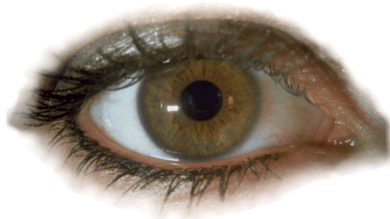


Grundlagen der Augenoptik

# Das Auge

*Das Auge ist eines der faszinierendsten Organe des Menschen. Via Nervenfasern direkt mit dem Gehirn verbunden, leisten unsere Augen fast unermüdlich Präzisionsarbeit: Ständig in Bewegung, stellen sie sich nahezu verzugslos auf alles scharf, was wir genau zu sehen wünschen.*



Das Auge ist das einzige Sinnesorgan, das wir gezielt ein- und ausschalten können.

Grundlagen der Augenoptik

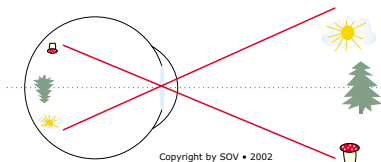
- 1/8 Das Auge
- 2/8 Das Sehen
- 3/8 Fehlsichtigkeiten
- 4/8 Augenoptik
- 5/8 Brillen
- 6/8 Kontaktlinsen
- 7/8 Seh- & Augenpflege
- 8/8 Sehtests

Inhalt

- Instrument der Wahrnehmung
- Anatomie des Auges
- Vom Lichtreiz zum Bild:
  - Optisches System
  - Glaskörper
  - Netzhaut

## Instrument der Wahrnehmung

Die schematische Funktionsweise der Augen lässt sich mit der einer computergesteuerten 3D-Kamera mit Autofocus und allen Schikanen vergleichen. Beide basieren auf den gleichen **optischen Prinzipien** wie jede konventionelle Kamera: Das Licht (mit der Bildinformation) wird durch ein Objektiv aufgefangen und auf ein Medium gebracht, wo es in eine andere Form umgewandelt wird — in ein Bild auf einem Film, in Daten oder in Nervenreize.



**Projektion steht Kopf**

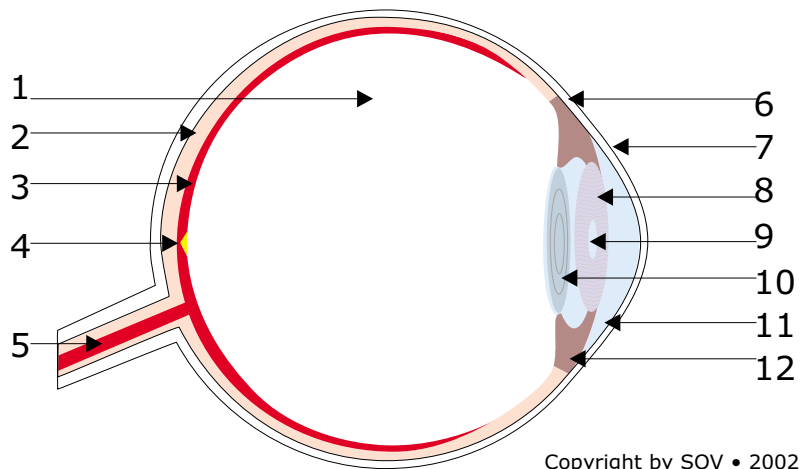
Wie bei einer Kamera wird auch im Auge das Abbild höhen- und seitenverkehrt auf die Netzhaut projiziert.

Kamera	Objektiv	Film / CCD-Sensor	Bild / Monitor
Auge	Hornhaut und Linse	Netzhaut/Sehzellen	Gehirn

Im Unterschied zu einer Kamera ist das Auge kein passives Organ, sondern ein aktives Werkzeug unserer Wahrnehmung. Da braucht bloss etwas aus dem Augenwinkel das Interesse zu erregen: in Null-Komma-Nichts ist unser Blick — genauer das **Zentrum** des schärfsten Sehens — auf diesen neuen Reiz ausgerichtet. Meist unbemerkt verrichten die Augenmuskeln Präzisionsarbeit, ebenso der Zilarmuskel, der die Krümmung der Augenlinse steuert.

