

Das menschliche Auge und wenn es nicht so funktioniert, wie es sollte

Wie das Sehen beim Menschen funktioniert

Um einen Gegenstand sehen zu können, muss von diesem Licht direkt ausgehen (Lichtquelle) oder reflektiert werden (beleuchteter Körper). Licht, das von jedem Punkt des Gegenstandes kommt, fällt über die Linse in unser Auge. Durch die Brechung des Lichtes an der Linse entsteht auf der Netzhaut ein verkleinertes, umgekehrtes und seitenverkehrtes, reelles Bild (s. **Bild 1**). Das Licht, das auf die Netzhaut fällt, löst bei den Sinneszellen der Netzhaut Reize aus, die durch den Sehnerv ans Gehirn weitergeleitet werden. Das Gehirn erzeugt dann aus dem umgekehrten Bild einen für uns aufrechten und „normalen“ Eindruck.

Um mit unseren Augen gut zu sehen, müssen sie sich an die äußeren Bedingungen anpassen können. Die Gegenstände, die wir scharf sehen wollen, sind unterschiedlich weit von uns entfernt und unterschiedlich hell. Überhaupt fällt unterschiedlich viel Licht von Gegenständen und von der Umgebung in unsere Augen.

Die Anpassung des Auges an die unterschiedlichen Entfernungen der Gegenstände geschieht durch die Augenlinse. Damit jeweils ein scharfes Bild auf der Netzhaut entsteht, wird durch ein Muskelsystem die Krümmung der Linse und damit ihre Brennweite stufenlos verändert (s. **Bild 2**). Das geschieht in der Regel unwillkürlich und sehr schnell. Um nahe Gegenstände sehen zu können, muss die Linse eine kleine Brennweite haben und entsprechend stark gewölbt sein. Um ferne Gegenstände zu sehen, reicht ein schwache Wölbung und damit eine größere Brennweite.

Um die Intensität des einfallenden Lichtes zu steuern, besitzt das menschliche Auge eine Blende – die Iris mit der Pupille als Öffnung. Eine Anpassung des Auges an die Stärke des einfallenden Lichtes geschieht durch eine Erweiterung (wenn es dunkel ist) oder Verengung (wenn es hell ist) der Pupille.

Kurz- und Weitsichtigkeit

Manche Menschen tragen von klein an Brillen, da ihre Augen nicht so funktionieren wie bei gesunden Menschen. Dabei gibt es zwei Arten von Fehlsichtigkeiten: Kurzsichtige Menschen können zwar nahe Gegenstände mühelos sehen, aber ferne Gegenstände sehen sie verschwommen. Das kurzsichtige Auge ist länger als gewöhnlich. So treffen sich die Lichtstrahlen, die von einem fernen Gegenstandspunkt kommen, nicht direkt auf der Netzhaut (s. **Bild 3a**). Ein scharfes Bild des Gegenstands entsteht bereits vor der Netzhaut und auf ihr nur ein unscharfes. Mit einer Zerstreuungslinse wird das scharfe Bild auf die Netzhaut gerückt (s. **Bild 3b**). Man könnte auch sagen, dass sich die Brechkraft der Augenlinse durch die Zerstreuungslinse abschwächen lässt. Somit entsteht das scharfe Bild weiter hinten – auf der Netzhaut.

Weitsichtige Menschen können zwar ferne Gegenstände mühelos scharf sehen, nahe Gegenstände (z. B. beim Lesen) jedoch nur mit Mühe oder nur unscharf. Das weitsichtige Auge ist kürzer als ein gesundes Auge. Der (scharfe) Bildpunkt würde außerhalb des Augapfels entstehen, wenn das Licht durch die Netzhaut dringen könnte (s. **Bild 4a**). So wird aus jedem Bildpunkt auf der Netzhaut eine Fläche und das Bild im Ganzen erscheint verschwommen. Die Korrektur erfolgt mit Sammellinsen. Mit einer Sammellinse entsteht ein scharfes Bild von nahen Gegenständen auf der Netzhaut (s. **Bild 4b**). Die Sammellinse erzeugt eine zusätzliche, stärkere Brechung des Lichts, wodurch das Bild weiter vorn entsteht – genau richtig auf der Netzhaut.

