



Man sieht den Wald vor lauter Bäumen nicht.

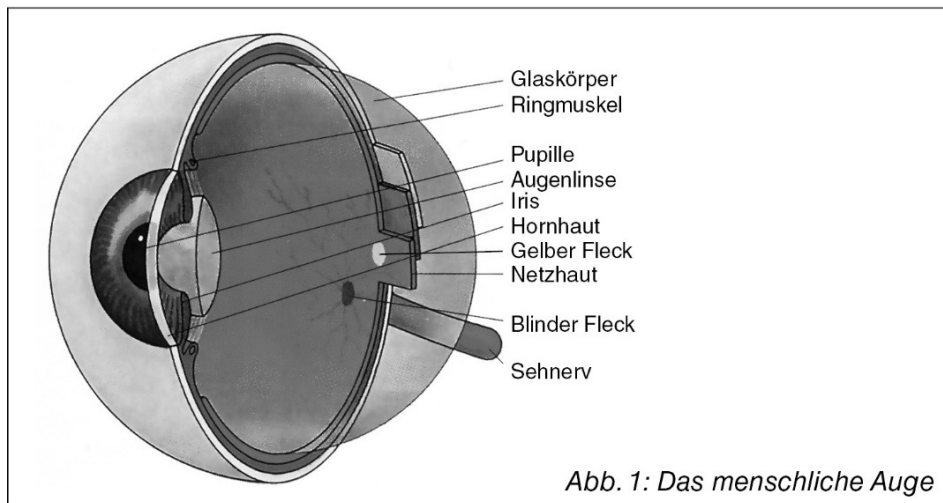
Klassenstufe	Thema	Niveau	Vorbereitungszeit
Sek I	Funktion des Auges	•	•

Wie das menschliche Auge ein Bild empfängt

Das Auge ist eines der wichtigsten Sinnesorgane des Menschen. Wenn man weiß, wie das wie das Sehen funktioniert, kann man die Veränderungen der Sehkraft schnell erkennen.

Unsere Augen bringen Höchstleistungen, sie sind besser als Kameras, da sie pro Sekunde mehr als 10 Millionen Informationen aufnehmen, die Sie dem Gehirn in blitzartiger Geschwindigkeit weiterleiten.

Augenerkrankungen fallen oft nicht sofort auf. Wenn ein Auge an Sehschärfe verliert, gleich das Andere den Verlust aus. Man denkt, man kann wieder voll sehen. Beim Augenarztbesuch fällt diese Täuschung meist erst auf.



Wenn Licht auf das Auge fällt, trifft es zunächst auf die lichtdurchlässige Hornhaut (Abb. 1).

Diese bricht das Licht und wirkt dadurch wie eine Sammellinse. Anschließend fällt das Licht auf die Pupille. Sie ist nichts anderes als ein Loch, das von der Iris umgeben ist. Iris und Pupille stellen gemeinsam eine Blende dar. Bei geringem Lichteinfall ist die Pupille weit geöffnet. Bei starkem Lichteinfall verkleinert sie sich bis auf einen Durchmesser von 1 bis 2 mm. Hinter der Pupille trifft das Licht auf die Augenlinse. Diese verstärkt die Brechung, die bereits an der Hornhaut stattgefunden hat. Dadurch entsteht an der Augentrückwand, der Netzhaut, ein scharfes Bild. Die Bildweite (Abstand Augenlinse–Netzhaut) ist im Auge immer gleich groß. Dennoch werden die unterschiedlich weit entfernten Gegenstände immer wieder scharf abgebildet. Das liegt daran, dass die Brennweite der Augenlinse veränderlich ist, sie kann akkomodieren. Die Augenlinse ist elastisch und kann mit Hilfe des Ringmuskels ihren Krümmungsradius an den zu sehenden Gegenstand anpassen. Beim Blick in die Ferne ist die Augenlinse nur schwach gewölbt (Abb. 2). Wenn man einen in der Nähe befindlichen Gegenstand betrachtet, wölbt sich die Augenlinse stärker (Abb. 3).

