

## Das Auge und das Sehen

### 1. Entwicklung des Sehorgans

### 2. Aufbau des menschlichen Auges

### 3. Optik des menschlichen Auges

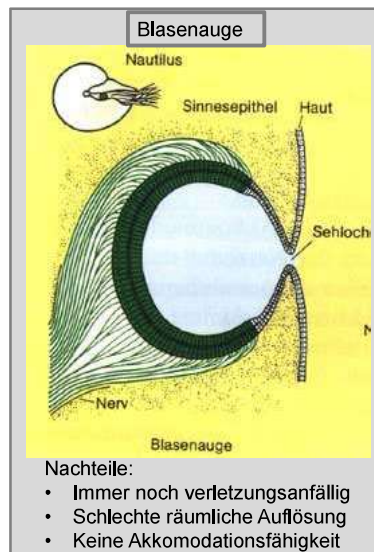
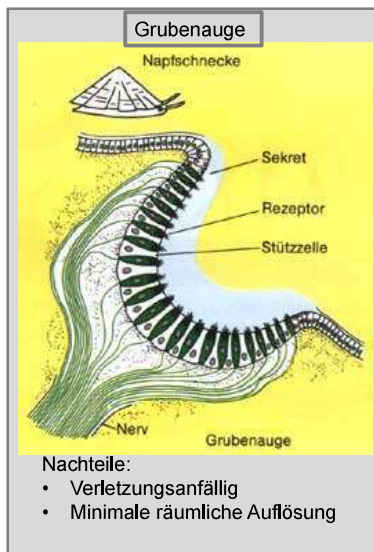
- Brechkraft des Auges
- Akkommodation (Brechkraftänderung)
- Augenfehler (Myopie, Hyperopie, Presbyopie, sphärische und chromatische Aberration)
- Bildentstehung im Auge (reduziertes Auge)
- (räumliche) Auflösung des Auges



1

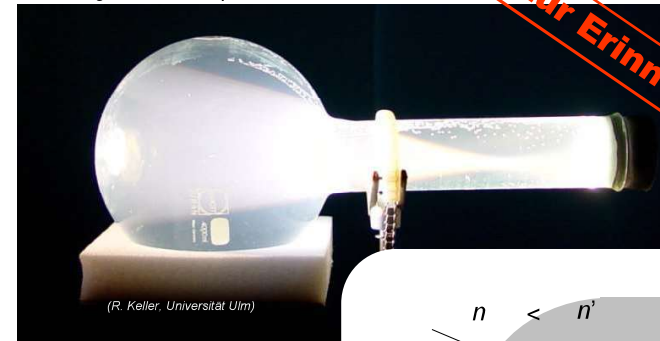
2

## 1. Entwicklung des Sehorgans



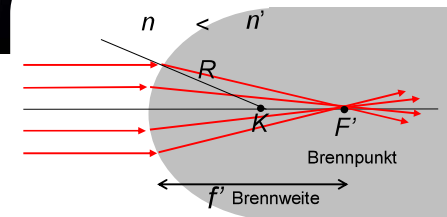
3

Brechung durch eine sphärische Grenzfläche:



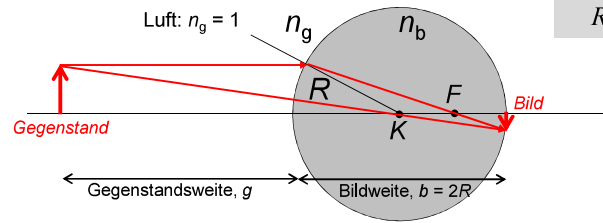
**Brechkraft (D):** 
$$D = \frac{n'}{f'} = \frac{n' - n}{R}$$

**Abbildungsgesetz:** 
$$D = \frac{n_g}{g} + \frac{n_b}{b}$$



4

## Einfache Kugel als Auge?



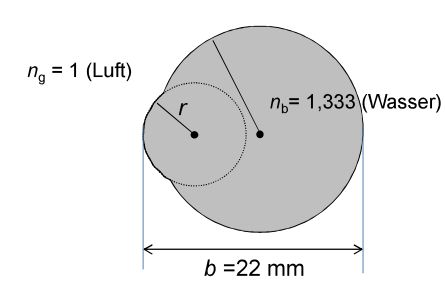
$$\frac{n_b - n_g}{R} = D = \frac{n_g}{g} + \frac{n_b}{b}$$

$n_b = ?$

⇒  $n_b$  müsste größer sein als 2! Diamant vielleicht?

⇒ 2 Kugel!

