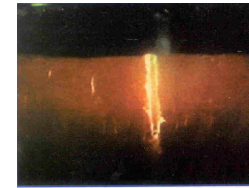


## LASER

1. Entstehung des Laserlichtes
  - Induzierte Emission
  - Besetzungsinversion
  - Laserniveau
  - Pumpen
  - Positive Rückkopplung
  - Optischer Resonator
2. Eigenschaften der Laserstrahlung
3. Lasertypen
4. Medizinische Anwendung
  - Absorption in Geweben
  - Folgerungen der Absorption
  - Anwendungsbeispiele

## VII. LASER

light amplification by stimulated emission of radiation



### 1. Entstehung des Laserlichtes

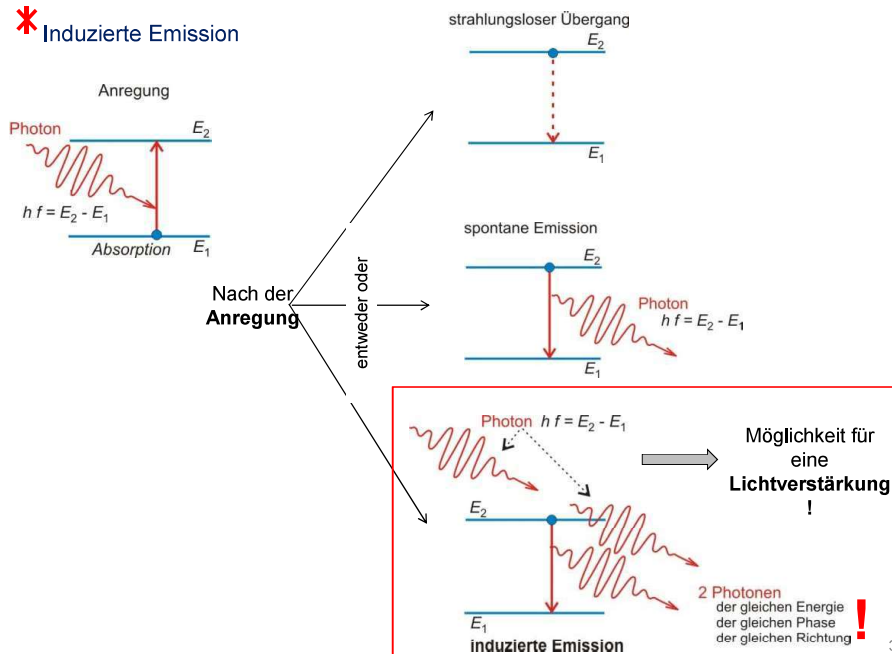
Schlüsselwörter des Lasers:

- |                       |                |
|-----------------------|----------------|
| * Induzierte Emission | * Pumpen       |
| * Besetzungsinversion | * Rückkopplung |
| * Laserniveau         |                |

