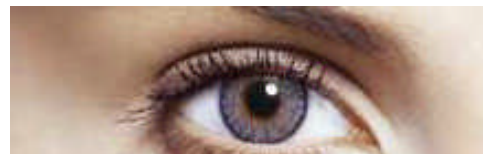







# Das Auge

Lehrerinformation



1/16

<b>Arbeitsauftrag</b> 	Biologie und Aufbau des Auges studieren Arbeitsblätter lösen
<b>Ziel</b> 	Kennenlernen des Normalauges, der Abarten und deren Korrekturen
<b>Material</b> 	Text, Modelle, Arbeitsblätter, Präsentationen
<b>Sozialform</b> 	Je nach Situation Plenum, EA oder GA
<b>Zeit</b> 	180'

- Die Lektionsteile werden mit den Präsentationen und Experimenten im Wechsel rhythmisierend bearbeitet.
- Dazwischen folgen Kurzvorträge der Schüler (siehe Vorträge)

Zusätzliche  
Informationen:

**Weiterführende Ideen:**

- Untersuchungen am Schweineauge
- Film über das Auge

# Das Auge

Arbeitsblatt



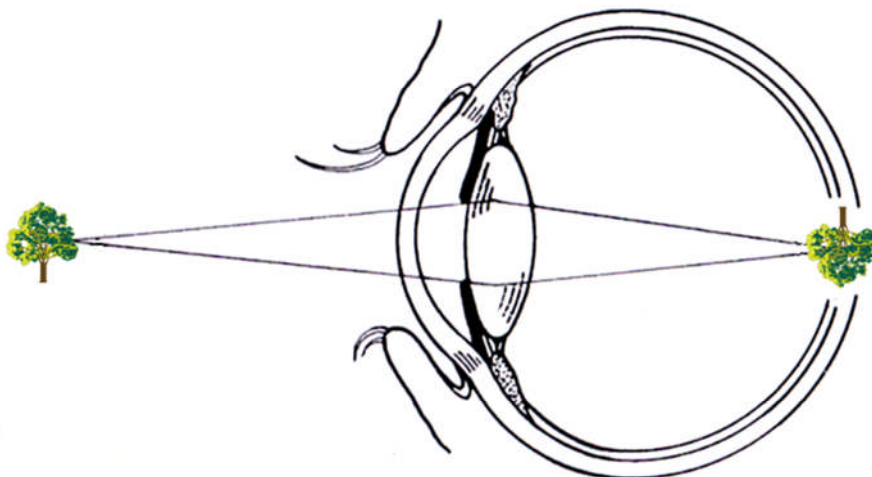
2/16

## Aufgabe 1:

Lies den Informationstext und beantworte die Fragen dazu.

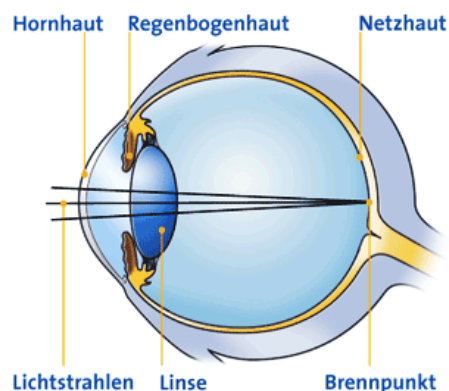
## Optik des Auges

### 1. Normalsichtigkeit (Emmetropie)



Eine scharfe Abbildung auf der Netzhaut des Auges ist die Voraussetzung für gutes Sehen. Das optische System des Auges ähnelt dem einer Kamera und besteht aus der Hornhaut, der Linse und dem Glaskörper. Die Pupille hat die Funktion einer Blende. Hornhaut und Linse brechen einfallende Lichtstrahlen, die von Objekten aus unserer Umgebung stammen, so, dass sich die Lichtstrahlen, die von einem Punkt eines Gegenstandes ausgehen, wieder in einem Punkt auf der Netzhaut treffen. Treffen sie sich nicht in einem Punkt, sondern in einem größeren Fleck, so ist die Abbildung unscharf.

Im Idealfall werden Bilder in der Ferne und in der Nähe ohne Hilfsmittel scharf auf der Netzhaut abgebildet. Das Auge muss für die Nähe den Brechwert seiner Linse verändern. Dies bezeichnet man als Akkommodation. Wird ein Punkt eines Gegenstandes auf einen Punkt vor der Netzhaut abgebildet, spricht man von Kurzsichtigkeit. Liegt er hinter der Netzhaut, so ist das Auge weitsichtig. Ist die Brennweite in verschiedenen Richtungen unterschiedlich, so kann ein Punkt bestenfalls zu einem Strichbild auf der Netzhaut führen. Dies bezeichnet man als Stabsichtigkeit (Hornhautverkrümmung, Astigmatismus).



