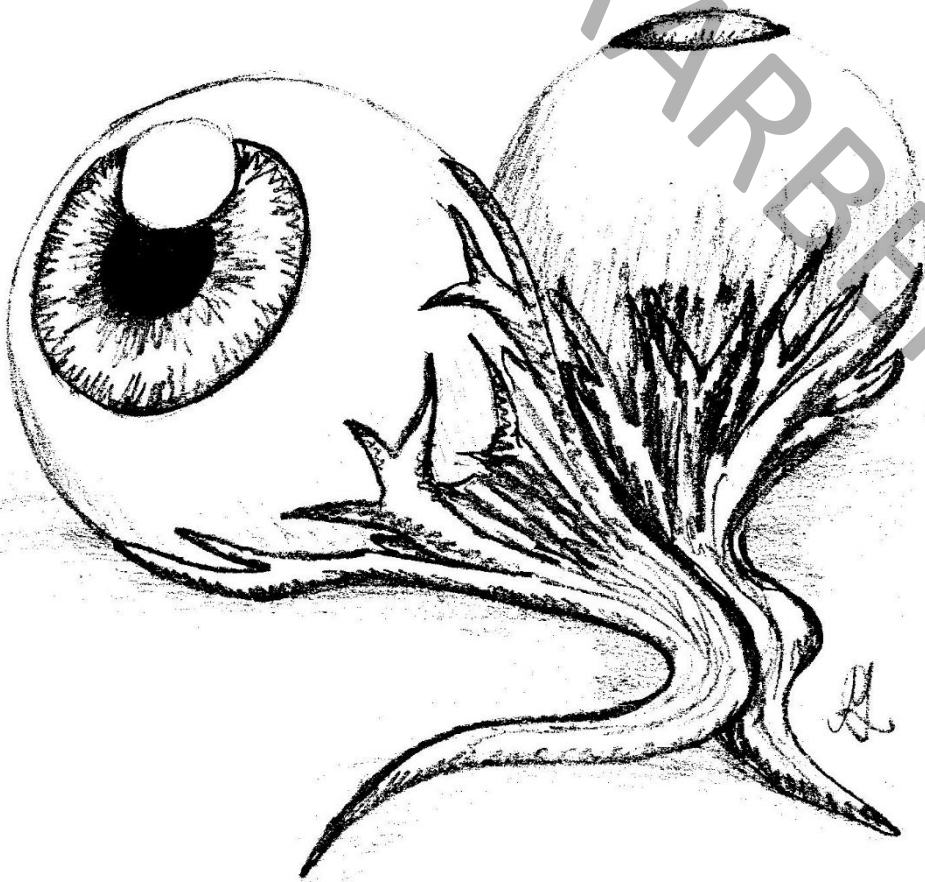


Das Auge

Faszinierendes Wunder der Natur



Inhaltsangabe

Das menschliche Auge (Linsenauge):

| | |
|-------------------------|------|
| ❖ Der Aufbau | 2 |
| ❖ Akkommodation | 3 |
| ○ Fehlsichtigkeit | |
| ▪ Kurzsichtigkeit | 3 |
| ▪ Weitsichtigkeit | 4 |
| ▪ Astigmatismus | 4 |
| ❖ Dioptrien | 5 |
| ❖ Andere Augentypen | |
| ○ Lichtsinneszellen | 6 |
| ○ Flachauge | 6 |
| ○ Pigmentbecherauge | 7 |
| ○ Gruben- und Blasenaug | 7, 8 |
| ○ Facettenaugen | 8 |

