



Universitätsklinikum  
Hamburg-Eppendorf

Klinik und Poliklinik für Augenheilkunde

---

Patienteninformation

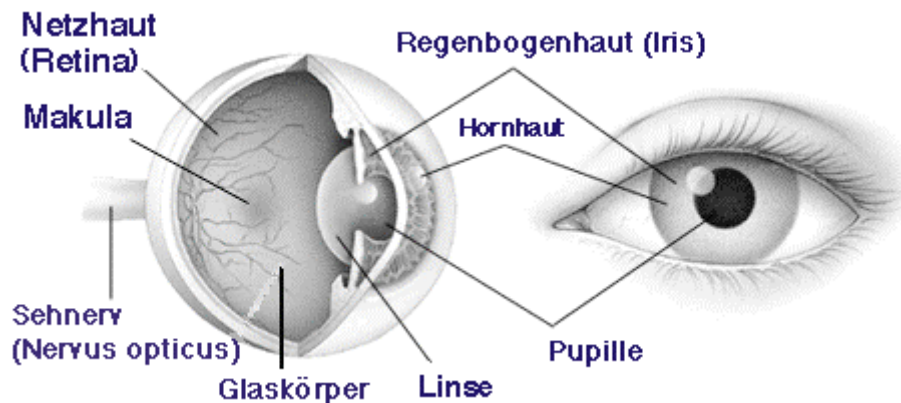
**Refraktive Chirurgie**

---

## Optische Grundlagen

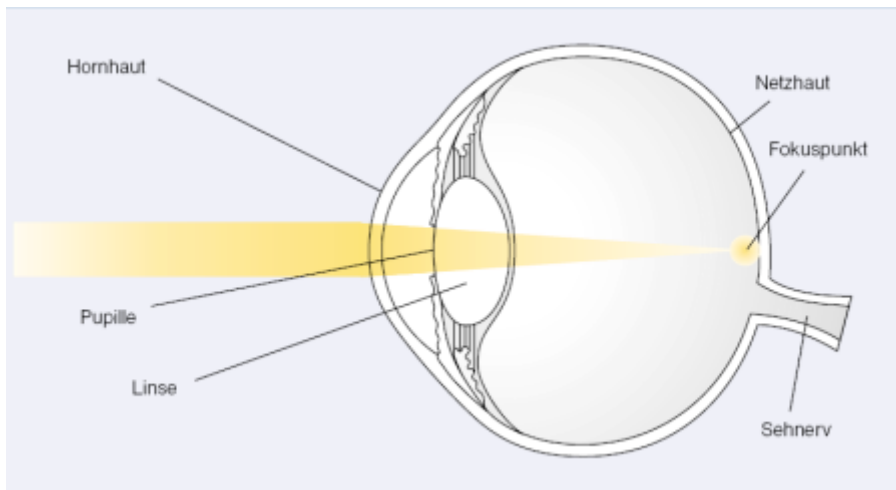
Für das Verständnis der Refraktiven Chirurgie sind die Grundsätze der Optik wesentlich.

Zuvor können Sie sich anhand des anatomischen Schemas einen Überblick über den Aufbau des Auges verschaffen.



### Normalsichtigkeit (Emmetropie)

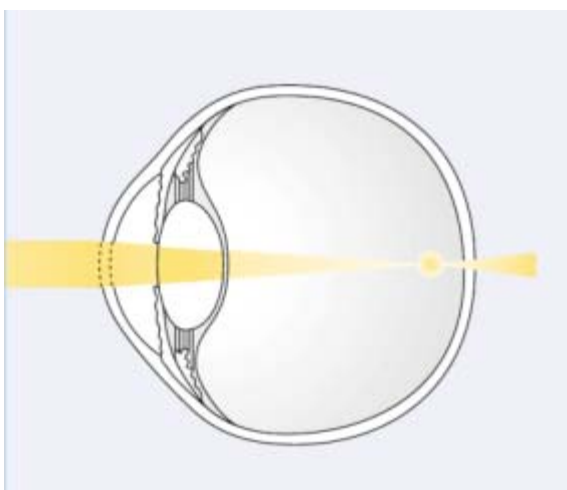
Bei normalsichtigen Menschen wird das einfallende Licht zu einem Drittel durch die Hornhaut (Cornea) und zu zwei Dritteln durch die Linse (Lens) gebrochen. Die Menge des Lichteinfalls wird deren Weite durch die Ringmuskulatur der Regenbogenhaut (Iris) gesteuert. Die Scharfeinstellung erfolgt ähnlich wie bei einem Autofokussystem durch die Veränderung der Brechkraft der Linse. Flachet die Linse ab, wird für die Ferne scharf gestellt, wölbt sich die Linse kugelförmig, wird für die Nähe scharf gestellt. Das gebrochene Licht passiert nun den Glaskörperraum und kann in seinem Brennpunkt an der Stelle des schärfsten Sehens (Macula) in der Netzhautmitte abgebildet werden. Das Bild wird von den Sehzellen der Netzhaut (Photorezeptoren der Retina) aufgenommen und als elektrischer Impuls über den Sehnerven (Nervus Opticus) an das Gehirn weitergeleitet. Dort entsteht der Seheindruck in der Sehrinde.



*Optischer Strahlengang bei Normalsichtigkeit, Brennpunkt auf der Netzhaut.*

### **Kurzsichtigkeit (Myopie)**

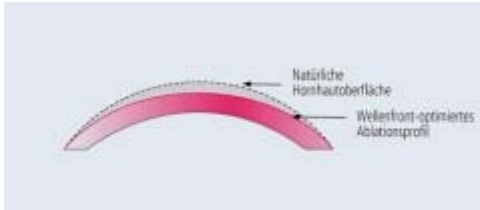
Der Kurzsichtigkeit liegt zumeist ein Langbau des Auges zugrunde. Dadurch kommt bei normaler Brechkraft der Hornhaut und Linse der optische Brennpunkt vor der Netzhaut zur Abbildung. Das Sehen wird in der Ferne unscharf, in der Nähe kann in der Regel gelesen werden (daher "Kurzsichtigkeit"). Durch eine Brillenkorrektur mit Streulinsen (z.B. -4,75 Dioptrien) wird das einfallende Licht aufgefächert und somit als Brennpunkt in der Netzhautmitte abgebildet. Mit Korrektur kann eine volle Sehschärfe erreicht werden.