# Das Auge

Arbeitsblatt

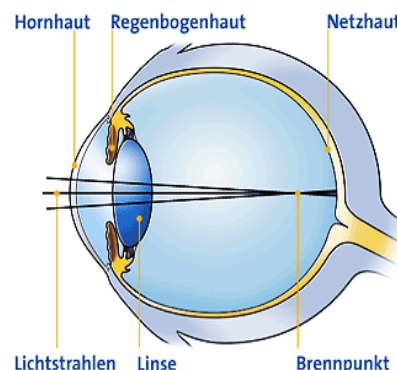


3/16

## 2. Kurzsichtigkeit (Myopie)

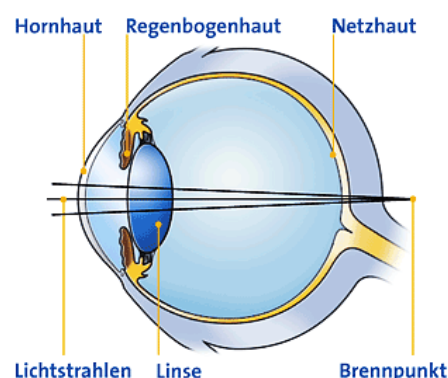
Bei der Kurzsichtigkeit ist das Auge zu lang gebaut oder die Brechkraft zu hoch. Daher werden einfallende Lichtstrahlen bereits vor der Netzhaut gebündelt, der Brennpunkt liegt somit vor der Netzhaut. Mit zunehmender Länge des Auges nehmen die Kurzsichtigkeit und damit die Unschärfe zu.

Die Korrektur der Fehlsichtigkeit mittels Brille oder Kontaktlinse erfolgt dies durch eine Zerstreuungslinse (Minusglas), deren Korrekturwert in Minus-Dioptrien angegeben wird. Hierdurch verschiebt sich der Brennpunkt der Strahlen nach hinten auf die Netzhaut.



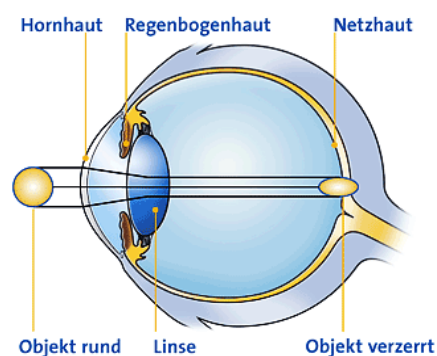
## 3. Weitsichtigkeit (Hyperopie)

Die Weitsichtigkeit wird auch Übersichtigkeit genannt. Weil der Augapfel hierbei kürzer oder die Brechkraft zu niedrig ist, werden die Lichtstrahlen erst hinter der Netzhaut gebündelt, so dass auch der Brennpunkt hinter der Netzhaut liegt. Ein weitsichtiges Auge vermag in der Regel in der Entfernung scharf zu sehen, solange es die verminderte Brechkraft seiner Linse durch Akkommodation anpassen kann. Jedoch verschwimmen die Bilder in der Nähe, wenn der Bereich der Akkommodation erschöpft ist. Durch Erhöhung der Brechkraft muss also der Brennpunkt des Auges nach vorne auf die Netzhaut verschoben werden. Bei Korrektur mit einer Brille bzw. Kontaktlinse erfolgt dieses durch eine Sammellinse (Plusglas), deren Korrekturwert in Plus-Dioptrien angegeben wird.



## 4. Hornhautverkrümmung oder Stabsichtigkeit (Astigmatismus)

Die Wölbung von Hornhaut und Linse ist nicht gleichmässig, sondern in verschiedenen Richtungen etwas unterschiedlich. Dies führt dazu, dass auch die Brechkraft in verschiedenen Richtungen unterschiedlich ist. Damit wieder alle Lichtstrahlen in einem Brennpunkt zusammen treffen, muss die ungleiche Wölbung ausgeglichen werden. Dieser Ausgleich erfolgt durch sogenannte Zylindergläser, deren Position vor dem Auge eine genau festgelegte Richtung aufweisen muss. Daher wird der Korrekturwert bei Brillen bzw. Kontaktlinsen mit dem Wert des Zylinders in Dioptrien, und zusätzlich die Lage der Zylinderachse in Winkelgraden angegeben, also z. B. Zylinder - 2,5 Dioptrien, Achse 80°.



## 5. Alterssichtigkeit (Presbyopie)

Im Laufe der Jahre verliert die natürliche Linse ihre Elastizität und somit die Fähigkeit, sich auf unterschiedliche Entfernungen scharf einzustellen (Akkommodation). Die Alterssichtigkeit ist ein natürlicher Alterungsprozess der Linse. Die Alterssichtigkeit wird in der Regel zwischen dem 45. und 50. Lebensjahr festgestellt. Sie tritt bei ausnahmslos jedem Menschen ein. Der Normalsichtige benötigt dann eine Lesebrille, wohingegen der Weitsichtige eine Fern- und eine Lesebrille benötigt. Im Gegensatz zu einem altersgleichen Normalsichtigen nimmt der geringfügig Kurzsichtige dann zum Lesen einfach die Brille ab. Dieser Umstand ist zu bedenken, wenn Sie sich eventuell einer Behandlung der Kurzsichtigkeit mit dem Laser unterziehen lassen möchten. Bei stärker kurzsichtigen Augen ist für das Sehen in der Nähe eine geringe Korrektur erforderlich, um in komfortabler Entfernung auch scharf sehen zu können. Derzeit existiert noch keine sinnvolle operative Korrektur der ~~Alterssichtigkeit~~ Alterssichtigkeit.

