

# Verbesserung der IOL-Berechnung

Optimierung der **Vorhersage-Genauigkeit**: Optische Teilstreckenmessung, Topographie und Ray-Tracing

**CASTROP-RAUXEL** Die Einführung der optischen Biometrie<sup>1</sup> in die klinische Routine hat die refraktiven Ergebnisse der Katarakt-Chirurgie deutlich verbessert. War bei ultraschallbasierter Biometrie die Achslänge des Auges der größte Einzelfehler, so ist dies bei optischer Biometrie die axiale Position des Implantates<sup>2,3</sup>. Die klassischen und marktüblichen Formeln zur Brechkraftbestimmung der IOL<sup>4-7</sup> benutzen als Eingangsparameter Achsenlänge und Hornhautradien beziehungsweise Achsenlänge und Vorderkammertiefe (Haigis).

Neuere Geräte wie der Lenstar LS900 (Haag-Streit, Schweiz) sind in der Lage, auch optische Teilstrecken zu vermessen. Insbesondere die Information über die Position der Vorder- und Hinterkapsel der Linse hat das Potenzial, die Vorhersagegenauigkeit weiter zu verbessern. Auch weitere Informationen über die Hornhaut, insbesondere Asphärität und Rückflächenradius, können zu besseren Ergebnissen führen<sup>8</sup>.

Vorhersagefehler bei Ray-Tracing Biometrie	Achslänge und Keratometrie	Achslänge, Keratometrie, VK-Tiefe und Linsendicke	Achslänge, Topographie, VK-Tiefe und Linsendicke	Achslänge, Keratometrie, Topographie anterior, VK-Tiefe und Linsendicke	Achslänge, Keratometrie, Topographie anterior und posterior, VK-Tiefe und Linsendicke
Standardabweichung (dpt)	0,424	0,395	0,489	0,393	0,426
Absolutfehler Mittel (dpt)	0,334	0,309	0,364	0,298	0,318
Absolutfehler Median (dpt)	0,265	0,249	0,284	0,238	0,240
innen $\pm 0,25$ dpt	47%	50%	45%	50%	52%
innen $\pm 0,50$ dpt	78%	81%	77%	84%	80%
innen $\pm 1,00$ dpt	98%	98%	95%	98%	98%

Tab. 1: Vorhersagefehler bei Ray-Tracing-Biometrie und unterschiedlichen Eingangsparametern.

Wir haben in einer prospektiven Studie geprüft, ob und wie die zusätzlichen Informationen die Vorhersagegenauigkeit der IOL-Brechkraft verbessern kann.

#### Patienten, Material, Methoden

593 Augen, die zwischen dem 1. Januar 2011 und 30. Juni 2011 operiert wurden, wurden sowohl mit dem IOL-Master V5 (Zeiss Meditec, Jena) als auch mit dem Lenstar V2 (Haag-Streit, Bern, Schweiz) vermessen. Zusätzlich wurde eine kombinierte Placido/

Scheimpflug-Topographie der Hornhaut mit dem TMS5 (Tomey, Nagoya, Japan) durchgeführt. Bei allen Patienten erfolgte eine komplikationslose Phakoemulsifikation mit limbalem 2,2-mm-Schnitt und Implantation in den Kapselsack. Sechs verschiedene IOL-Designs kamen zum Einsatz, fast ausschließlich einteilige Linsen aus hydrophobem Acrylat. 320 Linsen waren rein sphärisch, 273 asphärisch, torisch oder beides. Die Brechkraft betrug 6,0 bis 31,0 dpt, Median 22,0 dpt. Nach vier bis sechs Wochen

erfolgte eine subjektive Refraktion. Die Berechnung der IOL-Brechkraft erfolgte nach verschiedenen Methoden. Die Ray-Tracing-Software Okulix V8 (tedics GbR, Dortmund) wurde mit verschiedenen Eingangsparametern verwendet, dazu stellvertretend für die konventionelle Formeln diejenige nach Haigis sowie eine modifizierte Form derselben, welche zusätzliche Information (optische gemessene Vorderkammertiefe und Linsendicke) zur Vorhersage der axialen IOL-Position und einen fiktiven Hornhautbrechungsindex  $n_C = 1,327$  verwendet.

Der Anteil der Augen binnen  $\pm 0,50$  dpt stieg von 76 Prozent auf 83 Prozent. Zusätzlich wurden acht LASIK-Augen untersucht, die 2010/2011 bei uns an einer Katarakt operiert wurden (Abb. 1).