1. Der Aufbau

- Die **Hornhaut (Cornea)** schützt das Auge nach außen und bricht das Licht, das in das Auge kommt.
- Die mit Augenwasser gefüllten **Augenkammern** schützen die Linse und bilden zusammen mit Hornhaut, Linse und Glaskörper das Abbildungssystem.
- Die **Iris (Regenbogenhaut)** regelt die Größe der **Pupille** und damit die Menge des durch die Linse hindurchtretenden Lichts.
- Der **Ringmuskel (Ziliarmuskel)** ändert die Wölbung der Augenlinse.
- Die **Linse** ist das wesentliche Abbildungssystem des Auges.
- Der **Glaskörper** ist Bestandteil des Abbildungssystems und sorgt für konstanten Abstand zwischen Augenlinse und Netzhaut.
- Die **Aderhaut** enthält das Versorgungssystem für die Netzhaut.
- Die **Lederhaut (Sklera)** schützt das Auge nach außen.
- Die **Netzhaut (Retina)** beinhaltet die Sehsinneszellen (Zäpfchen und Stäbchen).
- Im **Sehnerv** werden die von den Sehzellen gelieferten elektrischen Impulse zum Gehirn weitergegeben und dort zu einem Bild zusammengebaut.
- Der **Gelber Fleck (Macula)** ist der Ort, bei dem die Sehzellen am dichtesten sitzen und deshalb besonders scharfes Sehen ermöglichen.
- Beim **blinden Fleck** handelt es sich um das Austreten der Sehnerven, dieser ist frei von Sehzellen. Deshalb ist das Auge an dieser Stelle blind.¹
- Die sogenannten **Zonulafasern** fixieren die Linse im ringförmigen Ziliarmuskel.²
- Die **Bindehaut (Konjunktiva)** ist eine dünne Schicht, die sich an die Hornhaut des Auges anschließt und die Lederhaut des Auges und die Innenseite der Lider bedeckt.
- Die **Tränenflüssigkeit** wird mit Hilfe der Lider über den Augapfel verteilt.³

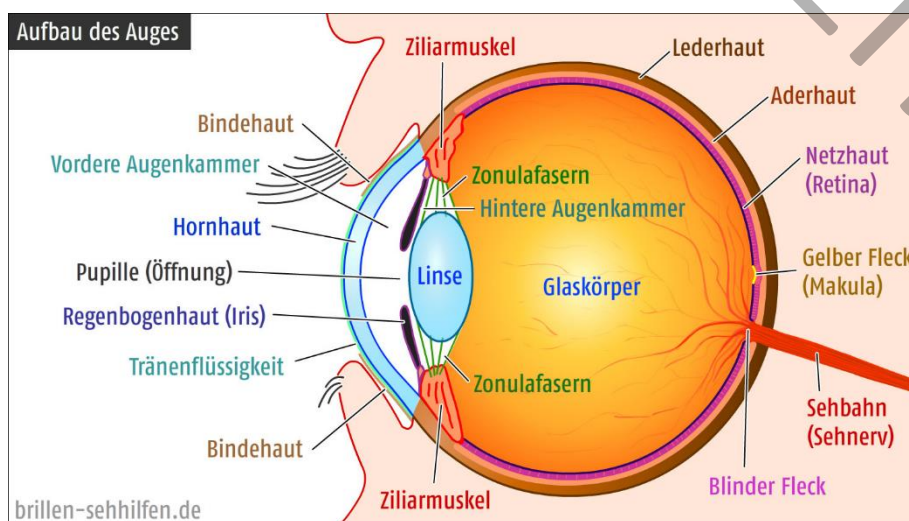


Abb. 1 Aufbau eines menschlichen Auges

¹Quelle: <https://www.leifiphysik.de/optik/optische-linsen/ausblick/das-menschliche-auge-fortfuehrung>

²Quelle: <https://www.sehen.de/sehen/das-auge/>

³Quelle: https://www.augenarzt-gruber.at/auge_aufbau_funktion.html

1. Akkommodation

Unter Akkommodation versteht man das automatische „Scharfstellen“ des Auges auf kurze Entfernungen.

Damit in der Nähe scharf gesehen werden kann, müssen die Lichtstrahlen stärker gebrochen werden. Die stärkere Brechung des Lichtes erreicht das Auge dadurch, dass sich der Ziliarmuskel anspannt, sich dadurch die Augenlinse stärker krümmen kann und damit die Fähigkeit der Augenlinse zur Lichtbrechung ansteigt.

Diese Muskelanspannung kann so fein dosiert werden, dass ein scharfes Sehen für alle Distanzen möglich ist.