# Das Auge

Arbeitsblatt



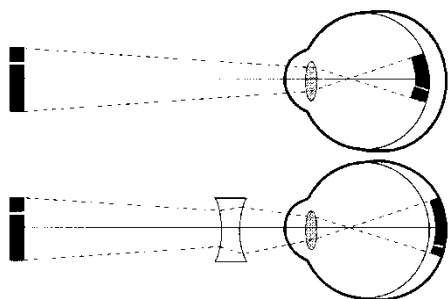
4/16

## Fragen: Sehfehler und Korrekturen

Benenne die Augenfehler und beschreibe sie. Wie können die Augenfehler korrigiert werden?

Bezeichnung: \_\_\_\_\_

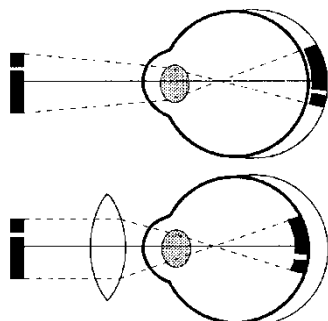
Beschreibung: \_\_\_\_\_



Korrektur: \_\_\_\_\_

Bezeichnung: \_\_\_\_\_

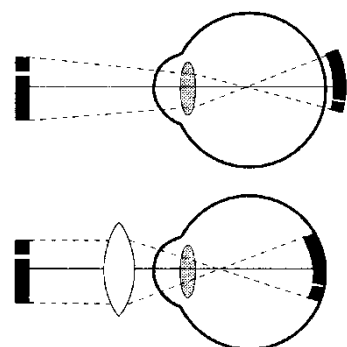
Beschreibung: \_\_\_\_\_



Korrektur: \_\_\_\_\_

Bezeichnung: \_\_\_\_\_

Beschreibung: \_\_\_\_\_



Korrektur: \_\_\_\_\_

# Das Auge

Arbeitsblatt

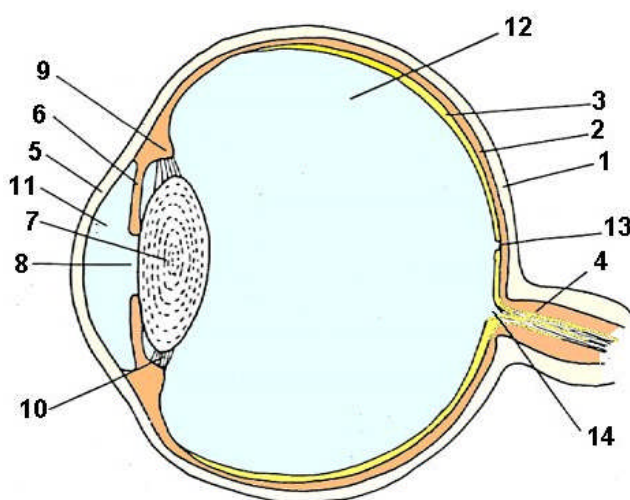


5/16

## Aufgabe 2:

Fülle die richtigen Begriffe aus.

- 1 \_\_\_\_\_
- 2 \_\_\_\_\_
- 3 \_\_\_\_\_
- 4 \_\_\_\_\_
- 5 \_\_\_\_\_
- 6 \_\_\_\_\_
- 7 \_\_\_\_\_
- 8 \_\_\_\_\_
- 9 \_\_\_\_\_
- 10 \_\_\_\_\_
- 11 \_\_\_\_\_
- 12 \_\_\_\_\_
- 13 \_\_\_\_\_
- 14 \_\_\_\_\_



# Das Auge

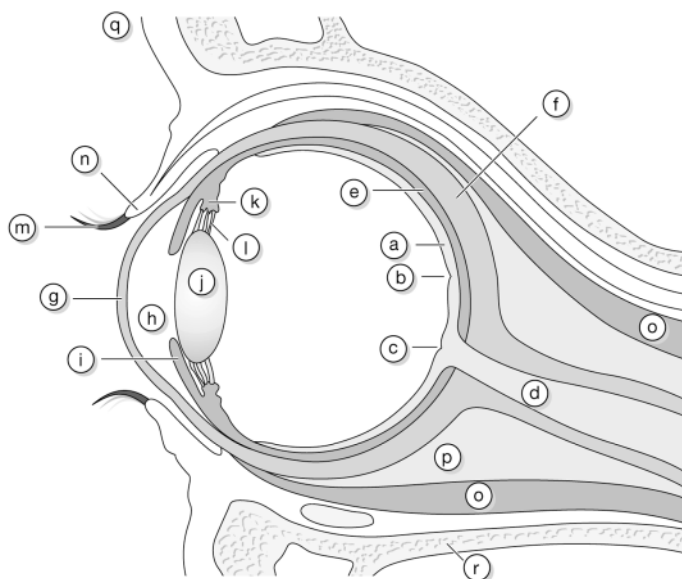
Arbeitsblatt



6/16

## Aufgabe 3:

Benenne die dargestellten Teile des menschlichen Auges und gib jeweils ein Stichwort zur Funktion an. Erstelle zur besseren Übersicht eine geeignete Tabelle.