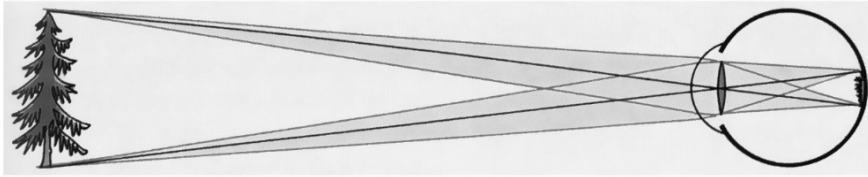


Abb. 2: Schwach gewölbte Augenlinse

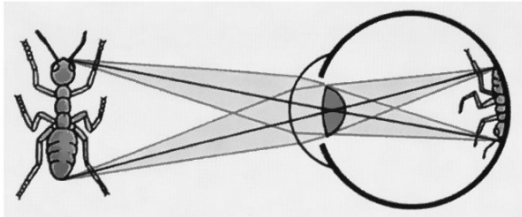


Abb. 3: Stark gewölbte Augenlinse

Dadurch wird das einfallende Licht stärker gebrochen, sodass wieder ein scharfes Bild auf der Netzhaut entsteht. Das Gehirn verarbeitet die auf dem Kopf stehenden Bild-Signale, die es von den Sinneszellen der Netzhaut über den Sehnerv erhält. Das Zentrum der Sinneszellen ist der gelbe Fleck. Die Stelle, an der der Sehnerv an die Netzhaut angeschlossen ist, nennt man blinder Fleck. An dieser Stelle kann keine Sinneswahrnehmung erfolgen. Das Gehirn sorgt für ein aufrecht stehendes Bild und macht aus den zwei Netzhautbildern der beiden Augen ein einziges räumliches Bild.

Im Alter verschlechtert sich die Akkomodationsfähigkeit.

Die Altersweitsichtigkeit ist dann die Folge. Kinder können, wenn sie keine angeborenen Augenfehler haben, in ca. 10 cm Entfernungen scharf sehen, sind es aber bei Erwachsenen ab ca. 50 Jahren bereits ca. 50 cm.

Die Ursache für die verschlechterte Akkomodation ist die Verfestigung der Augenlinse. Dieser natürliche Altersprozess ist nicht aufhaltbar.

Augentraining zwischen Nah und Fern ist sinnvoll: Wer viel am Computer arbeitet, sollte regelmäßig in die Ferne sehen, ein Marineoffizier, der die See beobachtet sollte regelmäßig Zeitung lesen !

Ein Funktionsmodell zu diesem Thema eignet sich sehr gut zur Darstellung dieser Phänomene (Best. Nr. 221000)

Die folgenden Versuche können mit dem Modell durchgeführt werden:

- 1 . Die Projektion eines Gegenstandes auf die Netzhaut
- 2 . Die Funktion der Pupille

3. Die Akkommodation des Auges
4. Das normalsichtige Auge
5. Das kurzsichtige Auge
6. Das weitsichtige Auge
7. Die Alterssichtigkeit
8. Der gelbe Fleck und der blinde Fleck auf der Netzhaut des Auges

