

Vor- und Nachteile der modernen Augen- chirurgie bei Myopie

D. R. H. Breyer^{1,2}, H. Kaymak^{1,2}, K. Klabe^{1,2},
T. Ax^{1,2}, P. R. Hagen^{1,2}

¹ Breyer, Kaymak & Klabe Augenchirurgie,
Düsseldorf;

² International Vision Correction Research
Centre Network, Universitäts-Augenklinik
Heidelberg

*Myopie – ReLEx® SMILE – PRK – LASIK – ICL –
Multifokallinsen*

tägliche praxis 60, 637–651 (2018)
Mediengruppe Oberfranken –
Fachverlage GmbH & Co. KG

■ Kurzsichtigkeit (Myopie) – Zahlen, Daten, Fakten

Bei der Myopie werden parallel eintreffende Lichtstrahlen beim Blick in die Ferne nicht auf der Netzhaut, sondern bereits davor gebündelt. Das Auge ist relativ zu lang (► Abb. 1). Es entsteht ein unscharfes Bild auf der Retina. Der Patient sieht somit in der Ferne unscharf.

Hierbei handelt es sich um ein globales Gesundheitsproblem, das von der World Health Organization (WHO) unkorrigiert als Hauptgrund für schlechtes Sehen angesehen wird. Pathologische Myopie kann sogar bis zur Erblindung führen. Nahezu 1 Milliarde Menschen sind davon weltweit bei steigender Tendenz betroffen. Manche Untersuchungen prognostizieren für das Jahr 2050 sogar Zahlen von um die 5 Milliarden von Myopie betroffenen Personen [1]. Dieser starke Anstieg deutet darauf hin, dass weniger genetische als vielmehr umwelt- oder verhaltensbedingte Faktoren ursächlich sind. Es gibt Hinweise darauf, dass vor allem veränderte Sehgewohnheiten zu einem Längenwachstum des Augapfels und somit einem Anstieg der Myopie führen [2]. Dies lässt sich vor allem in wirtschaftlich aufsteigenden Nationen, die einen relativ hohen Bildungsstandard erreichen, beobachten. Schüler und Studenten absolvieren hierbei typischerweise ein erhöhtes Lese- und Lernpensum, bei dem die Lichtbedingungen in der Regel nicht denen der natürlichen Umgebung entsprechen. Speziell ein reduzierter Anteil des violetten Lichtes scheint laut neuesten Studien von besonderer Bedeutung für die Myopieprogression zu sein [3, 4].

■ Geschichte der modernen Augenchirurgie bei Myopie

Korrektur der Kurzsichtigkeit mittels Laserverfahren

Die Korrektur von Fehlsichtigkeiten wird unter dem Oberbegriff »Refraktive Chirurgie« zusammengefasst. Wird die Fehlsichtigkeit mittels La-

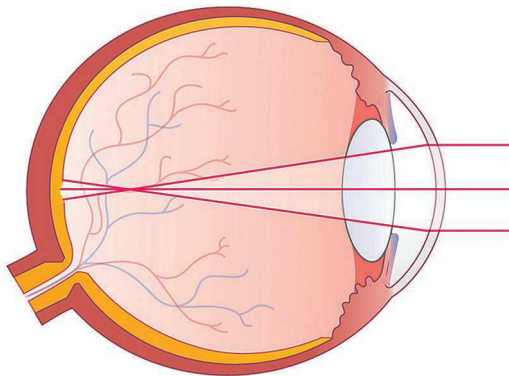


Abb. 1 | Kurzsichtigkeit: Das Auge ist relativ zu lang, d. h., parallel einfallende Lichtstrahlen werden vor der Netzhaut gebündelt

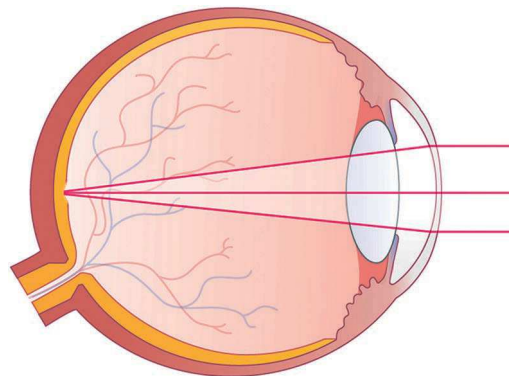


Abb. 2 | Korrektur der Kurzsichtigkeit durch Abflachung der anterioren Hornhautoberfläche im Rahmen einer LVC. Parallel einfallende Lichtstrahlen werden nun wieder auf der Netzhaut gebündelt

ser korrigiert, so nennt man dies Laser Vision Correction (LVC).

Der erste Schritt in der refraktiven Chirurgie wurde noch ohne Laser mit der radiären Keratotomie gemacht. Aus den 1930er- bis 1950er-Jahren sind erste Studien zur radiären Keratotomie bekannt [5, 6]. Mittels radial verlaufender Schnitte in die Hornhaut wurde hierbei der Krümmungsradius der Hornhaut abgeflacht. Jedoch erst ab 1978 wurde dieses Verfahren vor allem in der Sowjetunion und in den USA angewandt.

Das Fundament für die LVC legten Barraquer und Trokel. Bereits 1964 beschrieb Barraquer die Schwächung und damit die Abflachung der Hornhaut durch den flächigen Abtrag stromaler Hornhautschichten (Keratomileusis) [7]. 1983 zeigte Trokel als Erster, dass die Abflachung der zentralen Hornhaut gezielt mit einem Excimer-Laser erreicht werden kann [8]. Ende der 1980er-Jahre wurde diese Operationstechnik erstmalig von Seiler angewandt und als fotorefraktive Keratektomie (PRK) beschrieben [9, 10].

1989 erfolgte die Erstbeschreibung der Laser-in-situ-Keratomileusis (LASIK) durch Pallikaris

[11, 12]. Hierbei wird mittels einer Keratom genannten Klinge zuerst ein Hornhautdeckelchen (Flap) präpariert. Bei der sogenannten Femto-LASIK (FS-LASIK) wird dieser Behandlungsschritt von einem Femtosekundenlaser ausgeführt. Nach dem stromalen Excimer-Abtrag wird der Flap wieder repositioniert, um als Verbandslinse zu dienen.

Die dritte und aktuellste Generation der LVC ist eine Weiterentwicklung bisheriger Techniken und basiert auf den Erfahrungen mit diesen. 2008 führten Blum und Sekundo die erste refraktive Lentikelextraktion (ReLEx®) durch, die aus Sicherheitsgründen noch eines Flaps bedurfte (ReLEx® FLEX) [13]. Kurz darauf erfolgte die erste refraktive Lentikelextraktion durch eine 3-mm-Mikroinzision ohne Flap, die sogenannte »small incision refractive lenticule extraction« (ReLEx® SMILE). 6-Monatsdaten hierzu wurden erstmals 2011 veröffentlicht [14].

Korrektur der Kurzsichtigkeit mit Linsen

Bei der Implantation phaker Linsen unterscheidet man verschiedene Techniken:

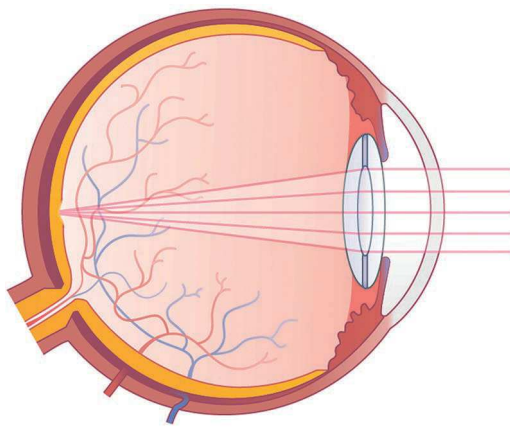


Abb. 3 | Korrektur der Kurzsichtigkeit durch Implantation einer Kunstlinse im Rahmen eines RLA. Parallel einfallende Lichtstrahlen werden nun wieder auf der Netzhaut gebündelt

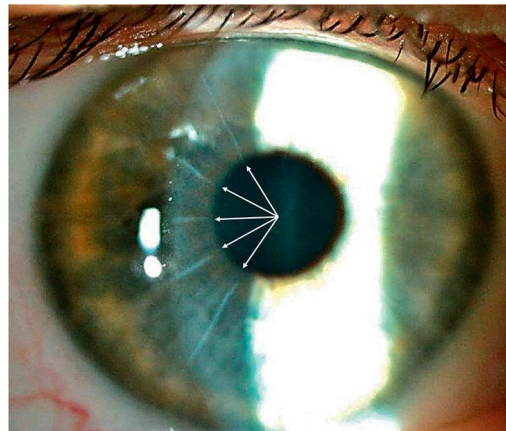


Abb. 4 | Spaltlampenaufnahme der vernarbten Hornhautschnitte nach radiärer Keratotomie (RK)

Phake Linsenimplantation in die Vorderkammer

Die Vorderkammer des Auges wird durch Hornhautrückfläche und Irisvorderfläche begrenzt. Entweder werden die Halteapparate dieser Linsen im Kammerwinkel abgestützt [15, 16] oder in die Regenbogenhaut (Iris) enklaviert [17, 18].

