhesie (retrobulbär oder peribulbär) nach unserer Erfahrung unverzichtbar. Die Operationsunterstützung durch das SMI-System eröffnet dem Operateur neue Möglichkeiten der exakten Zentrierung der Kapsulorhexis und optimiert die Ausrichtung torischer IOL.

Die Autorin hat kein finanzielles oder kommerzielles Interesse.



# MICS und Explantologie



# IOL-Explantation im Wandel der Zeit

H. Häberle

## Zusammenfassung

Heute werden zu fast 100 % faltbare Linsenmaterialien bei der Kataraktoperation implantiert. Die Inzidenz der Linsenexplantation wird in der Literatur zwischen 0,2 und 2 % angegeben. Seltene Ursachen sind Verfehlen der Zielrefraktion, optische Störungen durch Blendung und rezidivierende Druckanstiege durch Pigmentaussaat oder Hämorrhagie – Uveitis-Glaukom-Hyphäma-(UGH)-Syndrom. Häufigste Explantationsursache ist die Linsendislokation. Hierbei wird zunehmend die späte Dislokation einer Intraokularlinse mit samt Kapselapparat („in-the-bag“) beobachtet. Prädisponierender Faktor ist in über 50 % der Fälle ein Pseudoexfoliationssyndrom.

## Summary

Foldable intraocular lenses (IOLs) are routine in cataract surgery today. Incidence of intraocular lens explantation is still 0.2 to 2 %. Rare causes are missed target refraction, optical phenomena by glare or recurrent elevated intraocular pressure by pigmentary dispersion or hemorrhage (uveitis glaucoma hyphema or chafing syndrome). Main cause today for IOL explanation is lens dislocation. The late ‘in-the-bag’ dislocation occurs with increasing incidence. Predisposing factor is pseudoexfoliation syndrome in more than 50 %.

## Einleitung

In Deutschland finden derzeit ca. 800.000 Kataraktoperationen jährlich statt. Verwendete Linsenmaterialien sind laut Umfrage der DGII 2009 zu 88 % Acrylate (30 % hydrophil, 58 % hydrophob) und 10 % Silikonlinsen. Implantierte Sonderlinsen waren 1,5 % torische Linsen, 1,3 % Multifokallinsen und 0,2 % Add-on-Linsen. Im eigenen Patientengut machten in den Jahren 2009 und 2010 die Linsenexplantationen 1 % aller linsenchirurgischen Eingriffe aus.

Bei der OP-Technik sind die kurvilieneare Kapsulorhexis und Soft-Phakotechniken durch verbesserte Geräte und Instrumentarien inzwischen Standard. Die Implantationstechnik der faltbaren Linsen hingegen ist variabel, die Wahl des implantierten Materials unterliegt nicht nur rein medizinischen Gesichtspunkten. Es werden zur Implantation Shootermodelle und Faltpinzetten verwendet. Zunehmend finden sogenannte preloaded Injektionssysteme Verbreitung, die eine standardisierte Implantation und fehlerfreie Entfaltung der Linse erlauben. Trotzdem wird nicht in allen Fällen strikt endokapsulär implantiert.

## Explantationsursachen 2009 und 2010 im Klinikum Neukölln

Im eigenen Patientengut wurden in diesem Zeitraum 83 Linsen im Mittel 8,6 Jahre nach Implantation explantiert.

Nachfolgend werden zunächst die selteneren Ursachen aufgeführt: In zwei Fällen handelte es sich noch um eine Open-loop-Vorderkammerlinse, die wegen der bulbösen Keratopathie explantiert werden musste. Ein Verfehlen der Zielrefraktion bei hoher Myopie war bei drei Patienten Grund des IOL-Austausches.

In vier Fällen kam es zu einem UGH-Syndrom (auch Chafing-Syndrom). Ursächlich war hierfür der Abrieb (Chafing) am Pigmentblatt der Iris durch die scharfen IOL-Kanten. Einmal kam dies aufgrund einer ausgeprägten Pseudophakodonesis bei PEX zustande, weshalb der gesamte Kapselapparat explantiert wurde und eine Verisyse-Linse retroiridal fixiert wurde. In den anderen Fällen bestand eine asymmetrische Sulkus-/Sackfixation nach komplizierter Kataraktoperation mit Kapselruptur.

Die asymmetrisch implantierte einstückige scharfkantige hydrophobe Linse führte zu rezidivierenden Pigmentaussaaten und Hyphämata mit Druckanstieg. Die Linse wurde jeweils gegen eine dreistückige IOL mit abgerundeten Kanten und dreistückigem Design (Sensar, Fa. AMO) ausgetauscht und sulkusfixiert.

Bei zwei Patienten bestanden so störende Blenderscheinungen nach Multifokallinsenimplantation, dass diese ausgetauscht werden musste. In einem Fall wurde eine getrübbte hydrophile Acryllinse explantiert.

Die häufigsten Ursachen waren Linsendislokationen (87 %, n=72). Die isolierte Linsendislokation („out-of-the-bag“) trat seltener auf (19 %, n=14 von 72). Die Luxation des gesamten Linsenkapselapparates („in-the-bag“) betrug 81 % (n=58 von 72). Das Spektrum reichte bis zur spontanen Luxation von Kapselspannring, IOL und Kapselsack komplett in den Glaskörper.

## Stabilität des Zonulaapparates

Unsere Aufmerksamkeit richtet sich aufgrund der vermehrt beobachteten „in-the-bag“-Dislokationen auf die Stabilität des Zonulaapparates. Demografisch ist eine zunehmende Prävalenz für das PEX-Syndrom mit Zonulaschwäche zu verzeichnen. Bei einem Lebensalter von über 60 Jahren tritt es bei 4 bis 6 % und über 70 Jahren bei 7 bis 35 % aller Augen auf. Darüber hinaus nimmt insgesamt die Anzahl der netzhaut-glaskörperchirurgischen Eingriffe mit möglicher Schwächung des Zonulaapparates durch Manipulationen und Endotamponaden zu.

Intraokular werden bei der OP zahlreiche Medikamente (Anästhetika, Antibiotika, Viskoelastika, Vitalfarbstoffe) eingesetzt. Ihre Auswirkungen auf die Zonulafasern sind unbekannt. Die systemische Gabe von Alpha1-Blockern kann ein Floppy-iris-Syndrom (IFIS) verursachen, am häufigsten durch die Gabe von Tamsulosin bei benigner Prostatahyperplasie (Risiko 40-fach erhöht, Metaanalyse von 17.588 Augen), seltener, aber auch signifikant nach Einnahme von Alfuzosin, Terazosin und Doxazosin (Antihypertensivum). Patienten mit Zonulaschwäche müssen präoperativ über die mögliche Spätkomplikation einer Linsendislokation aufgeklärt werden.



## OP-Techniken bei Zonulaschwäche

Das Komplikationsrisiko ist in solchen Fällen signifikant erhöht. Im Vordergrund stehen hierbei Probleme durch die insuffiziente Mydriasis, Schwankungen der Vorderkammertiefe, das Risiko der Zonulolyse und der Kapselruptur.

Bei enger Pupille ermöglicht der Einsatz von Irisretraktoren einen besseren intraoperativen Situs. Der Kapselsack kann mit den Retraktoren an der Rhexis vorübergehend aufgehängt werden. Bei schlechtem Rotreflex wird mittels Kapselfärbung die Kapsel besser sichtbar und reißfester. Die kreisrunde Rhexis darf 5,5 mm Durchmesser nicht überschreiten, um später die Linsenoptik und die Kanten sicher zu bedecken. Empfehlenswert ist die Implantation einer besonders formstabilen Linse, möglichst mit angulierten Haptiken und dreistückigem Design. Ab einer Zonulolyse von mehr als vier Uhrzeiten stabilisiert ein Kapselspanning den Kapselsack, der gegebenenfalls auch skleral nahtfixiert werden kann. Alternativ muss eine primäre Sulkusfixation, Sulkusnahtfixation, Sklerafixation der Haptiken oder retroiridale Enklavation einer Irisklauenlinse erwogen werden.

Bei den chirurgischen Verfahren zur Aphakiekorrektur ist bisher keine Verfahren eindeutig überlegen. Alle Nahttechniken sind technisch anspruchsvoll und haben das Risiko der Biodegradation des Nahtmaterials. Die retroiridal fixierte Irisklauenlinse verbindet die Vorteile der Nahtfreiheit mit kurzer OP-Dauer und der Positionierung in der Hinterkammer.

## Follow-up

Auch nach völlig unkomplizierter Chirurgie mit Implantation einer kapselsackfixierten Linse ist in den ersten Monaten postoperativ ein Vorderkapselkontraktionssyndrom möglich, das zu einer Linsendezentrierung und -verkipfung führen kann (Abb. 1). Dies äußert sich mit zunehmender Sehverschlechterung durch lentogenem

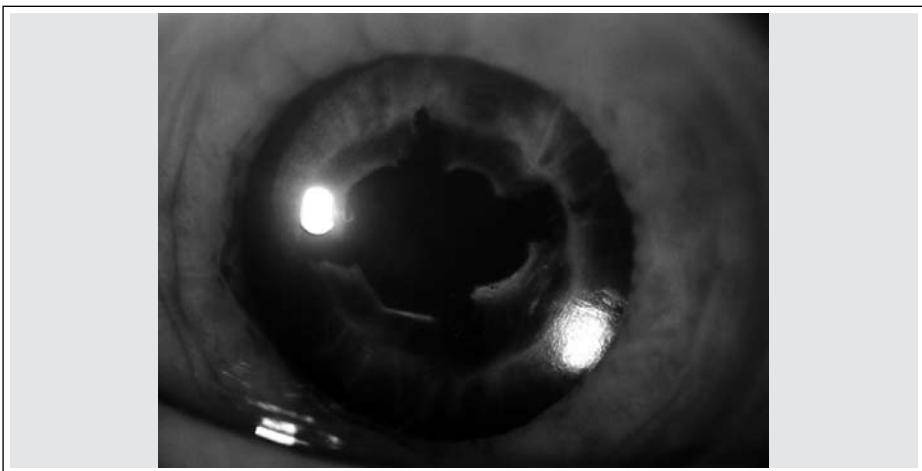


Abb. 1: Nd:YAG-VK-Diszision bei Kapselkontraktionssyndrom

Astigmatismus oder mit zunehmender Verlegung der optischen Achse durch periphere Kapselanteile. Bei Vorderkapselphimose muss rechtzeitig die kreuzförmige Inzision der Vorderkapsel mit dem Nd:YAG-Laser erfolgen, bevor eine Dezentrierung oder Verkippung der IOL eintritt. Unabhängig von der Art der verwendeten IOL wird die Linsenluxation Monate bis Jahre (durchschnittlich acht Jahre) postoperativ beobachtet. Man sollte den Patienten dann auch in Rückenlage klinisch untersuchen, um das Ausmaß der Luxation zu sehen und die chirurgischen Maßnahmen ausreichend zu planen (Abb. 2).

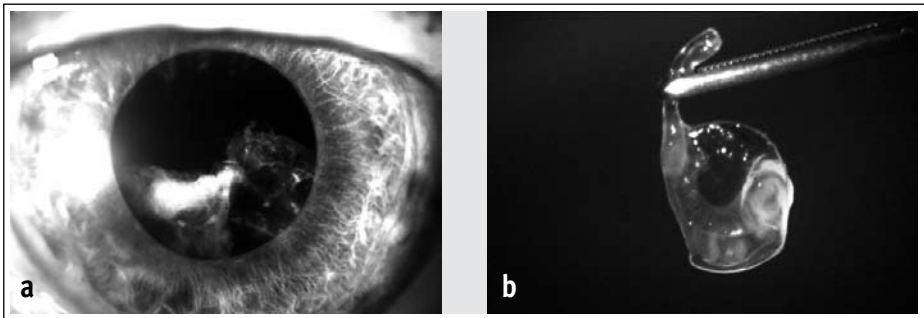


Abb. 2: Im Kapselsack spontan subluzierte HKL a) präoperativ und b) nach Explantation

## Indikation der Linsenexplantation

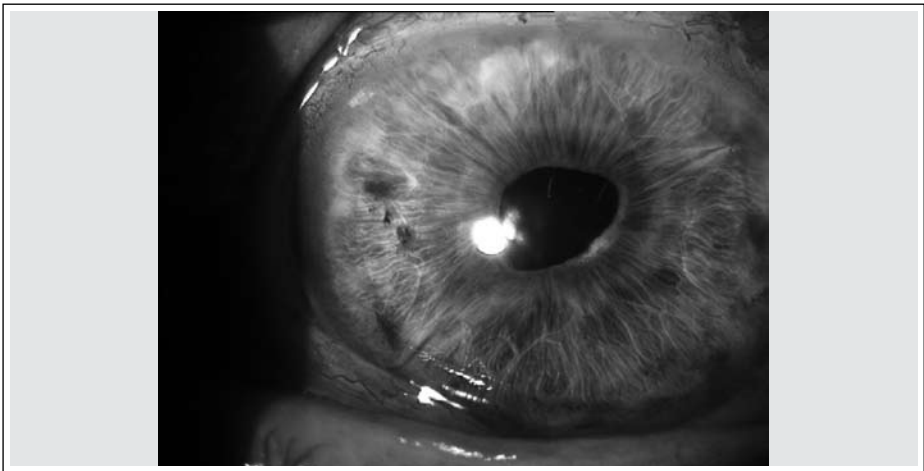
Besteht ein Haptik- oder Optikscha-den oder ist aufgrund des Linsenmodells keine suffiziente oder sichere Nahtfixation an der Iris oder Sklera möglich (Plattenhaptik, einstückiges Design mit fehlender Angulation und scharfer Kante) oder ist eine neue Zielrefraktion erwünscht, muss der vorhandene Linsen-/Kapselapparat explantiert werden. Ist die Linse in Rückenlage sichtbar, genügt ein anteriorer Zugang, andernfalls ist die Erweiterung zur Pars-plana-Vitrektomie erforderlich.

Im Jahr 2007 wurde von Scharioth über die nahtfreie Fixation der Haptiken dreistückiger Hinterkammerlinsen in einem extra präparierten Skleratunnel, gegebenenfalls unter Vermeidung der Linsenexplantation, erstmalig berichtet. Langzeitergebnisse stehen hierzu noch aus.

## Retroiridale Irisklauenlinse

Im Jahr 2002 wurde die inverse retroiridale Fixation der Irisklauenlinse (Artisan/Verisyse) zur Aphakiekorrektur erstmalig publiziert. Die Linse besteht aus PMMA und hat einen Optikdurchmesser von 5 mm, einen Gesamtdurchmesser von 8,5 mm. Der Vorteil besteht in der nahtfreien, raschen OP-Technik und der gleichzeitigen Fixation in der Hinterkammer. Eine Schnittgröße von 6 mm ist jedoch erforderlich, wobei dadurch zugleich die Explantation des Linsen-/Kapselapparates vereinfacht wird. Die Biometrie und Berechnung der so zu fixierenden Linse erfolgt mit einer

A-Konstante von 116,8. Mit entsprechender operativer Erfahrung tritt eine postoperative Verziehung der Pupille nur selten auf. Eine persistierende Uveitis aufgrund des Kontaktes der Linse mit dem Pigmentblatt der Iris wurde bisher nicht gesehen. Ein teilweise reversibles zystoides Makulaödem trat bei bis zu 4 % der Fälle, eine mögliche Dislokation aufgrund externen Traumas bei bis zu 4 % und eine Ablatio bei bis zu 2 % der Fälle auf. Die retroiridal fixierte Irisklauenlinse wird zunehmend häufiger verwendet, da sie mit rascher Lernkurve gut zu implantieren ist. Langzeitergebnisse stehen aus (Abb. 3).



**Abb. 3:** Sekundär retroiridal fixierte Verisyse

## Fazit

Nachweislich langfristig wirksame prophylaktische Maßnahmen zur Prävention einer Linsen-/Kapseldislokation bei PEX nach Monaten bis Jahren bestehen bisher außer in einer atraumatischen perfektionierten OP-Technik mit optimaler Rhexis-konfiguration nicht. Eine Pseudophakodonesis bedarf sorgfältiger Kontrollen. Eine Vorderkapselphimose muss frühzeitig mittels Nd:YAG-Laser inzidiert werden. Bei beginnender Dezentrierung mit visuellen Problemen wie unstabiler Sehschärfe oder erheblicher Refraktionsänderung ist die Refixation der vorhandenen Linse mittels verschiedener Nahttechniken minimal invasiv. Bei stärkerer Dislokation, Haptik- oder Optikscha-den oder zu verbessernder Zielrefraktion muss eine Linsenexplantation erfolgen. Die Aphakiekorrektur erfolgt in Abhängigkeit der individuellen anatomischen Situation und Begleitpathologie bei Pseudoexfoliationssyndrom, wobei die retroiridal fixierte Irisklauenlinse derzeit als minimal invasive Methode favorisiert wird.

## Literatur

1. ASSIA EI ET AL.: Capsule anchore to manage subluxated lenses: initial clinical experience. *JCRS* 2009;35(8):1372–1379
2. CHANG D: Sieser slipknot for Mac cannel iris-suture fixation of subluxated intraocular lenses. *JCRS* 2004;30:1170–1176
3. CIONNI RJ: Modified capsular tension ring for patients with congenital loss of zonular support. *JCRS* 2005;29(9):1668–1673
4. DICK HB ET AL.: Komplikationen faltbarer Intraokularlinsen mit Folge der Explantation. *Ophthalmologie* 2003;100:465–470
5. GABOR SG: Sutureless intrascleral posterior chamber intraocular lens fixation. *JCRS* 2007;33(11):1851–1854
6. GALLAGHER SP: Risk factors or anterior capsular contraction syndrome eith polypropylene or poly(methyl)methacrylate haptics. *JCRS* 1999;25(10):1356–1361
7. GIMBEL H: Update: Late in-the-bag intraocular lens dislocation: incidence, prevention, and management. *JCRS* 2005;31:2193–2204
8. HAYASHI K AL.: Possible predisposing factors for in-the-bag and out-of-the-bag intraocular lens dislocation and outcomes for intraocular lens exchange surgery. *Ophthalmology* 2007;114(5):969–975
9. HYAMS M ET AL.: Intraoperative complications of phacoemulsification in eyes with and without pseudoexfoliation. *JCRS* 2005;31:1002–1005
10. JEHAN FS ET AL.: Spontaneous late dislocation of intraocular lens within the capsular bag in pseudoxfoliation patients. *Ophthalmology* 2001;108(10):1727–1731
11. KIM S ET AL.: Management of dislocated Intraocular lenses. *Ophthalmology* 2008;115:1699–1704
12. MAMALIS N: Complications of foldable intraocular lenses requiring explantation or secondary intervention-2007 survey update. *JCRS* 2008;34:1584–1591
13. MENAPACE R: Posterior capsulorhexis combined with optic buttonholing: an alternative to standard in-the-bag implantation of sharp-edged intraocular lenses? A critical analysis of 1000 consecutive cases. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2008;246(6):787–801
14. MOHR A ET AL.: Retropupillary fixation of iris claw lens in aphakia. 1 year outcome of a new implantation technique. *Ophthalmologie* 2002;99:(7):580–583
15. PRICE MO: Late dislocation of scleral-sutured posterior chamber intraocular lenses. *JCRS* 2005;31(7):1320–1326
16. NAUMANN GOH ET AL.: Pseudoexfoliation syndrome for the comprehensive ophthalmologist. Intraocular and systemic manifestations. *Ophthalmology* 1998;105:951–968
17. PRICE MO: Late dislocation of scleral-sutured posterior chamber intraocular lenses. *JCRS* 2005;31(7):1320–1326
18. RITCH R, SCHLÖTZER-SCHREHARDT U: Exfoliation syndrome. Major Review. *Survey Ophthalmology* 2001;45(4):265–315
19. SCHMIDBAUER JM ET AL.: Complication profiles of posterior chamber intraocular lenses. An analysis of 586 foldable and 2077 rigid explanted intraocular lenses. *Ophthalmologie* 2001;98(11):1029–1035
20. SHINGLETON B ET AL.: Pseudoexfoliation and the cataract surgeon: preoperative, intraoperative, and postoperative issues related to intraocular pressure, cataract and intraocular lenses. *JCRS* 2009;35:1101–1120

21. Umfrageergebnisse BVA, BDOC, DGII. Augenspiegel 2008
22. WAGONER MD: Intraocular lens implantation in the absence of capsular support: a report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology* 2003;11 (4):840–859
23. WENZEL M ET AL.: Ambulante Intraokularchirurgie: Ergebnis der Umfrage 2008 von BDOC, BVA und der DGII-Rückblick über die letzten 20 Jahre. *Ophthalmochirurgie* 2009;21:199–211
24. WENZEL M: DGII Umfrage 2009. *Ophthalmochirurgie* 2009
25. CHATZIRALLI IP ET AL.: Risk Factors for Intraoperative Floppy Iris Syndrome: A Metaanalysis. *Ophthalmology* 2010



# Analyse eingetrübter Intraokularlinsen nach Explantation mittels Rasterelektronenmikroskopie und Elementaranalyse

St. Schmidt, G. U. Auffarth, T. M. Rabsilber, M. P. Holzer, M. J. Sánchez, I. Lieberwirth

## Zusammenfassung

**Fragestellung:** Die Eintrübung hydrophiler Intraokularlinsen stellt eine seltene Komplikation nach Kataraktoperation und Hinterkammerlinsenimplantation dar. Mithilfe spezieller Färbungen konnten hierbei Kalziumablagerungen nachgewiesen werden. Neuere Analyseverfahren können Hinweise für weitere strukturelle und elementare Veränderungen des Linsenmaterials liefern.

**Methodik:** Es wurden 4 explantierte hydrophile Acrylatlinsen, die ein Aliazinrot-positives Färbverhalten aufwiesen, und 2 originalverpackte hydrophile Acrylatlinsen mittels Rasterelektronenmikroskopie (REM) und energiedispersiver Röntgenspektroskopie (EDX) analysiert.

**Ergebnisse:** Die REM ergab variable Veränderungen und Ablagerungen an der Oberfläche der explantierten IOLs. In der EDX wurde bei 3 der Aliazinrot-positiven IOLs Kalzium nachgewiesen. Des Weiteren fanden sich neben den Elementen Kohlenstoff und Sauerstoff auch Natrium, Chlorid sowie in geringen Mengen Phosphat und Stickstoff. Die originalverpackten IOLs enthielten lediglich Kohlenstoff und Sauerstoff.

**Schlussfolgerungen:** Die Oberflächenveränderungen explantierter Intraokularlinsen können vielfältig sein. Sie beinhalten mineralische und möglicherweise organische Ablagerungen sowie strukturelle Defekte. Die Tatsache, dass nur bei 3 von 4 Aliazinrot-positiven IOLs Kalzium nachgewiesen wurde, weist auf die geringe Spezifität dieser Färbemethode hin.

## Summary

**Purpose:** The opacification of hydrophilic intraocular lenses is a rare but severe complication, which can appear after primarily successful cataract surgery. In the past, staining methods showed Calcium to be the main element of deposits on the IOL surface. By using more defined techniques of analysis, further information on the structural and elemental changes of IOL material could be found.

**Methods:** In this case series, 4 explanted hydrophilic acrylic IOLs, staining positively with alizarin red, were analysed via Scanning Electron Microscopy (SEM) and Elemental Analysis (EDX). As a control group, 2 hydrophilic acrylic IOLs of original package were analysed in the same way.

**Results:** SEM revealed variable changes and deposits on the surface of the explanted IOLs. EDX detected the element of Calcium in 3 out of 4 IOLs, which had stained positively with alizarin red beforehand. Furthermore carbon, oxygen, sodium, chloride, and additionally phosphate and nitrate in smaller doses were found. The IOLs of original package just showed carbon and oxygen.

**Conclusions:** Superficial changes on explanted IOLs can show variety. The nature of deposits includes mineral or assumed organic origin, and structural defects. Surprisingly

the element of Calcium could only be detected in 3 out of 4 explanted IOLs, which had stained positively with alizarin red. This could be explained by low specificity of alizarin red staining.

## Einleitung

Die Explantation von Intraokularlinsen ist eine vergleichsweise seltene Notwendigkeit nach primär erfolgreicher Kataraktoperation. Die häufigsten Gründe, die zur Explantation führen, umfassen eine falsche IOL-Brechkraft [1], Dislokation, IOL-Trübungen, IOL-Beschädigungen und Lichtsensationen. Die Häufigkeit ihres Auftretens ist hierbei abhängig vom Design und Material des IOL-Typs [2].

Insbesondere die hydrophilen Acrylatlinsen besitzen eine Prädisposition zur sekundären Eintrübung [3]. In diesem Zusammenhang scheinen das Vorhandensein eines chronischen intraokularen Reizzustandes, z. B. bei Uveitis anterior, diabetischer Retinopathie oder der Zustand nach mehrfacher Hinterabschnittschirurgie, einen triggernden Effekt zu haben. Die genauen Mechanismen, die zu Ablagerungen auf IOL-Oberflächen führen, sind bis heute nicht geklärt.

Mithilfe der konventionellen Lichtmikroskopie und spezieller Färbetechniken, wie der Alizarinrot-Färbung, konnten mehrfach Kalziumablagerungen auf der Oberfläche explantierter IOLs nachgewiesen werden [4, 5]. Gleichzeitig ist die Aussagekraft dieser Methoden begrenzt. Um genauere Aufschlüsse über die oberflächlichen Veränderungen explantierter IOLs zu erhalten, müssen modernere Analyseverfahren wie die Rasterelektronenmikroskopie (REM) und die Elementaranalyse (EDX) mittels Röntgenspektroskopie eingesetzt werden. Hierdurch können exakte Aussagen über die Morphologie und die elementare Zusammensetzung der untersuchten Ablagerungen getroffen werden.

## Methodik

Für diese Fallserie wurden vier explantierte hydrophile Acrylatlinsen Rayner 570 C und zwei originalverpackte IOLs gleicher Art mittels REM und EDX untersucht. Die explantierten IOLs waren bereits zuvor halbiert worden, wobei jeweils eine Hälfte mit Alizarinrot gefärbt wurde. Die Analyse der anderen Hälfte erfolgte im Max-Planck-Institut für Polymerforschung (MPIP) in Mainz, Deutschland. Zur REM wurde das Mikroskop SU 8000 REM (Abb. 1a) der Firma Hitachi verwendet. Das Funktionsprinzip des Rasterelektronenmikroskops beruht auf dem Abtasten von Oberflächen mittels eines hochenergetischen, fokussierten Elektronenstrahls. Hierdurch kann eine hochauflösende Darstellung von Oberflächenstrukturen erzielt werden mit einer theoretischen Vergrößerung von 1 : 1 Millionen. Dies entspricht einem Auflösungsvermögen von 1 nm.

Zur Bestimmung der elementaren Zusammensetzung erfolgte im Anschluss eine Elementaranalyse von interessant erscheinenden Arealen mittels Energiedispersiver Röntgenspektroskopie. Hierzu wurde das System Quantax EDX der Firma Bruker (Abb. 1b) verwendet. Das Funktionsprinzip des EDX basiert auf einer Anregung von



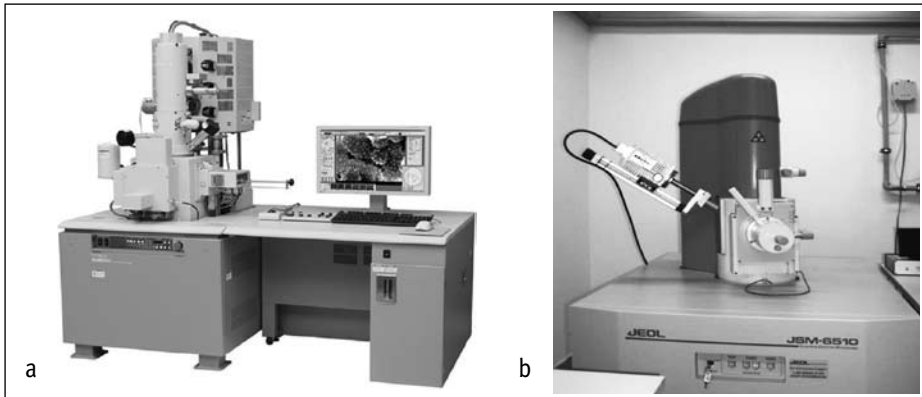


Abb. 1: a) Hitachi SU 8000 REM, b) Bruker Quantax EDX

Atomen durch einen Elektronenstrahl einheitlicher Energie (Abb. 2a). Dies führt zur Abgabe von Röntgenstrahlen, die eine elementspezifische Energie besitzen. Die emittierte Strahlung wird von einem Siliziumdetektor aufgefangen und in elektrische Energie umgewandelt, woraus ein EDX-Spektrum entsteht (Abb. 2b). Es kommt zur Darstellung von elementspezifischen Peaks auf einem breiten unspezifischen Untergrund, der durch sogenannte Bremsstrahlung erzeugt wird. Aus dem EDX-Spektrum lässt sich auch eine quantitative Analyse mit prozentualer Verteilung der gemessenen Elemente erzeugen.

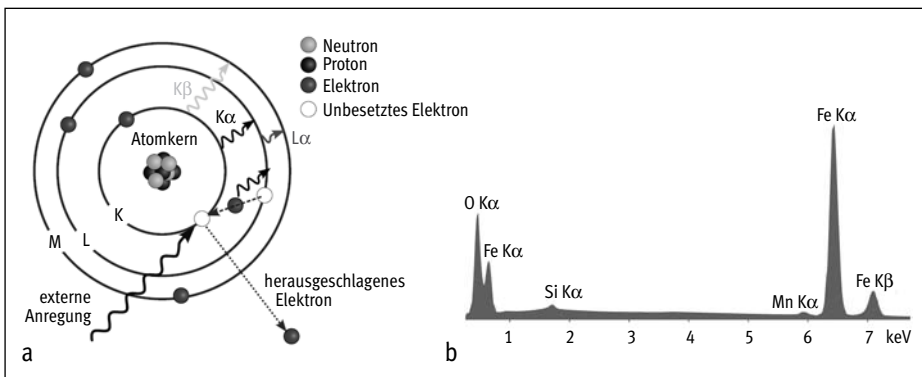


Abb. 2: a) Funktionsprinzip des EDX auf atomarer Ebene, b) EDX Spektrum bestehend aus Untergrundstrahlung und elementspezifischen Peaks

## Ergebnisse

Die Kontrollgruppe der originalverpackten IOLs zeigte in der REM eine glatte Oberfläche mit vereinzelt kristallinen Ablagerungen. Die EDX ergab neben Kohlenstoff und Sauerstoff (Elemente des hydrophilen Acrylats) den Nachweis von

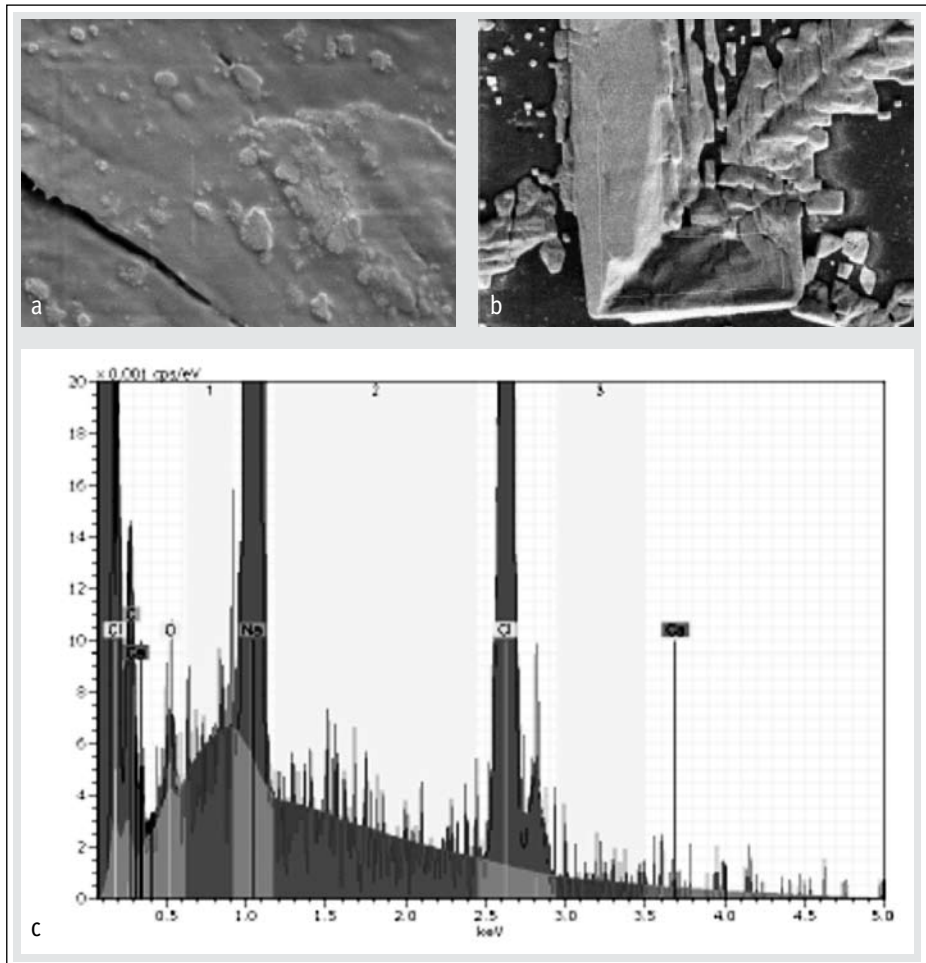
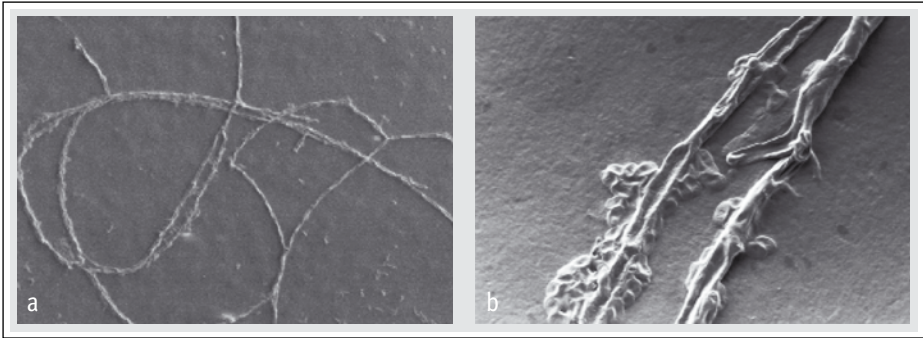


Abb. 3: Explantierte IOL Nr. 1, a) feine Risse, b) flächenförmige Ablagerungen, c) Röntgenspektroskopie

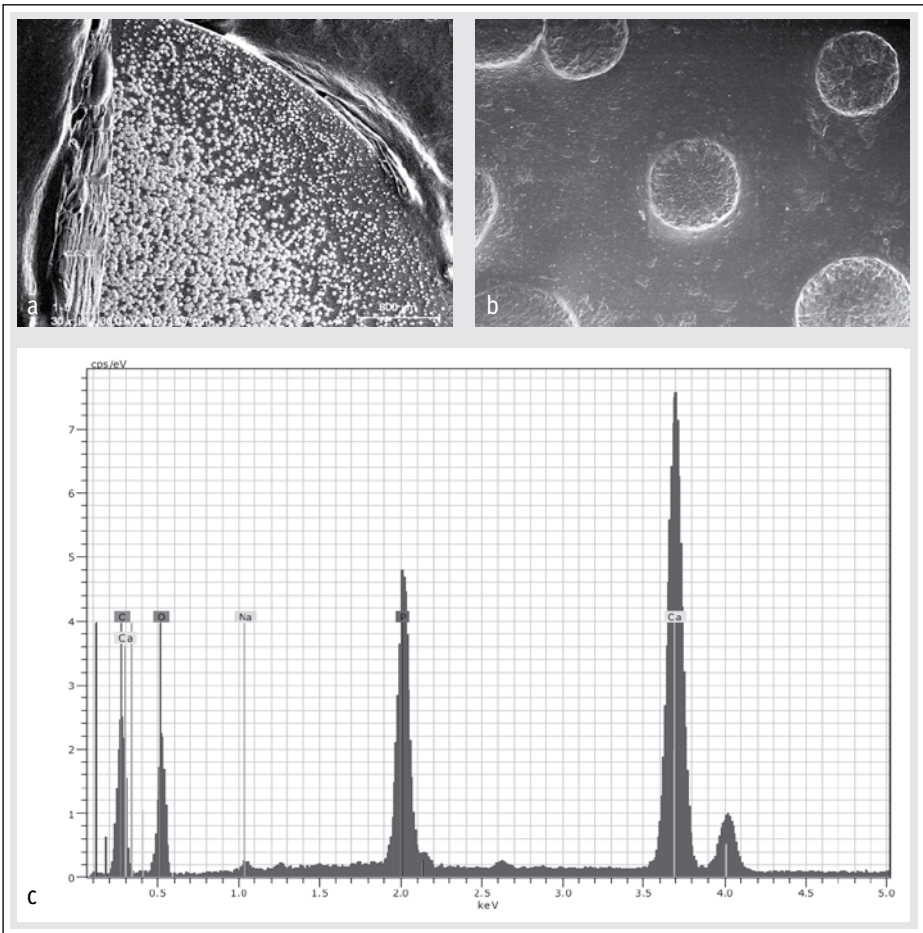
Natrium und Chlorid. Wahrscheinlich handelte es sich bei den kristallinen Ablagerungen um auskristallisierte Partikel der Lagerungsflüssigkeit.

Die explantierte IOL Nr. 1 wies in der REM feine Risse an der Optikvorderfläche auf (Abb. 3a), die am ehesten als Artefakte im Rahmen der operativen Entfernung zu sehen sind. Weiterhin zeigten sich fleckförmige Ablagerungen mit rauer Oberfläche (Abb. 3b), die bei höherer Auflösung eine mineralische Gestalt aufwiesen. Eine Analyse dieser Ablagerungen mittels EDX ergab neben den Elementen Natrium, Chlorid, Kohlenstoff und Sauerstoff einen Kalziumgehalt von 25 %.

Die explantierte IOL Nr. 2 wies in der REM sowohl kockenartige als auch girlandenförmige Ablagerungen auf (Abb. 4a), die bei höherer Auflösung an Pilzhyphen erinnerten (Abb. 4b). In der EDX konnten die Elemente Kohlenstoff, Sauerstoff und



**Abb. 4:** Explantierte IOL Nr. 2, a) kochenartige und girlandenförmige Ablagerungen, b) pilzhypenförmige Ablagerungen

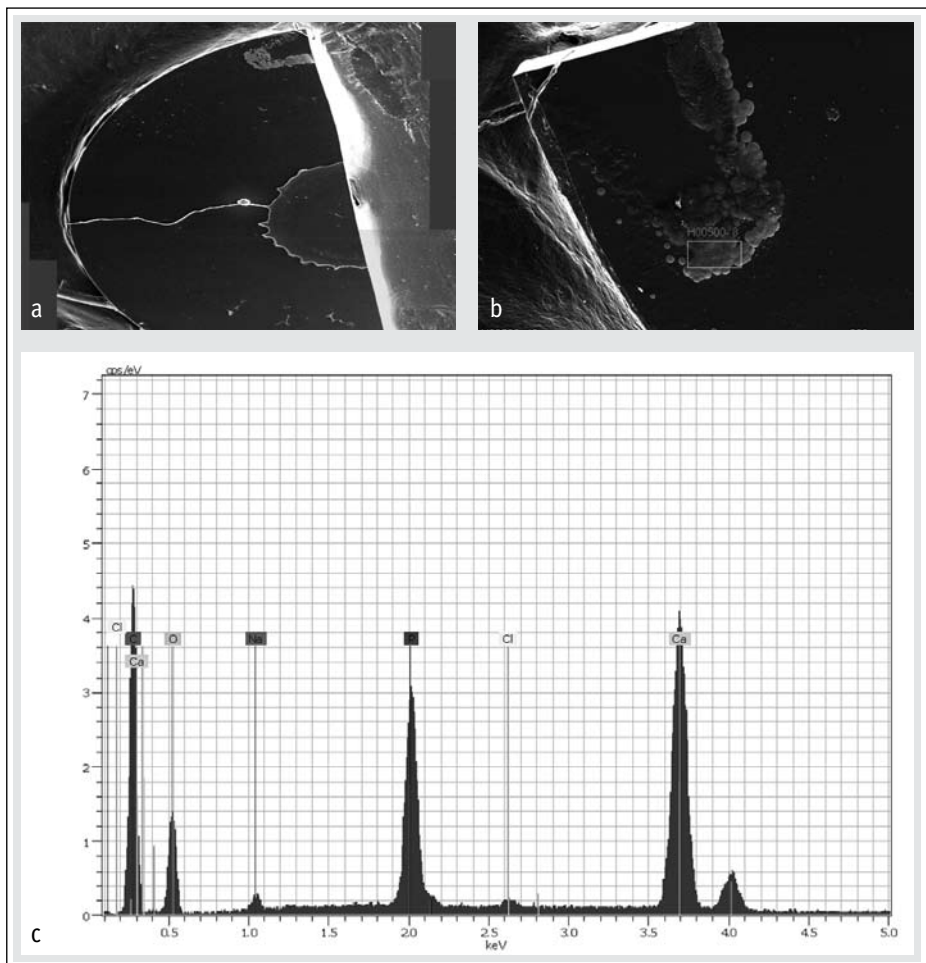


**Abb. 5:** Explantierte IOL Nr. 3, a) granuläre Ablagerungen an der Optikvorderfläche, b) raue Oberfläche der kugelförmigen Gebilde, c) Röntgenspektroskopie

Stickstoff nachgewiesen werden, wodurch der Verdacht des organischen Ursprungs dieser Veränderungen bestätigt wurde. Obwohl diese IOL zuvor ein positives Färbeverhalten für Alizarinrot zeigte, war in der EDX kein Kalzium nachweisbar.

Die explantierte IOL Nr. 3 zeigte an ihrer Optikvorderfläche eine flächenhafte Bedeckung mit kleinen granulären Ablagerungen, deren Dichte und Größe vom Zentrum zur Peripherie hin abnahm (Abb. 5a). Diese kugelförmigen Gebilde besaßen bei höherer Vergrößerung eine raue Oberfläche (Abb. 5b). Die Röntgenspektroskopie ergab jeweils hohe Peaks für Kalzium und Phosphat (Abb. 5c). In geringeren Mengen waren auch Kohlenstoff, Sauerstoff und Natrium nachweisbar.

Die explantierte IOL Nr. 4 besaß zwei auffällige Areale an ihrer Optikvorderfläche. Im Zentrum der Optik zeigte sich eine homogen erscheinende, fleckförmige Mem-



**Abb. 6:** Explantierte IOL Nr. 4, a) fleckenförmige Membran im Zentrum der Optik, b) granuläre Ablagerungen am Rand der Optik, c) Röntgenspektroskopie

bran (Abb. 6a), die einen Durchmesser von ca. 2 mm besaß. Am Rand der Optik zeigte sich zusätzlich ein umschriebenes Areal granulärer, teils miteinander verschmolzener Ablagerungen (Abb. 6b). Die Analyse der zentral gelegenen Veränderung mittels EDX ergab die Elemente Kohlenstoff und Sauerstoff in hoher Konzentration und nebenbei Natrium und Phosphat. Die peripheren Ablagerungen bestanden hauptsächlich aus Kalzium und Phosphat, in geringen Mengen waren auch Kohlenstoff, Sauerstoff und Natrium nachweisbar (Abb. 6c).

## Schlussfolgerungen

Die Kombination aus Rasterelektronenmikroskopie und Elementaranalyse ergibt wesentlich genauere Informationen über die Gestalt und Zusammensetzung oberflächlicher Veränderungen als herkömmliche Untersuchungsmethoden wie Lichtmikroskopie und Alizarinrot-Färbung. In den vorliegenden REM-Aufnahmen konnten variable Oberflächenablagerungen gezeigt werden, die einerseits granuläre und membranöse anorganische Materialien, andererseits Ablagerungen organischen Ursprungs beinhalten.

Die Auswertung der Elementaranalyse erbrachte neben Kalzium und Phosphat eine Vielzahl weiterer Elemente, die jedoch in wesentlich geringerem Maße vorlagen. Wir konnten nachweisen, dass insbesondere die granulären und fleckförmigen Ablagerungen der IOL Nr. 1, Nr. 3 und Nr. 4 einen hohen Kalziumanteil besitzen. Dieser Sachverhalt korreliert mit den Ergebnissen einer kleineren Fallserie von explantierten Rayner 570 C [6]. Die Tatsache, dass in der EDX von IOL Nr. 2 trotz positiver Alizarinrot-Färbung kein Kalzium nachgewiesen wurde, ist ein Hinweis für die geringe Spezifität von Alizarinrot.

Bereits seit Einführung der hydrophilen Acrylatlinsen ist deren vergleichsweise hohe Tendenz zur Eintrübung bekannt. Noch heute werden Eintrübungen bei der hydrophilen Acrylat-IOL Hydroview (Bausch & Lomb) beobachtet und analysiert [7, 8]. Als eine der Ursachen, die zur Ablagerung von Kalziumphosphatkristallen führt, werden die oberflächlichen Hydroxylgruppen des hydrophilen Acrylatmaterials diskutiert [9]. Weiterhin könnten verlängerte intraokulare Reizzustände, wie sie im Rahmen komplizierter vitreoretinaler Eingriffe oder bei fortgeschrittener diabetischer Retinopathie eintreten [10], durch Erhöhung der intracamerale Kalziumkonzentrationen die Bildung von Kalziumphosphatablagerungen fördern. Zum besseren Verständnis dieser Vorgänge sind größere Fallserien mit einer detaillierten Aufarbeitung der Patientenhistorie notwendig.