# Anatomie des Auges

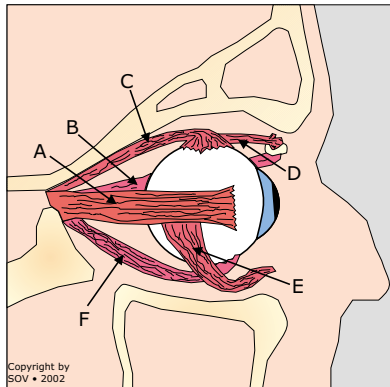
- 1 Glaskörper / corpus vitreum
- 2 Aderhaut / chorioidea
- 3 Netzhaut / retina
- 4 Netzhautgrube / fovea
- 5 Sehnerv / nervus opticus
- 6 Lederhaut / sklera
- 7 Hornhaut / cornea
- 8 Regenbogenhaut / iris
- 9 Pupille / pupilla
- 10 Augenlinse / lens cristallina
- 11 Kammerwasser / humor aqueus
- 12 Zilarkörper / corpus ciliare



Copyright by SOV • 2002

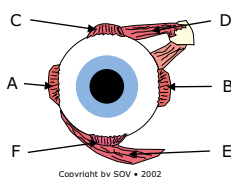
Der rundliche **Augapfel** besteht aus dem **Glaskörper**, einer transparenten, gallertartigen Masse. Dieser wird von der **Lederhaut** umschlossen, die vorne in die uhrglasförmige, lichtdurchlässige **Hornhaut** übergeht. Unter der Lederhaut liegt die gefässreiche **Aderhaut**, welche das Auge mit Nährstoffen versorgt. Vorne geht die Aderhaut in die **Regenbogenhaut** über, in deren Mitte das „Guckloch“, die **Pupille**, liegt. Hinter der Iris sitzt die **Augenlinse**, welche das durch die Pupille einfallende Licht durch den Glaskörper auf die dahinterliegende **Netzhaut** abbildet, welche die **Sehzellen** (Stäbchen und Zäpfchen) enthält. Direkt gegenüber der Pupille liegt die **Netzhautgrube** mit dem Bereich des schärfsten Sehens. Nasal davon, dort, wo der **Sehnerv** in die Netzhaut eintritt, verfügt diese über keine Sehzellen und ist daher lichtunempfindlich („Blinder Fleck“). Der Bereich zwischen Linse und Hornhaut wird Augenkammer (eingeteilt in vordere und hintere Augenkammer) genannt. Sie ist mit dem **Kammerwasser** gefüllt, das diese Augenpartie versorgt.

Bewegt wird das Auge durch sechs **Augenmuskeln**, die an der Lederhaut tangential ansetzen.



Copyright by SOV • 2002

- A äusserer gerader Muskel
- B innerer gerader Muskel
- C oberer gerader Muskel
- D oberer schräger Muskel
- E unterer schräger Muskel
- F unterer gerader Muskel