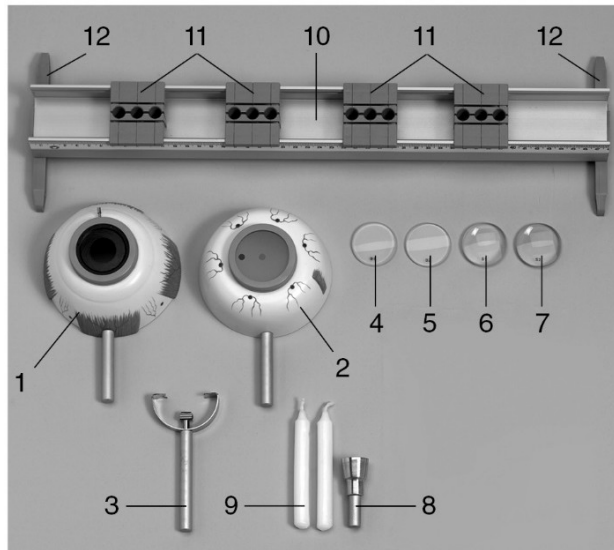
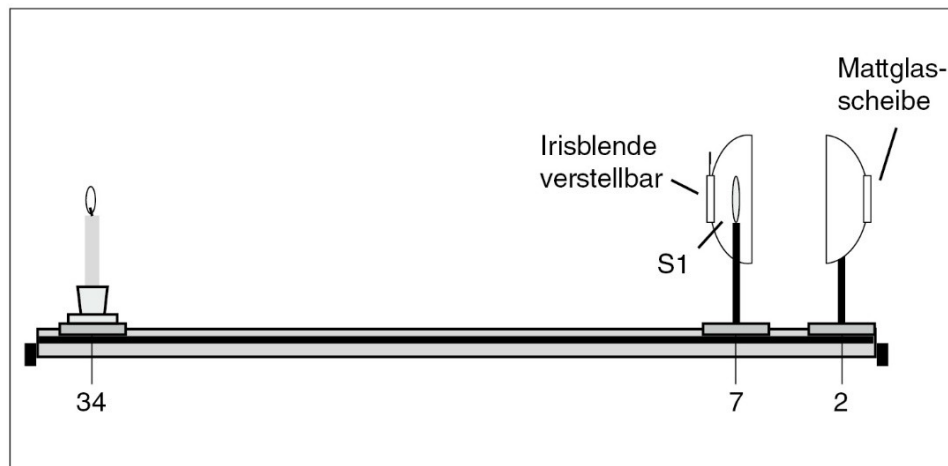


Abb. 4: Das Funktionsmodell menschliches Auge

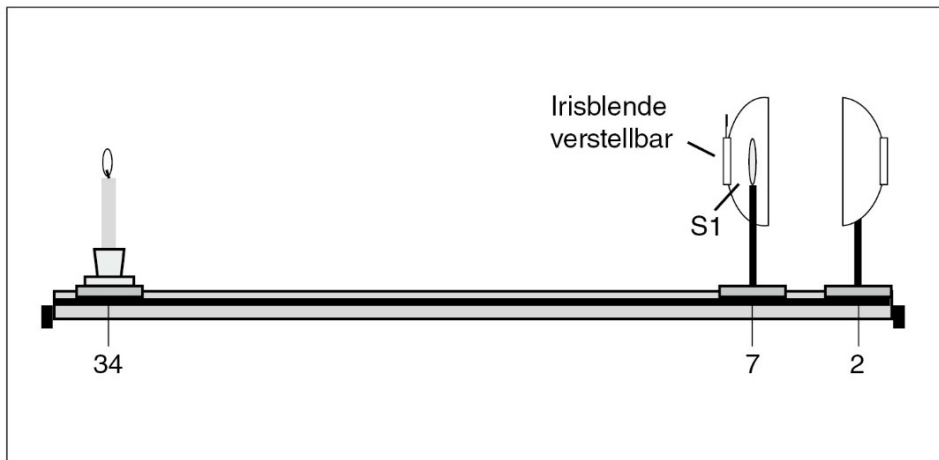
Das Modell besteht aus folgenden Teilen:

- 1 Augenhalschale mit verstellbarer Irisblende und Linsenhalter
- 2 Augenhalschale mit Mattglas-Schirm, gelbem und blindem Fleck
- 3 Linsenhalter auf Stab
- 4 Bikonkavlinse B1 ($f = -200 \text{ mm}$)
- 5 Bikonvexlinse B2 ($f = 300 \text{ mm}$)
- 6 Bikonvexlinse S1 ($f = 65 \text{ mm}$)
- 7 Bikonvexlinse S2 ($f = 80 \text{ mm}$)
- 8 Kerzenhalter auf Stab
- 9 Kerze (2x)
- 10 Profilschiene 48 cm lang
- 11 Klemmschieber (4x)
- 12 Paar anklammerbare Füße für die Profilschiene – Tube Silikonfett

