

Aktueller Stand der Refraktiven Chirurgie - Möglichkeiten und Ergebnisse¹

Thomas Kohnen, Anja Strenger

Johann Wolfgang Goethe-Universität, Klinik für Augenheilkunde, Frankfurt am Main

Korrespondenz:

Prof. Dr. med. Thomas Kohnen

Johann Wolfgang Goethe-Universität

Klinik für Augenheilkunde

Theodor-Stern-Kai 7

D-60590 Frankfurt am Main

Tel: 069-6301-6739

Fax: 069-6301-3893

E-Mail: Kohnen@em.uni-frankfurt.de

Anja Strenger

Dipl.-Ing. (FH)

Johann Wolfgang Goethe-Universität

Klinik für Augenheilkunde

Theodor-Stern-Kai 7

60590 Frankfurt

Tel: (+49)-69-6301-83493

E-Mail: anjastrenger@web.de

¹ Vortrag gehalten auf der Bielschowsky-Tagung am 19.11.2005 in Gießen

Zusammenfassung

Mit Hilfe des Excimer-Lasers können niedrige und mittel-gradige Refraktionsfehler erfolgreich korrigiert werden. Ist die Anwendung hornhautchirurgischer Verfahren kontraindiziert, wird die Linsen Chirurgie zur Korrektur der Fehlsichtigkeit eingesetzt. Die Implantation von Kunstlinsen zur Korrektur von Refraktionsfehlern hat in den letzten Jahren an Bedeutung in der refraktiven Chirurgie gewonnen. Die genaue Bestimmung der Vorderkammertiefe, Vorderkammer- und Hinterkammerkonfiguration, Endothelzellzahl der Hornhaut sowie der Status der natürlichen Augenlinse, das Alter der Patienten und deren Motivation sind entscheidende Kriterien für den Erfolg aller Behandlungsverfahren.

Schlüsselwörter hornhautchirurgische Verfahren - Excimer-Laser - Linsen Chirurgie - Kunstlinsen - Refraktionsfehler

Abstract

Low and medium refractive errors can be successfully corrected with an excimer laser. If corneal refractive procedures are contraindicated, lens surgery to correct the refractive errors can be used. In the last years, the use of intraocular lenses to correct refractive errors has gained influence. The criteria for successful treatment of the patient for all procedures are anterior chamber depth, anterior and posterior chamber configuration, endothelial cell density of the cornea and status of the natural lens as well as age and motivation of patients.

Keywords corneal refractive procedures - excimer laser - lens surgery - intraocular lenses - refractive error

Im Jahr 2006 bieten sich für den Menschen vielfältige Möglichkeiten zur Korrektur einer Fehlsichtigkeit. Neben Brille und Kontaktlinse hat sich die refraktive Hornhautchirurgie zur dauerhaften Korrektur des Refraktionsfehlers weltweit etabliert. Allein in Deutschland wurden im Jahr 2004 ca. 100.000 refraktiv-chirurgische Eingriffe vorgenommen. Genaue Zahlen für 2005 wurden noch nicht veröffentlicht, die Tendenz ist allerdings steigend. Das wohl populärste Verfahren ist die Laser-in-situ-Keratomileusis (LASIK), welche 1990 durch *PALLIKARIS* eingeführt wurde¹⁶. Sie gehört zu den Behandlungsverfahren der refraktiven Hornhautchirurgie (keratorefraktive Verfahren), bei denen eine Modulation der Hornhaut zur Korrektur des Refraktionsfehlers vorgenommen wird. Die Linsenchirurgie bietet neben den keratorefraktiven Verfahren die Möglichkeit, Fehlsichtigkeiten durch Implantation von Kunstlinsen auszugleichen.

Der nachfolgende Artikel soll einen Überblick über die verschiedenen Verfahren der refraktiven Chirurgie, deren Ergebnisse und Komplikationen geben. Außerdem soll herausgestellt werden, warum gerade die Voruntersuchung der Patienten ein wichtiges Kriterium zur Auswahl und zum Erfolg eines refraktiv-chirurgischen Verfahrens ist.