5



$$\frac{n_b - n_g}{R} = D = \frac{n_g}{g} + \frac{n_b}{b}$$

$r = ?$

### Vorteile:

- Geschlossen ⇒ weniger verletzungsanfällig
- Gute räumliche Auflösung
- Bild entsteht innerhalb der Kugel

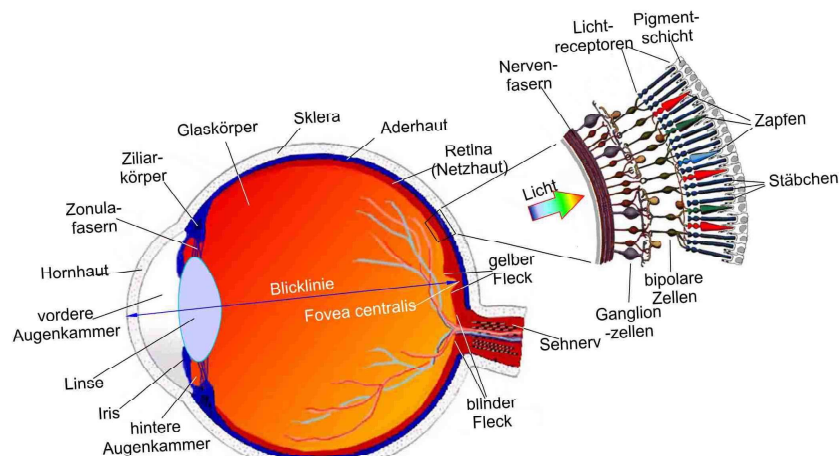
### Nachteile:

- Keine Akkomodationsfähigkeit



6

## 2. Aufbau des menschlichen Auges



7

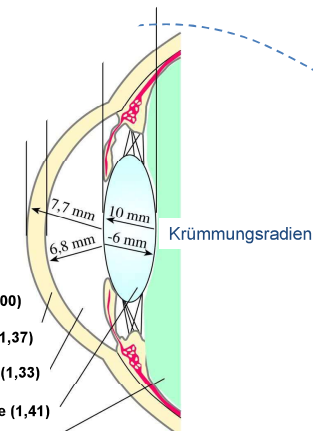
## 3. Optik des menschlichen Auges

a) Brechkraft des Auges ▪ diffuse Brechung ? ← Tränenfilm!

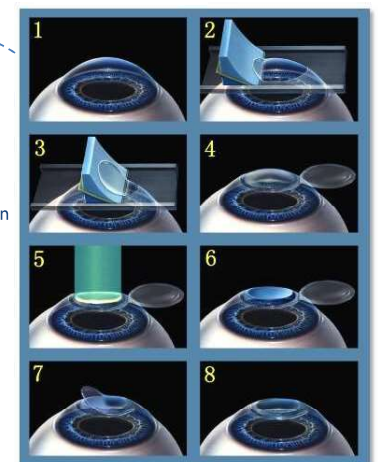
$$D = \frac{n_2 - n_1}{R}$$

Brechzahlwerte:

- Luft (1,00)
- Hornhaut (1,37)
- Kammerwasser (1,33)
- Linse (1,41)
- Glaskörper (1,34)

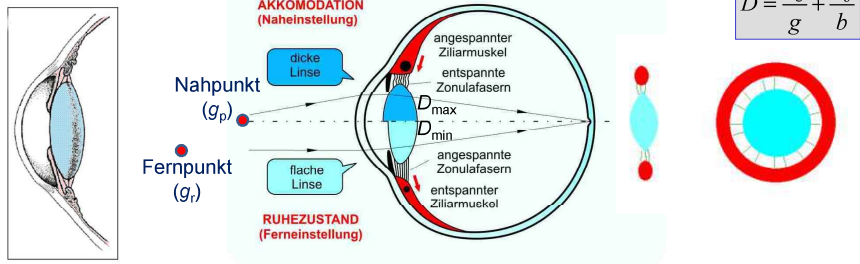


LASIK:



8

## b) Akkomodation (Brechkraftänderung)

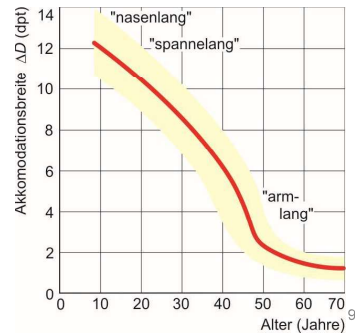


- Akkommodationsbreite ( $\Delta D$ ):  $\Delta D = D_{\max} - D_{\min}$

$$D_{\max} = \frac{n_g}{g_p} + \frac{n_b}{b}$$

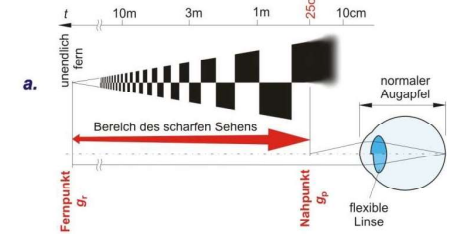
$$D_{\min} = \frac{n_g}{g_r} + \frac{n_b}{b}$$