	Bezeichnung	Funktion
a		
b		
c		
d		
e		
f		
g		
h		
i		

	Bezeichnung	Funktion
j		
k		
l		
m		
n		
o		
p		
q		
r		

# Das Auge

Arbeitsblatt



7/16

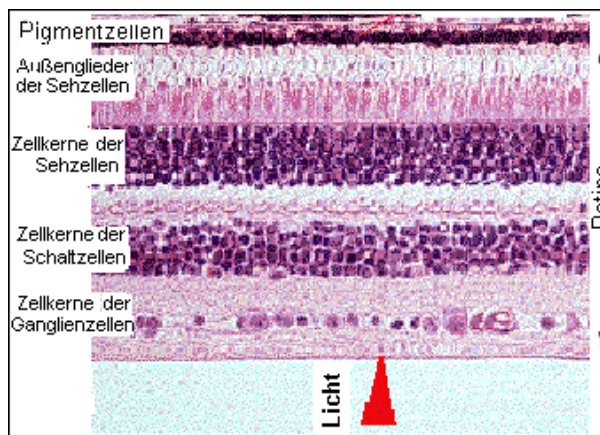
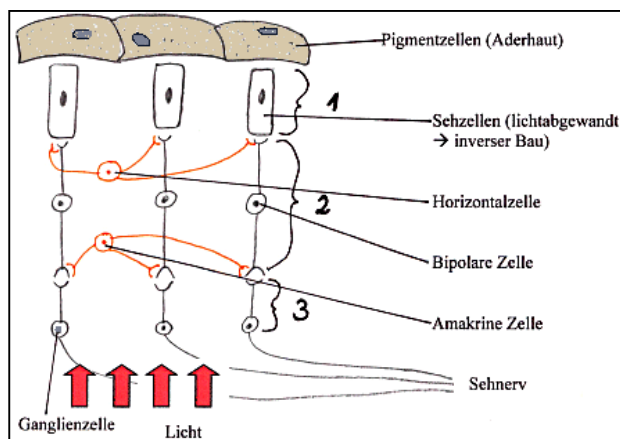
## Aufgabe 4:

Lies die Informationen zur Netzhaut und löse die Aufgabe.

## Bau der Netzhaut

Die Wirbeltier-Netzhaut ist dreischichtig. Sie entsteht als Ausstülpung des Zwischenhirns (und nicht wie bei den Linsenäugen der Tintenfische als Einstülpung der Aussenhaut).

1. **Sehzellschicht**
  - a. Stäbchen -->Dämmerungssehen (ca. 120 Mio.)
  - b. Zapfen -->Tagsehen (ca. 5 Mio.)
  
2. **Schaltzellschicht**
  - a. Horizontalzellen (Querverschaltung der Sehzellen)
  - b. Amakrine Zellen (Querverschaltung der Ganglienzellen)
  - c. Bipolare Zellen (Verbindung: Sehzellen - Ganglienzellen)
  
3. **Ganglienzellschicht** Ihre Axone bilden den Sehnerv



# Das Auge

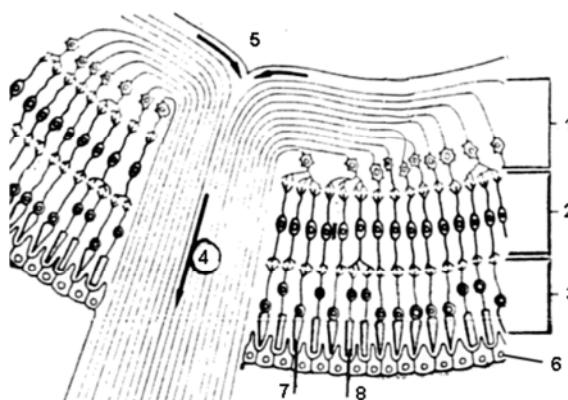
Arbeitsblatt



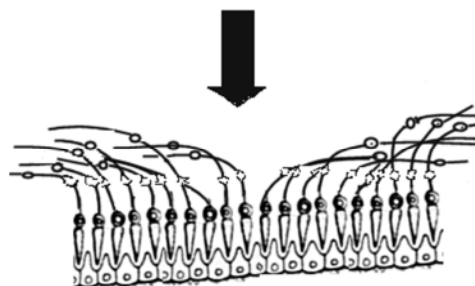
## Ausschnitt aus der Netzhaut

Beschrifte und erkläre, wo der Ausschnitt gemacht wurde!

- 1 \_\_\_\_\_
- 2 \_\_\_\_\_
- 3 \_\_\_\_\_
- 4 \_\_\_\_\_
- 5 \_\_\_\_\_
- 6 \_\_\_\_\_
- 7 \_\_\_\_\_
- 8 \_\_\_\_\_



- a. Aus welchem Netzhautbereich stammt dieser Ausschnitt? Begründung!
- b. Warum sind die Nervenfasern bis zu den Ganglienzellen marklos?