Voruntersuchung - Das "A und O" jeder Behandlung

Wünscht der Patient eine dauerhafte Korrektur seines Refraktionsfehlers, ist es erforderlich, eine umfassende Untersuchung des Auges und explizit der Hornhaut vorzunehmen. Im Rahmen der Voruntersuchung erfolgt nicht nur die Prüfung, ob sich der Patient für eine bestimmte refraktiv-chirurgische Methode eignet, sondern auch die Abklärung, ob eventuell krankhafte Veränderungen der Hornhaut (z.B. Keratokonus, Hornhautdegenerationen) vorliegen. Dies erfolgt durch eine Hornhauttopographie (Oberflächengestaltung der Hornhaut), mit der schon subklinische Formen (Frühphasen) des Keratokonus identifiziert werden können (Abbildung 1). Der subklinische Keratokonus und die pelluzide marginale Hornhautdystrophie stellen Kontraindikationen für die refraktive Hornhautchirurgie dar.

Neben der Topographie der Hornhaut gehören die Bestimmung der manifesten Refraktion des Patientenauges, die Refraktion in Zykloplegie (Ausschaltung der Akkommodation), die Untersuchung der vorderen und hinteren Augenabschnitte mittels Spaltlampe und Funduskopie, die Bestimmung der Hornhautdicke sowie die Messung der Augenlänge, des Augeninnendruckes und der Pupillengröße (Abbildung 2) zur umfassenden Untersuchung des Patienten. Weiterhin werden die Hornhautendothelzellzahl und der Wellenfrontfehler des Auges (Aberrometrie) gemessen. Alle Parameter beeinflussen die Auswahl der geeigneten Behandlungsmethode.

1 Refraktive Hornhautchirurgie

In der refraktiven Hornhautchirurgie erfolgt die Korrektur des Refraktionsfehlers (der Fehlsichtigkeit des Patienten) entweder mithilfe des Excimer-Lasers oder einer geeigneten Schnitttechnik (Inzision). Inzisionstechniken werden zur Korrektur eines Astigmatismus (Stabsichtigkeit) angewendet. Die Excimer-Laser Verfahren gliedern sich in lamelläre Behandlungsverfahren (LASIK) und Oberflächenbehandlungen (PRK, LASEK, Epi-LASIK). Die Kombination eines lamellierenden Hornhautschnittes mit einer Excimerlaserablation wird als *Laser-in-situ-Keratomileusis* (LASIK) bezeichnet und hat sich gegenüber der *photorefraktiven Keratektomie* (PRK), der *Laser-subepithelialen Keratomileusis* (LASEK) und der Epi-LASIK bei der Behandlung zahlenmäßig weltweit deutlich durchgesetzt. Besonders die schnellere Stabilisierung des Sehvermögens und der geringere postoperative Wundschmerz gelten als großer Vorteil der LASIK (Abbildung 3).

1.1 Excimer-Laser

Der Excimer (*excited dimer*)-Laser ist ein Kaltlichtlaser, der in einem UV-Bereich von 193 nm arbeitet. Durch Gewebeverdampfung werden kleinste Teile der Hornhaut abgetragen, ohne umliegende Strukturen zu schädigen. Die Hornhautoberfläche regeneriert sich meist innerhalb weniger Tage. Zur Korrektur der Fehlsichtigkeit des Patienten werden mithilfe des Excimer-Lasers computergestützte Laserpulse auf die Hornhaut appliziert, wodurch sich die Oberflächengestaltung der Hornhaut verändert. Das Ablationsprofil (Abtragsprofil) des Lasers enthält die sphärischen und zylindrischen Anteile des Refraktionsfehlers, um Kurzsichtigkeit (Myopie), Weitsichtigkeit (Hyperopie) und Stabsichtigkeit (Astigmatismus) auszugleichen. Mit moderneren Laserprofilen ist außerdem die Korrektur der Aberrationen höherer Ordnung möglich. Aberrationen höherer Ordnung (Wellenfrontfehler) des Auges können mit Brillengläsern nicht korrigiert werden. Sie führen zur Verschlechterung der Abbildungsqualität und zur Abnahme der Kontrastempfindlichkeit⁵. Eine Übersicht über die verschiedenen Ablationsprofile ist in Tabelle 1 dargestellt^{8, 15}.