Phake Linsenimplantation in die Hinterkammer

Die Hinterkammer des Auges wird durch die Irisrückfläche und die Kristallinlinsenvorderfläche begrenzt. Man unterscheidet eine zusätzliche Linsenimplantation einer implantierbaren Kontaktlinse (ICL) [19] oder einen Linsenaustausch, genannt »refraktiver Linsenaustausch« (RLA) [20]. Die erste Intraokularlinse wurde 1949 von Harold Ridley implantiert. Durch die Entwicklung der komplikationsarmen bimanuellen Mikroinziestech-nik und sogenannter Multifokallinsen (MIOL), durch die man wieder nahezu brillenfrei leben konnte, kam es zur allgemeinen Akzeptanz des RLA und Aufnahme des RLA in den Leistungskatalog der Kommission für Refraktive Chirurgie (KRC).

Der Vollständigkeit halber sei an dieser Stelle noch die Möglichkeit der Korrigierbarkeit der

Kurzsichtigkeit mit kornealen Implantaten erwähnt. Da es sich hier um sehr spezielle Indikationen und Nischenprodukte handelt, würde eine ausführlichere Beschreibung derselben dem hier geforderten Rahmen nicht entsprechen.

■ Die Funktionsweise und Evolution der Methoden im Überblick

Um den Fokus auf der Netzhaut zu bündeln, darf die Hornhaut das Licht nicht so stark brechen. Bei der radiären Keratotomie und der LVC wird die Hornhaut geschwächt, der Krümmungsradius vergrößert und somit das einfallende Licht schwächer gebündelt und auf der Netzhaut abgebildet. Der Patient sieht scharf (►Abb. 2).

Die Bündelung des Lichts auf der Netzhaut kann aber auch im Auge durch die bereits erwähnten Linsensysteme mit individueller Brechkraft erreicht werden. Beim RLA oder der Kataraktoperation (►Abb. 3) implantiert man auf Wunsch des Patienten meist individuell angepasste MIOL oder Optiken mit elongiertem Fokus (EDOF), um zusätzlich zur Myopiekorrektur eine größtmögliche Brillenunabhängigkeit zu erzielen [21].

■ Vor- und Nachteile der Methoden im Einzelnen

Radiäre Keratotomie

Bei der radiären Keratotomie (RK) werden je nach Fehlsichtigkeit bis zu 16 Hornhautschnitte radial sternförmig angebracht, um die zentrale Hornhaut durch deren Vernarbung abzuflachen und den Krümmungsradius zu reduzieren (► Abb. 4). Die Tiefe der Schnitte beträgt bis zu 90 % der Hornhautdicke.

Vorteile: Es handelt sich um das kostengünstigste Verfahren. Man benötigt lediglich ein Diamantmesser mit Mikrometerschraube.

Nachteile: In der PERK-Studie [22] wurden die Nachteile der RK deutlich dargelegt: mangelhafte Vorhersagbarkeit und nicht steuerbares, signifikantes Nachlassen der Operationswirkung. Außerdem wurde die Hornhaut so stark geschwächt, dass sie deutlich empfänglicher für Traumata war [23, 24]. Die RK gilt als obsolet und wird so gut wie nicht mehr angewandt.

LVC mit dem Excimer-Laser

Bei der Excimer-Chirurgie ([Trans]-PRK, LASIK) wird das abzutragende Gewebe verdampft. Diesen Vorgang nennt man Fotoablation. Hierbei wird ultraviolettes Licht vom Hornhautgewebe absorbiert und dadurch abladiert. Der Gewebeabtrag kann durch Anzahl und Anordnung der Laserimpulse hochpräzise erfolgen. Dadurch werden Ergebnisse mit sehr hoher postoperativer Effektivität, Vorhersagbarkeit, Sicherheit und Sehqualität erreicht [25]. Heutzutage werden weltweit jährlich mehrere Millionen Patienten mit dieser Methode erfolgreich therapiert [26].

Fotorefraktive Keratektomie (PRK) – 1. Generation des Augenlaserns

Bei der PRK wird unter Tropfanästhesie zunächst die oberste Hornhautschicht, das Epithel, mit ei-

ner Klinge, dem Excimer-Laser (Trans-PRK) oder einer Bürste entfernt. Danach erfolgt unter Iris- und Augenbewegungskontrolle der gewünschte Hornhautabtrag mit dem Excimer-Laser. Am Ende der Operation wird meist zur Schmerzlinderung eine in Antibiotikum und Steroid getränkte Kontaktlinse aufgelegt (► Abb. 5).

Vorteile: Die PRK ist im Vergleich zur RK deutlich besser vorhersagbar, genauer, sicherer, effektiver und neigt deutlich weniger zur Regression [25]. Auch wurde keine so große Anfälligkeit für postoperative Traumata wie bei der RK dokumentiert. Daher wird sie auch heute noch als State-of-the-Art der LVC-Chirurgie angesehen.

Nachteile: Lässt die Tropfanästhesie nach ca. einer Stunde nach, so klagen die Patienten je nach individueller Disposition über starkes Fremdkörpergefühl bis hin zu extremen Schmerzen über 3–4 Tage. In dieser Zeit ist auch das Infektionsrisiko erhöht. Danach ist bei den allermeisten Patienten der Epithelschluss erfolgt und die Schmerzen und das Infektionsrisiko lassen deutlich nach. Weitere ca. 4 Wochen berichten die Patienten von persistierendem Fremdkörpergefühl. Die endgültige Seherholung kann bis zu 6 Wochen dauern. Außerdem besteht das Risiko einer intrakornealen Narbenbildung (Haze) mit daraus folgender erhöhter Blendungsempfindlichkeit. Viele Patienten berichten nach der Operation über »trockene Augen«.

Bei Nichterreichen des Refraktionsziels muss die Therapie bei erhöhtem Komplikationsrisiko wiederholt werden [27].

Laser-in-situ-Keratomileusis (LASIK) – 2. Generation des Augenlaserns

Bei der LASIK wird mit Hilfe einer Klinge (Mikrokeratom) oder eines Femtosekundenlasers ein inkompletter Hornhautschnitt durchgeführt und das daraus entstehende Hornhautdeckelchen (Flap) zur Seite geklappt. Danach erfolgt die Excimer-Laser-Fotoablation. Nunmehr wird der Flap wieder zurückgeklappt (► Abb. 6).

