

# Untersuchung der Augenbewegungen



## 3 Untersuchung der Augenbewegungen

Die Fovea, die Stelle des schärfsten Sehens, macht nur 0,01 Prozent der gesamten Netzhaut aus. Damit die gesamte Außenwelt erfasst und auf Veränderungen in ihr angemessen reagiert werden kann, sind Augenbewegungen erforderlich. Peripher mit geringer Sehschärfe erkannte Objekte werden dadurch auf die Fovea abgebildet, wo sie dann mit hoher Sehschärfe gesehen werden. Augenbewegungen kompensieren so den Umstand, dass nur ein sehr kleiner Bereich der Netzhaut eine hohe Sehschärfe zulässt. Augenbewegungen sind das Resultat eines komplexen Zusammenspiels von zwölf Augenmuskeln, an deren Koordination und Steuerung ein großer Teil der Verarbeitungskapazitäten des Gehirns beteiligt ist. Diese Komplexität macht die Augenbewegungen störanfällig. Das Gehirn verfügt über Möglichkeiten Störungen der Augenbewegungen zu kompensieren; jedoch können diese Kompensationsmaßnahmen die Ursache asthenopischer Beschwerden wie Augenbrennen oder Kopfschmerzen sein. Eine vollständige Untersuchung der Augen sollte auch die Prüfung auf mögliche Stellungsfehler der Augen und Auffälligkeiten der Augenbewegungen einschließen. Auch Lidstellung und Lidbewegungen und eventuelle Kopfwangshaltungen können Hinweise auf Auffälligkeiten des motorischen Apparates der Augen geben.

### 3.1 Lider und Kopfhaltung

Aus der Lidstellung, der Beweglichkeit der Lider und der Weite der Lidspalte lassen sich oft erste Hinweise auf mögliche Störungen der Augenbewegungen gewinnen. Besonderheiten der Lider können aber auch scheinbare Fehlstellungen der Augen suggerieren, die mit weiteren Untersuchungen bestätigt oder ausgeschlossen werden müssen.

#### 3.1.1 Anatomische und physiologische Grundlagen

Die Lidmuskulatur setzt sich aus drei Muskeln zusammen. Der nur im Oberlid vorhandene Lidhebermuskel (Musculus levator palpebrae) öffnet die Lider. Dieser Muskel wird durch den III. Hirnnerv, den Nervus oculomotorius gesteuert. Eine Lähmung des Lidhebers bedingt ein herabhängendes Oberlid (Ptosis). Anatomisch und funktionell eng mit dem Lidheber verbunden ist der obere gerade Augenmuskel (Musculus rectus superior), der das Auge nach oben bewegt. Beide Muskeln haben den gleichen embryonalen Ursprung. Beim Blick nach oben wird immer auch der Lidheber mit angespannt; man spricht von einer assoziierten Bewegung. Eine Störung des Musculus rectus superior kann sich daher auch auf die Stellung des Oberlides auswirken.

Der Lidschließmuskel (Musculus orbicularis oculi) ist ein ringförmiger Muskel, der für den Lidschluss verantwortlich zeigt. Dieser Muskel wird über den VII. Hirnnerv, den Nervus facialis oder Gesichtsnerv gesteuert. Störungen dieses Nervs beeinträchtigen den Lidschluss. Eine übermäßige Stimulation des Nervus facialis und damit des Lidschließmuskels hat einen Lidkrampf (Blepharospasmus) zur Folge.

Der sympathisch innervierte Musculus tarsalis (Müllerscher Lidmuskel) unterstützt den Musculus levator palpebrae. Er sorgt dafür, dass die Augen geöffnet bleiben. Dieser Muskel ist anders als die beiden zuvor genannten Muskeln willentlich nicht beeinflussbar. Bei Müdigkeit, wenn das sympathische Nervensystem seine Aktivität herunterfährt, muss die Funktion des nun ausgefallenen Musculus tarsalis durch den Musculus levator palpebrae übernommen werden. Dies ist nur willentlich möglich, was als Gefühl, dass die Augen zufallen, oder dass die Lider schwer werden, empfunden wird. Eine Störung der sympathischen Innervation der Augen führt zum Horner-Syndrom, das durch eine (mäßige) Ptosis und eine enge Pupille gekennzeichnet ist.