## Literatur

1. AUFFARTH GU ET AL.: Reasons for the explantation of posterior chamber lenses. *Ophthalmologie* 1994 Aug;91(4):507–511
2. DICK HB ET AL.: Komplikationen faltbarer Intraokularlinsen mit der Folge der Explantation. *Ophthalmologie* 2003;100:465–470
3. SCHMIDBAUER JM ET AL.: Postoperative opacification of posterior chamber intraocular lenses – a review. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 2001 Sep;218(9):586–594. Review. German.
4. WERNER L ET AL.: Postoperative deposition of Calcium on the surfaces of a hydrogel intraocular lens. *Ophthalmology* 2000 Dec;107(12):2179–2185
5. WERNER L ET AL.: Dense opacification of the optical component of a hydrophilic acrylic intraocular lens: a clinicopathological analysis of 9 explanted lenses. *J Cataract Refract Surg* 2001 Sep;27(9):1485–1492
6. SUNG JL ET AL.: Surface calcification of hydrophilic acrylic intraocular lens related to inflammatory membrane formation after combined vitrectomy and cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2010;36:676–681
7. FODOR M ET AL.: Spectroscopic study of explanted opacified hydrophilic acrylic intraocular lenses. *Acta Ophthalmol* 2011 Mar;89(2):e161–166
8. KATSIMPRISET JM ET AL.: Späte postoperative Eintrübung von Hydrogel-Intraokularlinsen: eine Analyse von 13 Fällen. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 2009;226(4):264–271
9. GARTAGANIS SP ET AL.: Opacification of hydrophilic acrylic intraocular lens attributable to calcification: investigation on mechanism. *Am J Ophthalmol* 2008;146:395–403
10. TACHI N ET AL.: Anterior chamber inflammation after vitrectomy in posterior vitreous membrane syndrome and phacoemulsification and intraocular lens implantation. [Japanese] *Nippon Ganka Gakkai Zasshi* 1995;99:329–335

# Linsentechnologie/Diagnostik





# Corneale Wellenfrontanalyse zur Unterscheidung zwischen Keratokonus und pellucider marginaler Degeneration

D.-L. Ott, J. Bühren, R. Schwarz, O. Klaproth, T. Kohnen

## Zusammenfassung

**Hintergrund:** Die Wellenfrontanalyse ist in den vergangenen Jahren immer weiter in den Blickpunkt der Forschung gerückt, um Charakteristika des Keratokonus (KK) und der pelluciden marginalen Degeneration (PMD) aufzuzeigen [1, 2, 3]. Derzeit werden topographische Parameter noch nicht als klinisches Routineverfahren zur Unterscheidung und Klassifikation von KK und PMD angewandt. In unserer Studie widmen wir uns der Analyse der anterioren und posterioren cornealen Wellenfrontdaten (2.–7. Ordnung) und deren Eignung zur Unterscheidung und Klassifikation von KK, PMD und gesunden Augen.

**Methodik:** Im ersten Schritt unserer Analyse führten wir eine explorative Clusteranalyse ohne a-priori-Klassifikation durch. In einem zweiten Schritt trainierten wir eine Support-Vektor-Maschine, um ein automatisches Klassifikationsschema zu erhalten. Abschließend bedienten wir uns der Receiver-Operating-Charakteristik-(ROC-)Analyse zur Ermittlung der trennschärfsten Zernike-Koeffizienten (ZK) zur Unterscheidung zwischen KK, PMD und gesunden Augen.

**Ergebnisse:** Es zeigte sich auch ohne a-priori-Klassifikation eine klare Aufteilung der Patientenaugen in drei Hauptgruppen. Die anteriore vertikale Coma  $C_3^{-1}$  unterschied mit hoher Genauigkeit zwischen KK und gesunden Augen sowie PMD und gesunden Augen. Zur Unterscheidung zwischen KK und PMD Augen erzielte der anteriore primäre Astigmatismus  $C_2^2$  die höchste Trennschärfe. Wellenfrontaberrationen der Hornhautvorderfläche zeigten eine höhere Trennschärfe als die der Hornhaurückfläche.

**Schlussfolgerung:** Zusammenfassend können ZK der Hornhautvorder- und -rückfläche und die dazugehörigen „cut-off“-Werte mit hoher Genauigkeit zwischen KK, PMD und gesunden Augen unterscheiden. Eine Folgestudie soll ermitteln, ob die Kombination aus Wellenfrontanalyse und Pachymetrieprofilanalyse eine Verbesserung der Ergebnisse zur Diagnose und Klassifikation von KK und PMD erzielen kann.

## Summary

**Purpose:** Wavefront analysis is of high interest to identify characteristics in eyes with Keratoconus (KC) and Pellucid marginal degeneration (PMD) [1, 2, 3]. Topographic parameters are currently not used as single criteria to classify KC and PMD. This study assesses the ability of anterior and posterior corneal wavefront data (2nd to 7th order) in order to identify groups and to classify eyes with KC, PMD and normal eyes.

**Methods:** Initially we performed an explorative cluster analysis without a-priori classification, followed by a support-vector-machine classification. The last step was a receiver operating characteristic analysis identifying the Zernike coefficients with highest discriminative ability to differentiate between KC, PMD and normal eyes.

**Results:** The cluster analysis showed successful separation into three major groups. Anterior vertical coma  $C_5^{-1}$  discriminated with high accuracy between KC and normal eyes as well as between PMD and normal eyes. Anterior primary astigmatism  $C_2^2$  discriminated between KC and PMD the best. Anterior wavefront aberrations had a higher discriminative ability than posterior ones.

**Conclusion:** We conclude that Zernike coefficients of the anterior and posterior corneal surface and their cut-off values can be used with high accuracy to discriminate between KC, PMD and normal eyes. A future study is necessary to assess whether a combination of wavefront analysis and pachymetric profile analysis might improve our current results.

## Einleitung

Bei dem Krankheitsbild des KK handelt es sich um eine irreversible, nicht entzündliche Hornhautektasie begleitet von einer progressiven stromalen Verdünnung, Myopisierung und irregulärem Astigmatismus [4]. Die Hornhauttopographie zeigt eine asymmetrische Schleife mit gegeneinander verkippten radialen Achsen [5, 6]. Als ebenfalls nicht entzündliche Hornhautektasie wird die PMD hingegen durch eine inferiore Aufsteilung der Hornhaut, eine 1 bis 2 mm breite halbmondförmige Hornhautverdünnung zwischen 4 und 8 Uhr mit 1 bis 3 mm Abstand zum Limbus, einer Hornhautektasie oberhalb der Hornhautverdünnung und einem Astigmatismus gegen die Regel charakterisiert [7, 8, 9]. In der cornealen Topographie zeigt sich ein „Hummerscheren-“ oder Schnauzbartmuster.

Die Unterscheidung zwischen KK und PMD stellt gegenwärtig eine Herausforderung dar, da aufgrund mangelnder Klassifikationskriterien eine exakte Zuordnung erschwert wird. Vorangegangene Studien prüften bereits die Eignung der Videokeratographie, Zernike-Dekomposition und Analyse der Mittelwerte der Hornhautkrümmungen zur Klassifikation von KK und PMD [1, 2, 3]. In einer vorangegangenen Studie, bei der wir die Gruppeneinteilung der Patienten nach alleiniger Beurteilung der Hornhauttopographie vorgenommen hatten, zeigte sich, dass einzelne ZK zur Unterscheidung zwischen KK, PMD und gesunden Augen geeignet sind. In dieser Studie werden die anterioren und posterioren cornealen Wellenfrontdaten aller Patientenaugen unabhängig von ihrer a-priori-Klassifikation behandelt, und es wird erörtert, ob sie zur Klassifikation von KK, PMD und gesunden Augen geeignet sind.

## Material und Methoden

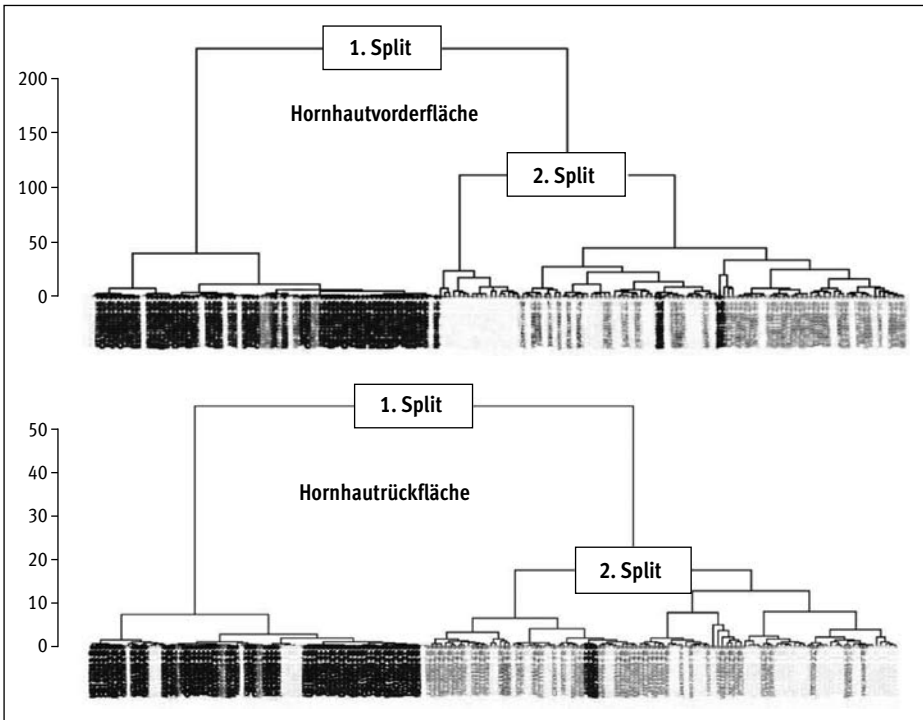
Im Rahmen dieser retrospektiven Studie wurden 179 Patientenaugen, deren Hornhauttopographien zuvor mittels der Klassifikationskriterien von Bogen in drei Hauptgruppen (KK, PMD und gesunde Augen) eingeteilt wurden, analysiert [10]. Dabei konnten 55 KK Augen mit asymmetrischer Schleife und gekippter radialer Achse, 60 PMD Augen mit Hummerscherenmuster und 64 gesunde Augen (vor LASIK) mit unauffälliger, symmetrischer Schleife in der Hornhauttopographie klassifiziert werden. Die hornhauttopographischen Daten aller Patienten wurden mit dem Orbscan IIz (Bausch & Lomb, NY) erhoben. Von den axial-keratometrischen Daten

der Hornhautvorderfläche sowie den Elevationsdaten der Hornhaurückfläche wurde eine Zernike-Dekomposition (2. bis 7. Ordnung, 6 mm Pupillendurchmesser) durchgeführt (VOL-Pro 7.14, MATLAB 7.0). Aufgrund der Limitation durch die vorangegangene „subjektive“ Klassifikation war eine erweiterte Statistik als Methode zur genaueren Klassifikation erforderlich. Hierzu wurden die individuellen ZK mithilfe der Clusteranalyse auf eine mögliche Gruppenbildung ohne a-priori-Klassifikation überprüft. Zur Ermittlung einer Entscheidungsregel mit hoher Generalisierungsfähigkeit führten wir zusätzlich eine Klassifikation mit Support-Vektor-Maschine (SVM) durch (R Version 2.11.0). Abschließend ermittelten wir im Rahmen einer Receiver-Operating-Charakteristik-(ROC-)Analyse die trennschärfsten ZK zur Unterscheidung zwischen KK, PMD und gesunden Augen.

## Ergebnisse

### I. Hierarchische Clusteranalyse

Die individuelle hierarchische Clusteranalyse der anterioren sowie posterioren Wellenfrontdaten zeigt eine klare Formierung von drei Hauptgruppen (KK = weiß, PMD = grau, normal = schwarz) als Ergebnis der ersten beiden hierarchischen Splits (Abb. 1a und 1b). Der erste Split trennt gesunde von erkrankten (KK und PMD)



**Abb. 1:** a) Dendrogram der hierarchischen Clusteranalyse der anterioren cornealen Wellenfrontdaten, b) Dendrogram der hierarchischen Clusteranalyse der posterioren cornealen Wellenfrontdaten

Augen. Der zweite Split trennt KK von PMD Augen. Eine gemeinsame Clusteranalyse der Hornhautvorder- und -rückfläche zusammen erzielte keine signifikante Verbesserung der Gruppenformierung.

## II. SVM-Klassifikation

Die SVM-Klassifikation mit Gauss-Kernel der 33 ZK der Hornhautvorder- und -rückfläche zeigte eine klare Aufteilung der Patientenaugen in drei Hauptgruppen. Das beste Ergebnis erzielte die Auswertung aller 33 ZK der Hornhautvorderfläche mit einer Korrekturklassifikationsrate von 87 % auf ungesehene Daten, einem Kreuzvalidierungsfehler von 0,13 und einem Trainingsfehler von 0,01 (Abb. 2).

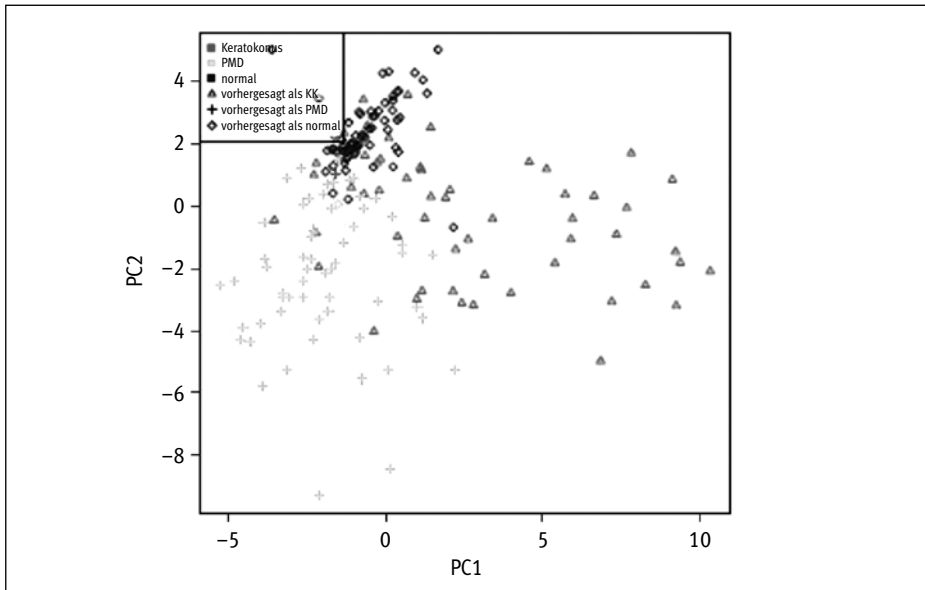


Abb. 2: Zweidimensionaler Scatterplot der SVM-Klassifikation mit Gauss-Kernel (nu-SVC: rbf kernel,  $s = 0,0066$ ,  $\nu = 0,10$ ) aller 33 anterioren ZK

## III. ROC-Analyse

Die anteriore vertikale Coma  $C_3^{-1}$  zeigte die höchste Trennschärfe zur Unterscheidung zwischen KK und gesunden Augen (AzROC, Fläche unter der ROC-Kurve, 0,986, Sensitivität 96,8 %, Spezifität 94,6 %, Genauigkeit 95,8 %, cut-off  $-0,228$ ) sowie zwischen PMD und gesunden Augen (AzROC 0,991, Sensitivität 93,7 %, Spezifität 98,3 %, Genauigkeit 95,9 %, cut-off  $-0,148$ ). Zur Unterscheidung zwischen KK und PMD Augen erzielte der anteriore primäre Astigmatismus  $C_2^2$  die höchste Trennschärfe (AzROC 0,891, Sensitivität 81,7 %, Spezifität 83,6 %, Genauigkeit 82,6 %, cut-off  $-0,129$ ) (Abb. 3 und Tab. 1). Die diagnostische Leistung der anterioren Wellenfrontdaten war höher ( $\bar{\phi}$  AzROC 0,91) als die der posterioren Wellenfrontdaten ( $\bar{\phi}$  AzROC 0,78).

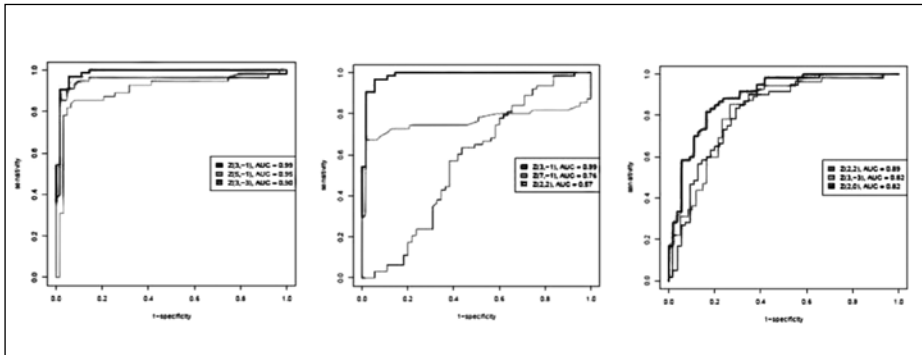


Abb. 3: ROC Kurven der jeweils drei trennschärfsten ZK der Hornhautvorderfläche für KK vs. normal, PMD vs. normal und KC vs. PMD

	Parameter	AzROC	cut-off	Spezifität [%]	Sensitivität [%]	Genauigkeit [%]
KK vs normal	$C_3^{-1}$	0,986	-0,228	94,6	96,8	95,8
PMD vs normal	$C_3^{-1}$	0,991	-0,148	98,3	93,7	95,9
KK vs PMD	$C_2^{-2}$	0,891	-0,129	83,6	81,7	82,6

Tab. 1: Beste ZK der Hornhautvorderfläche zur Unterscheidung zwischen KK, PMD und normalen Augen

### Diskussion

In unserer Studie untersuchten wir die Fähigkeit der anterioren und posterioren cornealen Wellenfrontaberrationen zur Unterscheidung und Klassifikation von KK, PMD und gesunden Augen. Hierbei analysierten wir nur die isolierten cornealen Wellenfrontfehler, da mehr als 90 % der Aberrationen des Auges von der Hornhaut abgeleitet werden. Dieser Prozentsatz ist umso höher, je größer die Hornhautirregularitäten wie im Falle von KK und PMD sind. Wir konnten verzeichnen, dass die Irregularitäten der Hornhautvorderfläche und damit einhergehende anteriore Wellenfrontfehler einen größeren Einfluss auf die Unterscheidung und Klassifikation von KK und PMD haben als die resultierenden Wellenfrontaberrationen der Hornhautrückfläche.

In der Studie von Lee et al. zeigte sich, dass ein Hummerscherenmuster in der Hornhauttopographie kein Diagnosekriterium für PMD ist, da es auch bei Patienten mit KK gefunden werden kann [11]. Unsere zu Anfang durchgeführte Klassifikation vernachlässigte genau das durch Lee et al. publizierte Ergebnis. Um objektive Ergebnisse der Klassifikation von KK, PMD und gesunden Augen zu gewährleisten, führten wir eine dreistufige statistische Analyse der anterioren und posterioren Wellenfrontaberrationen durch. Der Vorteil der hierarchischen Clusteranalyse war, dass wir keine subjektive a-priori-Klassifikation vorgeben mussten und unsere Ergebnisse somit vollkommen objektiv waren. Dieser Schritt bestätigte das Vorhandensein dreier Patientengruppen, wie zu Anfang angenommen. Die Überlappungen

im Dendrogram kamen in diesem Fall aufgrund der geringen Anzahl von Patientenaugen zustande, welche die Aussagekraft der Analyse jedoch nicht schmälerte.

Im zweiten Schritt unserer Analyse entwickelten wir eine SVM, die generalisiert mit möglichst kleiner Fehlerzahl eine Klassifikation unbekannter Patientenaugen vornehmen kann. 87 von 100 unbekanntem Patienten konnten hierbei von unserer SVM korrekt klassifiziert werden. Unsere SVM wurde mit den Ergebnissen der Gruppenbildung aus der Clusteranalyse trainiert, um ein möglichst objektives Klassifikationsschema zu erhalten. Ob die Clusteranalyse „PMD-like KK“ von PMD unterscheiden konnte, ist derzeit unklar. In einem letzten Schritt ermittelten wir die ZK und korrespondierende „cut-off“-Werte, die zur Unterscheidung zwischen KK, PMD und gesunden Augen in der Praxis am besten geeignet sind. Wie bereits in früheren Studien beschrieben, erwies sich die vertikale Coma als Schlüsselaberration für KK [12]. Zur Unterscheidung zwischen KK und PMD kristallisierte sich der anteriore primäre Astigmatismus als klassifizierender Wellenfrontfehler heraus. Trotz der vielversprechenden Studienergebnisse wird der Einsatz cornealer Wellenfrontaberrationen als alleiniges Universaldiagnostikum fraglich sein. Eine Kombination von Diagnosekriterien (Spaltlampenuntersuchung, Wellenfrontanalyse, Pachymetrieprofilanalyse) scheint möglicherweise eine verlässlichere Klassifikation zu gewährleisten.

## Literatur

1. TANG M, SHEKHAR R, MIRANDA D, HUANG D: Characteristics of keratoconus and pellucid marginal degeneration in mean curvature maps. *Am J Ophthalmol* 2005;140:993–1001
2. OIE Y, MAEDA N, KOSAKI R ET AL.: Characteristics of ocular higher-order aberrations in patients with pellucid marginal corneal degeneration. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:1928–1934
3. GRÜNAUER-KLOEVEKORN C, KLOEVEKORN-FISCHER U, KLOEVEKORN-NORGALL K, DUNCKER G: [Quantitative assessment of topographical parameters to differentiate keratoconus from pellucid marginal corneal degeneration and]. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 2005;222:874–882
4. RABINOWITZ Y: Keratoconus. *Surv Ophthalmol* 1998;42:297–319
5. RABINOWITZ Y, McDONNELL P: Computer-assisted corneal topography in keratoconus. *Refract Corneal Surg* 1989;5:400–408
6. RABINOWITZ Y: Corneal topography. *Curr Opin Ophthalmol* 1993;4:68–74
7. KARABATSAS C, COOK S: Topographic analysis in pellucid marginal corneal degeneration and keratoglobus. *Eye (Lond)* 1996;10 ( Pt 4):451–455
8. SRIDHAR M, MAHESH S, BANSAL A ET AL.: Pellucid marginal corneal degeneration. *Ophthalmology* 2004;111:1102–1107
9. MAGUIRE L, KLYCE S, McDONALD M, KAUFMAN H: Corneal topography of pellucid marginal degeneration. *Ophthalmology* 1987;94:519–524
10. BOGEN SJ, WARING III GO, IBRAHIM O ET AL.: Classification of normal corneal topography based on computer-assisted videokeratography. *Arch Ophthalmol* 1990;108: 945–949
11. LEE B, JURKUNAS U, HARISSI-DAGHER M ET AL.: Ectatic disorders associated with a claw-shaped pattern on corneal topography. *Am J Ophthalmol* 2007;144:154–156
12. BÜHREN J, KÜHNE C, KOHNEN T: Defining subclinical keratoconus using corneal first-surface higher-order aberrations. *Am J Ophthalmol* 2007;143:381–389

# Das Verhältnis zwischen der skotopischen Pupillengröße und dem Alter sowie der Refraktion – eine retrospektive Analyse

M.-T. Eddy, J. Steinberg, G. Munzer, G. Richard, J. Baviera, T. Katz, S. J. Linke

## Zusammenfassung

Es wurden in dieser retrospektiven Studie 27.482 Augen von 14.130 Patienten, die sich einem refraktiven Eingriff bei CareVision unterzogen haben, untersucht. Ein Fokus lag dabei auf dem Zusammenhang zwischen der durch den Colvard-Pupillometer ermittelten skotopischen Pupillengröße und den Parametern Alter, Augenseite, Geschlecht, sphärische und zylindrische Refraktion.

Der durchschnittliche skotopische Pupillendurchmesser lag bei  $6,45 \pm 0,82$  mm.

Es zeigte sich kein Zusammenhang zwischen Augenseite und Geschlecht, jedoch ein statistisch hochsignifikanter Zusammenhang zwischen Pupillengröße und Refraktion ( $p < 0,001$ ). Hyperope Augen hatten einen kleineren Pupillendurchmesser. Des Weiteren wurde zwischen Alter und Pupillengröße ein hochsignifikanter Zusammenhang ( $p < 0,001$ ) sowie eine negative Korrelation ( $r = -0,405$ ) festgestellt.

## Summary

Medical records of 27482 eyes of 14130 refractive surgery candidates were reviewed regarding a potential coherence between scotopic pupil size and age, the side of the eye, sex and refractive state.

The average scotopic pupil size was  $6.45 \pm 0.82$  mm.

No coherence was found with sex and the side of the eye. A significant impact was found with the refractive state ( $p < 0.001$ ). Hyperopic eyes have smaller scotopic pupil size. Age has also a significant impact with the scotopic pupil size and a negative correlation ( $r = -0.405$ ).

## Einleitung

Die skotopische Pupillengröße stellt einen zentralen Faktor bei refraktiven Eingriffen dar. Sie beeinflusst die Wahl der Größe der optischen Zone bei der Planung der photorefraktiven Keratektomie (PRK) und Laser in situ Keratomileus (LASIK), um Halos zu vermeiden. Eine gute Kenntnis der durchschnittlichen Pupillengrößen und ihrer Zusammenhänge mit anderen okulären Parametern ist daher entscheidend. In dieser Studie wurden die Faktoren Alter, Geschlecht, Refraktion und Augenseite in die biometrische Untersuchung aufgenommen.

## Material und Methoden

Die retrospektive Analyse wurde in Kooperation zwischen der Augenklinik des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf und den refraktiven Zentren von Care-Vision Germany durchgeführt. Es wurden insgesamt 27.482 Augen von 14.130 Patienten in die Analysen mit einbezogen. Die Augen wurden sämtlich in den refraktiven Zentren von CareVision in Hannover, Köln, Berlin und Wien behandelt. Die skotopische Pupillengröße wurde mittels Colvard-Pupillometer ermittelt. Die Refraktion wurde als subjektive Refraktion von einem Optometristen erhoben. Die Daten wurden mittels Microsoft Excel und der SPSS Software (Vers. 17; SPSS Inc., Chicago, IL) ausgewertet. Es lagen folgende Variablen vor: Alter, Geschlecht, Seite des Auges und das sphärische Äquivalent (SE). Refraktion und Alter wurden für die Analysen in Untergruppen aufgeteilt.

Refraktive Gruppen wurden nach ihrem SE und Zylinder in folgende Gruppen untergliedert: myope Gruppe SE <0,0 dpt, Zylinder <3,00 dpt; hyperope Gruppe: SE >0,0 dpt und Zylinder <3,00 dpt; Astigmatismus: sämtliche SE und Zylinder >3,0 dpt. Das Alter wurde in drei Untergruppen gegliedert: Gruppe 1: ≤39 Jahre; Gruppe 2: 40 bis 54 Jahre und Gruppe 3: >54 Jahre. Anschließend wurden die Mittelwerte des skotopischen Pupillendurchmessers der einzelnen Untergruppen mittels des Student's t-test bzw. des Benferonni-Tests im Rahmen von univariaten Varianzanalysen (ANOVA) miteinander verglichen. Ein p-Wert von unter 0,05 wurde als statistisch signifikant angenommen.

Um die Korrelationen zwischen der skotopischen Pupillengröße und dem Alter zu ermitteln, wurde die Bravis-Pearson-Korrelation durchgeführt.

## Ergebnisse

Die mittlere skotopische Pupillengröße betrug  $6,45 \pm 0,82$  mm bei einem Durchschnittsalter von 36,04 Jahren (18 bis 74 Jahre). Es zeigte sich keine Beziehung zwischen der skotopischen Pupillengröße und den Faktoren Geschlecht und Seite des Auges.

In den drei refraktiven Gruppen zeigten sich hochsignifikante Unterschiede in der skotopischen Pupillengröße ( $p < 0,001$ ) (Tab. 1). In der hyperopen Gruppe stellte sich eine kleinere skotopische Pupillengröße dar. Bezüglich des Alters zeigten sich

	Myopie (SE <0,0 dpt and cylinder <3.00 dpt)	Hyperopie (SE >0,0 dpt and cylinder <3.00 dpt)	Astigmatismus (SE all and cylinder >3.0 dpt)
<b>n</b>	23.596	2750	1136
<b>Mean (±S)</b>	6.51 mm (±0.8)	5.97 mm (±0.81)	6.38 mm (±0.81)
<b>Median (Q25–Q75)*</b>	6.5 mm (6.0–7.0)	6.0 mm (5.5–6.5)	6.5 mm (6.0–7.0)

Tab. 1: Refraktion vs. skotopischer Pupillendurchmesser, \*Q25 = 25<sup>h</sup> quartile, Q75 = 75<sup>h</sup> quartile, SD = standard deviation



Age	<39	40 to 54	>54
N	17.319	9112	1051
Mean ( $\pm$ SD)	6.66 mm ( $\pm$ 0.79)	6.13 mm ( $\pm$ 0.75)	5.7 mm ( $\pm$ 0.74)
Median (Q25–Q75)*	6.5 mm (6.0–7.0)	6.0 mm (6.0–6.5)	6.0 mm (5.0–6.0)

Tab. 2: Alter vs. skotopische Pupillengröße, \*Q25 = 25<sup>h</sup> quartile, Q75 = 75<sup>h</sup> quartile, SD = standard deviation

hochsignifikante Unterschiede der skotopischen Pupillengröße zwischen den drei Altersgruppen ( $p < 0,001$ ) (Tab. 2).

Die Korrelationsanalyse zeigte eine negative Korrelation der skotopischen Pupillengröße mit dem Alter ( $r = -0,405$ ), somit haben ältere Patienten einen kleineren Pupillendurchmesser.

## Diskussion

Die skotopische Pupillengröße beeinflusst die Planung der optischen Zone bei refraktiven Eingriffen. In dieser retrospektiven Studie mit dem nach unseren Kenntnissen größten Studienkollektiv von 27.482 Augen wurde ein durchschnittlicher skotopischer Pupillendurchmesser von  $6,45 \pm 0,82$  mm gemessen. Dies ist leicht größer als in der bisherigen Literatur beschrieben. Ein Zusammenhang zwischen der skotopischen Pupillengröße und den Faktoren Augenseite und Geschlecht wurde nichts gefunden. In den unterschiedlichen refraktiven Gruppen wurde ein signifikanter Unterschied festgestellt. Das hyperope Kollektiv hatte die kleinsten skotopischen Pupillengrößen. Insgesamt zeigte sich, wie schon in der Literatur beschrieben, dass das Alter den größten Einfluss auf die skotopische Pupillengröße bei refraktiven Patienten hat. Je höher das Alter, umso kleiner ist der Pupillendurchmesser.

## Literatur

1. BOOTSMA S ET AL.: Comparison of two pupillometers in determining pupil size for refractive surgery. *Acta Ophthalmol Scand* 2007;85(3):324–328
2. CAKMAK HB ET AL.: Refractive error may influence mesopic pupil size. *Curr Eye Res* 2010; 35(2):130–136
3. HASSAN Z ET AL.: Excimer laser photorefractive keratectomy with different ablation zones. *Acta Chir Hung* 1997;36(1-4):122–124
4. HAW WW, MANCHE EE: Effect of preoperative pupil measurements on glare, halos, and visual function after photoastigmatic refractive keratectomy. *J Cataract Refract Surg* 2001;27(6):907–916
5. KADLECOVA V, PELESKA M, VASKO A: Dependence on age of the diameter of the pupil in the dark. *Nature* 1958;182(4648):1520–1521
6. KHANANI AM, BROWN SM: Determining scotopic pupil size. *J Cataract Refract Surg* 2005; 31(7):1266–1267; author reply 1267

7. KOHNEN T ET AL.: Comparison of a digital and a handheld infrared pupillometer for determining scotopic pupil diameter. *J Cataract Refract Surg* 2005;29(1):112–117
8. KOHNEN T ET AL.: Correlation of infrared pupillometers and CCD-camera imaging from aberrometry and videokeratography for determining scotopic pupil size. *J Cataract Refract Surg* 2004;30(10):2116–2123

# Simultane Messung der Wellenfront und Form der kristallinen Linse während der Akkommodation

U. Oberheide, C. Großer, M. Büttner, H. Hoffmann, H. Lubatschowski, St. Altmeyer, G. Gerten

## Zusammenfassung

**Fragestellung:** Korrelation von Änderungen der Wellenfront und der Form der kristallinen Linse bei verschiedenen Akkommodationszuständen des phaken Auges durch simultane Messung mittels eines Aufbaus aus Vorderabschnitts-OCT und Aberrometer.

**Methodik:** Ein Vorderabschnitts-OCT (SL-OCT, Heidelberg Engineering, Germany) wurde kollinear in den Strahlengang eines Durchsichtsaberrometers (iTrace, Tracey Technologies, USA) eingekoppelt. Hierdurch können simultan die Wellenfront des Auges und die geometrischen Parameter (Krümmungsradien, Linsendicke, Vorderkammertiefe) desselben Auges bestimmt werden. Die Messungen erfolgten an 20 Augen von 10 nicht presbyopen Patienten (Alter 19 bis 33 Jahre) mit Akkommodationsstimuli entsprechend 0,2 und 4 dpt.

**Ergebnis:** Aus den OCT-Messungen ergab sich eine Abnahme der Vorderkammertiefe von 57  $\mu\text{m}$  pro dpt Akkommodationsstimulus. Die Linsendicke nahm um 82  $\mu\text{m}$  pro dpt Akkommodation zu. Dies entspricht 2,11 % Zunahme pro dpt. Die sphärischen Aberrationen höherer Ordnung verringerten sich um 0,042  $\mu\text{m}$  pro 100  $\mu\text{m}$  Linsendickenänderung.

**Schlussfolgerungen:** Die erste Messreihe der erstmalig durchgeführten, direkten Korrelation von Wellenfront- und anatomischen Änderungen der kristallinen Linse zeigt eine sehr gute Übereinstimmung mit den Einzelmessungen der Parameter aus der Literatur. Neben der Darstellung des Akkommodationsprozesses bietet sich das System auch für zukünftige Messungen bei pseudophaken Patienten mit „akkommodierenden“ Intraokularlinsen zur Überprüfung der Funktionsfähigkeit an.

## Einleitung

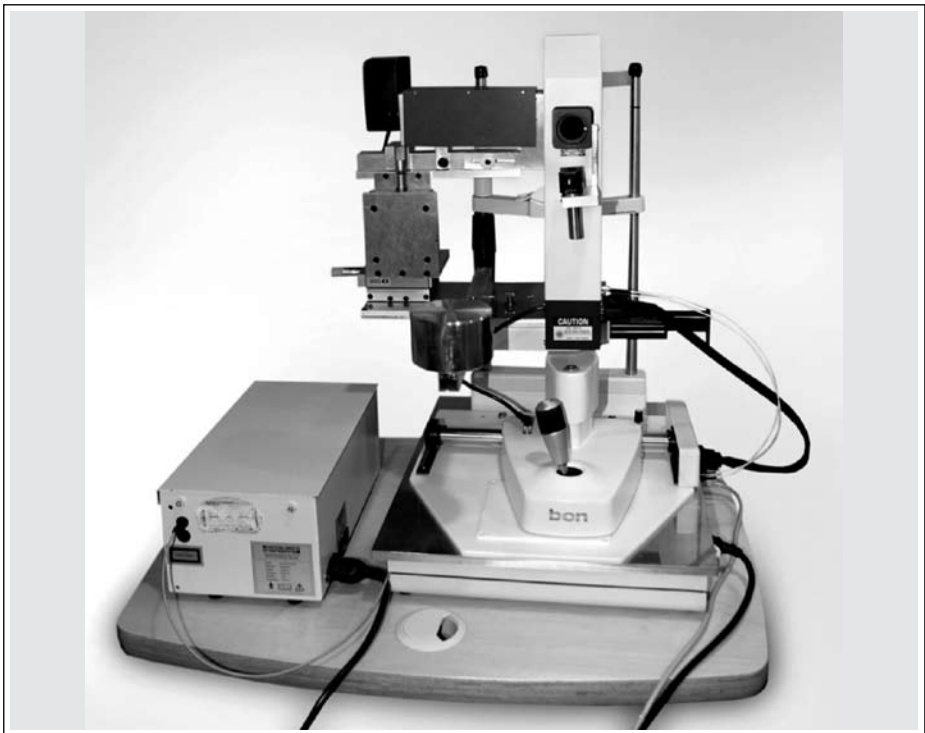
Die moderne Linsen Chirurgie ermöglicht mittlerweile durch den Einsatz multifokaler Intraokularlinsen eine Verbesserung des Nah- und Intermediärvisus der Patienten nach der Operation. Jedoch basieren die zur Verfügung stehenden Techniken zum größten Teil auf der Nutzung pseudoakkommodativer Effekte und stellen keine Akkommodation wie im juvenilen Auge zur Verfügung. Insofern stellt eine erfolgreiche Behandlung der Presbyopie nach wie vor eine der großen Herausforderungen der Augenheilkunde dar. Durch technologische Entwicklungen der vergangenen Jahre sowohl im Bereich der Materialien als auch der Lasertechnologien ist das Interesse an Untersuchungen der Veränderungen der kristallinen Linse bei der Akkommodation gestiegen.

Während des Akkommodationsvorganges erfolgt eine Verformung der kristallinen Linse in eine stärker brechende Form. Aus der Literatur existieren eine Vielzahl von Untersuchungen, die diese Zunahme der Linsendicke mittels Ultraschall [1] oder

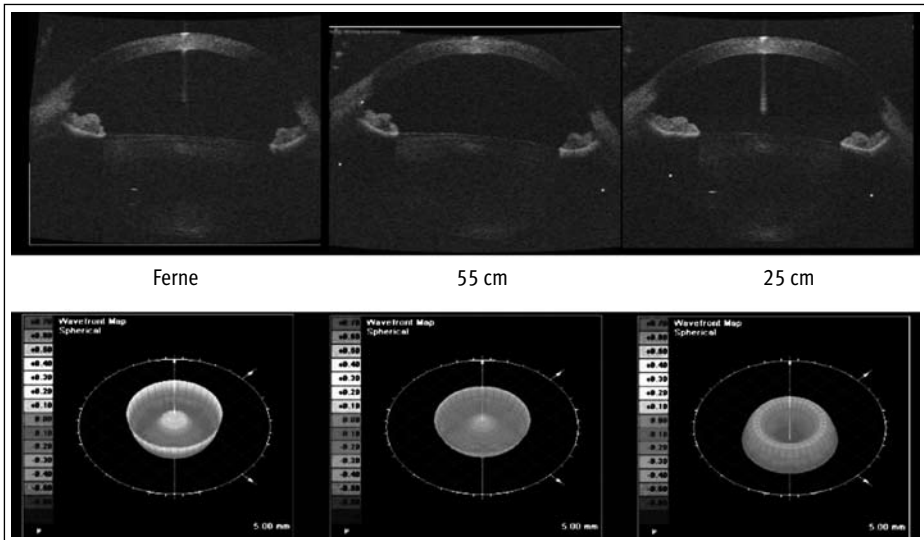
Scheimpflug-Aufnahmen [2, 3] nachweisen. Auch über die Änderungen der Refraktion und der Aberrationen des Auges während der Akkommodation existieren Untersuchungen [4, 5]. Jedoch besteht bisher keine Methode zur direkten Korrelation der optischen mit den anatomischen Änderungen. Entweder erfolgten die Messungen zur Bildgebung bzw. Refraktion sequenziell oder nutzten das kontralaterale Auge für einen Akkommodationsstimulus. Um eine solche simultane Messung zu ermöglichen, wurde eine Gerätekombination aus Vorderabschnitts-OCT und Aberrometer realisiert.

## Methoden

Zur simultanen Messung von optischen und anatomischen Änderungen wurden die Strahlengänge eines Vorderabschnitts-OCTs (Heidelberg Engineering SL-OCT) und eines Raytracing-Aberrometers (Tracey Technologies iTrace) kollinear kombiniert. Aufgrund der verwandten Messwellenlängen von 785 nm für das Aberrometer und 1300 nm für das OCT erfolgte die Einkopplung über einen dichroitischen Strahlteiler. Abbildung 1 zeigt den realisierten experimentellen Aufbau. Aufgrund der begrenzten Messtiefe des OCTs müssen derzeit die Schnittbilder des Vorderabschnitts



**Abb. 1:** Kombination von Aberrometer und Vorderabschnitts-OCT zur simultanen Messung



**Abb. 2:** OCT-Bilder des Vorderabschnitts bei verschiedenen Abständen des Fixationspunktes und gleichzeitig gemessene Wellenfrontfehler höherer Ordnung

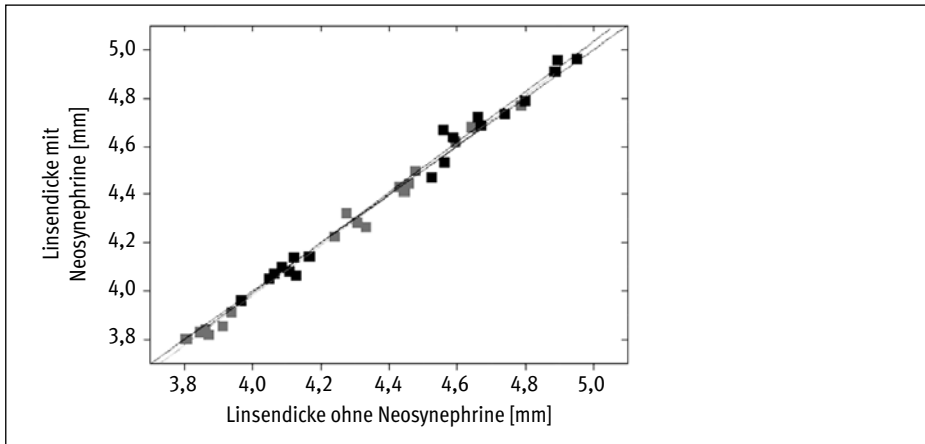
aus zwei Bildteilen zusammengesetzt werden. Abbildung 2 zeigt OCT-Bilder von drei Akkommodationszuständen und die simultan gemessenen Aberrationen höherer Ordnung.

Zur Evaluierung der Änderungen während der Akkommodation wurden 20 Augen von zehn nicht presbyopen Patienten im Alter zwischen 19 und 33 Jahren vermessen. Die Patienten waren emmetrop oder konnten mittels Kontaktlinsen auskorrigiert werden. Um eine verwertbare Aussage über die Änderungen der Aberrometrie sowie der Form der kristallinen Linse zu erhalten, wurden die Pupillen mit Neosynephrine erweitert, sodass ein Messdurchmesser von 5 mm und somit auch periphere Bereiche der Linse erreicht werden konnten. In Vergleichsmessungen der Akkommodationsfähigkeit mit und ohne Neosynephrine konnte sichergestellt werden, dass die Akkommodationsleistung nicht wesentlich beeinflusst wird (Abb. 3).

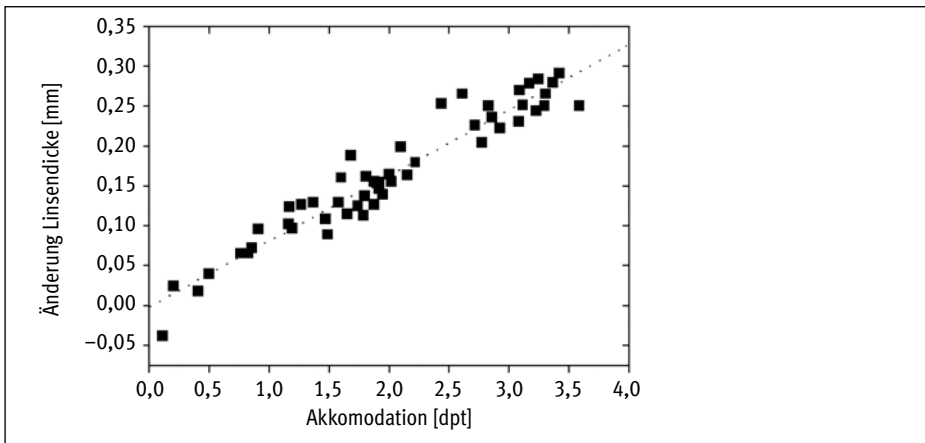
## Ergebnisse

Aus den OCT-Bildern kann die Änderung der Linsendicke über die tatsächlich erzielte Refraktionsänderung ermittelt werden (Abb. 4). Bisherige Messungen konnten dies nur in Abhängigkeit des dem Patienten zur Verfügung gestellten Stimulus, der in der Regel durch pseudoakkommodative Effekte 10 bis 20 % höher ausfällt als die tatsächlich erreichte Akkommodation.

Im Mittel nahm die Linsendicke um  $82 \pm 3 \mu\text{m/dpt}$  Akkommodationsleistung zu, wobei aus Abbildung 4 erkennbar ist, dass die interindividuelle Schwankung vor allem bei höheren Akkommodationswerten zunimmt. Entsprechend der Zunahme der Linsendicke kommt es zu einer Abnahme der Vorderkammertiefe um  $57 \pm 8 \mu\text{m/dpt}$ .