Versuch 1: Die Projektion eines Gegenstandes auf die Netzhaut

Die zwei Schienenfüße (12) werden in die Enden der Profilschiene (10) und drei Klemmschieber (11) auf die Profilschiene gesteckt. Die Linse S1 (6) wird in den Linsenhalter der Augenhalschale (1) geklemmt. Die Stäbe der beiden Augenhalschalen (1, 2) werden in je einen Klemmschieber gesteckt und die Halbschalen an einem Ende der Schiene wie abgebildet mit einem Abstand von ca. 2,5 cm aufgestellt. Eine Kerze (9) wird in den Kerzenhalter (8) gesetzt, mit dem Stab in einen Klemmschieber gesteckt und angezündet (Abstand Kerze–Augenlinse ca. 27 cm). Die Kerzenflamme ist auf dem Kopf stehend auf der Mattglasscheibe der Augenhalschale (2) sichtbar.

Ergebnis: Das Bild eines Gegenstandes wird durch die Augenlinse auf der Netzhaut des Auges (Mattglasscheibe) auf dem Kopf stehend abgebildet.

Versuch 2: Die Funktion der Pupille

Die zwei Schienenfüße (12) werden in die Enden der Profilschiene (10) und drei Klemmschieber (11) auf die Profilschiene gesteckt. Die Linse S1 (6) wird in den Linsenhalter der Augenhalschale (1) geklemmt. Die Stäbe der beiden Augenhalschalen (1, 2) werden in je einen Klemmschieber gesteckt und die Halbschalen an einem Ende der Schiene wie abgebildet mit einem Abstand von ca. 2,5 cm aufgestellt. Eine Kerze (9) wird in den Kerzenhalter (8) gesetzt, mit dem Stab in einen Klemmschieber gesteckt und angezündet (Abstand Kerze – Augenlinse ca. 27 cm). Die Irisblende an der Augenhalschale (1) wird mit dem Hebel weit geöffnet und das Bild auf der Mattglasscheibe betrachtet. Die Kerzenflamme ist auf dem Kopf stehend mit einem hellen Schein sichtbar. In einiger Entfernung befindliche Gegenstände werden unscharf abgebildet. Die Irisblende wird langsam geschlossen und das Bild auf der Mattglasscheibe beobachtet. Die Abbildung aller Gegenstände wird schärfer aber dunkler.

Ergebnis: Die Irisblende (Teil der Pupille) reguliert den Lichteinfall in das Auge. Bei geringem Licht ist die Blende geöffnet, bei starkem Licht fast geschlossen. Damit wird auch die Tiefenschärfe abzubildender Gegenstände verbessert.

Versuch 3: Die Akkommodation des menschlichen Auges

Die zwei Schienenfüße (12) werden in die Enden der Profilschiene (10) und drei Klemmschieber (11) auf die Profilschiene gesteckt. Die Linse S1 (6) wird in den Linsenhalter der Augenhalschale (1) geklemmt. Die Stäbe der beiden Augenhalschalen (1, 2) werden in je einen Klemmschieber gesteckt und die Halbschalen an einem Ende der Schiene wie abgebildet mit einem Abstand von ca. 2,5 cm aufgestellt. Eine Kerze (9) wird in den Kerzenhalter (8) gesetzt, mit dem Stab in einen Klemmschieber gesteckt und angezündet (Abstand Kerze – Augenlinse ca. 27 cm). Die Kerzenflamme ist auf dem Kopf stehend auf der Mattglasscheibe der Augenhalschale (2) sichtbar. Die beiden Augenhalschalen werden auseinandergeschoben und die Augenlinse S1 entnommen. Die Krümmung der Linse wird betrachtet. Die Linse ist stark gekrümmt.

