

Auge

Um sehen zu können ist ein System nötig, das Bilder erzeugen und diese auch auswerten kann. Im Laufe der Evolution wurden verschiedene Formen verwirklicht, wichtige Grundlagen sollen in diesen Einheiten angedeutet werden.

"Sehen" ist wesentlich mehr als "Bildentstehung" !!

1.) „Lochkamera“

T Die ersten Überlegungen und Experimente zur Entstehung von Bildern durch feine Löcher auf einem dahinterliegenden Bildschirm stammen bereits aus der Zeit etwa 400 vor Christus aus China und wurden in Europa seit Aristoteles vielfach weitergeführt. ("Camera obscura"). Ein Beispiel für diese Art der Bildentstehung stellt das Lochauge des Nautilus dar.

F/E Blicke durch das vorliegende Lochkammermodell und beantworte folgende Fragen: Welche Lage hat das Bild im Vergleich zum Gegenstand; wie beeinflusst die Öffnungsgröße die Güte der Abbildung und die Helligkeit des Bildes ?

.....

2.) Abbildung mit Linsen

T Eine wesentliche Verbesserung der Bilder ergibt sich durch die Verwendung von Sammellinsen. Die Theorie liefert folgende Zusammenhänge:

$$\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \quad (\text{Abbildungsgleichung}); \quad \text{und} \quad \frac{G}{g} = \frac{B}{b}$$

g Abstand des Gegenstandes vor der Linse (Gegenstandsweite)

f Brennweite und b Abstand des scharfen Bildes hinter der Linse (Bildweite),

G ... Gegenstandsgröße, B ... Bildgröße

F/R Konstruiere auf der Rückseite mit Hilfe der sogenannten Hauptstrahlen laut Anleitung das Bild eines aufrechten Pfeiles für folgende Daten :

f = 5 cm, g = 9 cm , G = 2 cm.

Überprüfe das Ergebnis für Bildweite b und Bildgröße B mit Hilfe der Theorie und vergleiche mit deiner Zeichnung !



E/P Bilde das vorliegende Dia (auf Diahalter, $g = 35 \text{ cm}$) mit Hilfe der Schülerübungsgeräte und der Linse $f = +100 \text{ mm}$ auf einem Schirm möglichst scharf ab.

Miss die Bildweite b und vergleiche mit der nach obiger Formel berechneten theoretischen Bildweite.

Berechnete $b = \dots\dots \text{ cm}$ gemessene $b = \dots\dots\dots \text{ cm}$

3.) Bau und Funktion des menschlichen Auges

T Das Abbildungssystem des menschlichen Auges besteht im Wesentlichen aus der Hornhaut, der vorderen wassergefüllten Augenkammer, der Linse und dem Glaskörper mit der Netzhaut als Bildschirm. Der Beitrag von Hornhaut und Augenkammer zur Lichtbrechung ist mit etwa 70 % wesentlich größer als der Anteil der Linse, deren Krümmung (und damit Brennweite) allerdings im Gegensatz zur Hornhaut verändert werden kann.

Dadurch können bei gleichbleibender Bildweite (Abstand Linse - Netzhaut) verschieden weit entfernte Gegenstände scharf abgebildet werden (**Akkommodation**).

Die Brechkraft **D** eines Systems wird angegeben in **Dioptrien**

Es gilt der Zusammenhang: $D = 1 / f$ (Angabe von f in Meter !)

F Benenne nach Studium des zur Verfügung stehenden Modellauges mit Hilfe einer **Zeichnung auf der Rückseite** mindestens 5 wesentliche Bestandteile des menschlichen Auges.

Beantworte auch folgende Fragen :

Wie wird die Linsenkrümmung verändert (Druck oder Zugspannungen) ?

.....

Ist die Linse bei Ferneinstellung flach oder stark gekrümmt und sind die dazu nötigen Muskel entspannt oder angespannt ?

.....

Wie erfolgt die **Adaption** d. h. die Anpassung an verschiedene Helligkeiten ?

.....



- E** Bestimme die Brennweite der aus dem Kuhauge herauspräparierten Linse:
 Lege sie auf ein Uhrglas, bilde damit die Glühwendel der senkrecht gehaltenen Lampe scharf auf den Tisch ab und berechne aus den gemessenen Größen g und b die Brennweite f .

$$f = \dots\dots\dots \text{ mm}$$

- T** Die häufigsten Probleme sind Kurz- oder Weitsichtigkeit durch "Baufehler" des Augapfels und altersbedingte Weitsichtigkeit durch nachlassende Elastizität der Linse. Korrigiert werden diese Fehler durch Sammellinsen (bei Weitsichtigkeit) oder Zerstreuungslinsen (bei Kurzsichtigkeit).

