

Optik und Refraktion

Niklas Plange

2.1 Brechkraft des Auges und Emmetropie – 24

2.2 Abbildungsfehler (Aberrationen) – 24

2.3 Akkommodation und Presbyopie – 25

2.4 Refraktionsanomalien – 25

2.4.1 Ametropie – 25

2.4.2 Myopie – 25

2.4.3 Hyperopie – 26

2.4.4 Astigmatismus – 27

2.4.5 Anisometropie und Aniseikonie – 28

2.5 Korrektur von Refraktionsanomalien – 28

2.5.1 Brille – 28

2.5.2 Kontaktlinsen – 29

2.5.3 Prismen – 29

2.6 Refraktive Chirurgie – 29

2.6.1 Excimerlaserablation der Hornhautoberfläche – 30

2.6.2 LASIK (Laser in situ Keratomileusis) – 30

2.6.3 Refraktive Lentikelextraktion mittels Femtosekundenlaser – 30

2.6.4 Inzisionale Hornhautchirurgie – 30

2.6.5 Hornhautimplantate – 30

2.6.6 Implantation von Intraokularlinsen in phake Patienten (phake IOL) – 31

2.6.7 Refraktiver Linsenaustausch – 31

2.6.8 Nebenwirkungen refraktiver Chirurgie – 31

Die Gesamtbrechkraft des Auges wird von der Hornhaut mit 43 dpt und von der Linse mit 14 dpt bestimmt. Eine Emmetropie (Rechtsichtigkeit) liegt vor, wenn die Gesamtbrechkraft des Auges im Verhältnis zur Achsenlänge so hoch ist, dass die Lichtstrahlen auf der Netzhaut gebündelt werden.

Der Akkommodationsmechanismus ermöglicht das scharfe Sehen in der Nähe. Er besteht aus einer Erhöhung der Brechkraft der Linse (durch Kontraktion des M. ciliaris, Relaxation der Zonulafasern und Verdickung der Linse durch ihre Eigenelastizität), der Konvergenzreaktion und einer Engstellung der Pupille zur Erhöhung der Tiefenschärfe. Die mit dem Alter abnehmende Akkommodationsfähigkeit wird als Presbyopie (Altersichtigkeit) bezeichnet. Die wichtigsten Fehlsichtigkeiten sind die Myopie (Kurzsichtigkeit), die Hyperopie (Weitsichtigkeit) und der Astigmatismus (Stabsichtigkeit).

Refraktionsfehler werden mit Brillen und Kontaktlinsen ausgeglichen. Die Behandlung der Presbyopie erfolgt mit einer Lesebrille.

Unter den refraktiv-chirurgischen Verfahren zur Behandlung von Fehlsichtigkeiten wird die LASIK (Laser in situ keratomileusis) am häufigsten angewendet. Mit einem Excimerlaser wird stromales Hornhautgewebe abgetragen, um eine Änderung der Brechkraft des Auges zu erreichen.

2.1 Brechkraft des Auges und Emmetropie

Die Refraktion (in Dioptrien) des Auges wird bestimmt von den brechenden Medien und der Achsenlänge des Auges.

Bei Emmetropie (Rechtsichtigkeit) werden die parallelen Lichtstrahlen aus dem Unendlichen als Punkt auf der Netzhaut gebündelt. Beim emmetropen Auge hat die Hornhaut eine Brechkraft von 43 dpt und die Linse von 19 dpt bei einer Achsenlänge von 24 mm.

Ein Missverhältnis zwischen Brechkraft und Achsenlänge wird als Ametropie (Fehlsichtigkeit) bezeichnet:

- Bei der **Myopie (Kurzsichtigkeit)** werden die Lichtstrahlen vor der Netzhaut gebündelt (das Auge ist relativ zu lang).

- Bei der **Hyperopie (Weitsichtigkeit)** werden die Lichtstrahlen hinter dem Auge gebündelt (das Auge ist relativ zu kurz).

Die Pupille stellt die Blende des optischen Systems Auge dar. Neben der Regulierung der einfallenden Lichtmenge wird die Tiefenschärfe bei enger Pupille erhöht (Verringerung der sphärischen Aberration, siehe unten).

- Die **Brechkraft (D) des Auges entspricht dem Kehrwert der Brennweite (f) und wird in Dioptrien (dpt) angegeben. Liegt der Fernpunkt 1 m vor dem Auge (Myopie), so beträgt die Fehlsichtigkeit -1 dpt.**

Bei der Geburt liegt bei einer Achsenlänge von 17 mm eine Hyperopie von 2 dpt vor. In den ersten 2 Lebensjahren kommt es zur Emmetropisierung. Das physiologische Bulbuswachstum hält bis zum 20 Lebensjahr an.