### **3.1.2 Untersuchung der Lider**

Die Untersuchung der Lider sollte die Weite der Lidspalten, die Stellung der Lider sowie die Beweglichkeit der Lider umfassen. Die Weite beider Lidspalten wird in der Blickrichtung geradeaus miteinander verglichen. Weiterhin sollte die Weite der Lidspalten bei horizontalen Augenbewegungen nach rechts und links beurteilt werden. Im nasalen Bereich der Lidspalte sollte besonders auf das Vorliegen eines Epikanthus geachtet werden.

Zur Prüfung der Beweglichkeit der Oberlider lässt man den Patienten nach oben und unten blicken. Patienten mit einer Ptosis versuchen den Ausfall der Lidmuskulatur durch Anheben der Augenbrauen und der Stirnmuskulatur zu kompensieren. Um dies zu vermeiden, lässt man den Patienten zunächst nach unten schauen und übt mit dem Daumen einen leichten Druck auf die Augenbrauen aus, um die Stirnmuskulatur zu fixieren. Anschließend wird der Patient aufgefordert nach oben zu schauen. Es sollte darauf geachtet werden, ob das Oberlid beim Blick nach oben und unten den jeweiligen Augenbewegungen folgt.

### **3.1.3 Auffälligkeiten der Lider**

#### ***Lidspaltenweite***

Sind die Lidspalten beider Augen unterschiedlich weit, kann eine Ptosis oder Pseudoptosis vorliegen. Das Auge mit der geringeren Lidspaltenweite ist in der Regel das von der Ptosis bzw. Pseudoptosis betroffene Auge. Eine Ptosis kann verschiedene Ursachen haben. Sie kann angeboren sein oder durch Erkrankungen des M. levator palpebrae und M. tarsalis sowie der sie steuernden Nerven verursacht sein. Zu den wichtigsten Ursachen einer Ptosis zählt die Zuckerkrankheit; die Ptosis gilt neben Refraktionsschwankungen als das wichtigste okuläre Frühsymptom einer unerkannten Zuckerkrankheit. Eine Schwäche des Musculus rectus superior wird zu einer Störung der Bewegung des Oberlides nach oben führen. In diesem Fall ist die Lidspalte des betroffenen Auges verkleinert.

Eine Ptosis kann durch ein Höhenschießen vorgetäuscht werden. In diesem Fall spricht man von einer Pseudoptosis. Bei einer

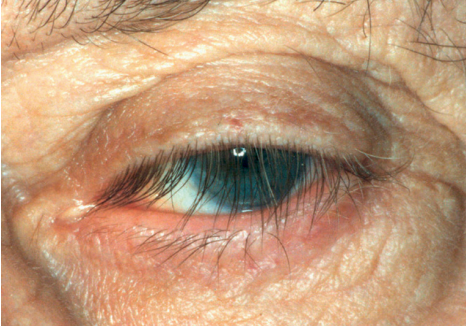


Abb. 3.1: Ptosis bei Diabetes: Ein Infarkt in dem Teil des Hirnstamms, von dem der Nervus oculomotorius seinen Ausgang nimmt, kann zu einer Lähmung des Lidhebers führen. Die Ptosis ist reversibel. Nachdem sich die Durchblutung im Hirnstamm wieder normalisiert hat, erlangt auch der Nervus oculomotorius seine Funktion wieder zurück.