Im Alter werden viele Menschen weitsichtig. Dies liegt meist daran, dass die Linsenmuskeln schwächer werden. Dadurch kann sich die Linse nicht mehr so stark krümmen, nahe Objekte können dann nicht mehr scharf auf der Netzhaut abgebildet werden.

Verschiedene Menschen brauchen verschieden starke Brillen. Die Stärke der Brille wird über die Brennweite angegeben: Je kleiner die Brennweite ist, desto stärker wird das Licht gebrochen. In der Medizin verwendet man aber nicht die Brennweite (f) als Maß für die Stärke der Brille, sondern die Brechkraft (D). Sie wird folgendermaßen bestimmt: $D = 1/f$ und in dpt = Dioptrien angegeben. So hat z. B. eine relativ schwache Sammellinse mit einer Brechkraft von 0,5 dpt eine Brennweite von 2 m. Zerstreuungslinsen erhalten als Kennzeichen ein Minus vor der Zahl. Daran kann man auch gut unterscheiden, welche Linsenart man als Brille trägt.

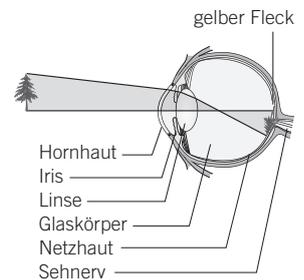


Bild 1: Schematische Darstellung des Auges

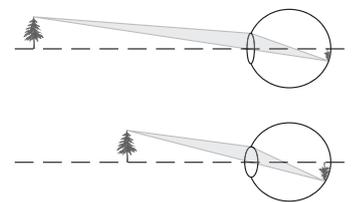


Bild 2: Abbildung unterschiedlich weit entfernter Gegenstände auf die Netzhaut mithilfe unterschiedlicher Linsenkrümmungen

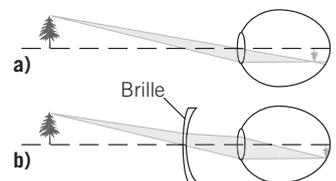


Bild 3: a) Kurzsichtiges Auge; b) Korrektur durch eine Zerstreuungslinse

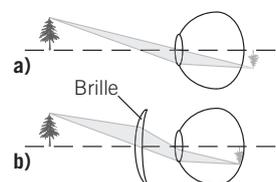


Bild 4: a) Weitsichtiges Auge; b) Korrektur durch eine Sammellinse

3 A Das Mikroskop – Winziges ganz groß

Wenn man einmal etwas ganz Kleines anschauen möchte, hilft eine Lupe. Diese vergrößert den Gegenstand. Wenn man aber noch viel kleinere Dinge betrachten will, reicht die Lupe häufig nicht aus, dann verwendet man Mikroskope. Sie werden nicht nur im Biologieunterricht verwendet, um z. B. herauszufinden, wie Zellen aussehen, sondern auch von vielen Wissenschaftlern: Ärzte, Biologen, Chemiker, Physiker und viele mehr benutzen häufig diese optischen Geräte. Denn man kann mit guten Mikroskopen Gegenstände mehr als 1000-mal so groß sehen, als sie in Wirklichkeit sind (s. z. B. **Bild 1**).

Die ersten Mikroskope wurden wahrscheinlich im 17. Jahrhundert in Holland gebaut. Anfangs bestanden sie nur aus einfachen Lupen, die man immer runder schliiff, um ihre Brechkraft zu vergrößern. Als wichtiger Forscher wird hier häufig Antoni van Leeuwenhoek (1632–1723) genannt. Er fand mithilfe seiner Mikroskope als erster Bakterien, deren Bedeutung man damals noch nicht kannte. Er beobachtete auch die geschlechtliche Fortpflanzung von Flöhen und deren Entwicklung vom Ei zum fertigen Floh.

Mit der Entwicklung der heutigen Zweilinsen-Mikroskope wird der Engländer Robert Hooke (1635 – 1703) in Verbindung gebracht. Er entdeckte als Erster, dass pflanzliches Gewebe aus Zellen besteht. Von da an wurden Mikroskope ständig weiterentwickelt, und auch in der Region um Jena wurde dazu viel beigetragen. Vor allem Carl Zeiss, Ernst Abbe und Otto Schott spielten hierbei eine große Rolle.