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

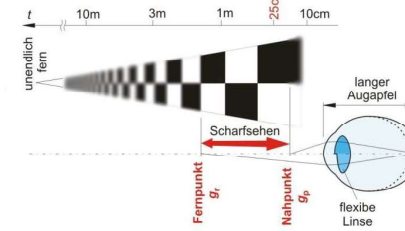


## c) Augenfehler :

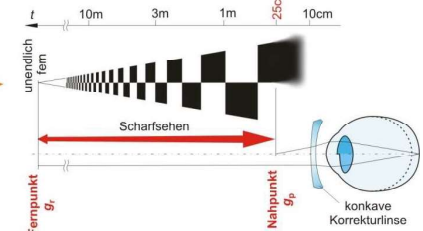
### NORMALSICHTIGES AUGE (Emmetropie)



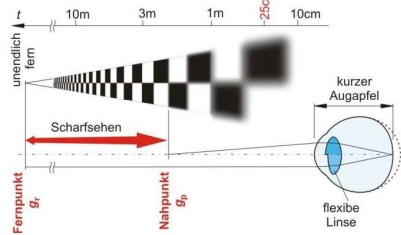
### KURZSICHTIGKEIT (Myopie)



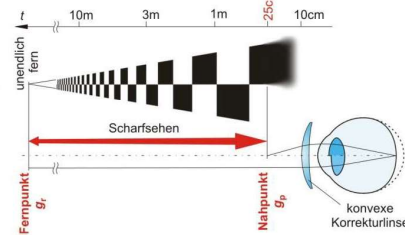
### KORRIGIERTE KURZSICHTIGKEIT



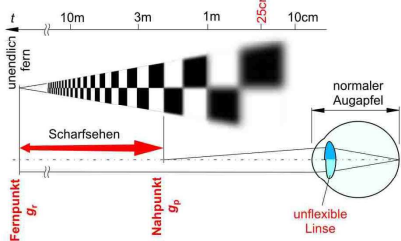
### WEITSICHTIGKEIT (Hyperopie)



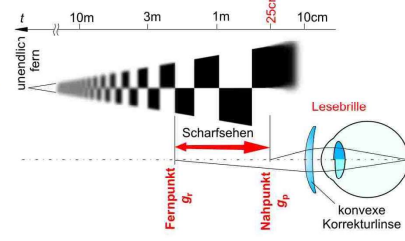
### KORRIGIERTE WEITSICHTIGKEIT



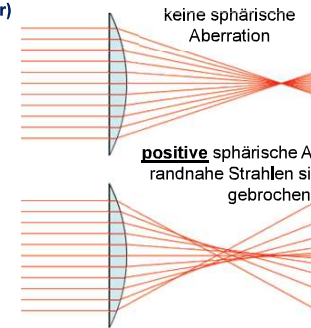
### ALTERSSICHTIGKEIT (Presbyopie)



### KORRIGIERTE ALTERSSICHTIGKEIT

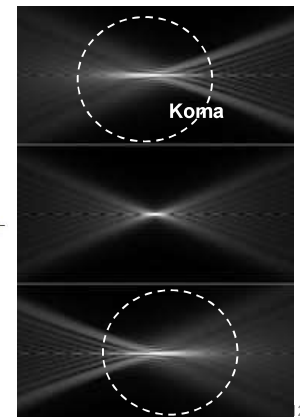
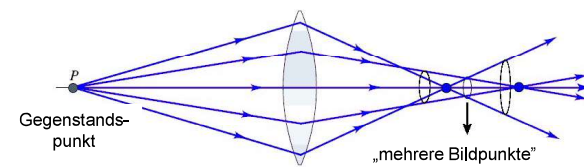