Abb. 3.2: Weite Lidspalte mit hervortretenden Augen (Exophthalmus) bei Basedowscher Krankheit

Hypotropie, das betroffene Auge schielt nach unten, erscheint die Lidspalte des schielenden Auges verengt. Fordert man den Patienten auf, mit dem schielenden Auge ein Objekt anzufixieren, so weitet sich beim Übergang in die Primärposition die Lidspalte und die Pseudoptosis verschwindet. Die Lidspalte des anderen Auges wird sich zusätzlich weiten, da dieses Auge wegen der seitengleichen Innervation stärker, als zum Blick nach geradeaus erforderlich, innerviert wird. Dieser Innervationsüberschuss des nicht schielenden Auges führt zu einer (scheinbaren) Schielstellung nach oben (Hypertropie) bei gleichzeitiger Weitung der Lidspalte. Eine operative Korrektur einer Pseudoptosis muss immer am betroffenen äußeren Augenmuskel, nicht aber am Lidheber ansetzen.

Verändert sich die Lidspalte beim Blick von rechts nach links, ist an das Retraktionssyndrom (Duane-Stilling-Türk-Syndrom) zu denken. Bei dieser wichtigsten angeborenen Störung der Abduktion (Abduzensparese) handelt es sich um eine Fehlinnervation des

Musculus rectus lateralis. Beide horizontal wirksamen Augenmuskeln werden nun vom Nervus oculomotorius gesteuert. Dies bedeutet, dass bei einer Adduktion das betroffene Auge in die Augenhöhle hineingezogen wird. Die Lidspalte verengt sich hierdurch.

Mehr als 90 Prozent aller Patienten, die an einer Myasthenia gravis leiden, sind nicht in der Lage längere Zeit ihre Augen geöffnet zu halten, da die Reizübertragung vom Nerven auf den Muskel bei dieser Erkrankung gestört ist. Der Muskel ermüdet frühzeitig; die Augen fallen zu.

Eine weite Lidspalte ist eines der charakteristischen Kennzeichen der endokrinen Orbitopathie, einer häufigen Begleiterscheinung der Basedowschen Krankheit. Durch die Vergrößerung der Augenmuskeln wird das Auge in der Augenhöhle nach vorne verlagert (Exophthalmus). Die bei der Basedowschen Krankheit häufig zu beobachtende Überaktivität des sympathischen Nervensystems hat eine gesteigerte Aktivität des Musculus tarsalis zur Folge. Dies kann die Lidspalte zusätz-

lich weiten. Eine weite Lidspalte führt zu einer erhöhten Verdunstungsrate des Tränenfilms und damit zu einem trockenen Auge.

### **Scheinschielen (Pseudostrabismus)**

Neugeborene und kleine Kinder zeigen in ihrer nasalen Lidspalte häufig eine Hautfalte, die als Epikanthus oder Mongolenfalte bekannt ist. Dieses Kind scheint beim Blick zur Seite einwärts zu schielen. Beim Blick beider Augen nach rechts verschwindet ein Teil der Sklera des linken Auges unter der Hautfalte, während beim rechten Auge der Abstand zwischen dem Hornhautrand und der Hautfalte größer wird. Dies erweckt den Anschein eines Einwärtsschielens des linken Auges. Beim Blick nach links zeigt das rechte Auge ein scheinbares Einwärtsschielen. Mit der Ausbildung des Nasenrückens, der bei kleinen Kindern zunächst sehr flach ist, verschwindet auch die Hautfalte und damit auch das Scheinschielen.

Auch beim Erwachsenen kann ein Pseudostrabismus, der als ein Strabismus convergens erscheint, möglich sein. Dies ist dann der Fall, wenn bei leicht vorstehenden Augen die Lidspalte auf der temporalen Seite ver-



*Abb. 3.3: Scheinschielen bei Epikanthus. Der erste Eindruck dieses Augenpaares deutet auf ein Einwärtsschielen des rechten Auges hin. Die symmetrische Anordnung der Lichtreflexe von beiden Augen lässt einen Strabismus jedoch als sehr unwahrscheinlich erscheinen.*

größert ist. Analog wird ein Pseudostrabismus divergens vorgetäuscht, wenn eine weite nasale Lidspalte vorliegt.

Ein Scheinschielen kann durch Prüfung der Hornhautreflexbilder (Hirschberg-Test) ausgeschlossen werden (siehe 3.3.1). Erscheinen diese in beiden Augen symmetrisch, ist ein Schielen unwahrscheinlich.