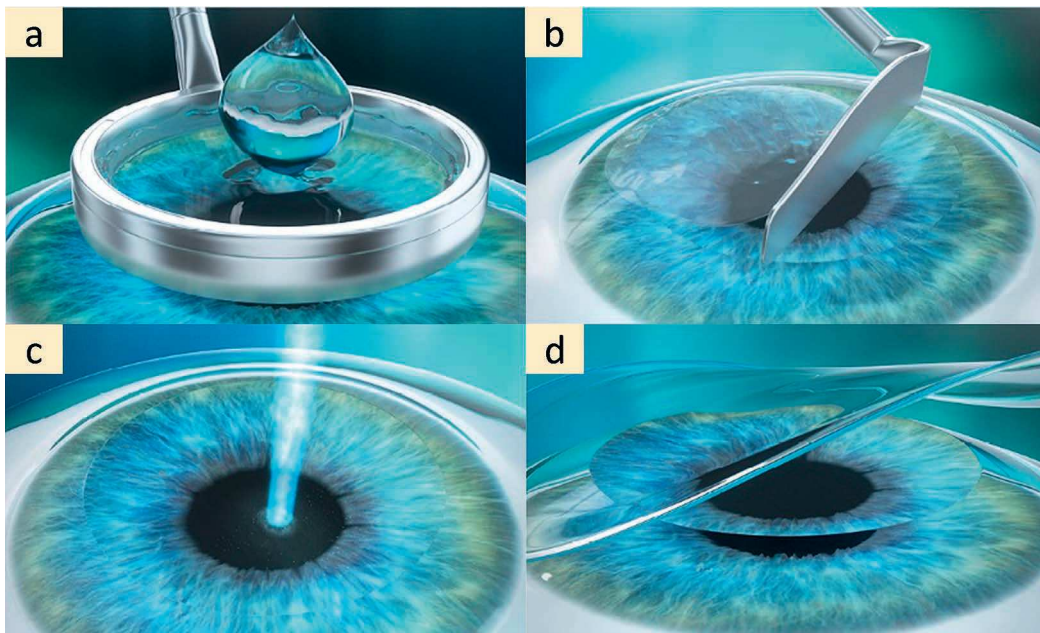


Abb. 5 | Schematischer Ablauf der PRK (Carl Zeiss Meditec AG): a) Präparation des Hornhautepithels b) Manuelle Abrasio des Hornhautepithels c) Fotoablation mittels Excimerlaser d) Aufbringen einer Verbandslinse

Vorteile: In den späten 1990er-Jahren wurde die LASIK zur dominanten LVC-Methode, da sie nicht so viele Schmerzen wie die PRK verursachte, sich das Sehvermögen deutlich schneller erholte, weniger intrakorneale Trübungen auftraten und eine eventuell notwendige Nachoperation einfacher und komplikationsärmer durchgeführt werden konnte [27, 28]. Aufgrund höherer Genauigkeit, Sicherheit, Vorhersagbarkeit, weniger Schmerzen und weniger Komplikationen hat sich die FS-LASIK gegenüber der Mikrokeratom-LASIK als Methode der ersten Wahl durchgesetzt.

Nachteile: Die Nachteile der LASIK sind hauptsächlich flapbedingt [29]. Intraoperativ kann es zu Schnitt- bzw. Femtosekundenlaser-assoziierten Komplikationen kommen. Der Flap vernarbt über Wochen lediglich an seinen Rändern. Das Interface bleibt lose. Daher muss der Patient in den ersten 1–2 Wochen zur Nacht eine Schutzklappe tragen und darf nicht an den Augen reiben. Postoperative Komplikationen sind: Dislokation

des Flaps, Flap Striae und -Falten, Epitheleinwachsung, diffuse lamelläre Keratitis, infektiöse Keratitis, Transient-light-sensitivity-Syndrome und Interface Haze. Aufgrund des großen Schnittes und der relativ oberflächlich durchgeführten Excimer-Laserablation bei der LASIK werden bei der Präparation des Flaps und der Fotoablation zahlreiche korneale Nerven durchtrennt und ablatiert. Dies führt relativ häufig zu trockenen Augen [30]. Dies ist ein großer Nachteil, da eine Vielzahl der Patienten aufgrund einer Kontaktlinsenunverträglichkeit [31] mit dem Wunsch einer LVC zu uns kommen. Der Hauptgrund der Kontaktlinsenunverträglichkeit ist allerdings das trockene Auge, welches man nicht durch eine LASIK weiter verschlechtern möchte. Dieser Umstand und die Angst der Patienten vor einem Flap hat die Anzahl der durchgeführten LASIK-Operationen in den letzten Jahren stetig vermindert und hinkt der Anfangseuphorie deutlich hinterher. Nichtsdestotrotz ist die LASIK die weltweit häufigste elektive Operation und wird

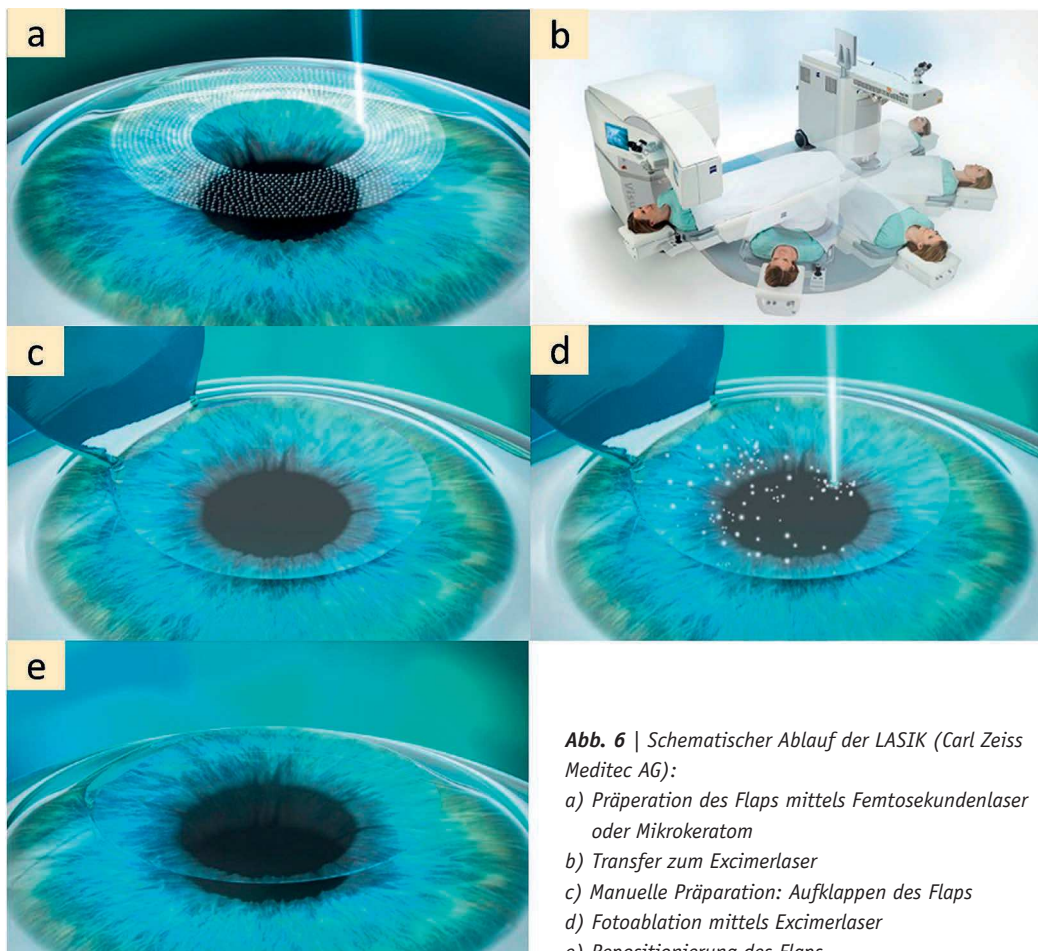


Abb. 6 | Schematischer Ablauf der LASIK (Carl Zeiss Meditec AG):

- a) Präparation des Flaps mittels Femtosekundenlaser oder Mikrokeratom
- b) Transfer zum Excimerlaser
- c) Manuelle Präparation: Aufklappen des Flaps
- d) Fotoablation mittels Excimerlaser
- e) Repositionierung des Flaps

jährlich millionenfach durchgeführt. Die visuelle Sicherheit und Effektivität der Methode hat sogar die Akkreditierung bei den Piloten der US Navy ermöglicht [32]. Studien zeigen eine erhebliche Verbesserung der Lebensqualität und der Patientenzufriedenheit nach LVC [33, 34].

All Femtolaser LVC

ReLEx® SMILE – 3. Generation des Augenlaserns

Bei dieser neuesten Methode der LVC wird ausschließlich ein Femtosekundenlaser verwendet.

Ziel war es, die flapbedingten Komplikationen der LASIK zu vermeiden und die LVC noch sicherer und für den Patienten akzeptabler und komfortabler zu machen. Hierbei wird das Patientenauge über ein Kontaktglas mittels eines leichten Vakuums an den Femtosekundenlaser angedockt. Der Laser schneidet unabhängig von äußeren Faktoren intrakorneal in einem geschlossenen System einen Lentikel und einen kleinen Seitschnitt von 2–3 mm [35]. Das Vakuum wird gelöst. Danach werden mit einem Spatel unter dem Operationsmikroskop Gewebsbrücken getrennt und der Lentikel entfernt (► Abb. 7) [36]. Der gesamte Vorgang ist schmerzfrei.