Tabelle 1: Übersicht der Ablationsprofile des Excimer-Lasers

Abtragsprofil des Excimer-Lasers	
basierend auf dem gesamten optischen System	basierend auf der Hornhauttopographie (Oberflächengestaltung der Hornhaut)
<ul style="list-style-type: none"> ▪ konventionelles Profil (berechnet nach der MUNNERLYN-Formel) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ topographiegesteuert
<ul style="list-style-type: none"> ▪ wellenfrontgeführt 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ asphärisch
<ul style="list-style-type: none"> ▪ wellenfrontoptimiert 	

Die MUNNERLYN-Formel (Gleichung 1) zur Berechnung der Ablationstiefe beinhaltet die gewünschte Brechwertänderung (ΔD) und den Durchmesser der optischen Zone (d). Dabei entspricht die optische Zone dem Bereich der Hornhaut mit der gewünschten postoperativen Refraktion.

$$Ablationstiefe(\mu m) = \frac{\Delta D(dpt) \cdot d^2(mm^2)}{3} \quad (1)$$

Andere neue Profile (siehe Tabelle 1) basieren auf der Asphärizität, Wellenfrontmessung oder Hornhauttopographie.

1.1.1 Lamelläre Behandlung

Laser-in-situ-Keratomileusis (LASIK)

Bei der Laser-in-situ-Keratomileusis (LASIK) wird eine dünne Lamelle (der so genannte Hornhaut-Flap) geschnitten und wie ein Buchdeckel nach oben geklappt (Abbildung 4). Der Schnitt wird entweder mit einem Mikrokeratom oder einem Femtosekundenlaser durchgeführt. Anschließend wird mit dem Excimer-Laser eine tiefere Hornhautschicht abgetragen. Nach der Laserbehandlung wird die Lamelle wieder an ihre ursprüngliche Stelle zurückgeklappt, wo sie infolge von Adhäsionskräften und dem Pumpeffekt des Endothels selbstständig an der Hornhaut anhaftet.

Zu den seltenen Komplikationen nach LASIK zählen periphere Epitheleinwachsungen, diffuse lamelläre Keratitis^{3, 18} (nach lamellärer Hornhautchirurgie auftretende sterile entzündliche Reaktion), Keratektasie (lokale Hornhautvorwölbung), sowie Infektionen⁶. Diese Komplikationen treten jedoch aufgrund technischer Weiterentwicklungen der Schnittsysteme sowie zunehmender Erfahrung in der Interpretation der präoperativen Topographiedaten der Patienten kaum noch auf. Zudem stabilisieren sich Visus und Refraktionswerte nach der Operation schnell und es entstehen für den Patienten postoperativ fast keine Schmerzen. Lediglich trockene Augen treten häufiger nach der LASIK-Behandlung auf. Sie sind aber durch die Gabe von Tränenersatzmitteln sehr gut zu therapieren.

1.1.2 Oberflächenbehandlung

Photorefraktive Keratektomie (PRK)

Vor der Laserbehandlung wird bei photorefraktiven Keratektomie das Epithel der Hornhaut mechanisch, chemisch oder mittels Laser entfernt. Nachteilig ist, im Vergleich zur LASIK, der stärkere und häufiger angegebene Wundschmerz. Zudem kann es infolge der Behandlung zur Narbenbildung im Bereich der optischen Zone kommen. Mithilfe dieses Verfahrens können jedoch dünnere Hornhäute, für welche die LASIK kontraindiziert ist, behandelt werden.

Laser-subepitheliare Keratomileusis (LASEK)

Dieses Verfahren soll die Vorteile der LASIK und PRK verbinden. Das Epithel wird dabei kreisförmig gelockert, mit einer Alkohollösung von der Unterlage abgelöst und vorsichtig zur Seite geschoben. Nach der Laser-Behandlung wird es an die ursprüngliche Stelle zurückgeschoben und mit einer therapeutischen Kontaktlinse abgedeckt. Trotz des geringeren Wundschmerzes im Vergleich zur PRK kann der Alkohol einen toxischen Effekt auf die Epithelzellen ausüben.