1

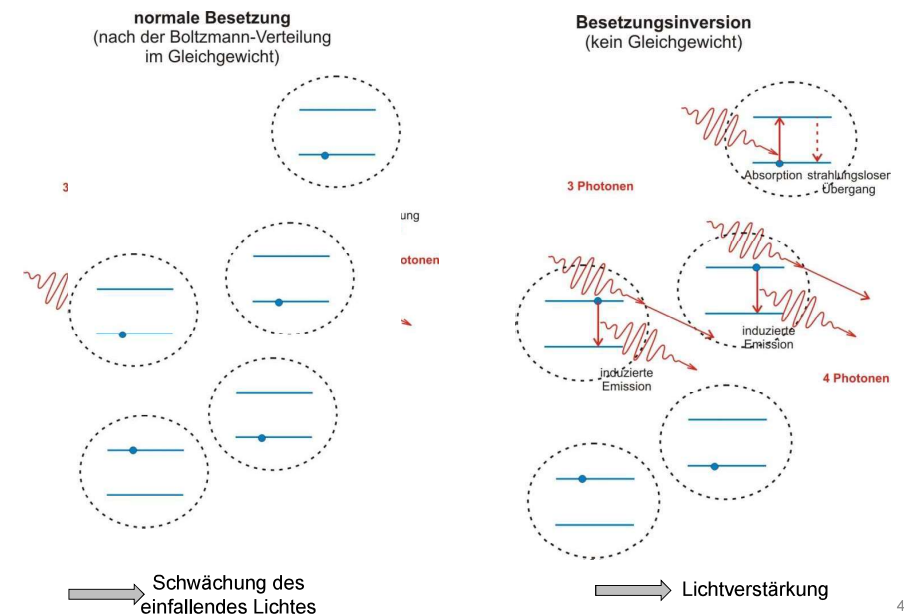
2

### \* Induzierte Emission



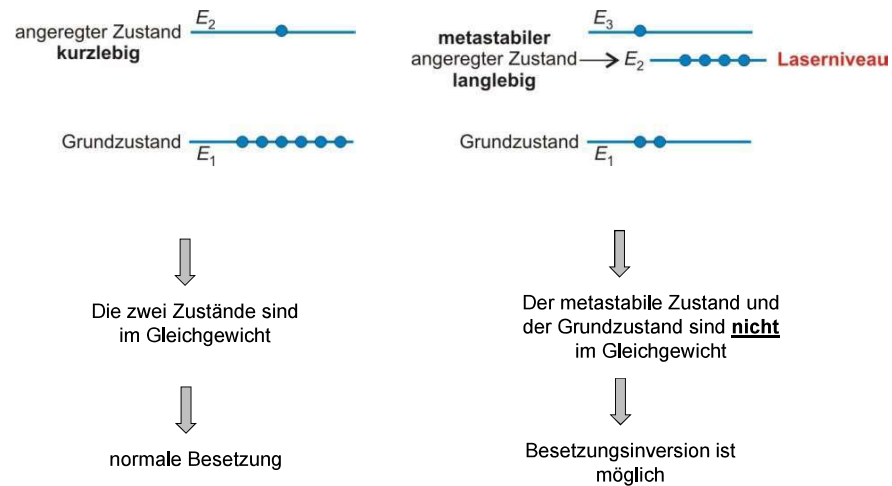
3

### \* Besetzungsinversion



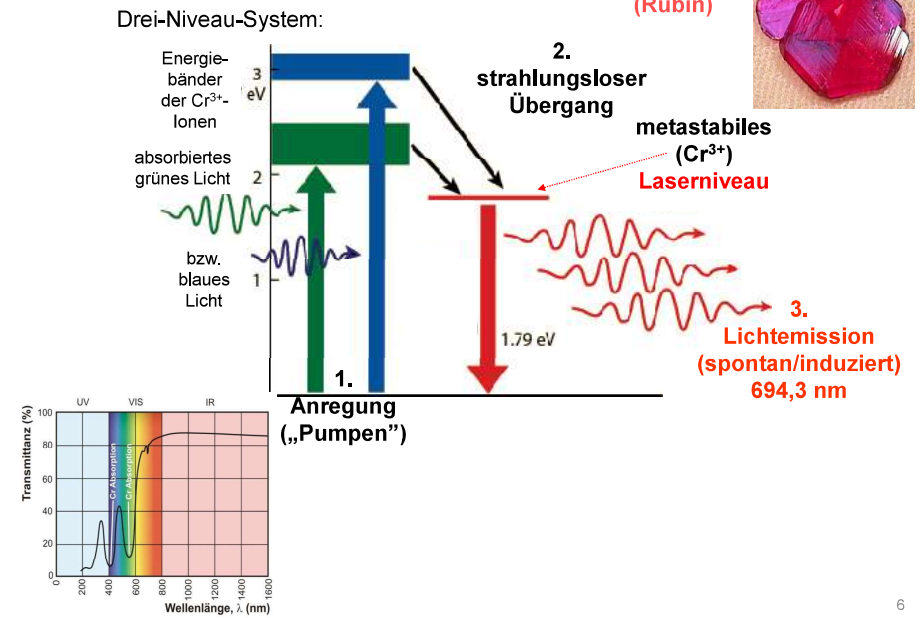
4

## \* Laserniveau



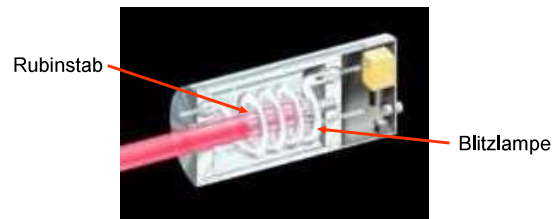
5

## Zusammenfassend am Beispiel des Rubinlasers

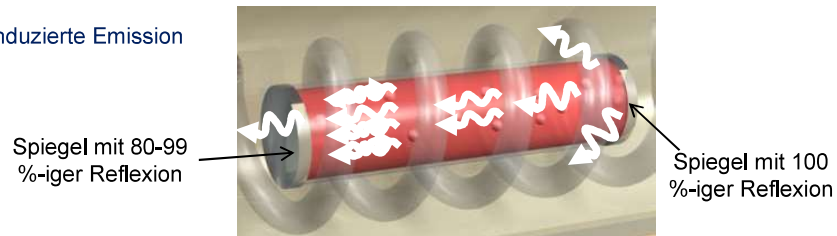


6

## \* Pumpen

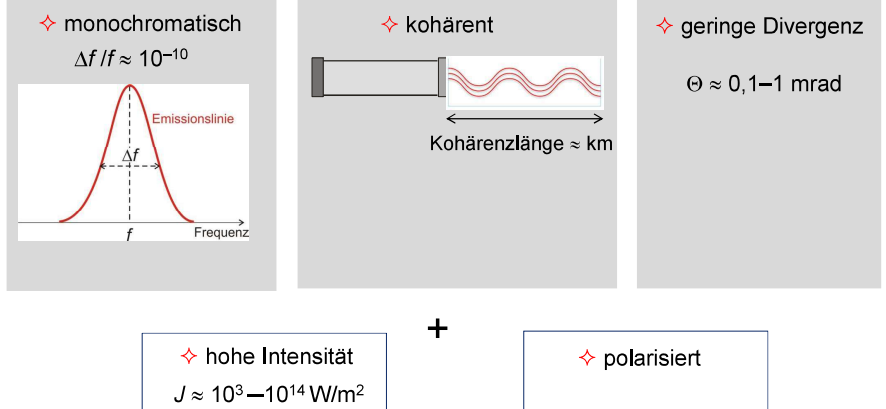