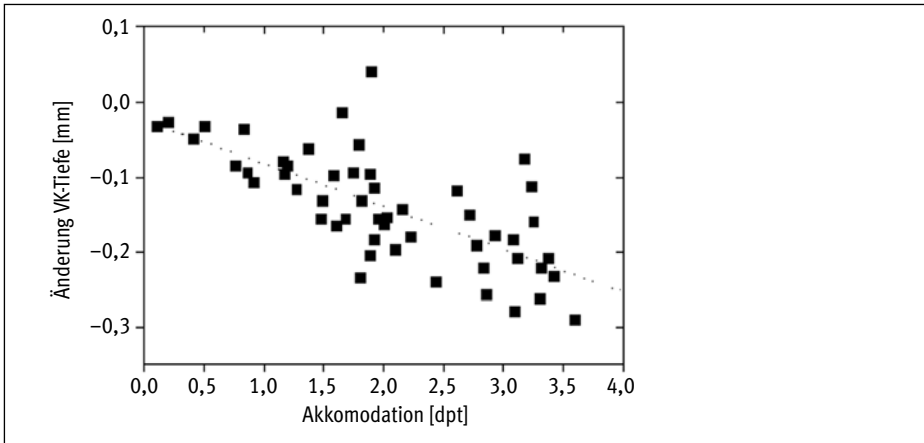
**Abb. 3:** Vergleich der Linsendicke bei Akkommodation mit und ohne Gabe von Neosynephrine. Grau ohne Akkommodationsstimulus, schwarz mit 4 dpt Akkommodationsstimulus



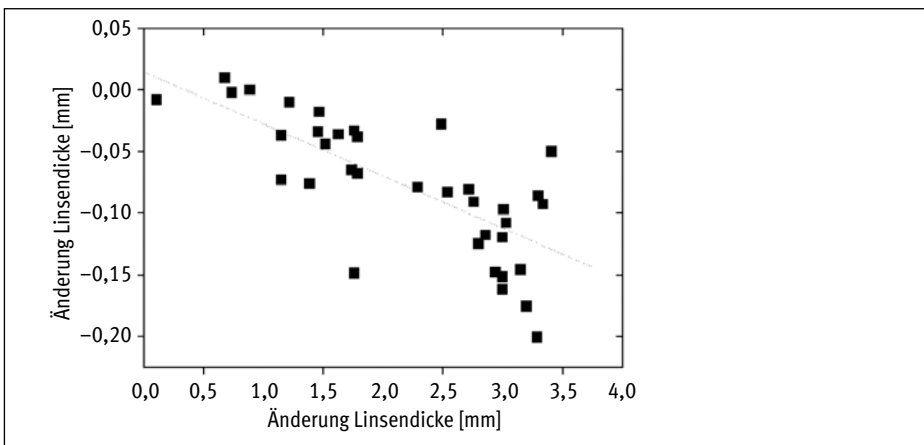
**Abb. 4:** Änderung der Linsendicke in Abhängigkeit der erzielten Akkommodation

Dies entspricht bisherigen Veröffentlichungen aus Scheimpflug-Aufnahmen, die eine Verschiebung des anterioren Linsenpols nach vorne und des posterioren Pols nach hinten sowie einer Verlagerung des Mittelpunkts nach anterior zeigen. Dies zeigt sich auch in der entsprechenden Reduzierung der Vorderkammertiefe um  $-57 \pm 8 \mu\text{m}/\text{dpt}$  (Abb. 5).

Während des Akkommodationsvorganges ändern sich die sphärischen Aberrationen des gesamten Auges Richtung negativer sphärischer Aberrationen. Die Änderung bei nicht presbyopen Augen liegt bei gemessenen 5 mm Durchmesser bei  $0,038 \pm 0,005 \mu\text{m}/\text{dpt}$ . Dies würde bei einer Akkommodation von 4 dpt einer Abnahme um  $0,15 \mu\text{m}$  entsprechen. Erstmals können nun auch direkt die Aberra-



**Abb. 5:** Änderung der Vorderkammertiefe in Abhängigkeit von der erzielten Akkommodation



**Abb. 6:** Änderung der sphärischen Aberrationen in Abhängigkeit von der Änderung der Linsendicke

tionsänderungen mit den Änderungen der Linsendicke korreliert werden (Abb. 6). Es ergibt sich eine Abnahme der sphärischen Aberrationen um  $0,423 \pm 0,07 \mu\text{m}/\text{mm}$  Linsendickenänderung.

## Ausblick

Die Vermessung der kristallinen Linse während des Akkommodationsvorganges hat sicherlich zuerst rein akademisches Interesse. Jedoch erfordern neue Intraokularlinsentechnologien für den refraktiven Linsenaustausch durch akkommodative Linsen nach Optik-Shift-Prinzipien oder Formänderungsmechanismen neben subjek-

tiven Tests der Lesefähigkeit beim Patienten auch objektive Messmethoden, die den Funktionsmechanismus bestätigen. Mit dem vorgestellten Messaufbau ließen sich prinzipiell auch derartige Intraokularlinsen sowohl bezüglich ihrer Positions- bzw. Formänderung als auch ihrer refraktiven Wirkung untersuchen und evaluieren.

Auch für weitere mögliche Verfahren der Presbyopiebehandlung wie Lens refilling (Phakoersatz [6]) oder Femtosekundenlaserschnitte in der Linse (Femto-Lentotomie [7, 8]) bietet sich die Messmethodik als Nachweisverfahren einer nicht auf pseudoakkommodativen Effekten basierenden erfolgreichen Behandlung an.

## Literatur

1. OSTRIN L, KASTHURIRANGAN S, WIN-HALL D, GLASSER A: Simultaneous measurements of refraction and A-scan biometry during accommodation in humans. *Optom Vis Sci* 2006 Sep;83(9): 657–665
2. ROSALES P, DUBBELMAN M, MARCOS S, VAN DER HEIJDE R: Crystalline lens radii of curvature from Purkinje and Scheimpflug imaging. *J Vis* 2006;6(10):1057–1067
3. HERMANS EA, POWELS PJ, DUBBELMAN M ET AL.: Constant volume of the human lens and decrease in surface area of the capsular bag during accommodation: a MRI and Scheimpflug study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2009 Jan;50(1):281–289
4. WIN-HALL DM, GLASSER A: Objective accommodation measurements in prepresbyopic eyes using an autorefractor and an aberrometer. *J Cataract Refract Surg* 2008 May;34(5):774–784
5. LOPEZ-GIL N, FERNANDEZ-SANCHEZ V, LEGRAS R ET AL.: Accommodation-related changes in monochromatic aberrations of the human eye as a function of age. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008 Apr;49(4):1736–1743
6. NISHI O, NISHI K: Accommodation amplitude after lens refilling with injectable silicone by sealing the capsule with a plug in primates. *Arch Ophthalmol* 1998 Oct;116(10):1358–1361
7. LUBATSCHOWSKI H, SCHUMACHER S, FROMM M ET AL.: Femtosecond lentotomy: generating gliding planes inside the crystalline lens to regain accommodation ability. *J Biophotonics* 2010 Jun; 3(5–6):265–268
8. GERTEN G, RIPKEN T, BREITENFELD P ET AL.: In-vitro- und In-vivo-Untersuchungen zur Presbyopiebehandlung mit Femtosekundenlasern. *Ophthalmologie* 2007 Jan;104(1):40–46



# Schwierige Ausgangssituationen



# Aniridie-IOLs und künstlicher Irisersatz

G. U. Auffarth, B. C. Thomas, A. Ehmer

## Zusammenfassung

Moderne Irisimplantate bieten viele Vorteile: Verschiedene Gesamt- und Pupillendurchmesser ermöglichen es, partielle und vollständige Irisrekonstruktionen durchzuführen. Gleichzeitig kann eine Aphakie oder Katarakt behandelt werden. Die Implantate können sowohl mittels intra- als auch extrakapsulärer Fixation eingesetzt werden. Die „künstliche Iris“ kann durch Mikroinzisionschirurgie implantiert werden. Die individuelle Farbauswahl steigert die Patientenzufriedenheit postoperativ.

## Summary

Modern iris reconstruction implants do offer many advantages: Different overall and pupil diameters are available for total or partial implants. At the same time aphakia or cataract can be treated. Intra- and extracapsular fixation is possible. The “artificial iris” can be implanted with small corneal incision surgery. The aesthetic results improved significantly due to customized colour selection providing high patient satisfaction postoperatively.

## Einleitung

Aniridie wird als das Fehlen des Irisgewebes definiert, das partiell, subtotal oder total auftreten kann. Die Hauptursachen hierfür sind traumatische und angeborene Veränderungen sowie einige seltene Erkrankungen (z. B. ICE-Syndrom). Betroffene Patienten leiden unter Photophobie und kosmetischen Einschränkungen.

Neuhann et al. geben in ihrem Übersichtsartikel einen guten Überblick über die angewandten Methoden der Irisrekonstruktion [7]. Die operative Irisrekonstruktion bietet mit PMMA- und Silikonmodellen verschiedene Möglichkeiten der vollständigen bzw. partiellen Rekonstruktion. Es kann zwischen Aniridie-IOLs, die gleichzeitig eine Aphakie bzw. Katarakt behandeln können, und reinem Irisersatz unterschieden werden. Auch das Tätowieren der Kornea soll hier erwähnt werden, das von Alio et al. und auch Kim et al. publiziert wurde [1, 4]. Als nicht operatives Verfahren stellt die Anpassung von Irisprintkontaktlinsen eine Möglichkeit der visuellen und kosmetischen Rehabilitation nach Augenverletzungen dar [3].

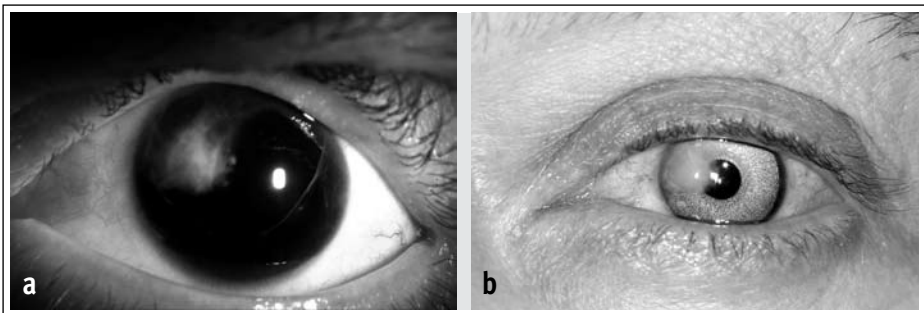
Im Folgenden soll auf verschiedene operative Rekonstruktionsverfahren eingegangen werden.

## Aniridie-IOLs

Die ersten Irisdiaphragmalinsen wurden von der Firma Morcher hergestellt. Sie bestehen aus einer schwarzen Irisplatte mit zentraler Optik und können somit wie jede andere Intraokularlinse implantiert werden [8, 11].

Seit einigen Jahren werden sogenannte Irismatch-IOLs (Morcher) angeboten, die es ermöglichen, die Iris der Farbe des Partnerauges anzupassen und gleichzeitig eine Aphakie zu korrigieren. Dafür wird ein Modellkoffer zur Verfügung gestellt, in dem die verschiedenen Farbmodelle direkt in Anwesenheit des Patienten ausgewählt werden können. Es sind zahlreiche, aber nicht individualisierbare Farbkombinationen erhältlich. Die Irismatch-Implantate können sowohl bei vollständiger als auch bei subtotaler Aniridie implantiert werden.

In Abbildung 1 ist der postoperative Befund eines 51 Jahre alten, männlichen Patienten dargestellt. Präoperativ wurde bei diesem Patienten eine traumatische Aniridie und Aphakie diagnostiziert. Das Irismatch-Implantat wurde skleral fixiert.



**Abb. 1:** a) Präoperativer Befund nach traumatischer Aniridie und Aphakie am linken Auge, b) Postoperativer Befund nach Implantation einer Morcher 30B

Die Firma Ophtec bietet ein ähnliches Modell wie Morcher zur Rekonstruktion an. Bei diesen Modellen kann zwischen vier Farbtönen unterschieden werden (schwarz, grün, braun oder blau).

Die Hinterkammersysteme beider Modelle können sowohl intra- als auch extrakapsulär eingesetzt werden. An ihren Haptiken sind Schlaufen zur Befestigung der Naht für die sklerale IOL-Fixation bei Fehlen des Kapselsackes angebracht. Da sie aus nicht faltbarem Material (PMMA) bestehen, sind große Inzisionen von circa 10 mm zur Implantation notwendig. Die ästhetische Rekonstruktion ist allerdings bei beiden Modellen u. a. aufgrund der begrenzten Farb- und Strukturauswahl limitiert.

In der aktuellen Literatur berichten verschiedene Gruppen über die Anwendung von Irisimplantaten und zeigen gute postoperative funktionelle und ästhetische Ergebnisse. Die Reduzierung der Photophobie, aber auch Komplikationen wie postoperatives Glaukom werden beschrieben [2, 9, 10].

## Irisssegmentringe

Eine weitere Möglichkeit zum Irisersatz sind Irisssegmentringe (Morcher, Abb. 2), die im Rahmen einer Kataraktoperation ähnlich einem Kapselspannring in den Kapselsack implantiert werden können (siehe auch [9]). Bei kompletter Aniridie können

zwei Ringe implantiert werden, die sich so überlappen, dass die vorhandenen Lücken gefüllt werden. Die Implantation eines einzelnen Ringes mit entsprechendem Muster bietet sich bei partiellen Irisdefekten wie Kolobomen an.

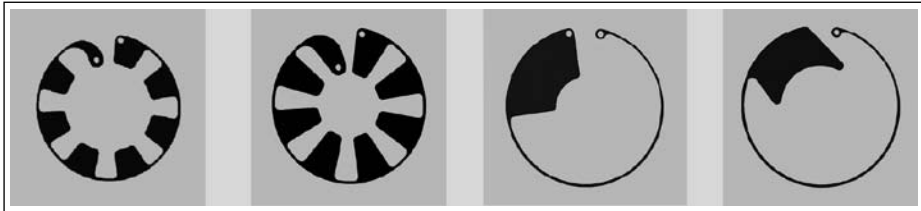


Abb. 2: Modelle der Iris-Segment-Ringe (Foto: Morcher)

### Die „künstliche Iris“

Die Firma Dr. Schmidt Intraocularlinsen entwickelte die „Artificial Iris“ aus einem faltbaren pigmentierten Silikonmaterial, die durch Schnitte von etwa 3,2 mm eingesetzt werden kann. Koch et al. präsentierten ihre Ergebnisse auf dem World Congress of Ophthalmology 2008 in Hongkong. 60 Augen wurden mit dieser künstlichen Iris versorgt. Postoperativ konnten gute funktionelle und kosmetische Ergebnisse mit einer hohen Patientenzufriedenheit gezeigt werden (Abb. 3) [5].

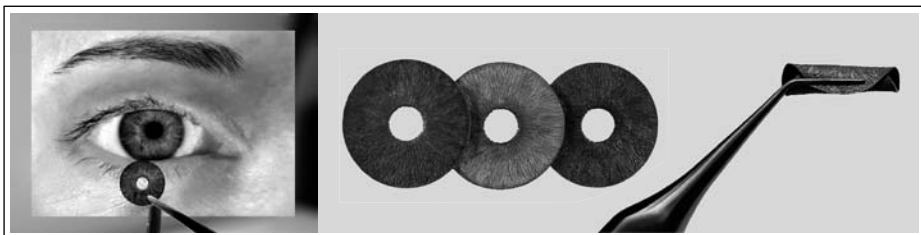
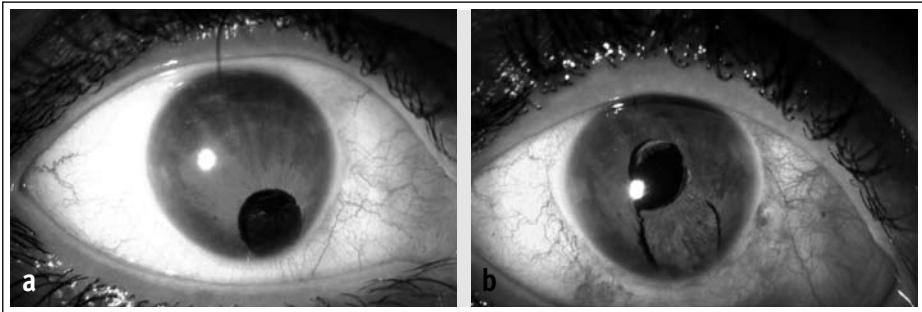


Abb. 3: „Artificial Iris“ (Fotos: Dr. Schmidt Intraocularlinsen)

Der Hersteller empfiehlt für die Farbauswahl, eine Fotografie vom Partnerauge anzufertigen. Die Iris wird mithilfe der Fotografie handgemalt und enthält die detaillierten Strukturen des Partnerauges ohne Farblimitationen. Generell wird eine vollständige Iris angefertigt, die aber im Fall einer partiellen Fehlbildung entsprechend vom Operateur zugeschnitten werden kann. Die künstliche Iris kann mit Fäden wahlweise am bestehenden Teil der natürlichen Iris und/oder der Sklera befestigt werden [5, 6].

In Abbildung 4 ist der prä- und postoperative Befund nach Implantation einer „Artificial Iris“ einer 40-jährigen Patientin mit kongenitaler ektopischer Pupille und Pseudophakie bei Oculus ultimus dargestellt.

Mit einem Vitrektom wurde eine zentrale Pupille geformt. Anschließend wurde das Irissegment aus der „Artificial Iris“ entsprechend zugeschnitten. Das Implantat wurde durch einen 3 bis 4 mm breiten Schnitt eingesetzt und an der Sklera fixiert.



**Abb. 4:** a) Präoperativer Befund Pupillenektopie, b) Postoperativer Befund nach Implantation einer „Artificial Iris“

### Vor- und Nachteile der Implantate zur Irisrekonstruktion

Nachteilig sind die großen Inzisionen bei Implantation der PMMA-Modelle. Weiter können intraoperative Komplikationen aufgrund der Kapselbrüchigkeit bei Aniridie auftreten. Postoperativ sind die Entwicklung eines Glaukoms, schlechter Funduseinblick oder Funktionseinschränkungen durch die starre, enge Pupille problematisch.

Die Fertigung zum Teil per Hand bringt hohe Kosten mit sich, die regulär nicht von den Krankenkassen getragen werden. Die präoperativ ausgewählte Farbe kann postoperativ heller wirken als angenommen. Es ist wichtig, die Bestimmung der Irisfarbe unter natürlichen Lichtbedingungen durchzuführen und einen dunkleren Farbton auszuwählen.

Dennoch bieten diese Implantate viele Vorteile. Verschiedene Gesamt- und Pupillendurchmesser sind erhältlich für vollständige und partielle Implantate. Aniridie-IOLs ermöglichen eine gleichzeitige Behandlung von Aphakie oder Katarakt. Die Modelle können intra- und extrakapsulär befestigt werden. Im Fall der „Artificial Iris“ kann mit einer kleinen kornealen Inzision gearbeitet werden.

Das ästhetische Ergebnis konnte signifikant verbessert werden – gerade im Hinblick auf die individuelle Farbauswahl. Dies führt zu einer hohen Patientenzufriedenheit.

### Literatur

1. ALIO JL, SIREROL B, WALEWSKA-SZAFRAN A, MIRANDA M: Corneal tattooing (keratopigmentation) with new mineral micronised pigments to restore cosmetic appearance in severely impaired eyes. *Br J Ophthalmol* 2010;94:245–249
2. ASLAM SA, WONG SC, FICKER LA, MACLAREN RE: Implantation of the black diaphragm intraocular lens in congenital and traumatic aniridia. *Ophthalmology*. 2008;115:1705–1712
3. GRÜNAUER-KLOVEKORN C, HABERMANN A, WILHELM F ET AL.: Kontaktlinsenversorgung als Möglichkeit der visuellen Rehabilitation bei Patienten nach offenen Augenverletzungen. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 2004;221:652–657

4. KIM JH, LEE D, HAHN TW, CHOI SK: New surgical strategy for corneal tattooing using a femto-second laser. *Cornea* 2009;28:80–84
5. KOCH HR: A new foldable artificial iris Indications, surgical techniques and first results. *Clin Exp Ophthalmol* 2008;36:s1:A1–A61
6. MENAPACE RM, SNYDER ME, MENEZO JL ET AL.: Cataract surgical problem. August consultation. *J Cat Refract Surg* 2008;34:1231–1235
7. NEUHANN IM, NEUHANN TF: Cataract surgery and aniridia. *Curr Opin Ophthalmol* 2010;21:60–64
8. REINHARD T, ENGELHARDT S, SUNDMACHER R: Black diaphragm aniridia intraocular lens for congenital aniridia: long-term follow-up. *J Cataract Refract Surg* 2000;26:375–381
9. ROMAN S, CHERRATE H, TROUVET JP ET AL.: Artificial iris intraocular lenses in aniridia or iris deficiencies. *J Fr Ophtalmol* 2009;32:320–325
10. SCHMITZ K, VIESTENZ A, MELLER D ET AL.: Aniridia intraocular lenses in eyes with traumatic iris defects. *Ophthalmologe* 2008;105:744–752
11. SUNDMACHER R, REINHARD T, ALTHAUS C: Black-diaphragm intraocular lens for correction of aniridia. *Ophthalmic Surg* 1994;25:180–185





# Retropupilläre Artisanlinsen bei Aphakie – kurzfristige Ergebnisse

M. Ostovic, T. Kohnen

## Zusammenfassung

**Einleitung:** Die Aphakie als Folge von Traumata, von misslungenen Kataraktoperationen, bei Pseudoexfoliationssyndrom (PEX) oder im Rahmen einer Bindegewebsschwäche kann heutzutage mittels Brille, Kontaktlinsen oder mittels Intraokularlinsen korrigiert werden. Die Implantation kann sowohl prä- als auch retropupillär erfolgen, falls der Kapselsack zur Fixation der IOL nicht mehr vorhanden ist. Ziel dieser Studie war eine retrospektive Untersuchung der Stabilität und Lage von retropupillären Artisan-Linsen.

**Material und Methoden:** Es wurden Nachuntersuchungen von 32 Patienten (18 Männer, 14 Frauen), die zwischen September 2008 und Mai 2010 eine retropupilläre irisfixierte Verisyse VRSA54 (AMO) an der Klinik für Augenheilkunde der Universität Frankfurt am Main vom gleichen Operateur (TK) erhielten, durchgeführt. Untersucht wurden präoperativ Diagnose, Alter, Linsenstärke, Vorderkammertiefe, Bulbuslänge, prä- und postoperativer bestkorrigierter Visus und Augeninnendruck sowie Komplikationsrate. Die objektiven Messungen wurden mithilfe des Carl Zeiss Meditec IOLMaster durchgeführt.

Der durchschnittliche Nachuntersuchungszeitraum betrug  $16,2 \pm 8,7$  Monate. Die Patienten hatten ein Alter von  $68,8 \pm 20,2$  Jahren.

Präoperativ bestand 17-mal Linsenluxation, 8-mal Pseudoexfoliationssyndrom (PEX), 2-mal Cataracta matura bzw. rubra und 3-mal Contusio bulbi. Teilweise konnte keine genaue Aussage über die Visusprognose postoperativ bei Augen mit Glaukom gefällt werden. Der durchschnittliche präoperative Augendruck betrug  $18,4 \pm 7,1$  mmHg. Die Vorderkammertiefe und Bulbuslänge betragen  $3,4 \pm 1,1$  mm bzw.  $23,8 \pm 1,7$  mm, die Intraokularlinsen hatten eine Stärke von  $19,2 \pm 5,21$  dpt.

**Ergebnisse:** Bei den retrospektiv untersuchten 18 rechten und 14 linken Augen in einem Zeitraum von 20 Monaten konnten folgende Ergebnisse erhoben werden: 30 Augen hatten postoperativ eine Visusverbesserung auf  $0,38 \pm 0,5$  logMAR bei präoperativ  $1,05 \pm 0,66$  logMAR. Teilweise konnte keine genaue Aussage über die Visusprognose postoperativ bei Augen mit Glaukom gefällt werden. In vier Fällen wurde zusätzlich ein Glaskörperprolaps mithilfe einer vorderen Vitrektomie behandelt. Es zeigte sich eine gewisse postoperative IOP-Drucksenkung ( $15,6 \pm 3,1$  mmHg). Es traten keine Komplikationen während oder nach der Operation auf.

**Schlussfolgerung:** Die retropupillär fixierte Artisan-Linse ist gut zur Korrektur der Aphakie geeignet. Die bisher durchgeführten Nachuntersuchungen zeigten allesamt eine gute Stabilität der Linse. Einschränkungen hinsichtlich der Visusergebnisse postoperativ könnten auch auf IOL-Verkipfung und vorbestehende Augenerkrankungen (Linsenluxationen oder PEX) zurückzuführen sein. Es stellt sich die Frage, ob eine Dezentrierung der Artisan-Linse eine Visusabnahme zur Folge hat und ob die Endothelzellzahldichte über einen längeren Zeitraum stabil bleiben wird.

## Summary

**Purpose:** The aim of this study was to evaluate the retropupillary Artisan lens.

Aphakia due to failed cataract operation, PEX or connective tissue weakness as in Marfan syndrome can be corrected by spectacles, contact lenses or intraocular lens implantation, which can be performed pre- and retropupillary if no capsular bag is available. The aim of this study was a retrospective investigation of the stability and position of the retropupillary Verisyse lens.

**Methods:** 32 patients (18 men and 14 women) which received Verisyse VRSA 54 (AMO) lens implantation between September 2008 and May 2010 in the University Eye Clinic Frankfurt by the same surgeon (TK), underwent postoperative investigations.

The mean follow up time was  $16.2 \pm 8.7$  months. The mean age was  $68.8 \pm 20.2$  years. In 17 cases there was a lens luxation preoperative, 8 patients had a PEX, 2 a mature cataract respectively brown cataract and 3 had a bulbus contusion. The anterior chamber depth and length of the bulbus were  $3.4 \pm 1.1$  mm respectively  $23.8 \pm 1.7$  mm, the intraocular lens power was  $19.2 \pm 5.21$  D. The mean intraocular pressure was  $18.4 \pm 7.1$  mmHg before and  $15.6 \pm 3.1$  mmHg after implantation.

Reviewed parameters were preoperative diagnosis, bulbuslength, pre- and postoperative bestcorrected visual acuity, intraocular pressure and complication rate. Objective measurements done with the Carl Zeiss Meditec IOL Master.

**Results:** 30 eyes had a postoperative increase of bestcorrected visual acuity to  $0.38 \pm 0.5$  logMAR (preoperative  $1.05 \pm 0.66$  logMAR). In some cases no clear postoperative outlook could be made due to glaucoma. The mean intraocular pressure was  $18.4 \pm 7.1$  mmHg before and  $15.6 \pm 3.1$  mmHg after implantation. There was a slight decrease of postoperative intraocular pressure ( $15.6 \pm 3.1$  mmHg). No complications occurred during or after the operation.

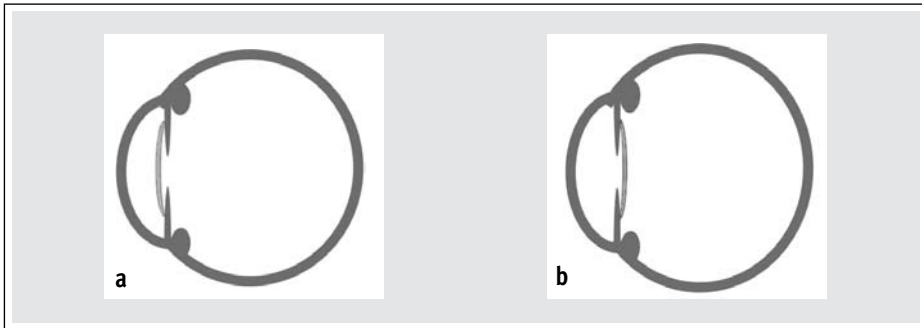
**Conclusion:** The retropupillary Artisan lens is a good method for correction of aphakia. The measurements all showed a very good stability of the lens. Limitations regarding postoperative visual acuity outlooks were due to existing luxation of the lens, glaucoma or PEX. The question is whether a decentration of the lens will decrease best corrected visual acuity or not and if endothelial cell thickness remains stable over a longer period.

## Einleitung

Heutzutage gibt es mehrere Möglichkeiten, eine Aphakie zu korrigieren, wie kammerwinkelfixierte Vorderkammerlinsen, präpupilläre Iris-clip-Linsen, sklerafixierte Hinterkammerlinsen, Irisnahthinterkammerlinsen oder retropupilläre Iris-clip-Linsen.

Die Artisan- bzw. Verisyse-Intraokularlinse, wie sie im angloamerikanischen Sprachgebrauch anzutreffen ist, wird in der Regel irisfixiert an zwei Implantationsorten in das Auge gebracht, entweder präpupillär oder retropupillär (Abb. 1a und b).

Artisan-Linsen haben den Vorteil, dass der Kapselsack zur Fixation nicht notwendig ist. Die Implantation selbst ist ein technisch diffiziles Verfahren, da immer die Gefahr einer Intraokularlinsendislokation in den Glaskörperraum gegeben ist. Andererseits haben diese Linsen den Vorteil, dass das Verfahren am nächsten Tag in sich



**Abb. 1:** a) Skizze einer präpupillär fixierten Iris-clip-Intraokularlinse, b) Skizze einer retropupillär fixierten Iris-clip-Intraokularlinse

abgeschlossen ist. Bei den Artisan-Linsen halten die Klauen der IOL die Linse am hinteren Stromablatt samt Pigmentblatt fest, und der Optiksitz befindet sich hinter der Pupille. Das Material ist PMMA. Diese Linsen werden grundsätzlich bei Aphakie (Linsluxation bei Marfan-Syndrom, bei PEX, nach Trauma ...) in die hintere Augenkammer implantiert.

Ziel dieser Studie war eine retrospektive Evaluierung der retropupillär irisfixierten Artisan-Linse.

### Material und Methoden

In der vorliegenden Studie wurden 18 Männer und 14 Frauen untersucht (n = 32) mit einem durchschnittlichen Alter von 68,8±20,2 Jahren. Der jüngste Patient war 16, der älteste 92 Jahre. Es wurde 18-mal in das rechte und 14-mal in das linke Auge eine Artisan-Linse implantiert. Der Nachuntersuchungszeitraum betrug 16,2±8,7 Monate.

Die Gründe für die Implantation der retropupillären Artisan-Linsen in dieser Studie können der Tabelle 1 entnommen werden.

Bei der in dieser Studie implantierten Linse handelt es sich um die Verisyse VRSA54, die irisfixiert wurde. Die durchschnittliche Linsenstärke betrug 19,2±5,2 dpt

Diagnose	Augen
Linsluxation	17
PEX	8
Posttraumatisch	3
Cat. matura	2
Cat. rubra	2
<b>Gesamt (n)</b>	<b>32</b>

**Tab. 1:** Anzahl der untersuchten Augen und dazugehörige Diagnosen-/OP-Indikation

mit einer Spannweite zwischen +2 und +29 dpt. Die Linsen wurden zwischen September 2008 und Mai 2010 allesamt vom gleichen Operateur (TK) retropupillär implantiert und fixiert. Komplikationen während oder nach der Operation gab es keine, in vier Fällen wurde ein Glaskörperprolaps mithilfe einer Vitrektomie behandelt.

Die biometrischen Daten wurden ebenfalls in dieser Studie bei allen Augen erhoben. Die durchschnittliche Achsenlänge betrug  $23,8 \pm 1,7$  mm. Das kürzeste Auge war 21,5 mm, das längste 30,5 mm. Die Vorderkammertiefe konnte mit  $3,4 \pm 1,1$  mm mit einer Spannweite zwischen 2,1 mm und 6 mm gemessen werden.

## Ergebnisse

Der bestkorrigierte Visus betrug präoperativ  $1,05 \pm 0,66$  logMAR mit einer Spannweite von 0,22 bis 2,0 logMAR. Postoperativ wurden im oben genannten Untersuchungszeitraum Visuswerte von  $0,38 \pm 0,5$  logMAR mit einer Spannweite von 0 bis 2,0 logMAR erhoben (Abb. 2). Es konnte in 30 Fällen ein Visusanstieg und in zwei Fällen eine Visusabnahme verzeichnet werden. Da präoperativ der Visus durch ein vorhandenes Glaukom herabgesetzt war, konnte keine genaue Aussage über die postoperative Prognose gefällt werden.

Präoperativ konnten intraokulare Druckwerte von  $18,4 \pm 7,1$  mmHg mit einer Spannweite von 12 bis 36 mmHg erhoben werden. Die Druckmessungen ein Tag postoperativ ergaben durchschnittlich  $15,6 \pm 3,1$  mmHg (Spannweite 8 bis 25 mmHg).

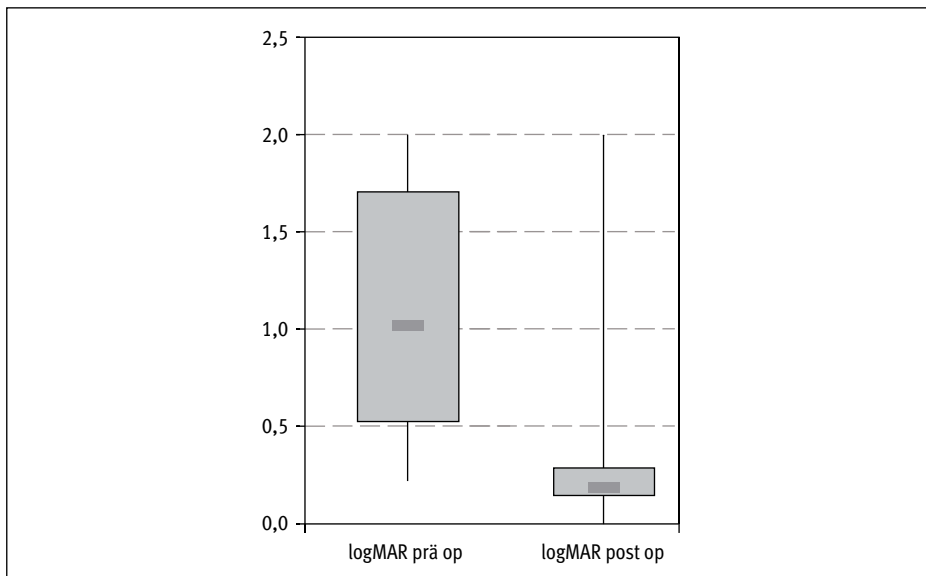


Abb. 2: Vergleich der Visuswerte prä- und postoperativ

## Diskussion

Die retropupillär fixierte Artisan-Linse ist gut zur Korrektur einer Aphakie geeignet und bringt in den meisten Fällen eine Visusverbesserung. Es wurde eine sehr gute Stabilität im genannten Untersuchungszeitraum beobachtet. In einem Fall trat bei einer Patientin mit Marfan-Syndrom eine Linsenluxation auf, bei der aber sofort eine Wiedereinklavation der Linse durchgeführt wurde. Direkte Operationskomplikationen konnten nicht verzeichnet werden.

Bisherige Studien konnten die folgenden Ergebnisse liefern: Koss und Kohnen [1] haben die Stabilität von anterioren Irisklauenlinsen in 18 aphaken Augen untersucht. Es wurden Daten über Visus, Position der Intraokularlinse, Endothelzellzahl und Vorderkammertiefe erhoben. Es zeigte sich kein signifikanter Endothelzellzahlverlust postoperativ. Der Visus konnte von 0,51 präoperativ auf 0,68 postoperativ (6 m Snellentafel) gesteigert werden. Sowohl prä- als auch postoperativ konnten konstante Abstände der Intraokularlinse zur Hornhaut verzeichnet werden.

Walter-Rössler und Kühle [2] hatten 48 Augen von 46 Patienten mit einem Alter zwischen 17 und 87 Jahren untersucht. Die Diagnosen waren Aphakie, Linsenluxation einer Hinterkammerlinse nach vorheriger Kataraktoperation und Zonulaschwäche mit Linsensubluxation. Nach Implantation von retroiridal fixierten Kunstlinsen konnte postoperativ ein durchschnittlicher Visus von 0,2 logMAR bei präoperativ 0,4 logMAR verzeichnet werden.

Mennel et al. [3] haben skleranahtfixierte und Irisklauenlinsen miteinander verglichen. Bei skleranahtfixierten Linsen konnte der Visus von 0,25 auf 0,4 gesteigert werden, bei Irisklauenlinsen von präoperativ 0,23 auf postoperativ 0,37. In einem Fall gab es nach Irisklauenlinsenimplantation eine Netzhautablösung vier Wochen nach der ersten Operation.

Die bisherigen prä- und postoperativen Ergebnisse wurden allesamt subjektiv durch Spaltlampenbefund erhoben. Es stellt sich die Frage, ob eine Dezentrierung der implantierten Linse stattfindet und ob diese eine Visusabnahme zur Folge hat. Ebenfalls interessant ist die Messung der Endothelzellzahldichte über einen längeren Zeitraum.

## Literatur

1. Koss MJ, KOHNEN T: Intraocular architecture of secondary implanted anterior chamber iris-claw lenses in aphakic eyes evaluated with anterior segment optical coherence tomography. *Br J Ophthalmol* 2009;93:1301–1306
2. WOLTER-ROESSLER M, KÜCHLE M: Ergebnisse der Aphakiekorrektur durch retroiridal fixierte Kunstlinse. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 2008;225:1041–1044
3. MENNEL S, SEKUNDO W, SCHMIDT JC, MEYER CH: Retropupilläre Fixation einer Irisklauenlinse (Artisan™, Verisyse™) bei Aphakie. Ist die Skleranahtfixierte Intraokularlinse noch state of the art? *Spektrum der Augenheilkunde* 2004;18:279–283



# Kataraktoperationen in Entwicklungsländern – was ist anders?

C. Faschinger

## Einführung

Man könnte vermutend die Frage stellen: was soll denn anders sein? Und beantwortet sie für sich: Katarakt ist Katarakt ist Katarakt ist Katarakt ... egal wo auf der Erde. Aber ganz so ist es nicht. Es gibt da schon einige bemerkens- und erwähnenswerte Unterschiede.

## Eigene erste Erfahrungen

Im Jahr 1997 nahmen Martin Eckhardt und ich erstmalig an einem sogenannten „eye camp“ in Tabubil und Rumginae in Papua-Neuguinea an der Grenze zu Irian Jaya teil. Organisiert wurde es von SEE International (Surgical Eye Expeditions, USA), d. h., der lokale Arzt in der Hauptstadt Port Moresby, Dr. Nitin Verma, war informiert, dass zwei Ärzte aus Österreich kommen, die Katarakte operieren wollen. Das taten wir in geringem Ausmaße. Die Patienten kamen so, wie sie lebten, ungewaschen, nach Feuerrauch riechend, schwitzend in der hohen Luftfeuchtigkeit, in eine Hütte auf Pfählen, die als Station eines australischen Allgemeinmediziners der Mission diente. Kein Sterilisator für die Instrumente, die dann im Topf ausgekocht wurden, keine Einmalspritzen, sondern einige Glasspitzen, die ausgekocht wurden, keine Einmalhandschuhe, außerdem Strom mit wechselnder Stärke aus einem ratternden Dieselgenerator, der das Licht des wackeligen, am Bett fixierten Mikroskops zum Flackern brachte. Kein OP-Gewand. Der Schock traf uns unvorbereitet, zusätzlich zum ermüdenden Jetlag. Die Umstände waren so konträr zu den Vorstellungen, dass wir auch aus Bedenken vor einer Endophthalmitis automatisch zurückhaltend wurden.

Im nächsten Jahr fuhren wir, wieder auf Einladung von SEE, nach Namibia. Wir waren ein internationales Team (ein Arzt aus den USA, einer aus Zimbabwe, zwei Ärzte aus Österreich). Ein Lieferwagen des Gesundheitsministeriums brachte uns die 800 km nach Norden in die Kleinstadt Oshakati nahe Angola, da es dort ein ehemaliges Spital der Südafrikaner gab, die dort ihre Verletzten aus dem Krieg versorgten. In der Dämmerung kollidierte der Wagen mit einem Esel, der dann auf der Straße sofort verendete. Am Auto entstand ein Totalschaden, wir waren ziemlich erschrocken, aber sehr froh, dass der Wagen nicht über die Böschung abrollte. Das Spital selbst war gut, mehrere klimatisierte Operationsräume standen zur Verfügung, Dampfsterilisatoren, gewaschene und vorbereitete Patienten und Patientinnen und bessere Mikroskope. Wir operierten alle Augen mit der extrakapsulären Kernexpressionstechnik mit großem Schnitt und vielen Nähten. Aber wir zogen einige Lehren aus diesen beiden Camps.

## Lehren aus Erfahrungen

Als besonders wichtig erachteten wir folgende Punkte:

1. Eigenes Instrumentarium: Die Qualität der in Europa verwendeten und gekauften Instrumente unterscheidet sich deutlich von den Billiginstrumenten aus Entwicklungsländern.
2. Eigene Operationsschwester: Alle Abläufe gehen dadurch viel glatter in der ungewohnten Umgebung. Man erhält immer das richtige Instrument zum idealen Zeitpunkt.
3. Eigene Sterilisatoren: Der Ankauf von rasch und sicher funktionierenden Sterilisatoren war ein wesentlicher Fortschritt (bleiben im Land).
4. Eigene Mikroskope: Auch da erleichtert die hohe Qualität der tragbaren europäischen Mikroskope die Operation (bleiben im Land).
5. Eigene Keratometrie und Biometrie: Beide Geräte sind tragbar und werden wieder mitgenommen. Die Werte sind sehr zuverlässig.
6. Voraussenden von Kit-packs: Diese fertige Zusammenstellung von Einmalabdecktüchern, Einmalmänteln, Wegwerfinstrumenten, Schutzschale, Verband etc. hat sich besonders bewährt. Das Vorbereiten des Tisches geht dadurch sehr systematisiert und zügig.
7. Einkauf der Intraokularlinsen in Entwicklungsländern: Sowohl Indien (z. B. Aurolab) als auch Eritrea oder Nepal (Fred Hollows Foundation) bieten hervorragende PMMA- und Faltlinsen inklusive Injektor zu einem fairen Preis an. Man braucht vor Ort ein ausreichend großes Linsenlager, um die passende Linse implantieren zu können.
8. Gründung eines eigenen gemeinnützigen Vereins („Sehen ohne Grenzen“, ab 2000, [www.sehenoehnegrenzen.org](http://www.sehenoehnegrenzen.org)), um selbst finanzieren zu können und um von anderen Organisationen unabhängig zu sein.

## Unterschiede

Das präoperative Screening erfolgt durch Clinical Officers oder Optometristen meist Monate im Voraus sehr einfach mit Taschenlämpchen im Rahmen der Nationalen Programme zur Verhütung der Blindheit. Weiße Pupille = Staroperation. Nicht immer wird die Lichtprojektion geprüft, der Augendruck praktisch nie. Amotiones (posttraumatisch) sind sehr selten, glaukomatöse Erblindungen aber häufig (besonders durch Pseudoexfoliation. Diese gibt es bei all den zahlreichen Stämmen, die wir operiert haben, außer bei den Sherpas in Nepal.). Informationen erhält die Bevölkerung auch via Radio und Zeitungen oder über Mundpropaganda. Am letzten Tag stehen meist noch zahlreiche Neuankömmlinge vor der Tür. In Nepal oder Tansania machten wir das Screening selbst.

Die Infrastruktur ist in den von uns besuchten Ländern sehr unterschiedlich. In Namibia oder Nepal standen teilweise sehr schöne Spitaloperationssäle zur Verfügung, in Sambia musste in den Orten jeweils ein größerer Raum so adaptiert werden (Verdunkeln der Fenster, Aufstellen von Liegen), dass man darin operieren konnte. In einem kleinen Dorf in Tansania wurden ebenso Nebenzimmer einer kleinen Kran-



kenstation für die Operationen angepasst. Immer sind Türen offen, durch die offenen Fenster mit defekten Fliegengittern kommt neben warmer Luft auch einzelnes Getier geflogen. Nicht immer gibt es eine Klimaanlage, d. h., alle beteiligten Personen transpirieren.

Alle Operationen finden in peribulbärer Anästhesie statt. Ab einem Alter von ungefähr zwölf Jahren funktioniert dies sehr gut. Die Injektion wird auch von Clinical Ophthalmic Officers appliziert, die es sich nicht nehmen lassen, 5 ml unterhalb und 5 ml oberhalb des Bulbus zu spritzen. Die Okulopression wird dann hie und da so fest angelegt, dass die Hornhaut völlig faltig wird. Auch die obligate präoperative Gabe von 250 Diamox ist nicht abzustellen. Intraoperativer imperativer Harndrang mit enormer Anspannung ist die Folge. Teilweise sind die Patienten präoperativ geduscht (Namibia), sonst kommen sie in Straßenkleidung gänzlich ohne Vorbereitung auf den OP-Tisch. Das Auge und dessen Umgebung werden immer mit Betaisodona desinfiziert. Sedierung gibt es nie. Operiert wird praktisch ohne Pause von früh bis spät abends.

Neben der Kleinschnitt-extrakapsulären Operation mit Schlingenextraktion des harten Kerns werden zu 50 % und mehr Phakoemulsifikationen durchgeführt. Die Auswahl erfolgt vor der Anästhesie. Das Anfärben der Kapsel ist in allen Fällen sehr vorteilhaft. Die Phakomaschine ist tragbar und ohne Schwierigkeiten durch die Zoll- und Sicherheitskontrollen zu bringen. Zwei andere Phakomaschinen bleiben im Land.

Die postoperative Visite findet am ersten und zweiten postoperativen Tag durch die Chirurgen statt, was bei größeren Camps (300 Patienten) recht zeitaufwendig werden kann. Die Patienten schlafen meist auf Matratzenlagern. Das Essen bekommen sie vom Staat oder von anderen gemeinnützigen Organisationen (LIONs) zur Verfügung gestellt.

Die Patienten erhalten ein Fläschchen einer antibiotikum- und steroidhaltigen Tropflösung (10 ml) und verwenden diese in absteigender Dosierung, bis es leer ist. Sie erhalten auch von uns gleich eine mitgebrachte Nahbrille mit +2,5 dpt. Weitere postoperative Kontrollen bei Clinical Officers sind an sich nur bei Beschwerden vorgesehen. Die Operation und der Aufenthalt sind kostenlos.