Ergebnis: Um Gegenstände scharf zu sehen, die sich näher als 5 m vor dem Auge befinden, muss die Brechung der Augenlinse durch eine stärkere Krümmung erhöht werden.

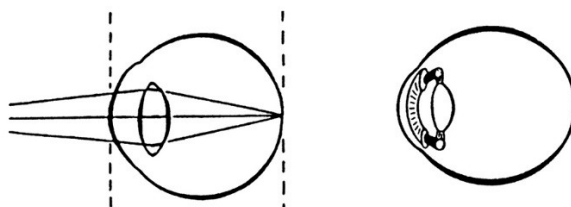


Abb. 5: Für die Nahsicht (Lesen) ist die Augenlinse stark gekrümmt.

Versuch 4: Das normalsichtige Auge

Die zwei Schienenfüße (12) werden in die Enden der Profilschiene (10) und zwei Klemmschieber (11) auf die Profilschiene gesteckt. Die Linse S2 (7) wird in den Linsenhalter der Augenhalschale (1) geklemmt. Die Stäbe der beiden Augenhalschalen (1, 2) werden in je einen Klemmschieber gesteckt und die Halbschalen an einem Ende der Schiene wie abgebildet mit einem Abstand von ca. 2,5 cm aufgestellt. Es wird ein Ziel in ca. 30 – 40 m Entfernung angepeilt (Haus, Baum). Der Gegenstand wird auf dem Kopf stehend scharf auf der Mattglasscheibe der Augenhalschale (2) abgebildet. Die beiden Augenhalschalen werden auseinandergeschoben, die Augenlinse S2 (7) entnommen und mit der Linse S1 (6) aus dem Versuch 3 verglichen. Die Krümmung der Linse S2 ist geringer als die der Linse S1.

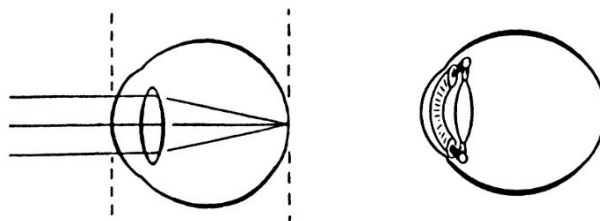
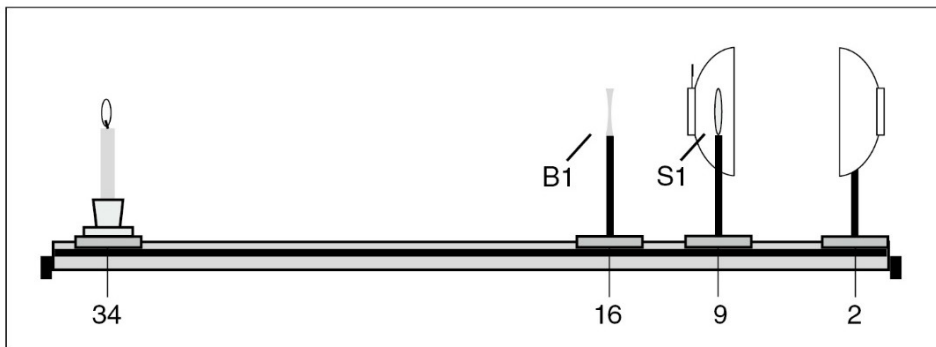


Abb. 6: Beim Blick auf einen weit entfernten Gegenstand ist die Augenlinse nur schwach gekrümmt.

Ergebnis: Das normalsichtige Auge ist in der Ruhestellung zum Sehen in die Entfernung eingerichtet. Das in parallelen Strahlen einfallende Licht wird durch die Augenlinse auf die Netzhaut fokussiert.