2.2 Abbildungsfehler (Aberrationen)

Als Abbildungsfehler werden Abweichungen von der optimalen Lichtbrechung bezeichnet.

Am Auge werden folgende Aberrationen unterschieden:

- Chromatische Aberration:** die Brechung des Lichtes ist abhängig von der Wellenlänge. Je kurzwelliger die Lichtstrahlen, desto stärker werden diese gebrochen. Kurzwelligeres grünes Licht wird stärker gebrochen als das längerwellige rote Licht.
- Sphärische Aberration:** die Brechung der Linse ist in der Peripherie stärker als im Zentrum. Dadurch werden nicht alle parallelen Lichtstrahlen durch die Linse in einem Punkt auf der Netzhaut gebündelt. Die sphärische Aberration führt zur Verzeichnung des Bildes. Bei enger Pupille ist die sphärische Aberration durch das Verdecken der peripheren Linsenanteile geringer, die Tiefenschärfe wird größer.
- Astigmatische Aberration:** Ein Strahlenbündel, das schräg durch die Linse verläuft wird in zwei Achsen unterschiedliche gebrochen.

➤ **Asphärische Intraokularlinsen verbessern die optische Abbildungsqualität nach der Kataraktoperation durch die Vermeidung der sphärischen Aberration.**

➤ **Für ein entspanntes Lesen im Nahbereich ist eine größere Akkommodationsbreite notwendig. Die Gebrauchsakkommodation beträgt etwa die Hälfte der Akkommodationsbreite.**

2.3 Akkommodation und Presbyopie

Die Akkommodation beschreibt den Vorgang der Erhöhung der Brechkraft des Auges um Objekte in der Nähe scharf zu sehen.

Der Akkommodationsreflex besteht aus (siehe auch Kapitel Neuroophthalmologie):

- **Verstärkung der Linsenbrechkraft** durch Kontraktion des M. ciliaris, Entspannung der Zonulafasern, Zunahme der Linsenkrümmung durch die Eigenelastizität der Linse.
- **Konvergenzreaktion der Sehaschen** (beidseitige Adduktion durch Kontraktion der Mm. recti mediales),
- **Pupillenverengung.**

Die Akkommodationsbreite bezeichnet das Ausmaß der Brechkraftzunahme in Dioptrien. Wegen des Elastizitätsverlustes der Linse mit zunehmenden Alter nimmt die Akkommodation kontinuierlich ab (10 Jahre: 15 dpt; 20 Jahre 10 dpt, 50 Jahre 2dpt, 60 Jahre 1 dpt, 70 Jahre 0 dpt).

Die Akkommodationsbreite berechnet sich aus der Differenz des Kehrwertes von Fernpunkt und Nahpunkt (zB liegt der Fernpunkt bei 2m (entsprechend einer Myopie von -0,5dpt) und der Nahpunkt bei 20cm (entsprechend 5dpt) so besteht eine Akkommodationsbreite von 4,5 dpt).

Die **Presbyopie** (Altersichtigkeit) beschreibt den physiologischen Verlust der Akkommodation mit zunehmenden Alter. Der Verlust der Akkommodation kann durch eine Lesebrille ausgeglichen werden. Die Presbyopie hat je nach Refraktionsanomalie unterschiedliche Auswirkungen:

- **Bei einer Hyperopie**, die bisher nicht mit einer Brille korrigiert wurde (dauerhafte Akkommodation um Emmetropie zu erreichen), fällt die Presbyopie früher auf. Ein Teil der Akkommodationsleistung wird bereits benötigt, um die Emmetropie zu erreichen.
- **Bei einer Myopie** von -3 dpt kann der Patient zum Lesen die Fernbrille absetzen.

2.4 Refraktionsanomalien

2.4.1 Ametropie

■ Definition

Als **Ametropie** (Fehlsichtigkeit) werden Abweichungen von der Emmetropie (Rechtsichtigkeit bezeichnet). Eine Ametropie kann ihre Ursache in der Abweichung der Brechkraft von Hornhaut oder Linse und/oder in der Achsenlänge haben.

■ Klinisches Bild

Eine Ametropie führt zu einer Verminderung der Sehschärfe:

- Eine sphärische Ametropie von 1 dpt vermindert den Visus auf 0,4.
- Eine zylindrische Ametropie von 1 dpt vermindert den Visus auf 0,5.
- Ein Achsenfehler von 30° bei einem Zylinder von 1 dpt vermindert den Visus auf 0,4.