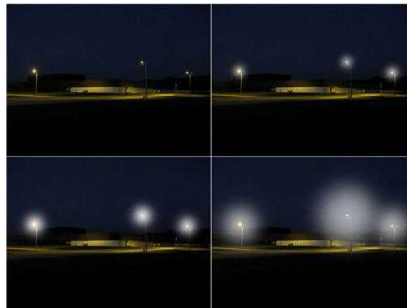
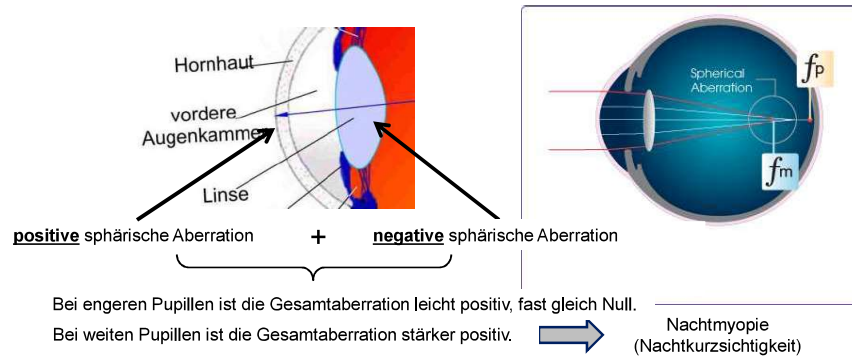
## Sphärische Aberration (Öffnungsfehler)



**positive** sphärische Aberration = randnahe Strahlen sind stärker gebrochen

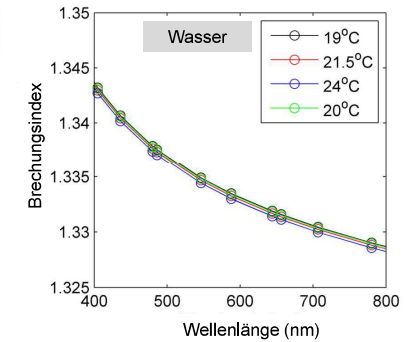
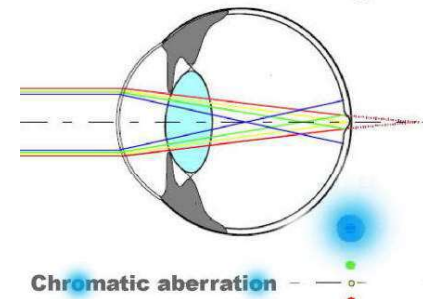
**negative** sphärische Aberration = randnahe Strahlen sind weniger gebrochen





13

## Chromatische Aberration (Farbfehler)

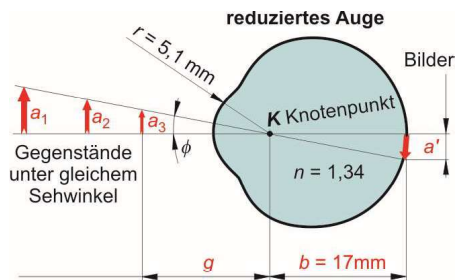
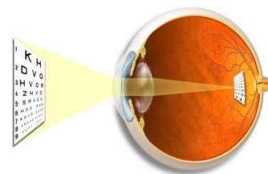


Wie viel Dioptrie ist die Brechkraftdifferenz zwischen Blau und Rot?  
(s. übernächste Dia)

14

## d) Bildentstehung im Auge

### Reduziertes Auge



➤ Brechkraft des reduzierten Auges: ?

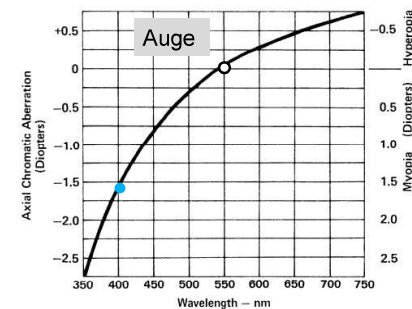
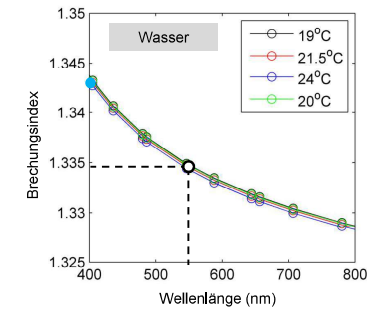
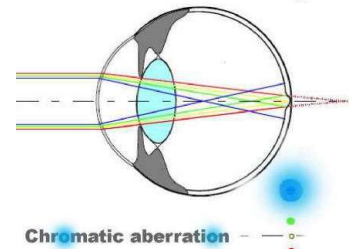
$$D = \frac{n_2 - n_1}{r} =$$