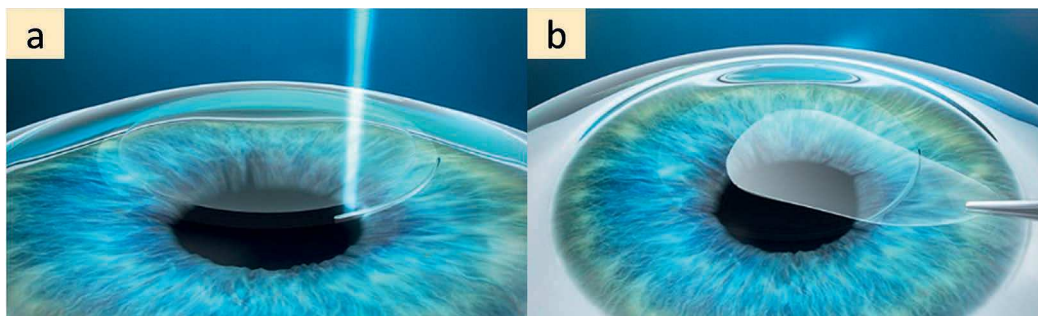


Abb. 7 | Schematischer Ablauf der ReLEx® SMILE (Carl Zeiss Meditec AG): a) Präparation des Lentikels und des 2-mm-Schnitts mit dem Femtosekundenlaser b) Manuelle Präparation sowie Extraktion des Lentikels

Vorteile: Aufgrund der Mikroinzision von nur 2–3 mm und der Gewebeentfernung aus tieferen Schichten kommt es seltener zu trockenen Augen [37, 38], das Auge sollte biomechanisch gesehen stabiler bleiben [39, 40]. Daher ist diese Methode der LASIK überlegen, sowohl bei Patienten mit trockenen Augen und Kontaktlinsenunverträglichkeit als auch bei Patienten mit dünnerer Hornhaut. Auch die Langzeitstabilität des operativen Ergebnisses der ReLEx® SMILE ist jener der LASIK mindestens ebenbürtig. Erste 5-Jahres-Ergebnisse von Blum et al. zeigten sogar eine geringere Regression [41]. Bei einem postoperativen Refraktionsdefizit kann zur Korrektur entweder eine Re-SMILE, eine PRK oder eine LASIK je nach Wunsch des Patienten durchgeführt werden. Gyldenkerne et al. untersuchten die Veränderungen der kornealen Architektur und die postoperativen Aberrationen höherer Ordnung nach ReLEx® SMILE und FS-LASIK. Er kam zu dem Ergebnis, dass postoperative Aberrationen höherer Ordnung nach ReLEx® SMILE deutlich geringer waren als nach LASIK [42].

Klinische Vorteile: Der Patient darf bereits am Tag der Operation wieder duschen und Sport treiben. Er muss über Nacht keine Klappe tragen und darf sofort nach der Operation wieder an den Augen reiben. Auch Kampf-, Kontakt- oder extremer Wassersport stellen keine Kontraindikationen dar. In aller Regel kommen unsere Patienten am ersten Tag nach der Operation bereits mit dem eigenen Auto ohne Begleitperson zur Kontroll-

untersuchung. Die Patienten haben im Vergleich zu LASIK-Patienten keine deutlich herabgesetzte korneale Sensitivität, weniger Schmerzen und deutlich weniger trockene Augen, was durch Metaanalysen bestätigt wurde [43–46].

Nachteile: Metaanalysen beschreiben die ReLEx® SMILE und die LASIK bezüglich Effektivität, Vorhersagbarkeit, Sehqualität und visueller Sicherheit überwiegend als gleichwertig [43–46]. In einigen Untersuchungen wird für die LASIK im Vergleich jedoch eine leicht höhere Vorhersagbarkeit festgestellt [25, 47].

Es mag sein, dass diese geringere Vorhersagbarkeit bei der ReLEx® SMILE der Tatsache geschuldet ist, dass jeder Operateur für seinen jeweiligen Laserstandort ein eigenes Nomogramm erstellen muss. Als wir vor 5 Jahren zu den ersten 10 Operateuren weltweit gehörten, die diese Methode angewandt haben, haben wir diese Tatsache systematisch erforscht und unsere Nomogramm-Verbesserung auf dem amerikanischen, europäischen und asiatischen Kongress für Katarakt- und Refraktivchirurgen vorgestellt. Diese Arbeit wurde mit einem »Best Presentation of Session Award« ausgezeichnet [48].

Iatrogene Keratektasie nach LVC

Die progressive iatrogene Keratektasie ist eine seltene Pathologie, die nach allen LVC-Behandlungen vorkommen kann. Dabei handelt es sich um eine kegelförmige Verziehung der Hornhaut,

die zur Sehverschlechterung führt. Sie kann mit einer Crosslinking-Methode gestoppt werden. Für gewöhnlich tritt sie nur in Augen mit prädisponierenden Faktoren auf, die in einem präoperativen Screening ausgeschlossen werden können. Es wurde die Hypothese aufgestellt, dass sie bei dünnen Femtosekundenlaser-Flaps, bei Mikrokeratom-LASIK-Flaps [49, 50] sowie bei der ReLEX® SMILE seltener auftritt [26].

Phake Linsen in der Hinterkammer: Implantierbare Kontaktlinse

Die am häufigsten verwendete und einzige von der FDA (U.S. Food and Drug Administration) zugelassene implantierbare Kontaktlinse (ICL) ist die Visian® ICL. Sie wird durch einen 2 mm kleinen Schnitt nah des kornealen Limbus mit einem Shooter in die Vorderkammer injiziert, wo sie sich entfaltet und ihre Haptiken im Sulcus positioniert werden (►Abb.8). Sie hat sich in Studien mit bis zu 8-jährigem postoperativem Beobachtungszeitraum als sicher, effektiv, vorhersagbar und stabil für die Korrektur niedriger, moderater und vor allem auch höherer Myopien bis -18 dpt (Dioptrien) erwiesen [51–55].

Vorteile: Mit der Implantation einer ICL erzielt man in der Regel eine bessere optische Abbildungsqualität und eine bessere Kontrastsensitivität als mit einer LVC, wie beispielsweise der LASIK [54, 55]. Ein weiterer Vorteil ist die Reversibilität der Methode: Bei einem Refraktionsdefizit ist die ICL auch nach Jahren austauschbar. Eine 5-Jahres-Vergleichsstudie ICL vs. LASIK fand heraus, dass die Lebensqualität bei der ICL-Gruppe langfristig besser war. Das galt mehr für Patienten mittleren Alters als für jüngere Patienten [56]. Es sind keine Abstoßungsreaktionen bekannt. Die neueste Generation (V4c) hat eine größere Krümmung und ist mit einem zentralen (AquaPort) und 2 peripheren Löchern versehen, um einer Kataraktentstehung entgegenzuwirken [57].

Nachteile: Theoretische Nachteile sind: die Entstehung eines Pupillarblocks (mit einem AquaPort noch nicht beschrieben) [57]; eine

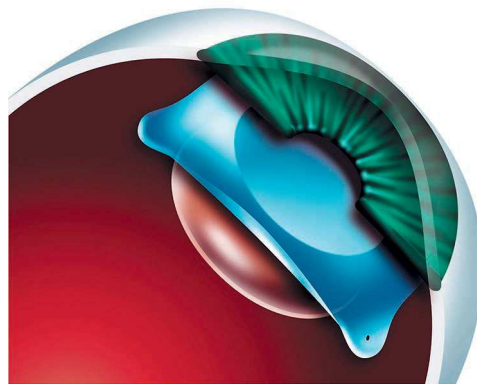


Abb. 8 | Visian® ICL (STAAR Surgical, Monrovia, Kalifornien, USA) mit im Sulcus positionierten Haptiken

klinisch signifikant frühere Katarakt (ca 1%) [58]; Pigmentdispersionsglaukom. Okuläre Hypertension und Glaukom sind theoretische Komplikationen, die in einer Metaanalyse noch nicht vorkamen [58]. Sehr selten kommt es zur Dislokation oder einem ICL-Größenfehler. In diesem Fall wird die ICL dann am ersten postoperativen Tag ausgetauscht. Entgegen landläufiger Meinung erhöht die ICL nach neuesten Studien nicht das Risiko einer Netzhautablösung [59, 60]. Wie bei allen intraokularen Eingriffen besteht auch hier die theoretische Gefahr einer Endophthalmitis.