#### Diskussion

In der aktuellen Literatur werden in Studien mit  $n > 400$  Augen Standardabweichungen zwischen 0,56 und 0,62 dpt, mittlere Absolutfehler von 0,41 bis 0,44 dpt sowie 63 bis 70 Prozent der Augen binnen 0,5 und 90 bis 94 Prozent binnen 1,0 dpt um die

**LENTIS<sup>®</sup>** Mplus<sup>toric</sup>

Das Beste aus zwei Hochtechnologien: Mit der multifokal-torischen LENTIS<sup>®</sup> Mplus<sup>toric</sup> werden die innovative Presbyopiekorrektur der patentierten LENTIS<sup>®</sup> Mplus und die optimale Astigmatismusbehandlung der LENTIS<sup>®</sup> Tplus miteinander in einer Intraokularlinse vereint.

Das Ergebnis: Optimales Sehen für ihre Patienten

- Ausgezeichnete Nah-, Intermediär- und Fernsicht
- Minimale Halo- und Blendungserscheinungen
- Minimaler Lichtverlust und Pupillenunabhängigkeit
- Garantierte Addition von 3 Dioptrien
- Kurze Adaptionsphase
- Individuelle Astigmatismuskorrektur
- Optimierte Abbildungsqualität
- Natürliche Kontrast- und Farbwahrnehmung
- Sehr hohe Rotationsstabilität
- Aberrationsneutralität für eine bessere Tiefenschärfe

oculentis<sup>®</sup>

Simply the best  
all-in-one lens

Besuchen Sie uns auch 2012 auf der DGU & AAD Düsseldorf

Bereits über 70.000 Mplus Implantationen weltweit

Oculentis GmbH | Am Borsigturm 58 | 13507 Berlin | Tel. 030 / 43 09 55 0 | www.oculentis.com

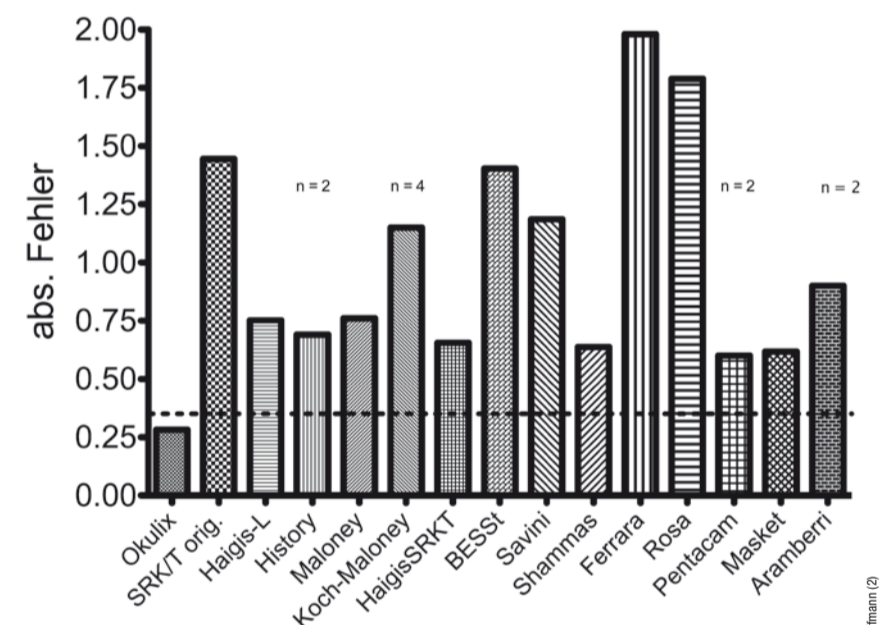


Abb. 1: Mittlerer Absolutfehler der IOL-Berechnung bei acht Augen nach LASIK. Die gestrichelte Linie zeigt das Präzisionsniveau bei nicht voroperierten Augen.

Der Vorhersagefehler ist definiert als Differenz zwischen erreichter und berechneter Refraktion (sphärisches Äquivalent). Als Gütekriterien wurden die Standardabweichung des Vorhersagefehlers, der mittlere Absolutfehler sowie der Anteil der Augen binnen 0,5 beziehungsweise 1,0 dpt um die berechnete Refraktion herangezogen. Der mittlere Vorhersagefehler wurde genullt, um eine Vergleichbarkeit zwischen den verschiedenen Verfahren herzustellen.