### **Störungen der Lidbewegungen**

Die Beweglichkeit der Lider nach oben ist bei einer Ptosis eingeschränkt. Bei einer angeborenen Ptosis beobachtet man häufig eine gemeinsame Innervation des Lidhebers und der Kaumuskulatur. Der Patient hebt das Oberlid an, wenn er seinen Mund öffnet oder den Unterkiefer zur Gegenseite bewegt. Dies wird auch als Marcus-Gunn-Phänomen bezeichnet.

Als von Graefe-Zeichen wird das Zurückbleiben des Oberlides beim Blick nach unten bezeichnet. Wird dieses Zeichen beobachtet, ist eine endokrine Orbitopathie, die sehr häufig bei einer Schilddrüsenüberfunktion (z. B. Basedowsche Krankheit) auftritt, nicht auszuschließen.

Die Injektion des Botulinum-Toxins (Botox) gilt als ein etabliertes Verfahren zur Behandlung eines Lidkrampfes (Blepharospasmus). Das Toxin lähmt die Lidmuskulatur, indem es die Reizübertragung vom Nerven auf die Lidmuskeln blockiert. Einige Nanogramm des Toxins werden alle zwei bis drei Monate in die Lidmuskulatur injiziert. Überdosierungen rufen eine Lähmung der Lidmuskulatur hervor.

Gelegentlich wird nach kosmetischen Operationen zur Straffung der Lider und der Gesichtshaut eine eingeschränkte Beweglichkeit der Lider beobachtet. In diesen Fällen ist die Straffung der Haut zu stark ausgefallen.

# Stereosehen



# 7 Stereosehen

Zwei Augen sehen mehr als ein Auge. Das Binokularsehen umfasst drei Stufen in aufsteigender Qualität: das Simultansehen, die Fusion und die Stereopsis (Stereosehen). Die Stereopsis ist die räumliche Tiefenwahrnehmung allein auf Grund querdissparater Abbildungen. Sie gilt als das „Barometer des Binokularsehens“. Binokularsehen mit Stereopsis ist nicht einfach die Summe aus zwei guten monokularen Sehleistungen, sondern das Resultat einer integrierenden Verrechnung von größeren Netzhautbereichen. Die Prüfung der Stereopsis ist eine Screening-Untersuchung des Binokularsehens, da die Stereopsis die höchste Stufe des Binokularsehens ist. Die DIN 5340 definiert: „Normales Binokularsehen liegt vor, wenn bei normaler Korrespondenz Stereopsis besteht und ständig in allen Blickrichtungen für Ferne und Nähe fusioniert wird.“ Stereoteste sind sehr leicht durchzuführen, weshalb sie besonders

für orientierende Untersuchungen zur Prüfung der Qualität des Binokularsehens bei Kindern geeignet sind. Ein schlechtes Stereosehen kann Hinweise auf eine mögliche Schwachsichtigkeit (Amblyopie) geben. Die Prüfung der Stereopsis kann die Sensitivität anderer Screeningteste im Rahmen des Amblyopie-Screenings verbessern.

## 7.1 Bedeutung der Tiefenwahrnehmung

Der Mensch lebt in einer dreidimensionalen Welt, in der er sich zurechtfinden muss. Die räumliche Tiefenwahrnehmung ermöglicht sicheres Bewegen in unebenem Gelände, effektives Handeln im Raum, wozu auch die

**Tabelle 7.1:** Räumliche Tiefeninformationen und ihr Wirkungsbereich

Art der Information	0 – 2 m	2 – 30 m	> 30 m
Verdeckung	X	X	X
relative Größe	X	X	X
Akkommodation/Vergenz	X	–	–
Bewegung	X	X	–
Disparation	X	X	–
relative Höhe im Gesichtsfeld	–	X	X
atmosphärische Perspektive	–	–	X