Epi-LASIK

Die Epi-LASIK stellt eine Weiterentwicklung der LASEK dar, wobei statt dem Alkohol ein Mikrokeratom zum Lösen des Epithels von der Bowmanschen Membran verwendet wird. Das Epithel wird, wie bei der LASIK, nach der Behandlung mit dem Excimer-Laser wieder zurückgeklappt. Durch die Verwendung des Mikrokeratoms sollen die Nachteile der LASEK vermieden werden.

Die beschriebenen hornhautchirurgischen Verfahren werden heute bei Kurzsichtigkeiten bis -8 Dioptrien (maximal -10 Dioptrien), bei Weitsichtigkeiten bis +4 Dioptrien und bei Hornhautverkrümmungen (Astigmatismen) bis 3 Dioptrien (maximal 5 Dioptrien) eingesetzt. Im Vergleich zu den Oberflächenbehandlungen kommt die LASIK in der Mehrzahl der Fälle zur Anwendung. Bestehen allerdings Kontraindikationen für die LASIK (zu geringe Hornhautdicke, Basalmembrandystrophie, irreguläre Hornhauttopographie) werden Oberflächenbehandlungen vorgezogen.

1.2 Inzisionen

Neben den Excimer-Laser gesteuerten Behandlungen zur Korrektur von Fehlsichtigkeiten verfügt die refraktive Hornhautchirurgie über verschiedene Techniken zur Korrektur der Hornhautverkrümmung (Astigmatismus). Bei diesen so genannten inzisionalen Methoden wird der Astigmatismus durch eine geeignete Schnittführung (Schnitt auf dem steileren Meridian, senkrecht zur Achse) im Zentrum der Hornhaut (Astigmatische Keratotomie) oder der Hornhautperipherie (Limbale Inzision) ausgeglichen (Abbildung 5). Inzisionale Methoden können zusätzlich zur Kataraktchirurgie oder nach Excimer-Laser Behandlungen zur Anwendung kommen.

1.2.1 Astigmatische Keratotomie (AK)

Bei der Astigmatischen Keratotomie werden mit einem Diamantmesser mehrere mikroskopisch kleine Schnitte bogenförmig in die Hornhaut eingebracht, so dass sich die Hornhaut im Schnittmeridian abflacht und die Hornhautverkrümmung ausgeglichen werden kann. Dieses Verfahren kommt nur bei sehr starkem Astigmatismus (> 3 Dioptrien), besonders bei Keratoplastik (Transplantation der Hornhaut) zur Anwendung.

1.2.2 Limbale Inzision (LRI)

Bei der Limbalen Relaxationsinzision werden die Schnitte zur Korrektur des Astigmatismus am Rand der Hornhaut appliziert. Dieses Verfahren wird bei primären Astigmatismen kleiner 2,5 Dioptrien und bei Astigmatismen nach refraktiver (z.B. LASIK) oder Katarakt-Chirurgie (Operation des Grauen Stars = altersbedingte Trübung der natürlichen Augenlinse) eingesetzt.

Der Erfolg eines refraktiv-chirurgischen Verfahrens wird vor allem durch die Kriterien Sicherheit, Vorhersagbarkeit, Stabilität und Wirksamkeit charakterisiert ⁷. In vielen Studien konnte herausgestellt werden, dass die LASIK diese Kriterien zur Korrektur von niedriger bis mittlerer Myopie und zur Korrektur der Hyperopie zuverlässig erfüllt ⁹⁻¹³. Die Standardisierung der Operationsverfahren, die Verbesserung der eingesetzten Technik und die zunehmende Erfahrung der behandelnden Ärzte führen zu besseren Ergebnissen und geringeren Komplikationsraten auf dem Gebiet der refraktiven Chirurgie.

2 Linsen Chirurgie

Mithilfe der Linsen Chirurgie ist es möglich, den Refraktionsfehler des Patienten durch Implantation einer künstlichen Linse (Intraokularlinse) in das Auge zu korrigieren. Die Implantation kann zusätzlich zur natürlichen Augenlinse (als so genannte *phake Intraokularlinsen* Implantation (PIOL)) oder mit Entfernung der natürlichen Augenlinse (Refraktiver *Linsenaustausch* (RLA)) erfolgen. Diese Methoden lassen die Hornhaut unberührt und sind insbesondere bei hohen Fehlsichtigkeiten vorteilhaft.

