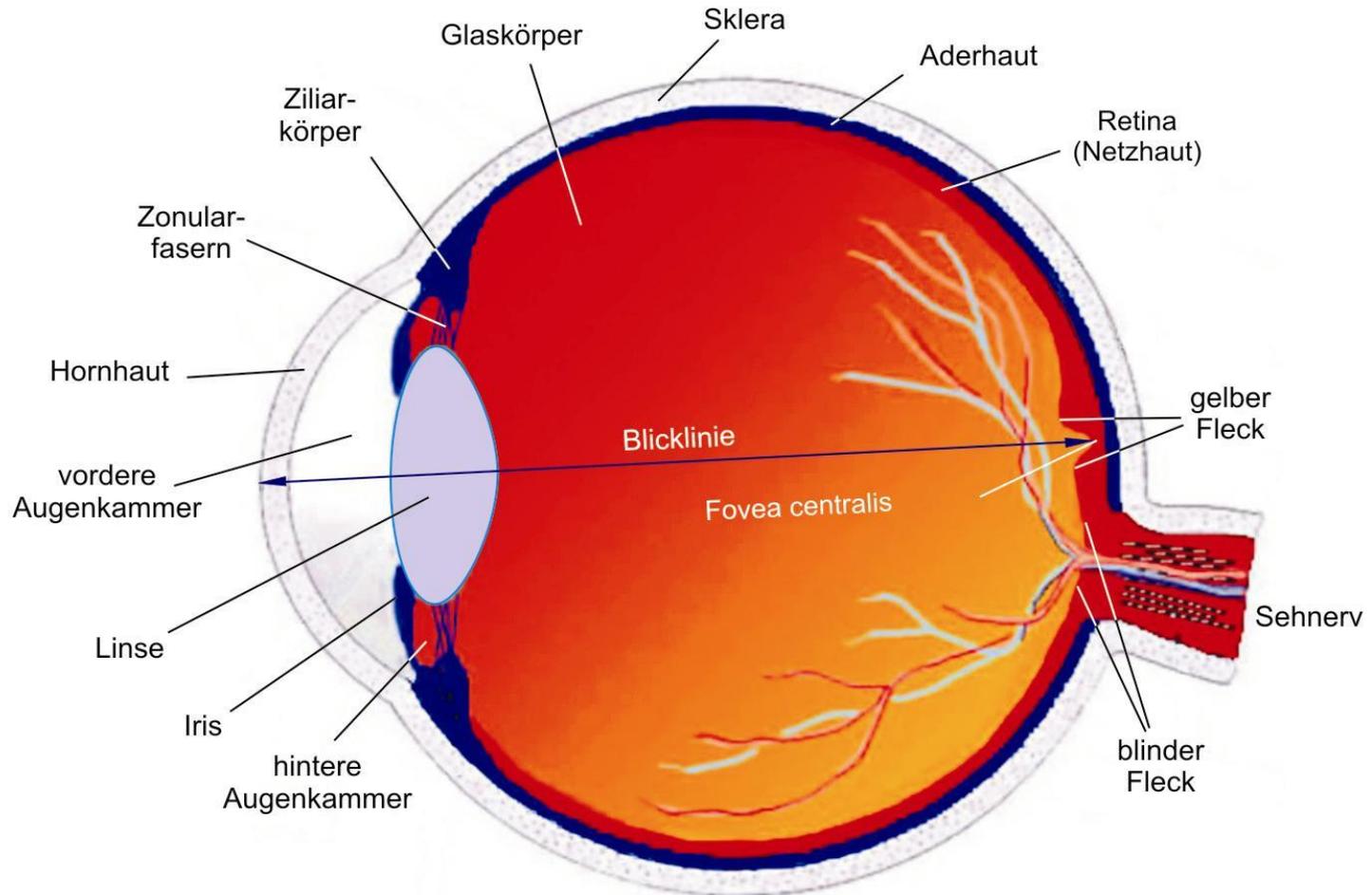


# Optik des Auges 2.



# Aufbau des Auges

## AUFBAU DES AUGES



# Brechkraft des menschlichen Auges

$$D = \frac{n' - n}{R}$$

$D$  : Brechkraft(dpt)

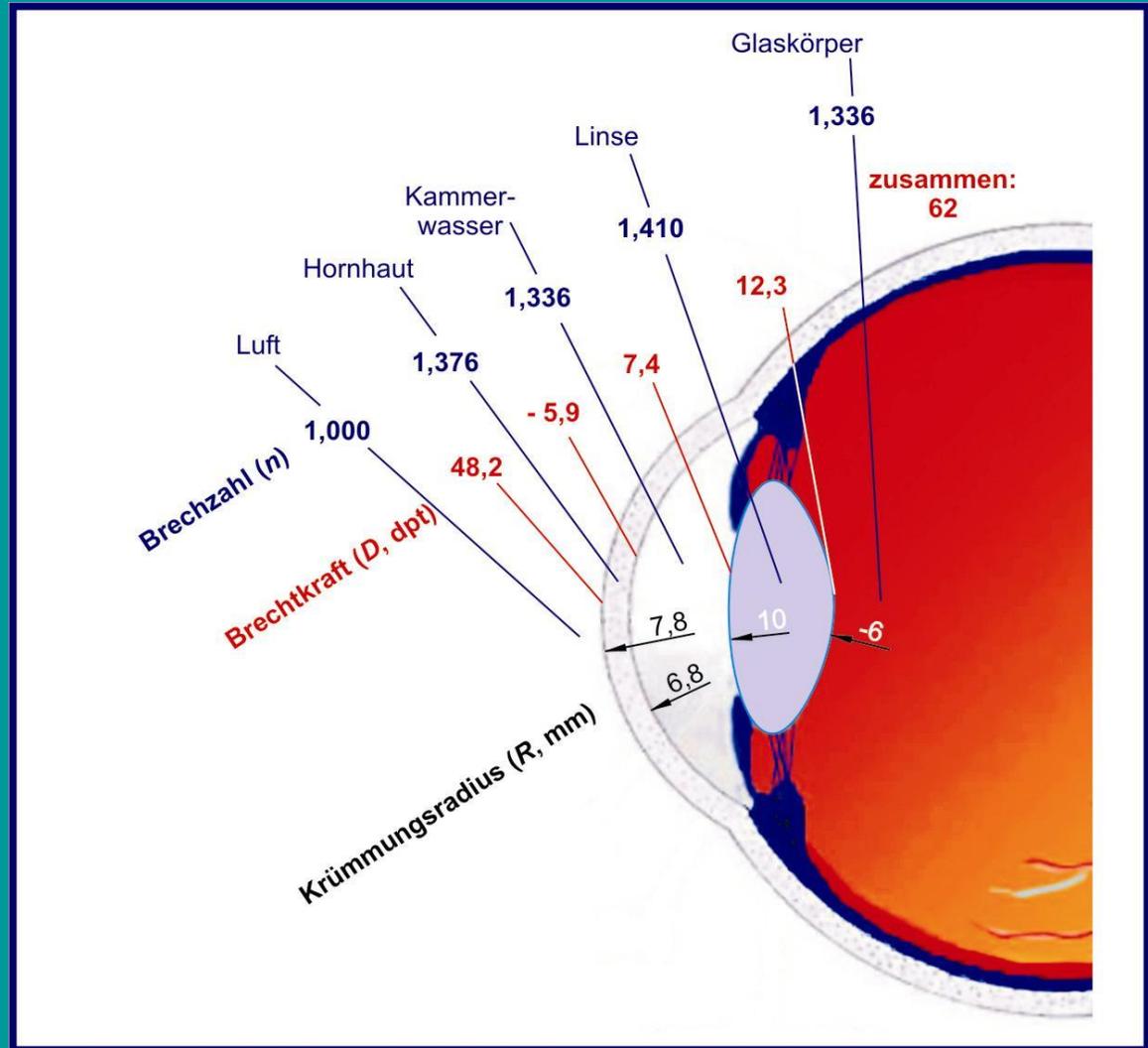
$n$  : Brechzahl des 1. Mediums

$n'$  : Brechzahl des 2. Mediums

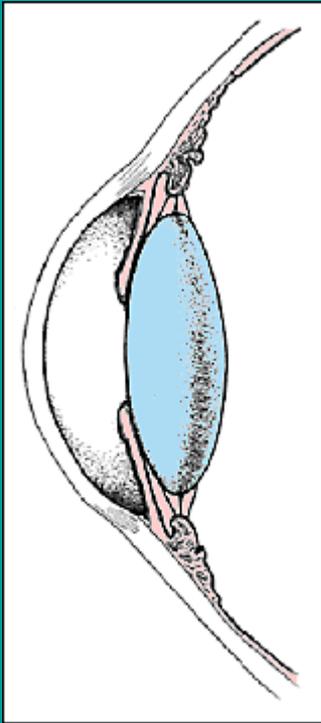
$R$  : Krümmungsradius (m)

