

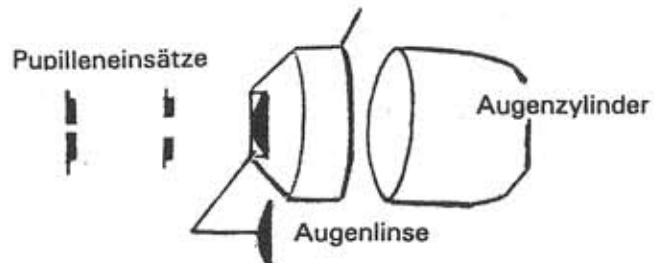
## EXPERIMENTIERSATZ AUGE - Photopische Funktionsmodelle

Ein Experimentiersatz besteht aus 5 Funktionsmodellen Auge mit zusätzlichen Vorsatzlinsen. Es können also 5 Schülergruppen damit experimentieren. Vorzuziehen wäre, wenn nur 1 oder 2 Personen die Versuche durchführen. Es empfiehlt sich daher die Anschaffung von 3 kompletten Experimentiersätzen. - Für jedes einzelne Augenmodell wird 1 Kerze benötigt.

### Modellbeschreibung:

Ein Augenmodell besteht aus:

- Augenzylinder (Augenhöhle), milchig durchsichtig
- Augendeckel weiß.
- Augenlinse, herausnehmbar.
- Weißer Pupilleneinsatz, kleines Loch
- Weißer Pupilleneinsatz, mittelgroßes Loch
- Vorsatzlinse (entspricht der Brille), konvex (rot markiert)



Vorsatzlinse (entspricht der Brille)  
konkav (nicht markiert) zusätzl. 1 Kerze  
- Streifen zur Lokalisierung d. Blinden Fleckes

### Arbeitsanleitung

#### A. Experimente zur Darstellung der Funktion des Auges

**Erster Schritt: Hell-Dunkelsehen, Richtungserkennen.** Die Schüler entnehmen dem Auge die innere Linse und schließen das Modell wieder. Ein Pupilleneinsatz wird zunächst nicht verwendet, sondern die ganz große Pupillenöffnung des weißen Augendeckels dient dem ersten Versuch. Dann halten die Schüler das Auge mit der Öffnung gegen eine brennende Kerze (Abstand ca. 20 - 30 cm) und erkennen auf dem Augenhintergrund einen runden Lichtfleck. Wird das Auge horizontal oder vertikal verschoben, wandert der Lichtpunkt auf dem Augenhintergrund entsprechend mit.

**Fazit:** Ein linsenloses Auge mit weiter Pupille gestattet nur eine Hell-Dunkel-Wahrnehmung ein Richtungssehen, Gestaltsehen ist nicht möglich.



Erster Schritt

Zweiter Schritt

Dritter Schritt

**Zweiter Schritt: Formenerkennen.** In die weite Pupille wird der Pupilleneinsatz mit dem engen Loch eingesetzt. Jetzt erkennen die Schüler auf dem Augenhintergrund die auf dem Kopf stehende Kerzenflamme.

**Fazit:** Ein linsenloses Augen mit ganz enger Pupille ermöglicht nicht nur Hell-Dunkel- und Richtungssehen, sondern auch ein Formenerkennen. Der Gegenstand wird auf der Netzhaut umgekehrt abgebildet (Lochkamera)

**Dritter Schritt: Verbesserung der optischen Wahrnehmungsfähigkeiten.** Die Augenlinse wird in das Innere des Augendeckels eingesetzt, das Modell geschlossen und der Pupilleneinsatz mit dem kleinen Loch wird ausgetauscht gegen den Pupilleneinsatz mit dem mittelgroßen Loch. Diese Pupillenöffnung stellt in unserem Modell eine Pupillenverengung dar (der erste Pupilleneinsatz diente nur zur Darstellung des Prinzips einer Lochkamera). Das Modell wird im bewährten Abstand von der Kerze gehalten. Jetzt ist (durch die Linse) die Kerzenflamme wesentlich deutlicher und schärfer abgebildet.

**Vierter Schritt: Exaktes Sehen durch genügend Lichteinfall.** Der Pupilleneinsatz wird abgenommen, so daß der Lichteinfall durch die weite Pupille des Augendeckels erfolgt. (Auf Skizze wurde verzichtet). Man sieht nicht nur die Flamme sondern auch die Kerze und die vom Kerzenlicht beleuchtete Umgebung wie auf einem Bildschirm abgebildet. Farbunterschiede sind deutlich erkennbar.