Im Laufe des Lebens lässt die Fähigkeit zur Naheinstellung des Auges ab, sodass es circa um das 45. Lebensjahr dazu kommt, dass das scharfe Sehen in der Nähe schwieriger wird. Es beginnt die sogenannte Alterssichtigkeit.⁴

1.1 Fehlsichtigkeit

2.1.2 Kurzsichtigkeit (Myopie)

Wenn der Glaskörper zu lang oder die Augenlinse zu krumm ist, dann sieht diese Person nahe Gegenstände scharf, ferne Gegenstände jedoch unscharf, da auch bei vollständiger Akkommodation der Linse ihr scharfes Bild noch vor der Netzhaut entsteht. Diese Fehlsichtigkeit heißt **Kurzsichtigkeit**.

Kurzsichtigen Personen kann durch eine Brille oder Kontaktlinse mit konkaven Gläsern (Zerstreuungslinse) geholfen werden.⁵

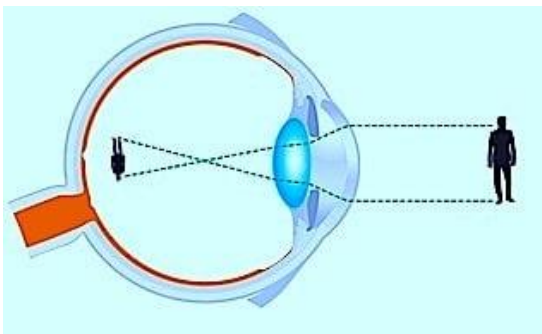


Abb. 2 Kurzsichtigkeit

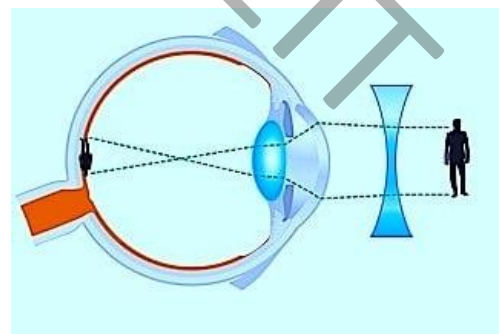


Abb. 3 Korrektur einer Kurzsichtigkeit durch eine Zerstreuungslinse

⁴Quelle: https://www.augenarzt-gruber.at/auge_aufbau_funktion.html

⁵Quelle: <https://www.leifiphysik.de/optik/optische-linsen/ausblick/augenfehler>

2.1.2 Weitsichtigkeit (Hyperopie)

Wenn der Glaskörper zu kurz oder die Augenlinse zu flach ist, dann sieht diese Person ferne Gegenstände scharf, nahe Gegenstände jedoch unscharf, da auch bei vollständiger Akkommodation der Linse ihr scharfes Bild noch hinter der Netzhaut entsteht. Diese Fehlsichtigkeit heißt **Weitsichtigkeit**.

Weitsichtigen Personen kann durch eine Brille oder Kontaktlinse mit konvexen Gläsern (Sammellinse) geholfen werden.⁶

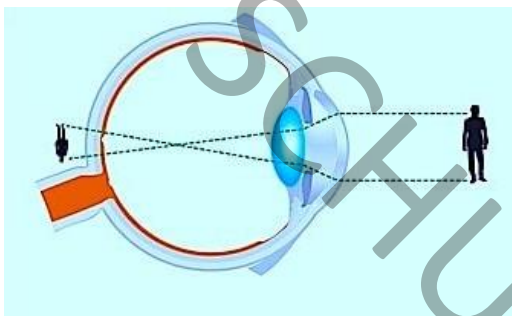


Abb. 4 Weitsichtigkeit

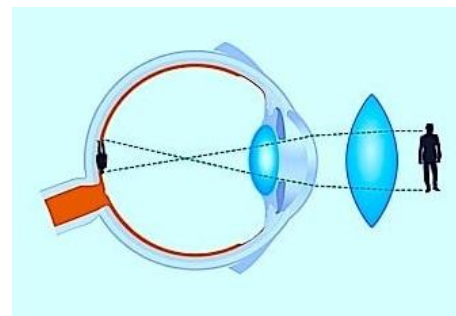


Abb. 5 Korrektur einer Weitsichtigkeit durch eine Sammellinse

2.1.3 Astigmatismus

Er wird auch Stabsichtigkeit oder Hornhautverkrümmung genannt. Der Astigmatismus kann sowohl zusammen mit Kurzsichtigkeit oder Weitsichtigkeit als auch als eigenständige Fehlsichtigkeit auftreten. Hat die Hornhaut nicht wie üblich eine kugelförmige Gestalt, sondern sind ihre Radien in waagerechter und senkrechter Richtung verschieden, so entsteht auf der Netzhaut ein unklares Bild.