Ein klinischer Nachteil ist die nicht ganz einfache, präoperative Ausmessung der Linsengröße und -stärke [57, 61] sowie die Implantation an sich. Bei der Implantation der ICL darf die Kristalllinse nämlich nicht berührt werden, da es sonst zur Kataraktbildung kommt. Die ICL-Implantation stellt mit die höchsten Anforderungen an das Geschick des Augenchirurgen und setzt einen erfahrenen intraokularen Operateur voraus.

Wir persönlich führen die ICL-Implantation seit über 10 Jahren mit großer Freude und großem Erfolg durch. In dieser Zeit kam es lediglich bei einem Patienten nach 4 Jahren zur Kata-

raktbildung. Allerdings spielte hier sicher auch das Alter des Patienten zum Zeitpunkt der Operation (61) eine Rolle. Bei zwei Patienten mussten wir die ICL aufgrund einer Größenproblematik austauschen. Andere Komplikationen haben wir in diesen 10 Jahren erfreulicherweise nicht dokumentieren müssen. Bei Myopien über -18 dpt kombinieren wir die Operation mit der ReLEx[®]-SMILE-Methode, um auch Patienten mit bis zu -26 dpt ein Leben ohne Brille zu ermöglichen.

Packer schlussfolgert in seiner Metaanalyse: »Wägt man den hohen Sicherheitsstandard und die signifikante Seh- und Lebensqualitätsverbesserung bei ICL-Implantation ab, so überwiegen die Vor- eindeutig die Nachteile« [62].

Phake Linsen in der Vorderkammer (VKL) – Die irisfixierte Linse

Bei der Implantation der irisfixierten, auch Iris-Claw-Linse genannten, Vorderkammerlinse (► Abb. 9) benötigt man leider einen relativ großen limbalen Schnitt von 5 mm. Daher induziert man bei dieser Methode im Gegensatz zur ICL-Implantation (nur 2-mm-Schnitt) meist eine sehverschlechternde Hornhautverkrümmung. Die Linse wird in der Vorderkammer des Auges abgelegt und an 2 Punkten peripher in der Iris enklaviert. Im Bedarfsfall kann sie auch wieder entfernt werden. Kammerwinkelgestützte phake Linsen seien der Vollständigkeit halber erwähnt, werden jedoch aufgrund ihrer geringen Verbreitung und ihres visusgefährdenden Komplikationsspektrums hier nicht weiter besprochen.

Vorteile: Die Akkommodation bleibt wie bei der LVC erhalten. Es können auch sehr hohe Myopien von bis zu -22 dpt korrigiert werden [63, 64].

Nachteile: Die bereits erwähnte Astigmatismusinduktion, Induktion eines grauen Stars, Glaukominduktion, Endophthalmitis, korneale Dekompensation mit folgender Hornhauteintrübung und Pupillenentrundung wurden in einer kumulativen 7-Jahres-Analyse von Alio beschrieben [65]. Außerdem ist die Linse in der



Abb. 9 | Beispiel einer irisfixierten Vorderkammerlinse: die Artisan (Ophtec BV, Groningen, Niederlande)

Vorderkammer gut sichtbar und damit kosmetisch auffällig. Eine Exklavation ist nicht selten traumatisch und hinterlässt einen Irisdefekt, der zu dauernden Blendungen führen kann.

Aus diesen Gründen ziehen wir die ICL-Implantation seit 10 Jahren der VKL-Implantation vor.

Refraktiver Linsenaustausch mit Hinterkammerlinsen (HKL)

Sind die vorgenannten Operationsmethoden nicht möglich oder ist der Patient alterssichtig (presbyop), so denkt man über eine »vorgezogene« Kataraktoperation nach, die dann »refraktiver Linsenaustausch (RLA)« genannt wird [66].

Hierbei wird optimalerweise [66–69] ein ca. 1,8 mm großer limbaler Tunnelschnitt nebst zwei 0,9 mm großen Parazenthesen angelegt (Minimal Incision Cataract Surgery=MICS), die Linsenkapsel kreisrund eröffnet, der Linseninhalt abgesaugt und die IOL (Intraokularlinse) mit einem Shooter injiziert (► Abb. 10). Die Durchführung der Operation mit dem Femtosekundenlaser macht die Operation präziser, sicherer und

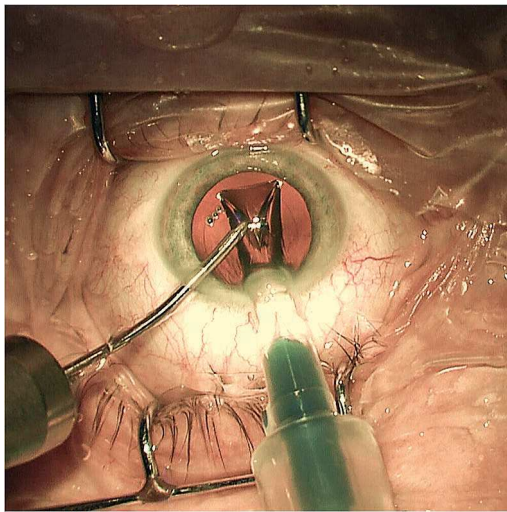


Abb. 10 | Refraktiver Linsenaustausch: Injektion einer EDOF-IOL, der WIOL-CF® (MEDICEM International CR s.r.o., Vinohradská, Tschechien), mittels Shooter

schonender [70–74] und wird deshalb von den meisten Augenchirurgen, die auf Katarakt- und refraktive Chirurgie spezialisiert sind, bevorzugt.

Vorteile: Eine weitere Linsentrübung bis hin zur Katarakt ist nicht mehr möglich. Bei der Verwendung von Multifokallinsen wird zudem die Alterssichtigkeit behoben. Der Patient kann sein Leben bis ins hohe Alter nahezu brillenfrei verbringen [21]. Diese Operationstechnik kann auch bei weitsichtigen (hyperopen) Patienten und bei Patienten mit Hornhautverkrümmung (Astigmatismus) angewendet werden [66].

Nachteile: Relative Kontraindikationen sind möglichst zu beachten: Die Methode ist generell bei Patienten unter 40 Jahren ohne hintere Glaskörperabhebung kontraindiziert; hier sollten andere, bereits angeführte Techniken möglich sein. Laserbedürftige periphere retinale Degenerationen, myope chorioidale Neovaskularisationen und Lacksprünge sind weitere retinale Kontraindikationen. Auch sollte man Patienten, die regelmäßige Nachfolgeuntersuchungen ab-

lehnen oder unrealistische Erwartungen haben, nicht operieren [75].

Bei nahezu allen Patienten tritt in einem 10-Jahres-Zeitraum ein Nachstar auf, der mittels YAG-Kapsulotomie schmerzfrei in der Regel einmalig therapiert wird [76]. Eine weitere Komplikationsmöglichkeit ist das Auftreten eines zystoiden Makulaödems, welches jedoch meistens unter Augentropfentherapie ohne Visusverlust abheilt [77]. Die Endophthalmitis-Inzidenz beträgt ca. 0,1% [75].

Nicht zu unterschätzen ist die Tatsache, dass die Selektion einer für den Patienten individuell richtigen MIOL viel wissenschaftliches Hintergrundwissen des Operateurs erfordert [66, 75].

Wir persönlich führen den RLA seit 10 Jahren vor allem bei kurzsichtigen Patienten durch, die besonders auch ihre Alterssichtigkeit stört. Wichtig ist die Einhaltung der bereits erwähnten Kontraindikationen. So wird jeder Patient, der zu einem Eingriff ansteht, vorher in unserer Netzhautabteilung vorgestellt. Beachtet man die Richtlinien, führt dies zu einer sehr hohen Zufriedenheitsrate der Patienten, die in unserem Qualitätsmanagement fortdauernd dokumentiert wird.