**Fazit:** In Verbindung mit einer Linse ist durch eine weite Pupille, die einen genügenden Lichteinfall garantiert, photographisch genaues Sehen möglich. Die Schüler erklären, warum das Bild umgekehrt abgebildet wird.

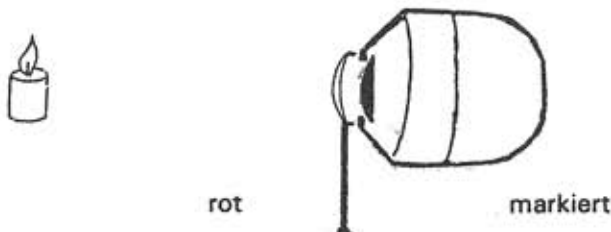
**B. Experimente zur Erarbeitung der Weit- und Kurzsichtigkeit und deren Korrektur durch optische Linsen**  
Die Experimente zu den Sehfehlern werden unter Benutzung des Augendeckels mit der „weiten Pupille“ durchgeführt.

### 1. Weitsichtigkeit

Der Augenzylinder wird bis zum Anschlag in den Augendeckel eingeschoben, so daß der Augapfel äußerste Kürze erreicht. Jetzt wird das Auge von ca. 50 cm gegen ein Kerzenlicht gehalten, wobei die Pupille nach vorn zeigt. Auf dem Augenhintergrund erscheint ein reelles verkleinertes Abbild der Kerze. Dieses Abbild ist bei dem Abstand von ca. 50 cm klar und deutlich.

Nähert man das Auge der Kerze bis auf ca. 12 - 15 cm, dann vergrößert sich das Abbild und wird gleichzeitig unscharf. Demnach ist das Auge weitsichtig (die entfernten Gegenstände werden deutlicher wahrgenommen als nahe). Mit einer Konvexlinse (rot markiert), die vor die Pupille gehalten wird, kann der Sehfehler korrigiert werden.

**Fazit:** Ein „kurzes Auge“ führt zur Weitsichtigkeit. Hierbei wird ein naher Gegenstand hinter der Netzhautebene abgebildet, weil die Brechkraft der Augenlinse nicht ausreicht, die einfallenden Lichtstrahlen in der notwendigen Stärke zu beugen. Eine vorgesetzte Konvexlinse unterstützt die Brechkraft der Augenlinse, die Netzhaut wird wieder zur Abbildungsebene und das Bild erscheint scharf



Korrektur der Weitsichtigkeit  
bei kurzer Entfernung  
Konvexlinse

### 2. Kurzsichtigkeit

Durch das weiteste Herausziehen des Augenzylinders aus der Fassung des Pupillendeckels entsteht ein langer Augapfel.

Bei dem Abstand zwischen Auge und Kerze von ca. 12 bis 15 cm ist ein deutliches Bild der Kerze auf dem Augenhintergrund zu erkennen. Vergrößert man den Abstand, dann wird die Abbildung kleiner und unscharf. Eine Konkavlinse (nicht markiert) vor das Auge gehalten, läßt ein scharfes Bild auf dem Augenhintergrund entstehen.

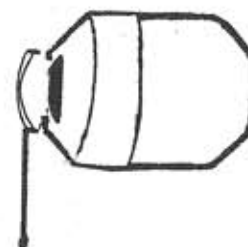
**Fazit:** Ein zu langer Augapfel ist die Ursache für Kurzsichtigkeit. Ein ferner Gegenstand wird vor der Netzhautebene abgebildet, weil die Brechkraft der Linse im Vergleich zur Augenlänge zu stark ist. Die Linse kann nicht durch eine erforderliche Abflachung auf die entsprechende Entfernung akkomodieren.

Bei dem Einsatz einer Konkavlinse verlagert sich infolge der zerstreuen Wirkung die Abbildungsebene nach rückwärts auf die Netzhaut. Dadurch wird der Sehfehler der Kurzsichtigkeit korrigiert.

Selbstverständlich führen die vorgesetzten Konvex- und Konkavlinen nur in jeweils einer bestimmten Entfernung des Auges vom Kerzenlicht zu einem scharfen Bild, abhängig von der Linsenkrümmung (Dioptrien).- Der Schüler muß also im Experiment diese Entfernung, die zu der korrigierten Sehschärfe führt herausfinden.