---



---



---



---



---



---



---



---



# Das Auge

Arbeitsblatt

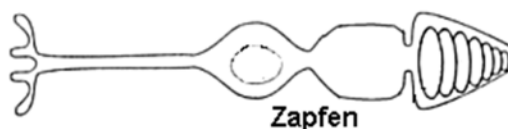


9/16

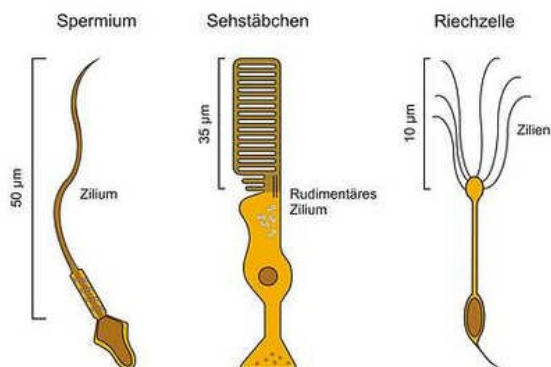
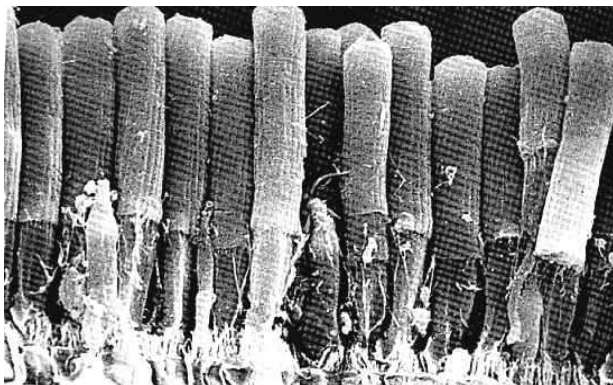
In der Netzhaut des Menschen gibt es zwei Sehsysteme:

**Zapfen und Stäbchen:** Sehsinneszellen sind modifizierte Nervenzellen, die auf Lichtreize mit einer Änderung des Membranpotenzials (=Rezeptorpotenzial) antworten.

1. Zapfen	Eigenschaften
Form:	gedrungene Form
Vorkommen in der Netzhaut	→ höchste Dichte <b>in der Fovea</b> → abnehmende Dichte in der Peripherie
Lichtempfindlichkeit	gering → „ <b>Tagsehen</b> “ d. h. Fovea ist „dämmerungsblind“
Verschaltungsart	<b>Einzelverschaltung</b> d. h. jeder Zapfen in der Fovea hat seine eigene Bipolare/Ganglienzelle/Sehfaser zum Gehirn → <b>grosse Sehschärfe</b>
Sehfarbstoff	<b>Farbsehen</b> → 3 Zapfentypen mit jeweils verschiedenen Sehpigmenten (Jodopsine)
2. Stäbchen	Eigenschaften
Form:	längliche Form s.u.
Vorkommen in der Netzhaut	höchste Dichte 20° um Fovea herum, <b>nicht in Fovea</b> , in der Peripherie abnehmend
Lichtempfindlichkeit	grosse Lichtempfindlichkeit → „ <b>Dämmerungssehen</b> “
Verschaltungsart	<b>Gruppenverschaltung</b> d. h. ca. 100 Stäbchen werden von Bipolaren auf <b>eine</b> Ganglienzelle zusammengeschaltet → <b>geringe Sehschärfe</b> , aber <b>Bewegungen</b> werden empfindlicher wahrgenommen.
Sehfarbstoff	<b>kein Farbsehen (s/w-Sehen)</b> da nur 1 Sehfarbstoff: <b>Rhodopsin</b>



Stäbchennetzhaut eines Frosches:



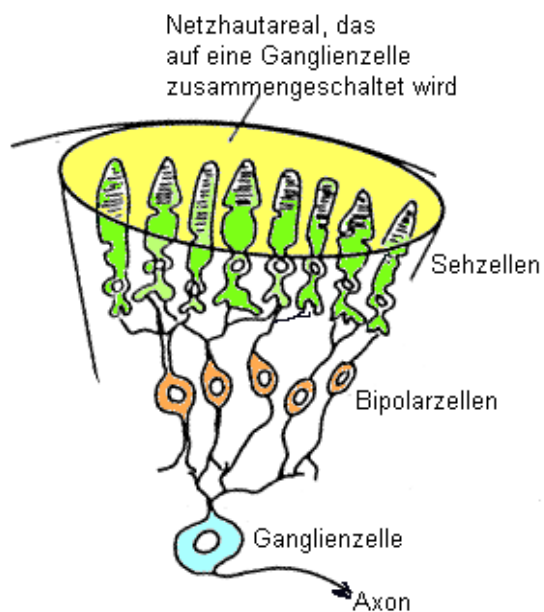
# Das Auge

Arbeitsblatt



10/16

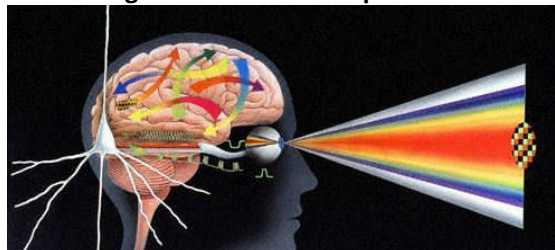
## Zapfen und Stäbchen



- **Begründe:** Warum ist bei Gruppenverschaltung die Sehschärfe gering (z.B. in der Netzhaut-Peripherie)?
- Warum ist jedoch die Lichtempfindlichkeit- sowie die Empfindlichkeit für die Wahrnehmung von Bewegung grösser?

390 - 430	460 - 500	570 - 590	610 - 700	nm		
violett	blau	blau grün	grün	gelb	orange	rot

### Wellenlängen des sichtbaren Spektrums



Sehen können ist also eine neurophysiologische Leistung, die von dem **ausgewogenen Zusammenspiel** der Exterozeptoren (Stäbchen (95 %) und Zäpfchen(5 %), der Propriozeptoren (alle Augenmuskeln) und deren intakten synaptischen Verschaltungen zu den entsprechenden Hirnzentren abhängig ist.