#### Ergebnisse

Per Ray-Tracing (Okulix<sup>®</sup> V8) wurden Daten von IOLMaster<sup>®</sup>, Lenstar<sup>®</sup> und TMS5 zusammengeführt und für die IOL-Brechkraftberechnung verwendet. Tabelle 1 zeigt die Ergebnisse in Abhängigkeit von den Eingangsparametern.

Die modifizierte Haigis-Formel konnte gegenüber ihrer Originalversion mit optimierten Konstanten den mittleren Absolutfehler von 0,334 (IOLMaster solo) beziehungsweise 0,353 (Lenstar solo) auf 0,308 senken.

Zielrefraktion angegeben<sup>8-12</sup>. In diesen Studien wurde die optische Biometrie mit dem Zeiss IOLMaster<sup>®</sup> durchgeführt. Informationen über optische Teilstrecken lagen nicht vor und wurden in den Berechnungsformeln nicht verwendet. Hier liegen unsere Ergebnisse deutlich besser.

Der unsystematische Fehler wird bei heutiger Messtechnik überwiegend durch die axiale Position der IOL bestimmt. Norrby<sup>2</sup> berechnet den Anteil auf 35,5 Prozent des Gesamtfehlers. Insofern liegt hier das größte Verbesserungspotenzial. Die optische Teilstreckenmessung mit dem Haag-Streit Lenstar gibt relativ genaue Informationen über die Lage der natürlichen Linse im Auge. Wir gehen bei unseren Berechnungen davon aus, dass die Mitte der IOL etwa auf Höhe des ehemaligen Linsenäquators zu liegen kommt. Mittels regressiver Algorithmen bestimmen wir die voraussichtliche IOL-Position aus den Eingangsparametern Achslänge, interner Vorderkammertiefe und Linsendicke. Im Ray-Tracing-Ansatz wird



die physikalische Position verwendet, im Dünne-Linsen-Ansatz eine fiktive ELP, welche durch den geänderten fiktiven Brechungsindex der Hornhaut ( $n_C = 1,327$ ) allerdings viel näher an der physikalischen Position liegt als bei den klassischen Formeln.

Zusätzliche Informationen über die Hornhaut, namentlich Exzentrizität und Rückflächenradien erhalten wir über die Tomey TMS5-Topographie. Norrby<sup>2</sup> berechnet den Anteil dieser Komponenten am Gesamtfehler mit 6,2 Prozent. Das Verbesserungspotenzial ist also etwa sechsmal kleiner als das der axialen IOL-Position. Bei ungewöhnlichen Hornhautformen, ganz besonders bei chirurgisch veränderten Augen, sind diese Informationen allerdings unabdingbar, um eine brauchbare IOL-Berechnung durchführen zu können.

Unsere Ergebnisse zeigen, dass die Hereinnahme der Topographie zwar im Gesamtkollektiv keine klinisch bedeutsame Verbesserung bringt, allerdings auch nicht schadet und in Einzelfällen große Fehler zu vermeiden imstande ist. Im Falle von post-LASIK-Augen kann eine Vorhersagegenauigkeit wie am nicht voroperierten Auge erreicht werden.

Bei normalen Augen kann die Topographie aufgrund von Benetzungsproblemen und systemimmanenten Ungenauigkeiten die Hornhautradien weniger gut messen als die Keratometrie. Dies gilt nach unseren Erfahrungen für alle Systeme (Placido, Scheimpflug, scanning slit). Aus diesem Grund ist es sinnvoll, die gemessenen Radien mit keratometrisch bestimmten abzugleichen beziehungsweise zu mitteln. Bei nicht-normalen Hornhäuten, vor allem nach refraktiver Chirurgie, ist es sinnvoll, nur die Topographie zu verwenden. Hierbei zeigte sich, dass die IOL-Berechnung auf Basis realer Messdaten per Ray-Tracing allen bekannten Methoden, die äquivalente K-Werte berechnen oder eine regressive Korrektur der gemessenen Keratometrie durchführen, klar überlegen ist.