*Optischer Strahlengang bei Kurzsichtigkeit, Brennpunkt vor der Netzhaut.*

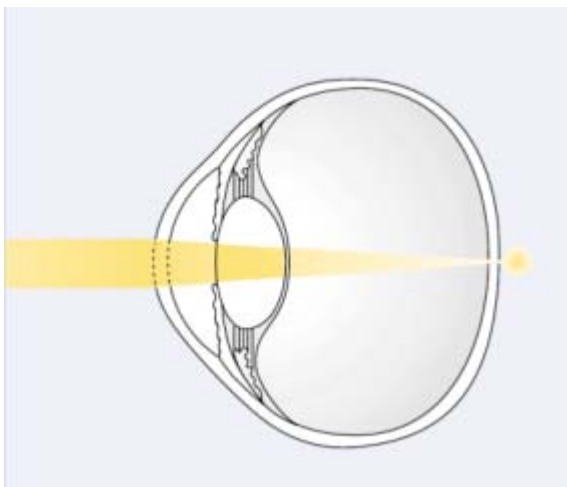
## Prinzip der Laserbehandlung der Myopie

Bei einer Korrektur der Kurzsichtigkeit durch eine Laserbehandlung wird in der Mitte liegendes Hornhautgewebe abgetragen und die Hornhautoberfläche somit abgeflacht. Dadurch wird eine Abnahme der Brechkraft erreicht, der Brennpunkt liegt nun im Netzhautzentrum. Der Effekt entspricht einer Streulinse, bewirkt aber durch die Laserbehandlung eine Verdünnung der Hornhaut (s. Skizze unten).



## Weitsichtigkeit (Hyperopie)

Der Weitsichtigkeit liegt zumeist ein Kurzbau des Auges zugrunde. Bei normaler Brechkraft von Hornhaut und Linse kommt der optische Brennpunkt aufgrund des zu kurzen Auges hinter der Netzhaut zur Abbildung. In der Ferne kann in der Regel scharf gesehen werden (daher "Weitsichtigkeit"), in der Nähe verschwimmen die Bilder. Bis zu einem bestimmten Alter kann eine Weitsichtigkeit durch vermehrte Anstrengung der Linse ausgeglichen werden. Diese vermehrte "Kuglung" der Linse (Akkommodation) lässt mit zunehmendem Alter nach und dadurch müssen Brillen häufig erst im frühen Erwachsenenalter getragen werden. Durch eine Brillenkorrektur mit Sammellinsen (z.B. +5,25 Dioptrien) wird das einfallende Licht gebündelt und der Brennpunkt in der Netzhautmitte abgebildet. Es kann mit Korrektur eine volle Sehschärfe erreicht werden.



*Optischer Strahlengang bei Weitsichtigkeit, Brennpunkt hinter der Netzhaut*

## **Prinzip der Laserbehandlung der Hyperopie**

Bei einer Korrektur mittels Laserverfahren wird ringförmig um das Hornhautzentrum gesundes Hornhautgewebe abtragen, die Hornhautoberfläche aufgestellt und somit die Brechkraft erhöht. Der Effekt entspricht einer Sammellinse, der Brennpunkt liegt nun im Netzhautzentrum.

## **Stabsichtigkeit (Astigmatismus)**

Bei der Stabsichtigkeit ist die Hornhaut an verschiedenen Stellen unterschiedlich gewölbt, man spricht von einer Hornhautverkrümmung. Das Licht wird somit in einer Achse mehr gebrochen als in einer anderen, das heißt ein betrachteter Punkt wird auf der Netzhaut als Stab abgebildet. Es resultiert die sogenannte Stabsichtigkeit.

Bei dieser Fehlsichtigkeit, die in der Regel mit einer anderen Brechungsanomalie (Hyperopie oder Myopie) auftritt, wird die Korrektur durch ein Zylinderglas einer bestimmten Achse (z.B.-1,75 Dioptrien, Achse 0°) erreicht. Das einfallende Licht wird nur in einer Achse gebrochen, so dass der korrigierte Strahlengang im Idealfall eine kugelartige Hornhautoberfläche imitiert. Die Lichtstrahlen treffen sich im Brennpunkt der Netzhaut - scharfes Sehen ist möglich.

**Durch ringförmige Lichtprojektion sichtbar gemachte  
Hornhautverkrümmung**

## **Alterssichtigkeit (Presbyopie)**

Alterssichtigkeit tritt auf, wenn durch den altersbedingten Umbau der Linse die Verformbarkeit des "kugeligen Scharfstellsystems" verloren geht. Etwa ab dem 40. Lebensjahr verliert unsere natürliche Linse diese Fähigkeit. Menschen, die zum Beispiel vor dem 40. Lebensjahr nie eine Brille benötigten, sehen weiterhin gut in die Ferne, brauchen jedoch zum Lesen neu eine Lesebrille. Die Linse ist dann praktisch auf eine einzige Entfernungen "eingerostet". Härter trifft es die Kurz- und Weitsichtigen. Hier wird unter Umständen die Sicht sowohl für die Ferne wie auch die Nähe ohne Brille unmöglich. Abhilfe verschaffen hier nur mehrere Brillen (Fernbrille und Lesebrille) oder aber ein kombiniertes Gleitsichtglas.

Dieses Phänomen wird von den Betroffenen zunächst durch Weghalten des Objektes kompensiert (z.B. die Zeitung / das Buch mit gestreckten Armen weit vom Körper entfernt). Eine Wiederherstellung der Elastizität der Linse ist zur Zeit noch nicht möglich.

**Monovision** ist eine Variante der refraktiven Chirurgie, um das Problem der Alterssichtigkeit auszugleichen. Das Ziel der Monovision ist es, bei alterssichtigen Patienten das Führungsaug für das Sehen in der Ferne und das andere Auge für das Sehen in der Nähe zu optimieren.