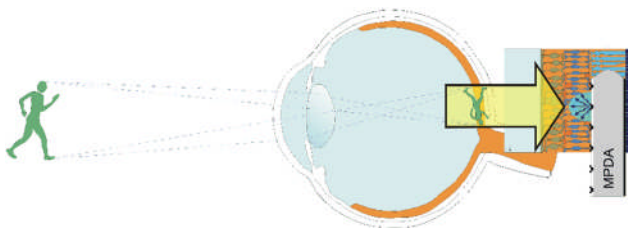
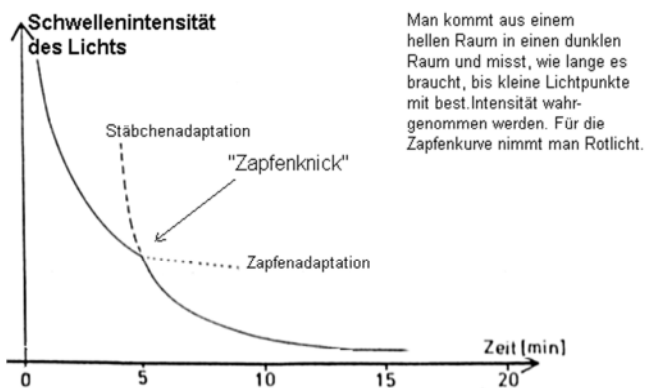
# Das Auge

Arbeitsblatt



11/16

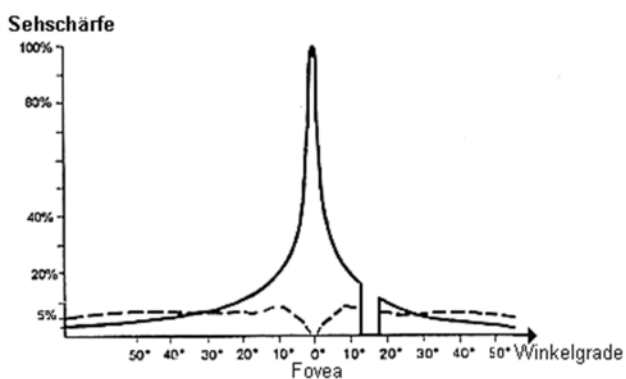
Wie sieht die Kurve aus?



a. Bei einem Nachtblinden?  
(Stäbchen funktionstüchtig)

b. bei einem völlig Farbenblinden? (Zapfen defekt)

Sehschärfe



Begründe, warum die Sehschärfe der Stäbchen trotz gleicher Sehzell-Dichte nur max. 10% der Zapfen-Sehschärfe erreicht.

- Warum ist die Fovea dämmerungsblind?
- Warum sind bei Nacht "alle Katzen grau?"
- Warum muss man an einem schwach leuchtenden Stern vorbeischaun, um ihn zu sehen?

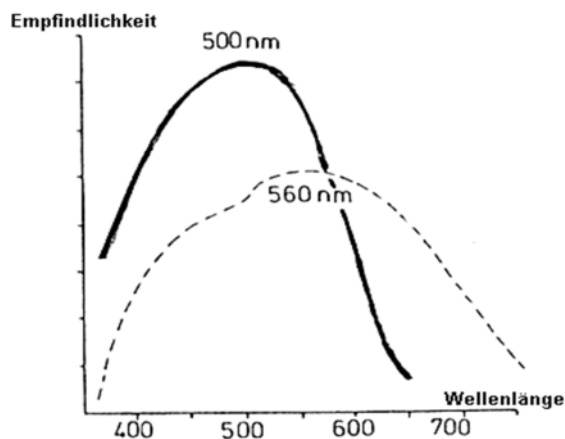
# Das Auge

Arbeitsblatt



12/16

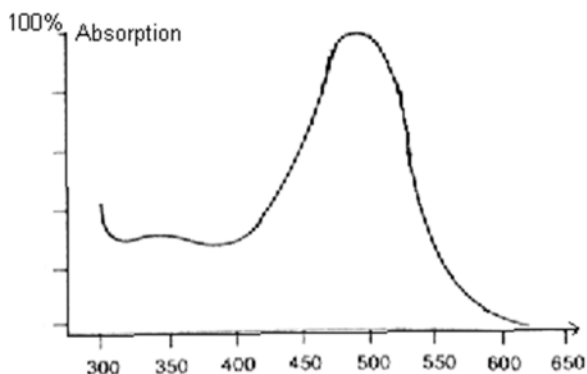
## „Purkinje-Verschiebung“: Empfindlichkeitsverschiebung bei Tag- bzw. Dämmerungssehen



durchgezogene Linie: **Stäbchen**  
gestrichelte Linie: **Zapfen**

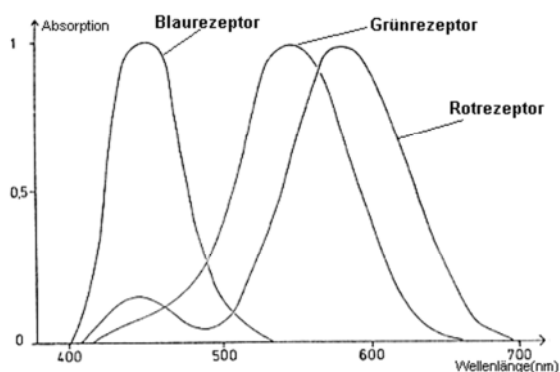
Das Stäbchensystem ist für kurzwelliges blaues Licht am empfindlichsten d.h. dieses Licht wird in der Dämmerung als hellstes grau empfunden, da die Stäbchen am stärksten angeregt werden. Langwelliges Rotlicht (700 nm) erscheint dagegen schwarz, weil der Stäbchenfarbstoff diese Wellenlänge nicht absorbiert. Die Zapfen reagieren beim Tagsehen am empfindlichsten auf gelb/grün (555nm).