Korrektur der Kurzsichtigkeit  
bei weiter Entfernung Konkavlinse

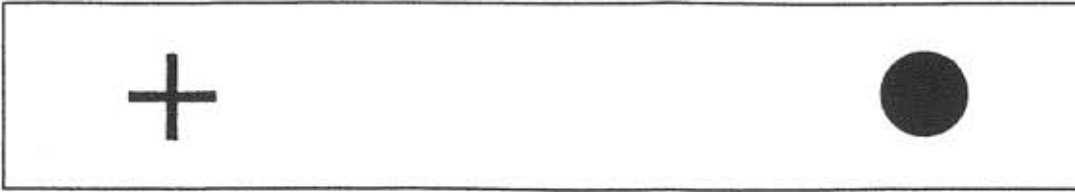


nicht markiert

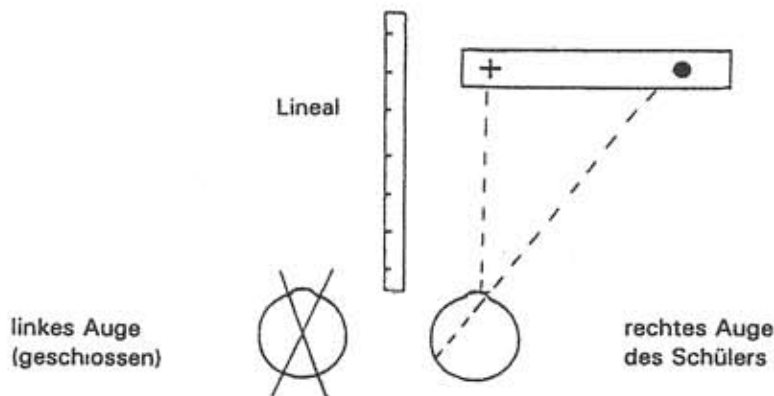
### C. Experimente zur Lokalisierung des blinden Fleckes

#### Erster Schritt - Test zum blinden Fleck

Je zwei Schüler erhalten einen Streifen mit einem Kreuz (links) und einem Punkt (rechts)



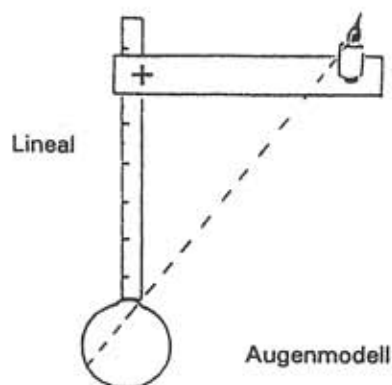
Der eine Schüler hält diesen Streifen von ca. 50 cm vor das rechte Auge des übrigen Schülers, während dieser das linke Auge zuhält. Das rechte Auge fixiert das Kreuz auf dem Streifen. Mit dem Heranführen des Streifens durch den ersten Schüler an das Auge und bei starrem Fixieren des Kreuzes verschwindet im Abstand von ca. 26 - 30 cm der schwarze Punkt, weil seine Lichtstrahlen auf den blinden Fleck treffen, die dort mangels retinaler Perzeptionsfähigkeit nicht wahrgenommen werden können.



Zur Abstandmessung wird vom Partner ein Lineal zwischen die Augen des übrigen Schülers gehalten.

#### Zweiter Schritt - Lokalisierung des blinden Fleckes auf dem Augenmodell

Der Streifen wird so auf ein Lineal gelegt, daß das Rechteck in Höhe von ca. 28 cm zu liegen kommt. Auf den schwarzen Punkt, der in dieser Position direkt auf den blinden Fleck zeigt, wird eine brennende Kerze gestellt. An den Nullpunkt des Lineals wird das Augenmodell angehalten. In dieser Position wird das Kerzenlicht auf dem Augenhintergrund an der Stelle abgebildet, an der sich beim natürlichen Auge der blinde Fleck (= Austrittsstelle der N. opticus) befindet.