+ für konvexe Fläche

– für konkave Fläche

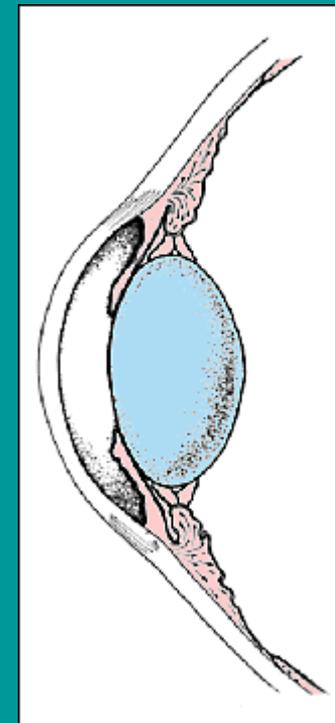
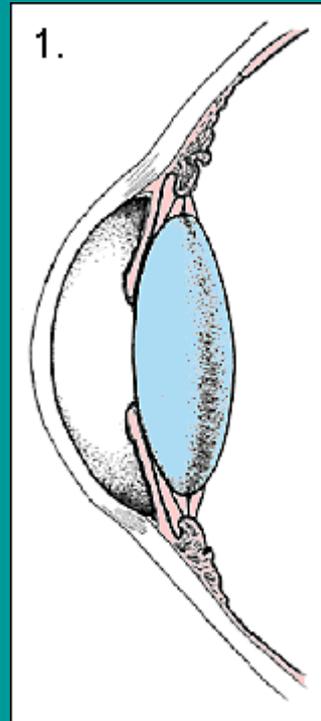


# Akkommodation



Ferneinstellung

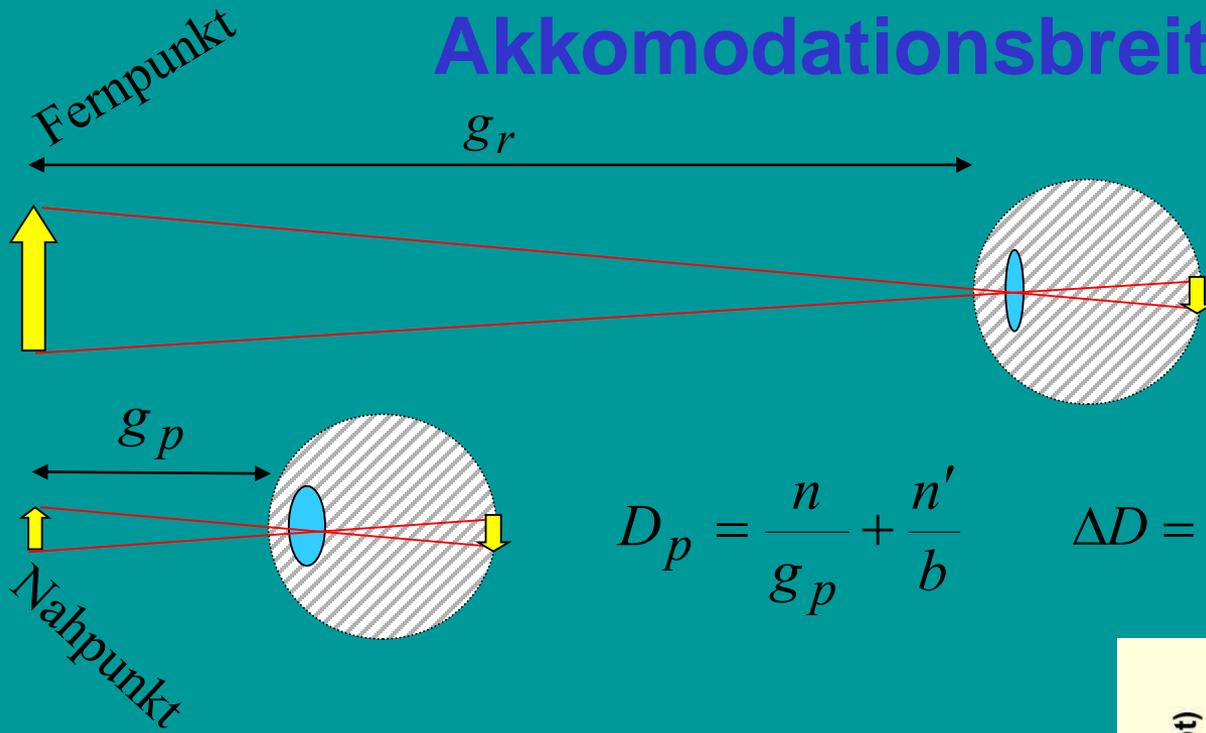
**Fernpunkt:  $g_r$**



Naheinstellung

**Nahpunkt:  $g_p$**

# Akkommodationsbreite ( $\Delta D$ )

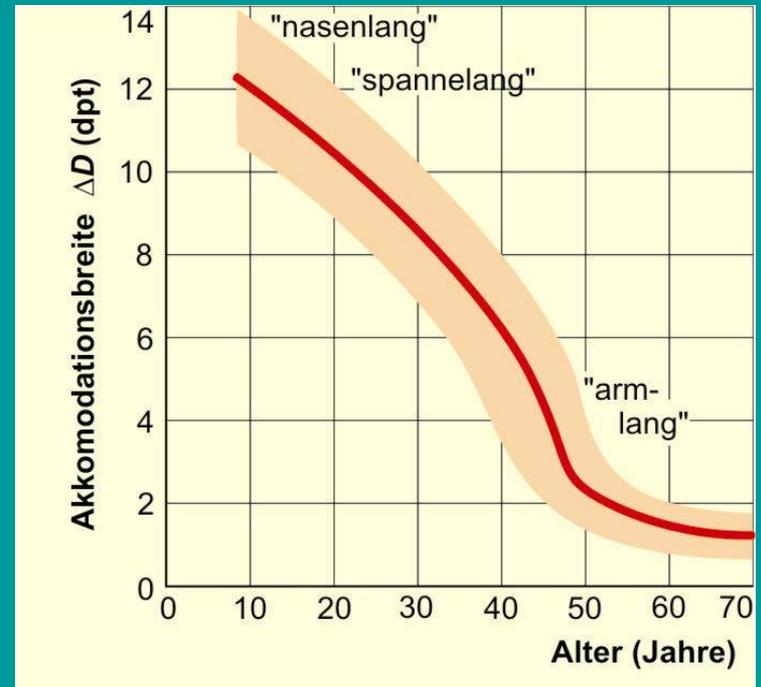


$$D_r = \frac{n}{g_r} + \frac{n'}{b}$$

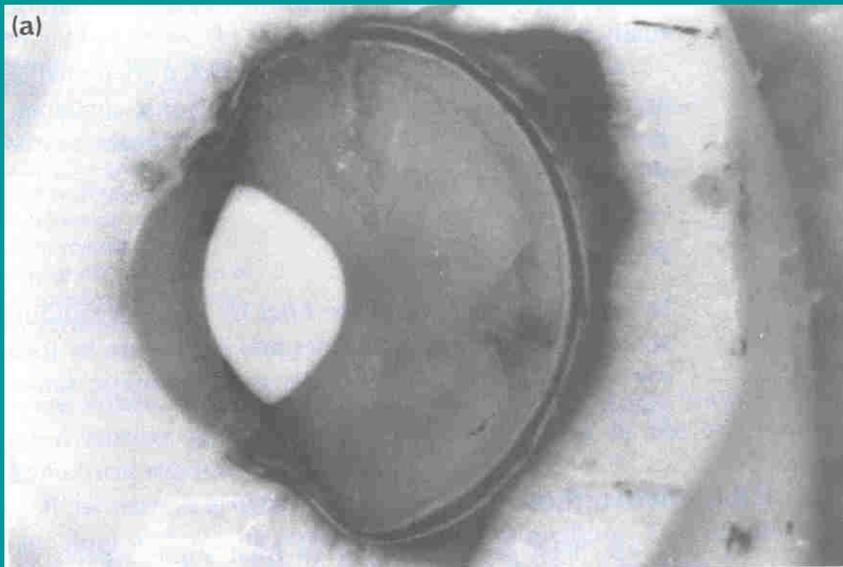
$$D_p = \frac{n}{g_p} + \frac{n'}{b}$$

$$\Delta D = D_p - D_r = \frac{1}{g_p} - \frac{1}{g_r}$$

Z.B.  $g_r = \infty$   
 $g_p = 0,07 \text{ m}$  }  $\rightarrow \Delta D = 13 \text{ dptr}$