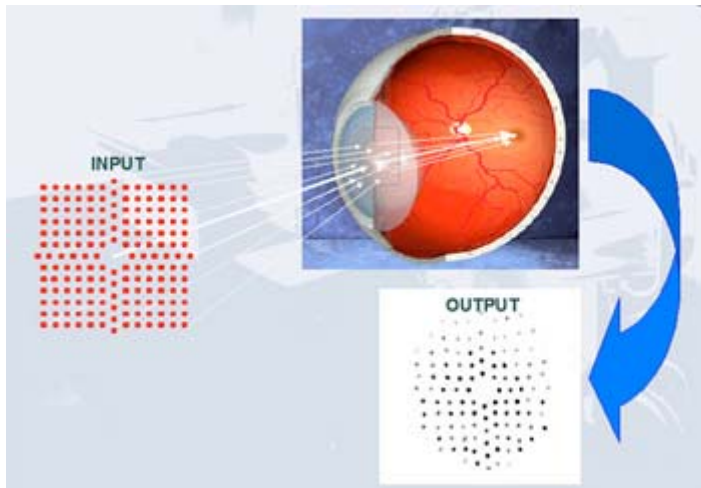
Damit das eine Auge in der Nähe gut sehen kann, muss es auf eine Kurzsichtigkeit von ca. -0.5 dpt bis -1.5 dpt eingestellt werden. Dieses Auge ist aber in den meisten Fällen dann nicht in der Lage, 100% ohne Brille oder Kontaktlinse in der Ferne zu sehen. Sobald ein Auge auf die Ferne und eines auf die Nähe eingestellt wird, kann es sein, dass beide Augen nicht mehr ganz reibungslos zusammenarbeiten, auch eine Reduzierung des räumlichen Sehens kann vorkommen. Etwa 20% der Patienten kommen mit dem Unterschied der beiden Augen im Alltag nicht gut zurecht. Deshalb führen wir vor einer Monovisionkorrektur einen Test mit Kontaktlinsen durch, bei dem Ihnen für einige Stunden die Monovision simuliert wird. Ist die Monovision verträglich, kann man diese Korrektur mit Gewinn für den Patienten durchführen.

### **Brechfehler höherer Ordnung**

Die physikalische Idealvorstellung, dass, einfarbiges (monochromatisches) parallel strahlendes Licht durch das optische System gleichmäßig gebrochen und als scharfer Punkt auf der Netzhaut abgebildet wird, trifft am menschlichen Auge nur bedingt zu. Durch die unterschiedlichen Krümmungsradien an verschiedenen Stellen der Hornhaut sowie die Mehrfarbigkeit des Lichtes kommt es zu optischen Unregelmäßigkeiten. Diese Phänomene - namentlich sphärische (unterschiedliche Brechkraft der Oberflächen) und chromatische (unterschiedliche Brechkraft für verschiedene Wellenlängen des farbigen Lichtes) Aberration - werden als Brechfehler höherer Ordnung bezeichnet. Das Auge ist nur zum Teil in der Lage, diese zu kompensieren.

Obwohl die Zusammenhänge dieser optischen Besonderheiten seit Jahren bekannt sind, war die diagnostische und therapeutische Realisierung dieser Problematik lange nicht möglich.

Die neuste Generation der Diagnosegeräte und Excimer-Laser ist in der Lage, die Brechfehler höherer Ordnung zu erkennen, zu messen und in die Berechnung der Lasertherapie zu übernehmen. In der Presse wurde diese wissenschaftliche Neuerung überschwänglich mit einem "Adlerauge" verglichen. Teilweise können damit tatsächlich exzellente Erfolge erzielt werden, dennoch sollten die Möglichkeiten nicht überbewertet werden.



*Veränderung des Strahlengangs im optischen System*

### **Allgemeine Überlegungen ...**

Viele Jahre der stetigen Entwicklung und der Einsatz modernster Computer- und Lasertechnologien haben dazu geführt, dass, sich auf diesem Weg bereits weltweit etwa 30 Millionen Menschen von Ihrer Brille oder Kontaktlinsen befreien konnten.

Brillenträgern sind die Tücken des Alltags bekannt. Manchmal ist es schon schwierig, die Brille am Morgen oder immer dann, wenn man sie braucht, überhaupt zu finden. Schmierflecken durch Cremes, Make-up oder Staub verschlechtern den Durchblick. Beim Klimawechsel in der kalten Jahreszeit, vor dem Backofen oder dem Geschirrspüler wird der Dienst oft durch beschlagene Gläser quittiert. Zu guter Letzt zerkratzen Brillen und gehen durch vielerlei äussere Einflüsse kaputt.

Kontaktlinsenträger stören diese Probleme weniger, sie müssen dafür aber häufig mit trockenen Augen oder Fremdkörpern kämpfen und sich stets einer adäquaten Kontaktlinsenhygiene bewusst sein. Zudem ist die korrekte Hygiene mit reichlich Kosten verbunden.

So gibt es viele Menschen, die aus den unterschiedlichsten individuellen Gründen nach einer Alternative zu diesen Hilfsmitteln suchen. z.B. sind Brillen bei Sportlern oder bestimmten Berufszweigen nicht erwünscht, Kontaktlinsen werden von vielen Menschen nicht vertragen und erfordern ein hohes Maß an Geschick.

Auch ist eine Fehlsichtigkeit mit den konventionellen Hilfsmitteln nicht immer optisch und kosmetisch befriedigend zu korrigieren. Hier kann die refraktive Chirurgie evtl. Abhilfe schaffen. Der Vorteil des Verfahrens ist dabei in der unmittelbaren Nähe und Unverschieblichkeit des Operationsortes zum optischen System zu sehen.

Dennoch handelt es sich bei allen refraktiven Operationen grundsätzlich um einen Wahleingriff. Das heisst, eine Fehlsichtigkeit ist keine Erkrankung für die eine Behandlung medizinisch zwingend erforderlich ist. Während Brillen und Kontaktlinsen nur bei aktivem Gebrauch helfen, führt die refraktive Chirurgie zu einer dauerhaften Veränderung der Brechkraft des Auges.