MIOL und RLA werden vereinzelt als noch nicht ausgereift gebrandmarkt. Dies ist nach den angeführten wissenschaftlichen Tatsachen nicht haltbar. Für eine erfolgreiche Linsenselektion muss man jedoch Folgendes beachten, um die Wünsche des Patienten zu erfüllen:

Eine exzessive Patientenaufklärung mit Schautafeln und ausführlicher Visusanamnese ist für eine bestmögliche Patientenzufriedenheit im klinischen Alltag Voraussetzung. Eine daraus resultierende individuelle MIOL-Auswahl ist essentiell, da nicht jede Linse zu jedem Patienten passt. Daher haben wir aufgrund unserer 10-jährigen Forschungstätigkeit unter anderem mit unserem IVCRC.net-Netzwerk mit der Universitäts-Augenklinik Heidelberg das mi-Lens®-Schema für eine individuelle MIOL-Auswahl entwickelt. Unser Düsseldorfer Schema zur

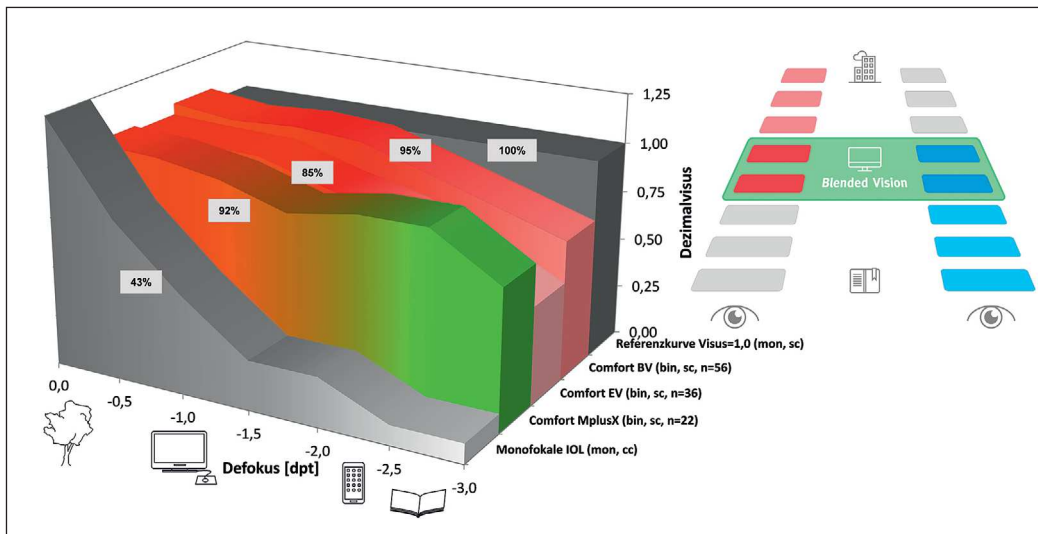


Abb. 11 | Düsseldorf Schema: Die Defokuskurven für verschiedene Kombinationen segmentaler MIOL (LENTIS® Comfort und MPlusX, Oculentis BV, Eerbeek, Niederlande) zeigen den binokularen, unkorrigierten Visus bei verschiedenen Defokuswerten, sprich Entfernungen.

n = Anzahl der Augen; *mon* = monokular; *bin* = binokular; *sc* = unkorrigiert; *cc* = fernkorrigiert; *EV* = Emmetropic Vision (*bds.* Zielrefraktion 0,0 dpt); *BV* = Blended Vision (0,0 dpt bzw. -1,5 dpt auf dem dominanten bzw. nichtdominanten Auge); % = MIOL-Kapazität = Fläche unter der Defokuskurve

individuellen Korrektur von Fehlsichtigkeiten und Alterssichtigkeit (zugehörige Defokuskurven in ► Abb. 11) wurde 2016 auf dem weltgrößten Kongress für Katarakt- und refraktive Chirurgie (ESCRS in Kopenhagen) mit einem Innovationspreis ausgezeichnet [78].

■ Fazit für die Praxis

Die Korrektur der Kurzsichtigkeit mittels Augenasertechnik (LVC), Implantation von implantierbaren Kontaktlinsen (ICL) und Multifokallinsen ist bei der richtigen Indikationsstellung, neuesten diagnostischen Geräten und Formeln sowie neuesten Operationstechniken effizient, sicher und vorhersagbar. Langfristig ist jede der Methoden sicherer als langjähriges Tragen von Kontaktlinsen. Die Überweisung zu einem auf die Katarakt- und refraktive Chirurgie spezialisierten Operateur, der möglichst alle diese Methoden beherrscht, um frei und unabhängig entscheiden

zu können, garantiert heute ein sehr hohes wissenschaftlich fundiertes Vorgehen im Sinne der evidenzbasierten Medizin. Bei weiteren Fragen empfehle ich Ihnen die KRC-Anwenderliste der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft und des Berufsverbandes der Augenärzte Deutschlands unter www.aad.to oder Sie wenden sich gerne direkt an mich: d.breyer@augenchirurgie.clinic

■ Zusammenfassung

Die Korrektur der Myopie ist in der modernen Augenchirurgie mittels LVC und Implantation von Linsen im Sinne der evidenzbasierten Medizin wissenschaftlich aufgearbeitet und anerkannt. Die Methoden der refraktiven Chirurgie werden im Rahmen ihrer Leitlinien als sicher, effizient und vorhersagbar beschrieben. Vor- und Nachteile sind bekannt und in zahlreichen Metaanalysen bewertet und klassifiziert.

Die Methoden sind bei der KRC in Deutschland und der FDA in den USA anerkannt. In den meisten Publikationen und Übersichtsarbeiten wird für elektive refraktive Eingriffe ein subspezialisierter und erfahrener Augenchirurg, der bestimmte Kriterien erfüllt und diagnostische wie operative Techniken nach dem neuesten Stand anwendet, gefordert. Seit 2017 bietet der weltgrößte Kongress im Bereich der Katarakt- und refraktiven Chirurgie (ESCRS) eine Prüfung mit Fachanerkennung und Titel an (FEBOS-CR).

Breyer DRH, Kaymak H, Klabe K,
Ax T, Hagen PR:
Advantages and disadvantages of modern
ophthalmosurgery in myopia

Summary: The correction of myopia in modern ophthalmosurgery with LVC and lens implantation is based upon the rules of evidence based medicine. Methods of cataract and refractive surgery and their guidelines are described as safe, efficient and predictable. Advantages and disadvantages are well known, assessed and classified.

The methods are accepted by the German KRC and the FDA in the USA. Most of the publications and scientific surveys ask for an advanced subspecialized surgeon fulfilling high criteria working only with state of the art diagnostics and surgical equipment for these elective procedures. Since 2017 the worldwide biggest congress of cataract and refractive surgery (ESCRS) offers an approved examination for subspecialized surgeons with a title (FEBOS-CR).