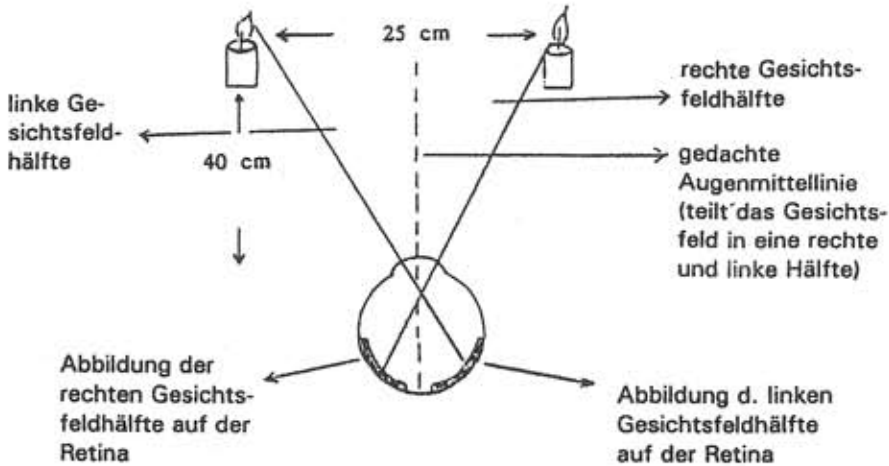


Die Schüler finden heraus, daß der blinde Fleck nicht im Zentrum des Augenhintergrundes liegt, sondern nasal (zur Nase hin) verschoben ist. Dies gilt auch für das linke Auge.

### D. Gesichtsfeld und Chiasma opticum

Unter dem monokularen (= einäugigen) Gesichtsfeld versteht man die Gesamtheit aller Objekte, die bei ruhendem Auge gleichzeitig in räumlicher Anordnung wahrgenommen werden (aus SCHMIDT/THEWS: Physiologie des Mensch. Springer Verlag Berlin Heidelberg New York).

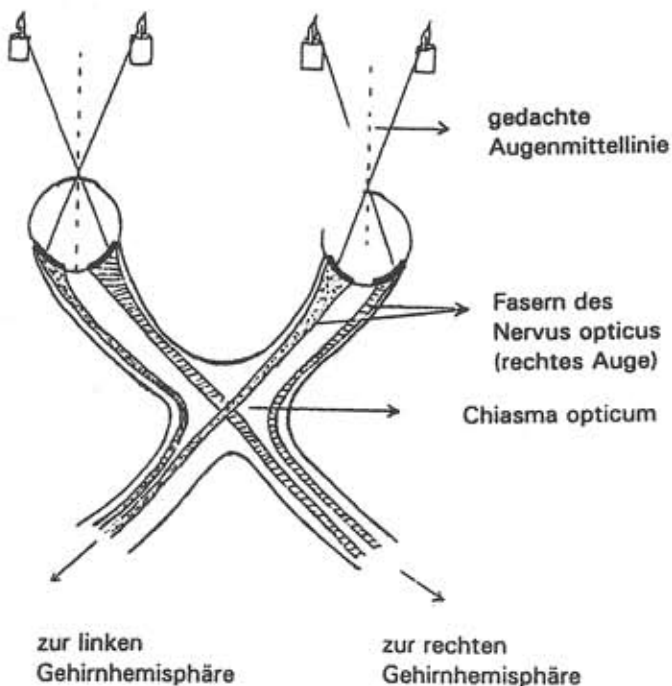
Um das monokulare Gesichtsfeld am Modell erfahrbar zu machen, stellt man 2 brennende Kerzen in einem seitlichen Abstand von ca. 25 cm auf. Ohne Linse und bei großer Pupille hält man das Modell im Abstand von ca. 40 cm gegen die Kerzen. Auf dem Augenhintergrund erscheinen zwei von den Kerzen verursachte helle Kreise.



Führt man nun von der rechten Seite ein Blatt Papier zwischen Auge und rechter Kerze, dann verschwindet auf dem Augenhintergrund der linke Kreis. Entsprechend verläuft ein Versuch von der linken Seite, d.h., daß der rechte Kreis verschwindet.

Aus diesen Versuchen ist zu erkennen, daß Gegenstände, die rechts einer gedachten Augenmittellinie liegen, im linken Teil des Augenhintergrundes abgebildet werden (rechte Gesichtsfeldhälfte). Dies gilt entsprechend auch für die linke Gesichtsfeldhälfte.

Die optischen Informationen der rechten Gesichtsfeldhälfte gelangen in die rechte Gehirnhemisphäre, während die Nervenfasern der linken Gesichtshälfte zur linken Hemisphäre ziehen. Dadurch kommt es zu einer Überkreuzung von Nervenfasern beider Augen, dem Chiasma opticum.



Es empfiehlt sich, das Gesichtsfeld in Verbindung mit dem Chiasma opticum zu erarbeiten, da auf Grund der dort stattfindenden Informationsverteilung an die Gehirnhemisphäre räumliches Sehen möglich wird. Eine der Voraussetzungen für das räumliche Sehen ist die dargestellte Projektion der Gesichtshälften auf der Netzhaut. Daraus ergibt sich auch die didaktische Legitimation für die Behandlung dieses Stoffbereiches.