Jeder Interessent /-in sollte sich daher beim Entschluss zur Operation folgender Punkte bewusst sein:

- Eine Operation ist nur bei stabilen Brechungsfehlern sinnvoll
- Die refraktive Chirurgie korrigiert nicht die Ursache (Langbau, bzw. Kurzbau des Auges), sondern nur das Symptom der Fehlsichtigkeit
- Eine Laserbehandlung der Fehlsichtigkeit führt zu einer dauerhaften Veränderung von Hornhaut und Brechkraft
- Trotz modernster Technik und höchster Präzision kann ein absoluter Erfolg nicht immer gewährleistet werden
- Die unkorrigierte Sehkraft wird deutlich besser, in einzelnen Fällen kann die maximale Sehleistung jedoch auch geringfügig abnehmen
- In der Regel müssen die Beratungs- und Behandlungskosten von den Patienten selbst getragen werden. Nur in Einzelfällen ist eine Unterstützung durch die Krankenkasse möglich
- Die Langzeitergebnisse stützen sich auf Erfahrungen von bald 20 Jahren mit dem Excimerlaser
- Die Altersweitsichtigkeit wird durch eine Laserbehandlung nicht verhindert

## **Operative Verfahren Methoden**

Sie wenden sich an uns wegen der Behebung einer Fehlsichtigkeit, die zur Zeit noch mit Brille und/oder Kontaktlinse ausgeglichen wird. Der Wunsch nach Unabhängigkeit von Brillen und/oder Kontaktlinsen hat im Laufe der Zeit zur rasanten Entwicklung einer Reihe von operativen Verfahren zur Korrektur von Fehlsichtigkeiten geführt. Grundsätzlich können refraktive Operationen in drei Gruppen eingeteilt werden:

1. **Refraktive Laserbehandlung der Hornhaut**  
Bei der Laserbehandlung von Fehlsichtigkeiten wird mit dem sogenannten Excimer Laser die Brechkraft der Hornhaut der Fehlsichtigkeit des Auges angepasst. Es gibt verschiedene Methoden, die Hornhaut zu bearbeiten - der Laser ist jedoch immer derselbe. Die Wahl des Verfahrens hängt von der individuellen Beschaffenheit des Auges und den Erwartungen des Patienten ab.
2. **Refraktive Linsen Chirurgie**  
Linsen chirurgische Eingriffe ziehen wir in Betracht, wenn eine refraktive Laserbehandlung - z.B. aufgrund einer zu hohen Fehlsichtigkeit oder einer

zu dünnen Hornhaut - nicht mehr in Frage kommt oder wir damit keine zufriedenstellenden Ergebnisse erzielen können. Heute gibt es verschiedene Speziallinsen, die auch komplizierte Brechfehler ausgleichen können.

### 3. **Kombination Refraktive Linsen Chirurgie + Laserbehandlung der Hornhaut** (= **Bioptics**)

Bei extrem hohen Fehlsichtigkeiten können wir mit keiner der gängigen Behandlungsoptionen allein ein zufriedenstellendes Ergebnis erzielen. Deshalb kombinieren wir in diesen Fällen zwei Methoden: die Implantation einer Kunstlinse mit anschließender LASIK Behandlung (Bioptik). Die Linse ist sozusagen für die grobe Korrektur der Fehlsichtigkeit, die anschließende LASIK für den Feinschliff z.B. die Korrektur von Astigmatismen oder Aberrationen verantwortlich.

## **Technische Grundlagen und Ausstattung**

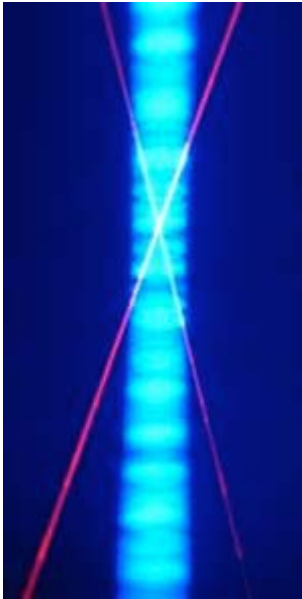
Für die Hornhautabtragung werden Argonfluorid-Excimer-Laser des ultravioletten Spektralbereichs mit 193 Nanometer Wellenlänge eingesetzt.



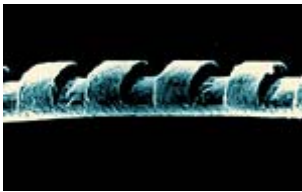
*Excimer-Laser Allegretto 200 (Firma Wavelight, Erlangen) der neuesten Generation.*

Die kurzwelligen ultravioletten Photonen (excited dimer = Excimer) sind sehr energiereich und haben eine geringe Eindringtiefe. Das Gewebe wird somit weniger durch Hitze zerstört, als dass vielmehr Molekülbindungen des Gewebes direkt vom nanosekunden-gepulsten ("Milliardstel Sekunden") UV-Licht aufgebrochen werden. Excimer-Laser verdampfen mit sehr kurzen, energiereichen Pulsen millimetergenau Gewebe, ohne umliegende Strukturen zu

schädigen. Dadurch lassen sich Genauigkeiten von weniger als einem halben Mikrometer bei typischen Abtragtiefen von ungefähr 100 Mikrometern erreichen.



*Sichtbar gemachte Laserstrahlen: gekreuzter roter Zielstrahl, gepulster ultravioletter Ablationsstrahl*



*Millimetergenaue Abtragung eines Haarbalges*

## **Operative Verfahren**

### **1. Refraktive Laserbehandlung der Hornhaut**

#### **LASIK (Laser assistierte in situ Keratomileusis)**

Bei der LASIK wird zunächst mit einem Präzisionsschneidegerät (Mikrokeratom) eine ca. 100  $\mu\text{m}$  dicke Lamelle in die Hornhaut geschnitten und wie ein Deckel (Flap) umgeklappt. Anschließend wird mittels eines Excimer-Lasers das mittlere Hornhautgewebe (Stroma) abgetragen, um die Fehlsichtigkeit auszugleichen. Danach wird die Hornhautlamelle wieder zurückgeklappt und angedrückt. Aufgrund innerer Bindungskräfte saugt sie sich von selbst fest und muss nicht angenäht werden. Da die entstandene Hornhautwunde durch den Deckel versiegelt wird, hat der Patient kaum Beschwerden/Schmerzen.

Mögliche Anwendung des Verfahrens bei:

- Kurzsichtigkeit von -1 bis -10 dpt (abhängig von Hornhautdicke/Pupillengröße)
- Weitsichtigkeit von +1 bis maximal +4 dpt
- Astigmatismus bis ca. 4 dpt



*Mikrokeratom zum Schneiden der Hornhautlamelle*

### **PRK (Photorefraktive Keratektomie)**

Bei der PRK wird zunächst die oberste Schicht der Hornhaut, das Epithel, mechanisch oder mit dem Laser entfernt. Anschließend wird mittels eines Excimer-Lasers das oberflächliche Gewebe der Hornhaut abgetragen, um die Fehlsichtigkeit auszugleichen. Das Epithel bildet sich in wenigen Tagen neu und schließt die oberflächliche Wunde. Während dieser Zeit ist das Auge durch den fehlenden Oberflächenschutz empfindlich und schmerzhaft.