## Absorptionskurve des Rhodopsins (Sehpurpur)



- Welche Farbe haben rote Beeren in der Dämmerung?
- Warum sind Stäbchen bei Rotlicht dunkeladaptiert?

## Absorptionskurven der 3 Zapfenfarbstoffe



Die Summenkurve der 3 Absorptionskurven ergibt die Empfindlichkeitskurve des Tagsehens.

- Welche Farbe müssten also Warn-Jacken mit Signalfarben am Tage haben?

## Aufgabe 5:

Beantworte die Fragen.

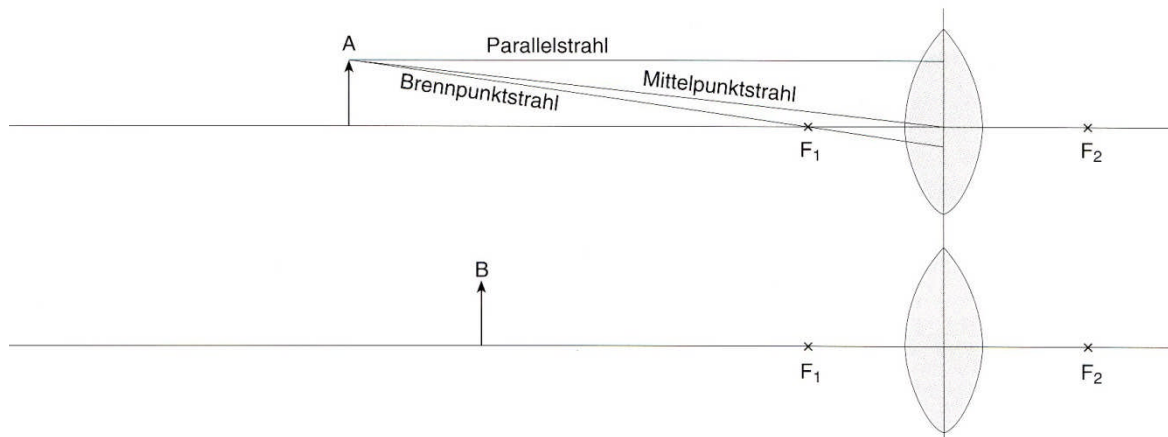
# Das Auge

Arbeitsblatt



13/16

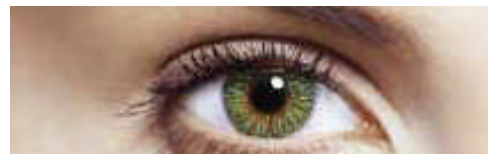
## Lichtbrechung im Auge



1. Konstruiere zu den Gegenständen A und B die Bilder  $A'$  und  $B'$  mit den vorgegebenen Brennpunkten  $F_1$  und  $F_2$ .
2. Die Linse in unseren Augen ist eine Sammellinse. Begründe: Sie besitzt zwar einen Brennpunkt, kann aber nichts anzünden.
3. Überträgt man die Konstruktion auf das Auge, kann man A als fernen und B als näheren Gegenstand betrachten. Zeichne die Lage der Netzhaut in die Konstruktion ein. Können derartige Unterschiede im Auge vorkommen?
4. Wie müsste sich die Linse verändern, sodass bei gleich bleibender Lage der Netzhautenebene nahe oder ferne Gegenstände scharf gesehen werden?

# Das Auge

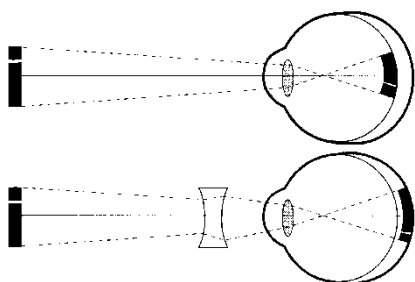
Lösung



14/16

## Lösung 1:

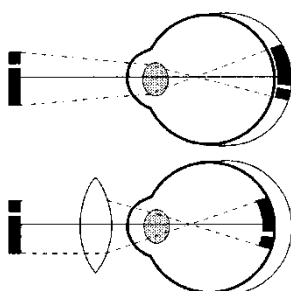
Bezeichnung: **Kurzsichtigkeit**



Beschreibung: Die gebündelten Strahlen treffen sich vor der Netzhaut, ein scharfes Bild entsteht schon vor der Netzhaut.

Korrektur: Eine Zerstreuungslinse verschiebt den Brennpunkt der Strahlen weiter nach hinten, so dass auf der Netzhaut ein scharfes Bild entsteht.

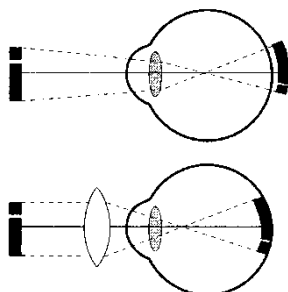
Bezeichnung: **Weitsichtigkeit**



Beschreibung: Die gebündelten Strahlen treffen sich hinter der Netzhaut; entsteht erst hinter der Netzhaut.