2.4.2 Myopie

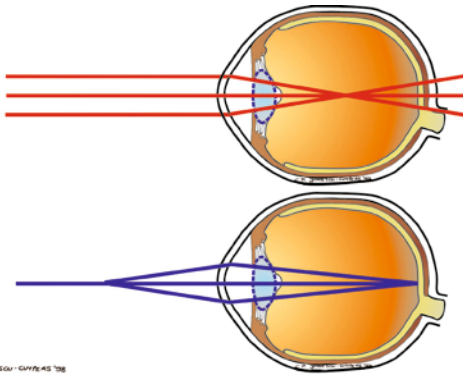
■ Definition

Bei der **Myopie** (Kurzichtigkeit) werden die Lichtstrahlen vor der Netzhaut gebündelt, das Auge ist relativ zu lang.

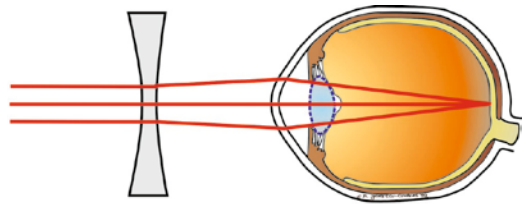
■ Klinisches Bild

Der kurzsichtige Patient kann Objekte in der Nähe scharf sehen, in der Ferne nicht (■ Abb. 2.1). Um eine bessere Sehschärfe in der Ferne zu erreichen, wird geblinzelt. Durch den subtotalen Lidschluss wird die Tiefenschärfe erhöht (kleinere Blende, Vermeidung von sphärischen Aberrationen, sog. stenopäische Lücke).

Am häufigsten ist die Achsenmyopie mit größter Bulbuslänge. Erkrankungen der Hornhaut (z. B. Keratokonus) oder der Linse (z. B. Kerntrübung) können durch die Brechungsmyopie zu einer höheren Kurzichtigkeit führen.



■ **Abb. 2.1** Kurzsichtigkeit, Myopie. Bei der Myopie werden die Lichtstrahlen vor der Netzhaut gebündelt. (Aus Krieglstein 2000)



■ **Abb. 2.2** Kurzsichtigkeit, Myopie. Eine Zerstreuungslinse verschiebt bei der Myopie den Brennpunkt auf die Netzhaut. (Aus Krieglstein 2000)

Das klinische Bild des myopen Auges ist gekennzeichnet durch die Vergrößerung des Bulbus:

- **tiefe Vorderkammer.**
- **schräger Sehnerveneintritt** und gedrehter Sehnerv mit Conus myopicus: Der Sehnerv hat keinen rechtwinkligen Kontakt zum Bulbus, sondern tritt flacher in den Bulbus ein.
- **Fundus myopicus:** Die Netzhaut des Kurzsichtigen zeigt ein dünnes Pigmentblatt mit durchscheinenden Aderhautgefäßen. Die anteriore Netzhaut hat durch die Ausdünnung und periphere Degenerationen ein höheres Risiko für rhegmatogene Netzhautlöcher und eine Netzhautablösung. Eine Ausdünnung der gesamten Bulbuswand am hinteren Pol wird als Staphylom bezeichnet.
- **Myope Makulopathie:** Die Makulopathie des Kurzsichtigen zeigt degenerative Veränderungen und Atrophien (Lacksprünge: Dehiszenzen der Lamina elastica der Aderhaut). Der Fuchs'sche Fleck bezeichnet Pigmentepithelunregelmäßigkeiten, Atrophieareale und Blutungen der Makula. Eine choroidale Neovaskularisation (myope CNV) mit schnell progredienter Visusminderung ist möglich.
- **Glaskörperabhebung und Trübungen:** Durch den Vergrößerten Bulbus kommt es früher zur (physiologischen) Glaskörperabhebung mit dem Auftreten von Glaskörpertrübungen (Wahrnehmung von Mouches volantes, fliegende Mücken).

- **Strabismus:** Die Motilitätsstörungen können vom Einwärtsschielen bis hin zu komplexen Bewegungsstörungen (»heavy eye«) gehen.

■ Therapie

Der Ausgleich der Myopie erfolgt durch Zerstreuungsgläser (konkave Linsen, ■ Abb. 2.2).

Die Therapie der myopen choroidalen Neovaskularisation entspricht weitestgehend derjenigen der exsudativen Makuladegeneration.

- **Bei der Brillenglasbestimmung bei Myopie ist eine Überkorrektur zu vermeiden. Es wird dann eine künstliche Hyperopie erzeugt, die zu asthenopischen Beschwerden führen können (siehe Kapitel Strabismus).**

2.4.3 Hyperopie

■ Definition

Bei der Hyperopie (Weitsichtigkeit) werden die Lichtstrahlen hinter der Netzhaut gebündelt, das Auge ist relativ zu kurz (■ Abb. 2.3).