Bei diesem Verfahren wird die oberflächliche Schicht der Hornhaut durch alkoholische Lösung abgehoben und zur Seite geklappt. Anschließend wird mittels eines Excimer-Lasers das oberflächliche Hornhautgewebe abgetragen, um die Fehlsichtigkeit auszugleichen. Danach wird der Epitheldeckel zurückgeklappt. Auch er saugt sich - wie der Flap bei der LASIK - aufgrund innerer Bindungskräfte von selbst fest.

Mögliche Anwendung des Verfahrens bei:

- Kurzsichtigkeit von -1 bis etwa -8 dpt
- Weitsichtigkeit von +1 bis maximal +4 dpt
- Astigmatismus bis ca. 4 dpt

### **LASEK (Laser assistierte subepitheliale Keratomileusis)**

Bei diesem Verfahren wird die oberflächliche Schicht der Hornhaut durch alkoholische Lösung abgehoben und zur Seite geklappt. Anschließend wird mittels eines Excimer-Lasers das oberflächliche Hornhautgewebe abgetragen, um die Fehlsichtigkeit auszugleichen. Danach wird der Epitheldeckel zurückgeklappt. Auch er saugt sich - wie der Flap bei der LASIK - aufgrund innerer Bindungskräfte von selbst fest.

Mögliche Anwendung des Verfahrens bei:

- Kurzsichtigkeit von -1 bis etwa -8 dpt
- Weitsichtigkeit von +1 bis maximal +4 dpt
- Astigmatismus bis ca. 4 dpt

## **2. Refraktive Linsen Chirurgie**

Bei hoher Kurzsichtigkeit und Weitsichtigkeit können wir durch das Einsetzen einer zusätzlichen Kunstlinse in das Auge die Fehlsichtigkeit ausgleichen. Diese Kunstlinsen setzen wir vorzugsweise dann ein, wenn eine Laserbehandlung der Hornhaut nicht mehr in Frage kommt oder an ihre Grenzen stößt, z.B. weil die Hornhaut zu dünn ist. Das Risikoprofil ist durch den intraokularen Eingriff charakterisiert. Die Implantation einer solchen Kunstlinse ist durch eine sehr hohe Vorhersagbarkeit, sehr gute Reproduzierbarkeit des operativen Erfolges und die Reversibilität des Eingriffes gekennzeichnet.

Bei jüngeren Patienten, die noch keine Lesebrille benötigen, wird i.d.R. eine Kunstlinse zusätzlich zur normalen Augenlinse eingesetzt (phake Intraokularlinsen). Bei älteren Patienten wird häufig der Austausch der eigenen Augenlinse gegen eine Kunstlinse der passenden Stärke gewählt (presbyopic lens exchange = Prelex).

### **Phake Intraokularlinsen - Artisan/Artiflex**

Die Artisan®-Linse ist eine irisgestützte (Iris = Regenbogenhaut) Kunstlinse. Sie besteht aus bio-kompatiblen Poly-methyl-methacrylat Material (PMMA), das seit über 50 Jahren in und am Auge verwendet wird. Die Anwendung von PMMA ist absolut unbedenklich. In Deutschland wird die Artisanlinse seit 10 Jahren angewendet. Es hat sich gezeigt, dass sie eine sinnvolle Ergänzung zu

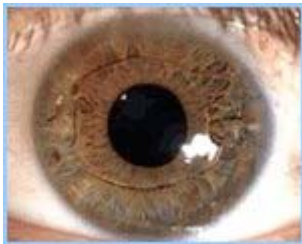
den anderen Verfahren der Refraktiven Chirurgie darstellt. Es wurde in verschiedenen Studien nachgewiesen, dass das Material jahrzehntelang im Auge verbleiben kann ohne seine Eigenschaften oder die Stabilität zu verlieren.

Die Linse besitzt an den Seiten zwei kleine Bügel und in der Mitte eine klare optische Fläche. Mit den Bügeln wird sie auf der Iris fixiert, die Fläche in der Mitte korrigiert die Fehlsichtigkeit und ist genau an Ihre Sehstärke angepasst.

Im Auge ist diese Artisan®-Linse nahezu unsichtbar, kann weder verrutschen noch herausfallen und benötigt keinerlei Pflege. Obwohl die Linsenkalkulation äusserst exakt erfolgt, kann eine absolute Brillenfreiheit nicht garantiert werden. Ein kleiner Restfehler kann verbleiben (besonders bei gleichzeitiger Stabsichtigkeit). Dieser kann durch eine leichte Brille oder eine weitere Laserbehandlung (Bioptics) ausgeglichen werden.

Mögliche Anwendung des Verfahrens bei:

- Kurzsichtigkeit bis -25 dpt
- Weitsichtigkeit bis +12 dpt
- Astigmatismus bis 7,5 dpt



*Die Artisan®-Linse wird in der vorderen Augenkammer an der Regenbogenhaut befestigt, zusätzlich zu der hinter der Regenbogenhaut befindlichen natürlichen Linse.*

## **Die Operation**

Die Operation erfolgt in der Regel in örtlicher Betäubung. Vor der Operation bestimmt der Operateur die optimale Position auf der Iris (Regenbogenhaut), an der die Linse später befestigt werden soll. Falls erforderlich, werden die beiden Fixierungspunkte mit Hilfe eines Laserstrahles vor der Operation markiert. Unter dem Mikroskop öffnet der Augenchirurg das Auge mit einem kleinen Schnitt in dem Bereich, wo die weiße Lederhaut an die durchsichtige Hornhaut grenzt. Die Kunstlinse wird durch diese Öffnung in die Vorderkammer des Auges, d.h. den Raum der zwischen der durchsichtigen Hornhaut und der farbigen Regenbogenhaut (Iris) liegt, eingeführt. Damit die Linse in der Vorderkammer nicht "herumschwimmt", wird sie mit Hilfe ihrer Fixierarme an die Iris angeklemt. Eine zusätzliche Vernähung der Linse an der Iris ist nicht notwendig. Zur Verhinderung des Druckanstiegs wird vor oder während der

Operation mit Laser oder mit einem chirurgischen Messer eine kleine Öffnung in die Iris gesetzt: diese sogenannte Iridotomie/Iridektomie stellt ein "Notventil" dar. Der Wundverschluss erfolgt entweder durch feines Nahtmaterial oder es wird eine selbstschließende Inzision durchgeführt. Der gesamte Eingriff dauert etwa 30 - 45 Minuten.