## \* Induzierte Emission

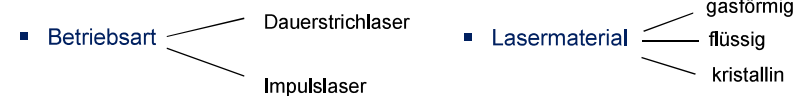


7

## 2. Eigenschaften der Laserstrahlung

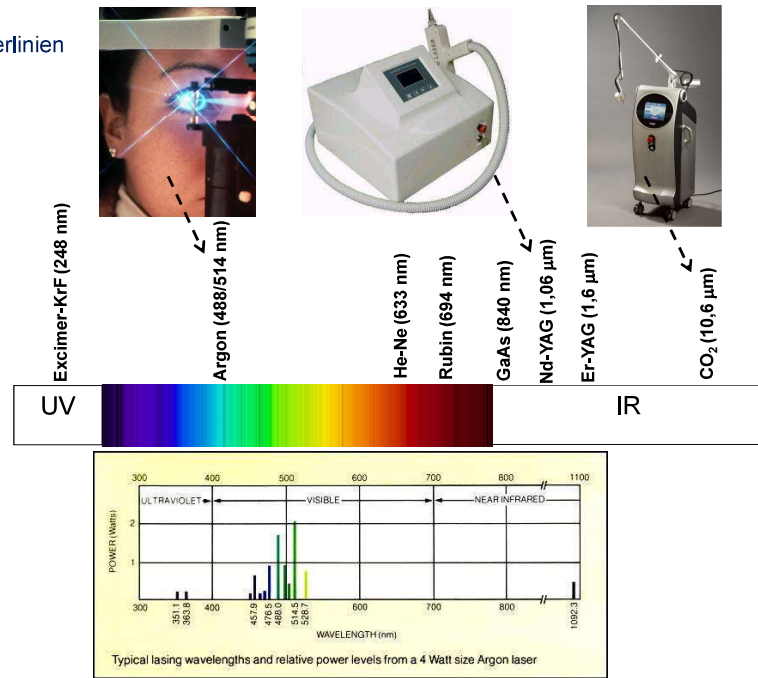


## 3. Lasertypen



8

## Laserlinien

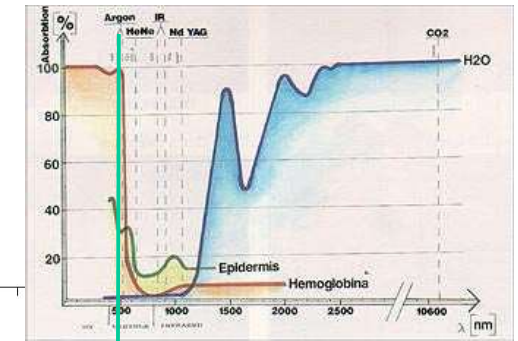
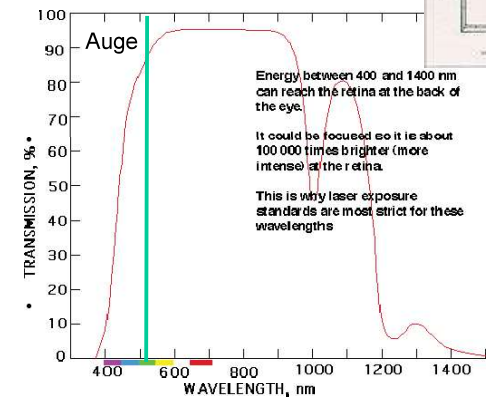


9

## 4. Medizinische Anwendung

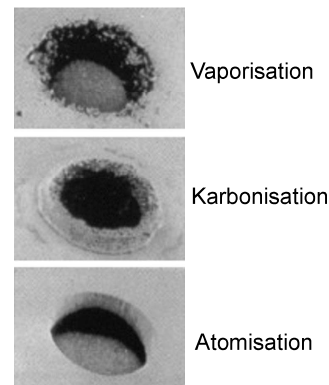
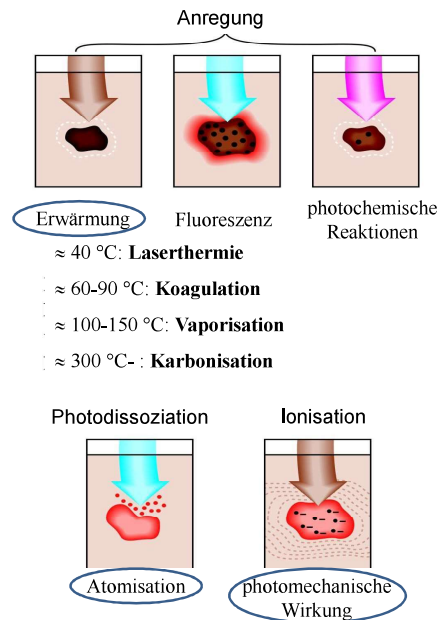