Allerdings korrigiert das Gehirn nach, so dass einem diese Abweichungen meist nicht bewusst werden, sondern das Sehen nur allgemein ungenauer erscheint. Astigmatismus kann durch eine Brille oder eine Kontaktlinse mit Spezialgläsern, sogenannten Zylindergläsern korrigiert werden.⁶

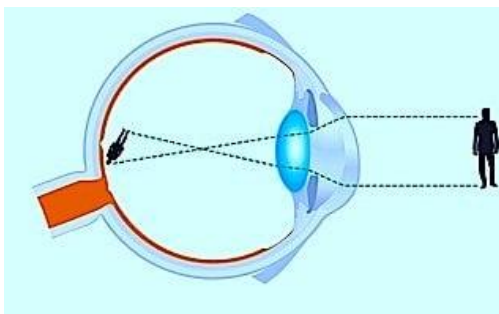


Abb. 6 Astigmatismus

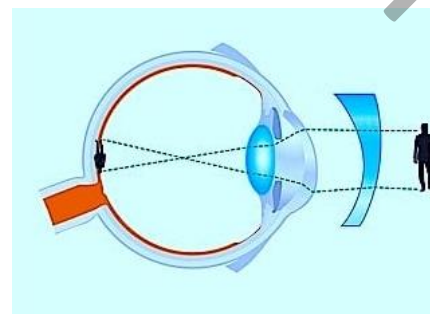


Abb. 7 Korrektur einer Stabsichtigkeit durch Spezialgläser

⁶Quelle: <https://www.leifiphysik.de/optik/optische-linsen/ausblick/augenfehler>

3. Dioptrien

Unter Dioptrie versteht man die Maßeinheit für die Brechkraft eines optischen Systems (z.B. einer Brille). Die Abkürzung für eine Dioptrie lautet "dpt".

Diese beschreiben, wie stark ein Brillenglas das Licht brechen muss, damit eine Fehlsichtigkeit korrigiert wird.

Negative Dioptrie-Werte stehen für Kurzsichtigkeit, positive Dioptrie-Werte kennzeichnen eine Weitsichtigkeit. Je größer der Wert, umso stärker muss die Korrektur sein - und umso schlechter kann man ohne Sehhilfe sehen.⁷

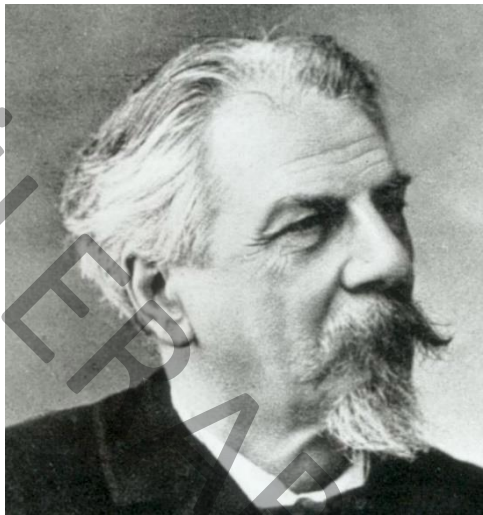


Abb. 8 Ferdinand Monoyer (1836-1912)

Ferdinand Monoyer, ein französischer Augenarzt, hat 1872 die Dioptrie als Maßeinheit für die optische Leistung einer Linse vorgeschlagen, die sich dann in der Folgezeit auch durchsetzte.⁸

Unterschied: Visus und Dioptrie

- Der Visus-Wert und die entsprechende Prozent-Angabe beziehen sich in der Regel auf die Sehstärke insgesamt.
- Die Dioptrie-Angaben beziehen sich lediglich auf die notwendige Brechkraft einer Korrektur-Linse (z.B. Brille).