2.1 Phake Intraokularlinsen

Phake Intraokularlinsen werden als "optisches Glas" direkt in das menschliche Auge implantiert. Je nach dem Ort der Implantation wird zwischen phaken Vorder- und Hinterkammerlinsen unterschieden (Abbildung 6). Die phaken Vorderkammerlinsen werden entsprechend ihrer Befestigung in kammerwinkelgestützte und irisfixierte Linsen eingeteilt. Hinsichtlich der Materialien gibt es rigide Implantate aus PMMA und faltbare Implantate aus Acrylat und Silikon.

Indiziert ist die Implantation von phaken Intraokularlinsen bei einer Vorderkammertiefe $> 3,0$ mm und einer Endothelzellzahl > 2000 Zellen pro mm^2 . Weiterhin werden sie zur Korrektur von höheren Kurzsichtigkeiten ab ca. -6 Dioptrien und Weitsichtigkeiten ab ca. +3 Dioptrien eingesetzt. Ein vorhandener Astigmatismus kann durch geeignete Schnittführung reduziert werden. Bei vorliegendem Astigmatismus ≥ 2 Dioptrien werden torische statt sphärische phake Intraokularlinsen implantiert.

Aufgrund wachsender Erfahrungen in der Implantation von Intraokularlinsen und das, bezogen auf keratorefraktive Verfahren vergleichbare Komplikationsrisiko, werden PIOL zur Korrektur mittlerer Fehlsichtigkeiten (ab ca. -5 Dioptrien) alternativ zur refraktiven Hornhautchirurgie eingesetzt.

Auf die einzelnen Typen der phaken Intraokularlinsen soll im folgenden Abschnitt eingegangen werden.

2.1.1 Kammerwinkelgestützte Vorderkammerlinsen

Diese Intraokularlinsen werden in die Vorderkammer des Auges implantiert und mit Hilfe der Linsenhaptiken (Abbildungen 6a und 7) im Kammerwinkel fixiert. Zur Implantation ist ein Schnitt in den Limbus (Übergangszone von der Hornhaut zur Lederhaut (Sklera) des Auges) notwendig. Um den Schnitt so klein wie möglich gestalten zu können, werden faltbare Implantate, wie die Acrysof-Linse (Alcon) (Abbildung 6a) eingesetzt. Diese Linse wird derzeit noch als Studienlinse implantiert. Bisherige Ergebnisse haben gezeigt, dass sie sich besonders leicht implantieren lässt und der Patient schon kurz nach der Implantation (in weniger als 24 Stunden) ein gutes Sehvermögen erreichen kann.

2.1.2 Irisfixierte phake Vorderkammerlinsen

Irisfixierte phake Intraokularlinsen werden in der Iris (Regenbogenhaut) des Auges fixiert. Im Gegensatz zu den kammerwinkelgestützten Intraokularlinsen sind neben faltbaren Implantaten, wie der Artiflex-Linse (Ophtec) (Abbildung 6b), rigide Implantate aus PMMA auf dem Markt erhältlich. Zu den rigiden Implantaten gehören die Artisan- (Ophtec) und Verisyse-Linse (AMO).

Für kein anderes Modell der phaken Intraokularlinsen gibt es eine so ausführliche klinische Langzeiterfahrung wie für die irisfixierten Linsen. In zahlreichen Studien konnte die hohe Sicherheit und Wirksamkeit dieses Verfahrens zur Myopie- und Hyperopiekorrektur^{1, 2, 4, 14, 17} gezeigt werden.

Seltene Komplikationen beider Vorderkammerlinsen können Pupillenverziehung, chronische Reizzustände des Auges und Endothelzellverlust der Hornhaut sein. Diese Komplikationen entstehen beispielsweise bei der irisfixierten Linse durch den Zug der Iris in Richtung der Haptiken (Ovalisierung der Pupille), durch den direkten Kontakt zwischen künstlicher Linse und Iris (Reizzustände) bzw. durch direkten oder indirekten Kontakt von künstlicher Linse und Hornhautendothel (Endothelzellverlust).