### Absorption in Geweben

z. B. Argon (514 nm)



10

## Folgerungen der Absorption



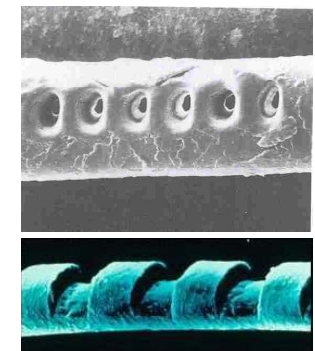
11

## Beispiele

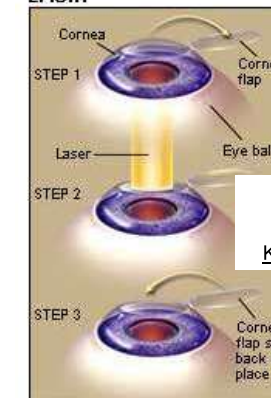
Laserbehandlung der Hornhaut



Laserbohrungen durch ein menschliches Haar



### LASIK



LASIK:

Laser In-situ Keratomileusis

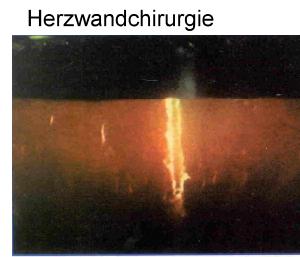
© 2003 WebMD Inc.