Zum Teil unterschreibt man Papiere, dass man als Chirurg ausgebildet wurde, die Titel zu Recht trägt und als Gast operieren darf, aber unbekannt ist die rechtliche Regelung, wenn es einmal zu schweren Komplikationen mit Erblindung (Endophthalmitis in Serie) kommen würde. Wo ist der Gerichtsort?

## Zusammenfassung

In der Summe haben wir bis jetzt 26 Eye Camps organisiert und Hunderte von Patienten operiert. Alle Erkrankungsbilder der Katarakt waren vertreten, vom Altersstar über den Star bei Uveitiden oder nach Verletzungen. Nie ist ein Camp eine „Übungsgelegenheit“ für Anfänger der Kataraktchirurgie. Ein einziger schlechter Ausgang vertreibt mindestens zehn Patienten, denen geholfen werden hätte können. „I will be blamed for it“ sagt die einheimische Ärztin Dr. Helena Ndume, Namibia, die in

Deutschland ausgebildet wurde, „da seid ihr schon längst wieder in Europa“. Dazu passt auch der Satz von J. Egeland, stellvertretender UN-Generalsekretär von 2003 bis 2007, recht gut: „Das eine Menschenrecht, das für Arme ... gelten müsste, ist der Schutz gegen inkompetente Helfer.“

Bei jedem Camp haben wir etwas dazugelernt und unsere Verfahrensweise langsam verbessert. Trotzdem bleibt es immer noch eine spannende Herausforderung, da Menschen und Umgebung so völlig anders sind. Man würde sich sehnlichst einen zerebralen Sprachcomputer wünschen, um die zahlreichen Dialekte sprechen zu können! Die grundherzliche Dankbarkeit dieser Menschen übertrifft dann immer die Strapazen der Anreise und der Arbeit. Wichtig erscheint mir die Konstanz der Besuche: man wird jedes Jahr schon sehnsüchtig erwartet.

### **Danksagung**

Für die großartige Mithilfe bei unseren gemeinsamen Auslandseinsätzen darf ich mich sehr herzlich bedanken bei: Dr. Martin Eckhardt, Dr. Eva Maria Faschinger, Prim. Dr. Markus Grasl, Univ.-Prof. Dr. Hans Dieter Gnad, Dr. Maria Leitner, Dr. Nadja Karnik, Dr. Michael Kern, OA. Dr. Karl Rigal, Univ.-Prof. Dr. Clemens Vass und den Operationsschwwestern Rosita Aberer, Rosemarie Grassmugg, Michaela Haas, Gabriele Gollob, Daniela Posch, Maria Gruber, Ursula Mattar, Angelika Rappel, Andrea Ochabauer.

# Verschiedene Möglichkeiten der intraoperativen Pupillenerweiterung im Rahmen der Phakoemulsifikation

J. Kuchenbecker

## Zusammenfassung

**Hintergrund:** Eine enge Pupille, z. B. im Rahmen von PEX, nach längerer Pilocarpintherapie oder nach Uveitis, erschwert die Durchführung einer ausreichend großen Kapsulorhexis und birgt die erhöhte Gefahr eines Iristouches oder einer Kapselruptur mit möglichem Kernverlust in den Glaskörperraum während der Phakoemulsifikation in sich.

**Methode:** Die Vor- und Nachteile der verschiedenen Möglichkeiten der intraoperativen Pupillenerweiterung werden gegenübergestellt und anhand von Beispielen demonstriert.

**Ergebnisse:** Die intraoperative chirurgische Pupillenerweiterung kann z. B. mittels Pupillenstretching, durch Irishäkchen, mittels Healon 5 oder durch den Einsatz eines Malyugin-Ringes erreicht werden. Das Pupillenstretching ist eine schnelle und meist effektive Methode der Pupillenerweiterung. Allerdings kommt es zu zahlreichen Sphinctereinrissen, die zu geringen Blutungen führen können. Mittels Irishäkchen müssen 4 Parazentesen angelegt werden, es wird keine runde Pupille modelliert und die Iris wird nach oben gezogen, was den Eingang mit weiteren Instrumenten erschweren kann. Vorteilhaft ist der Einsatz bei gleichzeitiger Lentodonesis, da sich dann auch der Kapselsack stabilisieren lässt. Healon 5 ermöglicht eine gute Pupillenerweiterung, allerdings wird es im Rahmen der Phako zum großen Teil abgesaugt, sodass der Effekt nicht bis zur Linsenimplantation anhält. Der Malyugin-Ring ist neben dem Healon 5 eine gute Möglichkeit der gleichmäßigen Pupillenerweiterung. Die letztgenannten Möglichkeiten der Pupillenerweiterung sind jedoch deutlich kostenintensiver als das Pupillenstretching.

**Schlussfolgerungen:** Bei enger, auf Medikamente nicht ansprechender Pupille ist das Pupillenstretching eine schnelle und effiziente Methode der Pupillenerweiterung. Weitere wirksame, jedoch zeit- und kostenintensivere Methoden sind neben dem Einsatz von Irishäkchen auch die Verwendung von Healon 5 bzw. des Malyugin-Ringes.

## Summary

**Background:** A small pupil, for example during PEX, after prolonged pilocarpine treatment or following uveitis, makes it difficult to perform an adequate capsulorhexis and also involves a risk of iris touch or capsule rupture with possible loss of nucleus into the vitreous during phacoemulsification.

**Method:** The advantages and disadvantages of the different methods of intraoperative pupil enlargement are described and demonstrated by means of examples.

**Results:** Intraoperative surgical pupillary dilatation can be achieved, e.g., by pupillary stretching, iris hooks, Healon 5 or use of a Malyugin ring. Pupillary stretching is a fast and usually effective method of pupil enlargement. However, numerous sphincter tears occur, which can lead to small haemorrhages. Four paracenteses have to be made using iris hooks, a round pupil is not obtained, and the iris is pulled upwards, which can make

it difficult to introduce other instruments. Their use is of advantage when lentodonesis is present at the same time, as the capsule can then be stabilised also. Healon 5 allows good pupillary dilatation, but most of it is usually aspirated during phaco so that the effect does not last until the lens is implanted. Like Healon 5, the Malyugin ring is a good method of even pupillary enlargement. However, the latter two methods are much more costly than pupillary stretching.

**Conclusions:** Pupillary stretching is a fast and effective method of enlarging small pupils not responding to drugs. Other effective, but more time-consuming and costly methods include the use of iris hooks, Healon 5 and a Malyugin ring.

## Einleitung

Eine enge Pupille, z. B. im Rahmen von PEX, nach längerer Pilocarpintherapie oder nach Uveitis, erschwert die Durchführung einer ausreichend großen Kapsulorhexis und birgt die erhöhte Gefahr eines Iristouches oder einer Kapselruptur mit möglichem Kernverlust in den Glaskörperraum während der Phakoemulsifikation in sich. Die intraoperative chirurgische Pupillenerweiterung kann z. B. durch Sphinkterotomien [1], mittels Pupillenstretching [2–6], durch Irishäkchen [2, 7–10], durch Pupillenexpander [11], mittels Healon GV [4] oder Healon 5 oder den Einsatz eines Malyugin-Ringes [12] erreicht werden.

## Methode

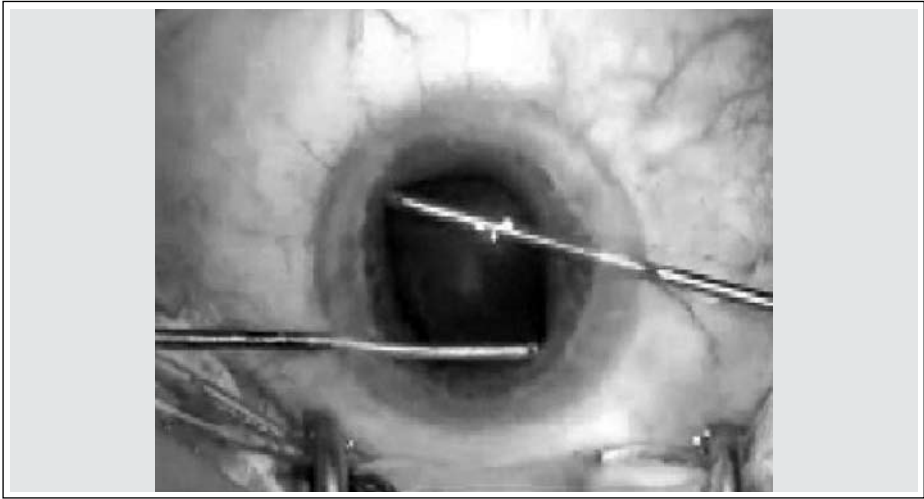
Die Vor- und Nachteile der verschiedenen Möglichkeiten der intraoperativen Pupillenerweiterung werden gegenübergestellt und anhand von Beispielen demonstriert.

## Ergebnisse

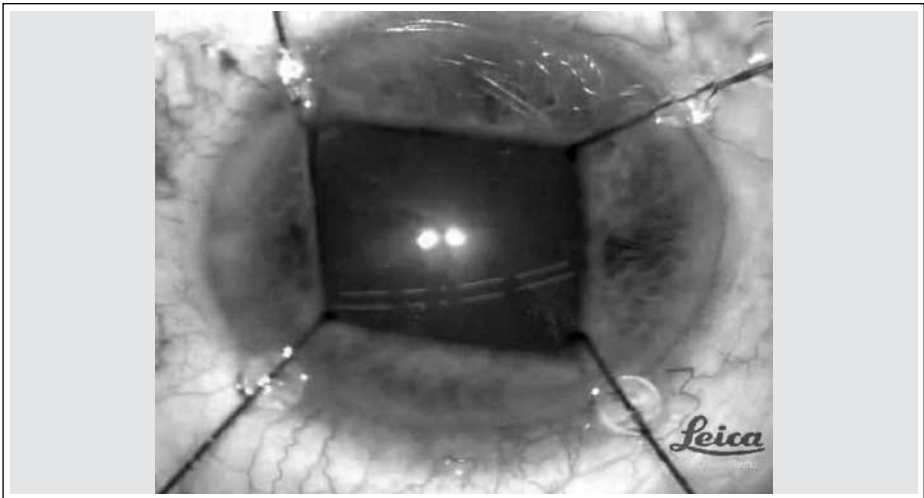
Das bimanuelle, mutidirektionale Pupillenstretching ist eine schnelle und meist effektive Methode der Pupillenerweiterung. Sie kann mittels „push-pull“ – oder Y-Häkchen vorgenommen werden (Abb. 1).

Nach Akman et al. [2] beträgt die durchschnittlich erreichbare mittlere Pupillengröße mittels Stretching  $4,9 \pm 0,7$  mm und der Zeitaufwand durchschnittlich  $55 \pm 10$  s. Bacskulin et al. [3] geben am Ende der Stretchingprozedur eine durchschnittliche Pupillenweite von  $6,6 \pm 0,6$  mm an. Allerdings kommt es meistens zu zahlreichen Sphinktereinrissen, die zu geringen Blutungen führen können und die postoperative Pupillenfunktion einschränken.

Nachteile bei der Pupillenerweiterung mittels flexibler Irishäkchen sind, dass vier Parazentesen angelegt werden müssen, es wird keine runde Pupille modelliert (Abb. 2) und die Iris wird nach oben gezogen, was den Eingang mit weiteren Instrumenten erschweren kann. Die durchschnittliche Zeit für den Einsatz der Irishäkchen wird von Akman et al. [2] außerdem mit  $297 \pm 91$  s angegeben. Vorteilhaft ist der Einsatz bei gleichzeitiger Lentodonesis, z. B. bei PEX [13], da sich dann auch der Kapselsack mittels der Irishäkchen stabilisieren lässt.



**Abb. 1:** Bimanuelles Pupillenstretching

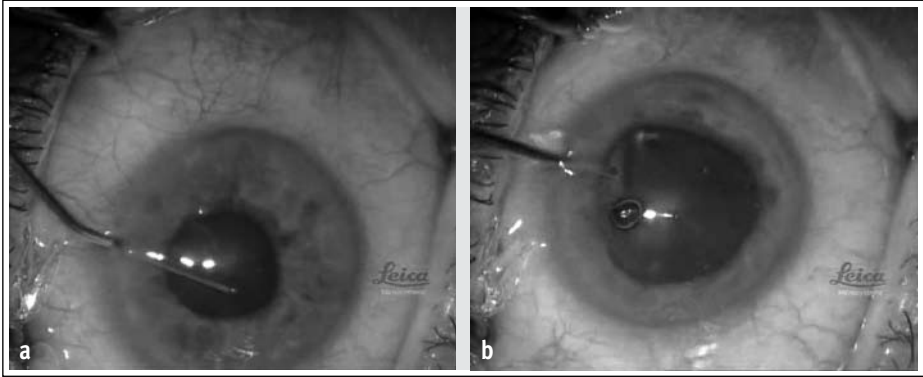


**Abb. 2:** Pupillenerweiterung mittels 4 Nylon-Irisretractoren

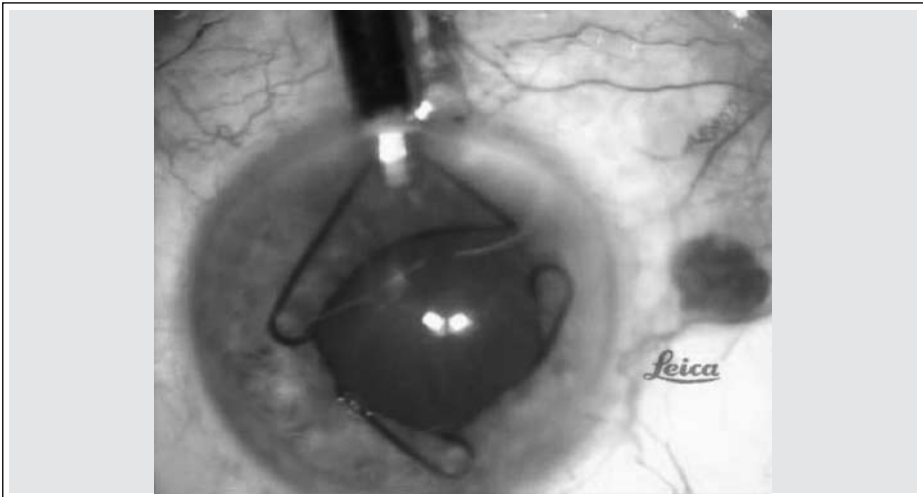
Neben Healon GV [4] ermöglicht Healon 5 eine sehr gute Pupillenerweiterung (Abb. 3a und 3b). Allerdings wird das Healon 5 im Rahmen der Phakoemulsifikation wieder abgesaugt, sodass der Effekt nicht bis zur Linsenimplantation anhält, was leider nachteilig ist. Außerdem betragen die Kosten für Healon 5 zwischen 60 bis 80 Euro.

Der Malyugin-Ring [12] ist ebenfalls eine gute Möglichkeit der gleichmäßigen und schnellen Pupillenerweiterung (Abb. 4). Die Explantation des Ringes ist etwas diffiziler und zeitaufwendiger als die Implantation. Die Kosten für einen Ring be-

laufen sich ebenfalls auf etwa 60 bis 70 Euro. Die postoperative Pupillenfunktion scheint nach eigenen Erfahrungen wenig beeinträchtigt.



**Abb. 3:** a) Enge Pupille vor der Eingabe von Healon 5, b) erweiterte Pupille nach der Eingabe von Healon 5



**Abb. 4:** Temporäre Implantation eines Malyugin-Ringes

### Schlussfolgerung

Bei enger, auf Medikamente nicht ansprechender Pupille ist das Pupillenstretching eine schnelle und effiziente Methode der Pupillenerweiterung. Weitere wirksame, jedoch zeit- und kostenintensivere Methoden sind neben dem Einsatz von Irishäkchen auch die Verwendung von Healon 5 bzw. des Malyugin-Ringes.

## Literatur

1. FINE IH: Pupiloplasty for small pupil phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 1994;20: 192–196
2. AKMAN A, YILMAZ G, OTO S, AKOVA YA: Comparison of various pupil dilatation methods for phacoemulsification in eyes with a small pupil secondary to pseudoexfoliation. *Ophthalmology* 2004;111:1693–1698
3. BACSKULIN A, KUNDT G, GUTHOFF R: Efficiency of pupillary stretching in cataract surgery. *Eur J Ophthalmol* 1998;8:230–233
4. DINSMORE SC: Modified stretch technique for small pupil phacoemulsification with topical anesthesia. *J Cataract Refract Surg* 1996;22:27–30
5. ECKARDT C: Pupillary stretching. A new procedure in vitreous surgery. *Retina* 1985;5:235–238
6. MILLER KM, KEENER GTJ: Stretch pupiloplasty for small pupil phacoemulsification (letter). *Am J Ophthalmol* 1994;117:107–108
7. DADA T, SETHI HS, SHARMA N, DADA VK: Using nylon hooks during small-pupil phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:412–413
8. GOLDBERG I: Flexible iris retraction hooks. *Aust N Z J Ophthalmol* 1995;23:357
9. MERRIAM JC, ZHENG L: Iris hooks for phacoemulsification of the subluxated lens. *J Cataract Refract Surg* 1997;23:1295–1297
10. NICHAMIN LD: Enlarging the pupil for cataract extraction using flexible nylon iris retractors. *J Cataract Refract Surg* 1993;19:793–796
11. GRAETHER JM: Graether pupil expander for managing the small pupil during surgery. *J Cataract Refract Surg* 1996;22:530–535
12. MALYUGIN B: Small pupil phaco surgery: a new technique. *Ann Ophthalmol (Skokie)* 2007;39: 185–193
13. NOVAK J: Flexible iris hooks for phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 1997;23:828–831





# Migräne- und Kopfschmerzbehandlung durch Augenlaserakupunktur und Cephlas-Verfahren mittels YAG-Laser

P. Höh

## Problemstellung

Angesichts von acht Millionen Migränekranken allein in Deutschland und einer Prävalenz von 50 % Spannungskopfschmerzen stellt sich die Frage, inwieweit die gezielte Behandlung von Kopfschmerzen und Migräne mittels YAG-Laser über die Augen möglich ist. Kann mittels Mikroiridotomien mit dem YAG-Laser Kopfschmerz behandelt werden?

## Patienten und Methode

Beispielhaft wird hier das Leiden einer 17-jährigen Patientin vorgestellt, die seit fünf Jahren unter Kopfschmerzen vom Spannungstyp litt. An zehn Tagen im Monat bestehen Kopfschmerzen Stufe 5 in einer Skala von 1–10. Die Stirn wird als Hauptlokalisierung angegeben. Die Mutter der jungen Patientin litt bereits seit über 30 Jahren an Migräne.

Nach einer gründlichen augenärztlichen Untersuchung inklusive Pentacam liegen am Behandlungstag keine Kopfschmerzen vor. Die Gabe von Pilocarpin 2 % beiderseits vor der Behandlung mit dem Laser führt aus völliger Beschwerdefreiheit heraus innerhalb von 30 Minuten zu einem zunehmenden Kopfschmerz der Stufe 5 in einer Schmerzskala von 1–10 (10 bedeutet maximal vorstellbarer Schmerz). Die Schmerzlokalisationen entsprechen den sonst üblichen Lokalisationen bei spontanem Kopfschmerz, in diesem Fall zieht der Schmerz in die Stirn.

Im Bereich der peripheren Iris finden sich mithilfe eines Nd:YAG-Lasers Punkte mit erhöhter Schmerzempfindlichkeit (Abb. 1a und b).

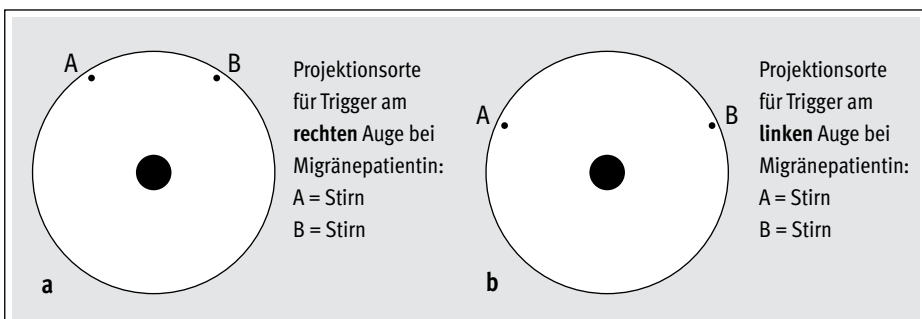


Abb. 1: Triggerpunktsuche mit der „Augenlaserakupunktur“; a) am rechten Auge, b) am linken Auge

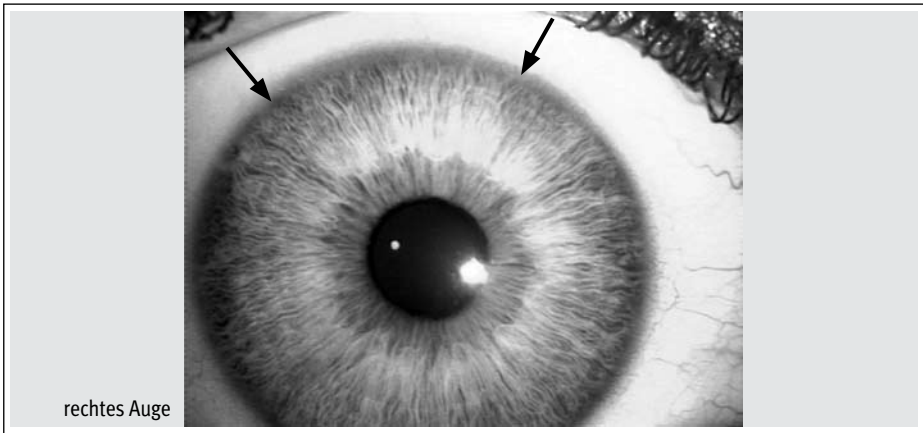


Abb. 2: Triggerpunktsuche mit der „Augenlaserakupunktur“ am rechten Auge

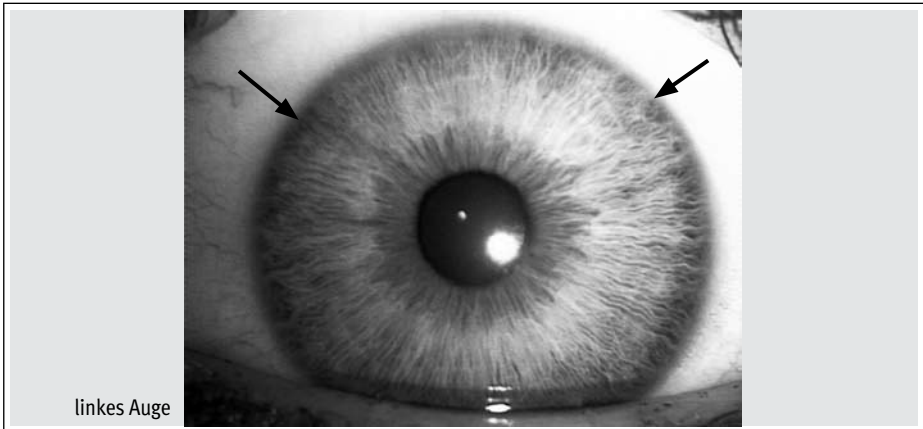


Abb. 3: Triggerpunktsuche mit der „Augenlaserakupunktur“ am linken Auge

Die empfindlicheren Punkte liegen vor allem in Bereichen der Iris, denen gegenüber die Hornhautdicken vermindert sind (Pentacam). Mit 29 Exponaten werden schließlich bei 11 und 1 Uhr am rechten Auge und bei 10 und 2 Uhr am linken Auge Stellen mit besonderer Empfindlichkeit und Schmerzweiterleitung in die Stirn aufgespürt (Abb. 2 und 3). Je näher man an der Pupille testet, desto weniger empfindlich erscheint die Iris. Es existiert eine konzentrisch zunehmende Empfindlichkeit nach peripher.

Nach Dokumentation von Triggern auf einer Iriskarte erfolgt die Behandlung mit Mikroiridotomien mit R:L = 9/8 Exponaten und Strömungsumkehr, bis die einzelnen Impulse nicht mehr schmerzhaft in die Stirn weitergeleitet werden. Es wird versucht, den Gewebeschaden so klein wie möglich zu halten, um die besondere Lichtempfindlichkeit von Migränepatienten nicht zusätzlich anzuregen.

## Ergebnisse

Sowohl am rechten als auch am linken Auge gehen die Triggerwirkungen in die Stirn. Während einer Nachbeobachtungszeit von ca. zwei Stunden werden wiederholt Visus, Augendruck und klinischer Befund geprüft. Nach einem Monat erfolgt die Pentacam-Untersuchung zum Vergleich der Hornhautdickenparameter.

Es kommt sowohl am rechten als auch am linken Auge zu einer Veränderung des Hornhautdickenprofils. Im Bereich des mittleren Hornhautradius kommt es bei den Vorher-nachher-Aufnahmen zu einer Verdünnung, im Bereich der peripheren Hornhaut zu einer Verdickung der Hornhaut. Im Ergebnis hat sich bei der vergleichenden Pentacam-Untersuchung gezeigt, wie die Hornhaut nach der Behandlung umgebaut wurde. Insbesondere haben sich die Hornhautdickenkurven der Normalkurve angenähert. Im Randbereich der Hornhaut ist es zu einem Aufbau der Hornhaut in der absoluten und prozentualen Darstellung der Pachymetrie gekommen (Abb. 4–7).

Im Ergebnis kommt es hier während der Lasertherapie zu einem umgehenden Schwund der Kopfschmerzen in der Stirn rechts innerhalb von Sekunden. Im linken Stirnbereich bestehen die Kopfschmerzen weiter, bis auch dort in gleicher Weise verfahren wird.

Seit über zwei Jahren Nachbeobachtung ist kein Migräneanfall oder Spannungskopfschmerz mehr aufgetreten. Komplikationen bestanden keine.

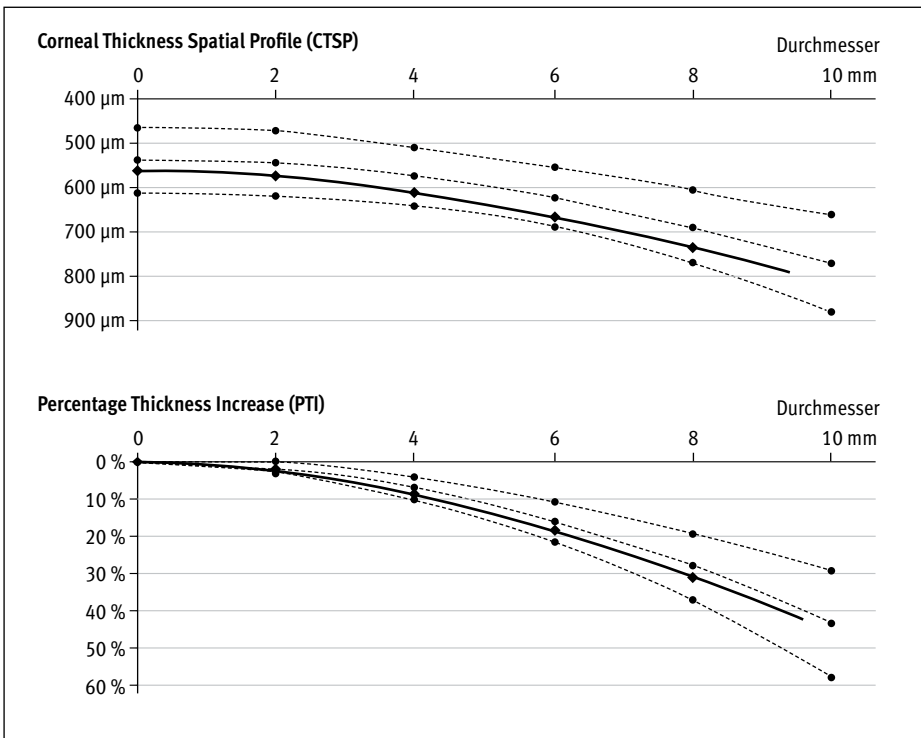


Abb. 4: Pentacam Pachymetriekurven: rechtes Auge vor Behandlung

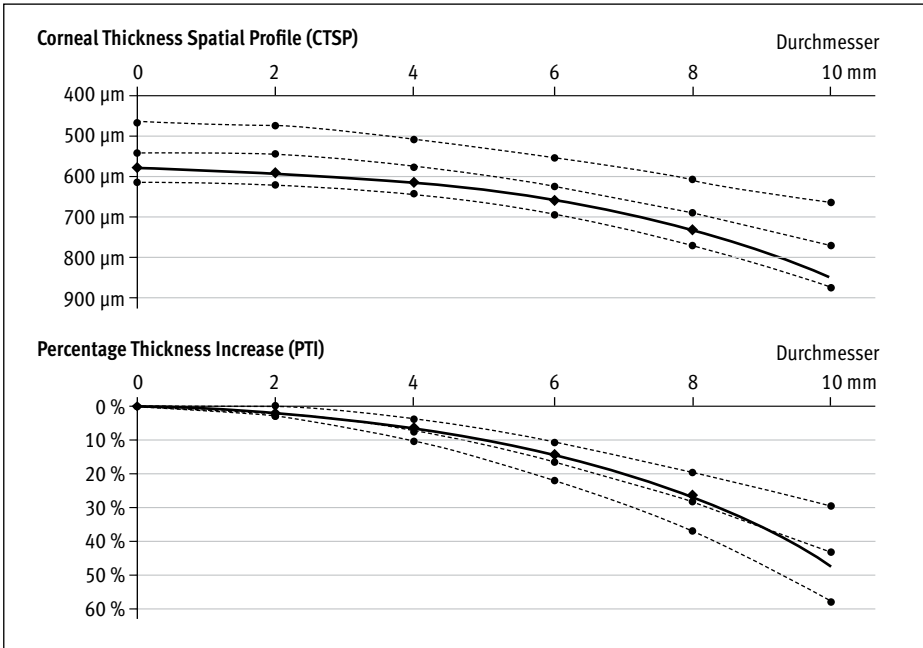


Abb. 5: Pentacam Pachymetriekurven: rechtes Auge nach Behandlung

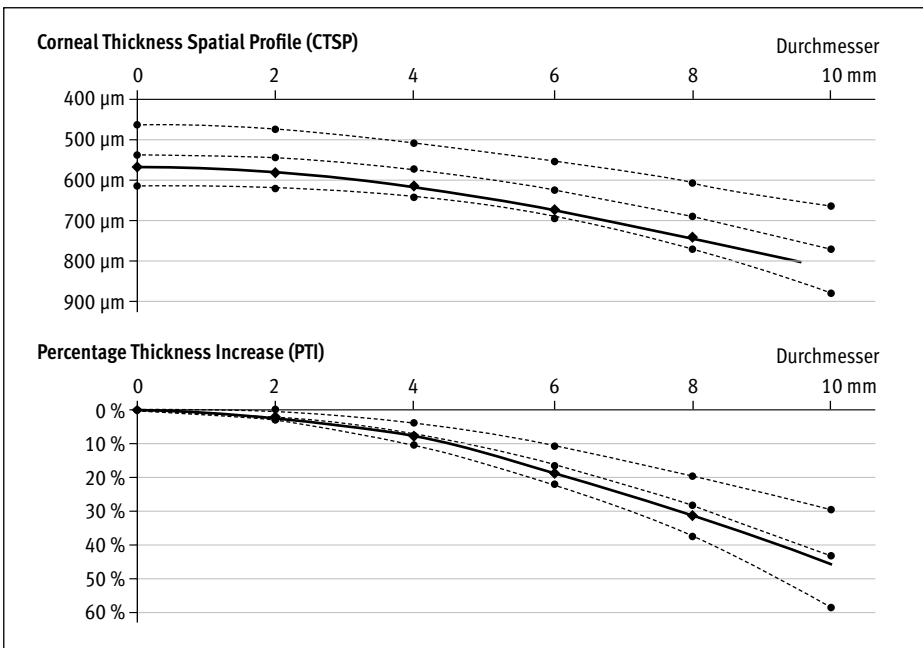


Abb. 6: Pentacam Pachymetriekurven: linkes Auge vor Behandlung

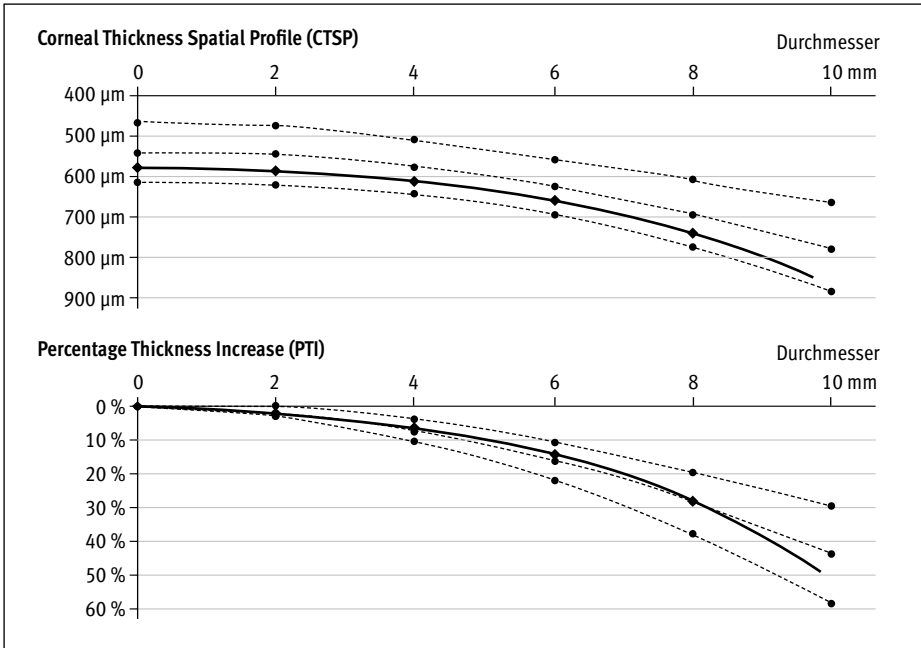


Abb. 7: Pentacam Pachymetrikurven: linkes Auge nach Behandlung

Es kann gefolgert werden, dass bei Kopfschmerzpatienten auf der Iris Punkte mit erhöhter Empfindlichkeit existieren. Zudem existiert eine Schmerzweiterleitung bei manchen Punkten, die die Kriterien eines Triggerpunktes erfüllen. Werden diese Triggerpunkte mit höherer Energie ausgeschaltet, so folgt ein unmittelbares Phänomen eines ipsilateralen Schmerzurückganges während der Laserprozedur. Diese Erfahrung kann in gleicher Weise auf der zweiten Seite gemacht werden.

Mit dem Cephlas-Verfahren ist es für Augenärzte möglich, Kopfschmerzen und Migräne in bestimmten Fällen erfolgreich zu stoppen. Erfahrungen mit dem Cephlas-Verfahren bestehen bei ca. 1150 Patienten. Auch die Mutter der Patientin wurde in gleicher Weise seit zwei Jahren geheilt. Inzwischen hat sich eine Selbsthilfegruppe mit geheilten Migräne- und Kopfschmerzpatienten gegründet ([www.kopfschmerz-insel.de](http://www.kopfschmerz-insel.de)).

**Literatur**

1. HöH P: Kopfschmerz und Migräne – Unser Auge die Ursache und Lösung von Kopfschmerz? Das Cephlas-Verfahren. Dr. HöH Eigenverlag 2010 ISBN-13: 978-3942681049



# Refraktive Laserchirurgie/Hornhaut





# Asphärische wellenfrontgesteuerte PRK in refraktiv therapeutischer Hornhautchirurgie

St. Schmickler, C. Althaus, O. Carlsburg, M. Engels, A. Farlopolos, I. Plagwitz

## Zusammenfassung

Mit diesem Fallbeispiel soll die Effektivität mittels optimierter kornealer wellenfront-gesteuerter PRK im Rahmen einer refraktiv-therapeutischen Behandlung bei Visusminderung mit dem Schwind Excimerlaser Amaris nachgewiesen werden. Ziel der Behandlung war eine deutliche Anhebung des Visus mit gleichzeitigem Ausgleich des Refraktionsdefizits.

## Summary

The following case study shows the effectiveness of wavefront guided PRK with the Schwind AMARIS Laser: visual acuity was improved by correcting high order aberrations as well as refractive error.

## Problemstellung

Es stellte sich bei uns ein Patient mit Kopfschmerzen und schlechterem Sehen an seinem linken Auge vor. Ferner wünschte er eine Korrektur seiner Fehlsichtigkeit am rechten Auge. Es lagen folgende Refraktions-/Brillenwerte vor:

RA: -3,0 sph	-0,5 cyl.	Achse 90° = 1,0
LA: +0,5 sph	-4,0 cyl.	Achse 150° = 0,3

Am rechten Auge war der vordere Augenabschnitt unauffällig, am linken Auge zeigte sich unterhalb der Pupillenmitte eine oberflächliche Narbe bei Zustand nach Verletzung vor acht Jahren. Die Topografie (Abb. 1) zeigt am linken Auge mit einer vermehrten bogenförmigen Rotfärbung zentral die Narbe. Das rechte Auge war topografisch unauffällig. In der Wellenfrontdarstellung zeigte sich bei einem Durchmesser von 6,5 mm am linken Auge eine deutliche Koma von 0,28  $\mu\text{m}$  und einem RMS von 3,35  $\mu\text{m}$  (Abb. 2)

Wir sind mit dem Patienten so übereingekommen, dass wir ihm vorgeschlagen haben, am rechten Auge eine LASIK-Operation zur Korrektur seiner Fehlsichtigkeit durchzuführen und am linken Auge eine wellenfrontgesteuerte PRK, bei der wir nicht nur die Koma und weitere Aberrationen entfernen wollten, sondern auch den Refraktionsfehler. Hätten wir allein die Aberration abgetragen, wäre eine Abtragungstiefe von 49  $\mu\text{m}$  bei einem Ablationsvolumen von 598 nl erforderlich gewesen (Abb. 3). Mit Beseitigung des Refraktionsdefizits wurden zentral nur 45  $\mu\text{m}$  bei einem Gesamtablationsvolumen von 1370 nl entfernt (Abb. 4). Zur Anwendung kam der Schwind Excimerlaser Amaris.

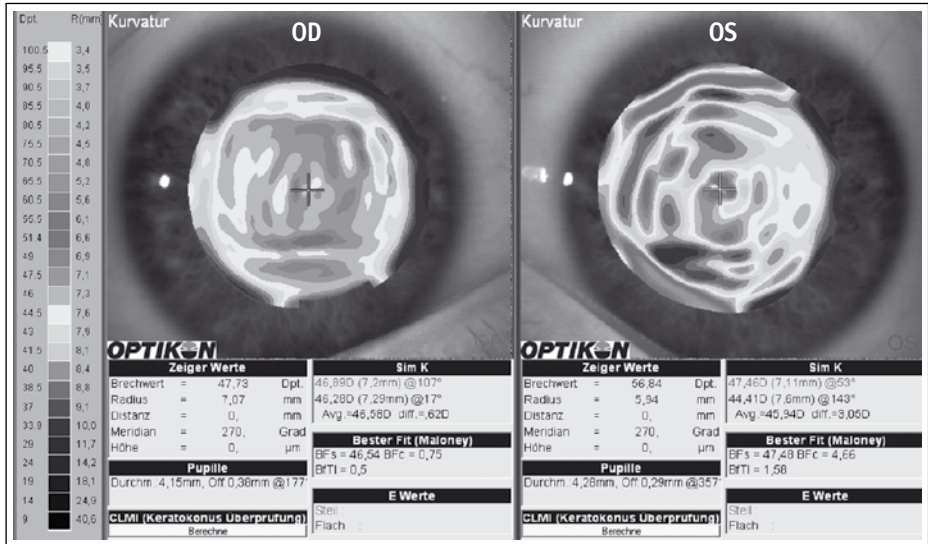


Abb. 1: Hornhauttopografie RA und LA präoperativ

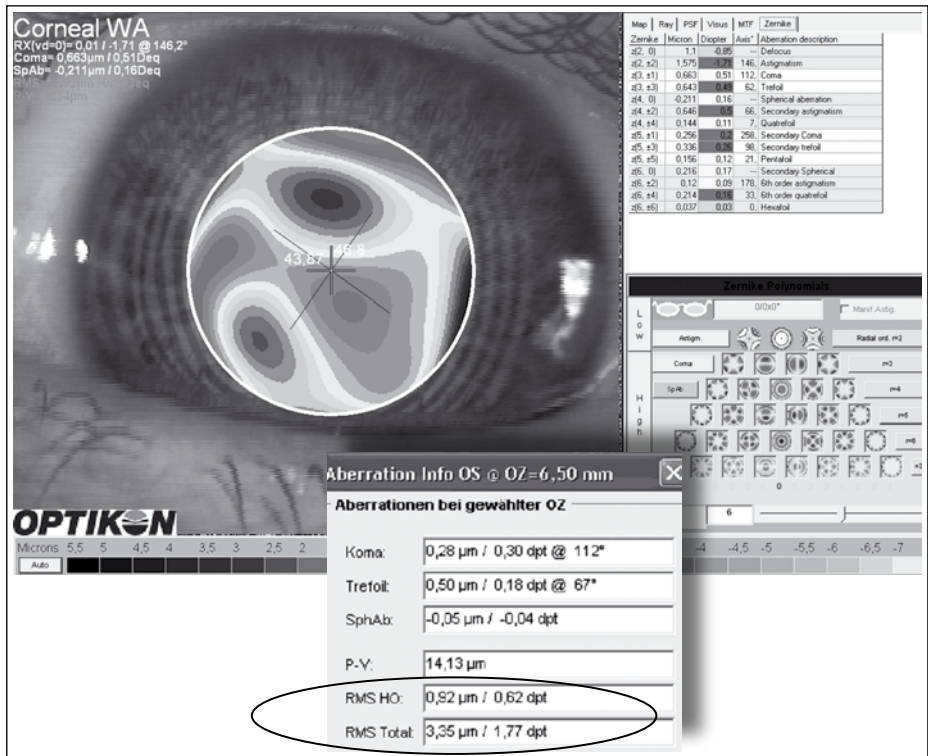


Abb. 2: Wellenfrontdarstellung des LA

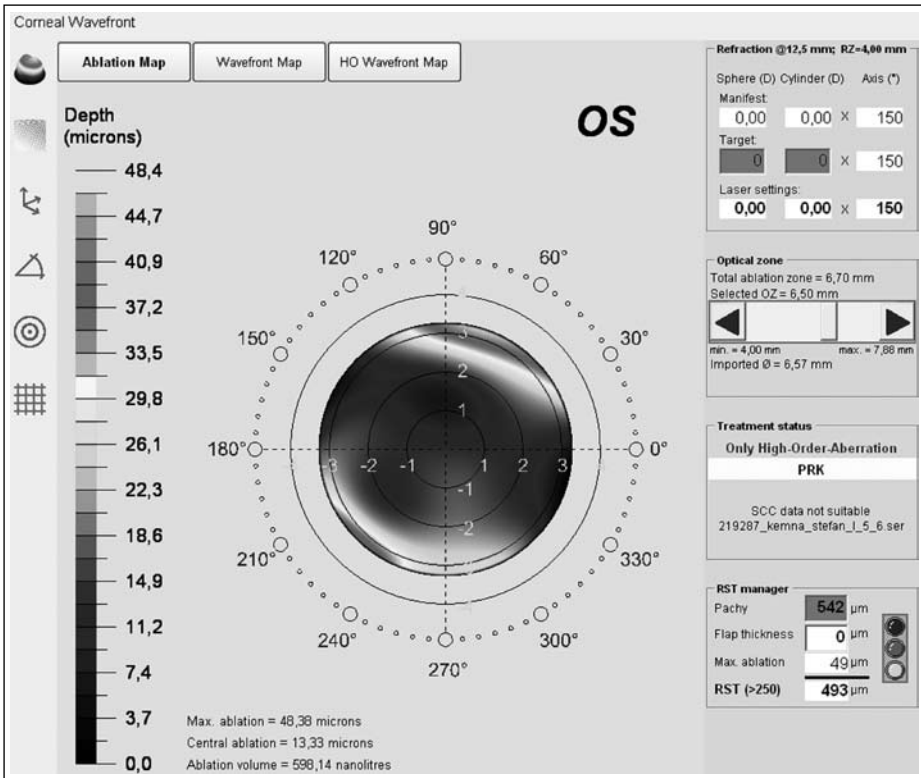


Abb. 3: Ablationsprofil ohne Refraktion – reine HOA-Abtragung

## Ergebnisse

Acht Wochen später wies der Patient am rechten Auge einen sc-Visus von 0,8 und am linken Auge von 0,2 und mit bester Korrektur 0,4 auf (RA: +0,25 sph -0,75 cyl. Achse 0° = 1,0 sc 0,8 und LA: -1,0 sph -1,5 cyl. Achse 80° = 0,4 sc 0,2, präoperativ cc 0,3) (Abb. 5). Sechs Monate später war es zu einem Anstieg der korrigierten Sehschärfe am linken Auge auf 0,5 gekommen. Der Patient sah bereits sc 0,4. Ein Jahr später sah der Patient am linken Auge sc als auch cc 0,63. Der Patient war sehr zufrieden (Abb. 6).

18 Monate später erschien er noch einmal und hatte eine korrigierte Sehschärfe wie folgt (Abb. 7):

RA: +0,25 sph -0,25 cyl.  
LA: plan -1,0 cyl.

Achse -74° = 1,2  
Achse 74° = 0,7 und sc 0,63

Der Patient hatte subjektiv eine deutliche Verbesserung verspürt, auch wenn in der Wellenfront die Koma erstaunlicherweise wieder zugenommen hatte (auf 1,32 µm).