Keywords: myopia – ReLEx® SMILE – PRK – LASIK – ICL – MIOL

Literatur

1. Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, Jong M, Naidoo KS, Sankaridurg P, et al. Global Prevalence of Myopia and High Myopia and Temporal Trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology* 2016; 123: 1036–1042.
2. Dolgin E. The myopia boom. *Nature* 2015; 519: 276–278.
3. Torii H, Kurihara T, Seko Y, Negishi K, Ohnuma K, Inaba T, et al. Violet Light Exposure Can Be a Preventive Strategy Against Myopia Progression. *EBioMedicine* 2017; 15: 210–219.
4. Torii H, Ohnuma K, Kurihara T, Tsubota K, Negishi K. Violet Light Transmission is Related to Myopia Progression in Adult High Myopia. *Sci Rep* 2017; 7: 14523.
5. Sato T. Treatment of conical cornea (incision of Desçemet's membrane). *Acta Soc Ophthalmol Jpn* 1939; 43: 541.
6. Sato T, Akiyama K, Shibata H. A new surgical approach to myopia. *Am J Ophthalmol* 1953; 36: 823–829.
7. Barraquer JI. Queratomileusis para la corrección de la miopía. *Arch Soc Am Oftalmol Optom* 1964; 5: 27–48.
8. Trokel SL, Srinivasan R, Braren B. Excimer laser surgery of the cornea. *Am J Ophthalmol* 1983; 96: 710–715.
9. Seiler T, Bende T, Wollensak J, Trokel S. Excimer laser keratectomy for correction of astigmatism. *Am J Ophthalmol* 1988; 105: 117–124.
10. Seiler T, Kahle G, Kriegerowski M, Wollensak J. Laser keratomileusis for correction of myopia. *Fortschr Ophthalmol* 1990; 87: 479–483.
11. Pallikaris IG, Papatzanaki ME, Stathi EZ, Frenschock O, Georgiadis A. Laser in situ keratomi-leusis. *Lasers Surg Med* 1990; 10: 463–468.
12. Pallikaris IG, Papatzanaki ME, Siganos DS, Tsilimbaris MK. A corneal flap technique for laser in situ keratomileusis. *Human studies. Arch Ophthalmol* 1991; 109: 1699–1702.
13. Sekundo W, Kunert K, Russmann C, Gille A, Bissmann W, Stobrawa G, et al. First efficacy and safety study of femtosecond lenticule extraction for the correction of myopia: six-month results. *J Cataract Refract Surg* 2008; 34: 1513–1520.
14. Sekundo W, Kunert K, Blum M. Small incision corneal refractive surgery using the small incision lenticule extraction (SMILE) procedure for the correction of myopia and myopic astigmatism: results of a 6 month prospective study. *Br J Ophthalmol* 2011; 95: 335–339.
15. Strampelli B. Sopportabilità di lenti acriliche in camera anteriore nella afachia e nei vizi di refrazione. *Ann Oftalmol Clin Ocul* 1954; 80: 75–82.
16. Dannheim H. Types of anterior chamber lenses with elastic loops. *Ann Inst Barraquer* 1962; 3: 570–572.
17. Fechner PU, Worst JGF. A new concave intraocular lens for the correction of myopia. *Eur J Implant Ref Surg* 1989; 1: 41–43.

18. Fechner PU, Strobel J, Wichmann W. Correction of myopia by implantation of a concave Worst-iris claw lens into phakic eyes. *Refract Corneal Surg* 1991; 7: 286–298.
19. Fyodorov SN, Zuev VK, Aznabayev BM. Intraocular correction of high myopia with negative posterior chamber lens. *Ophthalmosurgery* 1991; 3: 57–58.
20. Alio JL, Grzybowski A, El Aswad A, Romaniuk D. Refractive lens exchange. *Surv Ophthalmol* 2014; 59: 579–598.
21. Breyer DRH, Kaymak H, Ax T, Kretz FTA, Auffarth GU, Hagen PR. Multifocal Intraocular Lenses and Extended Depth of Focus Intraocular Lenses. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)* 2017; 6: 339–349.
22. Waring GO 3rd, Lynn MJ, McDonnell PJ. Results of the prospective evaluation of radial keratotomy (PERK) study 10 years after surgery. *Arch Ophthalmol* 1994; 112: 1298–1308.
23. McDonnell PJ, Lean JS, Schanzlin DJ. Globe rupture from blunt trauma after hexagonal keratotomy. *Am J Ophthalmol* 1987; 103: 241–242.
24. Binder PS, Waring GO 3rd, Arrowsmith PN, Wang C. Histopathology of traumatic corneal rupture after radial keratotomy. *Arch Ophthalmol* 1988; 106: 1584–1590.
25. Wen D, McAlinden C, Flitcroft I, Tu R, Wang Q, Alió J, et al. Postoperative Efficacy, Predictability, Safety, and Visual Quality of Laser Corneal Refractive Surgery: A Network Meta-analysis. *Am J Ophthalmol* 2017; 178: 65–78.
26. Ehle GL, Krueger RR. Laser Vision Correction in Treating Myopia. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)* 2016; 5: 434–437.
27. Shortt AJ, Allan BD, Evans JR. Laser-assisted in-situ keratomileusis (LASIK) versus photorefractive keratectomy (PRK) for myopia. *Cochrane Database Syst Rev* 2013; (1): CD005135.
28. Sutton GL, Kim P. Laser in situ keratomileusis in 2010 – a review. *Clin Exp Ophthalmol* 2010; 38: 192–210.
29. dos Santos AM, Torricelli AA, Marino GK, Garcia R, Netto MV, Bechara SJ, Wilson SE. Femtosecond Laser-Assisted LASIK Flap Complications. *J Refract Surg* 2016; 32: 52–59.
30. Mastropasqua L, Nubile M, Salgari N, Calienno R. Preserving Corneal Neural Architecture With a Flapless Technique. Fewer nerves are severed in ReLEx SMILE than in LASIK. *CRSTEurope* 2015.
31. Alipour F, Khaheshi S, Soleimanzadeh M, Heidarzadeh S, Heydarzadeh S. Contact Lens-related Complications: A Review. *J Ophthalmic Vis Res* 2017; 12: 193–204.
32. Pallikaris IG, Kymionis GD, Astyrakakis NI. Corneal ectasia induced by laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2001; 27: 1796–1802.
33. Woodward MA, Randleman JB, Russell B, Lynn MJ, Ward MA, Stulting RD. Visual rehabilitation and outcomes for ectasia after corneal refractive surgery. *J Cataract Refract Surg* 2008; 34: 383–388.
34. Smadja D, Touboul D, Cohen A, Doveh E, Santhiago MR, Mello GR, et al. Detection of subclinical keratoconus using an automated decision tree classification. *Am J Ophthalmol* 2013; 156: 237–246.e1.
35. Agca A, Demirok A, Yıldırım Y, Demircan A, Yaşa D, Yeşilkaya C, et al. Refractive lenticule extraction (ReLEx) through a small incision (SMILE) for correction of myopia and myopic astigmatism: current perspectives. *Clin Ophthalmol* 2016; 10: 1905–1912.
36. Ozgurhan EB, Agca A, Bozkurt E, Gencer B, Celik U, Cankaya KI, et al. Accuracy and precision of cap thickness in small incision lenticule extraction. *Clin Ophthalmol* 2013; 7: 923–926.
37. Mohamed-Noriega K, Riau AK, Lwin NC, Chaurasia SS, Tan DT, Mehta JS. Early corneal nerve damage and recovery following small incision lenticule extraction (SMILE) and laser in situ keratomileusis (LASIK). *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2014; 55: 1823–1834.
38. Denoyer A, Landman E, Trinh L, Faure JF, Auclin F, Baudouin C. Dry eye disease after refractive surgery: comparative outcomes of small incision lenticule extraction versus LASIK. *Ophthalmology* 2015; 122: 669–676.
39. Reinstein DZ, Archer TJ, Randleman JB. Mathematical model to compare the relative tensile strength of the cornea after PRK, LASIK, and small incision lenticule extraction. *J Refract Surg* 2013; 29: 454–460.
40. Yan H, Gong LY, Huang W, Peng YL. Clinical outcomes of small incision lenticule extraction versus femtosecond laser-assisted LASIK for myopia: a Meta-analysis. *Int J Ophthalmol* 2017; 10: 1436–1445.
41. Blum M, Täubig K, Gruhn C, Sekundo W, Kunert KS. Five-year results of Small Incision Lenticule Extraction (ReLEx SMILE). *Br J Ophthalmol* 2016; 100: 1192–1195.
42. Gyldekerne A, Ivarsen A, Hjortdal JØ. Comparison of corneal shape changes and aberrations induced By FS-LASIK and SMILE for myopia. *J Refract Surg* 2015; 31: 223–229.
43. Moshirfar M, McCaughey MV, Reinstein DZ, Shah R, Santiago-Caban L, Fenzl CR. Small-incision lenticule extraction. *J Cataract Refract Surg* 2015; 41: 652–665.
44. Shen Z, Zhu Y, Song X, Yan J, Yao K. Dry Eye after Small Incision Lenticule Extraction (SMILE) versus Femtosecond Laser-Assisted in Situ Keratomileusis (FS-LASIK) for Myopia: A Meta-Analysis. *PLoS One* 2016; 11: e0168081.
45. Shen Z, Shi K, Yu Y, Yu X, Lin Y, Yao K. Small Incision Lenticule Extraction (SMILE) versus Femtosecond Laser-Assisted In Situ Keratomileusis (FS-LASIK) for Myopia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS One* 2016; 11: e0158176.