Korrektur: Eine Sammellinse unterstützt die Brechkraft der Linse, sodass auf der Netzhaut ein scharfes Bild entsteht.

Bezeichnung: **Alterssichtigkeit**



Beschreibung: Die Linse verliert ihre Elastizität. Eine starke Wölbung ist nicht mehr möglich und damit auch kein scharfes Sehen in der Nähe. Sehen in der Ferne ist weiterhin gut.

Korrektur: Eine Sammellinse unterstützt die Linse beim Sehen in der Nähe.

# Das Auge

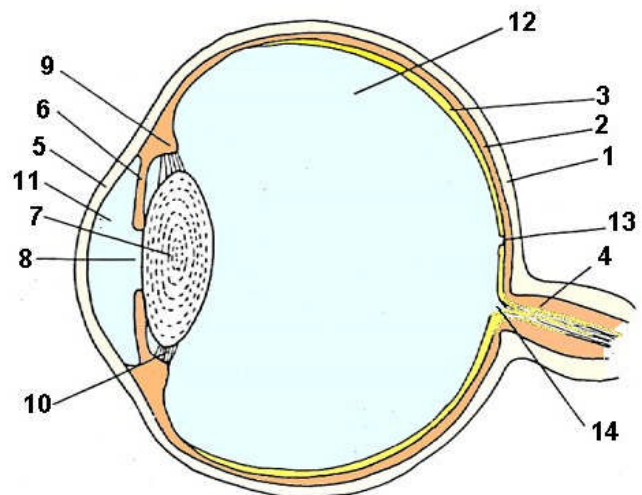
Lösung



15/16

## Lösung 2:

- 1 Lederhaut: Schutz
- 2 Aderhaut: Ernährung
- 3 Netzhaut(Retina): Rezeptoren
- 4 Sehnerv: sensible, afferente Fasern zum Gehirn
- 5 durchsichtige Hornhaut(Cornea): Lichtbündelung zus. mit Linse
- 6 Iris(Regenbogenhaut): Blende regelt die Grösse der Pupille
- 7 Linse: Variable Brechkraft
- 8 Pupille: Sehloch
- 9 Ciliarmuskel: Akkommodation
- 10 Zonulafasern: Linsenaufhängung
- 11 vordere Augenkammer
- 12 Glaskörper: Form
- 13 Fovea (gelber Fleck, Sehgrube): Stelle des schärfsten Sehens,
- 14 blinder Fleck: Austritt des Sehnervs



## Lösung 3:

	Bezeichnung	Funktion
a	Netzhaut	Reizaufnahme
b	Sehgrube, Gelber Fleck	Stelle des schärfsten Sehens
c	blinder Fleck	Austritt des Sehnervs
d	Sehnerv	Signalleitung zum Gehirn
e	Aderhaut	Ver- und Entsorgung
f	Lederhaut	schützt, stabilisiert
g	Hornhaut	Lichtbrechung
h	Kammerwasser	Lichtbrechung, Druck
i	Regenbogenhaut (Iris)	reguliert den Lichteinfall (Pupillenöffnung)

	Bezeichnung	Funktion
j	Linse	Akkommodation, Lichtbrechung
k	Ziliarmuskel	verändert Linsenform beim Scharfstellen
l	Zonulafasern	Befestigung der Linse
m	Wimpern	Schmutz abweisen, Schutz
n	Augenlid	Schutz, Verteilung der Tränenflüssigkeit
o	Augenmuskeln	koordinierte Augenbewegung
p	Fettkörper	Stossdämpfer
q	Augenbrauen	Schweiss- und Schmutz abweisen
r	Schädelknochen	bilden Augenhöhle

# Das Auge

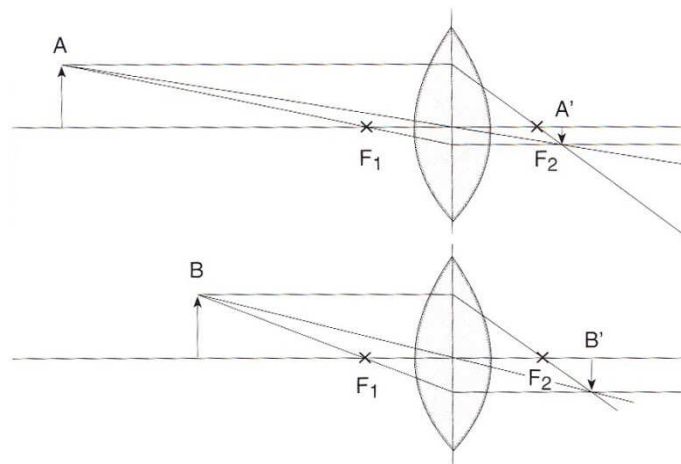
Lösung



16/16

## Lösung 5:

### 1. Die Skizze



2. Die Augenlinse besteht aus einer gallertähnlichen verformbaren Substanz, die die Strahlen bündelt, aber nicht so hohe Temperaturen wie die Glaslinse erzeugen kann.
3. Die Lage der Netzhaut entspricht der Bildebene A` und B`. Die Unterschiede können im Auge nicht vorkommen, da Glaskörper und Lederhaut/Netzhaut nicht ständig ihre Lage ändern können.
4. Bei gleich bleibender Lage der Netzhautenebene wie für A` müsste die Linse dicker werden. Durch stärkere Krümmung wird die Brennweite kleiner und das Bild B` rückt nach vorn.