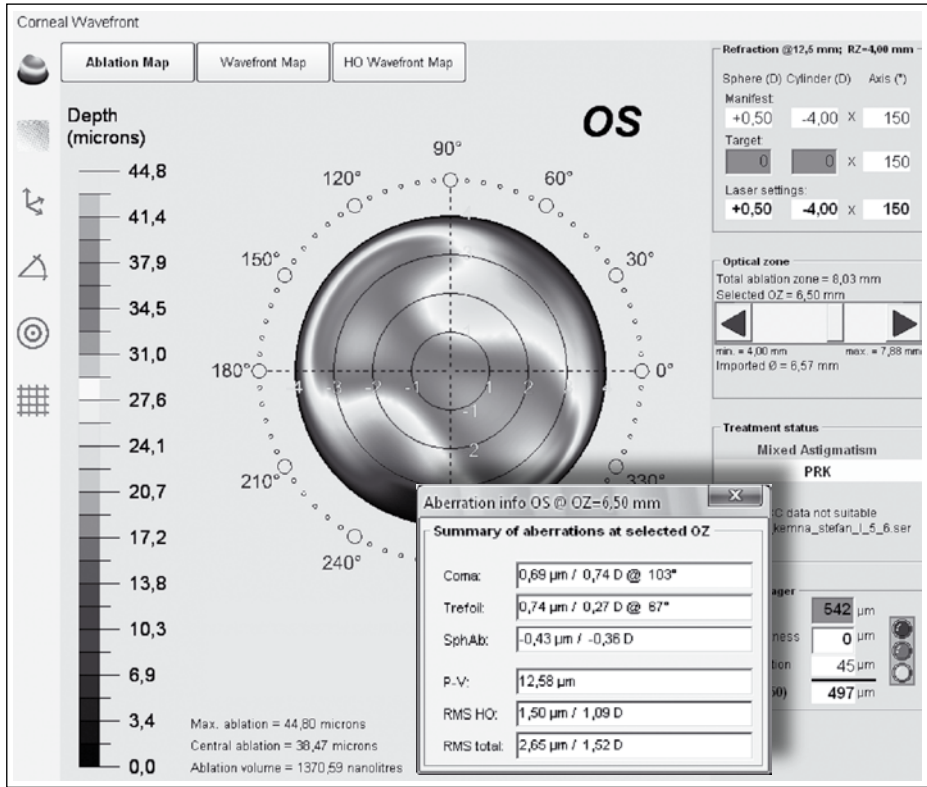


Abb. 4: Ablationsprofil mit Refraktion +0,50 dpt/-4,00 dpt/150 bei Behandlung mit dem Schwind Excimerlaser Amaris

Der Patient fragte nach einer weitergehenden Behandlung, die wir aber abgelehnt haben, da gerade von Retreatments bei PRK überschießende Reaktionen beschrieben worden sind.

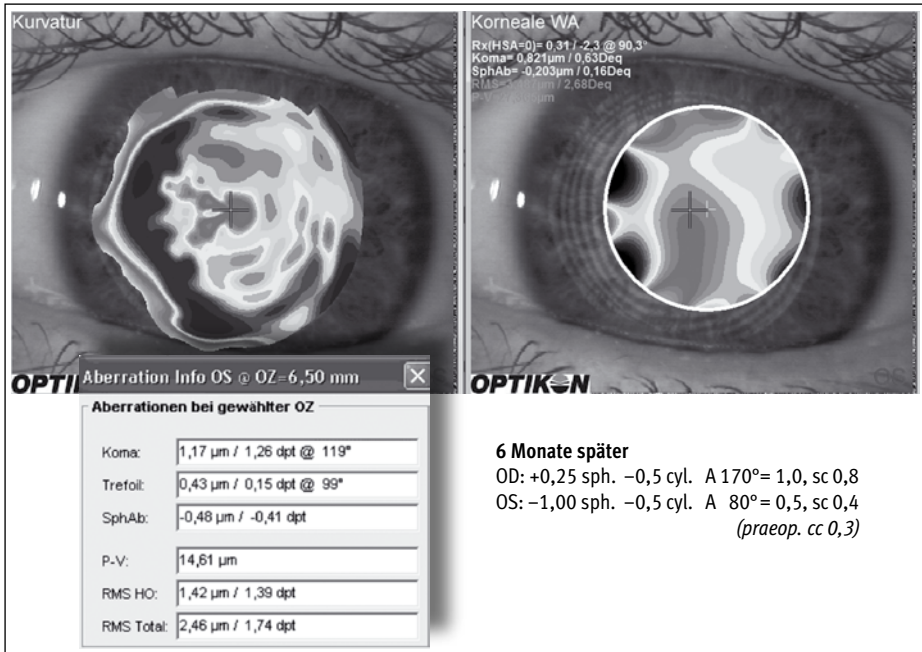


Abb. 5: Operationsbefund Topografie LA mit Wellenfrontdarstellung nach 6 Monaten

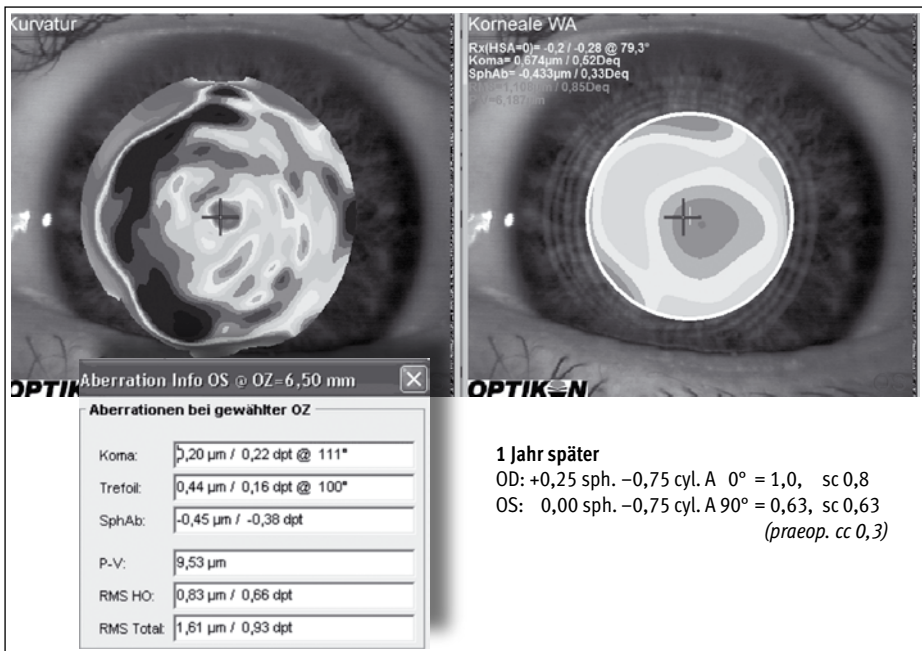


Abb. 6: Operationsbefund Topografie und Wellenfrontdarstellung LA nach 1 Jahr



Abb. 7: Topografie und Wellenfrontdarstellung nach 18 Monaten

## Zusammenfassung

Zusammenfassend kann man sagen, dass die bestkorrigierte und unkorrigierte Sehschärfen am linken Auge des Patienten über 18 Monate um drei Zeilen zugenommen haben, auch wenn nach einem Jahr die Aberrationen zugenommen haben. Der Patient ist sehr zufrieden und hat einen Visusgewinn von drei Zeilen.

## Interessenkonflikt

Die Autorin hat kein finanzielles Interesse.

# Präzision von Femtosekundenlaser-Flaps und Excimerlaser-Ablation

M. Bödemann, T. Kohnen

## Zusammenfassung

Vorliegende Arbeit beinhaltet eine retrospektive, konsekutive Untersuchung der Präzision von Femtosekundenlaser-Flaps und Excimerlaser-Ablation während Femtosekunden-Laser-in-situ-Keratomileusis bei 171 myopen – SÄ  $-3,7$  dpt (Spannbreite  $-0,4/-5,3$  dpt) – und gemischt myop/astigmatischen Augen – SÄ  $-3,6$  dpt (Spannbreite  $-0,4/-7,9$  dpt). Die Genauigkeit wurde anhand intraoperativer, interferometrischer Messungen mittels optischer Kurzkohärenzpachymetrie ermittelt. Die Ergebnisse zeigen eine hohe Präzision der Flapdicke mit einer mittleren Flapdicke von  $110,2$   $\mu\text{m}$  (Spannbreite  $42,6/165,7$   $\mu\text{m}$ ) bei einer vorgegebenen Flapdicke von  $100$   $\mu\text{m}$  und einer mittleren Ablationstiefe von  $79,2$   $\mu\text{m}$  (Spannbreite  $10,3/157,0$   $\mu\text{m}$ ) bei einer kalkulierten Ablationstiefe von  $69,2$   $\mu\text{m}$  (Spannbreite  $8,3/130,2$   $\mu\text{m}$ ). Eventuelle Abweichungen in der Präzision der Messungen können durch Blasen im Interface bei initialer Messung, anhaltende Dehydratation während der Behandlung und dezentrierte Fixation verursacht sein.

## Summary

This study is a retrospective, consecutive analysis of precision of femtosecondlaser-flaps and excimerlaser-ablation while femtosecond-laser in situ keratomileusis in 171 myopic – SE  $-3.7$  D (range  $-0.4/-5.3$  D) – and mixed myopic/astigmatic eyes – SE  $-3.6$  D (range  $-0.4/-7.9$  D). Precision was measured by intraoperative, non-contact, interferometric optical online coherence pachymetry. Results showed high precision of flap-thickness with  $110$   $\mu\text{m}$  (range  $42.6/165.7$   $\mu\text{m}$ ) when predicted flap-thickness was  $100$   $\mu\text{m}$  and also high precision of ablation-depth with  $79.2$   $\mu\text{m}$  when calculated ablation-depth was  $69.2$   $\mu\text{m}$  (range  $8.3/130.2$   $\mu\text{m}$ ). Not precise measurements could be caused by bubbles in the interface while initial measurement, dehydration while the process and decentral fixation.

## Einleitung

Femtosekunden-Laser-in-situ-Keratomileusis (fs-LASIK) ist heute ein weitverbreitetes Verfahren zur Korrektur von Fehlsichtigkeiten [1]. Dieses Operationsverfahren ist bei Einhaltung der Richtlinien der Kommission für refraktive Chirurgie (KRC) mit einer sehr geringen Komplikationsrate behaftet. Dennoch ist der limitierende Faktor für die refraktive Hornhautchirurgie die Hornhautdicke. Eine heute seltene aber gefürchtete Komplikation bei LASIK stellt die iatrogene Keratektasie dar [2, 3]. Diese Erkrankung beinhaltet eine fortschreitende Verdünnung und Vorwölbung der Hornhaut – verursacht durch eine Gewebeschwäche bei einer zu geringen Reststromadicke nach LASIK. Die Reststromadicke sollte einen Wert von  $250$   $\mu\text{m}$  nicht unterschreiten, um die Komplikation der iatrogenen Keratektasie zu vermeiden [4].

Es gibt verschiedene Verfahren zur Messung der Hornhautdicke. Diese kann akustisch (Ultraschall), optisch (Orbscan) oder interferometrisch (Online-OCP) erfolgen. In verschiedenen Studien konnte gezeigt werden, dass die präoperative Hornhautdickenmessung der einzelnen Messmethoden vergleichbare Messwerte liefert [5, 6].

Für die kontinuierliche intraoperative Hornhautdickenmessung hat sich die interferometrische Methode mittels optischer Kurzkohärenzpachymetrie etabliert. Dieses sogenannte Non-contact-Verfahren ist integrativer Bestandteil des Excimerlasers 217z100 von Schwind Amaris. Das Prinzip der Messung funktioniert über kohärente Lichtstrahlen einer Wellenlänge von 1310 nm, die aus einer superlumineszierenden Diode abgegeben werden. Während der Kurzkohärenzpachymetrie wird dieses kohärente Licht an der Hornhautvorder- und -rückfläche gemustert und reflektiert. Die reflektierten Lichtstrahlen werden in einem Interferometer aufgefangen und mittels einer Fotodiode in ein elektrisches Signal umgewandelt, das dann mithilfe eines Referenzstrahles ausgewertet werden kann.

Das Ziel unserer Untersuchung war es, die Präzision des Femtosekundenlaser und des Excimerlasers durch die Auswertung konsekutiver intraoperativer Kurzkohärenzpachymetriemessungen zu evaluieren.

## Patienten und Methoden

Im Zeitraum zwischen Dezember 2009 und Oktober 2010 analysierten wir retrospektiv 171 Augen. Davon waren 157 Augen gemischt myop und astigmatisch und 14 Augen rein myop.

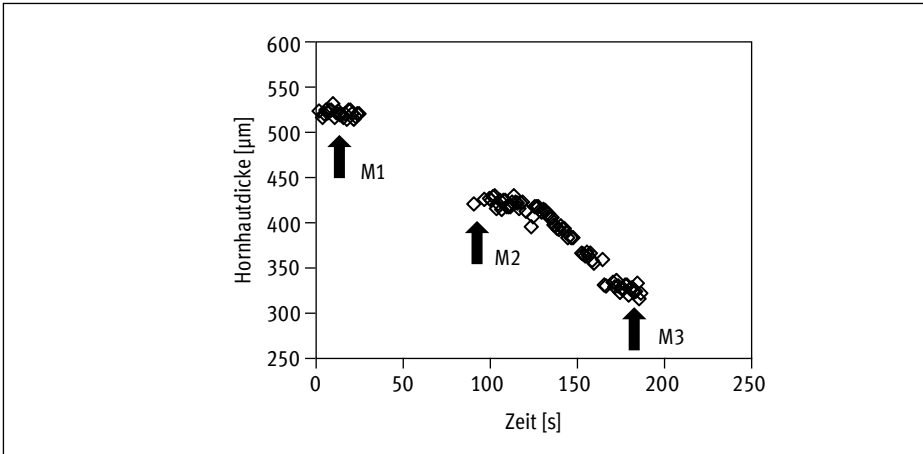
Zunächst wurde bei den Patienten nach lokaler Betäubung mit Proxymetacain-Augentropfen der Hornhautflap mit dem Femtosekundenlaser (AMO Intralase FS60) in planarer Applanation präpariert. Die vorgegebene Flapdicke betrug 100  $\mu\text{m}$ . Danach erfolgte eine Umlagerung der Patienten unter den Excimerlaser (Schwind Amaris, 500 Hz) für die vorgesehene Ablation der Hornhaut. Nach erneuter lokaler Anästhesie der Hornhaut startete nach zentraler Fixation auf einem Laserspot die Hornhautdickenmessung mittels optischer Kurzkohärenzpachymetrie (Heidelberg Engineering). Aus der kontinuierlichen Messung ergaben sich drei Messpunkte. M1 beinhaltet den Messwert nach Femtosekundenlaser-Flapschnitt und vor Flaplift. M2 stellt den Messwert nach Flaplift und M3 den Messwert nach Excimer-Ablation dar. Aus diesen Messpunkten errechneten wir die gemessene Flapdicke ( $\Delta 1$ ) als Ergebnis der Subtraktion von M1–M2. Die gemessene Ablationstiefe ( $\Delta 2$ ) errechneten wir durch Subtraktion von M2–M3.

Abbildung 1 zeigt einen schematischen Überblick der Messpunkte bei optischer Kurzkohärenzpachymetrie während Excimerlaser-Ablation.

## Statistische Analyse

Gemessene Daten wurden in eine selbst erstellte Tabelle in Excel (Excel 2010.14.0.Windows) übertragen und mittels eines statistischen Programm (IBM SPSS Statistics 19) ausgewertet. Ein Kolmogorov-Smirnov-Test und eine einfache lineare





**Abb. 1:** Schematisches Profil einer Kurzkohärenz pachymetrie während der Excimerlaser-Ablation

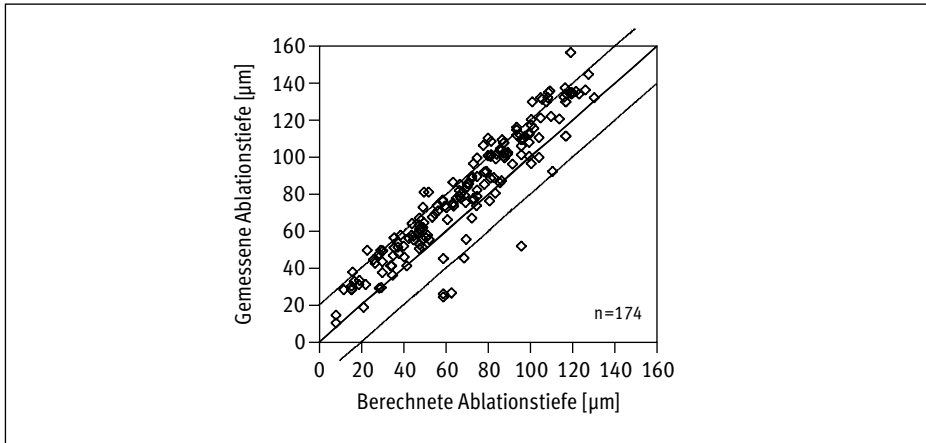
Regressionsanalyse wurden zur Überprüfung eines statistischen Zusammenhanges zwischen berechneter und vorgegebener Ablationstiefe, gemessener Flapdicke und sphärischem Äquivalent, gemessener Ablationstiefe und sphärischem Äquivalent, Delta-Flapdicke (Abweichung vorgegebene und gemessene Flapdicke) und sphärischem Äquivalent, Delta-Ablationstiefe (Abweichung vorgegebene und gemessene Ablationstiefe) und Behandlungszeit und zwischen Delta-Ablationstiefe und Ablationszeit durchgeführt.

## Ergebnisse

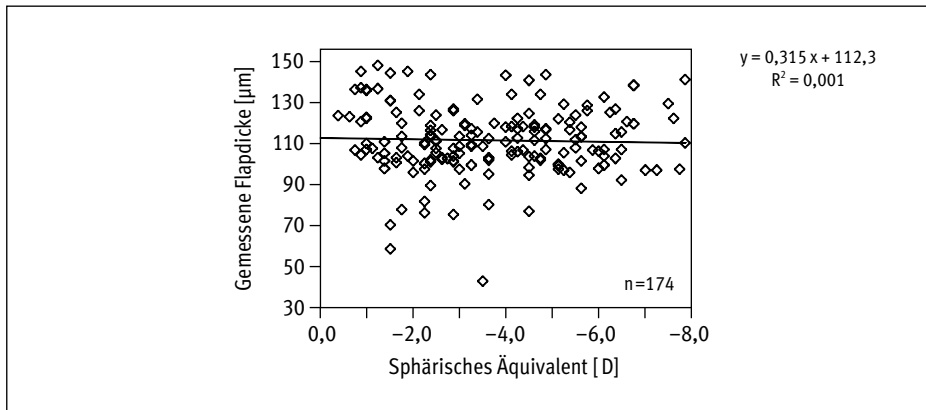
Der Kolmogorov-Smirnov-Test ergab eine Abweichung von der Normalverteilung der erhobenen Daten. Deshalb erfolgt die Angabe der Ergebnisse in Median und Spannweite. Wir ermittelten ein sphärisches Äquivalent von  $-3,6$  dpt (Spannweite  $-0,4/-7,9$  dpt) bei Myopie/Astigmatismus und ein sphärisches Äquivalent von  $-3,7$  dpt (Spannweite  $-0,4/-5,3$  dpt) bei reiner Myopie.

Die gemessene Flapdicke betrug  $110,2$   $\mu\text{m}$  (Spannweite  $42,6/165,7$   $\mu\text{m}$ ), die Abweichung zwischen gemessener und vorgegebener Flapdicke ( $100$   $\mu\text{m}$ ) betrug  $10,2$   $\mu\text{m}$  (Spannweite  $-57,4/65,7$   $\mu\text{m}$ ). Die gemessene Ablationstiefe ergab einen Wert von  $79,2$   $\mu\text{m}$  (Spannweite  $10,3/157,0$   $\mu\text{m}$ ) und die errechnete Ablationstiefe einen Wert von  $69,2$   $\mu\text{m}$  (Spannweite  $8,3/130,2$   $\mu\text{m}$ ). Die Abweichung von errechneter und gemessener Ablationstiefe ergab  $13,4$   $\mu\text{m}$  (Spannweite  $-44,1/37,8$ ). Die gemessene Ablationszeit betrug  $68$  s (Spannweite  $21/168$  s).

Die lineare Regressionsanalyse der Ablationstiefe ergab eine im Mittelwert  $11,4$   $\mu\text{m}$  ( $\pm 11,7$   $\mu\text{m}$ ) höhere gemessene als errechnete Ablationstiefe. Nachfolgende Abbildung 2 enthält eine Darstellung zwischen gemessener und errechneter Ablationstiefe.



**Abb. 2:** Zusammenhang zwischen errechneter und gemessener Ablationstiefe



**Abb. 3:** Einfluss von Refraktionsfehler auf die Flapdicke

Bei einer Analyse des Einflusses von Refraktionsfehler auf die Flapdicke ergab sich kein statistisch signifikanter Zusammenhang bei einem Bestimmtheitsmaß von  $R^2 = 0,001$ . Eine Darstellung dieser Analyse zeigt nachfolgende Abbildung 3.

Eine Analyse des Einflusses von Refraktionsfehler auf die Ablationstiefe ergab einen statistischen Zusammenhang mit einem Bestimmtheitsmaß von  $R^2 = 0,729$ . Je höher der Refraktionsfehler, desto mehr Gewebe wurde abgetragen. Nachfolgende Abbildung 4 zeigt eine grafische Darstellung dieses Zusammenhanges.

Die anderen untersuchten Einflüsse zwischen Delta-Flapdicke und sphärischem Äquivalent ( $R^2 = 0,000$ ), Delta-Ablationstiefe und Behandlungszeit ( $R^2 = 0,014$ ) und Delta-Ablationstiefe und Ablationszeit ( $R^2 = 0,005$ ) ergaben jeweils keinen statistisch signifikanten Zusammenhang.

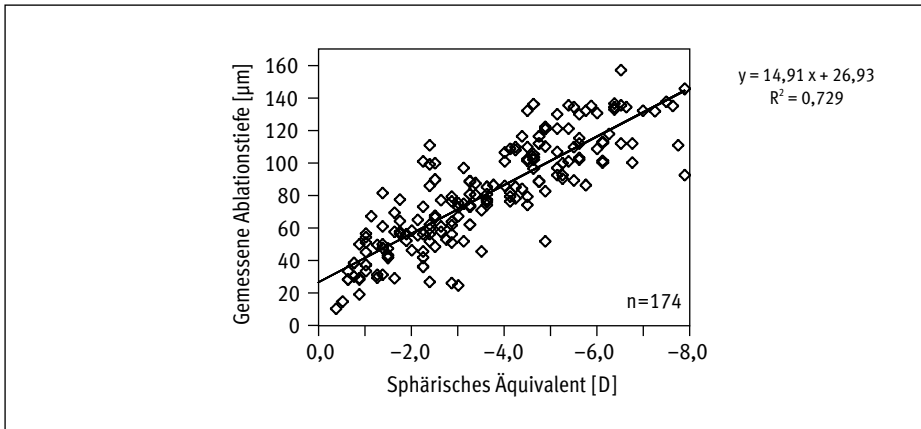


Abb. 4: Einfluss von Refraktionsfehler auf die Ablationstiefe

## Diskussion

In unserer retrospektiv durchgeführten Analyse von Kurzkohärenzpachymetriemessungen während Excimerlaser-Ablation bei 171 konsekutiven Augen fanden wir insgesamt geringe Abweichungen zwischen vorgegebenen und gemessenen Werten. Es fiel auf, dass die Abweichung zwischen vorgegebener und gemessener Flapdicke ( $\Delta$  Flapdicke:  $11,9 \pm 17,5 \mu\text{m}$ ) und zwischen errechneter und gemessener Ablationstiefe ( $\Delta$  Ablationstiefe:  $11,4 \pm 11,7 \mu\text{m}$ ) jeweils erhöhte Flapdicken- und Ablationstiefen ergab. Diese Abweichung korreliert mit den Ergebnissen aus anderen Studien, die im Vergleich zu den vorgegebenen Werten für Ablationstiefe und Flapdicke ebenfalls erhöhte Messwerte eruierten [5, 7, 8]. Ein möglicher Grund für die Abweichung bei der Ablationstiefe ist die anhaltende Dehydratation während der Behandlung [9]. Es ist bekannt, dass nach dem Flaplift der Hornhaut das Gewebe einer anhaltenden Verdunstung ausgesetzt ist und dies möglicherweise eine erhöhte Ablationstiefe simuliert. In der Praxis gehen wir aufgrund dieser Ergebnisse von einer mindestens verbleibenden Hornhautstromadicke von  $320 \mu\text{m}$  anstatt  $300 \mu\text{m}$  aus, um mögliche Komplikationen zu vermeiden und eine erhöhte Sicherheit während der LASIK-Behandlung zu gewährleisten. Für die im Durchschnitt erhöhte Flapdicke könnten möglicherweise durch Fotodisruption während des Femtosekundenlaserschnitts entstandene Blasen im Interface verantwortlich sein [10].

In vorliegender Studie wird der erste Messpunkt nach Femtosekundenlaserschnitt und vor Flaplift erhoben, da die Kurzkohärenzpachymetrie in den Excimerlaser integriert ist und erst nach Umlagerung des Patienten vom Femtosekundenlaser unter den Excimerlaser startet. Wir gehen davon aus, dass hier eine mögliche Fehlerquelle durch Veränderung der initialen Hornhautdickenmessung gegeben ist. Bei einer Darstellung der gemessenen Flapdicke (Median  $110,2 \mu\text{m}$ /Spannbreite  $42,6/165,7 \mu\text{m}$ ) und Ablationstiefe (Median  $79,2 \mu\text{m}$ /Spannbreite  $10,3/157,0$ ) fiel zusätzlich eine sehr weite Spannbreite der Parameter auf. Diese zwar seltenen, aber dennoch vorhan-

denen „Ausreißer“ entstehen möglicherweise durch dezentrale Fixation bei Augenbewegungen der Patienten.

Abschließend kann man anhand vorliegender Auswertung sagen, dass die optische Kurzkohärenzpachymetrie eine erhöhte Sicherheit während der LASIK-Behandlungen gewährleistet. Vor allem bei Nachbehandlungen, die eine erhöhte Präzision der Excimerlaser-Ablation erfordern, ist die kontinuierliche Kurzkohärenzpachymetrie sinnvoll.

## Literatur

1. SANDOVAL HP ET AL.: Refractive Surgery Survey 2004. *J Cataract Refract Surg* 2005;31:221–233
2. KHALID T ET AL.: Risk factors for Corneal Ectasia after LASIK. *Ophthalmology* 2006;113:1618–1622
3. RANDLEMAN B, RUSSELL B, WARD M ET AL.: Risk Factors and Prognosis for Corneal Ectasia after LASIK. *Ophthalmology* 2003;110:267–275
4. SEILER ET AL.: Iatrogenic keratectasia after laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 1998;14:312–317
5. NEUHANN T ET AL.: Online optical coherence pachymetry as a safety measure for laser in situ keratomileusis treatment in 1859 cases. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:1273–1279
6. KOHNEN T ET AL.: Central corneal thickness measurement with online optical coherence pachymetry and ultrasound pachymetry in 513 consecutive eyes. *Klin Monatsbl Augenheilkd* 2009; 226(8):645–648
7. WIRBELAUER C ET AL.: Continuous monitoring of corneal thickness changes during LASIK with online optical coherence pachymetry. *J Cataract Refract Surg* 2004;30:2559–2568
8. PFAEFFL WA, KUNZE M, ZENK U ET AL.: Predictive factors of femtosecond laser flap thickness measured by online optical coherence pachymetry subtraction in sub-Bowman Keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:1872–1880
9. AURICH H, WIRBELAUER C, JAROSZEWSKI J ET AL.: Continuous measurement of corneal dehydration with online optical coherence pachymetry. *Cornea* 2006;25(2):182–184
10. MROCHEN ET AL.: Femtosecond laser for refractive corneal surgery: foundations, mode of action and clinical applications. *Ophthalmologie* 2006;103(12):1005–1013

# Ein neuer Ansatz im Bereich der refraktiven Chirurgie: ReLEx – Refractive Lenticule Extraction

B. Meyer

## Zusammenfassung

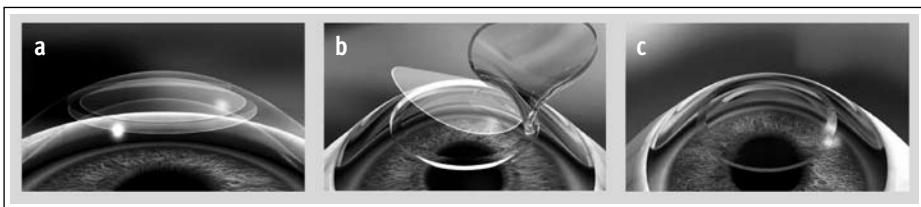
Bei Refractive Lenticule Extraction (ReLEx) handelt es sich um einen neuartigen Ansatz im Bereich der refraktiven Laserchirurgie, bei dem ausschließlich der Femto-Laser zum Einsatz kommt. Nach Präparation eines interstromalen refraktiven Lentikels mit dem Femto-Laser wird dieser anschließend mechanisch entfernt. Die ersten Ergebnisse kommen denen einer Femto-Lasik sehr nahe.

## Summary

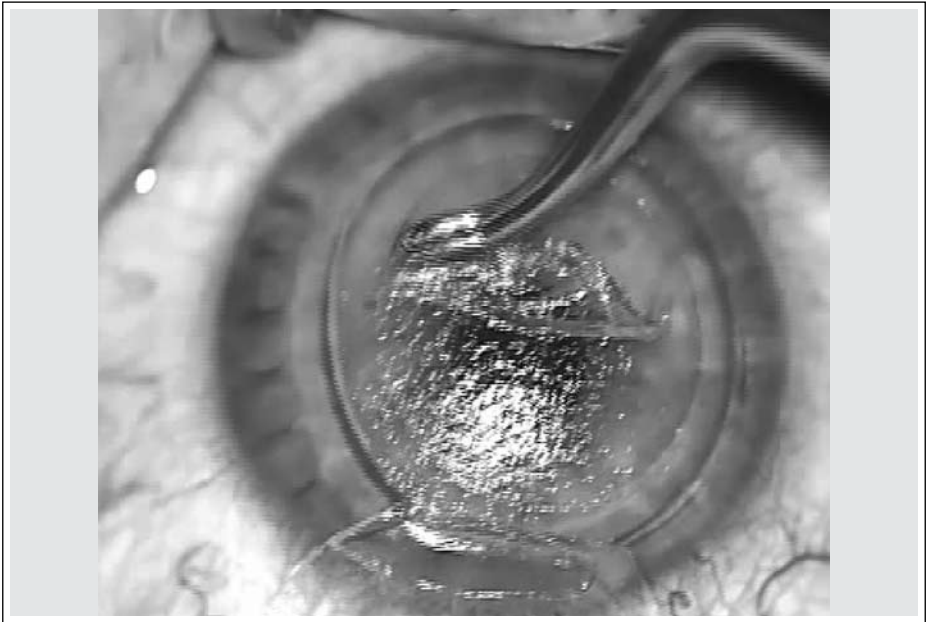
ReLEx (Refractive Lenticule Extraction) is a completely new approach in refractive laser surgery. It is an all-in-one Femto laser procedure while preparing an interstromal lenticule which is mechanically removed after preparation. The first results are close to standard Femto-Lasik procedure.

## Einleitung

Mit ReLEx ist es erstmals möglich, die Korrektur von Fehlsichtigkeiten nicht durch Laserablation mit einem Excimerlaser, sondern ausschließlich mit dem Femtosekundenlaser durchzuführen. Der entscheidende Unterschied zu den bisherigen ablativen Laserverfahren ist die Tatsache, dass die Refraktionskorrektur durch das Erzeugen eines refraktiven Lentikels (= refraktive Linse) innerhalb der intakten Kornea erfolgt (Abb. 1). Je nach Verfahren wird dieser refraktive Lentikel nach Anheben des Flaps mechanisch entfernt (FLEX = Femtosecond Laser Lenticule Extraction) (Abb. 2) oder ohne Anheben eines Flaps durch einen kleinen Schnitt schonend extrahiert (Smile = Small Incision Lenticule Extraction). Erste Flex-Erfahrungen wurden 2007 von Prof. Sekundo (Marburg) und von PD Dr. Blum (Erfurt) vorgestellt. Dr. Rupal Shah (Indien) propagiert seit 2008 das Smile-Verfahren.



**Abb. 1:** Ablauf der ReLEx: a) Präparation des Lentikels innerhalb der intakten Hornhaut, b) Öffnen des Flaps und mechanische Extraktion des Lentikels, c) Reposition des Flaps

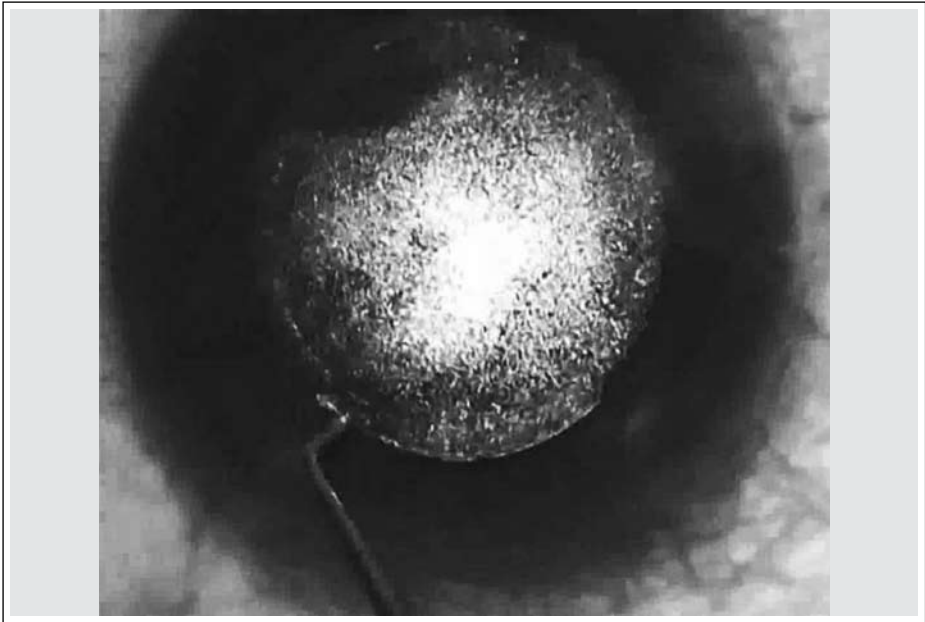


**Abb.2:** Mechanische Entfernung des vorpräparierten Lentikels

## Vorteile

Im Augen OP Centrum Köln arbeiten wir mit dem Visumax-Femtosekundenlaser der Firma Carl Zeiss Meditec. Dieser ermöglicht eine extrem präzise dreidimensionale Schnittführung sowie eine stabile Positionierung des Gerätes am Auge. Hierfür kommt ein auf diese Anforderungen abgestimmtes gekrümmtes Kontaktglas zum Einsatz. Die Ansaugung dieses Kontaktglases am Auge ist sehr schonend; es kommt weder zu einer signifikanten Erhöhung des Augeninnendruckes noch zu einem temporären Visusverlust. Der Patient kann während der gesamten Laserprozedur ein integriertes Fixationslicht wahrnehmen. Durch den neuen 500-kHz-Laserkopf ist es nicht nur möglich, die Behandlungszeit deutlich zu reduzieren (Lenticule Creation Time  $< 25$  sec.), sondern auch durch einen engeren Spot- und Trackingabstand bei gleichzeitig reduzierter Energie eine sehr glatte Oberfläche des Lentikels zu erreichen. Dadurch lässt sich der Lentikel vom umgebenden Stroma sehr schonend separieren.

Ein weiterer Vorteil des Visumax liegt in seiner Autozentrierung auf die optische Achse. Somit erreichen wir automatisch eine perfekte Positionierung von Flap und Lentikel auf die „line of sight“. Das Design des refraktiven Lentikels ist bereits im Vorfeld wellenfront-optimiert und asphärisch berechnet, sodass im Gegensatz zur Ablation mit dem Excimerlaser bei der ReLEx nahezu keine sphärischen Aberrationen über die gesamte optische Zone induziert werden. Während bei dem FLEX-Verfahren der vorpräparierte Flap noch geöffnet werden muss, um den refraktiven



**Abb. 3:** SMILE = Small Incision Lentikule Extraktion

Lentikel mechanisch zu entfernen (Abb. 2), schneidet bei dem Smile-Verfahren der Laser keinen kompletten Flap, sondern nur einen kleinen peripheren Einschnitt, durch den der Operateur den Lentikel manuell extrahiert (Abb. 3). Der Vorteil des Smile-Verfahrens liegt darin, dass die obere Hornhautschicht (insbesondere die Bowman-Membran) weitgehend intakt bleibt und somit die mechanische Stabilität der Hornhaut sowie deren Oberflächenspannung in weit geringerem Maße beeinflusst wird als bei einem Verfahren mit Flap. Typische postoperative Flap-Komplikationen (z. B.: Striae, Dislokation, Epithelzellen unter dem Flap) sind nicht zu erwarten. Darüber hinaus werden erheblich weniger Nervenfasern in der Hornhaut durchtrennt, sodass die postoperative Inzidenz trockener Augen deutlich reduziert wird.

Da bei ReLEx die komplette Refraktionskorrektur in der intakten Kornea stattfindet, ist diese neue Methode im Vergleich zur LASIK mit dem Excimerlaser unabhängig von äußeren Einflüssen wie Raumtemperatur, Luftfeuchtigkeit, Debris-Absorption und Air flow. Auch individuelle Hornhauteigenschaften haben nahezu keinen Einfluss auf die Reproduzierbarkeit des Femtosekundenlaser-Lentikelschnitts und somit auf die Vorhersagbarkeit des refraktiven Ergebnisses. Insbesondere bei hohen Refraktionswerten überzeugt das ReLEx-Verfahren mit enormer Präzision.

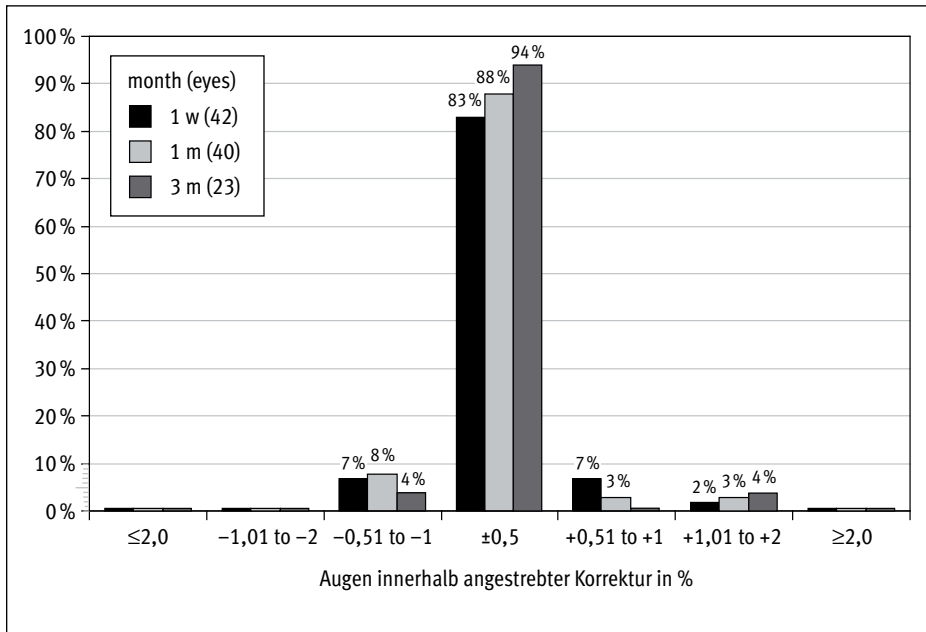


Abb.4: Relex: erste refraktive Ergebnisse

## Ergebnisse

Bisher kam die ReLEx vornehmlich zur Korrektur von Myopie und myopem Astigmatismus zum Einsatz. Hier gibt es inzwischen Langzeiterfahrungen von mehr als drei Jahren. Der Behandlungsbereich bzw. die Kontraindikationen entsprechen dabei den KRC-Richtlinien zur Durchführung einer LASIK-Operation. Insbesondere darf der Grenzwert für die verbleibende Restdicke nach der Behandlung von mindestens 250  $\mu$  nicht unterschritten werden. Zur Behandlung von Hyperopien gibt es erste Studienergebnisse von Prof. Sekundo (Marburg) in Zusammenarbeit mit PD Dr. Blum (Erfurt).

Wir haben das ReLEx-Verfahren seit September 2010 an 42 Augen (23 Patienten; mittleres sphärisches Äquivalent  $-6,07$  dpt; optische Zone 6,5 mm) in unserem Laserzentrum durchgeführt:

Die ersten postoperativen Refraktionsergebnisse sind sehr ermutigend und durchaus mit einer Standard-LASIK-Operation vergleichbar: Nach einem Monat liegen 88 % innerhalb  $\pm 0,5$  dpt an der Zielrefraktion (Abb. 4) und über 80 % der Augen haben einen sc Visus von 1,0 oder besser. Zeilenverluste von mehr als einer Linie wurden nach einem Monat nicht mehr beobachtet. Lediglich der Erholungszeitraum des postoperativen Visus ist im Vergleich zur herkömmlichen Femto-LASIK verlängert (Abb. 5). Während des bisherigen Nachkontrollzeitraums war die Stabilität der Refraktion hervorragend. Die postoperativen Topografien zeigen eine große homogene optische Zone mit leicht prolater Form (Abb. 6). Zusätzliche Wellenfrontmessungen



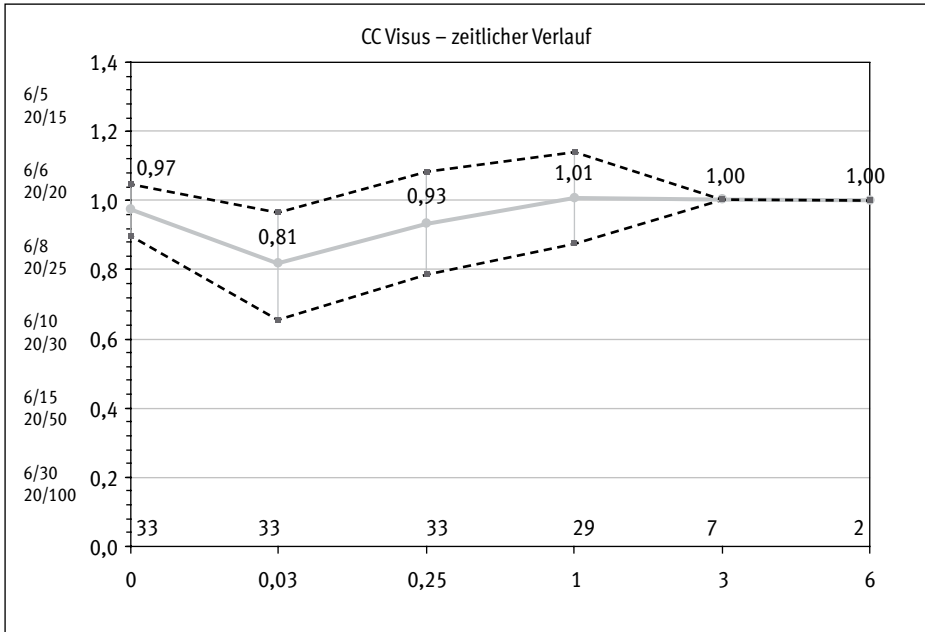


Abb. 5: Visuserholung nach Relex

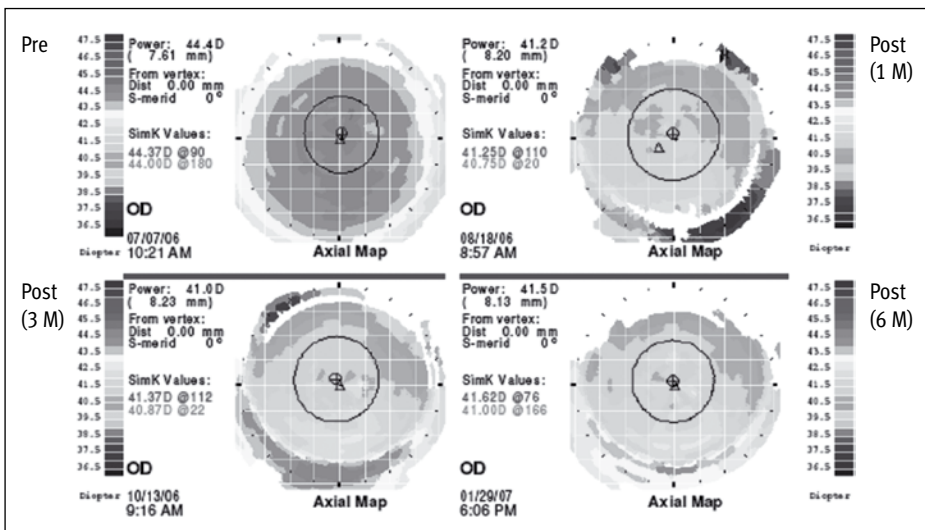


Abb. 6: Prä- und postoperative Topographien nach Relex

haben bestätigt, dass durch die Lentikelextraktion keine zusätzlichen Aberrationen höherer Ordnung (insbesondere keine sphärischen Aberrationen) induziert werden.