### **Der weitere Verlauf ...**

In den Tagen nach der Operation kann das Sehen noch etwas verschwommen sein. Dies bessert sich durch die regelmäßige Anwendung der verordneten Augentropfen rasch. Die Medikamente dürfen nur nach Rücksprache mit dem Arzt abgesetzt werden. Für einen Zeitraum von 4 bis 6 Wochen sollten Sie von extrem schwerer körperlicher Arbeit absehen. Alle sportlichen Betätigungen und gymnastischen Übungen sollten mit dem Arzt abgesprochen werden, um zu verhindern, dass die Heilung verzögert oder gar gefährdet wird.

### **Operation des zweiten Auges**

In der Regel wird die Implantation der Artisan®-Linse an beiden Augen vorgenommen. Das zweite Auge wird zwei bis 4 Wochen nach Einsetzen der Linse am ersten Auge operiert. Selbstverständlich wird diese Operation nur dann durchgeführt, wenn Sie mit dem Ergebnis des ersten Auges zufrieden sind.

### **Presbyopic lens exchange = Prelex**

Bei älteren Patienten bevorzugen wir häufig wegen der bereits vorhandenen Linsentrübung (Cataract) und eingeschränkten Akkommodation, die eigene Augenlinse gegen eine Kunstlinse der passenden Stärke auszutauschen. Hierbei können verschiedene Linsentypen zum Einsatz kommen.

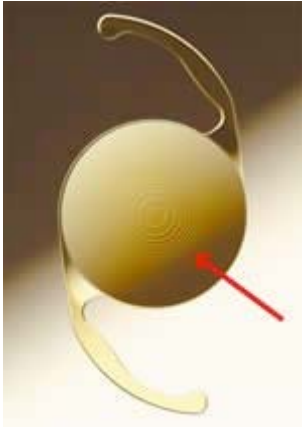
### **Herkömmliche Kunstlinse - Millionenfach bewährt!**

Die herkömmliche Kunstlinse, die bei der Operation des Grauen Stars eingepflanzt wird, ist eine sogenannte "Einstärkenlinse". Das heisst, dass nach der Operation die Sicht zwar wieder klar ist, jedoch das Objektiv wieder nur in einer Distanz "eingerostet" ist, in der Regel auf die Ferne. Dies bedeutet, dass Sie nach der Operation weiterhin ein Gleitsichtglas oder eine Lesebrille benötigen werden.

### **Moderne Mehrstärken-Kunstlinsen (Multifokallinsen)**

In den letzten 10 Jahren sind bedeutende Neuerungen bei der Herstellung von Kunstlinsen erfolgt. Modernste sogenannte Mehrstärkenlinsen (auch Multifokallinsen genannt) bestehen aus dem gleichen, millionenfach bewährten Material wie die herkömmlichen Kunstlinsen, verfügen jedoch über eine

spezielle Optik, die ein scharfes Sehen für die Ferne und die Nähe ermöglichen soll.



*Restor Multifokallinse*

Sie erreichen durch ein spezielles Design ähnliche optische Effekte wie die flexible jugendliche Linse. Es handelt sich im Prinzip um ein in das Auge eingebautes Gleitsichtglas.

Mittels einer solchen High-Tech-Kunstlinse ist es möglich, Ihnen in vielen Fällen ein Leben ohne Brille zu ermöglichen, wie es viele unter Ihnen aus früheren Jahren kennen. Gelegentlich wird aber über eine vermindertes Kontrastempfinden berichtet.

### **Behandlungskosten**

Die Kosten für die Entfernung der Augenlinse und den Ersatz durch eine künstliche Linse werden nur übernommen, wenn bei Ihnen eine Trübung der Augenlinse, ein sog. Grauer Star, besteht. Wenn Sie sich für die Operation entschliessen, um auf eine Brille verzichten zu können, so gilt der Eingriff als Verfahren der refraktiven Chirurgie und ist damit nicht erstattungsfähig. In diesem Fall werden die Kosten der Kunstlinsen und der Operation weder von der gesetzlichen noch von der privaten Krankenversicherung erstattet. Dies gilt auch für die erforderlichen Voruntersuchungen und die Nachkontrollen bis 3 Monate nach der Operation. Ebenso werden die Kosten einer evt. Nachoperation mittels LASIK nicht erstattet. Die Abrechnung der Behandlung erfolgt nach der Gebührenordnung für Ärzte (GOÄ).

Sie können gern die Kosten für eine Operation mit Implantation einer Intraokularlinse [bei uns erfragen](#).

### **3. Kombination Refraktive Linsenchirurgie + Laserbehandlung der Hornhaut (= Bioptics)**

Bioptics ist die Kombination verschiedener Operationsverfahren zur Beseitigung extrem hoher Fehlsichtigkeiten. Hierbei wird eine Kunstlinse zusätzlich zur menschlichen Linse in das Auge eingepflanzt (= phake Intraokularlinse). Eine verbliebene Restfehlsichtigkeit wird später mittels Excimer-Laser korrigiert.

Konkret sieht das so aus: Zuerst wird ein LASIK-Schnitt durchgeführt. Etwa 4 Wochen später erfolgt die Linsenoperation. Mehrere Wochen nach diesem Eingriff schließlich kann ein verbliebener Restsehfehler nach Anheben des Hornhautdeckels mit dem Excimer-Laser behoben werden ("Feinregulierung").