Weitsichtigkeit wird korrigiert mittels einer

Kurzsichtigkeit wird korrigiert mit Hilfe von

4.) Bildverarbeitung

- T** Die Weiterverarbeitung des auf der Netzhaut entstehenden Bildes innerhalb der Netzhautschichten und im Gehirn bewirkt erst den Eindruck, den wir von unserer Umwelt haben. Wichtige Leistungen sind unter anderem Akkomodation und Adaption, Farbsehen, räumliches Sehen, zeitliches und räumliches Auflösungsvermögen, Dämmerungssehen, die ständige unbewußte Bewertung und Vervollständigung des Bildes u.v.a.m.

Dabei spielen neben den rein physikalischen Phänomenen viele weitere Faktoren und die phantastische "Rechnerleistung" unseres Gehirnes eine wesentliche Rolle.

- E** **Einige Demonstrationsexperimente sollen das verdeutlichen:**

Rotierende Farbscheibe mit Stroboskop

Additive Farbmischung mit 3 Lampen, farbige Schatten

Folien zu Farbenblindheit

Blinder Fleck - kopfloser Lehrer

[ev. Vorführungen zum Thema „Optische Täuschungen“ - ppt-Datei]

- F** Nenne mindestens 3 Gründe für räumliches Sehen :

.....



E/P Einige Versuche im **Stationsbetrieb** :

Führe möglichst viele der angegebenen Versuche aus dem vorbereiteten Stationsbetrieb selbständig durch und beschreibe mindestens drei davon in einem **ordentlichen** Sammel-Versuchsprotokoll !

- Additive und subtraktive Farbmischung am Computer und mit Folien
- Zeichne mit aufgesetzter Umkehrbrille ein Quadrat auf die Tafel und schütte Wasser aus einem Gefäß in ein nebenstehendes Glas
- Versuche zu "Blinder Fleck" (z. B. 2 kleine Münzen am Tisch im Abstand 8 cm, Kopf etwa 25 cm über dem Tisch)
- Versuche den Umriss vom "Blinden Fleck" auf ein Blatt Papier zu zeichnen !
- Einäugig Glasperlen in eine Flasche werfen bzw. mit Bleistift in Flaschenhals treffen
- Betrachten von 3D - Bildern durch Farbbrillen
- 3D-Eindrücke durch Entkoppeln von Konvergenzstellung und Akkomodation.
- Auflösungsvermögen und Sinneszellendichte der Netzhaut bestimmen:
Dazu ein kleines Blatt mit waagrechten Strichen (1 mm breit, 1 mm Abstand) an der Wand befestigen und messen der maximalen Entfernung, aus der man noch Einzelstriche erkennt.
Berechnungen laut Folie (NWiU - PH Nr. 56, S. 16)

Variante: Sehtest von „Licht in die Welt“



Datenblatt zum menschlichen Auge

Das Abbildungssystem des Auges besteht aus Hornhaut, vorderer (wassergefüllter) Augenkammer und Linse und hat zwei verschiedene Brennweiten, da es vorne an Luft (Brechzahl $n = 1$), innen an den Glaskörper (Brechzahl $n' = 1,336$) grenzt.

Durchmesser der Linse : ca 10 mm

Dicke der Linse : zwischen 3,6 und 4,4 mm (je nach Akkomodation)

Krümmungsradius der Linse :

Bei Einstellung auf unendlich vorne 10 mm, hinten 6 mm; bei Naheinstellung nehmen beide bis auf 5,3 mm ab (deutlich stärkere Krümmungszunahme vorne !)

Krümmungsradius der Hornhaut : 8 mm

Bildweite b (Abstand Systemmittelpunkt - Netzhaut) : $b = 23$ mm

Brennweiten f :

Gesamtsystem	vordere BW f	hintere BW f'	nur Linse in Luft
Nahakkomodation (0,1 m)	14,7 mm	19,7 mm	37 mm
Fernakkomodation	17,1 mm	22,8 mm	59 mm

Es gilt: $f/g + f'/b = 1$; $f'/f = n'/n$; $1/g + n'/b = 1/f$

Brechwert (Brechkraft) D :

Ferneinstellung: 58 dpt (Hornhaut + Kammer 41 dpt, Linse 17 dpt, also nur 29 %)

Naheinstellung auf 0,1 m: 68 dpt (H + K 41 dpt, Linse 27 dpt)

Das junge Auge schafft also ein ΔD von 10 dpt, im Alter nimmt die Fähigkeit ab.

Es gilt : $\Delta D = 1 / g_N$ (g_N Entfernung des Nahpunktes in Metern)

Bsp.: Bei $g_N = 80$ cm beträgt ΔD nur mehr 1,25 dpt.

Korrigiert man durch eine Brille mit 1,5 dpt, liegt der Nahpunkt wieder bei 35 cm.