Bislang überschaubar ist für die ReLEx im Vergleich zur Femto-LASIK lediglich ein Erfahrungszeitraum von drei bis vier Jahren bei myopen Behandlungen. Erste Hyperopieergebnisse liegen vor. Erfahrungen über spezielle topografie- oder wellenfront-gesteuerte Behandlungen gibt es nicht. Kleine Korrekturen (unter  $-3,0$  dpt) sind aufgrund der geringen Lentikeldicke bislang nur bedingt möglich. Ebenso müssen die Möglichkeiten für eine eventuelle Nachkorrektur noch optimiert werden: Aufgrund des üblicherweise nur sehr kleinen Restwertes ist eine erneute Lentikelpräparation und -separation kaum darstellbar. Nach erfolgter Flex besteht somit nur die Möglichkeit eines Re-Liftes mit anschließender Excimerlaser-Ablation; nach einer Smile bleibt nur die Möglichkeit einer Oberflächenbehandlung im Sinne einer PRK.

## Zusammenfassung

Zusammenfassend kann ich festhalten, dass ReLEx ein vielversprechendes neues refraktives Verfahren darstellt. Insbesondere mit der Smile-Variante werden hervorragende refraktive Ergebnisse erzielt, ohne einen Flap anheben zu müssen.

## Literatur

1. SHAH R: Results of small incision lenticule extraction: All-in-one femtosecond laser refractive surgery. *J Cataract Refract Surg* 2011;37:127–137
2. SEKUNDO W, JUNERT K, RUSSMANN C ET AL: First 6 months results of the Femtosecond Lenticule Extraction (FLEx), the new investigational refractive procedure for myopic correction. *J Cataract Surg* 2008;34:1513–1520
3. SHAH R: Changing paradigm in refractive surgery. Advanced FLEx results. Presented at the Annual Symposium of the ASCRS, San Francisco, 2nd of April 2009
4. BLUM M, KUNERT K, GILLE A, SEKUNDO W: LASIK for Myopia using the Zeiss VisuMax Femtosecond Laser and MEL 80 Excimer Laser. *J Cataract Refract Surg* 2009;25:350–356

# Qualitätsmanagement/Varia



# Ausbildungsstrategien zum Kataraktchirurgen/ zur Kataraktchirurgin

C. Faschinger, D. F. Rabensteiner

## Meine Erfahrungen

Meine eigene Erfahrungen als Schüler bis zur Phakoemulsifikation: Beginn mit Lidtumor-, Lidfehlstellungs- und Verletzungschirurgie, Tränenwegschirurgie, Eviszerationen und Enukeationen, Pterygiumexzisionen. Dann intraokulare Chirurgie: intrakapsuläre Kryoextraktion, extrakapsuläre Kernexpression und schließlich Phako. Bis dato ~25.000 Kataraktoperationen.

Meine eigene Erfahrungen als Lehrender der Phako (zehn Kollegen und Kolleginnen ausgebildet):

*Grundsatz 1:* Respekt vor dem Auge des Patienten.

*Grundsatz 2:* Kein Auge darf durch den Ausbildungsvorgang einen groben Schaden erleiden.

## Weitere Voraussetzungen

- Umgang mit dem Mikroskop (gute Übung: Pterygiumoperationen mit freier Bindehautplastik unter dem Mikroskop);
- Phakokurs und Nähkurs, fundierte theoretische Kenntnisse über Gerätschaften (Peristaltik, Vakuum, Flow, Power etc.), Viskosubstanzen, Anästhesiemöglichkeiten und Biometrie/Intraokularlinsen;
- Nur ein Lehrer pro Schüler. Nicht jeder Chirurg hat eine idente Technik, anfangs soll sehr pragmatisch ausgebildet werden, Variationen können später dann eingebaut werden;
- Keine Rotblindheit, da verkürztes Spektrum, Schwierigkeiten bei Rhexis („Rotlicht“);
- Positives Stereosehen, da sonst Schwierigkeiten bei der Tiefenwahrnehmung der Instrumente;
- Selbe Händigkeit, womöglich auch keine Mischung Brillenträger–Nichtbrillenträger, da sonst die Okulare immer verändert werden müssen;
- Assistenz bei rund 50 Phakos;
- Zeit, Geduld bei allen Beteiligten (auch OP-Personal);
- Falls Zugang: OP-Simulationen (EyeSi oder Virtual Mentor, sehr teure Systeme)

## Operation

Wichtig: Nicht chronologische Reihenfolge, sondern gestaffelt nach Schwierigkeitsgrad. Devise: „Einfaches zuerst, Schwieriges zuletzt“:

1. Parazentese(n) und Lernen des Umgangs mit Kanülen: Einbringen von Substanzen in das Augeninnere, wie Suprarenin, Antibiotikum oder Viskosubstanz(en).  
Tonisieren des Bulbus am Ende der Operation durch Hydratation des Tunnelschnittes.
2. Implantation der Kunstlinse über einen Injektor, besonders mit vorgeladenem. Ein richtiges Erfolgserlebnis!
3. Zur Erlernung und Gewöhnung an die Auswirkungen des Druckes auf das Fußpedal: Absaugen der Viskosubstanz nach der Implantation. Geht dies, dann Absaugen von Rindenresten zuerst fern des Tunnels, dann auch subinzisional.
4. Hydrodissektion und Hydrodelineation. Diese sind je nach Kernbeschaffenheit unterschiedlich. Wenn möglich, anschließend Rotation des Kerns.
5. Korneal-limbaler Tunnelschnitt, nicht zu kurz, da sonst nicht dicht, aber auch nicht zu lang, sonst entstehen zu viele korneale Falten. Die Schärfe dieser Messer ist anfänglich verblüffend.
6. Phako: Schaffung eines Grabens, Teilen des Kerns in zwei Hälften durch tiefes Einbringen der Instrumente, dann seitliche Einkerbung und Teilen in Viertel mit anschließender Entfernung aller Quadranten (divide and conquer). Dies gelingt meist sehr gut und ist nicht so gefährlich, da nach posterior noch schützende Rinde vorhanden ist.

Zuletzt werden die beiden schwierigsten Teile durchgeführt:

7. Rhexis: Man kann sie etwas mit Stanniolpapier trainieren (uns wurden damals blanchierte Tomaten empfohlen, ist aber viel zu aufwendig!). Beginn mit Nadel gegen den Uhrzeigersinn, bei Wunsch mit Pinzette.
8. Entfernung des Epinukleus mittels Phako. Das vorsichtige Ansaugen, das minimale Abgeben von Phakoenergie (gut möglich im Pulsmodus), das geduldige (Visko-)Mobilisieren bei fester Haftung, die Vermeidung von iatrogenen Zonulaschwächungen stellen doch hie und da Herausforderungen dar.

So schaut dann summarisch dieses stufenweise Operationslehrvorgehen aus:

Stufen	Aktionen
1	Parazentese(n), Einbringen von Substanzen ins Augeninnere, Spülen mit Kanüle
2	Implantation der Kunstlinse mit Injektor
3	Absaugen von Visko und dann Rindenresten
4	Tunnelschnitt, möglichst korneal
5	Hydrodissektion, Hydrodelineation
6	Phako des Kerns (divide and conquer)
7	Kapsulorhexis
8	Phako des Epinucleus

Wichtig ist, anfangs immer einfache Augen mit weiten Pupillen, nicht zu tiefer Lage, gutem Rotreflex, nicht zu hartem und nicht zu weichem Kern auszuwählen.

Falls alle Schritte zur Zufriedenheit beider beherrscht werden, kann der Auszubildende dann die Operation als Gesamtoperation am Stück durchführen. Zumindest 50 einfache Augen sollten ohne Probleme operiert werden, wobei man als Ausbilder assistiert. Man steigert dann die Selbstständigkeit des Jungoperators und ist für etwaige Probleme verfügbar. Auch Augen mit engeren Pupillen und härteren Kernen können beigemischt werden.

Die Kenntnisse der Verwendung von Irisretraktoren, Kapselspannringen und anderer Techniken, wie des Chopings, werden im Anschluss langsam vermittelt. Ein Phakokurs für Fortgeschrittene mit Komplikationsmanagement wäre ebenso empfehlenswert. Das Studium eigener und frei zugänglicher Videoaufnahmen kann zum tieferen Verständnis beitragen ([eyetube.net](http://eyetube.net), [eyemovies.co.uk](http://eyemovies.co.uk)).

Mit verdientem Lob und ausreichend Anerkennung darf nicht gespart werden!

## Qualitätskontrolle

Eine Komplikation ist die nicht beabsichtigte Eröffnung der hinteren Linsenkapsel. Wenn sie mit einer Vitrektomie verbunden ist, ist dies schon schwerwiegend. Verpflichtend ist die Eintragung der Ursache der Komplikation in den Operationsbericht, wie Druck von hinten, Patient bewegt plötzlich das Auge, Kapselriss beim Absaugen unterhalb des Tunnelschnittes etc. Die Ursachenanalyse bringt eventuelle Schwächen zutage, die dann nochmals gezielt gelehrt und besonders trainiert werden.

Wie geht es weiter? Im Zeitverlauf können dann auf einem vorgegebenen Excel-Blatt mit an sich variablen Annahme- (5 %) und Ablehngrenzen (10 %) die Komplikationen sequenziell im Sinne einer kumulativen Summe (CUSUM-Kurve, kann bei dem Autor kostenfrei angefordert werden) eingetragen werden. Dies ist eine sehr rationale Diskussionsbasis, und man erkennt recht schnell, ob eine weitere enge Observanz notwendig ist.

Eine gut strukturierte operative Ausbildung zahlt sich für alle Beteiligten aus: für den Patienten, da sein Auge nicht leidet, für den Auszubildenden, da er mit Freude und ohne Schikanen Schritt für Schritt kleine Erfolgserlebnisse summiert und für den Ausbilder, der möglicherweise sich später unter seinen Schülern den Chirurgen für seine eigene Kataraktoperation aussuchen kann.





# Datenerhebung zur Qualitätssicherung in der Kataraktchirurgie – wann erheben wir welche Daten?

D. M. Handzel, S. Briesen, C. M. Dardenne, R. M. Remmel

## Zusammenfassung

**Fragestellung:** Evaluierung der Durchführbarkeit und Validität automatisierter objektiver Refraktionserfassung am ersten postoperativen Tag nach moderner Kataraktchirurgie.

**Methodik:** Literaturrecherche und Vergleich mit eigenen Ergebnissen von Untersuchungen früher Refraktionsbestimmung nach Kataraktchirurgie unter besonderer Berücksichtigung einer möglichen Verwendung für die Qualitätssicherung.

**Ergebnisse:** In zwei eigenen Untersuchungen lagen 75 % bzw. 72 % der ausgewerteten Patienten innerhalb von  $\pm 1$  dpt. Weiter zeigte sich ein hyperoper shift (ca. 1 dpt) im Vergleich der Messungen. Positiv hob sich dagegen der hohe Anteil an auswertbaren Datensätzen ab. Am ersten postoperativen Tag konnten 94 % der Augen ausgewertet werden.

**Schlussfolgerungen:** Die frühe automatisierte Refraktion kann aussagekräftige Daten liefern. Aufgrund der hohen Schwankungsbreite ist sie wahrscheinlich nicht geeignet, die Qualität von Kataraktoperationen im Hinblick auf die Refraktion abzubilden. Eine Modifikation der Auswertung am ersten postoperativen Tag – z. B. bereits ein präoperativer Ausschluss von Problemfällen (harte Kerne, Synechien etc.), die einer gesonderten postoperativen Auswertung zugeführt werden – könnte bei geringem Mehraufwand die Genauigkeit erhöhen und gleichzeitig den Anteil der auswertbaren Daten auf hohem Niveau halten.

## Summary

**Purpose:** Evaluation of the feasibility and validity of automated objective refraction on the first postoperative day after modern cataract surgery.

**Methods:** Review of the literature and comparison with own data concerning early refraction after cataract surgery. A major concern was the use of the results in respect of quality management.

**Results:** Two studies of our group showed 75 %/72 % of the patients in a range of  $\pm 1$  D. In addition to that there was a hyperopic shift of about 1 D. A positive result was a high percentage of usable data sets. On the first day after surgery 94 % of all eyes were eligible to data acquisition.

**Conclusion:** Refractive data from the early postoperative period can provide useful data for qualitative control.

## Organisation der modernen Kataraktchirurgie und Auswirkungen auf das postoperative Monitoring

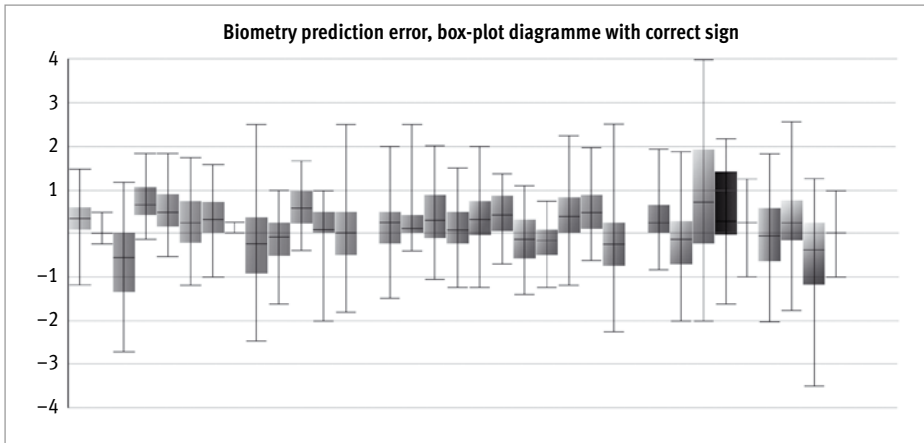
Im Jahr 2008 erfolgten in Deutschland 88 % aller Kataraktoperationen ambulant [20]. Die Operation an sich und die postoperative Nachbehandlung werden dabei oft von unterschiedlichen Dienstleistern durchgeführt. Die operative Versorgung findet zunehmend in spezialisierten Zentren statt, die Vor- und Nachbehandlung wird häufig von niedergelassenen, konservativ tätigen Augenärzten übernommen. Diese Form der Arbeitsteilung bedeutet für das Monitoring der Operationsergebnisse eine zusätzliche Herausforderung. Zwar können intraoperative Komplikationen dokumentiert werden, der Operateur erlangt jedoch nur eingeschränkt Kenntnis über die erzielten Langzeitergebnisse wie postoperative Refraktion, Nachstarrate und Visusentwicklung.

Regionale, nationale oder übernationale Qualitätsregister können eine systematische Verbreitung und Auswertung von Informationen ermöglichen; die meisten Ergebnisse der Kataraktchirurgie kommen jedoch aus Einzel- oder Multicenterstudien, nationale Register sind nicht die Regel. Zurzeit bestehen diese nach unserem Wissen lediglich in Schweden (Swedish National Cataract Registry – NCR) [11] und in Großbritannien [5].

Die European Society of Cataract and Refractive Surgeons (ESCRS) hat unlängst zusammen mit mehreren nationalen Verbänden ein Qualitätsregister unter dem Namen EUREQUO eingeführt. Ziele sind die Evaluierung der chirurgischen Ergeb-

The screenshot shows the EUREQUO web application interface. At the top left is the EUREQUO logo with the tagline 'Improve your surgical outcomes by monitoring your results'. Below the logo is a navigation bar with 'Home > Registry' and a user login 'brocato@lagdev Logout'. The main content area is titled 'REFRACTIVE SURGERY' and is divided into four tabs: 'Patient', 'Preoperative', 'Intraoperative', and 'Postoperative'. The 'Postoperative' tab is active, showing fields for 'Date of examination\*', 'Follow up completed\*', 'Uncorrected VA operated eye\*', 'BCVA operated eye\*', and 'Refraction data operated eye\*'. Below this is a section for 'In presbyopic surgery' with fields for 'Near uncorrected VA operated eye\*', 'Near BCVA operated eye\*', 'Near refraction data operated eye', and 'Postoperative complications\*'. A 'Mandatory\*' section includes 'Coding guidelines'. At the bottom right, there are 'Save' and 'Save and finalize' buttons. The right sidebar contains logos for the European Union and the National Agency for Health and Consumers.

Abb. 1: Eingabemaske EUREQUO



**Abb. 2:** Vergleich eigener Ergebnisse mit anonymisierten Daten anderer Operateure auf der EUREQUO-Plattform

nisse, Verbreitung der Ergebnisse auf nationaler und europäischer Ebene und die Entwicklung europäischer Qualitätsleitlinien (siehe auch <http://www.eurequo.org>). EUREQUO erlaubt die Übermittlung von kurzfristigen (bis zu sechs Tage postoperativ) und/oder langfristigen Daten (Abb. 1, 2).

Die Erhebung langfristiger Daten stellt in mehrfacher Hinsicht eine Herausforderung dar: Zum einen ist die Menge der Daten, die gesammelt, aufbereitet und verarbeitet werden muss, sehr umfangreich. Außerdem gehen mit zunehmendem zeitlichen Abstand von der Operation Patienten der Auswertung verloren. Dies betrifft sowohl Patienten mit kompliziertem Verlauf, die nach komplizierter Operation bzw. postoperativem Verlauf und subjektiv unbefriedigendem Ergebnis den Arzt wechseln. Zum anderen aber auch Patienten, die nach subjektiv zufriedenstellendem Operationsergebnis nicht mehr zu den vereinbarten Kontrollterminen erscheinen.

In der vorliegenden Studie untersuchen wir, inwieweit die Refraktion und der Visus als „klassische Qualitätsmarker“ am ersten Tag nach der Operation mit später erhobenen Werten übereinstimmen, und machen Aussagen zu deren Verwendung in der Qualitätskontrolle.

## Methodik

In einer retrospektiven Analyse [1] wurde die Aussagekraft von Refraktionsbestimmung und Visus am ersten postoperativen Tag untersucht. Es wurden Patienten eingeschlossen, die sich zwischen dem 01.01.2009 und dem 31.12.2009 einer Kataraktoperation unterzogen.

Am ersten postoperativen Tag wurden bei den Patienten eine automatisierte objektive Refraktion sowie eine Visusprüfung mit der angegebenen Refraktion durchgeführt, die Autorefraktion wurde durch den untersuchenden Arzt bestätigt, gegebenenfalls wurde eine subjektive Refraktion durchgeführt. Nach frühestens sechs

Wochen wurde eine subjektive Refraktion zur Brillenanpassung durchgeführt und der bestkorrigierte Visus erhoben.

Die statistische Auswertung erfolgte mithilfe der Software SPSS Version 15. Die Refraktionswerte wurden in sphärische Äquivalente (SÄ) überführt. Die Autorefraktion wird häufig als der subjektiven Refraktion unterlegen angesehen. Allerdings wird allgemein akzeptiert, dass die Autorefraktion einen guten Anhaltspunkt über den refraktiven Status eines pseudophaken Patienten geben kann, insbesondere da hier keine Veränderung durch Akkommodation zu erwarten ist [14, 18].

## Ergebnisse

105 Patienten mit einem Durchschnittsalter von 72 (51 bis 91) Jahren wurden eingeschlossen. Es waren 43 Männer sowie 62 Frauen. 36 Patienten (20 Frauen) wurden beidseitig operiert, bei diesen Patienten wurde jeweils nur ein Auge randomisiert für die Analyse ausgewählt. Die mittlere Zeit zwischen Operation und der finalen subjektiven Refraktion betrug 48 Tage (40 bis 89 Tage). Die präoperative bestkorrigierte Sehschärfe (BCVA) des für die Analyse ausgewählten Auges wird in Tabelle 1 gezeigt.

VA (logMAR)	n	%	Gesamt-%
<0,3	44	41,9	41,9
0,3–0,4	24	22,9	64,8
0,5–0,6	16	15,2	80,0
0,7–0,8	6	5,7	85,7
>0,8	15	14,3	100,0
Total	105	100,0	

Tab. 1: Präoperativer Visus (logMAR)

## Vorbestehende Augenerkrankung, intraoperative Komplikationen und Ergebnisse der Operation

Sämtliche Operationen wurden komplikationslos durchgeführt. Okuläre Komorbiditäten bestanden in 40,9 % der Fälle. Am häufigsten bestand als Nebenfund eine Makuladegeneration, die für 40 % der zusätzlich bestehenden Komorbiditäten verantwortlich war, gefolgt von einem signifikanten Refraktionsfehler ( $\pm 3$  dpt), der in 35 % der ausgewählten Augen vorlag, sowie Glaukom mit 14 %.

## Korrelation zwischen Tag 1 und finaler Refraktion

Die mittlere Differenz zwischen der Refraktion am ersten postoperativen Tag sowie nach sechs Wochen betrug  $-0,38$  dpt. Die Messungen lagen innerhalb von  $\pm 0,5$  dpt in 48,5 % und innerhalb von  $\pm 1$  dpt in 75,8 % aller Augen (Tab. 2). Dabei zeigte sich eine mäßig gute Korrelation (Pearson Correlation  $r = 0,668$ ) (Abb. 3).

Agreement (D)	n	Gesamt-%
±0,25	27	27,3
±0,5	21	48,5
±1	27	75,8
±2	21	97,0
>2	3	100,0
Total	99	100,0

Tab. 2: Übereinstimmung zwischen Tag 1 (Autorefraktion) und finaler subjektiver Refraktion

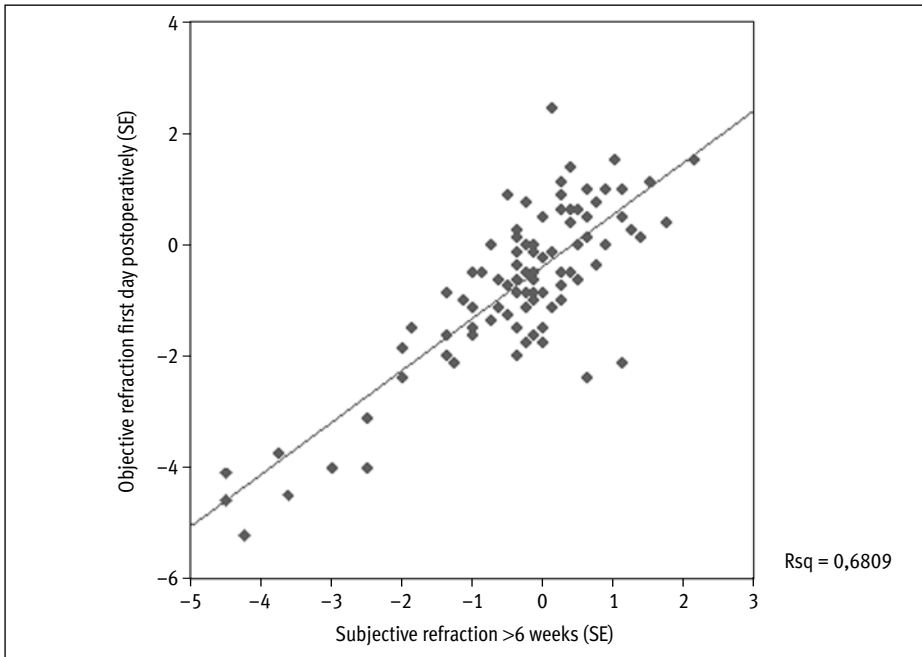
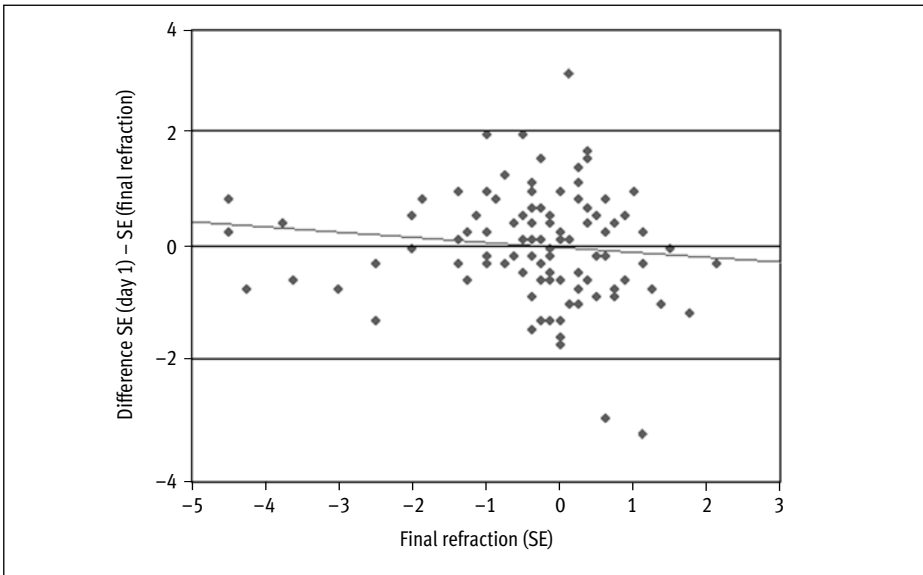


Abb. 3: Übereinstimmung zwischen Tag 1 (Autorefraktion) und finaler subjektiver Refraktion

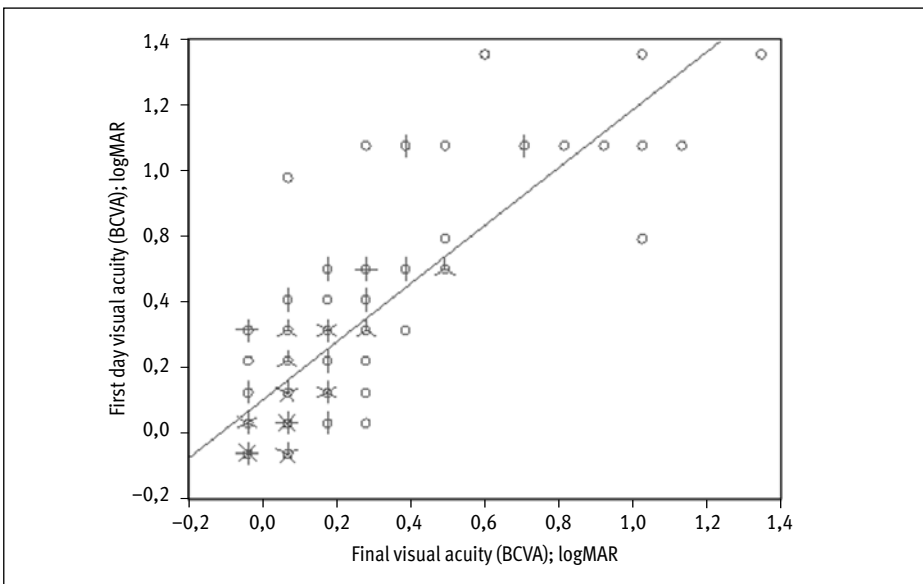
Eine getrennte Analyse der einzelnen Chirurgen ergab keinen signifikanten Unterschied. Ebenfalls zeigte sich keine Beziehung der Differenzen zwischen den sphärischen Äquivalenten der beiden Messungen einerseits sowie der Zielfraktion andererseits (Abb. 4).

**Korrelation zwischen Tag 1 und finaler bestkorrigierter Sehschärfe (BCVA)**

Ein postoperativer, bestkorrigierter Visus von 0,5 (logMAR 0,3) oder besser wurde in 80,4 % aller Fälle erreicht. Dieser Wert stieg auf 96 % in Augen ohne signifikante okuläre Komorbiditäten an. Sechs Augen (6 %) hatten einen finalen bestkorrigierten Visus von 0,1 oder schlechter (logMAR 1,0).



**Abb. 4:** Bland-Altman-Plot (Differenz Tag 1 und 6 Wochen post-OP/manifester finaler Refraktion)



**Abb. 5:** Scatterplot der Korrelation BCVA Tag 1/6 Wochen post-OP

Alle Augen, die eine BCVA von wenigstens 0,32 (logMAR 0,5) an Tag 1 erreichten, ( $n = 79$ ) hatten eine finale BCVA von 0,5 oder besser (logMAR 0,3). Im Vergleich dazu erreichten diese Sehschärfe lediglich zwei Augen (14 %), die am ersten Tag 0,1 (logMAR 1,0) oder schlechter gesehen hatten. Die Beziehung zwischen dem ersten postoperativen Tag sowie nach sechs Wochen ist in Abbildung 5 dargestellt.

### Regressionsanalyse

Alter, Geschlecht, präoperative Sehschärfe, vorbestehende Augenerkrankungen, postoperative Sehschärfe und postoperative Refraktion wurden in eine lineare Regressionsanalyse eingeschlossen. Vorbestehende Augenerkrankungen (BETA: 0,37; p-Wert: 0,002) und präoperativer bestkorrigierter Visus (BETA: 0,47; p-Wert: 0,001) zeigten eine signifikante und unabhängige Korrelation in der Übereinstimmung zwischen der Refraktion und dem Visus am ersten postoperativen Tag sowie nach sechs Wochen.

Die Übereinstimmung zwischen Refraktionsergebnis und Visus war besser in Augen mit einem präoperativ besseren Visus und bei Abwesenheit weiterer Begleiterkrankungen.

### Diskussion und Literaturvergleich

Unmittelbar postoperativ erhobene Daten zu Refraktion und Visus werden selten benutzt, um das Ergebnis einer erfolgten Kataraktoperation zu charakterisieren. Allerdings gibt es unter Verwendung moderner Klein- und Kleinstschnittstechniken sehr häufig eine gute refraktive Stabilität sowie einen guten und validen Visus am ersten postoperativen Tag („instant vision“), sodass wir glauben, dass die Signifikanz dieser zeitnah zur Operation erhobenen Daten und ihre Bedeutung in der Analyse von Operationsergebnissen neu bestimmt werden sollte.

Olsen und Mitarbeiter [13] verglichen 1995 die Ergebnisse am ersten postoperativen Tag mit Langzeitergebnissen – zu einer Zeit, als die intrakapsuläre und extrakapsuläre Kataraktextraktion (ICCE bzw. ECCE) noch häufiger angewendet wurde – und fanden eine gute Korrelation zwischen den jeweiligen Ergebnissen. In einer unlängst veröffentlichten, prospektiven Studie an Augen mit härteren oder maturen Katarakten nahmen Briesen et al. [2] zur Bedeutung von Refraktion und Visus vom ersten postoperativen Tag Stellung. Hier lagen 72 % der operierten Augen innerhalb 1 dpt von der endgültigen Refraktion. Der Ansatz war hier jedoch ein grundlegend anderer – es wurde versucht, in einem Entwicklungsland Minimalstandards zur Qualitätssicherung zu eruieren –, doch bestätigen die Ergebnisse die Aussagekraft kurzfristig erhobener Daten.

Die Korrelation zwischen der Refraktion vom ersten postoperativen Tag und nach frühestens sechs Wochen ist in der Gesamtheit aller analysierten Augen mit  $75 \% \pm 1$  dpt und  $97 \% \pm 2$  dpt als für statistische Zwecke befriedigend anzusehen. Eine bessere Korrelation wurde bei Augen mit nur mäßig ausgeprägter Katarakt und ohne weitere okuläre Begleiterkrankungen gefunden. Dies ist insbesondere darauf zurückzuführen, dass hier unter Verwendung niedrigerer Phakoenergie operiert wer-

den kann, die Kornea am ersten postoperativen Tag klar ist und refraktive Messungen entsprechend präziser durchführbar sind.

Nebenbefundlich bestehende Augenerkrankungen sind bei älteren Patienten gehäuft anzutreffen, bei diesen Patienten besteht in der Regel auch eine dichtere Katarakt, Messungen sind weniger genau und die Korrelation entsprechend schlechter. Okuläre Komorbiditäten sind in unseren Untersuchungen ähnlich häufig wie in vorhergehenden Berichten [9, 12, 13], wobei die altersabhängige Makuladegeneration der Hauptgrund für eine niedrige postoperative Sehschärfe darstellte. Es sei hierbei auch darauf hingewiesen, dass Autorefraktionswerte bei stark herabgesetzter Makulafunktion aufgrund der fehlenden Fixation stärker schwanken als bei gesunden Probanden.

Sowohl bei der Studie von Briesen et al. [2] als auch bei den eigenen Untersuchungen zeigte sich ein hyperoper shift von Tag 1 bis zur Untersuchung nach sechs Wochen (0,38 dpt). Tu und Gaskell [17] berichten über einen Vergleich von objektiver Refraktion direkt postoperativ sowie vier bis sieben Wochen postoperativ. Hier wurde ebenfalls ein hyperoper shift von 1,11 dpt festgestellt.

Gründe für diese leichte Myopisierung am ersten postoperativen Tag im Vergleich zur finalen Refraktion können in einer noch teilweise anhaltenden medikamentösen Mydriasis und die hierdurch verursachten sphärischen Aberrationen liegen [4, 16, 19]. Ein anderer Grund ist eventuell hinter der IOL verbliebenes Viskoelastikum, das zu einer Vorverlagerung der Linse und einer dadurch höheren effektiven Brechkraft führen kann. Werden frühe postoperative Untersuchungen zur Beurteilung des refraktiven Ergebnisses herangezogen, um z. B. die A-Konstante zu optimieren, müsste dieser shift berücksichtigt werden.

Postoperativ erreichten 85,4 % aller Fälle einen Visus von 0,5 oder besser, bei Patienten ohne vorbekannte okuläre Komorbidität erreichten sogar 93,5 % 0,5 oder besser. Dies stimmt gut mit den Ergebnissen früherer Studien [5, 13, 15] überein.

Der Visus am ersten postoperativen Tag war zu einem großen Teil prädiktiv für den finalen Visus. Augen, die am ersten Tag 0,3 oder besser sahen, erreichten in allen Fällen 0,5 oder besser am Ende der Nachbehandlungszeit. Andererseits wurde bei Augen von einem Visus 0,1 oder schlechter selten eine signifikante Besserung dokumentiert.

### **Qualitätssicherung und Ergebnisqualität – Henne und Ei?**

Es ist gut belegt, dass prospektives Monitoring chirurgische Ergebnisse positiv beeinflusst [21]. Die Evaluation der postoperativen Refraktion z. B. führt zu einer intensiveren Auseinandersetzung mit der Durchführung und Auswertung der Biometrie und der Wahl der optimalen Linsenstärke.

In aller Regel findet ein solches Monitoring oder eine solche Qualitätssicherung in einer nicht systematisierten Form zwischen chirurgischen Zentren und den vor- und nachbehandelnden Augenärzten statt. Präoperativ wichtige Daten werden dem chirurgischen Zentrum übermittelt, operative Details, insbesondere komplizierte Verläufe werden routinemäßig in einem Arztbrief dem überweisenden Augenarzt mitgeteilt. Teilweise werden zur Qualitätssicherung Langzeitdaten der Refraktion sowie andere Besonderheiten zurück an das chirurgische Zentrum übermittelt.



## **EUREQUO – ein europäisches Register**

Eine Alternative stellt die Nutzung einer Onlineplattform dar, auf die sowohl vor- und nachbehandelnde Ärzte als auch der Operateur Zugriff haben und Daten über gemeinsame Patienten dort hinterlegen. Diese Daten können dann zur Qualitätskontrolle herangezogen werden.

Eine Ergebnisqualitätsplattform, die europaweit nutzbar sein wird, wurde kürzlich von der ESCRS zusammen mit nationalen Partnern – in Deutschland ist dies die DGII – unter dem Namen EUREQUO implementiert ([www.eurequo.org](http://www.eurequo.org)). Die Dateneingabe verschiedener Dienstleister (Operateur, nachsorgender Augenarzt) für einen gemeinsamen Patienten ist hier – bislang – jedoch nicht möglich. Eine solche Funktion ist wünschenswert.

Die Daten werden in der Datenbank gespeichert und sind für den Anwender weiter verwendbar. Die Daten anderer Teilnehmer sind für dritte nur anonymisiert einsehbar, ermöglichen aber so den Vergleich eigener Ergebnisse mit denen anderer Operateure.

## **Ausblick: Wann? Wen? Wie oft?**

Wenn man die ohnehin schon hohe Arbeitsbelastung klinisch tätiger Augenärzte in Betracht zieht, erscheint es fraglich, wie viele Ärzte sich an einer systematischen Evaluierung beteiligen werden, insbesondere da für die Erhebung der Daten keine Vergütung erfolgt. In den USA wurde ein elektronisches Qualitätsregister zur Kataraktchirurgie (National Eyecare Outcomes Network NEON), nach nur fünf Jahren aufgrund niedriger Beteiligung eingestellt [7, 8].

Eine systematische Auswertung aller OP-Fälle in einem nationalen Register stellt eine immense Arbeitsbelastung dar und ist ohne das Bereitstellen zusätzlicher Ressourcen nicht zu gewährleisten. Eine Alternative stellt die Auswertung aller OP-Fälle während eines begrenzten Zeitraums z.B. innerhalb eines Kalendermonats dar.

Eine weitere Arbeitsreduzierung ergäbe sich bei Verwendung kurzfristiger Daten. Aufgrund der unweigerlich höheren Schwankungsbreite ist die frühe postoperative Refraktions- und Visusbestimmung in der dargestellten Form wahrscheinlich jedoch nicht geeignet, die Qualität von Kataraktoperationen in ihrer Gänze abzubilden. Eine Modifikation der Auswertung am ersten postoperativen Tag – z. B. bereits präoperativer Ausschluss von Problemfällen (harte Kerne, Synechien etc.), die einer gesonderten längerfristigen Auswertung zugeführt werden – könnte bei geringem Mehraufwand die Genauigkeit aber zusätzlich erhöhen und gleichzeitig den Anteil der auswertbaren Daten auf hohem Niveau halten.

Langzeitdaten sind ohne Zweifel genauer, jedoch wird mit zunehmendem zeitlichen Abstand von der Operation eine immer größere Anzahl von Patienten der Auswertung aus unterschiedlichen Gründen nicht zur Verfügung stehen. Darum sollte im Zeitalter von „instant vision“ eine Evaluierung von kurzfristig erhobenen Daten neu erwogen werden. Weitere Studien über die Verlässlichkeit und Nutzbarkeit von frühen postoperativen Daten werden empfohlen. Daraus werden sich Evaluationsstandards zur Messung dieser Daten ergeben.

## Fazit

Operative Zentren sollten alle ihnen zur Verfügung stehenden OP-Daten zur Qualitätssicherung auswerten und die gewonnenen Ergebnisse für Verbesserungen nutzen. Hierbei sind auch Daten, die direkt nach der Operation gewonnen werden, in eingeschränktem Maße geeignet.

Um sowohl die intraoperativen Komplikationen als auch die langfristigen Komplikationsraten und Refraktions- und Visusdaten eines Patienten zu erfassen, ist es zwingend notwendig, dass sowohl der Operateur als auch der in der Nachsorge tätige Arzt an der Qualitätskontrolle teilnehmen. Dies ließe sich z. B. über ein internetbasiertes Netzwerk erreichen, bei dem von verschiedenen Seiten zugegriffen und Daten eingepflegt werden können.

## Interessenkonflikt

Der korrespondierende Autor gibt an, dass kein Interessenkonflikt besteht.

## Literatur

1. BRIESEN S, HANDZEL DM, REMMEL R, DARDENNE C: Usefulness of short-term data for evaluating cataract surgery outcomes. *J Cataract Refract Surg* 2011 Jan;37(1):210–211. Epub 2010 Nov 19
2. BRIESEN S, NG EY, ROBERTS H: Validity of first post-operative day automated refraction following dense cataract extraction. *Clin Exp Optom* 2011 Jan 24. doi: 10.1111/j.1444-0938.2010.00567.x. [Epub ahead of print]
3. BUSBEE BG, BROWN GC, BROWN MM: Cost-effectiveness of ocular interventions. *Curr Opin Ophthalmol* 2003 Jun;14(3):132–138
4. CARKEET A, VELAEDAN S, TAN YK ET AL.: Higher order ocular aberrations after cycloplegic and non-cycloplegic pupil dilation. *J Refract Surg* 2003;19:316–322
5. DESAI P, MINASSIAN DC, REIDY A: National cataract surgery 299 survey 1997–8: a report of the results of the clinical outcomes. *Br J Ophthalmol* 1999 Dec;83(12):1336–1340
6. FEDOROWICZ Z, LAWRENCE D, GUTIERREZ P: Day care versus in-patient surgery for age related cataract. *Cochrane Database Syst Rev* 2005 Jan 25;(1):CD004242
7. LUM F, SCHACHAT AP, JAMPEL HD: The development and demise of a cataract surgery database. *Jt Comm J Qual Improv* 2002 Mar;28(3):108–114
8. LUM F, SCHEIN O, SCHACHAT AP ET AL.: Initial two years of experience with the AAO National Eyecare Outcomes Network (NEON) cataract surgery database. *Ophthalmology* 2000 Apr;107(4):691–697
9. LUNDSTRÖM M, STENEVI U, THORBURN W: Outcome of cataract surgery considering the preoperative situation: a study of possible predictors of the functional outcome. *Br J Ophthalmol* 1999 Nov;83(11):1272–1276
10. LUNDSTRÖM M, BARRY P, LEITE E ET AL.: 1998 European Cataract Outcome Study: report from the European Cataract Outcome Study Group. *J Cataract Refract Surg* 2001 Aug;27(8):1176–1184
11. LUNDSTRÖM M, STENEVI U, THORBURN W: The Swedish National Cataract Register: A 9-year review. *Acta Ophthalmol Scand* 2002 Jun;80(3):248–257

12. NORREGARRD JC, HINDSBERGER C, ALONSO J ET AL.: Visual outcomes of cataract surgery in the United States, Canada, Denmark, and Spain: report from the International Cataract Surgery Outcomes Study. *Arch Ophthalmol* 1998;116:1095–1100
13. OLSEN T, BARGUM R: Outcome monitoring in cataract surgery. *Acta Ophthalmol Scand* 1995; 73:433–437
14. RAJ PS, AKINGBEHIN T, LEVY AM: Objective autorefractometry in posterior chamber pseudophakia. *Br J Ophthalmol* 1990;74(12):731–733
15. SCHEIN OD, STEINBERG EP, JAVITT JC ET AL.: Variation in cataract surgery practice and clinical outcomes. *Ophthalmology* 1994;101:1142–1152
16. TOH T, KEARNS LS, SCOTTER LW, MACKEY DA: Post-cycloplegia myopic shift in an older population. *Ophthalmic Epidemiol* 2005;12(3):215–219
17. TU KL, GASKELL A: Immediate postoperative objective refraction as an indication to final refraction in phacoemulsification surgery. *Br J Ophthalmol* 1998 Jul;82(7):8421
18. VILLADA JR, RAJ PS, LEWIS AE ET AL.: Comparative evaluation of the Allergan Humphrey 570 and Canon RK-1 autorefractors: II. Objective autorefractometry in pseudophakia. *Eye* 1992;6:287–289
19. WANG Y, ZHAO K, JIN Y ET AL.: Changes of higher order aberration with various pupil sizes in the myopic eyes. *J Refract Surg* 2003;19(2 suppl):S270–274
20. WENZEL M, PHAM D, SCHARRER A ET AL.: Ambulante Intraokularchirurgie: Ergebnisse der Umfrage 2008 von BDOC, BVA und der DGII – Rückblick über die letzten 20 Jahre. *Ophthalmol Chirugie* 2009;21:199–211
21. YORSTON D, GICHUHI S, WOOD M, FOSTER A: Does prospective monitoring improve cataract surgery outcomes in Africa? *Br J Ophthalmol* 2002 May;86(5):543–547



# Dem Faktor Mensch auf der Spur – Determinanten menschlicher Fehler in der Ophthalmochirurgie

K. Gerstmeyer, N. Marquardt, C. Treffenstädt, R. Gades

## Zusammenfassung

**Fragestellung:** Viele Modelle für menschliche Fehler bzw. für die Variabilität der menschlichen Leistungsfähigkeit (Reason, Rasmussen, Hollnagel) sind oft unzureichend in die Praxis umzusetzen. Wir überprüfen deshalb die Übertragbarkeit eines in der Luftfahrt und in sicherheitskritischen Industrien etablierten pragmatischen „Human Factor“-Fehlermodells („Dirty Dozen“, [3]) auf die Ophthalmochirurgie.

**Methodik:** Befragung von operierenden Augenärzten in Deutschland. Quantitative und qualitative Datenauswertung mit Faktorenanalyse (Hauptkomponentenanalyse) und Inhaltsanalyse.

**Ergebnisse:** Die quantitativen Ergebnisse zeigen, dass alle 12 Fehlerkategorien des „Dirty Dozen“-Modells eine ungefähr ähnlich hohe Bedeutung bei der Fehlerentstehung im OP haben. Nimmt man jedoch die relative Häufigkeit von qualitativen Beispielnennungen jeder Kategorie hinzu, dann zeigt sich ein differenzierteres Bild. Eine Hauptkomponentenanalyse ergibt zwei Faktoren (Eigenwerte  $>1$ , kumulierte aufgeklärte Varianz 58,95 %): Defizite in der sozialen Interaktion und belastende organisationale Rahmenbedingungen.

**Schlussfolgerungen:** Das Ergebnis spricht für die Systemperspektive der heutigen Fehlerforschung. Ähnliche Muster von Faktorenladungen bei anderen Studien zum „Dirty Dozen“-Modell geben Anlass zur Hoffnung einer Übertragbarkeit dieses Fehlermodells auf die Ophthalmochirurgie.

## Summary

**Background:** Most models of human error and the variability of human performance (Reason, Rasmussen, Hollnagel) often lack their ability in the field context. The basis of our evaluation is the human error concept of Dupont (“The Dirty Dozen”, [3]) – which identifies the 12 most contributing factors to errors, incidents and accidents. Can this tool used in aviation maintenance serve ophthalmology as well?

**Methods:** Investigation of German ophthalmic surgeons. Analysis of quantitative and qualitative results, principal component analysis with varimax rotation and content analysis.

**Results:** A content analysis confirmed that all 12 categories were represented as causes of human error. The relative frequency of qualitative examples, however, demonstrate a more differentiated result. Factor analysis yielded two factors (values  $>1$  for each, explaining 58,95 % of the variance): Social interaction (unsatisfactory co-operation in the team like lack of communication and teamwork, social norms and complacency) and organizational factors (onerous working atmosphere like pressure, stress and fatigue)

**Conclusions:** Our results confirm the system theoretical approach of today’s error research. Similar patterns of factor loading were confirmed in other studies for safety-critical working processes and give reason to hope of transferring the Dirty Dozen Model to incidents and adverse events occurring during ophthalmic surgery.