■ Klinisches Bild

Der weitsichtige Patient kann Objekte in der Ferne durch eine Dauerakkommodation scharf sehen. Mit zunehmenden Alter und der damit verbundenen Verringerung der Akkommodationsbreite (Presbyopie) kommt es früher zu der Notwendigkeit der Anpassung einer Lesebrille später ist das scharfe Sehen in die Ferne nicht mehr möglich.

Am häufigsten ist die Achsenhyperopie mit kleinerer Bulbuslänge.

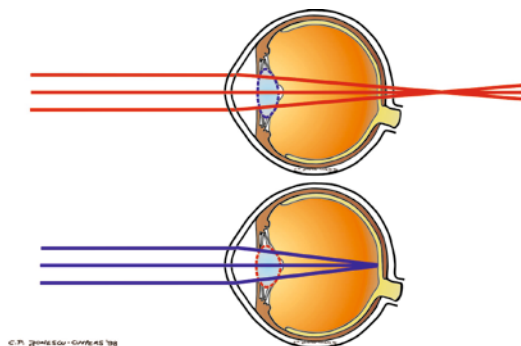


Abb. 2.3 Weitsichtigkeit, Hyperopie. Bei der Hyperopie werden die Lichtstrahlen hinter der Netzhaut gebündelt. (Aus Kriegelstein 2000)

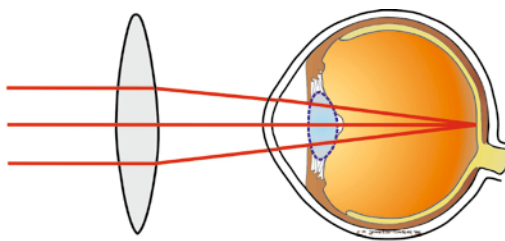


Abb. 2.4 Weitsichtigkeit, Hyperopie. Eine Sammellinse verschiebt bei der Hyperopie den Brennpunkt auf die Netzhaut. (Aus Kriegelstein 2000)

Das klinische Bild des hyperopen Auges ist gekennzeichnet durch die Verkleinerung des Bulbus:

- **Flache Vorderkammer:** Durch die Enge im Bereich des Kammerwinkels ist das Risiko eines Engwinkelglaukoms und eines Glaukomanfalls erhöht. Bei zunehmender Linsentrübung mit zunehmender Linsendicke verschärft sich das Problem (► Kap. 15).
- **Hyperoper Sehnerv (Pseudopapillenödem):** Der Sehnerv zeigt häufig einen nasal betonten Wulst, der mit einer Schwellung des Sehnervens verwechselt werden kann.
- **Asthenopische Beschwerden:** Durch die dauerhafte Akkommodation des hyperopen Auges ohne Brille kann es zu einem komplexen refraktionsbedingten Beschwerdemuster kommen (Augen- und Kopfschmerzen, Ermüdbarkeit, Brennen, etc.).
- **Akkommodatives Innenschielen:** Durch den Akkommodationsreflex kommt es insbesondere bei Kindern zu einem Innenschielen. Die Anpassung der entsprechenden Hyperopiekorrektur kann den Schielwinkel verringern oder vollständig auflösen.

■ Therapie

Der Ausgleich der Hyperopie erfolgt durch Sammellinsen (konvexe Linsen, **Abb. 2.4**).

- **Die Brillenbestimmung bei Hyperopie erfordert die Blockade des Akkommodationsreizes. Dies kann medikamentös durch eine Zykloplegie (Mydriatika) erfolgen.**

2.4.4 Astigmatismus

■ Definition

Der Astigmatismus ist definiert als Stabsichtigkeit, da wegen der unterschiedlichen Brechkraft in verschiedenen Achsen ein Punkt auf der Netzhaut als Strich dargestellt wird.

■ Klinisches Bild

Beim Astigmatismus kommt es zu Verzerrungen der Bildwahrnehmung. Am häufigsten ist der Astigmatismus durch die Hornhaut verursacht. Ein physiologischer Astigmatismus ist die vermehrte Hornhautbrechung in der Vertikalen im Vergleich zur Horizontalen (Astigmatismus rectus 0,75 dpt).