46. Zhang Y, Shen Q, Jia Y, Zhou D, Zhou J. Clinical Outcomes of SMILE and FS-LASIK Used to Treat Myopia: A Meta-analysis. *J Refract Surg* 2016; 32: 256–265.
47. Piñero DP, Teus MA. Clinical outcomes of small-incision lenticule extraction and femtosecond laser-assisted wavefront-guided laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2016; 42: 1078–1093.
48. Breyer DRH, Kaymak H, Klabe K, Pohl C. Evaluation of 2 Energy Pattern Outcomes in Refractive Lenticule Extraction and Femto-LASIK. Boston: ASCRS; 2014.
49. Shah DN, Melki S. Complications of femtosecond-assisted laser in-situ keratomileusis flaps. *Semin Ophthalmol* 2014; 29: 363–375.
50. Salomão MQ, Wilson SE. Femtosecond laser in laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2010; 36: 1024–1032.
51. Igarashi A, Shimizu K, Kamiya K. Eight-year follow-up of posterior chamber phakic intraocular lens implantation for moderate to high myopia. *Am J Ophthalmol* 2014; 157: 532–539.e1.
52. Sanders DR, Doney K, Poco M; on behalf of the ICL in Treatment of Myopia Study Group. United States Food and Drug Administration clinical trial of the Implantable Collamer Lens (ICL) for moderate to high myopia: three-year follow-up. *Ophthalmology* 2004; 111: 1683–1692.
53. Alfonso JF, Baamonde B, Fernández-Vega L, Fernandes P, González-Méijome JM, Montés-Micó R. Posterior chamber collagen copolymer phakic intraocular lenses to correct myopia: five-year follow-up. *J Cataract Refract Surg* 2011; 37: 873–880.
54. Igarashi A, Kamiya K, Shimizu K, Komatsu M. Visual performance after implantable collamer lens implantation and wavefront-guided laser in situ keratomileusis for high myopia. *Am J Ophthalmol* 2009; 148: 164–170.e1.
55. Kamiya K, Igarashi A, Shimizu K, Matsumura K, Komatsu M. Visual performance after posterior chamber phakic intraocular lens implantation and wavefront-guided laser in situ keratomileusis for low to moderate myopia. *Am J Ophthalmol* 2012; 153: 1178–1186.e1.
56. Kobashi H, Kamiya K, Igarashi A, Matsumura K, Komatsu M, Shimizu K. Long-term quality of life after posterior chamber phakic intraocular lens implantation and after wavefront-guided laser in situ keratomileusis for myopia. *J Cataract Refract Surg* 2014; 40: 2019–2024.
57. Wang X, Zhou X. Update on Treating High Myopia With Implantable Collamer Lenses. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*; 5: 445–449.
58. Packer M. Meta-analysis and review: effectiveness, safety, and central port design of the intraocular collamer lens. *Clin Ophthalmol* 2016; 10: 1059–1077.
59. Bamashmus MA, Al-Salahim SA, Tarish NA, Saleh MF, Mahmoud HA, Elanwar MF, Awadalla MA. Posterior vitreous detachment and retinal detachment after implantation of the Visian phakic implantable collamer lens. *Middle East Afr J Ophthalmol* 2013; 20: 327–331.
60. Jiang T, Chang Q, Wang X, Huang X. Retinal detachment after phakic intraocular lens implantation in severe myopic eyes. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2012; 250: 1725–1730.
61. Kim KH, Shin HH, Kim HM, Song JS. Correlation between ciliary sulcus diameter measured by 35 MHz ultrasound biomicroscopy and other ocular measurements. *J Cataract Refract Surg* 2008; 34: 632–637.
62. Packer M. Meta-analysis and review: effectiveness, safety, and central port design of the intraocular collamer lens. *Clin Ophthalmol* 2016; 10: 1059–1077.
63. El Danasoury MA, El Maghraby A, Gamali TO. Comparison of iris-fixed Artisan lens implantation with excimer laser in situ keratomileusis in correcting myopia between -9.00 and -19.50 diopters: a randomized study. *Ophthalmology* 2002; 109: 955–964.
64. Bouheraoua N, Bonnet C, Labbé A, Sandali O, Lecuen N, Ameline B, et al. Iris-fixed phakic intraocular lens implantation to correct myopia and a predictive model of endothelial cell loss. *J Cataract Refract Surg* 2015; 41: 2450–2457.
65. Alió JL, de la Hoz F, Pérez-Santonja JJ, Ruiz-Moreno JM, Quesada JA. Phakic anterior chamber lenses for the correction of myopia: a 7-year cumulative analysis of complications in 263 cases. *Ophthalmology* 1999; 106: 458–466.
66. Alió JL, Grzybowski A, El Aswad A, Romaniuk D. Refractive lens exchange. *Surv Ophthalmol* 2014; 59: 579–598.
67. Elkady B, Piñero D, Alió JL. Corneal incision quality: microincision cataract surgery versus microcoaxial phacoemulsification. *J Cataract Refract Surg* 2009; 35: 466–474.
68. Kaufmann C, Krishnan A, Landers J, Esterman A, Thiel MA, Goggin M. Astigmatic neutrality in biaxial microincision cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2009; 35: 1555–1562.
69. Kurz S, Krummenauer F, Thieme H, Dick HB. Biaxial microincision versus coaxial small-incision cataract surgery in complicated cases. *J Cataract Refract Surg* 2010; 36: 66–72.
70. Masket S, Sarayba M, Ignacio T, Fram N. Femtosecond laser-assisted cataract incisions: architectural stability and reproducibility. *J Cataract Refract Surg* 2010; 36: 1048–1049.
71. Miháltz K, Knorz MC, Alió JL, Takács AI, Kránitz K, Kovács I, Nagy ZZ. Internal aberrations and optical quality after femtosecond laser anterior capsulotomy in cataract surgery. *J Refract Surg* 2011; 27: 711–716.

72. Takács AI, Kovács I, Miháltz K, Filkorn T, Knorz MC, Nagy ZZ. Central corneal volume and endothelial cell count following femtosecond laser-assisted refractive cataract surgery compared to conventional phacoemulsification. *J Refract Surg* 2012; 28: 387–391.
73. Conrad-Hengerer I, Al Sheikh M, Hengerer FH, Schultz T, Dick HB. Comparison of visual recovery and refractive stability between femtosecond laser-assisted cataract surgery and standard phacoemulsification: six-month follow-up. *J Cataract Refract Surg*; 41: 1356–1364.
74. Dick HB, Schultz T. A Review of Laser-Assisted Versus Traditional Phacoemulsification Cataract Surgery. *Ophthalmol Ther* 2017; 6: 7–18.
75. Srinivasan B, Leung HY, Cao H, Liu S, Chen L, Fan AH. Modern Phacoemulsification and Intraocular Lens Implantation (Refractive Lens Exchange) Is Safe and Effective in Treating High Myopia. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)* 2016; 5: 438–444.
76. Ranta P, Tommila P, Kivelä T. Retinal breaks and detachment after neodymium: YAG laser posterior capsulotomy: five-year incidence in a prospective cohort. *J Cataract Refract Surg* 2004; 30: 58–66.
77. Chu CJ, Johnston RL, Buscombe C, Sallam AB, Mohamed Q, Yang YC; United Kingdom Pseudophakic Macular Edema Study Group. Risk Factors and Incidence of Macular Edema after Cataract Surgery: A Database Study of 81984 Eyes. *Ophthalmology* 2016; 123: 316–323.
78. Breyer DRH, Kaymak H, Klabe K, Hagen PR, Kretz FTA, Auffarth GU. Individualized Patient Care with Different Variants of Blended Vision: The Duesseldorf Formula. Copenhagen: ESCRS; 2016.

Interessenkonflikt: Die Autoren erklären, dass bei der Erstellung des Beitrags Verbindungen zu den Firmen *Oculentis BV* (Niederlande), *MEDICEM International CR s.r.o.* (Tschechien), *Carl Zeiss Meditec* (Deutschland), *Alcon* (USA) und *STAAR Surgical* (Kalifornien) in Form von Vortragshonoren, Beratungstätigkeit, Reisekostenerstattung und Study-Center-Tätigkeit bestanden.



Dr. Detlev R. H. Breyer, MD
Breyer, Kaymak & Klabe Augenchirurgie
Martin-Luther-Platz 22
40212 Düsseldorf

dr.detlev.breyer@gmail.com