➤ Bild: — verkleinert ( $a'$ )  
— reell  
— umgekehrt

? Sehwinkel  $\phi$ :  $\phi \text{ (rad)} =$

15

## Chromatische Aberration (Fortsetzung)



16

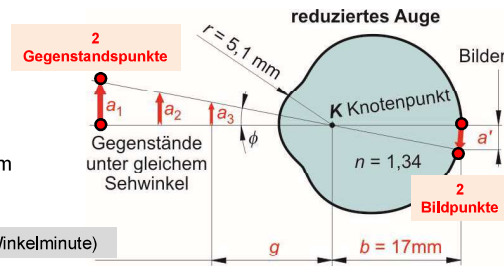


## e) (räumliche) Auflösung des Auges

### Sehwinkelgrenze ( $\alpha$ ):

Der minimale Sehwinkel unter welchem man zwei Gegenstandspunkte noch gerade getrennt sieht.

Referenzwert der Sehwinkelgrenze:  $1'$  (1 Winkelminute)



Auflösungsvermögen:  $= \frac{1}{\alpha} \left( \frac{1}{\tau} \right)$

Referenzwert des Auflösungsvermögens:  $= \frac{1}{1'}$

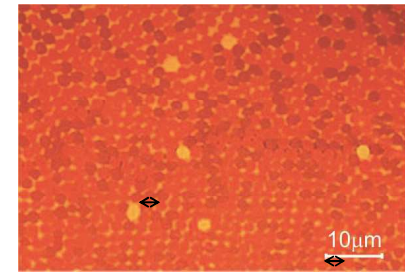
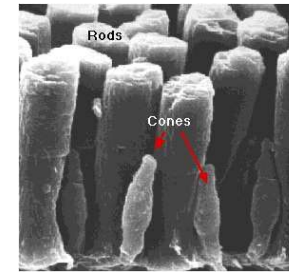
Sehschärfe (Visus):  $= \frac{\text{Auflösungsvermögen des Patienten}}{\text{Referenzwert des Auflösungsvermögens}} = \frac{\alpha(l')}{\frac{1}{1'}} = \frac{1'}{\alpha(l')} \cdot 100\%$

Erklärung:

- physikalisch
- biologisch

17

## ➤ Biologische Erklärung



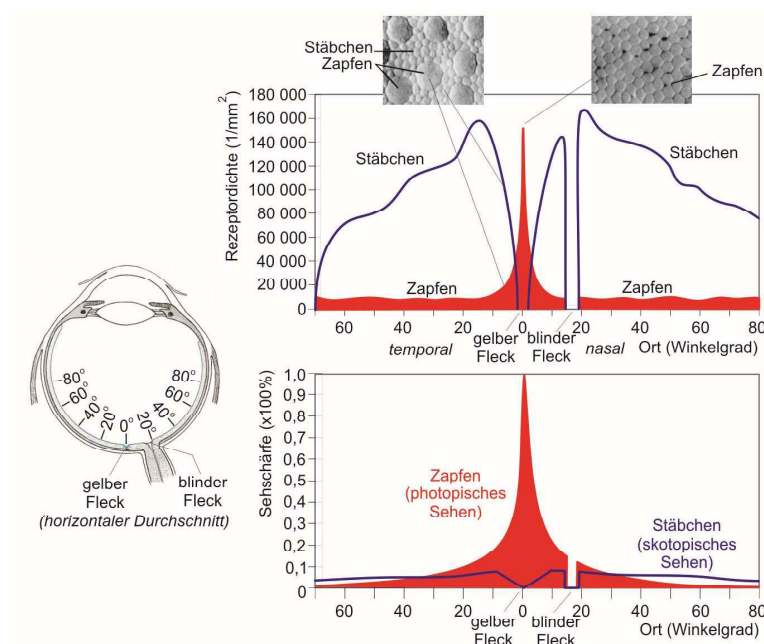
Gegenstandspunkte	Bildpunkte	Empfindung

Sehwinkelgrenze infolge Rezeptordichte ( $\alpha$ ):

$\alpha =$



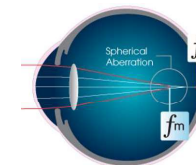
18



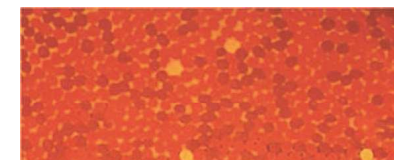
19

## Faktoren die die Auflösung des Auges begrenzen:

### 1. Fehler in der optischen Abbildung (z.B.: Linsenfehlern)



### 2. Größe und Dichte der Rezeptoren



### 3. Wellenoptische Effekte, Beugung (siehe nächste Woche)

## Hausaufgaben: Aufgabensammlung

4.5-8, 14



20