Kontrolle und Steuerung von Bewegungen der Hand zählen, sowie die Abschätzung von Entfernungen. Die dreidimensionale Welt wird als zweidimensionale Lichtverteilung auf die Netzhaut abgebildet. Aus dieser Lichtverteilung extrahiert das Gehirn ein „Abbild“ der dreidimensionalen Welt. Die Untersuchung der räumlichen Tiefenreize besteht darin, diejenigen Informationen im „Netzhautbild“ zu finden, die mit räumlicher Tiefe in der Umwelt korrelieren. Informationen über die räumliche Tiefe, die eine zuverlässige dreidimensionale Rekonstruktion der Welt erlauben, sind

- Okulomotorische Tiefenreize, die auf der Fähigkeit beruhen, die Stellung der Augen und die Anspannung der äußeren Augenmuskeln wahrzunehmen. Über die Akkommodation erhält das Gehirn ebenfalls Informationen über die Nähe.
- Monokulare Tiefenreize, die auch bei einäugiger Betrachtung Informationen über die räumliche Tiefe liefern.
- Binokulare oder stereoskopische Tiefenreize, die nur bei beidäugigem Sehen und Vorliegen von Stereopsis genutzt werden können.

Die Rekonstruktion einer dreidimensionalen Welt beruht nicht allein auf den beschriebenen kognitiven Prozessen. Erlernte Assoziationen können unterstützend hinzugezogen werden, um vor allen in Situationen, in denen das „Netzhautbild“ mehrdeutig ist, eine Entscheidung über die räumliche Tiefe zu treffen.

### **7.1.1 Okulomotorische Tiefenreize**

Okulomotorische Tiefenreize entstehen durch die Stellung der Augen und die Akkommodation. Konvergieren die Augen, liefert dies die Information, dass sich das betrachtete Objekt in der Nähe befindet. Muskelspindeln<sup>1</sup> in den äußeren Augenmuskeln registrieren die Bewegungen der Augen. Die Stärke der Konvergenz gibt qualitativ Auskunft darüber, wie nah das Objekt gelegen ist. Veränderungen der Konvergenz weisen darauf hin, ob sich das Objekt dem Beobachter annähert oder von diesem entfernt. Sekundär liefert auch die Akkommodation Informationen über die räumliche Tiefe. Die Fokussierung auf ein nah gelegenes Objekt durch Akkommodation weist auf die Annäherung eines Objekts hin. Im Vergleich zur Konvergenz liefert die Akkommodation, die ein Reflex des autonomen Nervensystems ist, nur begrenzt Informationen über die räumliche Tiefe. Okulomotorische Tiefenreize sind bei Objekten bis maximal zwei Meter Entfernung nützlich.

### **7.1.2 Monokulare Tiefenreize**

Monokulare Tiefenreize liefern auch bei einäugiger Betrachtung Informationen über die räumliche Tiefe. Es handelt sich hierbei um bildbezogene und/oder bewegungsbezogene Tiefenreize.

---

**1** Muskelspindeln sind Strukturen in den quergestreiften Muskeln, die den Dehnungszustand dieser Muskeln registrieren. Sie bestehen beim Menschen aus bis zu zehn 1 bis 3 mm langen quergestreiften Muskelfasern, die von einer Bindegewebshülle umgeben sind. Je mehr Muskelspindeln in einem Muskel enthalten sind, desto präziser kann dieser Muskel gesteuert werden. Die Muskelspindeln zählen zu den Propriozeptoren, die der Wahrnehmung von Stellung und Bewegung des Körpers im Raum dienen.