Folgenden Formen des Astigmatismus der Hornhaut werden unterschieden:

- **Regulärer Astigmatismus:** Die Hornhautverkrümmung hat 2 Hauptachsen, die um 90° zueinander stehen.
- **Astigmatismus rectus (nach der Regel):** vermehrte Hornhautbrechkraft in der physiologischen Achse bei 90°. Ein Minuszylinderglas bei 0° ist zum Ausgleich erforderlich.
- **Astigmatismus inversus (gegen die Regel):** vermehrte Hornhautbrechkraft in der Horizontalen.
- **Astigmatismus obliquus:** schräge Achsen.
- **Irregulärer Astigmatismus:** Die Hornhautoberfläche ist irregulär (z. B. bei Hornhautnarben). Die irreguläre Verkrümmung lässt sich nicht mit einem Zylinderglas (mit bestimmter Brechungsachse) ausgleichen.

■ Therapie

Der Ausgleich des Astigmatismus erfolgt durch Zylindergläser. Die Wirkung der Zylindergläser ist 90° zu ihrer Achse.

Bei einem irregulären Astigmatismus kann ein Ausgleich über eine harte Kontaktlinse erfolgen. Der Tränenfilm zwischen Hornhaut und Kontaktlinse gleicht die Irregularitäten aus.

➤ **Die Achse des Zylinderglases zum Ausgleich eines Hornhautastigmatismus steht 90° zu der Achse des Astigmatismus. Ein Minuszylinderglas bei 0° gleicht eine vermehrte Hornhautbrechung (dh kleinerer Hornhautradius) bei 90° aus.**

2.4.5 Anisometropie und Aniseikonie

■ Definition

Ein Unterschied in der Brechkraft zwischen rechtem und linkem Auge wird als Anisometropie bezeichnet.

■ Klinisches Bild

Eine unterschiedliche Brechkraft beider Augen bei Achsenanisometropie führt nicht zu einer Wahrnehmung ungleich großer Bilder, da das geometrisch größere Bild wegen der Vergrößerung der rezeptiven Felder bei größerem Bulbus nicht als solches wahrgenommen wird.

Der Ausgleich einer Anisometropie mit einem Brillenglas führt jedoch zu einer Wahrnehmung von ungleich großen Bildern (Aniseikonie), häufig mit Doppelbildern. Das Minusglas des kurzsichtigen Auges führt zu einer Bildverkleinerung, das Plusglas des weitsichtigen Auges zu einer Bildvergrößerung. Das Ausmaß der Bildvergrößerung oder -verkleinerung ist zudem abhängig von Hornhautscheitelabstand (Abstand von der Hornhaut zu Brillenglas). Eine Kontaktlinse mit einem Hornhautscheitelabstand, der gegen Null geht, führt nicht zu solch einer Bildgrößenveränderung.

Ein Refraktionsunterschied (Anisometropie) von 1 dpt entspricht einem Bildgrößenunterschied (Aniseikonie) von 2%. Bildgrößenunterschiede von bis zu 5–7% können toleriert werden. Dies entspricht einer Anisometropie von ca. 3 dpt.

Eine besondere Bedeutung hat die Anisometropie bei der Planung einer Kataraktoperation bei einseitiger Linsentrübung. Das refraktive Ziel der Kataraktoperation mit Implantation einer Kunstlinse ist i. d. R. die Emmetropie. Dies würde bei einem Patienten mit einer Ametropie von mehr als 3 dpt wegen der resultierenden Anisometropie nicht toleriert werden. Das zweite Auge mit der klaren Linse muss dann auch operiert werden. Als Alternative kann der Patient mit der geeigneten Intraokularlinse künstlich ametrop eingestellt werden, sodass der Unterschied beider Augen weniger als 3 dpt beträgt. Eine postoperative Versorgung mit einer Kontaktlinse ist ebenfalls möglich.

➤ **Eine Anisometropie beim Kind führt zu einer Refraktionsamblyopie (Schwachsichtigkeit), wenn der Brechungsfehler nicht ausgeglichen wird.**

2.5 Korrektur von Refraktionsanomalien

2.5.1 Brille

Eine Ametropie kann ausgeglichen werden mit Brillengläsern. Ein Brillenglas wird definiert über die sphärische Korrektur (- und rot für Myopie = Zerstreuungslinse; + und schwarz für Hyperopie = Sammellinse) und die astigmatische Korrektur (durch den Augenarzt als Minuszylinder) mit der jeweiligen Achse.

Die Brille wird für die Fernsicht und für die Nahsicht angepasst. Für die Fernbrille werden Optotypen (Sehzeichen) in 5 m Abstand präsentiert. Für die Nahbrille ist der Leseabstand des Patienten wichtig. Meist in eine Nahaddition zu den Fernbrillenwerten von 2,5–3 dpt notwendig.