Versuch 5: Das kurzsichtige Auge



Die zwei Schienenfüße (12) werden in die Enden der Profilschiene (10) und die vier Klemmschieber (11) auf die Profilschiene gesteckt. Die Linse S1 (6) wird in den Linsenhalter der Augenhalschale (1) geklemmt. Die Stäbe der beiden Augenhalschalen (1, 2) werden in je einen Klemmschieber gesteckt und die Halbschalen an einem Ende der Schiene wie abgebildet mit einem Abstand von ca. 4 cm aufgestellt. Eine Kerze (9) wird in den Kerzenhalter (8) gesetzt, mit dem Stab in einen Klemmschieber gesteckt und angezündet (Abstand Kerze – Augenlinse ca. 25 cm). Die Kerzenflamme wird unscharf auf dem Kopf stehend auf der Mattglasscheibe der Augenhalschale (2) abgebildet. Dieser Aufbau simuliert das zu lang gebaute Auge, das deshalb kurzsichtig ist (s. Abb. 7). Der Linsenhalter (3) wird mit der bikonkaven Brillenlinse B1 (4) bestückt und in einem Klemmschieber im Abstand von ca. 7 cm vor der Augenlinse auf der Schiene aufgebaut. Jetzt wird die Kerzenflamme scharf auf der Mattglasscheibe abgebildet (s. Abb. 8). Das Gleiche kann mit der Brille eines kurzsichtigen Lehrers oder Schülers demonstriert werden, die zwischen die Kerze und das Augenmodell gehalten wird.

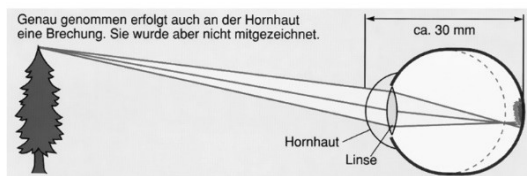


Abb. 7: Das kurzsichtige Auge ohne Brille – unscharfes Bild auf der Netzhaut

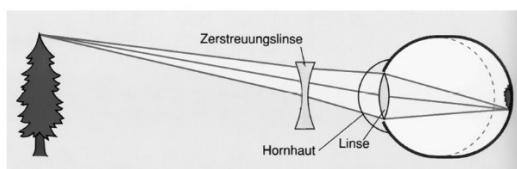
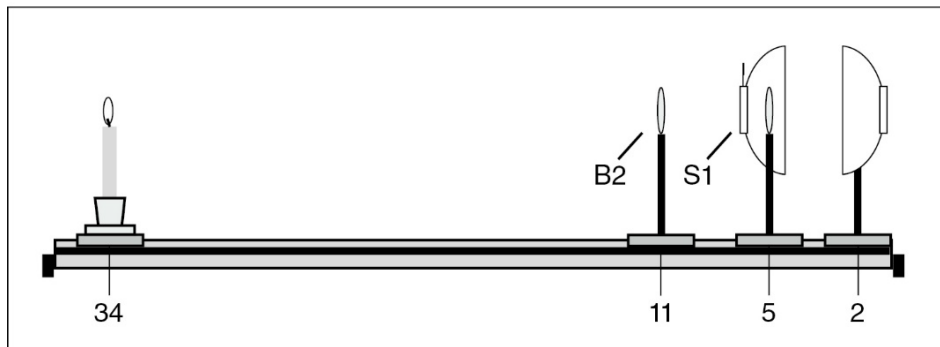


Abb. 8: Das kurzsichtige Auge mit Brille – scharfes Bild auf der Netzhaut

Ergebnis: Der Augenfehler der Kurzsichtigkeit aufgrund eines zu lang gebauten Auges kann mit Hilfe einer konkaven (divergierenden) Linse vor der Augenlinse korrigiert werden (Brille).