Man kann daher zum Beispiel mit einer entsprechend guten Brille einen Visus von 120% erreichen (weil das Auflösungsvermögen des Auges entsprechend gut ist).⁹

⁷Quelle: <https://www.brillen-sehhilfen.de/optik/dioptrie.php>

⁸Quelle: <https://www.sehtestbilder.de/sehhilfen/Ferdinand-Monoyer.php>

⁹Quelle: <https://www.brillen-sehhilfen.de/auge/visus-dioptrie-unterschied-umrechnung.php>

4. Andere Augentypen

4.1 Lichtsinneszellen

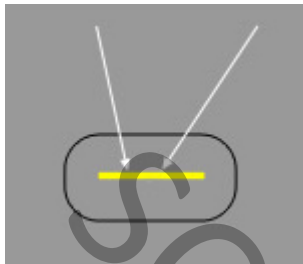


Abb. 9 Vereinfachte Darstellung einer Lichtsinneszelle

Lichtsinneszellen sind einfache, lichtempfindliche Zellen, die einzeln und unorganisiert auf der Körperoberfläche verstreut sind.

Solche Zellen registrieren lediglich unterschiedliche Helligkeiten. Nicht einmal das Bestimmen der Lichtrichtung ist damit möglich, nur eine diffuse Wahrnehmung von Licht und Schatten, von Änderungen in der Lichtintensität.

Sie ermöglichen eben nur eine einfache Hell-Dunkel-Wahrnehmung.



Abb. 10 Geißeltierchen Euglena

Ein Fortschritt ist da schon, wenn die Richtung des Lichts festgestellt werden kann. Primitivstes Richtungssehen findet sich bereits bei Geißeltierchen.

Euglena, das Augentierchen, kann je nach Ernährungsweise als Tier oder Pflanze angesehen werden.

In dem transparenten Tierchen fällt ein dunkel pigmentierter Fleck auf. Der wirft bei Lichteinfall einen Schatten auf lichtempfindliche Organellen am Geißelansatz.

Mit dieser Orientierungshilfe kann sich Euglena gezielt in Richtung Licht bewegen, um so effektiv Photosynthese zu betreiben.¹⁰

4.2 Flachauge

Die Konzentrierung mehrerer Lichtsinneszellen wird allgemein als Ocellus bezeichnet. Einen einfachen Typ stellen die Flachaugen dar, wie sie bei manchen Quallen, Seesternen, Seeigeln und Weichtieren vorkommen.

Flachaugen enthalten nur wenige Sehzellen und können nur grob die ungefähre Richtung einfallenden Lichtes bestimmen, da sie noch keinerlei Einsenkung besitzen.

Solche Augen reichen jedoch schon, um ihre Besitzer bei möglicher Gefahr in Alarmstimmung zu versetzen.¹⁰

¹⁰Quelle: <https://www.planet-schule.de/wissenspool/total-phaenomenal-sinne/inhalt/hintergrund/der-sehsinn/augentypen-i.html>

4.3 Pigmentbecherauge

Sie werden auch Pigmentbecherocellen genannt.

In einer becherförmigen Eintiefung liegen eine Anzahl von Lichtsinneszellen zusammen, bei manchen Tieren wie etwa den Lanzettfischen oder bei Strudelwürmern bilden diese Zellen einen dichten Saum.

Die Lichtsinneszellen werden von einer becherförmigen Pigmentschicht umfasst. Nur durch die obere Öffnung gelangt Licht ins Augeninnere und damit stets nur aus einer bestimmten Richtung. Das scheint zunächst ein Nachteil zu sein, da das Sehfeld verkleinert wird, doch der Vorteil überwiegt, dass es das Richtungssehen verbessert.

Diese Augen vermitteln Informationen über Intensität und Richtung des Lichtes. Sie sind sozusagen das Basismodell echter Augen. Für ein wirkliches Abbild der Umwelt reicht ihre Sehkraft aber nicht.¹¹

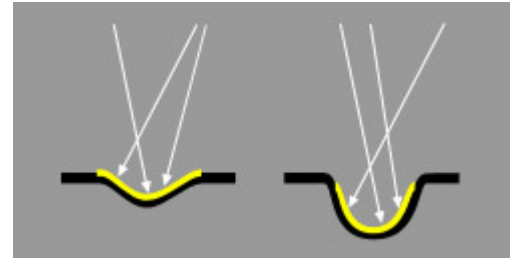


Abb. 11 Vereinfachte Darstellung von Pigmentbecheraugen

4.4 Gruben- und Blasenauge

Bei diesen Augenarten sind die Lichtsinneszellen grubenförmig eingesenkt und ebenfalls optisch abgeschirmt durch Pigmentzellen.