## Extremes Beispiel: Induzierte Akkomodation einer Ente



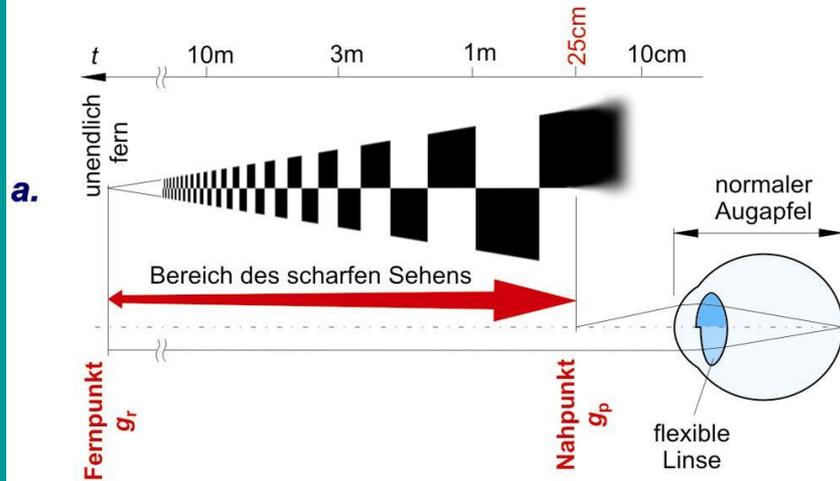
Auf dem Land



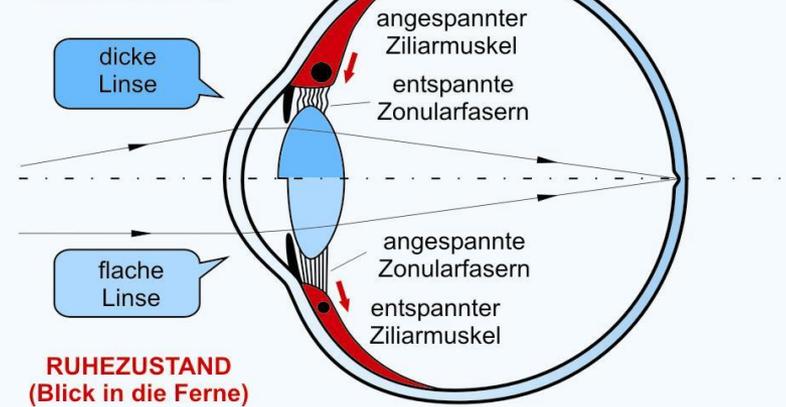
Unter Wasser

# Einige Augenfehler (Kurzichtigkeit)

## NORMALSCHICHTIGES AUGE (Emmetropie)

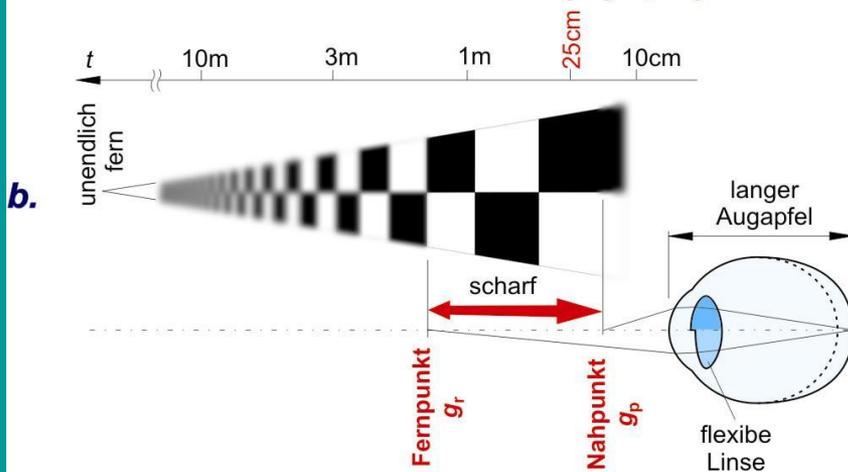


## AKKOMODATION (Naheinstellung)

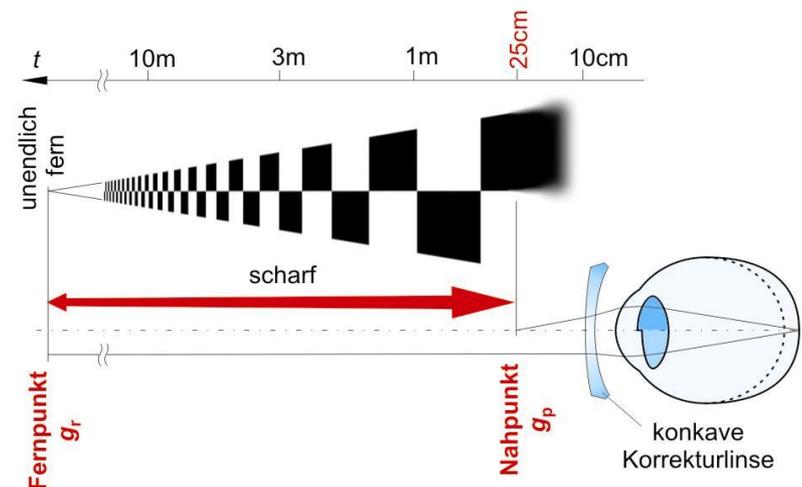


## RUHEZUSTAND (Blick in die Ferne)

## KURZSICHTIGKEIT (Myopie)

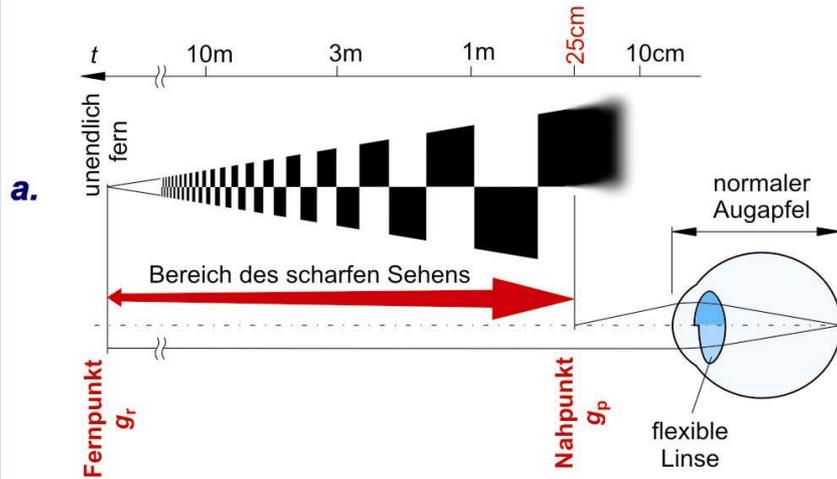


## KORRIGIERTE KURZSICHTIGKEIT

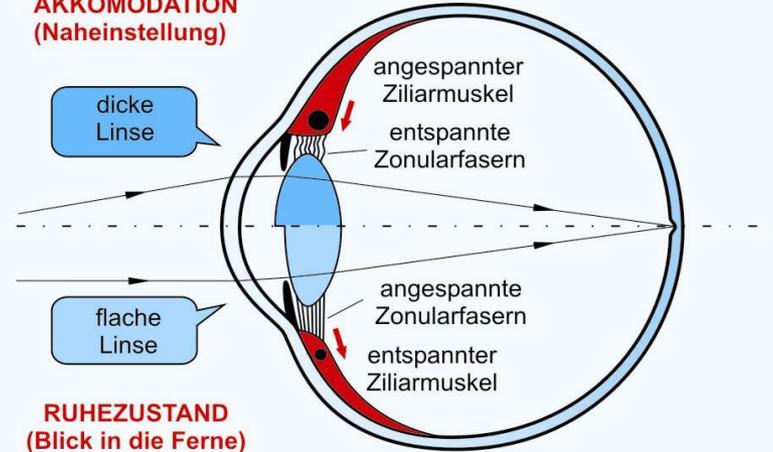


# Einige Augenfehler (Übersichtigkeit)

## NORMALSCHICHTIGES AUGE (Emmetropie)



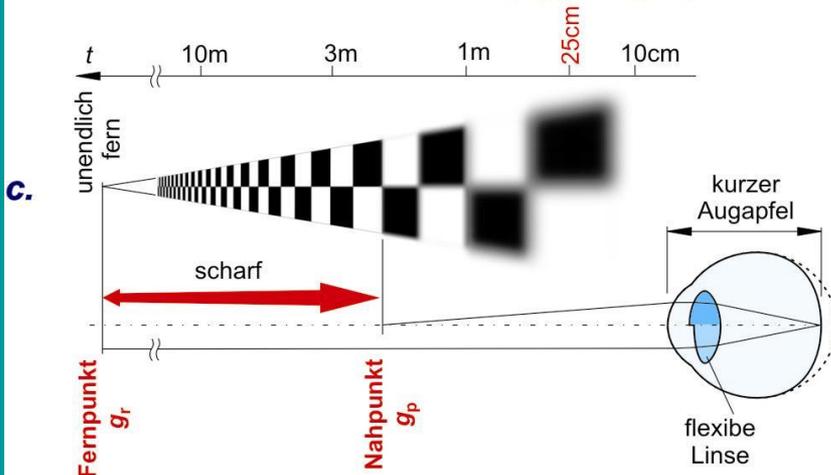
## AKKOMODATION (Naheinstellung)