Versuch 6: Das weitsichtige Auge



Die zwei Schienenfüße (12) werden in die Enden der Profilschiene (10) und die vier Klemmschieber (11) auf die Profilschiene gesteckt. Die Linse S1 (6) wird in den Linsenhalter der Augenhalbschale (1) geklemmt. Die Stäbe der beiden Augenhalbschalen (1, 2) werden in je einen Klemmschieber gesteckt und die Halbschalen an einem Ende der Schiene wie abgebildet dicht beieinander aufgestellt. Eine Kerze (9) wird in den Kerzenhalter (8) gesetzt, mit dem Stab in einen Klemmschieber gesteckt und angezündet (Abstand Kerze – Augenlinse ca. 29 cm). Die Kerzenflamme ist auf dem Kopf stehend auf der Mattglasscheibe der Augenhalbschale (2) unscharf sichtbar. Der Aufbau simuliert das zu kurz gebaute Auge, das deshalb weitsichtig ist (s. Abb. 9). Der Linsenhalter (3) wird mit der bikonvexen Brillenlinse B2 (5) bestückt und in einem Klemmschieber im Abstand von ca. 6 cm vor der Augenlinse aufgebaut. Die Kerzenflamme wird jetzt auf der Mattglasscheibe der Augenhalbschale (2) scharf abgebildet (s. Abb. 10). Das Gleiche kann mit der Brille eines weitsichtigen Lehrers oder Schülers demonstriert werden, die zwischen die Kerze und das Augenmodell gehalten wird.

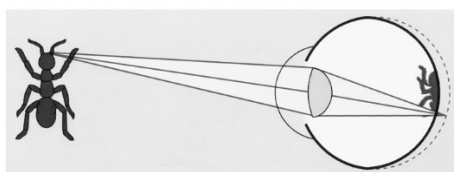


Abb. 9: Das weitsichtige Auge ohne Brille – unscharfes Bild auf der Netzhaut

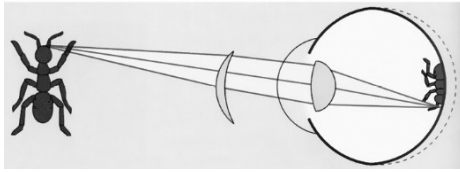
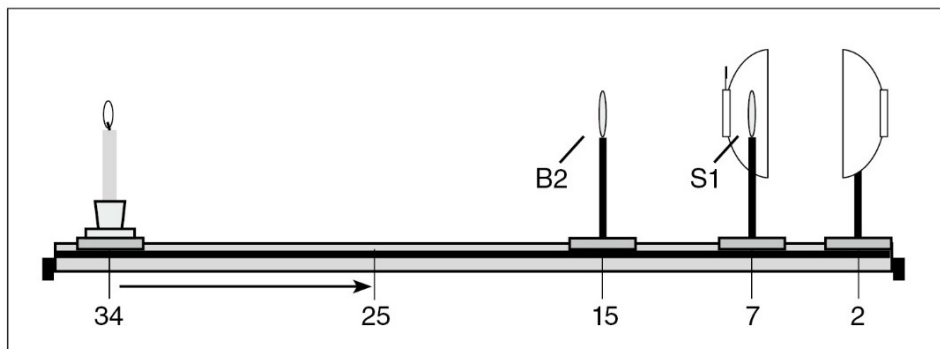


Abb. 10: Das weitsichtige Auge mit Brille – scharfes Bild auf der Netzhaut

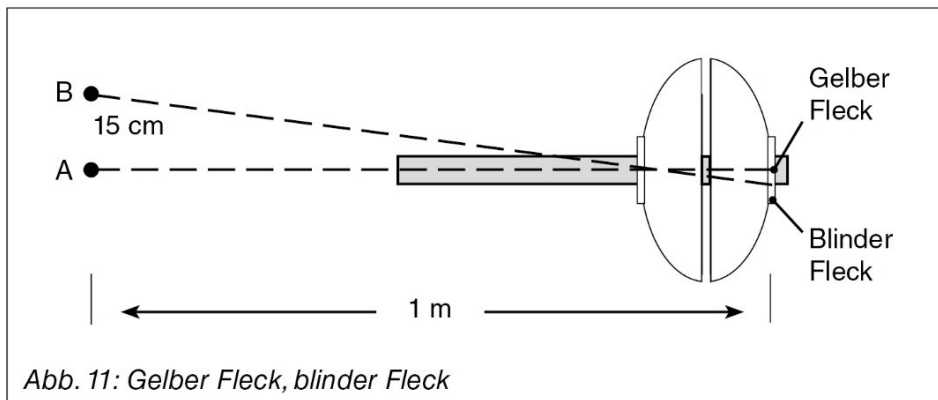
Ergebnis: Der Augenfehler der Weitsichtigkeit aufgrund eines zu kurz gebauten Auges kann mit Hilfe einer konvexen (konvergierenden) Linse vor der Augenlinse korrigiert werden (Brille).