Doch schon mit einem Einzelauge ist ein weiter verbessertes Richtungssehen möglich. Denn durch den grubenförmigen Bau kann das einfallende Licht nicht alle Sinneszellen gleichmäßig erreichen. Vielmehr werden immer nur einige und mit wechselndem Einfallswinkel stets verschiedene Sinneszellen gereizt.

Noch effektiver funktioniert das natürlich bei mehreren Augen. Besonders wenn sie in unterschiedlicher Sehrichtung ausgerichtet sind. Dann kann die Richtung einfallenden Lichts schon recht genau bestimmt werden.¹¹

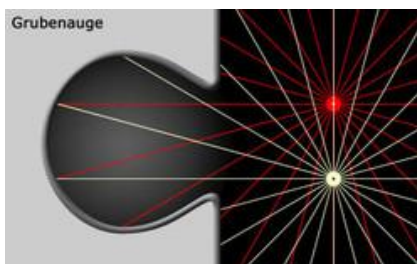


Abb. 12 Darstellung eines Grubenauges

¹¹Quelle: <https://www.planet-schule.de/wissenspool/total-phaenomenal-sinne/inhalt/hintergrund/der-sehsinn/augentypen-i.html>

Wird die Grube weiter vertieft, die Öffnung dabei gleichzeitig verengt, kommen wir zum Blasenauge.

Der Nautilus hat seine Augenöffnung reduziert auf ein winziges Loch, das physikalisch einer Lochkamera entspricht.

Ein solches Lochkameraauge verleiht dem Nautilus schon ein gewisses Formen- und Bildsehen. Jedoch ist das Bild lichtschwach und nicht sehr scharf, was dem Prinzip einer Lochkamera gleicht.

Die Weinbergschnecke besitzt ein abgewandeltes Blasenauge. Im Inneren befindet sich ein kugelförmiges Sekret mit lichtsammelnder Wirkung, das bereits als primitive Vorstufe einer Linse angesehen werden kann.¹²

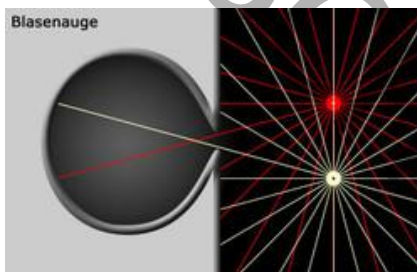


Abb. 13 Darstellung eines Blasenauges

4.5 Facettenauge

Eine Möglichkeit, die Sehleistung deutlich zu verbessern, besteht in der Zusammenfassung von vielen Einzelaugen zu einem dichten Komplex. Das ist das Prinzip der Komplex- oder Facettenaugen der Gliederfüßer, zu denen Insekten und Krebstiere gehören.

Solche Augen setzen sich aus einer mehr oder weniger großen Anzahl von langgestreckten Einzelaugen zusammen, oft sind es bis zu mehreren Tausenden.

Die Einzelaugen sind langgestreckt und voneinander optisch isoliert. Der Lichtbrechungsapparat besteht aus einer Linse und einem darunter liegenden Kristallkegel. Randständige Pigmentzellen dienen der optischen Abschirmung zu den benachbarten Einzelaugen.

Unterhalb des Kristallkegels schließen sich langgestreckte Lichtsinneszellen an. Bei Insekten sind es meist acht Stück pro Einzelauge.¹³

¹²Quelle: <https://www.planet-schule.de/wissenspool/total-phaenomenal-sinne/inhalt/hintergrund/der-sehsinn/augentypen-i.html>

¹³Quelle: <https://www.planet-schule.de/wissenspool/total-phaenomenal-sinne/inhalt/hintergrund/der-sehsinn/augentypen-ii.html>