2.1.3 phake Hinterkammerlinsen (pcPIOL)

Die ebenfalls aus faltbaren Materialien bestehenden pcPIOL (*posterior chamber phakic intraocular lens*) werden in die Hinterkammer des Auges (zwischen Iris und natürlicher Augenlinse) implantiert (Abbildung 6c). Derzeit sind zwei Modelle, die "*implantable contact lens* = ICL (STAAR Surgical) und "*phakic refractive lens*" = PRL (IOL TECH), erhältlich. Sie weisen eine gute Effizienz und Sicherheit bei der Myopie- bzw. Hyperopiekorrektur auf. Allerdings kann es durch den zeitweisen oder andauernden Kontakt der pcIOL mit der natürlichen Augenlinse zur Kataraktentwicklung (Trübung der natürlichen Augenlinse) kommen (Abbildung 8). Ein weiterer Grund für die Ausbildung einer Katarakt kann eine durch die pcIOL verursachte mangelnde Nährstoffversorgung der natürlichen Augenlinse sein.

2.2 Refraktiver Linsenaustausch

Beim Refraktiven Linsenaustausch (RLA) wird die natürliche Augenlinse des Patienten durch eine künstliche Linse ersetzt. Die Operationstechnik des Refraktiven Linsenaustauschs ist durch die Kataraktchirurgie schon seit vielen Jahrzehnten bekannt. Die natürliche Augenlinse des Patienten, welche sich im Kapselsack des Auges befindet, wird mittels Ultraschall zerkleinert und abgesaugt. Anschließend wird eine Intraokularlinse (IOL) in geeigneter Stärke in den Kapselsack eingesetzt. Ein eventuell vorhandener Astigmatismus (Hornhautverkrümmung) kann durch geeignete Schnittführung oder durch torische Implantate reduziert werden. Die heute am häufigsten implantierten Intraokularlinsen sind faltbar und verfügen über ein Linsenkantendesign, was einer sekundären Kataraktentwicklung (Nachstar) vorbeugt.

Indiziert ist der Refraktive Linsenaustausch vor allem bei älteren Patienten (ab 50 Jahren), die eine beginnende Altersweitsichtigkeit (Presbyopie) aufweisen. Weiterhin wird der RLA zur Korrektur starker Myopien (Kurzsichtigkeit) und Hyperopien (Weitsichtigkeit) eingesetzt.

2.2.1 Monofokale Intraokularlinsen

Monofokale Intraokularlinsen werden zur Korrektur der Myopie, Hyperopie und des Astigmatismus (torische Modelle) eingesetzt. Sie ermöglichen die Kompensation des sphärischen und astigmatischen Refraktionsfehlers, sodass die Patienten ohne Fernbrille oder Kontaktlinsen wieder scharf sehen können. Lediglich presbyope Patienten benötigen für das Lesen und Arbeiten in der Nähe eine zusätzliche Lesebrille.

2.2.2 Multifokale IOL

Mit der Entfernung der natürlichen Augenlinse geht die Akkommodationsfähigkeit des Auges verloren. Sie kann jedoch durch die Implantation von multifokalen Intraokularlinsen behoben werden. Damit kann der Patient weit entfernte und nah gelegene Objekte wieder scharf sehen. Aktuelle multifokale IOL-Implantate sind z.B. die ReZoom- (AMO), Tecnis- (AMO) und ReSTOR- Linse (Alcon) (Abbildung 9). Das Implantat der Firma Alcon verfügt über einen Blaulichtfilter zur Vermeidung von Netzhautschäden.

Der Einsatz von Kunstlinsen zur Korrektur von Refraktionsfehlern hat in den letzten Jahren an Bedeutung in der refraktiven Chirurgie gewonnen. Die genaue Bestimmung der Vorderkammertiefe, Vorderkammer- und Hinterkammerkonfiguration, Endothelzellzahl der Hornhaut sowie der Status der natürlichen Augenlinse, das Alter der Patienten und deren Motivation sind entscheidende Kriterien für den Erfolg der Behandlung.