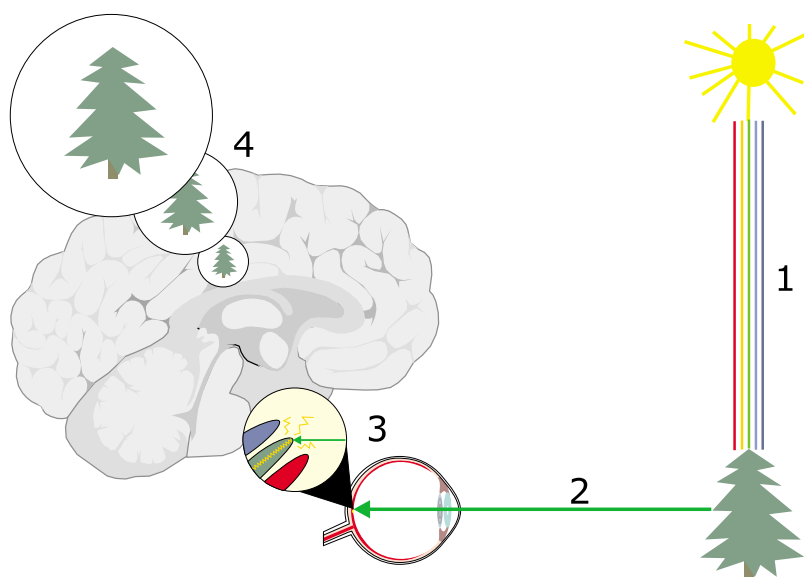


Copyright by SOV • 2002

**Lage im Kopf:** Von Natur aus gut geschützt, liegt das Auge in der Augenhöhle (Orbita) des Schädelknochens, umgeben von Muskel-, Fett- und Bindegewebe. Gegen störende Auseneinflüsse schützen Lider, Tränen, Wimpern und Augenbrauen. Die Verbindung zwischen Auge und Lid schafft die **Bindehaut**; zur ständigen Reinigung der Augenoberfläche und als Schmierstoff zwischen Auge und Lid dient die Tränenflüssigkeit.

# Vom Lichtreiz zum Bild

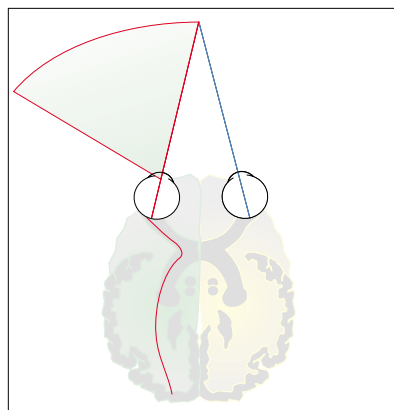
- 1) Eine Lichtquelle (Sonne) strahlt weisses Licht (das alle Wellenlängen des Spektrums enthält) auf ein Objekt (Beispiel: Tanne).
- 2) Die Tanne absorbiert (schluckt) alle Lichtwellenlängen bis auf diejenige, welche wir als Grün empfinden.
- 3) Der Lichtstrahl, der von der Tanne reflektiert wird, fällt auf die Netzhaut des Auges und regt dort die entsprechenden Sehzellen (Zapfen) an. Die Information über die Beschaffenheit des Lichtstrahls bzw. seiner Wellenlänge wird in Nervenreize umgewandelt.
- 4) Im visuellen Zentrum des Gehirns entsteht in unserer Wahrnehmung das Bild der Tanne.



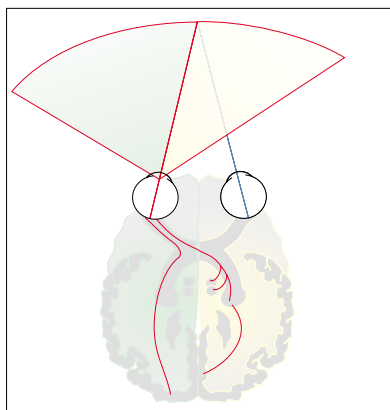
Beim Sehen sind eine ganze Reihe von Gehirnbereichen aktiviert, sowohl was die Steuerung der Augen, als auch was die Auswertung und Aufbereitung der Bildinformation betrifft.

Jedes Auge wird von beiden Gehirnhälften kontrolliert, wobei die Nerven der Sehbahnen übers Kreuz verlaufen (Chiasma). Das Blickfeld jedes Auges ist senkrecht zweigeteilt. Der äussere Teil z.B. des linken Auges wird auch von der linken Hirnhälfte verarbeitet, der Teil nach Innen zur Nase hin jedoch von der rechten Gehirnhälfte.