## Der Behandlungsfehler

Eine im deutschsprachigen Raum akzeptierte Definition eines Fehlers in der Patientenversorgung lautet:

*„Ein Fehler (...) ist (...) definiert als eine nicht beabsichtigte, oft auch nicht erwartete negative Reaktion auf eine bewusst oder unbewusst ausgeführte oder unterlassene Maßnahme.“ [7]*

Hierzu zählen z. B. nicht angemessene, sorgfältige, richtige und zeitgerechte Behandlungen oder eine die eigene Kompetenzgrenze überschreitende Maßnahme [9]. Ein Fehler liegt in organisatorischen, technischen und menschlichen Unzulänglichkeiten begründet.

Exakte ärztliche Fehlerstatistiken bei der konservativen und operativen Patientenversorgung in Deutschland liegen weder allgemein noch speziell für die Augenheilkunde vor. Bei fehlerinduzierten Gesundheitsstörungen handelt es sich sehr wahrscheinlich um ein globales Problem. Zumindest in den hoch entwickelten Industriestaaten ist mit vergleichbaren Fehlerraten zu rechnen. In der Harvard Medical Practice Study ergab 1984 eine retrospektive Analyse von 30.000 Krankenakten aus 51 Krankenhäusern des Staates New York in 3,7 von 100 Aufnahmen behandlungsinduzierte Gesundheitsschäden [2]. Bei 69 % dieser Fälle handelte es sich um fehlerbedingte Gesundheitsstörungen. Ollenschläger erwähnt eine Analyse von Leape aus dem Jahr 1994 mit 47.038 unerwünschten Ereignissen in der Chirurgie, von denen 74 % als potenziell vermeidbar klassifiziert werden [12].

Bei einer Übertragung des recherchierten Zahlenmaterials auf aktuell jährlich 17,5 Mio. Krankenhauspatienten in Deutschland wäre von knapp 650.000 unerwünschten Ereignissen auszugehen. Andere internationale Studien ergaben ähnliche Zahlen [19].

Eine zeitnahe Einschätzung liefert die deutsche Schlichtungsstelle in Zusammenarbeit mit der Ärztekammer: Sie geht davon aus, dass es in Deutschland bei jährlich etwa 40.000 Behandlungsfehlervorwürfen zu 12.000 anerkannten Behandlungsfehlern kommt [8, 17].

Neben der schlechten Verfügbarkeit der Fehlerstatistiken dürfte die unzureichende Verlässlichkeit der vorhandenen medizinischen Schadensdaten ein viel bedeutenderes Problem sein. Sie erklärt sich u. a. durch eine große Variabilität der Expertenmeinungen bezüglich der Beurteilung fehlerhafter Behandlungen mit in bis zu einem Viertel der Fälle divergierenden Ergebnissen, die die Validität und Reliabilität der Ergebnisse erheblich infrage stellen [14, 18, 19]. Nachdenklich stimmt auch, dass nur 80 % aller Ärzte meinen, eine falsche Behandlung sollte gemeldet werden, und nur 57 % überzeugt sind, dass eine nicht erhaltene, aber notwendige Behandlung gemeldet werden sollte, obwohl gerade letztere doppelt so häufig in unerwünschte Patientenvorfälle verwickelt ist wie vorgenommene Behandlungen [4]. Diese Einstellung belegt zudem eine wenig ausgeprägte Fehlerkultur, die eine kollektive Nutzung des fehlerimmanenten Lernpotenzials ungenutzt lässt.

## Modelle menschlicher Fehler in der Medizin

Eines der Standardmodelle zur systematischen Darstellung von Fehlern ist das Swiss-Cheese-Model von James Reason [15]. In gefahrenintensiven Systemen wie der Medizin gibt es zur Fehlervermeidung diverse präventive Systembarrieren, z. B. technische Systemelemente, Richtlinien, administrative und rechtliche Vorschriften oder Kontrollen, die modellhaft durch Käsescheiben dargestellt sind. In allen Sicherheitsvorkehrungen finden sich Lücken, den Löchern im Schweizer Käse entsprechend. Häufig bestehen mehrere Barrieren, sodass das Vorhandensein eines Lochs in einer einzelnen Scheibe für sich genommen zwar ungünstig ist, jedoch noch kein gravierendes Risiko darstellt. Problematisch wird es dann, wenn mehrere Löcher hintereinander zur Deckung kommen und eine unsichere Handlung – ein sogenannter aktiver Fehler – einen im System schlummernden latenten Fehler auslöst.

Aktive Fehler stehen in engem Zusammenhang mit Müdigkeit, Stress und Überarbeitung. Eine Analyse latenter Fehler im System böte den klaren Vorteil eines Aufdeckens vor dem Auftreten eines unerwünschten Ereignisses [16].

Die Perspektive Mensch und die des Systems, in dem er sich bewegt, sind zwei Annäherungsweisen an menschliche Fehler. Beide Sichtweisen liefern unterschiedliche Ansichten und Fehlermodelle. Die Perspektive auf den Menschen fokussiert unsichere oder falsche Handlungen. Aus der Systemperspektive werden Fehler eher als Konsequenz denn als Ursache angesehen, sie sind das Resultat einer Schwäche im System. Die Intention des von Dupont entwickelten Fehlerklassifikationsmodells „Dirty Dozen“ ist es u. a., diesbezügliche Schwächen und Fehlerursachen zu klassifizieren, mit der langfristigen Perspektive, ein Bewusstsein für die Natur von Fehlern zu schaffen und Prävention effektiver zu gestalten [3].

Aus Unfallanalysen in der Flugzeugwartung entstanden die zwölf häufigsten Ursachenkategorien menschlicher Fehler. Obwohl es einer fundierten theoretischen Grundlage entbehrt, hat sich das „Dirty Dozen“-Modell durch seine Praxisnähe etabliert und ist ein fester Bestandteil von Fehlervermeidungsprogrammen, dem sogenannten Maintenance Resource Management Training [13].

Im Rahmen dieser Studie überprüfen wir die Übertragbarkeit des Modells auf den medizinischen Bereich. Nachfolgende Erläuterungen zu den zwölf Kategorien des „Dirty Dozen“-Modells sollen den substantziellen Bezug zur Situation in Augen-OPs verdeutlichen.

1. Mangel an Kommunikation: ineffektiver und nicht zielgerichteter Austausch von Informationen, mangelhafte oder ausbleibende Aufklärung
2. Mangel an Teamwork: mangelndes Verständnis für die Zusammenarbeit, unzureichende Kooperation, Konkurrenzverhalten, Missgunst im Team
3. Selbstgefälligkeit: Überschätzung eigener Fähigkeiten, falsche Risikobeurteilung, Nachlässigkeit, mangelnde Sorgfalt [20]
4. Soziale Normen: mangelnde Sicherheitskultur, Abweichen von Vorschriften und Anweisungen, sicherheitskritische Gruppennormen
5. Druck: zeitlicher, finanzieller und ökonomischer Leistungsdruck
6. Mangel an Aufmerksamkeit: mangelndes Erkennen bzw. Übersehen möglicher Gefahrenquellen, unzureichendes Abschätzen von Handlungskonsequenzen

7. Stress: hohe mentale Beanspruchung durch qualitative und quantitative Überforderung und soziale Faktoren wie Konkurrenzverhalten und negatives Klima im OP
8. Erschöpfung: beeinträchtigte psychische und physische Leistungsfähigkeit mit akuter Müdigkeit und Konzentrationsverlust durch Nachtschichten, Erkrankungen und Überstunden
9. Ablenkung: äußere Reize und Störungen, Unterbrechungen von Handlungsabläufen
10. Mangel an Ressourcen: unzureichende personelle, finanzielle oder technische Mittel
11. Mangel an Wissen: fehlendes oder veraltetes Fachwissen, unzureichende Ausbildung, fehlende Routine
12. Mangel an Durchsetzungsvermögen: Unsicherheit, Konflikt- und Konfrontations-scheu

## Methode

Wir haben 1063 operierende Augenärzte im Erhebungszeitraum von Dezember 2009 bis Juni 2010 angeschrieben und gebeten, einen Fragebogen auszufüllen. Die Rücklaufquote lag mit 215 Fragebögen bei knapp 20 %. Die Befragung erfolgte anonym, allerdings wurden die Ärzte gebeten, demografische Angaben zum Alter und Geschlecht zu machen (Tab. 1).

Geschlecht	Alter
18,6 % weiblich	bis 45 Jahre = 34 %
75,3 % männlich	ab 46 Jahre = 61,9 %
6,0 % keine Angabe	keine Angabe = 4,2 %

Tab. 1: Demografische Angaben zur Stichprobe

Der Fragebogen enthielt ein quantitatives und qualitatives Antwortformat zu Ursachen menschlicher Fehler im OP-Saal, den Kategorien des „Dirty Dozen“-Modells entsprechend. Im quantitativen Teil des Fragebogens mit prototypischen Beschreibungen dieser Kategorien konnten die Teilnehmer durch Ankreuzen einer fünfstufigen Likert-Skala (5 = sehr zutreffend; 1 = gar nicht zutreffend) angeben, wie sehr aus ihrer Sicht die betreffende Kategorie für die Verursachung von Fehlern im OP verantwortlich ist. Im qualitativen Teil konnten konkrete Beispiele aus dem OP-Alltag benannt werden.

## Ergebnisse

Die fünf bedeutsamsten Fehlerursachen aus Sicht der befragten Ärzte sind Druck, Mangel an Kommunikation, Stress, Mangel an Aufmerksamkeit und Selbstgefällig-



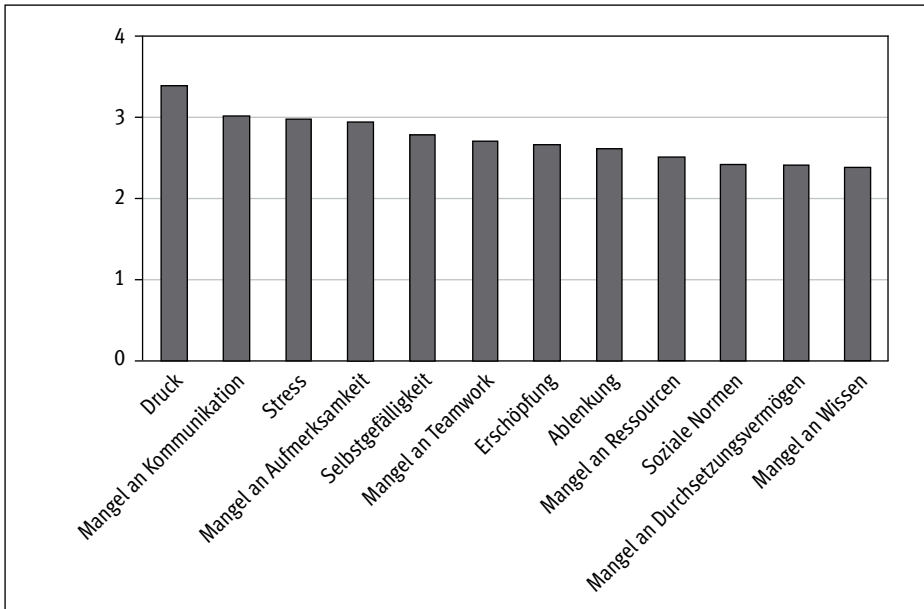


Abb. 1: Mittelwerte der Fehlerkategorien (höhere Werte entsprechen stärkerer Ausprägung)

keit (Abb. 1). Insgesamt bewegen sich die Werte der Kategorien jedoch im mittleren Bereich zwischen 2,4 bis 3,4. Demnach gibt es keine dominierende Fehlerursache. Dies entspricht der heute vorherrschenden systemischen Perspektive der Fehlerforschung, in der – wie auch in anderen sicherheitskritischen Tätigkeitsfeldern – von einem Netz multikausaler Faktoren mit komplexer Wechselwirkung bei der Fehlerentstehung ausgegangen wird.

Die zwölf Fehlerkategorien weisen schwache bis hohe Korrelationen auf (Tab. 2). Schwache Korrelationen inhaltlich loser verbundener Kategorien wie Erschöpfung und Mangel an Kommunikation ( $r = .25^{**}$ ) sprechen für die divergente Validität des Fehlermodells, während hohe Korrelationen inhaltlich zusammengehöriger Kategorien wie Stress und Erschöpfung ( $r = .67^{**}$ ) oder Mangel an Teamwork und Mangel an Kommunikation ( $r = .69^{**}$ ) die konvergente Validität belegen. Demnach spiegelt sich die inhaltliche Nähe bzw. Distanz der Fehlerkategorien im Wesentlichen auch in den statistischen Zusammenhängen wider.

Zur Erhärtung der statistischen Zusammenhänge inhaltlich zusammengehöriger Fehlerkategorien haben wir mittels Faktorenanalyse (Hauptkomponentenanalyse) zwei Faktoren mit einem Eigenwert von  $>1$  extrahiert (Tab. 3). Die kumulierte aufgeklärte Varianz beider Faktoren lag bei 59,18 %.

Einen Faktor mit hohen rotierten Faktorladungen (Varimax) auf Fehlerkategorien, die für eine mangelhafte Zusammenarbeit im OP-Team verantwortlich waren – Mangel an Teamwork (.80), Mangel an Kommunikation (.78) und soziale Normen (.83) – nannten wir „Soziale Interaktion“.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1 Druck	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2 Kommunikation	.323**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3 Stress	.604**	.270**	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4 Aufmerksamkeit	.366**	.473**	.375**	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5 Selbstgefälligkeit	.293**	.486**	.362**	.593**	-	-	-	-	-	-	-	-
6 Teamwork	.296**	.685**	.333**	.441**	.515**	-	-	-	-	-	-	-
7 Ablenkung	.246**	.310**	.320**	.426**	.428**	.378**	-	-	-	-	-	-
8 Erschöpfung	.523**	.247**	.668**	.389**	.446**	.318**	.425**	-	-	-	-	-
9 Ressourcen	.416**	.427**	.415**	.348**	.360**	.422**	.393**	.443**	-	-	-	-
10 Soziale Normen	.365**	.605**	.323**	.613**	.604**	.649**	.366**	.355**	.456**	-	-	-
11 Durchsetzung	.401**	.416**	.367**	.422**	.447**	.474**	.398**	.442**	.443**	.568**	-	-
12 Wissen	.231**	.444**	.366**	.445**	.536**	.485**	.380**	.453**	.515**	.550**	.579**	-

Tab. 2: Korrelationsmatrix der 12 Fehlerkategorien: \*\*p<0.01; \*p<0.05

	Faktoren	
	Soziale Interaktion	Organisationaler Kontext
Mangel an Kommunikation	,776	,099
Mangel an Teamwork	,803	,124
Selbstgefälligkeit	,727	,256
Soziale Normen	,839	,183
Druck	,186	,759
Mangel an Aufmerksamkeit	,656	,296
Stress	,163	,856
Erschöpfung	,251	,826
Ablenkung	,482	,355
Mangel an Ressourcen	,482	,490
Mangel an Wissen	,673	,281
Mangel an Durchsetzung	,616	,358

Tab. 3: Rotierte Komponentenmatrix

Der zweite Faktor erhielt die Bezeichnung „Organisationaler Kontext“, da er Fehlerkategorien umfasste, die durch die Schaffung eines belastenden Arbeitsumfeldes zur Fehlerentstehung beitragen, mit Kategorien wie Erschöpfung (.83), Stress (.86) und Druck (.76).

Einige Kategorien wie Mangel an Durchsetzungsvermögen und Mangel an Ressourcen wiesen dagegen schwache und nicht eindeutige Faktorladungen auf. Hinzu kommen noch geringe Kommunalitäten einiger Kategorien wie Ablenkung und Mangel an Ressourcen ( $h_i^2 < 0.5$ ). Diese Fehlerkategorien lassen sich hinsichtlich der faktoriellen Zugehörigkeit nur schwer interpretieren. Die Zuordnung dieser Kategorien zu einem Faktor wurde über das Fürntratt-Kriterium vorgenommen (vgl. Bortz [1]).

Im qualitativen Antwortteil des Fragebogens konnten die Teilnehmer exemplarische Beispiele tatsächlicher Ereignisse den jeweiligen Fehlerkategorien zuordnen. Die qualitativen Daten der einzelnen Fehlerursachen weisen hinsichtlich der Häufigkeit ihrer Nennung deutliche Unterschiede auf. Knapp 13 % der genannten Beispiele beziehen sich auf die Fehlerursache Druck, während lediglich etwas mehr als 3 % der Beispielnennungen auf die Kategorie Mangel an Durchsetzungsvermögen entfielen (Abb. 2). Insgesamt deckt sich die prozentuale Verteilung der Fehlerursachen mit denen der quantitativen Ergebnisse. Dort wurden primär Kategorien wie Druck, Mangel an Kommunikation und Mangel an Aufmerksamkeit als bedeutsame Fehlerursachen beurteilt. Lediglich die Kategorie Stress zeigte bei den quantitativen Ergebnissen eine höhere Ausprägung als bei den qualitativen.

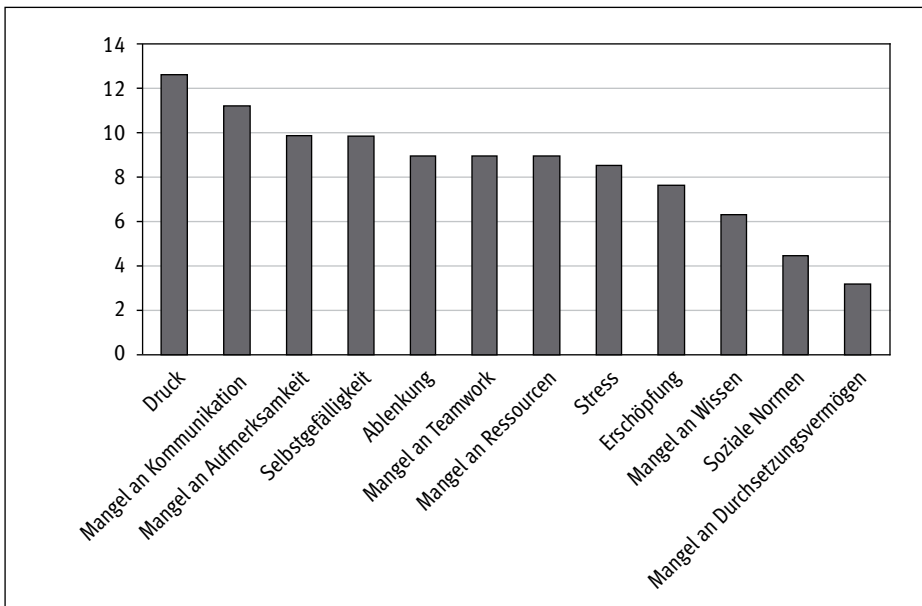


Abb. 2: Prozentuale Verteilung der qualitativen Aussagen auf die möglichen Kategorien

Fehlerursache	Exemplarische Beispielnennung
Mangel an Kommunikation	„... Arzt erläutert der OP-Schwester, welche Instrumente für die vorstehende Operation benötigt werden – die OP-Schwester wechselt, aber es findet kein Austausch statt. Folge: Der Arzt hat das falsche Besteck zur Hand ...“
Mangel an Teamwork	„... Soziale Konflikte zwischen den OP-Schwestern beeinflussen die Stimmung im OP derart negativ, dass die am Tisch stehenden Schwestern ‚fahrig‘ (zerstreut und unaufmerksam) sind ...“
Selbstgefälligkeit	„... Operierender Arzt ignoriert, dass der Patient unruhig wird – mit der ‚geht schon‘-Einstellung wird weiter operiert ...“
Soziale Normen	„... Gelegentlich verzögertes Umsetzen von QM-Hygienevorgaben, da langjähriges, erfolgreiches Schema vorliegt (z. B. Verwenden des gleichen Wischwassers für Arbeitsflächen und Fußböden) ...“
Druck	„... Ambulante Operationen müssen bis 12 (Uhr) erledigt sein, um danach die stationären Patienten zu operieren, (...) man kann nicht in Ruhe operieren ...“
Mangel an Aufmerksamkeit	„... Bereitgelegte Linse soll durch einen anderen Typ ersetzt werden, routinierte und erfahrene Schwester (unsteril) verwechselt die Dioptrien ...“
Stress	„... Kostenreduktion führt zu Arbeitszeiten von 15 bis 16 Stunden, dadurch empfundener Stress ...“
Erschöpfung	„... Oftmals keine Möglichkeit, die tariflich zugesicherten Pausen zu machen; Arbeitstempo kann nicht selbst bestimmt werden ...“
Ablenkung	„... Anästhesist erklärt jungen Kollegen lautstark das EKG, der Operateur wird abgelenkt und begeht Flüchtigkeitsfehler ...“
Mangel an Ressourcen	„... Fehlende oder veraltete Instrumente, mehrfach verwendete Einmalmesser; Diamantmesser häufig nicht optimal ...“
Mangel an Wissen	„... Verzögerte Indikationsstellung (Diagnosefähigkeit) bei älteren, nicht mehr operierenden, angestellten Ärzten ...“
Mangel an Durchsetzungsvermögen	„... Junge Oberärzte haben ein Problem damit, einer erfahrenen OP-Schwester zu widersprechen – sie begnügen sich mit den Instrumenten, die ihnen gereicht werden, auch wenn diese nicht optimal sind ...“

Tab. 4: Beispielnennungen für medizinische Fehlerursachen bei Augenoperationen

Tabelle 4 fasst markante Beispielnennungen der befragten Ärzte zu den jeweiligen Fehlerkategorien zusammen. Oftmals sind es kleine und auf den ersten Blick unscheinbare Ereignisse – wie die indirekte Ablenkung des Operateurs durch das Verhalten des Anästhesisten oder mangelnde Kommunikation –, die zu menschlichen Fehlern führen.

## Diskussion

Unsere Ergebnisse bestätigen die Systemperspektive der heutigen Fehlerforschung, da allen zwölf Kategorien eine ähnlich hohe Bedeutung bei der Entstehung von menschlichen Fehlern im OP-Saal zukommt. Bei Berücksichtigung der relativen Häufigkeit von qualitativen Beispielnennungen jeder Kategorie – als indirektes Maß für die Bedeutung bei der Fehlerentstehung – zeigt sich ein etwas differenzierteres Bild. Fehlerursachen wie Druck, Mangel an Kommunikation oder Mangel an Aufmerksamkeit werden in dem qualitativen und – allerdings weniger deutlich – in dem quantitativen Fragenkomplex als wesentlichste Kategorien angesehen.

Die Faktorenanalyse führt die zwölf Fehlerursachen auf gemeinsame Faktoren wie belastende organisationale Rahmenbedingungen und Defizite in der sozialen Interaktion zurück. Interessanterweise betonen neuere Studien als wichtige Erfolgsvoraussetzung die Bedeutung von systemrelevanten „non-technical skills“ des Chirurgen wie soziale Interaktion (Kommunikation, Arbeit im Team und Führungsqualitäten) und kognitive Fähigkeiten (Situationsbewusstsein, mentale Stärke, Flexibilität und Entscheidungsfindung) [5, 21, 22]. Ähnliche Muster von Faktorladungen treten auch in anderen industrieübergreifenden Studien zum „Dirty Dozen“-Modell auf [6, 10, 11].

Mit ihrem rein explorativen Charakter hat diese Studie nur eine eingeschränkte Aussage. Weder der quantitative noch der qualitative Fragenkomplex lassen sich hinsichtlich ihrer Reliabilität bestimmen. In zukünftigen Untersuchungen müssen wir standardisierte Fragebögen und ergänzend critical-incidents-basierte Interviewleitfäden für den medizinischen Kontext entwickeln, deren Ergebnisse zur Validierung der vorliegenden Studie beitragen.

## Literatur

1. BORTZ J: Statistik für Sozialwissenschaftler. Heidelberg: Springer Verlag, 2005
2. BRENNAN T, LEAPE L, LAIRD N ET AL.: Incidence of adverse events and negligence in hospitalized patients: Results of the Harvard Medical Practice Study I. *N Engl J Med* 1991;324:370–376
3. DUPONT G: The Dirty Dozen Errors in Maintenance. *Human Error in Aviation Maintenance*. Washington, DC: Federal Aviation Administration/Office Aviation Medicine 1997:45–49
4. EVANS S, BERRY J, SMITH B ET AL.: Attitudes and barriers to incident reporting: a collaborative hospital study. *BMJ* 2006;15:39–42
5. FLIN R, YULE S, PATERSON-BROWN S ET AL.: Teaching surgeons about non-technical skills. *Surgeon* 2007;5:86–89
6. GADES R, MARQUARDT N, ROBELSKI S, HÖGER R: Qualitative and quantitative Human Error Analysis in hazardous Industries. In: de Waard D, Axelsson A, Berglund M et al. (Eds.): *Human Factors: A system view of human, technology and organisation*. Maastricht, 2010:177–183
7. GLAZINSKI, R, WIEDENSOHLER R: Patientensicherheit und Fehlerkultur im Gesundheitswesen. Eschborn: Verlag Dr. Dr. Rolf Glazinski 2004:55
8. HANSIS ML, HART D, BECKER-SCHWARZE K: Medizinische Behandlungsfehler. *Gesundheitsberichterstattung des Bundes Heft 04/2001*. Berlin: Robert Koch Institut
9. KLINKHAMMER G: Ärztliche Behandlungsfehler: Ein neues Qualitätsbewusstsein. *DÄBl* 2003; 100(18):1175–1177

10. MARQUARDT N, GADES R, ROBELSKI S, HÖGER R: Determinanten menschlicher Fehler in Risikoindustrien. In: Trimpop R, Gericke G, Lau J (Hrsg.): *Psychologie der Arbeitssicherheit und Gesundheit – Sicher bei der Arbeit und unterwegs*. 16. Workshop, Kröning, 2010:55–58
11. MARQUARDT N, HÖGER R: The structure of contributing factors of human error in safety-critical industries. In: de Waard D, Hochey GRJ, Nickel P, Brookhuis KA, (Eds.): *Human Factors Issues in Complex System Performance*. Maastricht 2007:67–71
12. OLLENSCHLÄGER G: Medizinische Risiken, Fehler und Patientensicherheit. Zur Situation in Deutschland. *Schweiz Ärztezeitg* 2001;82,1404–1410
13. PATANKAR M, TAYLOR J: MRM Training, Evaluation, and Safety Management. *Int J Aviat Psychol* 2008;18(1):61–71
14. PÜSCHMANN H, HAFERKAM, G, SCHEPPOKAT KD ET AL.: Vollständigkeit und Qualität der ärztlichen Dokumentation in Krankenakten. *DÄBI* 2006;103(3): 121–126
15. REASON J: *Human error*. Cambridge 1990
16. REASON J: *Human error: models and management*. *BMJ* 2000;320:768–770
17. SCHAFFARTZIK W, NEU J: Definition des ärztlichen Behandlungsfehlers. *Trauma BerufskH* 2008;10(2):196–199
18. SCHEPPOKAT KD: Medizinische Schadensdaten 1991–2008 – Verlässlichkeit der Bewertungen ist unzureichend. *DÄBI* 2009;106(20):980–984
19. SCHEPPOKAT KD, NEU J: Medizinische Daten und Qualitätsmanagement. *DÄBI* 2007;(46):3172–3177
20. ST. PIERRE M, HOFINGER G, BUERSCHAPER C: *Notfallmanagement: Human factors in der Akutmedizin*. Berlin: Springer Verlag 2005
21. YULE S, FLIN R, PATERSON-BROWN S, MARAN N: Non-technical skills for surgeons in the operating room: A review of the literature. *Surgery* 2006;139:140–149
22. YULE S, FLIN R, MARAN N ET AL.: Surgeons' non-technical skills in the operating room: Reliability testing of the NOTSS behaviour rating system. *World J Surg* 2008;32:548–556

# EUREQUO – ein multinationales Projekt zur Verbesserung der Ergebnisse von Katarakt- und refraktiv-chirurgischen Eingriffen

S. Höhler, T. Kohnen

## Einleitung

EUREQUO (Akronym: European Registry of Quality Outcomes for Cataract & Refractive Surgery) ist ein multinationales, von der Europäischen Union und der ECSRS kofinanziertes dreijähriges Projekt. Es handelt sich um das größte IT-Projekt im Bereich Ophthalmologie, das elf europäische ophthalmologische Gesellschaften in 16 Ländern (Belgien, Deutschland, Griechenland, Großbritannien, Irland, Italien, Niederlande, Österreich, Slowakei, Skandinavien [Dänemark, Finnland, Norwegen, Schweden], Spanien, Türkei, Ungarn) involviert. Partner für Deutschland und Österreich ist die DGII. Ansprechpartner für teilnehmende Ophthalmochirurgen in den jeweiligen Ländern sind insgesamt elf Registry Manager.


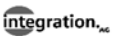

## Ziele

Ziele des webbasierten Systems zur Datensammlung und Ergebnissicherung sind die Verbesserung der Behandlungen bei refraktiven und kataraktchirurgischen Eingriffen sowie die Entwicklung von evidenzbasierten Qualitätsrichtlinien für refraktive Chirurgie und Kataraktchirurgie in ganz Europa. Hierbei werden signifikante Auswirkungen im Bereich Best Practice und Patientensicherheit erwartet.

## Dateneingaben

Die Teilnahme ist allen im Katarakt- und refraktiven Bereich tätigen Ophthalmochirurgen jederzeit möglich. Die Anmeldung erfolgt beim Registry Manager über ein Formular, woraufhin dem Arzt ein Benutzername und Passwort zugeteilt werden. Hiermit kann er sich auf der Website <https://eurequo.net> einloggen und sofort mit der Dateneingabe beginnen. Zur Teilnahme werden lediglich Internetbrowser und Computer benötigt, ein Kauf von Software ist nicht nötig. EUREQUO wird von technischer Seite von ifa systems AG betreut. Die eigenen, stets aktualisierten Daten sind jederzeit über das Internet abrufbar.


Sowohl bei einem refraktiven als auch bei einem kataraktchirurgischen Eingriff werden Angaben zum Patienten wie eine Patientennummer, Geburtsjahr, Geschlecht und Angabe des zu operierenden Auges verlangt. Darüber hinaus werden der prä- und intraoperative Status, Datum des Eingriffs, die chirurgische Methode und eventuelle Komplikationen abgefragt. Bei einem refraktiven Eingriff wird immer der

Cataract surgery		 <b>EUREQUO</b> European Registry of Quality Outcomes for Cataract & Refractive Surgery	
Surgeon	[Redacted]		
Technician	[Redacted]		
Remarks	[Redacted]		
<small>The project EUREQUO has received funding from the European Union, in the framework of the Public Health Programme.</small>			
<b>Patient data</b>			
Patient no.*	Year of birth*	Gender* <input type="checkbox"/> male <input type="checkbox"/> female <input type="checkbox"/> unknown	
Eye* <input type="checkbox"/> OD <input type="checkbox"/> OS	ASA classification	<input type="checkbox"/> ASA I <input type="checkbox"/> ASA II <input type="checkbox"/> ASA III <input type="checkbox"/> ASA IV <input type="checkbox"/> ASA V	
<b>Preoperative data</b>			
Previous cataract surgery <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no			
Eye to be operated on		Fellow eye	
VA/BCVA*		VA/BCVA	
Sphere [ ] Cylinder [ ] Axis [ ]°		Sphere [ ] Cylinder [ ] Axis [ ]°	
Biometry target refraction* Sph [ ]			
Co-existing eye disease* <input type="checkbox"/> none <input type="checkbox"/> glaucoma <input type="checkbox"/> macular degeneration <input type="checkbox"/> diabetic retinopathy <input type="checkbox"/> amblyopia <input type="checkbox"/> other			
Complicating comorbidity* <input type="checkbox"/> none <input type="checkbox"/> previous corneal refractive surgery <input type="checkbox"/> white cataract (trypan blue) <input type="checkbox"/> pseudoexfoliation <input type="checkbox"/> previous vitrectomy <input type="checkbox"/> corneal opacities <input type="checkbox"/> small pupil (need for mechanical dilation) <input type="checkbox"/> other			
Preop. K-values: K1 D [ ] . [ ] Ax [ ]° Preop. K-values: K2 D [ ] . [ ] Ax [ ]°			
<b>Intraoperative data</b>			
Date of surgery* Y [ ] M [ ] D [ ]			
Type of anaesthesia <input type="checkbox"/> general <input type="checkbox"/> topical <input type="checkbox"/> subtenon <input type="checkbox"/> local-peribulbar <input type="checkbox"/> local-retrobulbar <input type="checkbox"/> topical + intra-cameral <input type="checkbox"/> other			
Type of operation* <input type="checkbox"/> phaco PCL <input type="checkbox"/> planned ECCE+PCL <input type="checkbox"/> unplanned ECCE+PCL <input type="checkbox"/> phaco/ECCE+ACL <input type="checkbox"/> phaco/filtering surgery+PCL <input type="checkbox"/> other			
Type of IOL material* <input type="checkbox"/> acrylic hydrophobic <input type="checkbox"/> acrylic hydrophilic <input type="checkbox"/> hydrogel <input type="checkbox"/> PMMA <input type="checkbox"/> silicon <input type="checkbox"/> no IOL <input type="checkbox"/> other			
Specific IOL quality <input type="checkbox"/> none <input type="checkbox"/> aspheric IOL <input type="checkbox"/> yellow IOL			
Additional refractive quality <input type="checkbox"/> multifocal <input type="checkbox"/> accomodative <input type="checkbox"/> toric <input type="checkbox"/> multifocal toric			
Only if IOL multifocal:		Only if IOL accomodative:	
Spherical power D [ ]		Spherical power D [ ]	
Addition power D [ ]		Addition power D [ ]	
Only if IOL toric:		Only if IOL multifocal toric:	
Spherical power D [ ]		Spherical power D [ ]	
Cylinder power D [ ]		Addition power D [ ]	
Intended alignment axis [ ]		Cylinder power D [ ]	
		Intended alignment axis [ ]	
Complications during surgery* <input type="checkbox"/> none <input type="checkbox"/> posterior capsule rupture <input type="checkbox"/> vitreous loss <input type="checkbox"/> dropped nucleus <input type="checkbox"/> iris damage <input type="checkbox"/> other			
Inpatient surgery <input type="checkbox"/> yes <input type="checkbox"/> no			
			Version I/10
* mandatory field			
		powered by  	





## Cataract surgery Postoperative data

The project EUREQUO has received funding from the European Union, in the framework of the Public Health Programme.



# EUREQUO

European Registry of Quality Outcomes for  
Cataract & Refractive Surgery

Surgeon	Institute
Ophthalmologist	
Case information	

**Postoperative data 1-6 days**

**Patient no.\***

**Date of examination\*** Y  M  D

**UDVA operated eye\***   
*= using target refraction if myopic*

**Postoperative complications\***  none  central corneal oedema/striae  elevated IOP (> 30 mm HG)  
 explantation  other

**Postoperative data 7-60 days**

**Date of examination\*** Y  M  D

**UDVA operated eye\***

**BCVA operated eye\***

**Additional refractive quality**

Only if IOL type multifocal, toric and accomodative: Binocular CDVA\*

Only if IOL type multifocal and accomodative:

Uncorrected intermediate VA operated eye*	<input style="width: 50px;" type="text"/>
Binocular intermediate uncorrected VA*	<input style="width: 50px;" type="text"/>
Uncorrected near VA operated eye*	<input style="width: 50px;" type="text"/>
BCVA near operated eye*	<input style="width: 50px;" type="text"/>
Binocular near BCVA* (best corrected near VA)	<input style="width: 50px;" type="text"/>

**Refraction data\*** Sph  Cyl  Ax  ° Only if IOL toric: alignment axis  °

**K1-values operated eye** D  Ax  °

**K2-values operated eye** D  Ax  °

**Macular degeneration known before or revealed after cataract removal\***  yes  no

**Postoperative complications\***  none  persistent central corneal oedema/striae  
 reduced vision due to opacities in the posterior capsule  
 uveitis with need for medication  endophthalmitis  
 uncontrolled elevated IOP  explantation  other

**Additional surgery**

Only if IOL type multifocal, toric and accomodative:  limbal relaxing incision (LRI)  corneal laser surgery

\* mandatory field

powered by

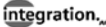




Abb. 1: Die Dateneingabemaske des EUREQUO

postoperative Status angegeben. Im Fall der Kataraktoperation können Augenärzte zwischen verschiedenen Möglichkeiten der Dateneingabe wählen:

1. Eingabe der prä- und intraoperative Daten,
2. Eingabe der prä- und intraoperativen Daten sowie Nachbeobachtung ein Tag nach der OP und
3. prä- und intraoperative Daten und zusätzliche Nachbeobachtung nach sieben bis 60 Tagen.

Die Dateneingabe erfolgt einfach und schnell. Praktischerweise kann eine Person als Transcriber Daten für mehrere Ärzte eingeben; ein direkter Datentransfer von bereits bestehenden Systemen und elektronischen Patientenakten ist möglich. ifa systems AG bietet hierzu eine kostenfreie Schnittstellenzertifizierung für Softwaresysteme und QS-Datenbanken an.

## Ergebnisse

Der Zugriff auf die vom Programm automatisch generierte Statistik ist jederzeit möglich. Häufigkeitstabellen zeigen die Daten für den jeweiligen Arzt bzw. die Klinik oder Praxis, das Land und die gesamte Datenbank. Ebenfalls erstellt sind verschiedene Diagramme (Balken- und Streudiagramme, Box-Plot) zur Verbesserung der klinischen und internen Abläufe, die zum Leistungsvergleich (Benchmarking), für Audits und zum Marketing genutzt werden können. Darüber hinaus ist der Teilnehmer jederzeit genauestens über die eigenen Daten informiert. Diese Kenntnisse dienen nicht nur der eigenen Zufriedenheit, sondern auch, um Patienten reale Ziele zu vermitteln. Der Arzt hat die Möglichkeit auszuwählen, welche Patientendaten in das Diagramm einfließen sollen, und kann entsprechende Vorgaben bezüglich des Alters, Geschlechts, Vorerkrankungen etc. machen.

Die derzeitige Gesamtzahl dokumentierter Eingriffe liegt bei ca. 550.000. Weitere Informationen zu EUREQUO unter <http://www.eurequo.org>.

## Literatur

1. ALBRECHT S, LUNDSTRÖM M, SERRING I ET AL.: Handbook for establishing quality registries. EyeNet Sweden, Karlskrona 2005. English version
2. HÄNDEL A, MARTUS P, KÜCHLE M, SCHÖNHERR U: Mikrochirurgische Qualitätssicherung am Beispiel der Kataraktchirurgie. Ophthalmologe 2002;99:352-357
3. KOHNEN T: Importance of reporting the complications of refractive surgery (editorial). J Cataract Refract Surg 1999;25:1
4. KOHNEN T: Kriterien zur Evaluierung und Publikation von refraktiv-chirurgischen Eingriffen. Klin Monatsbl Augenheilkd 1999;215:326-328

# 767 Kapselrupturen bei 37.056 Phakos: eine Qualitätsanalyse

E. Faschinger, P. Vescovo, C. Faschinger

## Einleitung

Das Ziel der vorliegenden retrospektiven Studie war es, alle Operationsberichte von Phakoemulsifikationen hinsichtlich Kapselrupturen und deren Ursachen, heruntergebrochen auf jeden Chirurgen, auszuwerten. In Österreich gibt es zwar seit 2005 ein Gesundheitsqualitätsgesetz, wobei jedoch die für die Umsetzung notwendigen Verordnungen noch nicht erlassen sind.

## Material und Methode

Es wurden alle elektronischen Datensätze von Phakoemulsifikationen des Zeitraums 1.7.1996 bis 31.12.2009 ausgewertet. Das Datenblatt besteht aus 23 Vorfachfeldern, deren Inhalte ausgewählt und angeklickt werden. Ein Feld, nach dem gesucht wurde, hat die Auswahl: hintere Kapsel intakt – hintere Kapsel nicht intakt ohne Vitrektomie – hintere Kapsel nicht intakt mit Vitrektomie.

In das einzige freie Texteingabefeld sollten Ursachen für die Kapselruptur eingetragen werden. Diese Ursache(n) wurde(n) tabellarisch gelistet.

Ausgeschlossen wurden bewusste Eröffnungen der hinteren Kapsel z. B. bei kongenitaler Katarakt oder primärer hinterer Fibrose.

## Ergebnisse

In dem Zeitraum von 13,5 Jahren wurden 37.142 Phakos operiert, dabei fanden sich 806 Kapseleröffnungen; 39 schieden aus, da absichtlich durchgeführt, so blieben 767 unbeabsichtigte Rupturen der Hinterkapsel (2,1 %). 409 (53,3 %) waren ohne, 358 (46,7 %) waren mit Vitrektomie. Das mittlere Alter dieser Patienten und Patientinnen betrug 75,2 Jahre (Bereich 23 bis 95), 381-mal rechtes, 386-mal linkes Auge, 351 männlich, 416 weiblich.

24 Chirurgen und Chirurginnen führten diese Operationen durch, davon konnten fünf bereits Phakooperationen, 19 wurden innerhalb des Zeitraums ausgebildet. Die Operationsanzahl lag zwischen vier und 9417 Operationen, die Anzahl der Rupturen zwischen 50 und 0,3 % pro Chirurg.

Bei jenen Chirurgen, die mehr als elf Jahre Phakoerfahrung hatten, lag die Rupturrate zwischen 7,2 und 0,3 %, bei bis zu sieben Jahren Erfahrung und Auswertung der Jahre sechs und sieben lag sie zwischen 8,4 und 0,5 %.

Von Chirurgen wurden 33.754 Phakos mit 681 (2,02 %) Rupturen durchgeführt, von Chirurginnen 3096 OPs mit 63 (2,03 %) Rupturen.

Von jenen Chirurgen bzw. Chirurginnen, die mehr als 100 Operationen durchgeführt hatten, waren zehn Vorderabschnittsspezialisten, sechs Allrounder und ein überwiegend Hinterabschnittschirurg. Vorderabschnittler hatten weniger Rupturen als die beiden anders spezialisierten Gruppen.

Ursachen der Rupturen: In 319 (41,6 %) der Datensätze fanden sich im freien Textfeld (Mehrfach-)Eintragungen, die ausgewertet wurden. Am häufigsten kam es bei der Irrigation/Aspiration zu Rupturen (128-mal), gefolgt von vis a tergo (99-mal), harter/brauner Kern (91-mal), Patient bewegt sich (80-mal), sehr enge Pupille (80-mal), schwache Zonula (67-mal), weiße Katarakt (24-mal), Geräteprobleme (elfmal). So konnten für jeden Chirurgen individuelle Rupturprofile erstellt werden.

## Diskussion

Eine Ruptur der hinteren Linsenkapsel während der Phakoemulsifikation stellt an sich eine Komplikation dar, die bei gleichzeitig notwendiger Vitrektomie zu einer erhöhten Rate an zystoidem Makulaödem und Amotio führt.

Bei der Auswertung von über 37.000 Phakos eines Zeitraums von 13,5 Jahren zeigten sich 767 Rupturen, das sind 2,1 %. Die Operationen wurden von 24 Chirurgen und Chirurginnen durchgeführt, wobei fünf bereits erfahren waren und 19 ausgebildet wurden. Für die einzelnen Chirurgen ergaben sich Rupturraten von 50 bis 0,3 %.

Unsere Analysen ergaben, dass auch bei >100 Operationen die Raten zwischen 8,5 und 0,3 %, bei mehr als elf Jahren Erfahrung die Raten zwischen 7,2 und 0,3 %, bei der Auswertung der Jahre sechs und sieben bei siebenjähriger Erfahrung die Raten zwischen 8,4 und 0,5 % lagen, also sehr inhomogen verteilt waren. Vorderabschnittler schnitten besser ab als Allrounder und als der einzig überwiegend in der Hinterabschnittschirurgie tätige Arzt. Das Geschlecht der Chirurgen war ebenso nicht maßgeblich für die Raten. Es müssen also noch weitere Faktoren, wie suboptimale Einschätzung des Auges (harter Kern, enge Pupille etc.) und individuelle kognitive Faktoren eine Rolle spielen (siehe auch „dirty dozen in human errors“).

Bei den Ursachen, die in ungefähr der Hälfte der Operationen vermerkt worden waren, war das Absaugmanöver als Problem am häufigsten, gefolgt von Druck von hinten, hartem/braunem Kern und Bewegungen des Patienten. Die Einzelanalysen pro Chirurg gaben dann recht klar Auskunft über die Probleme.

In der Literatur finden sich Rupturraten während der Ausbildungszeit zwischen 4,6 und 10 %, nachher bei ungefähr 1,9 %. Da würde unsere durchschnittliche Zahl von 2,1 % ja recht gut aussehen. Es gibt an sich keine z. B. von einer ophthalmologischen Fachgesellschaft vorgegebene Benchmark, ab der eine Intervention (Nachschulung, Analysegespräch etc.) stattfinden sollte. Seine eigenen Daten könnte man mit anderen – anonym – vergleichen, wenn man sie in das EU-Projekt EUREQUO eingibt. Ein Register wie in Schweden oder Großbritannien gibt es sonst nicht. Wir entwickelten aus Literaturdaten ein Risikoprofil für jede Kataraktoperation (Summe von Punkten), damit in der Ausbildungs- und Lernphase nur Phakos mit niedrigen Punktwerten zugeteilt werden.

## Zusammenfassung

Zusammenfassend muss Qualitätserfassung und Optimierung ein Ziel sein, das realisiert wird. Bei ergebnisorientierter Honorierung, die eventuell kommen wird, hat man als Leistungserbringer dann bedeutende Vorteile, nicht nur der Patient.