Häufig sind Lichtmikroskope sehr komplex aufgebaut, und man kann z. B. durch das Verschieben oder Drehen des Okulars verschiedene Vergrößerungen erreichen. Um zu verstehen, wie in einem Mikroskop ein vergrößertes Bild des Gegenstandes entsteht, reicht es aber aus, die grundlegenden Bauteile (s. **Bild 2–3**) zu kennen:

Zuerst benötigt man natürlich ein Objekt, z. B. eine kleine Ansammlung von Bakterien. Dieses muss durch eine helle Lampe beleuchtet werden, die sich meist unter dem Objekt befindet und nach oben strahlt.

Das Licht, das durch den Gegenstand/das Objekt gelangt, fällt nun durch die erste Linse des Mikroskops, man nennt sie Objektiv (lat. *objectum*: dem Gegenstand zugewandt). Es handelt sich dabei um eine Sammellinse mit einer relativ kleinen Brennweite. Durch diese Objektivlinse wird das Licht gebrochen und es entsteht auf der anderen Seite der Linse ein reelles Bild. Wenn man hier einen kleinen Schirm dazwischen halten würde, könnte man das sog. Zwischenbild auf dem Schirm scharf sehen. Es ist bereits vergrößert und seitenverkehrt. Diesen Schirm lässt man aber weg, da man das Zwischenbild noch stärker vergrößern möchte.

Dazu verwendet man jetzt eine weitere Linse. Diese wirkt genauso wie eine Lupe. Man schaut von oben durch diese sog. Okularlinse und erkennt das noch weiter vergrößerte Bild. Auch die Okularlinse (lat. *oculus*: dem Auge zugewandt) ist eine Sammellinse, aber mit einer viel größeren Brennweite. Das Bild, das man am Ende erkennt, ist ein virtuelles Bild. Es ist aber weiterhin seitenverkehrt. Dies merkt man beim Mikroskopieren häufig an Folgendem: Man möchte sich z. B. das Bakterium am linken Bildrand genauer anschauen und dazu in die Mitte rücken. Deshalb zieht man das Objekt nach rechts. Dabei bemerkt man aber, dass sich das Bild nach links bewegt, eben weil die Seiten „vertauscht“ sind. Man muss also das Objekt immer in die entgegengesetzte Richtung schieben, als man denkt.

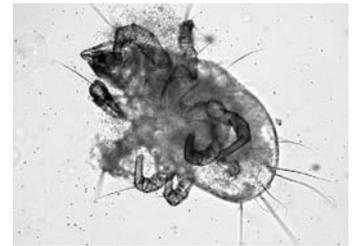


Bild 1: Mikroskopaufnahme einer Staubmilbe

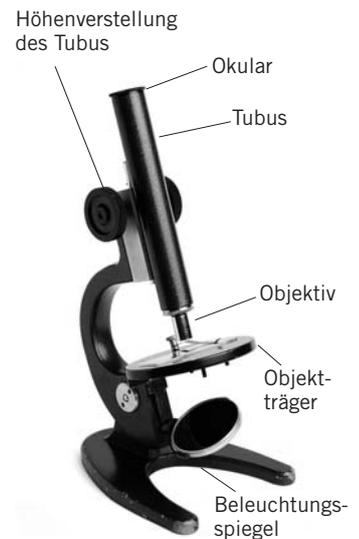


Bild 2: Das Schulmikroskop und seine Bestandteile

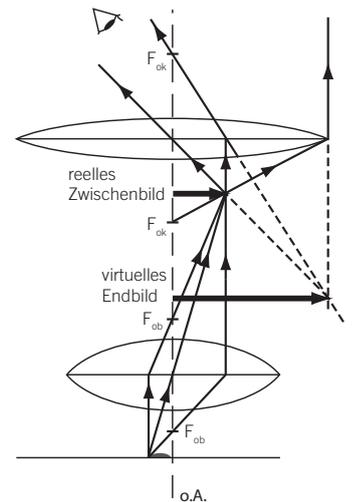


Bild 3: Strahlengang durch ein Mikroskop