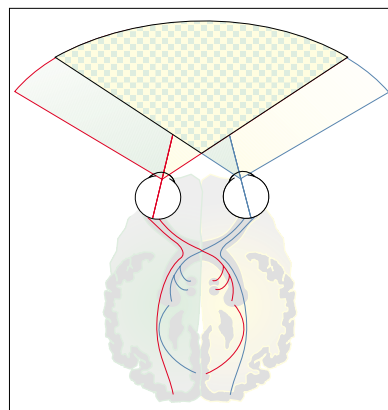
**Chiasma:** Die Sehbahnen vom Auge zum Gehirn verlaufen übers Kreuz.



Der äussere Sehbereich des linken Auges wird von der linken Gehirnhälfte verarbeitet.

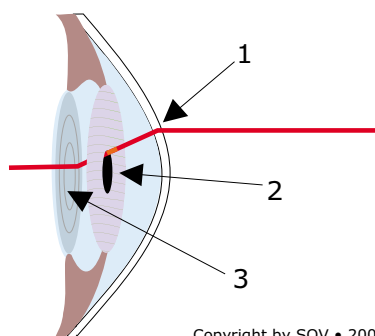


Der innere Sehbereich zur Nase des linken Auges wird von der rechten Gehirnhälfte verarbeitet.



Im Gesamtblick überlagern sich die Sehbereiche.

Der vordere Augenabschnitt oder Objektivteil des Auges sorgt dafür, Lichtstrahlen optimal auf die *Netzhaut* zu projizieren.



Copyright by SOV • 2002

Den „Objektivteil“ des Auges bilden:

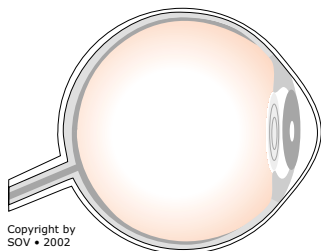
- 1 **Hornhaut**  
(Schutz, hohe Brechkraft)
- 2 **Pupille**  
(regelt den Lichteinfall)
- 3 **Augenlinse**  
(regelt Naheinstellung)

## Der Objektiv-Teil des Auges

Wenn ein Lichtstrahl ins Auge fällt, passiert er als erstes den **Tränenfilm**, die transparente **Hornhaut** und die mit dem **Kammerwasser** gefüllte vordere Augenkammer (1). Dabei wird der Lichtstrahl ein erstes Mal gebrochen und durch die **Pupille** gelenkt. Hinter der Pupille liegt die **Augenlinse** (2), die den Lichtstrahl ein zweites Mal bricht und auf die **Netzhaut** leitet (3). Während die vordere Augenkammer ein fixes optisches System darstellt, dient die über den Ziliarmuskel in ihrer Form veränderbare Augenlinse der Naheinstellung (Autofocus). Auch der Öffnungsgrad der Pupille, welche den Lichteinfall regelt, hat einen leichten Einfluss auf die optimale Führung der Strahlen zum Punkt des besten Sehens.

Klar wird in diesem Zusammenhang, dass die Hornhaut als erster Teil des Systems grossen Einfluss auf das Sehen hat. Ist sie zu stark gebogen (siehe Hornhautverkrümmung/Astigmatismus), kann die Linse den Strahl nicht mehr optimal weiterleiten.

Wichtig ist auch die Transparenz und Flexibilität der Linse, die durch minimale Änderungen der Krümmung für die Feineinstellung der Brennweite sorgt. Die Flexibilität geht mit den Jahren altersbedingt verloren (siehe Altersweitsichtigkeit / Presbyopie). Trübungen der Linse können Sehstörungen verursachen, und werden in ausgeprägter Form als Grauer Star bezeichnet.