Die subjektive und objektive Refraktionsbestimmung ist im ► Kap. 1 dargestellt.

Folgende optische Eigenschaften sind wichtig in der Anwendung und Ordination von Brillengläsern:

- Das Brillenglas (Zerstreuungslinse) zum **Ausgleich der Myopie** führt zu einer **Bildverkleinerung bei größerem Gesichtsfeld**.
- Das Brillenglas (Sammellinse) zum **Ausgleich der Hyperopie** führt zu einer **Bildvergrößerung bei kleinerem Gesichtsfeld**.

- Das Brillenglas muss **nach Messung der Pupillendistanz für jeweils beide Augen zentriert** sein. Eine Dezentrierung führt zu einer prismatischen Abweichung.
- Der Hornhautscheitelabstand (Abstand zwischen Hornhaut und Brillenglas) hat **Einfluss auf die Bildgrößenveränderung**. Bei der Kontaktlinse liegt dieser bei null und führt zu keiner Bildgrößenveränderung auf der Netzhaut.
- **Riesenpapillenkongjunktivitis**: Zeichen einer verzögerten Immunreaktion der Bindehaut mit Bildung von massiven pflastersteinartigen Bindehautwucherungen, vor allem unter dem Oberlid.
- **Gefahr einer bakteriellen Besiedelung**: bakterielles und fungales Hornhautinfiltrat.
- **Gefahr der Acanthamoebenkeratitis**: schwerwiegende Hornhautinfektion mit langwierigem Verlauf.
- **Verlängerte Wirkung von topischen Medikamenten**: Die Wirkstoffe penetrieren in die weiche Kontaktlinse und haben dadurch eine längere Wirkung auf der Augenoberfläche.

➤ **Wegen der möglichen Hornhautkomplikationen von Kontaktlinsen sind regelmäßige Kontrollen beim Augenarzt notwendig.**

2.5.2 Kontaktlinsen

Kontaktlinsen schwimmen auf dem präkornealen Tränenfilm und haben keinen Einfluss auf die Bildgröße wegen des fehlenden Hornhautscheitelabstandes.

Die Anpassung der Kontaktlinsen erfolgt nach Bestimmung der Brechkraft der Augen durch die Messung der Krümmungsradien der Hornhaut.

Folgende Kontaktlinsen können angewendet werden:

- **Harte (formstabile) Kontaktlinsen**: sehr gute Sauerstoffversorgung der Hornhaut, sehr guter Ausgleich von Irregularitäten und Astigmatismus der Hornhaut, Anpassung schwieriger (Fremdkörpergefühl).
- **Weiche Kontaktlinsen** (meist Monatslinsen oder Tageslinsen): sehr gute Verträglichkeit, Ausgleich von Astigmatismus schwieriger, strenge Hygiene notwendig (besonders bei Monatslinsen).
- **Speziallinsen**: z. B. Keratokonuslinsen, bi- und multifokale Linsen, therapeutische Kontaktlinsen (zur Behandlung von Hornhauterkrankungen).

Die Anwendung von Kontaktlinsen hat folgende Nachteile und Gefahren:

- **Störung des Hornhautstoffwechsels** (Sauerstoffmangel): vorgeschobenes Randschlingennetz (Bindehautgefäße im Bereich der Hornhautperipherie) bis Hornhautvaskularisation.
- **Keratokonjunktivitis sicca** mit Stippung der Hornhaut: insbesondere bei fehlerhafter Anpassung ist die Beweglichkeit der Kontaktlinse auf der Hornhaut eingeschränkt.

2.5.3 Prismen

Bei verschiedenen Schielformen können Prismen in die Brillengläser eingeschliffen werden.

Ein Prisma führt zur Ablenkung des Lichtstrahles zur Basis des Prismas.

Die optische Wirkung wird in Prismendioptrien definiert (1 pdpt: Ablenkung eines Lichtstrahls um 1 cm in 1 m Entfernung). Die Anwendung von Prismen wird im ► Kap. 22 Strabismus dargestellt.

2.6 Refraktive Chirurgie

Die refraktiv-chirurgischen Verfahren haben zum Ziel, die Brechkraft des Auges zu verändern, um einen Verzicht von Brille oder Kontaktlinse zu ermöglichen.

Grundsätzlich besteht eine besondere Aufklärungspflicht, da ein Eingriff am gesunden Auge durchgeführt wird. Das Behandlungsziel ist nicht die Verbesserung der auskorrigierten Sehschärfe.

Die Kommission Refraktive Chirurgie (KRC) der Deutschen Ophthalmologischen Gesellschaft und des Berufsverbandes der Augenärzte Deutschlands gibt aktuelle Empfehlungen zur Bewertung und Qualitätssicherung der refraktiv-chirurgischen Verfahren heraus (www.augeninfo.de/krc).