Mögliche Anwendung des Verfahrens bei:

- Kurzsichtigkeit bis -25 dpt
- Weitsichtigkeit bis +12 dpt (Vorderkammertiefe!)
- Astigmatismus bis 12 dpt

**... weitere Behandlungsmethoden**

#### **PTK Phototherapeutische Keratektomie**

#### **ICRS Intracorneale Ringsegmente**

Zur Korrektur einer Kurzsichtigkeit mit dem "Intacs"-Verfahren (vgl. Contacs = Kontaktlinse) werden in die äussere Hornhaut schmale Tunnel gefräst, in die halbboogenförmige Ringspannen aus Plexiglas (PMMA) eingesetzt werden. Dadurch wird eine Abflachung der zentralen Hornhaut und damit der Effekt einer Streulinse zur Korrektur der Kurzsichtigkeit imitiert. Es gibt fünf verschiedene Stärken dieser intrakornealen Ringsegmente (ICRS). Die Ringspannen sind bei genauem Hinsehen makroskopisch durch ihre Reflexe erkennbar.

#### **T-Cut-Inzisionen Chirurgische Astigmatismus-Korrektur**

Zur Korrektur einer Stabsichtigkeit, die durch eine Brille nicht auszugleichen ist, können nach genauer Analyse der Hornhautoberflächendarstellung Entlastungsschnitte in das gesunde Hornhautgewebe gesetzt werden. Das Gewebe klafft an den Schnittstellen und bewirkt dadurch eine Abschwächung der Brechkraft in der definierten Achse.

## **Quervernetzung der Hornhaut Crosslinking der Hornhaut**

Die Quervernetzung der Hornhaut zur mechanischen Stabilisation wird durch eine Kombination von UV-Bestrahlung mit Verabreichung von Riboflavin-Augentropfen (Vitamin B2 Abkömmling) erreicht. Die Intensität der UV-Strahlung ist dabei so gewählt, dass die hinter der Hornhaut gelegenen Strukturen des Auges nicht betroffen werden.

## **Der Keratokonus**

### ***Häufigkeit und Ursachen***

Der Keratokonus tritt in der Bevölkerung bei einem Menschen von 2.000 auf. Die Ursachen des Keratokonus sind heutzutage noch weitgehend unbekannt. Er kommt familiär gehäuft vor, was unter anderem auch für eine vererbte Ursache sprechen kann. Erst kürzlich wurden von Wissenschaftlern Veränderungen im Erbgut festgestellt, die mit dem Auftreten von Keratokonus einhergehen (Literatur) können.

Bei Ihnen wurde ein Keratokonus der Hornhaut festgestellt. Hier kommt es zu einer meist fortschreitenden Vorwölbung der Hornhaut, welche die Sicht beeinträchtigt und in letzter Konsequenz in vielen Fällen nur durch eine Hornhaut-Verpflanzung (Keratoplastik) behandelt werden kann.

Im Folgenden finden Sie weitere Informationen über den Keratokonus und die Quervernetzung der Hornhaut durch UV-Licht und Vitamin B2 (UV-Riboflavin/Crosslinking der Hornhaut), einer neuentwickelten Behandlungsmethode des Keratokonus. Die Quervernetzung der Hornhaut scheint ein geeignetes Mittel zu sein, um die fortschreitende Vorwölbung der Hornhaut bei Keratokonus aufzuhalten. Ziel der Quervernetzung ist, eine Hornhauttransplantation in vielen Fällen aufzuschieben. Die Resultate einer ersten Studie über 5 Jahre Nachbeobachtungszeit (publiziert im renommierten American Journal of Ophthalmology 2004, Seiler et al.) sind sehr ermutigend.

### ***Symptome***

Beim Keratokonus kommt es zu einer zunehmenden Vorwölbung der Hornhaut. Da die Hornhaut ein wichtiger Bestandteil des optischen Apparates des Auges ist, entstehen dadurch eine Reihe verschiedener Symptome: diese umfassen Schwankungen in der Sehschärfe, eine Abnahme der Sehschärfe trotz Korrektur mit Brillenglas oder Kontaktlinse, das Wahrnehmen von Lichtringen um Leuchtquellen ("Halos") sowie eine erhöhte Lichtempfindlichkeit und Blendung.

## ***Verlauf***

Wir unterscheiden zwischen einer "stillen" Form des Keratokonus, der sogenannten "Forme Fruste" und dem voranschreitenden Keratokonus, der "progressiven" Form.

### ***Forme Fruste:***

Die "Forme Fruste" ist 10mal so häufig wie die fortschreitende Form. Sie erzeugt in der Regel keinerlei Symptome und ist für den Patienten von einer normalen Hornhautverkrümmung, die über ein Brillenglas korrigiert wird, nicht zu unterscheiden. Entdeckt wird sie häufig zufällig anlässlich einer augenärztlichen Kontrolle. Sie muss nur ärztlich beobachtet, bei stabilem Zustand aber nicht behandelt werden.

### ***Progressive Form:***

Diese kann rasch voranschreitend sein und sich bereits im jugendlichen Alter bemerkbar machen. Mit Fortschreiten der Erkrankung wird die Korrektur der Sehschärfe mittels Brillengläsern immer schwieriger, da die Vorwölbung der Hornhaut unregelmäßig ist. Ein solch unregelmäßiger "Astigmatismus" (Hornhautverkrümmung) kann besser durch Kontaktlinsen korrigiert werden, da diese einen Druck auf die Hornhaut ausüben und die größten Unebenheiten ausgleichen können.

So ist in einer bestimmten Phase der Erkrankung eine gute Sehversorgung möglich, bei der Betroffene bis zu 100% Sehkraft erreichen können.

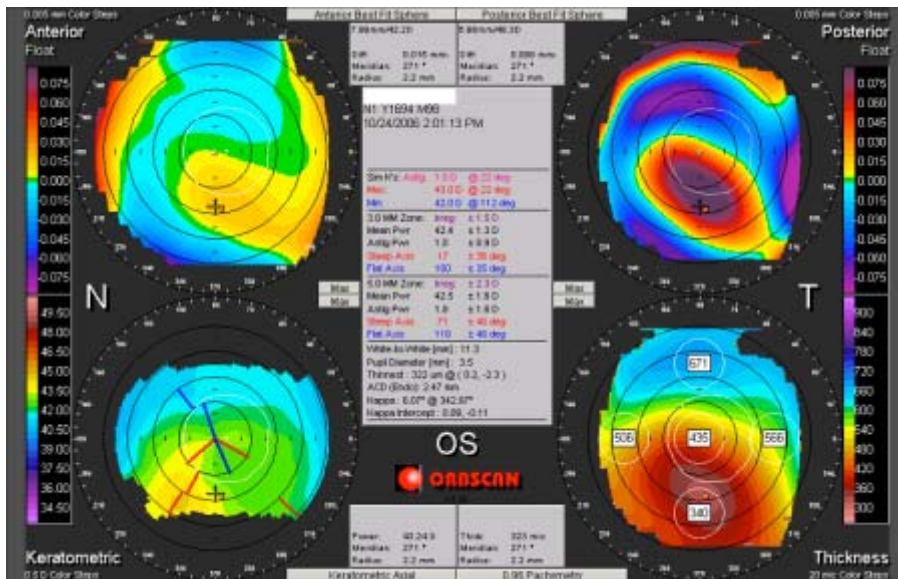
Nimmt die Vorwölbung der Hornhaut jedoch weiter zu, so kommt der Zeitpunkt, an dem auch harte Kontaktlinsen nicht mehr getragen werden können, da sie immer wieder herausfallen.