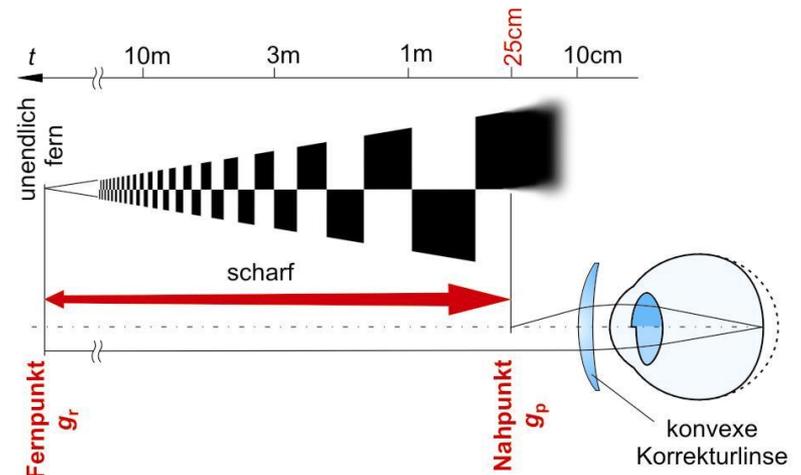
## RUHEZUSTAND (Blick in die Ferne)



## ÜBERSICHTIGKEIT (hyperopie)

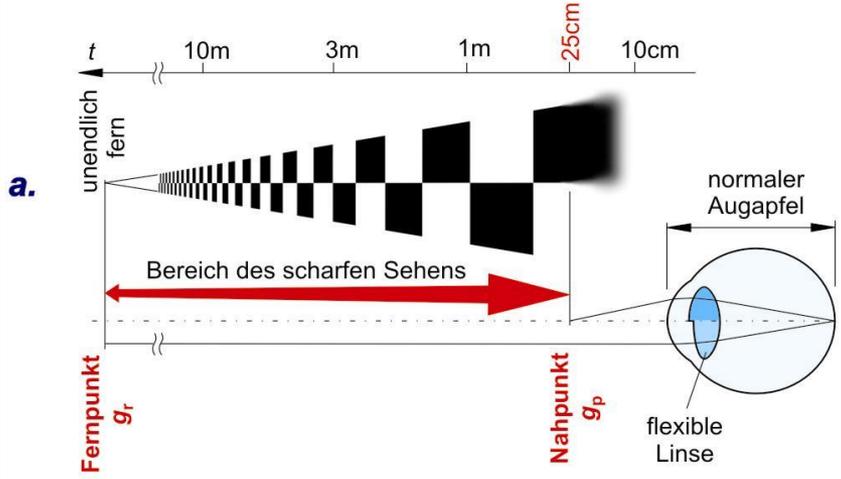


## KORRIGIERTE ÜBERSICHTIGKEIT

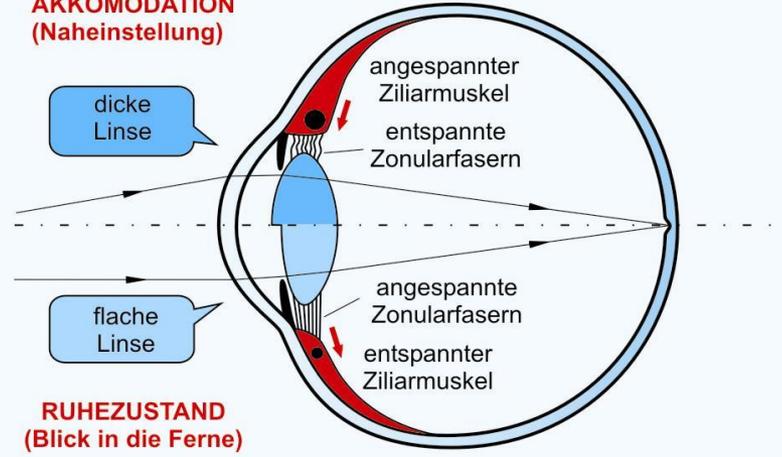


# Einige Augenfehler (Alterssichtigkeit)

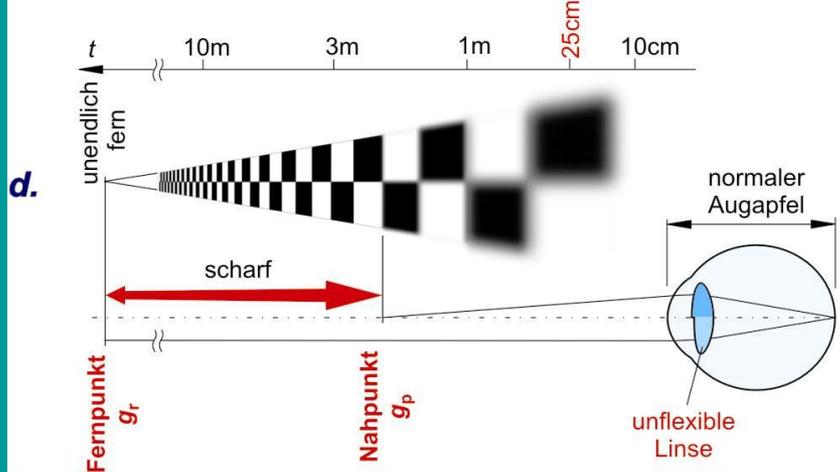
## NORMALSCHICHTIGES AUGE (Emmetropie)



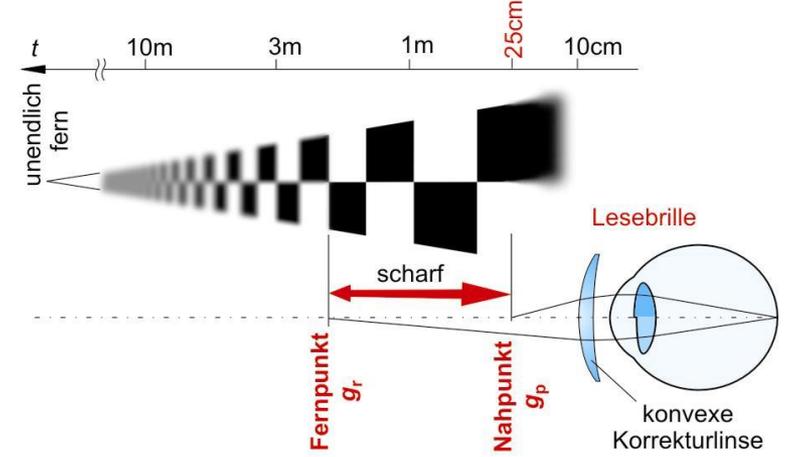
## AKKOMODATION (Naheinstellung)



## ALTERSSICHTIGKEIT (presbyopie)



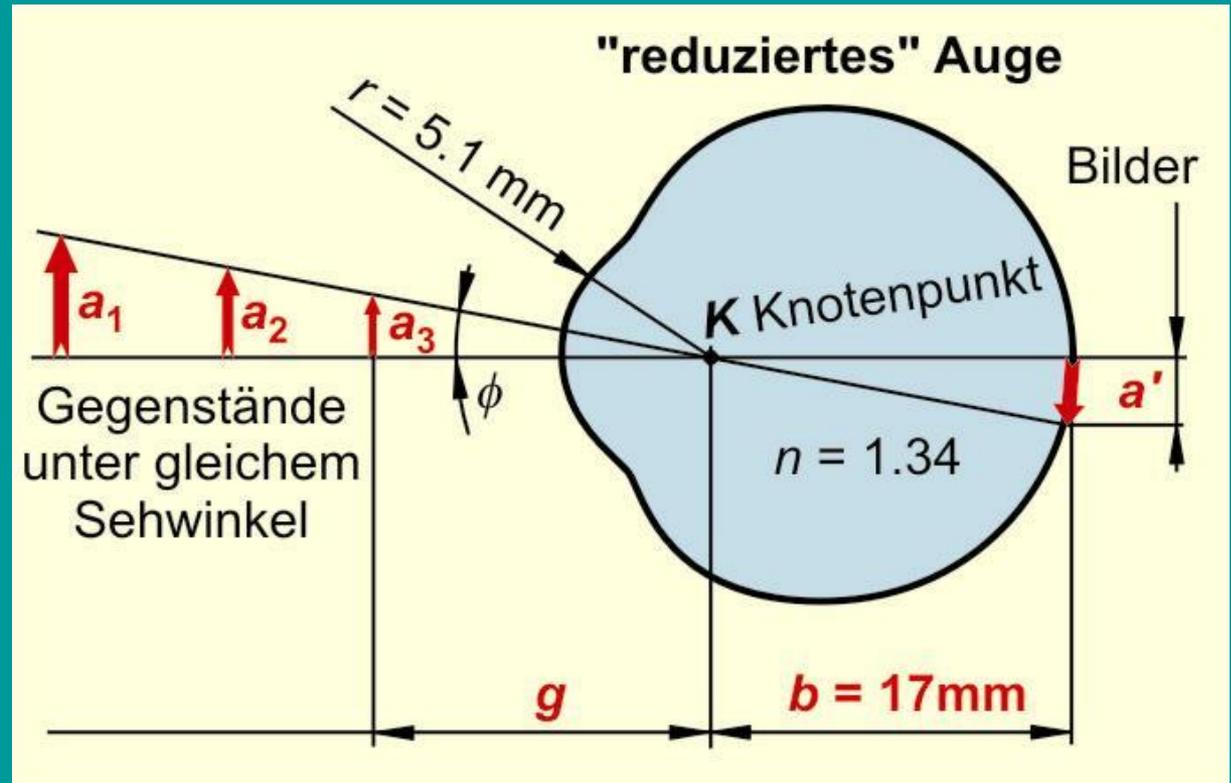
## KORRIGIERTE ALTERSSICHTIGKEIT



# Bildentstehung

Modell:

reduziertes Auge

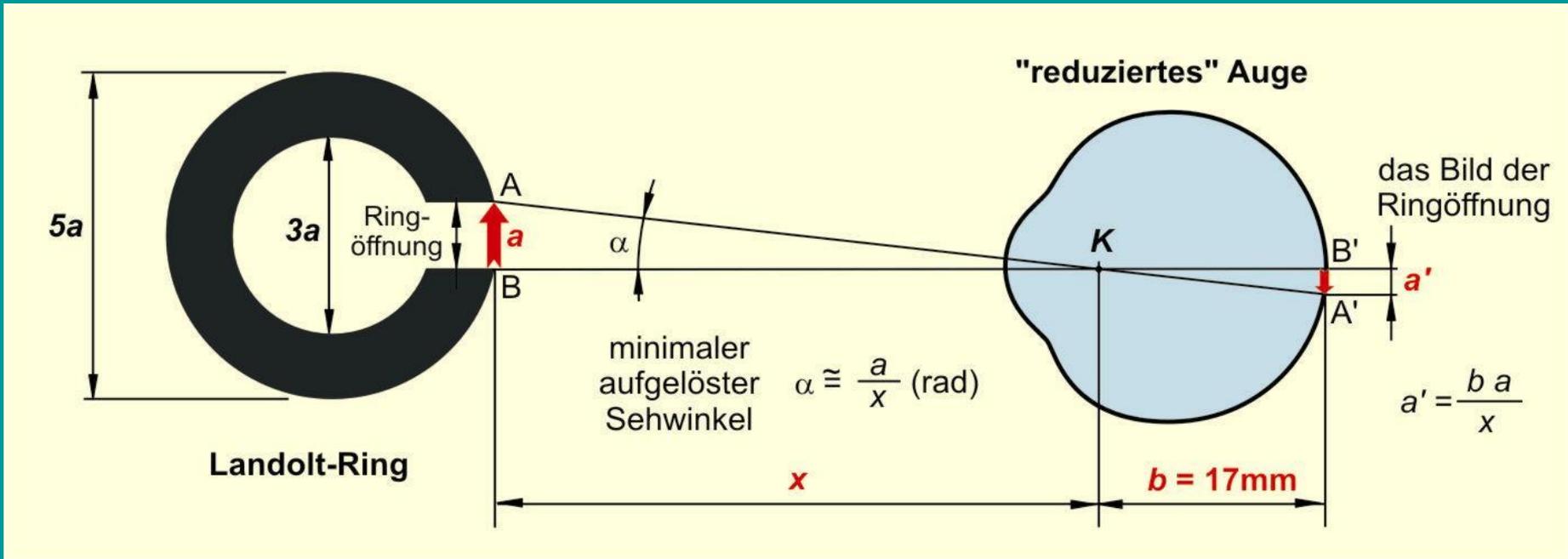


Das Bild ist:

- reell,
- verkleinert,
- und umgekehrt.

$$D = 67 \text{ dpt}$$

# Sehschärfe (Auflösungsvermögen)



Minimaler aufgelöster Sehwinkel ( $\alpha$ ):

$$\alpha \cong \frac{a}{x} \text{ (rad)} \quad \alpha (') = \frac{a}{x} \text{ (rad)} \cdot \frac{360(^{\circ})}{2\pi \text{ (rad)}} \cdot 60 \left( \frac{'}{^{\circ}} \right)$$

Sehschärfe (Visus):

$$\text{visus} = \frac{1(')}{\alpha (')} \cdot 100\%$$

Beim normalen Sehen beträgt  $\alpha$  im Durchschnitt  $1'$ , die Sehschärfe 100 %.

# Bestimmende Faktoren für die Sehschärfe

1. Abbildungsfehler
2. Lichtbeugung
3. Rezeptorendichte

# Faktoren der Sehschärfe 2.

Wellenoptischer Faktor:

Lichtbeugung an der Pupille

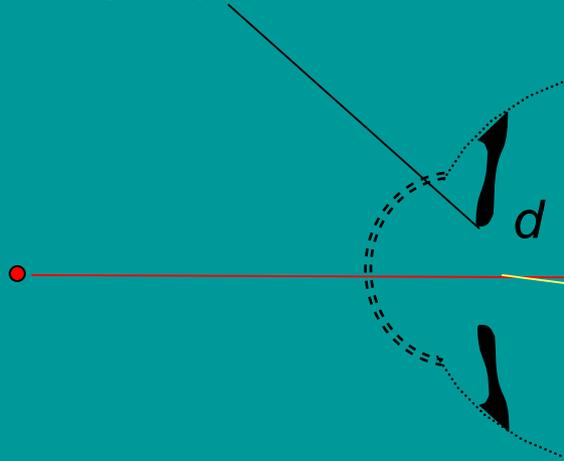
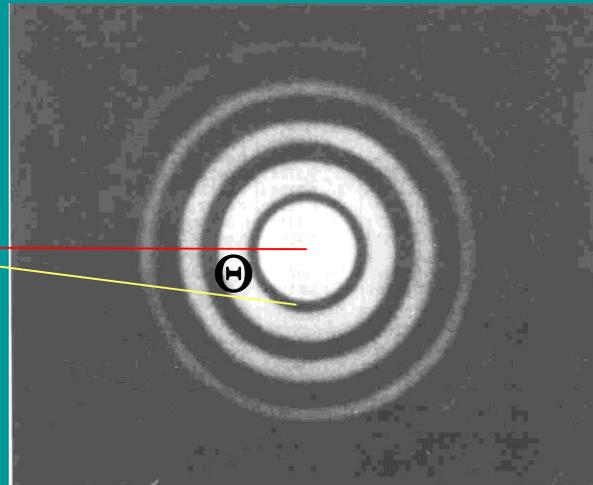
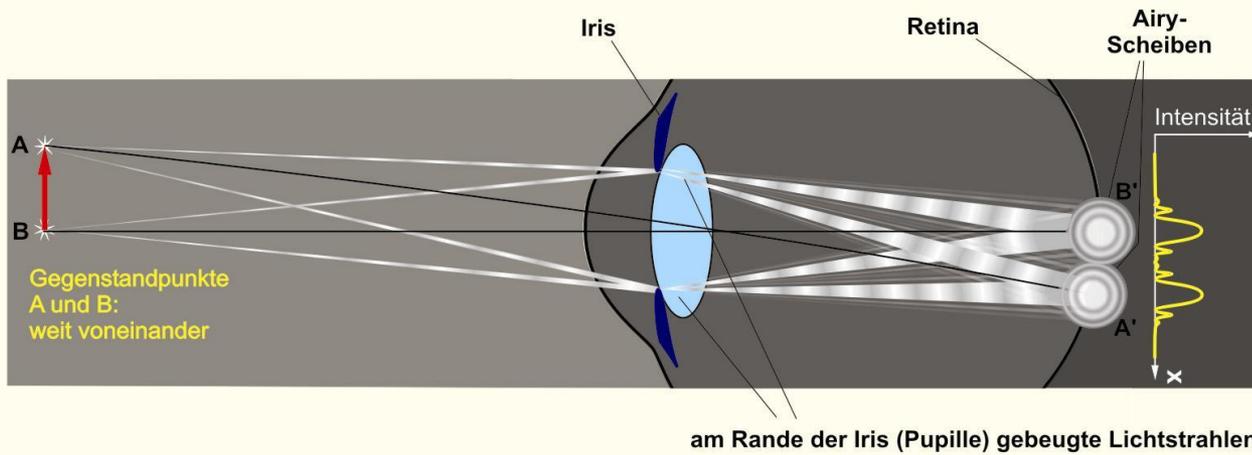


Bild eines Gegenstandspunktes auf der Retina (stark vergrößert!)