2.6.1 Excimerlaserablation der Hornhautoberfläche

■ Definition

Die Hornhautoberfläche wird nach Entfernung des Hornhautepithels mit einem Excimerlaser bearbeitet und abgetragen. Nach erfolgter Laserbehandlung regeneriert das Hornhautepithel unter einer Kontaktlinse. Es werden folgende Verfahren unterschieden (die weitestgehend gleichzusetzten sind):

- **PRK** (photorefraktive Keratektomie): Entfernung des Epithels mechanisch mit Hockeymesser.
- **LASEK** (Laser-epitheliale Keratomileusis): Entfernung des Epithels mit 20% Alkohol, später zurückschieben des Epithels.
- **Epi-LASIK** (Laser-in situ Keratomileusis): Epithel wird von der Bowman-Membran mittels Plastikklinge separiert, später zurückschieben des Epithels.
- **Trans-PRK**: Abtragung des Epithels mit Excimerlaser.

■ Anwendungsbereich

Myopie bis -6 dpt
Astigmatismus bis 5 dpt

2.6.2 LASIK (Laser in situ Keratomileusis)

■ Definition

Die LASIK ist die am häufigsten angewendete refraktiv-chirurgische Methode. Nach Präparation eines Epitheldeckels (Hornhautflap) erfolgt die Laserabtragung des Hornhautstromas mit dem Excimerlaser. Anschließend wird die Hornhautlamelle wider zurückgeklappt und saugt sich fest.

Folgende Verfahren werden angewendet:

- **LASIK**: Die Präparation der oberflächlichen Hornhautlamelle erfolgt mit einem Mikrokeratom (Hobel).
- **Femto-LASIK**: Die Präparation der oberflächlichen Hornhautlamelle erfolgt durch einen Femtosekundenlaser.

■ Anwendungsbereich

Myopie bis -8 dpt
Astigmatismus bis 5 dpt
Hyperopie bis 3 dpt

2.6.3 Refraktive Lentikelextraktion mittels Femtosekundenlaser

■ Definition

Mit einem Femtosekundenlaser wird eine refraktiv wirksame linsenartige Lamelle des Hornhautstromas präpariert, die entfernt wird.

- **RELEX** (refraktive Lentikelextraktion): Mit dem Femtosekundenlaser werden der Hornhautdeckel und die Stromalamelle präpariert.
- **SMILE** (small incision lenticule extraction): Die Stromalamelle wird durch kleine Inzisionen entfernt, eine Deckelpräparation ist nicht notwendig.

■ Anwendungsbereich

Myopie -3 bis -8 dpt
Astigmatismus bis 5 dpt

2.6.4 Inzisionale Hornhautchirurgie

■ Definition

Durch Inzisionen in das Hornhautstroma von der Epithelseite kann die Brechkraft der Hornhaut beeinflusst werden. Der refraktive Effekt ist abhängig von Schnittlokalisation, Schnitttiefe und Schnittform.

Nachteil ist die eingeschränkte Vorhersagbarkeit des Effektes.

Beispiele sind die astigmatische Keratotomie und die relaxierenden limbalen Inzisionen.

■ Anwendungsbereich

Höherer Astigmatismus.

2.6.5 Hornhautimplantate

■ Definition

Es werden Hornhautimplantate in das Hornhautstroma implantiert, um die refraktiven Eigenschaften der Hornhaut zu verändern.

Folgende Implantate werden derzeit angewendet:

- **Intrakorneale Ringsegmente:** Stabilisierung der Hornhaut bei Keratokonus.
- **KAMRA-Implantat:** künstliche Herstellung einer stenopäischen Lücke mit Erhöhung der Tiefenschärfe (Behandlung des Presbyopie).

2.6.6 Implantation von Intraokularlinsen in phake Patienten (phake IOL)

■ Definition

Eine Intraokularlinse wird vor die natürliche Linse implantiert, die natürliche Linse bleibt erhalten (damit auch Erhaltung der Akkommodation).

Folgenden Methoden werden derzeit angewendet:

- Implantation einer Irisfixierten IOL,
- Implantation einer kammerwinkelgestützten IOL,
- Implantation einer phaken IOL hinter die Iris (Sitz auf der natürlichen Linse).