## Literatur

1. <http://aviationglossary.com/aviation-safety-terms/dirty-dozen-errors-human-factors/>



# Der Eyesi OP-Simulator zur Verbesserung der chirurgischen Ausbildung junger Ophthalmologen

M. J. Sánchez, T. M. Rabsilber, I. L. Limberger, M. P. Holzer, G. U. Auffarth

## Zusammenfassung

**Fragestellung:** Mehrere Studien haben gezeigt, dass chirurgische Komplikationen bei jungen Ophthalmologen häufig vorkommen. Das Ziel der Studie war, die Ergebnisse eines individuellen Trainings mittels OP-Simulator in einer Gruppe von Assistenzärzten zu überprüfen.

**Methodik:** Für diese Studie wurde der Eyesi OP-Simulator (VRMagic, Mannheim) verwendet. Es wurden Assistenzärzte und junge Fachärzte der Augenklinik in unterschiedliche Gruppen je nach der individuellen operativen Erfahrung und dem Jahr der Ausbildung eingeteilt in: Fortgeschrittene (Gruppe A), Mittelstufe (Gruppe B), Anfänger (Gruppe C). Alle drei Gruppen haben entsprechend dem Protokoll die Module des Kataraktkurses (4 Module) durchgeführt. Die inter- und intraindividuellen Leistungen wurden analysiert.

**Ergebnisse:** Gruppe A zeigte eine bessere Leistung in der interindividuellen Analyse, allerdings konnte kein statistischer Unterschied gezeigt werden. Nach Wiederholung des Moduls zeigten alle Gruppen intraindividuell deutliche Fortschritte im Umgang mit den einzelnen Operationstechniken.

**Schlussfolgerung:** Mit dem Eyesi OP-Simulator können angehende Augenchirurgen unter äußerst realistischen Bedingungen grundlegende Operationstechniken erlernen und erste praktische Erfahrungen sammeln – ohne Risiko für Patienten. Weitere Analysen mit einer höheren Anzahl an Probanden wären zur Etablierung von individuellen Ausbildungsprogrammen für junge Augenärzte nötig.

## Summary

**Purpose:** Several studies have shown that the surgical complication rate is higher in groups of young ophthalmologist. The aim of this study was to analyze the results of an individual training program in a group of residents.

**Methods:** In this study, we used the Eyesi OP-Simulator (VRMagic, Mannheim). Residents were divided in three groups depending on surgical experience and year of residency: advanced (group A), middle experienced (group B) and beginners (group C). Each participant completed all 4 courses of the Eyesi anterior segment module. All intra- and interindividual results were analyzed.

**Results:** Group A showed a better performance in the interindividual analysis. However no statistical significance was found. The intra-individual comparison showed a skill improvement in all residents

**Conclusions:** The Eyesi OP-Simulator training has the advantages of a real training, but there are no patients involved. It is possible to reproduce different situations without having real complications. Further analysis with a bigger number of subjects would be necessary to establish individual trainings program for young ophthalmologists.

## Einleitung

Intraokulare Operationen zählen zu den größten Herausforderungen der Mikrochirurgie. Bisher lernten Ärzte die Eingriffe in Assistenz bei erfahrenen Ärzten, bei Operationen an Tieraugen (Wet-Labs an Schweineaugen) und in Übungen am Patienten. Weltweit nimmt jedoch die Bedeutung von computerbasiertem Training in der medizinischen Ausbildung zu. Höhere Rechnerleistung und verbesserte Bildgebungstechnologien ermöglichen eine zunehmend realistische Simulation von Gewebeverhalten. Vorteile für die Ausbildung liegen neben der Patientensicherheit in der ständigen Verfügbarkeit der Simulatoren, in den niedrigeren Kosten und der Möglichkeit, chirurgische Fertigkeiten objektiv zu evaluieren.

Mehrere Studien haben gezeigt, dass der Komplikationsanteil signifikant höher in Gruppen von jungen Ophthalmologen ist [1, 2, 3] (Tab. 1). In verschiedenen Berufen sowie auch in verschiedenen Medizinfächern werden Computersimulatoren als Ausbildungstool benutzt. Seit 1996 beschäftigt sich die Firma VRmagic, Mannheim, mit der Entwicklung von Eyesi eines Operationssimulatorprototyps für das Auge.

Bahgat et al. Br J Ophthalmol 2007	<b>755 patients:</b> – posterior capsule rupture 6.7 % – vitreous loss 5.4 % – dislocated lenticular fragments 1.0 %
Lee JS et al. Eye 2009	<b>101 surgeries:</b> – intraoperative complications in 27.4 % – vitreous loss 4.9 %
Unal M et al. J Cataract Refract Surg 2007	<b>150 procedures:</b> – capsulorhexis complications 9.3 % – anterior capsule tears 5.3 % – vitreous loss 6.6 % – posterior capsule rupture 2.0 % – loss of lens fragments in vitreous 2.0 %

Tab. 1

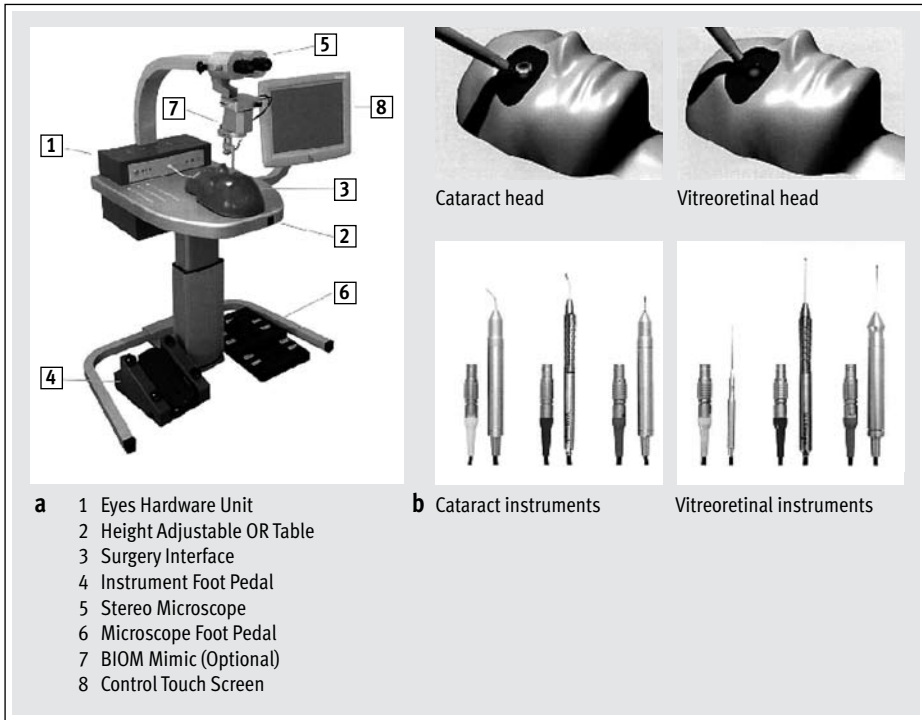
Das Simulationsprogramm ist auf zweierlei Anwendungsmöglichkeiten zugeschnitten: das allgemeine Geschicklichkeitstraining und die individuelle Operationsvorbereitung. Wie in einem Computerspiel hat der auszubildende Arzt einen Übungsparcours zu bewältigen.

Der Chirurg sitzt in der gewohnten Haltung an einem Operationsmikroskop und führt die originalen Operationsinstrumente in ein mechanisches Augenmodell ein. Der wesentliche Unterschied zu einer echten Operation ist, dass die Bilder, die der Chirurg im Mikroskop sieht, von einem Computer berechnet werden. Mit einer Zeitverzögerung, die unterhalb der Wahrnehmungsgrenze liegt, simuliert das System, wie sich das Gewebe verhält, wenn es in der Simulation mit dem Operationsinstrument in Kontakt kommt.



## Material und Methode

Für diese Studie wurde der Eyesi Operationssimulator (VRmagic, Mannheim, Germany) verwendet. Dieser Simulator ermöglicht es, ophthalmochirurgische Eingriffe in überschaubaren Lernabschnitten zu üben. Am Simulator ist es möglich, einzelne Aspekte chirurgischer Prozeduren isoliert zu üben. Chirurgische Grundfertigkeiten, wie die Handhabung der chirurgischen Instrumente und die Orientierung im Augeninnenraum, können anhand verschiedener abstrakter Module trainiert werden (Abb. 1).



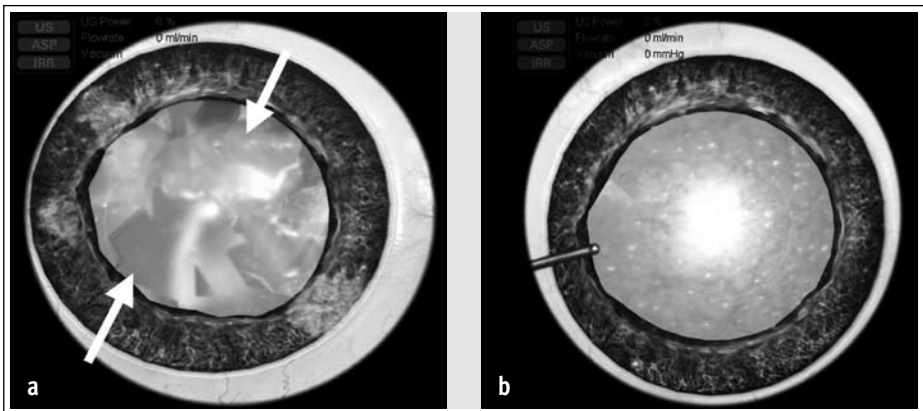
**Abb. 1:** Darstellung des Eyesi Simulators: a) Eyesi-Plattform mit Mikroskop, Bedienfeld und dem Fußpedal, b) Übungsköpfe und Instrumente für Katarakt- und Netzhaut-OP-Simulation

Der Simulator kann sowohl für vordere als auch hintere Augenabschnittsoperationen (Kataraktmodule und vitreoretinale Module) verwendet werden [4]. In diese Studie wurde das Kataraktmodul für den vorderen Augenabschnitt benutzt.

Um chirurgische Eingriffe am vorderen Augenabschnitt zu trainieren, wird der Eyesi Simulator mit einem Katarakt-Interface ausgestattet. Das Interface besteht aus einem Kopf mit Kataraktmodellaugen, Operationsinstrumenten, Fußpedalen und der entsprechenden Systemsoftware. Das Kataraktmodellauge ist für einen frontalen und temporalen Zugang ausgelegt. Dem Operateur stehen mehrere Öffnungen zum Einführen der Instrumente zur Verfügung. Das Interface sowie auch die Instrumente

haben Sensoren, die die Signale zu dem Computer übertragen. Der Computer stellt ein virtuelles chirurgisches Szenario dar, das zum Mikroskop wiederum übertragen wird.

Am Anfang jeder Übung muss der Proband das Mikroskop scharf stellen. Die Tiefenschärfe wird durch ein 3-D-Bild simuliert, somit kann der Nutzer die komplexen Interaktionen von Geweben und intraokularen Strukturen identifizieren. Während der unterschiedlichen Proben werden verschiedene Punkte analysiert: Zielerfühlung, Leistungsfähigkeiten, Gewebeschädigung, Mikroskopeinstellung und Instrumentenbehandlung [4]. Auch der Umgang mit Komplikationen kann geübt werden – zum Beispiel das Vorgehen bei einer Kapselruptur (Abb. 2) oder beim „Vorderkammerkollaps“ nach Entfernung der Irrigationskanüle während I/A.



**Abb. 2:** Beispiele von Komplikationen am Eyesi OP-Simulator: a) Hintere Kapselruptur/Linsenreste im Glaskörper, b) „Vorderkammerkollaps“ nach Entfernung der Irrigationskanüle während I/A

In dieser Studie wurden Assistenzärzte aus unserer Augenklinik in unterschiedlichen Gruppen entsprechend der individuellen operativen Erfahrung und dem Jahr der Ausbildung eingeteilt: Fortgeschrittene (Gruppe A,  $n = 3$ ), Mittelstufe (Gruppe B,  $n = 3$ ) und Anfänger (Gruppe C,  $n = 3$ ). Es wurden sechs Frauen und drei Männer rekrutiert, alle waren Rechtshänder und hatten ein medianes Alter von 28 Jahren. Für alle Probanden wurde ein Benutzerkonto angelegt. Die Probanden absolvierten das Trainingsprogramm maximal zwei Monate lang etwa zwei Stunden pro Woche.

Der Kataraktanfängerkurs (Cat-A) enthält vier Module, wobei ein Niveau von 30 % erreicht werden musste, um das jeweilige Modul abzuschließen. Alle Probanden wiederholten den Kurs (Cat-A) dreimal, um die intraindividuelle Leistung zu analysieren.

## Ergebnisse

Die fortgeschrittenen Assistenten (Gruppe A) zeigten bessere Ergebnisse in allen Stufen im Vergleich zu den Gruppen B und C, allerdings könnte kein signifikanter Unterschied zwischen allen drei Gruppen gefunden werden ( $n = 9$ ). Tendenziell waren aber die Gruppen A und B besser im Umgang mit dem Training ( $P > 0.05$  Kruskal-Wallis-Test) (Abb. 3). Die Gruppe A benötigte insgesamt weniger Versuche pro Übung als Gruppe B und C (Abb. 4). Bei der intraindividuellen Analyse der Lernkurve zeigte sich eine Verbesserung der Fähigkeiten in allen drei Gruppen.

Der OP-Simulator zeigte eine gute Reliabilität (Abb. 5), Gruppe B zeigte eine höhere Streuung als Gruppe A und C, dennoch konnte kein signifikanter Unterschied gefunden werden ( $P > 0.05$  Kruskal-Wallis-Test).

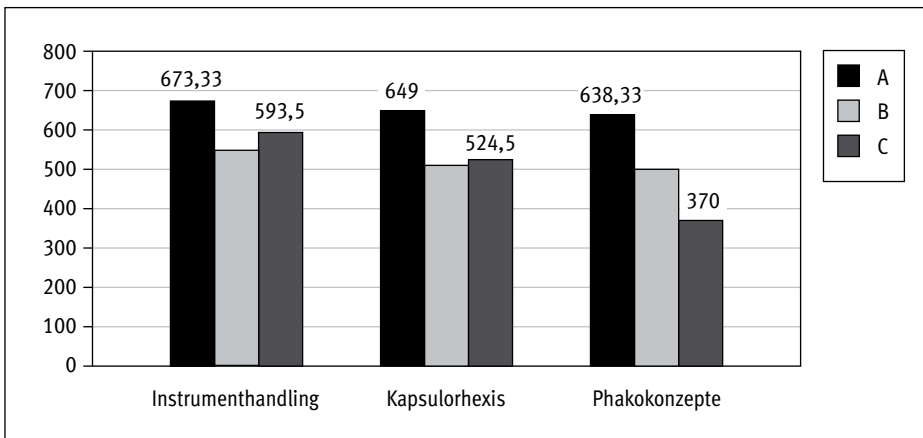


Abb. 3: Gesamtbewertung aller 3 Gruppen (A, B und C) für Instrumenthandling, Kapsulorhexis und Phakokonzepete

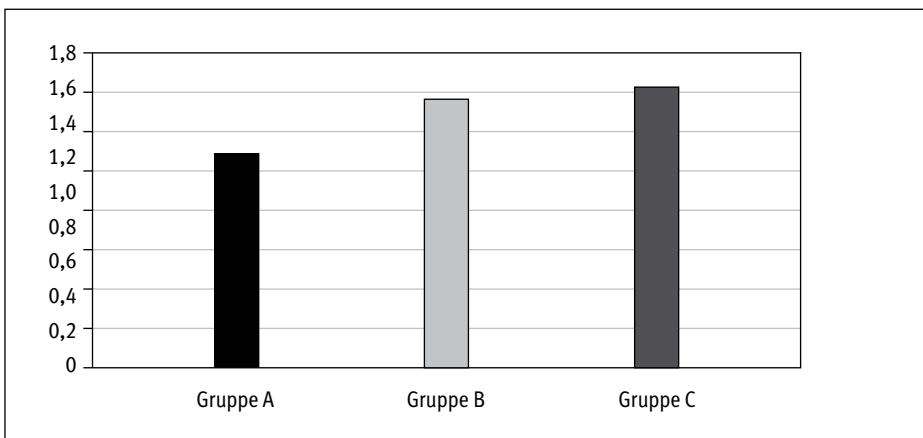


Abb. 4: Darstellung der Versuche pro Gruppe, die einzelnen Aufgaben zu bestehen (Module 1–5)

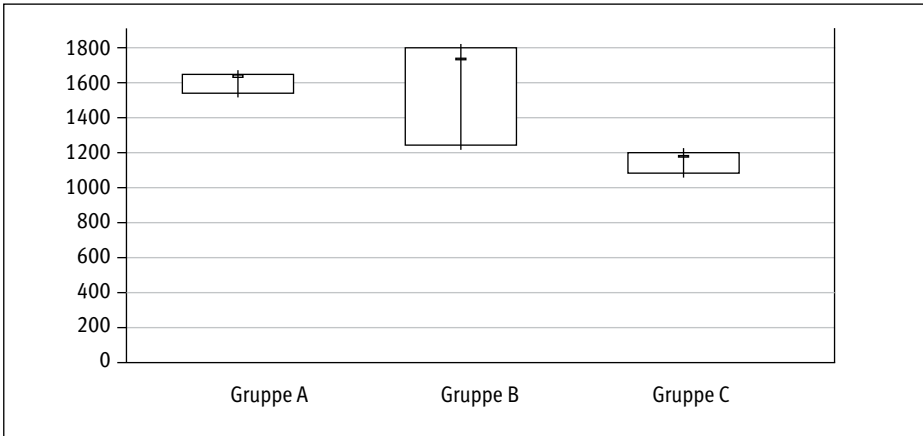


Abb. 5: Reliabilität pro Gruppe nach drei Wiederholungen der Module

In Abbildung 6 wird die Lernkurve der Gruppe C im Vergleich zur Gruppe A dargestellt. Intraindividuell konnten deutliche Fortschritte im Umgang mit den einzelnen Operationstechniken gesehen werden.

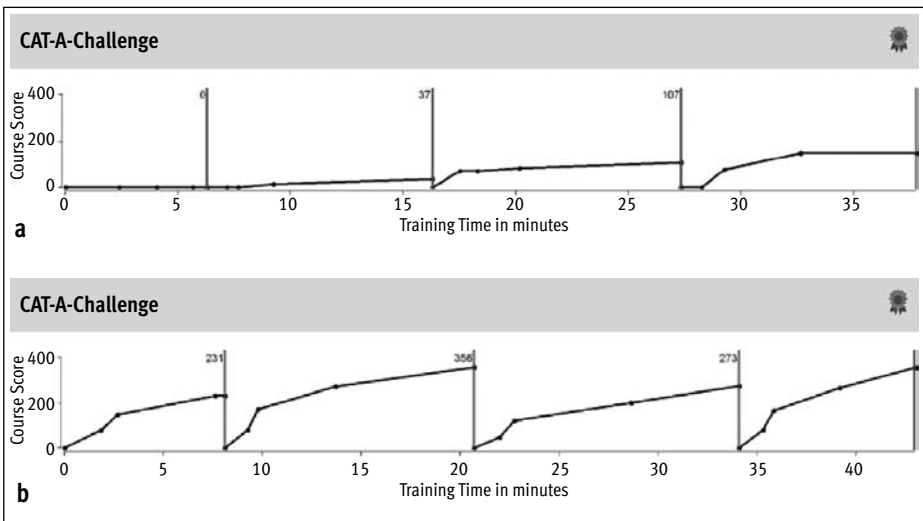


Abb. 6: Beispiel von Lernkurven, a) Gruppe C, b) Gruppe A

## Schlussfolgerung

Verschiedene Studien haben bereits die Validierung und Lernkurve vom Eyesi analysiert und geprüft [5, 6, 7]. Auf deren Grundlage wurde unser Trainingsschema entworfen und die individuellen Lernkurven unserer Assistenten analysiert. Die fortgeschrittenen Assistenten (Gruppe A) zeigten bessere Ergebnisse in allen Stufen, allerdings und wahrscheinlich aufgrund der reduzierten Probandenanzahl konnte kein signifikanter Unterschied gefunden werden. Gruppe A benötigte weniger Versuche pro Aufgabe im Vergleich zu den Gruppen B und C.

Das Training mit Eyesi ist orts- und zeitunabhängig. Die Vorteile sind eine realitätsnahe, aber virtuelle Operation ohne die Nachteile einer Operation am Patienten. Das Eyesi Lernprogramm verbessert die operativen Fähigkeiten junger Kollegen und erlaubt auch erfahrenen Kollegen das Üben beispielsweise im Umgang mit Komplikationen. Weitere Studien mit einer höheren Zahl an Probanden sind notwendig, um individuelle Trainingsprogramme zu erstellen und in der Ausbildung junger Ophthalmologen zu etablieren.

## Literatur

1. BAHGAT N, NISSIRIOS N, POTDEVIN L ET AL.: Complication in resident-performed phacoemulsification cataract surgery. *Br J Ophthalmol* 2007 October;91(10):1315–1317
2. LEE JS ET AL.: Complications after cataract surgery. *Eye* 2009
3. UNAL M ET AL.: Cataract surgery complications. *J Cataract Refract Surg* 2007
4. User Guide für Eyesi Surgery Simulator Version 2.6
5. BRIAN PRIVETT ET AL.: Construct validity of a surgical simulator as a valid model for capsulorhexis training. *J Cataract Refract Surg* 2010;36:1835–1838
6. SELVANDER M, ÅSMAN P: Virtual reality cataract surgery training: learning curves and concurrent validity. *Acta Ophthalmol* 2010:1755–3768
7. MAHR MA ET AL.: Construct validity of anterior segment anti-tremor and forceps surgical simulator training modules. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:980–985



# Umfrage von DGII, DOG, BVA und BDOC zur ambulanten Intraokularchirurgie 2010

M. Wenzel, T. Reinhard, T. Kohnen, A. Scharrer, K. Schayan, J. Klasen

## Zusammenfassung

Im Jahr 2010 wurde wieder die DGII-, BVA-, BDOC- und DOG-Umfrage unter den deutschsprachigen Ophthalmochirurgen durchgeführt. Die Angaben von 295 Operationszentren mit zusammen 673 Operateuren werden hier vorgestellt und mit den Ergebnissen der Vorjahre verglichen. Die Teilnehmerquote lag bei etwa 30 %. Zusammen wurden 374.199 ambulante und stationäre Kataraktoperationen erfasst, 22.813 refraktive Operationen, 8959 bulbuseröffnende Glaukomoperationen und 115.922 intravitreale Makulatherapien (Anti-VEGF, Kortison).

## Summary

A survey on the status of out-patient surgery was carried out by the DGII, BVA, DOG and BDOC in 2010. Data from 295 operating centers involving 673 ophthalmic surgeons were evaluated. The responders were about 30 % of all german ophthalmic surgeons. 374.199 cataracts, 115.922 invasive macula treatment (anti-VEGF, Cortisone), 22.813 refractive procedures and 8959 invasive glaucoma procedures were performed by the responders in this year.

## Einführung

Im Januar 2011 wurde wie in den letzten Jahren ein Umfragebogen an die dem BVA bekannten Operateure geschickt sowie von DGII und BDOC digital veröffentlicht. 92 % der Antworten erreichten uns per Fax oder per Post, 23 (8 %) der Antworten wurden über das Internet bezogen.

Unser großer Dank gilt all den Kollegen, die sich Jahr für Jahr die Mühe machen, die Fragebögen anonym auszufüllen und an uns zurückzusenden, sodass wir Ärzte einen Überblick über die aktuellen Entwicklungen unseres Faches erhalten, der allen zugänglich ist. Da nicht alle Fragen regelmäßig wiederholt werden und die Umfrage jedes Jahr andere Schwerpunkte setzt, verweisen wir auf die vorausgegangenen Publikationen [1, 2, 3]. Insgesamt wurden 3410 Fragebögen an alle BVA-Mitglieder geschickt, die ein Kennzeichen „OP“ in der Mitgliederverwaltung haben. Das bedeutet aber nicht, dass sie alle Operateure sind, und es bedeutet auch nicht, dass es alle Operateure sind. Die Zahl der versandten Umfragebögen ist vom Jahr 2005 bis 2010 von 3026 auf 3410 gestiegen. Der BDOC hatte zum Jahreswechsel 890 Mitglieder, die DGII 637. Die Zahl der niedergelassenen Operationszentren ist nicht zentral erfasst und sie wird auch zunehmend unübersichtlicher, da Operateure an verschiedenen Orten chirurgisch tätig sein können. Wenn es in Deutschland 700 Operationszentren niedergelassener Kollegen gibt, dann würden die 247 teilnehmenden Zentren einen Anteil von 35 % darstellen.

Die Ergebnisse werden mit der letzten Umfrage aus Österreich verglichen [4]. Dieser Vergleich gilt nur für Operationszentren, Kataraktoperationen und Sonderlinsen, Glaukomoperationen, refraktive Operationen und intravitreale Therapien.

## Die Operationszentren

Es wurden 295 Antworten von Operationszentren ausgewertet, die intraokular operierten. In Deutschland gibt es 850 Operationszentren, die Teilnehmerquote lag bei etwa  $\frac{1}{3}$  und damit im unteren Bereich der letzten Jahre.

Von den 295 antwortenden OP-Zentren waren 48 (16 %) öffentliche Kliniken und 247 (84 %) operative Zentren niedergelassener Kollegen. Von diesen 247 Zentren führten 224 Kataraktchirurgie durch, zwölf waren nur refraktiv tätig (evtl. + IVOM) und elf nahmen ausschließlich IVOM-Therapien vor (Abb. 1).

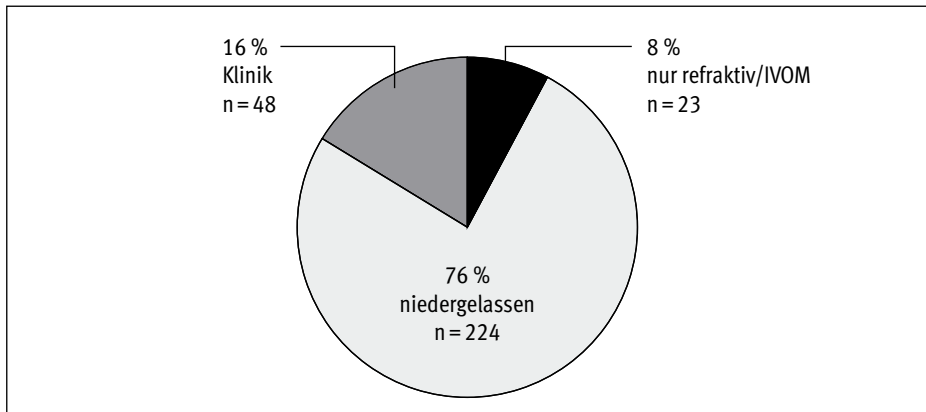


Abb. 1: Anzahl der teilnehmenden Operationszentren 2010 (n = 295)

Von den 48 Kliniken gaben drei an, dass Ärzte von ihnen zusätzlich über die KV in externen OP-Räumen operierten. Von den 247 Operationszentren niedergelassener Kollegen besaßen 121 (49 %) eine eigene Operationseinheit und 150 (61 %) operierten in angemieteten Räumen oder als Belegärzte. Somit hat die Rate der Kollegen, die in einem eigenen OP operieren, zugenommen. Da auch niedergelassene Ärzte mit eigenem OP teilweise außerhalb operierten, ergaben sich folgende Zahlen: 54 von 247 niedergelassenen Kollegen (22 %) operierten in Räumen eines anderen niedergelassenen Kollegen, 96 (39 %) operierten in Räumen eines öffentlichen Krankenhauses und 14 (7 %) in einem MVZ. Die Zahl der MVZ ist mit 14 weitgehend konstant geblieben.

Es erfolgten 47.310 Operationen (13 %) stationär und 326.889 (87 %) ambulant. Stationäre Kataraktoperationen wurden in allen Hauptabteilungen öffentlicher Krankenhäuser angeboten und in 32 % der Operationszentren niedergelassener Operateure.



In den 295 teilnehmenden Zentren arbeiteten 673 operierende Augenärzte. 269 der 673 Operateure arbeiteten als angestellte oder beamtete Ärzte in öffentlichen Krankenhäusern, 404 waren niedergelassen.

In Österreich gibt es 33 Operationszentren mit 199 Operateuren, die alle an der Umfrage dort teilgenommen haben [4]. Im Mittel kommen in Österreich eine operative Abteilung auf 250.000 Einwohner und ein Operateur auf 41.000 Einwohner. Wenn wir die Teilnehmerquote unserer Umfrage berücksichtigen, kommen in Deutschland etwa eine operative Abteilung auf 100.000 Einwohner und wie in Österreich ein Operateur auf 40.000 Einwohner.

31 der 34 teilnehmenden österreichischen Zentren waren öffentliche Spitäler und drei Privatspitäler/Sanatorien. Insgesamt wurden 76 % der Kataraktoperationen stationär und 24 % tagesklinisch durchgeführt [4].

### Zahl der Kataraktoperationen

Es wurden 374.199 Kataraktoperationen erfasst, 85.914 (26 %) von öffentlichen Kliniken und 288.285 (74 %) von niedergelassenen Kollegen (Abb. 2).

Die Angaben der jährlichen Operationszahlen durch öffentliche Krankenhäuser schwankten zwischen 446 und 4700. Der Median lag etwa wie im Vorjahr bei 1988 Kataraktoperationen im Jahr. Die jährlichen Operationszahlen der niedergelassenen Kollegen schwankten zwischen 23 und 9500. Der Median lag mit 900 Staroperationen pro Jahr etwas über den Werten der Vorjahre. 18 % der niedergelassenen Zentren gaben an, über 2000 Katarakte im Jahr zu operieren, 41 % der Zentren gaben über 1000 Kataraktoperationen im Jahr an.

In Österreich wurden 62.627 Kataraktoperationen gemeldet, das sind etwa 8/1000 Einwohner und Jahr [4]. In Deutschland werden über 10/1000 Einwohner und Jahr durchgeführt.

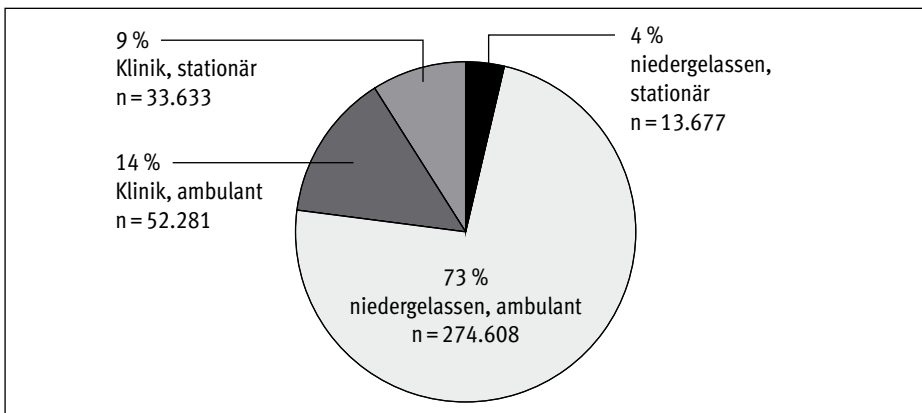


Abb. 2: Kataraktoperationen 2010 (n = 374.199)

## Linsenimplantation mit Injektorsystemen

Der Anteil der OP-Zentren, die die Implantation mit vorgeladenen Einmalinjektoren bevorzugte, lag im Jahr 2010 bei 19 %. 75 % der Zentren bevorzugten von Hand geladene Injektionssysteme und 6 % der Kollegen implantierten bevorzugt mit Faltpinzetten.

## Sonderlinsen

4237 (1,1 %) aller Implantate in Deutschland waren torisch. 159 (54 %) aller Operationszentren haben torische Linsen implantiert. Es wurden zwischen einer und 200 torische Linsen implantiert. 6 % aller Operationszentren haben mehr als 50 torische Linsen im Jahr implantiert. In Österreich ist die Rate geringer, dort sind 0,8 % aller Linsen torisch [4].

5480 implantierte multifokale Linsen entsprechen 1,5 % aller Implantate in Deutschland. 144 (49 %) aller Operationszentren haben multifokale Linsen implantiert. Es wurden zwischen einer und 300 multifokale Linsen implantiert. 7 % aller Operationszentren haben mehr als 50 multifokale Linsen im Jahr implantiert. In Österreich ist die Rate weniger als halb so groß, dort sind 0,6 % aller Linsen multifokal [4].

723 (0,2 %) aller Implantate in Deutschland waren „Add-on“-Linsen. 71 (24 %) aller Operationszentren haben „Add-on“-Linsen implantiert. Es wurden zwischen einer und 50 „Add-on“-Linsen implantiert.

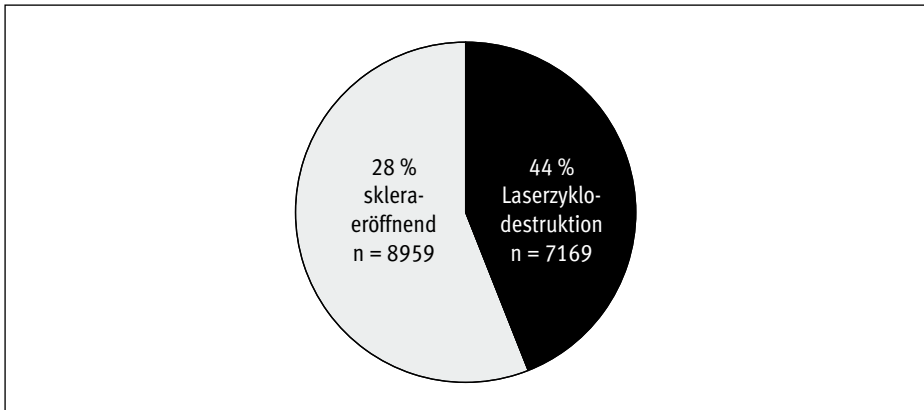
8284 (2,2 %) aller Implantate waren in Deutschland Mikroinzisionslinsen, die durch einen Schnitt von unter 2 mm implantiert worden sind. 36 (12 %) aller Operationszentren haben Mikroinzisionslinsen implantiert. Es wurden zwischen einer und 4400 Mikroinzisionslinsen implantiert. 5 % aller Operationszentren haben mehr als 50 Mikroinzisionslinsen im Jahr implantiert.

## Skleraeröffnende Glaukomoperationen

Im Jahr 2010 wurden 8959 bulbuseröffnende Glaukomoperationen mit dieser Umfrage erfasst (Abb. 3). Dabei ist das Verhältnis von Katarakt- zu Glaukomoperationen in den letzten Jahren relativ konstant bei etwa 40:1 geblieben. Von den 111 operativen Zentren, die zu skleraeröffnenden Glaukomoperationen geantwortet haben, waren 45 öffentliche Kliniken und 66 niedergelassene Kollegen.

Von den 8959 Glaukomoperationen erfolgten 7111 stationär in öffentlichen Kliniken (79 %), 72 ambulant in öffentlichen Kliniken (1 %), 741 stationär durch niedergelassene Operateure (8 %) und 1035 ambulant durch niedergelassene Operateure (12 %). Im Jahr 2008 hatten 39 % aller niedergelassenen Kataraktoperateure Glaukomoperationen durchgeführt, 2010 waren es noch 29 % der Niedergelassenen.

Während 29 (60 %) der öffentlichen Kliniken mehr als 50 bulbuseröffnende Glaukomoperationen durchführten, waren es nur sieben (3 %) der niedergelassenen Kollegen. Diese 36 OP-Zentren waren 12 % aller Teilnehmer und haben zusammen 7870 (88 %) aller skleraeröffnenden Glaukomoperationen durchgeführt.



**Abb. 3:** Skleraeröffnende Glaukomoperationen und Laserzyklodestruktionen 2010 (n = 16.128)

Die Trabekulektomie blieb die beliebteste skleraeröffnende Glaukomoperation, sie wurde von 79 % aller Zentren bevorzugt. 17 % bevorzugten die Trabekulotomie, 13 % die tiefe Sklerektomie. 18 % der operativen Zentren bevorzugten andere bulbuseröffnende Glaukomoperationen, die alle an jeweils unter 5 % der Abteilungen Anwendung fanden. Diese anderen Glaukomoperationen waren der Häufigkeit nach: Trabekelaspilation, Kanaloplastik, Viskokanalostomie, ExPress shunt, Trabektom, Gedeckte Sklerektomie, Valve-OP, Implantate, basale Iridektomien. Da auch Mehrfachnennungen vorkamen, addieren sich die Zahlen zu über 100 %.

2111 (24 %) der Glaukomoperationen erfolgten kombiniert mit einer Kataraktoperation. Von diesen 2111 kombinierten Operationen erfolgten 1492 in öffentlichen Kliniken, das waren 21 % aller Glaukomoperationen und 2 % aller Kataraktoperationen dort. 619 kombinierte Operationen wurden von niedergelassenen Kollegen durchgeführt, das waren 35 % aller Glaukomoperationen und 0,2 % aller Kataraktoperationen dort.

### Laserzyklodestruktion

Im Jahr 2010 erfolgten 7169 laserdestruktive Eingriffe. Von den hier erfassten Glaukomoperationen waren 44 % Laserzyklodestruktionen (Abb. 3). Während 80 % aller bulbuseröffnenden Glaukomoperationen in Kliniken durchgeführt worden sind, waren es bei den Laserzyklodestruktionen 86 %, die in öffentlichen Kliniken durchgeführt worden sind. Von den 7169 Laserzyklodestruktionen erfolgten 5534 (77 %) stationär und 1635 (23 %) ambulant. An 29 Kliniken (60 %) wurden mehr als 50 laserzyklodestruktive Eingriffe im Jahr durchgeführt. An drei Operationszentren niedergelassener Kollegen (1 %) wurden mehr als 50 Laserzyklodestruktionen im Jahr durchgeführt.

## Lasertrabekuloplastik

Im Vorjahr wurden 6488 Lasertrabekuloplastiken (LTP/SLT) von den intraokular tätigen Operateuren erfasst und zusätzlich noch 514 aus insgesamt elf Praxen, die keine bulbuseröffnenden intraokularen Operationen durchgeführt haben und sonst nicht in dieser Umfrage berücksichtigt werden konnten. 13 % der Lasertrabekuloplastiken erfolgten in öffentlichen Kliniken. Während laserzyklodestruktive Eingriffe überwiegend von den OP-Zentren durchgeführt worden sind, die auch hohe Zahlen von skleraeröffnenden Glaukomoperationen hatten, wurden Lasertrabekuloplastiken vorwiegend an Zentren durchgeführt, die nicht oder nur wenig intraokulare Glaukomchirurgie durchführten. 469 LTPs (7 %) erfolgten an den 36 operativen Glaukomzentren, die jährlich mehr als 50 skleraeröffnende Glaukomoperationen durchgeführt haben.

## Refraktive Operationen

22.813 refraktive Operationen wurden erfasst. Auf 16 Katarakte kommt etwa eine primäre refraktive Operation. Von den 23.160 Operationen erfolgten 20.649 durch niedergelassene Kollegen und 2164 in öffentlichen Kliniken.

Von den 22.813 refraktiven Operationen waren 18.360 Excimerlaser-Eingriffe, 2768 refraktive Linsenaustausche, 1660 phake Implantate und 25 limbale Inzisionen. Von 23 Zentren wurden phake Vorderkammerimplantate bevorzugt, ebenfalls von 23 Zentren irisfixierte Implantate und von 28 Zentren Hinterkammerimplantate. Die Zahl der Excimer-Eingriffe und auch der anderen refraktiven Eingriffe ist im Vergleich zu den Vorjahren tendenziell angestiegen.

Die 18.360 Excimer-Eingriffe wurden an zusammen 81 Institutionen vorgenommen. Davon waren 22 Zentren an öffentlichen Kliniken angegliedert und 59 Zentren niedergelassener Kollegen. Somit hatten 46 % der öffentlichen Kliniken und 24 % der teilnehmenden OP-Zentren niedergelassener Kollegen Zugang zu einem Excimerlaser. An 47 der 81 Laserzentren (58 %) wurden mehr als 50 Eingriffe im Jahr vorgenommen, davon wurden an 30 Zentren (37 %) mehr als 100 Eingriffe im Jahr durchgeführt.

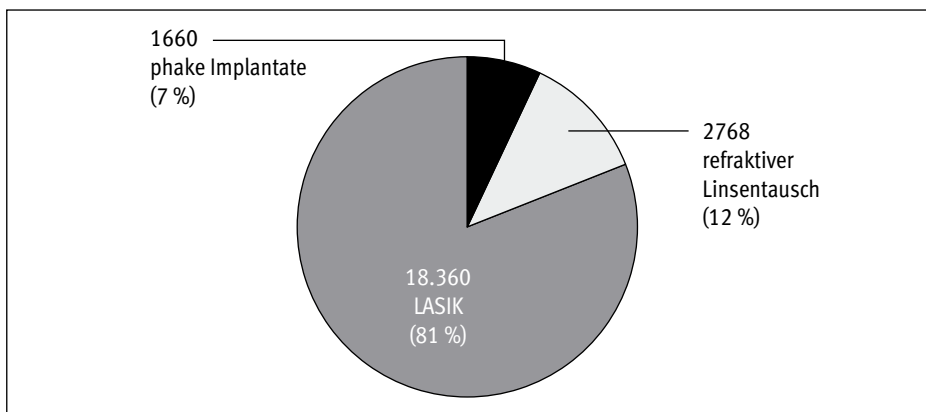


Abb. 4: Refraktive Operationen 2010 (n = 22.813)

## Intravitreale Therapien

Im Jahr 2010 erfolgten 116.599 intravitreale Medikamenteneingaben (IVOM) mit Anti-VEGF oder Kortikosteroiden. Davon erfolgten 54.936 (47 %) durch öffentliche Kliniken und 61.663 (53 %) durch niedergelassene Kollegen. Während 45 der 48 öffentlichen Kliniken Angaben zu invasiven Makulatherapien angegeben haben, waren es 175 der 247 (71 %) niedergelassenen Operateure. 2010 kamen in Deutschland auf 2,8 Kataraktoperationen eine IVOM. Im Jahr davor lag der Wert noch bei 4:1. In den öffentlichen Kliniken lag das Verhältnis der Kataraktoperationen zu den IVOMs bei 1,6:1; im Bereich der niedergelassenen Kollegen lag es bei 4,7:1.

Im Jahr 2010 wurde von Augenärzten Avastin<sup>®</sup> 47.100-mal intravitreal appliziert. 42.637-mal wurde von Novartis erworbenes Lucentis<sup>®</sup> (Ranibizumab) gegeben, 21.225-mal „ausgeeinzeltes“ Ranibizumab, 2756-mal Triamzinolon, 770-mal Ozurdex<sup>®</sup> und 434-mal Macugen<sup>®</sup>. Bei den restlichen 677 Patienten erfolgte keine differenzierte Angabe. Im Jahr 2010 wurden bei 38 % der intravitrealen Therapien offiziell zugelassene Medikamente (Lucentis<sup>®</sup>, Ozurdex<sup>®</sup>, Macugen<sup>®</sup>) appliziert und zu 62 % wurde Avastin<sup>®</sup> und Triamzinolon gegeben. In der Bevorzugung der „Off-Label-Therapie“ gab es in diesem Jahr kaum noch einen Unterschied zwischen öffentlichen Kliniken und niedergelassenen Kollegen.

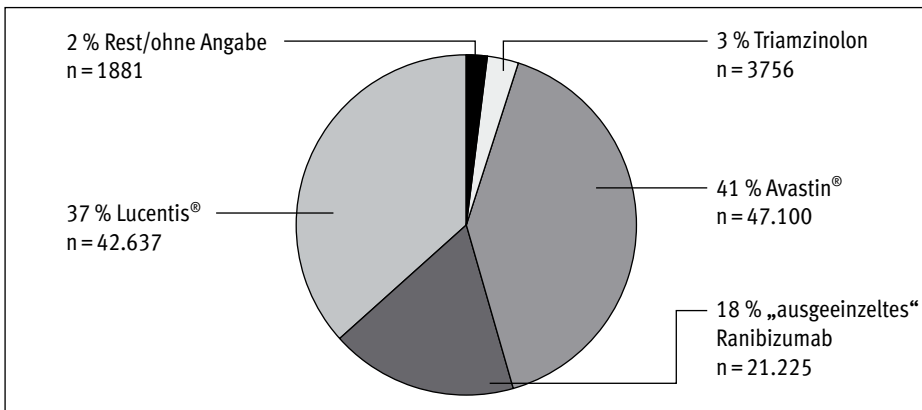


Abb. 5: Medikamente zur IVOM 2010 (n = 116.599)

## Literatur

1. WENZEL M, PHAM DT, SCHARRER A ET AL.: Derzeitiger Stand der ambulanten Intraokularchirurgie 2007: Ergebnisse der Umfrage 2007 des BDOC, BVA und der DGII. Ophthalmologie 2008;20:137–146
2. WENZEL M, PHAM DT, SCHARRER A ET AL.: Ambulante Intraokularchirurgie. Ergebnisse der Umfrage 2008 von BDOC, BVA und der DGII. Ophthalmologie 2009; 21:199–211
3. WENZEL M, KOHNEN T, SCHARRER A ET AL.: Ambulante Intraokularchirurgie. Ergebnisse der Umfrage 2009 von BDOC, BVA und der DGII. Ophthalmologie 2010 22:276–283
4. NEUMAIER-AMMERER B: Auswertung der Umfrage der Kommission für Kataraktchirurgie und intraokulare Implantate für 2009. Spektrum Augenheilkd 2010;24:287–288



**ISBN: 978-3-930505-60-9**  
**EAN: 9783930505609**



**BIERMANN**  
**MEDIZIN**