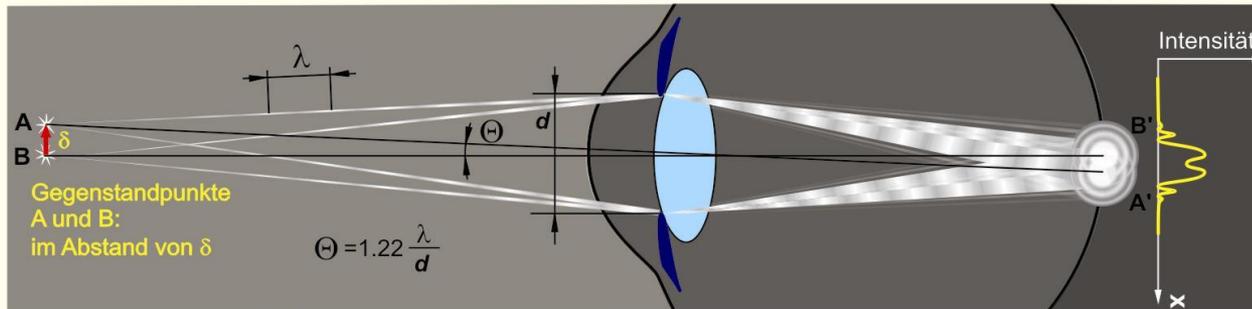


„Airy  
Scheibe“

Richtung des ersten Minimums:  $\sin \Theta = 1,22 \frac{\lambda}{d} \approx \Theta$

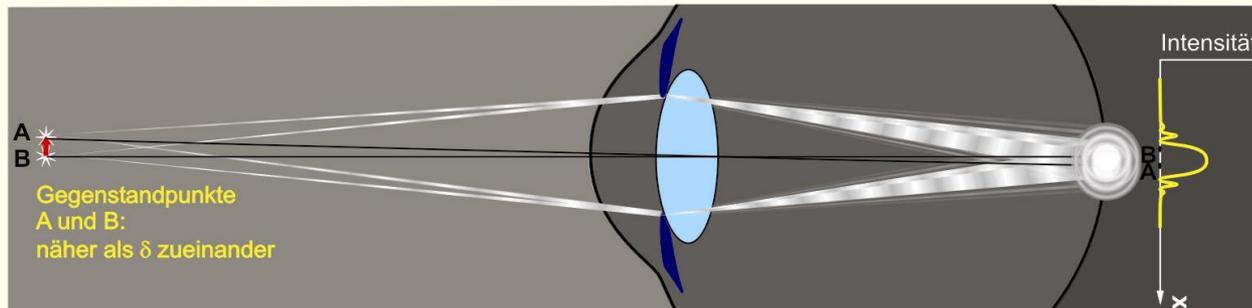


Seien A und B weit voneinander, sind die Airy-Scheiben A' und B' voneinander getrennt



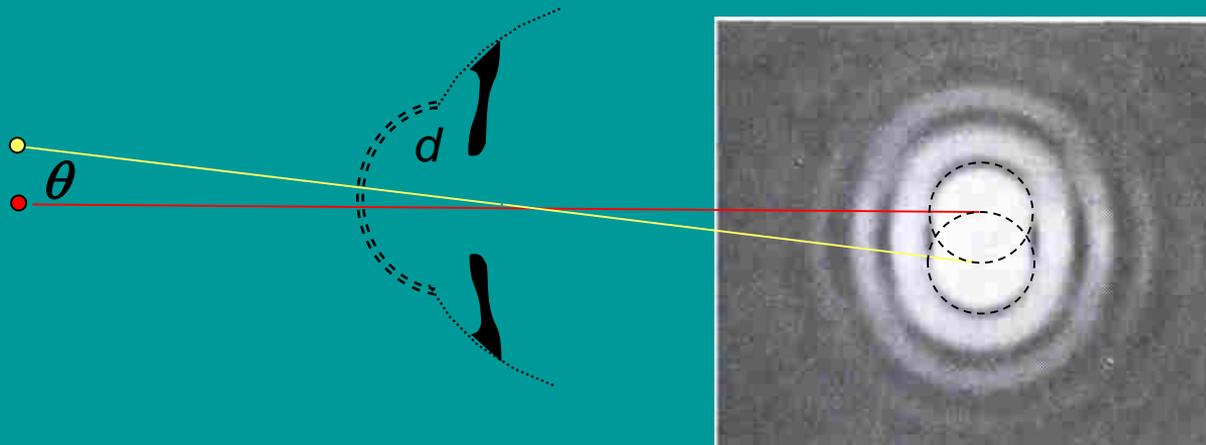
Seien A und B im kritischen Abstand voneinander, überlappen die Airy-Scheiben einander, aber sie sind zu unterscheiden.

$\delta$  minimale aufgelöste Entfernung,  
 $\Theta$  minimaler aufgelöster Sehwinkel infolge Lichtbeugung



Sei der Abstand zwischen A und B kleiner als  $\delta$ , bilden zwei Airy-scheiben eine Bildscheibe.

Das Bild von zwei Gegenstandspunkten ist nicht aufzulösen.



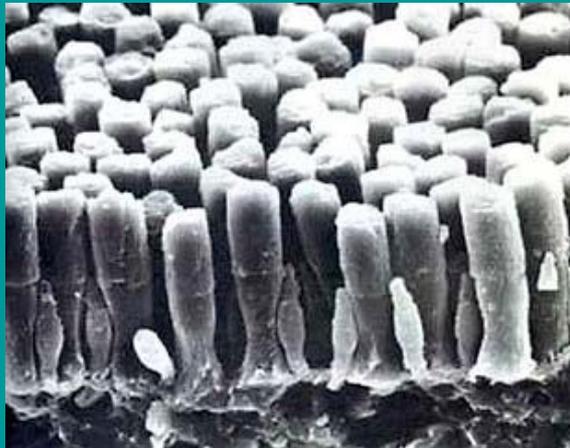
Zwei Gegenstandspunkte sind aufzulösen, wenn die zwei Airy-Scheiben im Vergleich zueinander mindestens so stark verschoben sind, damit das Hauptmaximum der einen Scheibe und das erste Minimum der anderen Scheibe zusammenfallen. In diesem Fall der Sehwinkel der zwei Gegenstandspunkte:

$$\theta = 1,22 \frac{\lambda}{d}$$

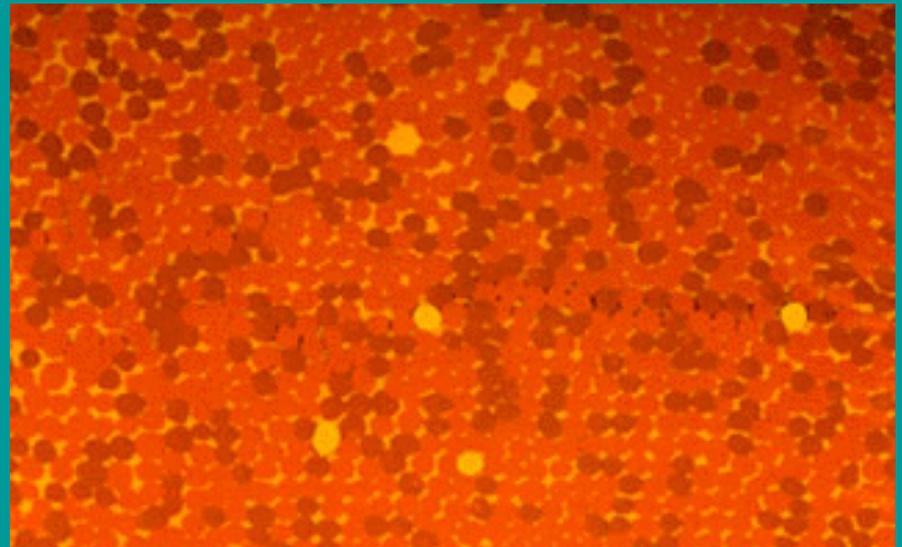
Z.B.  $\lambda = 0,55 \mu\text{m},$   
 $d = 3,5 \text{ mm} = 3500 \mu\text{m}$  }  $\longrightarrow \theta \approx 0,7'$

# Faktoren der Sehschärfe 3.

Diskretes Rezeptorenfeld, Rezeptorendichte:

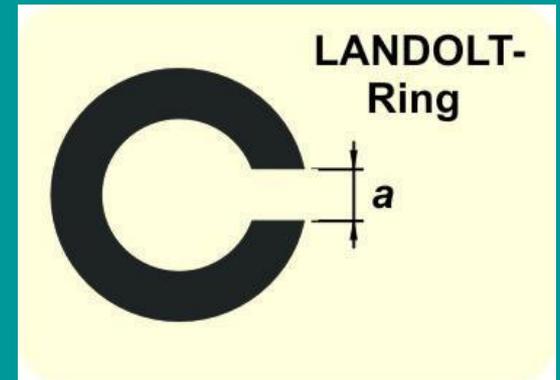


Zapfen und Stäbchen  
(auf der Peripherie der Retina)



Zapfen (in Fovea centralis)