Es ist klar erkennbar, dass die Positionsabschätzung der IOL mittels optisch gemessener Vorderkammertiefe und Linsendicke insgesamt das größte Verbesserungspotenzial zeigt; der mittlere Absolutfehler kann alleine durch diese Daten um zehn bis 15 Prozent reduziert werden. Dies gilt sowohl für das Ray-Tracing als auch für die Gauß'sche Optik. ■

► **Autor:**

Dr. Peter Hoffmann  
Augen- & Laserklinik GmbH  
Münsterplatz 7  
44575 Castrop-Rauxel  
E-Mail:  
info@augenklinik-castrop-rauxel.de

Literatur

1. Drexler W, Findl O, Menapace R, et al. Partial coherence interferometry: a novel approach to biometry in cataract surgery. *Am J Ophthalmol* 1998; 126:524-534.
2. Norrby S. Sources of error in intraocular lens power calculation. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:368-376.
3. Olsen T. Sources of error in intraocular lens power calculation. *J Cataract Refract Surg* 1992;18:125-129.
4. Haigis W. IOL calculation according to Haigis. Available at: <http://www.augenklinik.uni-wuerzburg.de/uslab/ioltx/haie.htm> 1996. [Accessed January 25, 2012].

5. Hoffer KJ. The Hoffer Q formula: A comparison of theoretic and regression formulas. *J Cataract Refract Surg* 1993.
6. Retzlaff JA, Sanders DR, Kraff MC. Development of the SRK/T intraocular lens implant power calculation formula. *J Cataract Refract Surg* 1990;16:333-340.
7. Holladay JT, Prager TC, Chandler TY, et al. A three-part system for refining intraocular lens power calculations. *J Cataract Refract Surg* 1988;14:17-24.
8. Preußner P-R, Olsen T, Hoffmann PC, Findl O. Intraocular lens calculation accuracy limits in normal eyes. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:802-808.
9. Hoffmann PC. Ergebnisse und Optimierung der Biometrie bei 3046 Augen. In: Fabian E, Auffarth GU, Kohnen T, eds. 23. Kongress der DGII. Vol 23. Köln: Biermann; 2009:203-214.
10. 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;37:50-62.
11. Covert DJ, Henry CR, Koenig SB. Intraocular lens power selection in the second eye of patients undergoing bilateral, sequential cataract extraction. *Ophthalmology* 2010;117:49-54.
12. Olsen T. Improved accuracy of intraocular lens power calculation with the Zeiss IOLMaster. *Acta Ophthalmol Scand* 2007;85:84-87.
13. Liou HL, Brennan NA. Anatomically accurate, finite model eye for optical modeling. *J Opt Soc Am A Opt Image Sci Vis* 1997;14:1684-1695.
14. Preußner PR, Wahl J, Lahdo H, Findl O. Konsistente IOL-Berechnung. *Ophthalmologie* 2001;98:300-304.

## Femto-Phako

DGII bietet erstmals separate Themensitzung an

**BERLIN [dk]** Die aktuell im Fach sehr intensiv geführte Diskussion um die Möglichkeiten der Femtosekundenlaser-assistierten Kataraktchirurgie wird auch im Kongress-Programm widerspiegelt.

Die DGII widmet dem Thema am Samstag, 10. März, erstmals eine eigene Sitzung unter dem Titel „Femto-Phako – Zukunft der Kataraktchirurgie?“ Über die derzeitigen Entwicklungen und

eigene Erfahrungen berichten Prof. Zoltan Nagy (Budapest), Prof. Gerd U. Auffarth (Heidelberg), MD Ronald Krueger (Cleveland), Prof. Michael Knorz (Mannheim) und Prof. Burkhard Dick (Bochum).

Die 80-minütige Sitzung beginnt um 10.40 Uhr (bis 12.00 h) im Saal A+B des Estrel Convention Centers. ■

► **Siehe hierzu** auch den Special-Beitrag von Prof. Uthoff auf S. 19f dieser Ausgabe.



# BAUSCH + LOMB

## Der neue Standard leistungsfähiger IOL aus hydrophobem Acryl

- ✚ Nachweislich glisteningfreies Material (FDA approved)
- ✚ Asphärisch, aberrationsfreies Design für mehr Kontrast und Schärfentiefe
- ✚ 2,2 mm Inzision für sichere und einfache Implantation
- ✚ Minimierte PCO durch 360° scharfe Kante & Stufe am Optik-Haptik-Übergang



Glisteningfrei

Lernen Sie die enVista™ während des 26. DGII Kongresses am Bausch + Lomb Stand kennen. Wir freuen uns auf Ihren Besuch!

Weitere Informationen zur enVista™ erhalten Sie unter:  
Tel.: +49 30 33093 - 5431  
Email: kundenservice@bausch.com

©2012 Bausch + Lomb Incorporated.™/® bezeichnen Marken von Bausch + Lomb Incorporated.