# **Bildgebende Verfahren in der Optometrie**

**15**

# 15 Bildgebende Verfahren in der Optometrie

Bildgebende Verfahren sind in vielen Bereichen der Medizin für die Diagnose und Verlaufskontrolle von Krankheiten hilfreich. In der modernen Augenheilkunde sind sie unabdingbarer Bestandteil der Untersuchung. Eine ophthalmologische Untersuchung ist ohne bildgebende Verfahren nahezu unmöglich. Bildgebende Verfahren ermöglichen auch die Einführung der Künstlichen Intelligenz in die Augenheilkunde, die neben der Radiologie als Schrittmacher für den Einsatz der Künstlichen Intelligenz in der Medizin gilt. Das Auge ist geradezu prädestiniert für den Einsatz Künstlicher Intelligenz bei der Diagnose von Erkrankungen des Auges. Bilder des vorderen Augenabschnitts und der Netzhaut lassen sich mit modernen digitalen Kameras einfach, schnell und mit hoher Qualität erstellen. Künstliche Intelligenz ist in der Lage, die Bilder Pixel für Pixel zu analysieren und Diagnosen zu erstellen, die in ihrer Zuverlässigkeit schon heute die von erfahrenen Spezialisten überschreiten. Scheimpflug-Technologie oder optische Kohärenztomografie, zwei Beispiele moderner bildgebender Verfahren, haben bereits heute den Eingang in die Optometrie gefunden. Die Funduskamera gehört bei vielen Optometristen und Optmetristinnen mittlerweile zur Grundausstattung. Per Datenfernübertragung können Fundusfotografien an Spezialisten gesendet werden, die dann eine Befundung der Bilder vornehmen können. Die Kombination aus digitalen bildgebenden Verfahren und Internet bzw. Datenfernübertragung macht den Optometristen zu einem wichtigen Akteur auf dem zukunftssträchtigen Gebiet der Telemedizin.

## 15.1 Einführung

Das Ophthalmoskop und die Spaltlampe haben sich seit vielen Jahrzehnten in der Optometrie bewährt. Auffälligkeiten des vorderen und hinteren Augenabschnitts können mit diesen Verfahren entdeckt werden. Der Untersucher sieht die untersuchte Struktur direkt. Mittels digitaler Speichermedien können die so gewonnenen Bild archiviert und dokumentiert werden. Der zeitliche Verlauf einer Erkrankung kann so nachvollzogen werden. In den letzten Jahren sind immer mehr Untersuchungsverfahren auf den Markt gekommen, bei denen die Bilder nicht mehr direkt vom Untersucher „gesehen“ werden. Voraussetzung für diese Entwicklung waren die großen Fortschritte in der Sensortechnik, eine enorme Steigerung der Rechenleistung von Computern Dank der Anforderungen von Computerspielen an die Rechenleistung sowie die Entwicklung immer besserer und effizienterer Algorithmen zur Bildverarbeitung. Die so gemachten Bilder sind nicht mehr das Resultat direkter Beobachtung, sondern das Resultat komplexer mathematischer Rechenoperationen. Man muss also der Mathematik vertrauen, wenn man anhand der Bilder bildgebender Verfahren eine Diagnose stellt. Es ist sinnvoll zwischen abbildenden Verfahren und bildgebenden Untersuchungsverfahren zu differenzieren.

### 15.1.1 Abbildende versus bildgebende Verfahren

Ein abbildendes Verfahren ist die zweidimensionale Darstellung eines dreidimensionalen halbtransparenten Gewebes (z. B. Netzhaut) in einer Bildebene auf der Grundlage des von dem Gewebe reflektierten Lichtes. Eine Funduskamera registriert das vom Pigmentepithel und den Blutgefäßen der Netzhaut reflektierte Licht. Die Netzhaut selbst ist transparent, sodass sie mit diesem Verfahren nicht gesehen werden kann. Abbildende Verfahren folgen dem folgenden Ablaufschema. Ausgehend von einer diagnostischen Frage wird die passende Modalität (z. B. Funduskamera) ausgewählt. Es wird ein Bild aufgenommen, das in einem nachfolgenden Schritt nachbearbeitet werden kann. Auf der Basis des aufgenommenen Bildes und dessen Nachbearbeitung wird abschließend ein Befund erstellt.