Mit der zunehmenden Auswölbung wird die Hornhaut unterhalb des Zentrums immer dünner. Sie kann durchbrechen und vernarben. Dies setzt die Sehschärfe auf Dauer deutlich herunter.

Die bislang einzige Möglichkeit der Therapie bestand darin, die erkrankte Hornhaut zu entfernen und durch eine Spender-Hornhaut zu ersetzen (Hornhaut-Transplantation/Keratoplastik). Eine solche Operation ist jedoch eine Organverpflanzung mit den damit verbundenen Risiken und Komplikationen und ein angemessenes Sehvermögen wird häufig erst circa 2 Jahre nach der Operation erreicht.

Zudem trifft die Hornhautverpflanzung beim Keratokonus zumeist junge Menschen, die mit der transplantierten Hornhaut noch viele Jahrzehnte leben

werden, was heisst, dass das Transplantat über Jahrzehnte hinweg einwandfrei funktionieren muss.



*Hornhaut-Topographie eines Keratokonus*

## **Diagnosestellung**

Uns stehen eine Reihe modernster Untersuchungsmethoden zur Verfügung, mittels derer wir einen Keratokonus feststellen können:

**Hornhaut-Topographie:** diese nimmt eine "Höhenkarte" der Hornhaut auf, welche einen Keratokonus im unteren Anteil der Hornhaut erkennen lässt.

**Hornhaut-Pachymetrie:** eine Ultraschall-Untersuchung der Hornhautdicke ergibt beim Keratokonus eine Verdünnung im unteren Hornhautbereich.

## **Was ist Crosslinking?**

Crosslinking (Quervernetzung) ist eine Methode zur mechanischen Stabilisierung von Geweben.

## **Ist Crosslinking neu in der Medizin?**

Nein. Die Quervernetzung zur Stabilisierung von Geweben wird in anderen Teilbereichen der Medizin (Orthopädie, Hals-Nasen-Ohren-Heilkunde, Herzchirurgie) bereits seit vielen Jahren erfolgreich eingesetzt. Das Anwenden von Crosslinking am Auge ist jedoch neu.

## **Wie funktioniert Crosslinking?**

Die Quervernetzung der Hornhaut bewirkt eine erhöhte Zahl von Querverbindungen zwischen den Fasern eines Gewebes. Dies ist vergleichbar

mit einem Netz, das zusätzliche Verstrebungen erhält und dadurch mechanisch stabiler wird.

### ***Crosslinking der Hornhaut***

Die Quervernetzung der Hornhaut wird durch eine Kombination von UV-Bestrahlung mit Verabreichung von Riboflavin-Augentropfen (Vitamin B2 Abkömmling) erreicht. Die Intensität der UV-Strahlung ist dabei so gewählt, dass die hinter der Hornhaut gelegenen Strukturen des Auges nicht betroffen werden.

### ***Die Operation***

Die Operation kann ambulant durchgeführt werden und dauert mit der Vorbereitung etwa zwei Stunden (örtliche Betäubung). In einem ersten Schritt entfernen wir die oberste Schicht der Hornhaut, das Epithel. Dies ist notwendig, damit die Riboflavin-Augentropfen (Vitamin B2) in die tieferen Schichten der Hornhaut gelangen können. Anschliessend wird die Hornhaut unter regelmäßiger Anwendung der Riboflavin AT während 30 Minuten mit UV-Licht behandelt. Am Ende der Operation legen wir Ihrer Hornhaut eine Verbands-Kontaktlinse an. Diese verbleibt einige Tage auf dem Auge und wird dann von uns entfernt.

### ***Ziel der Operation***

Ziel der Operation ist es, die Vorwölbung der Hornhaut zu stabilisieren und ein Fortschreiten der Erkrankung somit aufzuhalten. **Die Erkrankung kann also nicht rückgängig gemacht**, sondern im besten Fall "eingefroren" werden. Sollte später aus irgendwelchen Gründen eine Hornhaut-Verpflanzung notwendig werden, so kann diese jederzeit durchgeführt werden.

### ***Nach der Operation***

**Postoperative Schmerzen:** Durch die Operation ist ein Teil der obersten Schicht der Hornhaut entfernt. Diese Schicht wird in der Regel nach etwa drei Tagen wieder neugebildet. Dies verursacht aber vorübergehend zum Teil starke Schmerzen, was nach dieser Art von Operation normal ist. Lassen Sie sich durch die Schmerzen also nicht beunruhigen. Sie klingen langsam ab und sind in der Regel nach circa zwei bis drei Tagen praktisch verschwunden.

### ***Dies sollten Sie wissen***

**Rotes Auge:** Ihr Auge wird ca 2 Wochen deutlich gerötet bleiben. Dies ist normal und sollte Sie nicht beunruhigen.

**Kratzen, Brennen und Jucken:** Dies kann während 6-8 Wochen andauern. Zur Linderung der Beschwerden verschreiben wir Ihnen künstliche Tränen, welche Sie beliebig oft anwenden können.

**Verschwommene Sicht:** In den ersten 6 bis 8 Wochen nach der Operation kann die Sicht verschwommener sein als zuvor. Nach dieser Zeit werden Sie die gleiche oder eine bessere Sehschärfe haben wie vor der Operation.

**Blendung durch helles Licht:** Kann in den ersten Wochen nach der Operation ausgeprägt sein.