# Messung der Sehschärfe

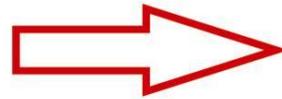


$a = 0,5 \text{ mm}$

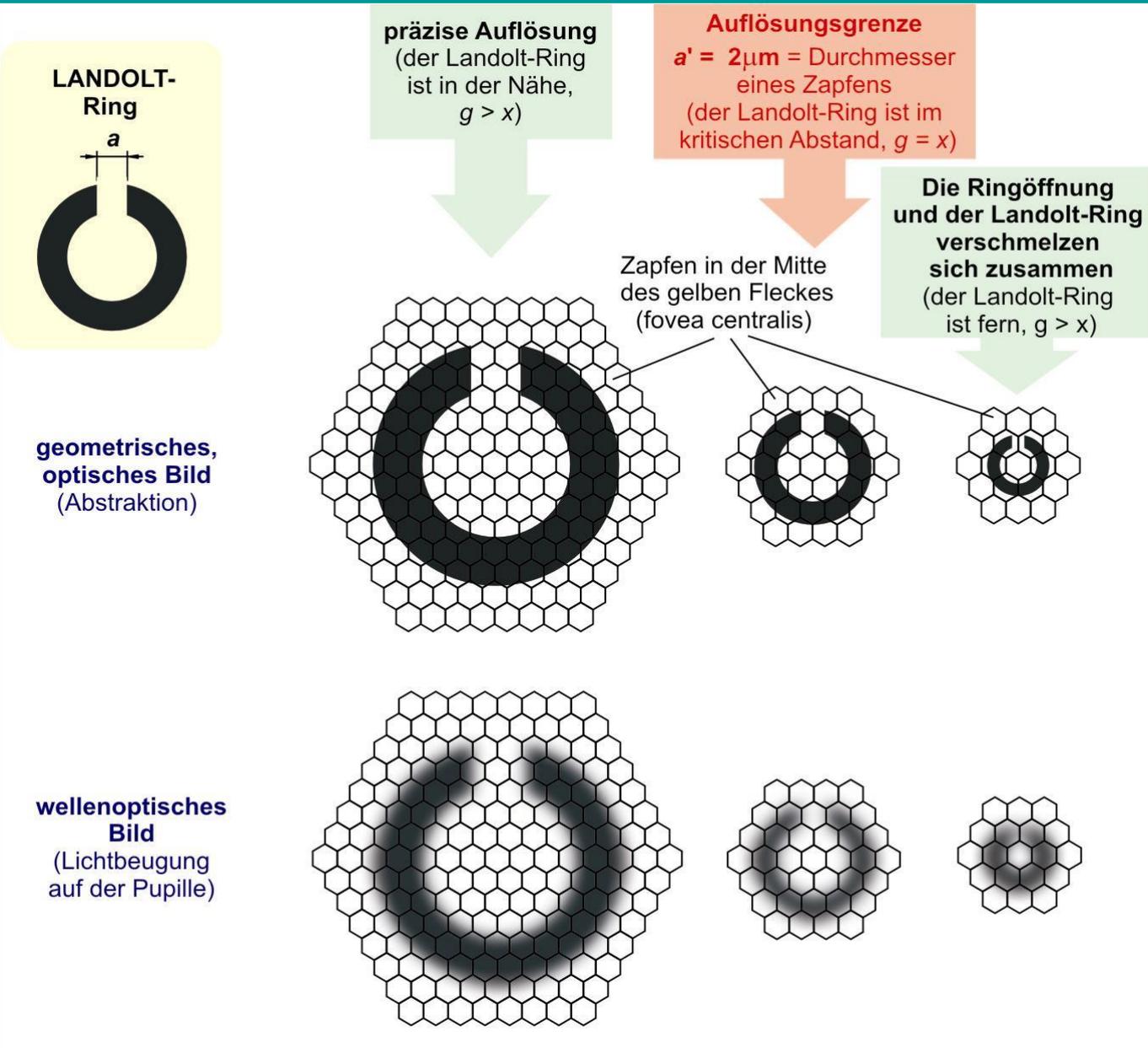
$a = 0,4 \text{ mm}$

$a = 0,3 \text{ mm}$

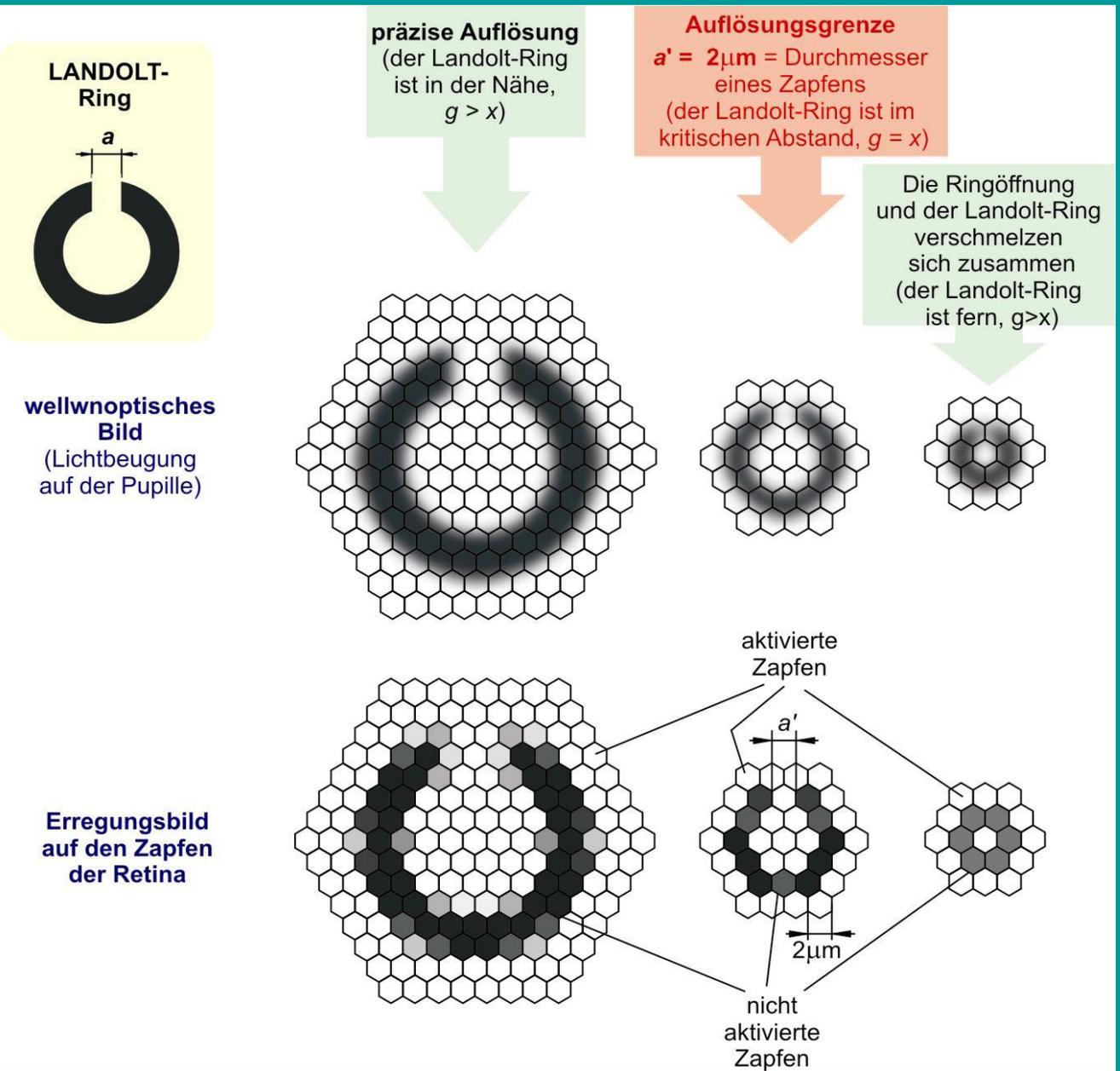
$a = 0,2 \text{ mm}$



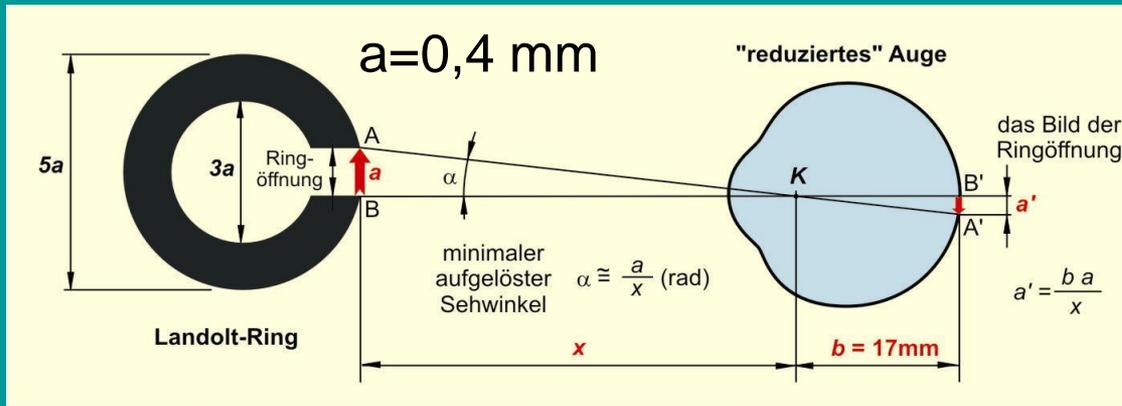
# Das Bild von Landolt-Ring in dem gelben Fleck 1.