Versuch 7: Das alterssichtige Auge



Die Elastizität der Augenlinse lässt mit zunehmendem Alter nach. Ältere Menschen benötigen deshalb zum Lesen eine Lupe oder Lesebrille. Die zwei Schienenfüße (12) werden in die Enden der Profilschiene (10) und die vier Klemmschieber (11) auf die Profilschiene gesteckt. Die Linse S1 (6) wird in den Linsenhalter der Augenhalschale (1) geklemmt. Die Stäbe der beiden Augenhalschalen (1, 2) werden in je einen Klemmschieber gesteckt und die Halbschalen an einem Ende der Schiene wie abgebildet mit einem Abstand von ca. 2,5 cm aufgestellt (normales Auge). Eine Kerze (9) wird in den Kerzenhalter (8) gesetzt, mit dem Stab in einen Klemmschieber gesteckt und angezündet. (Abstand Kerze – Augenlinse ca. 27 cm). Die Kerzenflamme wird scharf und auf dem Kopf stehend auf der Mattglasscheibe der Augenhalschale (2) abgebildet. Es wird angenommen, dass sich die Kerze im Nahpunkt des Auges befindet, so dass die Augenlinse nicht in der Lage ist, weiter zu akkomodieren. Die Augenlinse kann kein scharfes Bild von einem Gegenstand abbilden, der näher vor dem Auge ist, als die Kerze. Die Kerze wird langsam in Richtung Augenmodell bis zu einem Abstand von ca. 18 cm zur Augenlinse bewegt und die Abbildung auf der Mattglasscheibe beobachtet. Die Abbildung wird zunehmend unscharf. Der Linsenhalter (3) wird mit der bikonvexen Brillenlinse B2 (5) bestückt und in einem Klemmschieber im Abstand von ca. 8 cm vor der Augenlinse aufgebaut. Jetzt erscheint die Abbildung der Kerzenflamme scharf und vergrößert.

Ergebnis: Die Alterssichtigkeit kann mit einer konvexen (konvergierenden) Linse korrigiert werden. Eine Lupe oder Lesebrille bringt den Gegenstand näher vor das Auge. Das Bild auf der Netzhaut ist vergrößert und deshalb besser zu erkennen.



Versuch 8: Gelber und blinder Fleck auf der Netzhaut

Die zwei Schienenfüße (12) werden in die Enden der Profilschiene (10) und zwei Klemmschieber (11) auf die Profilschiene gesteckt. Die Linse S1 (6) wird in den Linsenhalter der Augenhalschale (1) geklemmt. Die Stäbe der beiden Augenhalschalen (1, 2) werden in je einen Klemmschieber gesteckt und die Halbschalen an einem Ende der Schiene wie abgebildet mit einem Abstand von ca. 1,5 cm aufgestellt. Zwei Kerzen (9) werden im Abstand von ca. 15 cm nebeneinander in einer Entfernung von ca. 1 m vom Augenmodell gemäß untenstehender Abbildung aufgebaut und angezündet. Das Augenmodell wird in einer Linie mit der Kerze A justiert und es erscheint ein scharfes Bild von zwei kleinen Kerzenflammen auf der Mattglasscheibe. Die Flamme der Kerze A liegt auf dem gelben Fleck, die Flamme der Kerze B befindet sich links daneben. Die Schiene mit den Augenhalschalen wird nun in gerader Linie auf die Kerze A zu bewegt, bis sich die Flamme B auf dem schwarzen Punkt des blinden Flecks befindet.