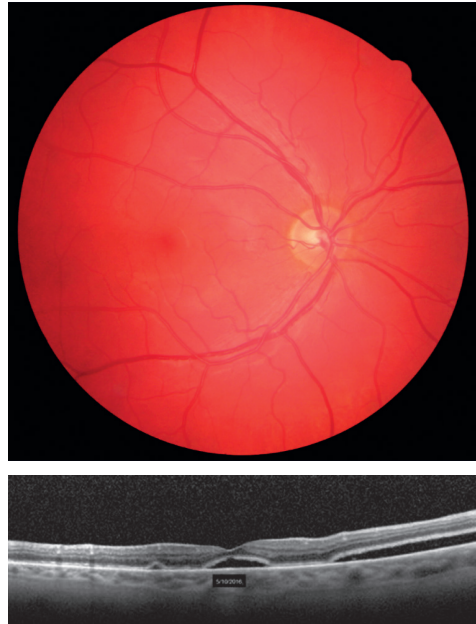


Abb. 15.1: Oben: Fundusfotografie als Beispiel eines abbildenden Verfahrens. Unten: OCT-Darstellung der Netzhaut als Beispiel eines bildgebenden Verfahrens. Zu sehen sind hier subfoveale Flüssigkeitseinlagerungen nach Behandlung einer Netzhautablösung.

**Tabelle 15.1:** Vergleich abbildender und bildgebender Verfahren

abbildende Verfahren	bildgebende Verfahren
diagnostische Fragestellung	diagnostische Fragestellung
↓	↓
Auswahl der geeigneten Modalität	Auswahl der geeigneten Modalität
↓	↓
Bildaufnahme	Signaldetektion
↓	↓
Nachbearbeitung	Bildberechnung
↓	↓
Befundung	Nachbearbeitung
	↓
	Befundung

Bildgebende Verfahren unterscheiden sich in einem wesentlichen Punkt von einem abbildenden Verfahren. Es wird kein Bild aufgenommen. Stattdessen registriert ein geeigneter Detektor oder Sensor physikalische Signale, die vom untersuchten Objekt ausgehen. Auf der Basis dieser Signale wird ein Bild berechnet. Die Bildberechnung ist somit der zentrale Punkt bildgebender Verfahren. Das berechnete Bild kann anschließend nachbearbeitet werden. Auf der Basis von Bildberechnung und Nachbearbeitung kann abschließend eine Befundung erfolgen.

### 15.1.2 Modalitäten

Am Beginn einer medizinischen oder optometrischen Untersuchung steht immer eine diagnostische Fragestellung. Soll die Diagnose anhand eines Bildes gestellt werden, was in der Ophthalmologie und Optometrie die Regel ist, muss die richtige Methode ausgewählt

werden. Man spricht dann von der Wahl der geeigneten Modalität. Die eigentliche Bildaufnahme dauert in den meisten Fällen nur wenige Sekunden, wobei unter Bildaufnahme nur selten eine Fotografie, wie man sie aus dem Alltag kennt, zu verstehen ist. Die Daten, die bei der Bildaufnahme durch Sensoren und Detektoren gewonnen werden, müssen ausgewertet und aufbereitet werden, um dann in Form eines Bildes dem Untersucher vorgelegt zu werden.

**In Kürze:** *Abbildende Verfahren erzeugen ein Bild der untersuchten Struktur, indem sie das dreidimensionale Objekt in eine zweidimensionale Bildebene projizieren. Bildgebende Verfahren verwenden hochentwickelte Bildverarbeitungssoftware, die aus einer Verteilung von Grauwerten, die von einem Sensor detektiert worden sind, ein Bild des Objekts berechnet.*

**Tabelle 15.2:** Modalitäten in der Optometrie

Modalität	Anwendung
Spaltlampe	Untersuchung des vorderen Augenabschnitts Kontaktlinsenanpassung
Scheimpflug-Kamera	Untersuchung des vorderen Augenabschnitts Kontaktlinsenanpassung, Hornhauttopografie
Konfokales Mikroskop	In-vivo-Histologie der Hornhaut
Optische Kohärenztomografie	Untersuchung der Netzhaut Glaukom-Screening
Scanning Laser Ophthalmoskop	Untersuchung der Netzhaut
Funduskamera	Untersuchung der Netzhaut Screening der diabetischen Retinopathie
Ultraschall	Längenmessung des Auges, Pachymetrie