■ Anwendungsbereich:

Myopie ab -6 dpt

Hyperopie ab 3 dpt

2.6.7 Refraktiver Linsenaustausch

■ Definition

Implantation einer Kunstlinse im Rahmen einer Kataraktoperation bei klarer natürlicher Linse. Die Operation hat den Verlust der Akkommodation zur Folge und wird nur beim presbyopen Patienten eingesetzt. Zum Ausgleich des Astigmatismus werden torische Linsen eingesetzt.

Zur Behandlung der Presbyopie werden multifokale Kunstlinsen eingesetzt.

Der Eingriff kann mit einer LASIK kombiniert werden, sollte keine Emmetropie erreicht werden.

■ Anwendungsbereich:

- Myopie ab -6 dpt
- Hyperopie ab 3 dpt
- Bei gleichzeitig bestehender Presbyopie

2.6.8 Nebenwirkungen refraktiver Chirurgie

Folgende wichtigste **Nebenwirkungen** treten im Rahmen von refraktiv-chirurgischen Verfahren auf und erfordern eine ausführliche Aufklärung, da die Eingriffe an ansonsten gesunden Augen durchgeführt werden:

- **Schmerzen** bis Epithelschluss
- **Oberflächliche Narbenbildung** der Hornhaut (haze)
- **Verschlechterung von Dämmerungssehen, Wahrnehmung von Halos** (Lichtkränze um Lichtquellen) und **Schattenbildern**
- **Keratokonjunktivitis sicca**
- **Hornhautinfektionen**
- **Rückbildung des Operationserfolges**
- **Diffuse lamelläre Keratitis bei LASIK** (seltene immunologische Hornhautentzündung)
- **Dislokation des Hornhautflaps** (auch nach Jahren traumatisch möglich)
- **Keratektasien:** Verformungen der Hornhaut (wie bei Keratokonus) durch zu starke Abtragung des Hornhautstromas. Daher Kontraindikation von Excimerlaserbehandlungen bei einer Hornhautdicke unter 480 µm.
- **Endothelzellverlust** bis Hornhautdekomensation bei phaken Intraokularlinsen
- **Komplikationen der Intraokularchirurgie** (Endophthalmitis, Amotio retinae u. a.) bei refraktiven Linsenaustausch

Fallbeispiel

Ein 45-jähriger Patient stellt sich bei Augenarzt vor mit der Frage nach einer Laserbehandlung, um keine Brille mehr tragen zu müssen. Der objektive und subjektive Abgleich ergibt bei dem Patienten eine Kurzsichtigkeit von -2 dpt bei einem Astigmatismus von 3 dpt. Es besteht eine moderate Presbyopie mit der Notwendigkeit einer Nahaddition von +1,5 dpt zum Lesen. Der Patient kann wegen der Kurzsichtigkeit die Brille abnehmen, um eine mittelgroße Schrift zu lesen.

Die übrige ophthalmologische Untersuchung ergibt keine Pathologien. Insbesondere sind

Hornhaut und Linse klar. Die Untersuchung der Netzhaut in Mydriasis ergibt keinen pathologischen Befund.

Der Patient wird über die möglichen Optionen aufgeklärt. Wegen der mittelgradigen Presbyopie und dem Wunsch einer vollständigen Brillenlosigkeit, wird ein refraktiver Linsenaustausch mit Implantation einer torischen, multifokalen Intraokularlinse empfohlen. Der Patient wird ausdrücklich aufgeklärt, dass es sich um eine Operation am gesunden Auge handelt. Die Versorgung mit einer multifokalen Linse garantiert nicht den vollständigen Verzicht auf eine Lesebrille. Ein Verlust von Kontrastsehen und selten die Wahrnehmung von Lichtphänomenen sind möglich.

Wegen des ausdrücklichen Wunsches des Patienten auf die Möglichkeit eines Brillenverzichts werden die Termine zum refraktiven Linsenaustausch vereinbart. Nach erfolgter komplikationsloser Operation hat der Patient eine Fernvisus von 1,0. Er kann ohne Brille lesen.

Übungsfragen

1. Erklären Sie die Begriffe Myopie, Hyperopie und Astigmatismus!
2. Beschreiben Sie den Akkommodationsmechanismus!
3. Welchen Effekt hat eine Brillenglaskorrektur eines hochmyopen Patienten auf die Abbildung auf der Netzhaut?
4. Welches Risiko besteht bei einem Patienten mit hoher Hyperopie bei kurzer Achsenlänge und fortschreitender Linsentrübung?
5. Beschreiben Sie das häufigste refraktiv-chirurgische Verfahren!

Lösungen ► Kap. 28



<http://www.springer.com/978-3-662-52800-6>

Basiswissen Augenheilkunde

Walter, P.; Plange, N.

2017, XV, 440 S., Softcover

ISBN: 978-3-662-52800-6