Literaturverzeichnis

1. ALEXANDER L JM, COBB L, NOBLITT R, BAROWSKY RT
U.S. clinical investigation of the Artisan myopia lens for the correction of high myopia in phakic eyes. Report of the results of phases 1 and 2, and interim phase 3. *Optometry*,71:630-42(2000).
2. ALIO JL MM, SHALABY AM
Artisan phakic iris claw intraocular lens for high primary and secondary hyperopia. *J Refract Surg*,18:697-707(2002).
3. BÜHREN J, BAUMEISTER M, CICHOCKI M, KOHNEN T
Confocal microscopic characteristics of stage 1 to 4 diffuse lamellar keratitis after laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg*,28(8):1390-9(2002).
4. DICK HB, ALIO J, BIANCHETTI M, ET AL.
Toric phakic intraocular lens: European multicenter study. *Ophthalmology*,110(1):150-62(2003).
5. HOLLADAY JT, DUDEJA DR, CHANG J
Functional vision and corneal changes after laser in situ keratomileusis determined by contrast sensitivity, glare testing, and corneal topography. *J Cataract Refract Surg*,25(5):663-9(1999).
6. KNORZ MC
[Complications of refractive excimer laser surgery.]. *Ophthalmologe*, 103(3):192-8(2006).
7. KOHNEN T
Measuring vision in refractive surgery (editorial). *J Cataract Refract Surg*,27(12):1897-8(2001).
8. KOHNEN T
Classification of excimer laser profiles (editorial). *J Cataract Refract Surg*, in press(2006).

9. KOHNEN T, BÜHREN J, KÜHNE C, MIRSHAHI A
Wavefront-guided LASIK with the Zyoptix 3.1 system for the correction of myopia and compound myopic astigmatism with 1-year follow-up: clinical outcome and change in higher order aberrations. *Ophthalmology*,111(12):2175-85(2004).
10. KOHNEN T, MAHMOUD K, BÜHREN J
Comparison of Corneal Higher-Order Aberrations Induced by Myopic and Hyperopic LASIK. *Ophthalmology*,112(10):1692.e1-.e11(2005).
11. KOHNEN T, MELTENDORF C, CICHOCKI M
[LASIK using a scanning spot excimer laser for the treatment of myopia and myopic astigmatism 3-Jahresergebnisse]. *Ophthalmologie*,102(4):363-8(2005).
12. KOHNEN T, MIRSHAHI A, CICHOCKI M, ET AL.
[Laser in situ keratomileusis for correction of hyperopia and hyperopic astigmatism using a scanning spot excimer laser. Results of a prospective clinical study after 1 year]. *Ophthalmologie*,100(12):1071-8(2003).
13. KOHNEN T, STEINKAMP GW, SCHNITZLER EM, ET AL.
[LASIK with a superior hinge and scanning spot excimer laser ablation for correction of myopia and myopic astigmatism. Results of a prospective study on 100 eyes with a 1-year follow-up]. *Ophthalmologie*,98(11):1044-54(2001).
14. LANDESZ M WJ, VAN RIJ G
Long-term results of correction of high myopia with an iris claw phakic intraocular lens. *J Refract Surg*,16:310-6(2000).
15. MROCHEN M, HAFEZI F, JANKOV M, SEILER T
[Ablation profiles in corneal laser surgery Current and future concepts.].
Ophthalmologie,103(3):175-83(2006).
16. PALLIKARIS IG, PAPTANAKI ME, STATHI EZ, ET AL.
Laser in situ keratomileusis. *Lasers Surg Med*,10(5):463-8(1990).

17. SAXENA R, LANDESZ M, NOORDZIJ B, LUYTEN GP
Three-year follow-up of the Artisan phakic intraocular lens for hypermetropia.
Ophthalmology,110(7):1391-5(2003).

18. SMITH RJ, MALONEY RK
Diffuse lamellar keratitis. A new syndrome in lamellar refractive surgery.
Ophthalmology,105(9):1721-6(1998).

Anschrift der Autoren:

Prof. Dr. med. Thomas Kohnen
Johann Wolfgang Goethe-Universität
Klinik für Augenheilkunde
Theodor-Stern-Kai 7
D-60590 Frankfurt am Main
Tel: 069-6301-6739
Fax: 069-6301-3893
E-Mail: Kohnen@em.uni-frankfurt.de

Anja Strenger
Dipl.-Ing. (FH)
Johann Wolfgang Goethe-Universität
Klinik für Augenheilkunde
Theodor-Stern-Kai 7
60590 Frankfurt
Tel: (+49)-69-6301-83493
E-Mail: anjastrenger@web.de