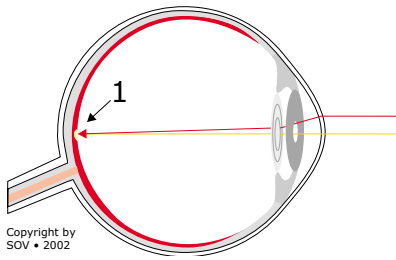


Copyright by SOV • 2002

## Der Projektionsraum (Glaskörper/Bulbus)

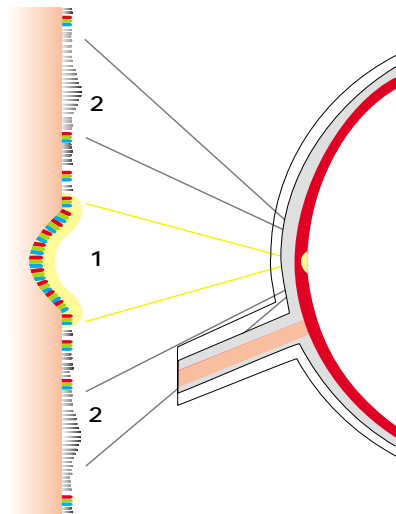
Das Medium zwischen dem vorderen Augenabschnitt und der Netzhaut ist der transparente Glaskörper. Er besteht grösstenteils aus Wasser, das durch eine komplexe Zellstruktur in einem flexiblen Gefüge von gelartiger Beschaffenheit gehalten wird. Seine Aufgabe ist, das Auge in Form zu halten und dessen empfindlichen Teile vor Stössen und Erschütterungen zu schützen. Als Alterserscheinung verflüssigt sich der Glaskörper, so dass Glaskörperschlieren, auch *fliegende Mücken* („mouches“) genannt auftreten können — meist harmlose Erscheinungen, die beim Blick auf weisse Flächen wahrnehmbar sind.

## Die Filmebene des Auges (Netzhaut/Retina)



Copyright by  
SOV • 2002

1. Makula, höchste Ansammlung von Zapfen auf ca. 5mm<sup>2</sup>
2. Stäbchen für Hell-Dunkel-Sehen, grösste Konzentration in einem Ring um die Makula herum



Siehe 3/8 FEHLSICHTIGKEITEN  
> Farbsinnstörungen und  
> Nachtmyopie / Nachtblindheit

Der Pupille gegenüber liegt der Abbildungsraum des Auges, die Netzhaut oder Retina mit den Sehzellen, die Licht in Nervenreize umwandeln können. Obwohl die Netzhaut einen grossen Teil der Innenkugel auskleidet, sind die meisten Sehzellen um den Punkt gegenüber der Pupille angesiedelt. Hier ist das Zentrum des schärfsten Sehens, der grosse Rest der Retinafläche dient dem peripheren Sehen (wichtig für die visuelle Orientierung im Raum). Die Netzhautgrube (Fovea) ist dicht mit farbsensiblen Zapfen-Sehzellen bestückt und gegen direkte Bestrahlung durch eine gelbliche Zellschicht geschützt. Daher auch der Name *Makula lutea* oder *Gelber Fleck*.

Zwei Typen von Sehzellen sorgen auf der Netzhaut für die Umwandlung der Lichtwellen in Sinnesreize. Dafür enthalten die Zellen photosensible Farbpigmente, die beim Auftreffen eines Lichtstrahls zerfallen und eine bioelektrische Spannungsenergie erzeugen, welche wiederum als Nervenimpuls weitergeleitet werden kann.

Die **Zapfen** (ca. 7. Mio. pro Netzhaut) sind vor allem beim Sehen am Tage im Einsatz. Sie sind in drei Ausführungen vorhanden, die auf kurz-, mittel- und langwellige Lichtstrahlen reagieren und deshalb auch als blau-, grün- und rot-empfindliche Zapfen bezeichnet werden. Im Unterschied zu den Zapfen reagieren die in weit grösserer Anzahl vorhandenen **Stäbchen** (über 120 Mio. pro Netzhaut) nur auf Hell/Dunkel-Unterschiede und sind vor allem für das Nachtsehen von Bedeutung.