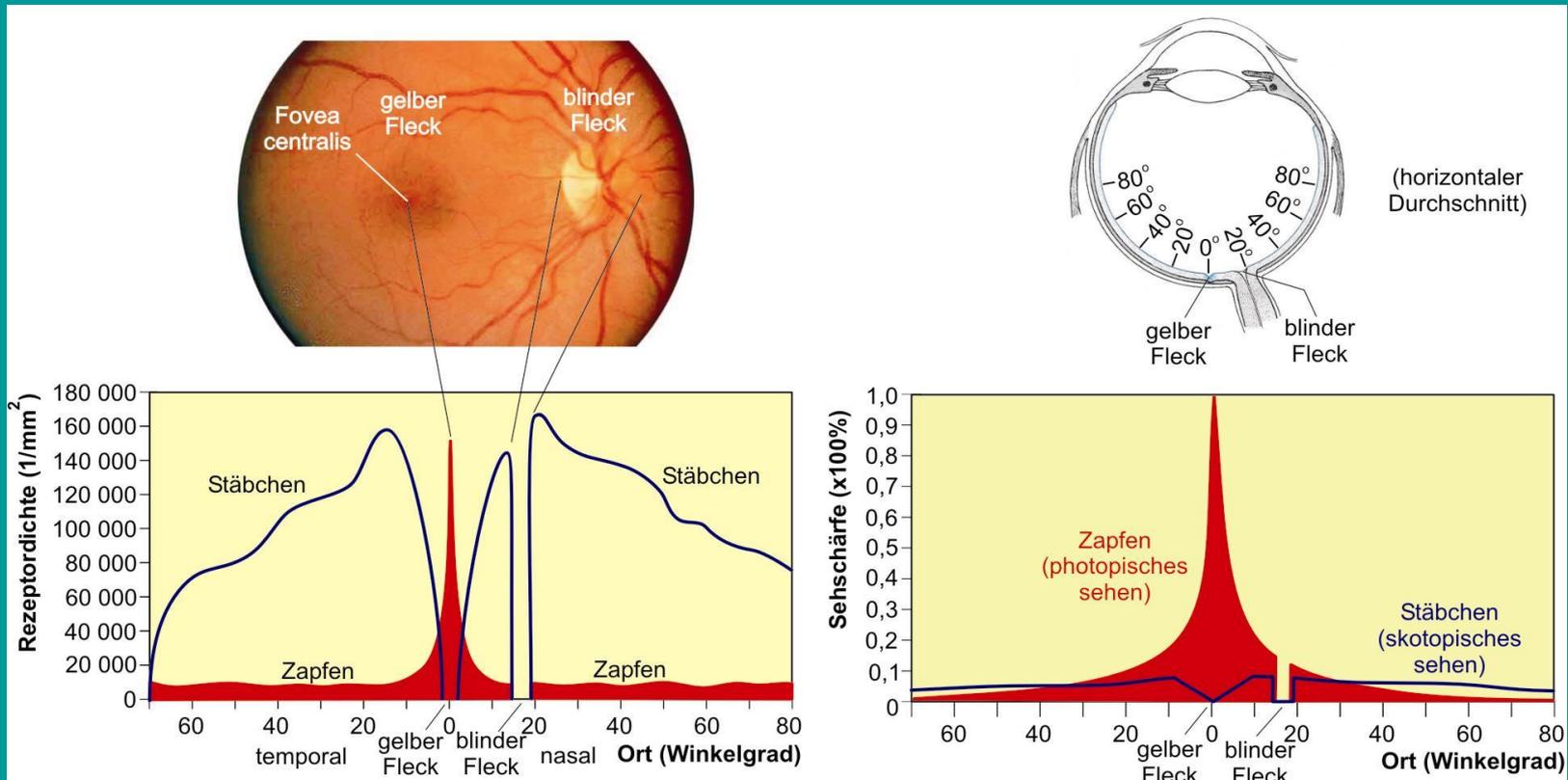
# Das Bild von Landolt-Ring in dem gelben Fleck 2.



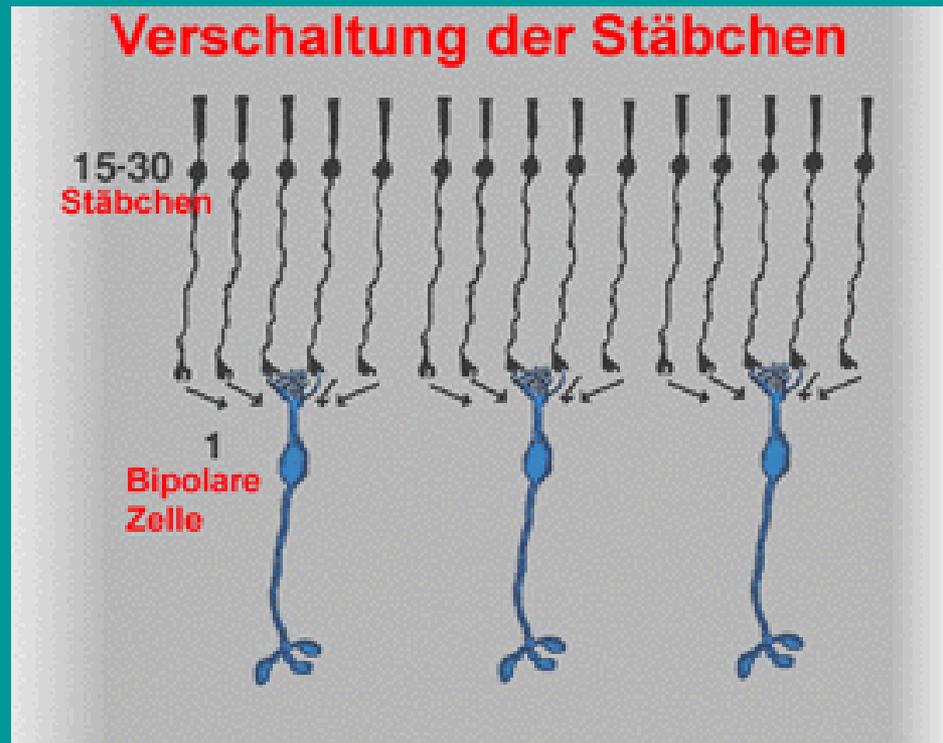
# Dichte und Verteilung der Rezeptoren



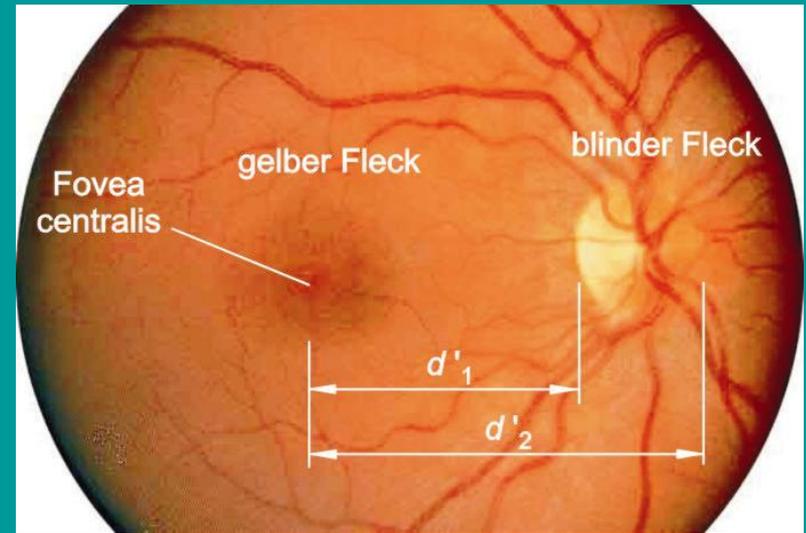
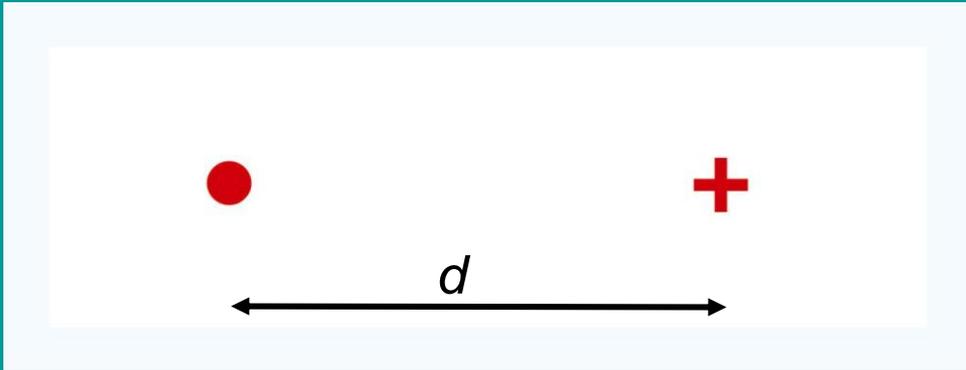
$\rightarrow a' \rightarrow \frac{0,4}{x} = \frac{a'}{17}$   
 $\rightarrow x$   
 $\rightarrow A \cong (a')^2$   
 $\rightarrow \text{Dichte} = \frac{1}{A}$



# Informationsreduktion, Konvergenz:



# Blinder Fleck



$d = 60 \text{ mm}$  (in der ausgedruckten Abbildung)