12

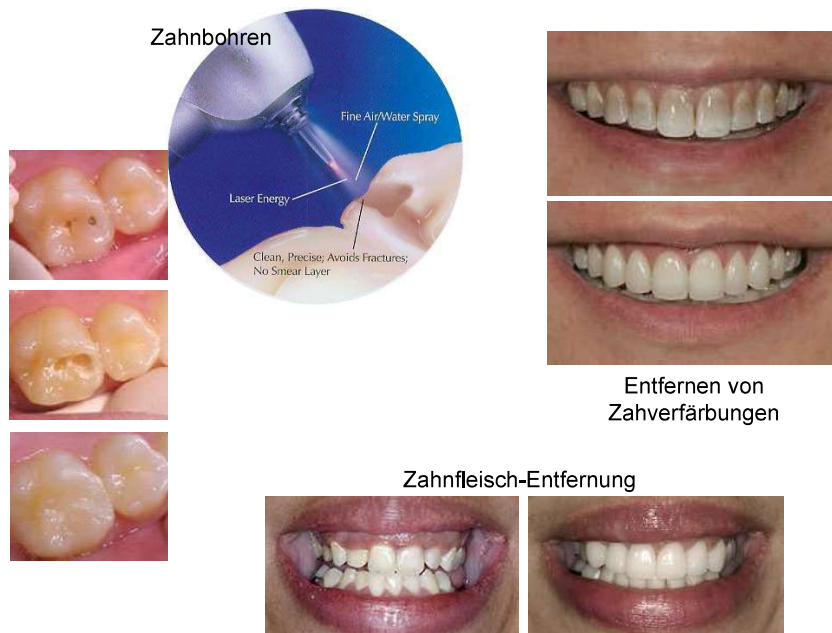




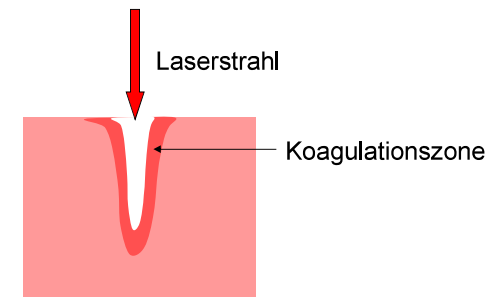
13



14



15



Vorteile der Laserchirurgie:

- ✧ feine, präzise Schnitte
- ✧ Blutung ist reduziert
- ✧ aseptisch
- ✧ möglich auch im Innere des Körpers (Lichtleiter)
- ✧ selektive Behandlung von bestimmten Geweben

16

Hausaufgaben: ■ Aufgabensammlung  
9.3-6  
4.5-7



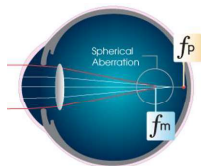
17

1. Entwicklung des Sehorgans
2. Aufbau des menschlichen Auges
3. Optik des menschlichen Auges
  - a) Brechkraft des Auges
  - b) Akkomodation (Brechkraftänderung)
  - c) Augenfehler (Myopie, Hyperopie, Presbyopie)
  - d) Reduziertes Auge
  - e) (räumliche) Auflösung des Auges
    - sphärische und chromatische Aberration
4. Wechselwirkungen des Lichts bis zum Augenfundus
  - Adaptation
  - Reflexion
  - Streuung (Graustar)
  - Absorption
5. Absorption in den Rezeptorzellen der Netzhaut - Empfindlichkeit
6. Spektrale Empfindlichkeit des Auges - Farbsehen
7. Raumsehen

18

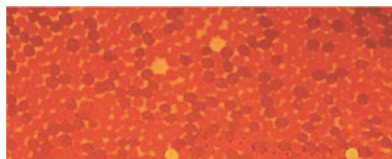
Faktoren die die Auflösung des Auges begrenzen:

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



Zur Erinnerung

2. Größe und Dichte der Rezeptoren

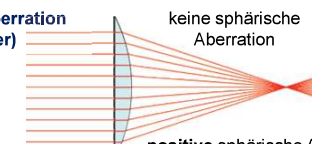


3. Wellenoptische Effekte, Beugung

19

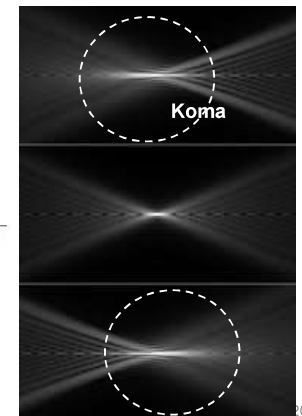
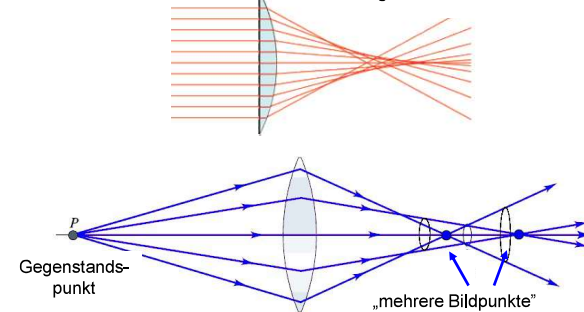
1. Fehler in der optischen Abbildung: Linsenfehler

**Sphärische Aberration (Öffnungsfehler)**

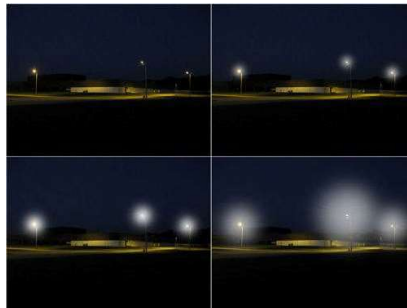
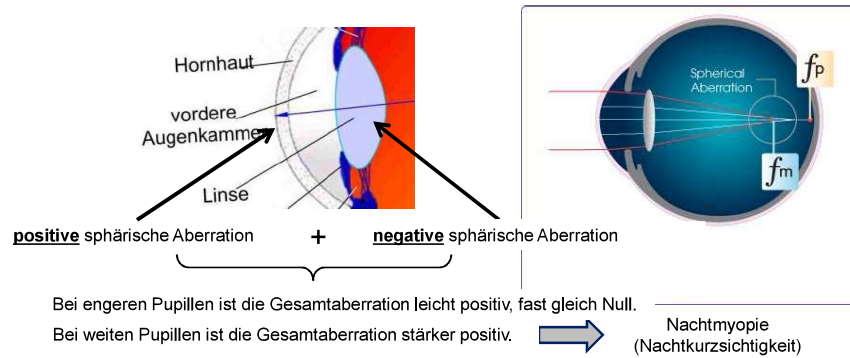


**positive** sphärische Aberration = randnahe Strahlen sind stärker gebrochen

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

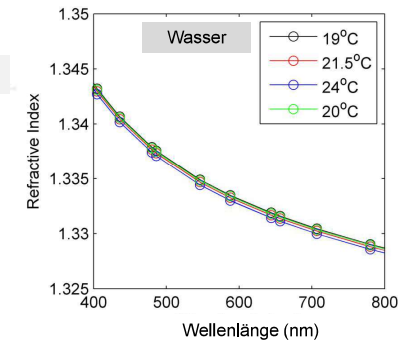
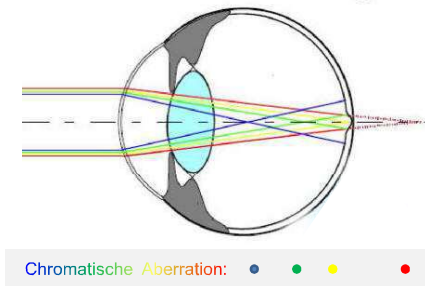


20



21

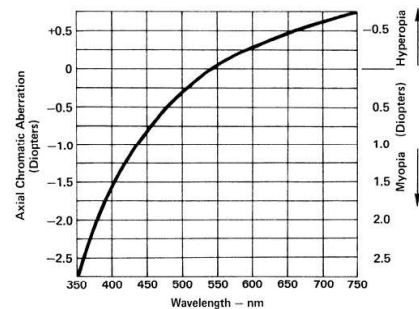
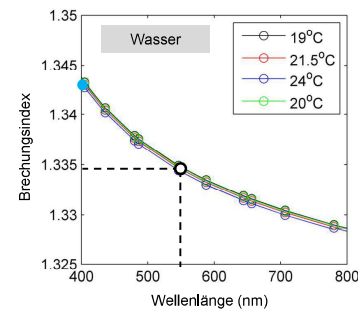
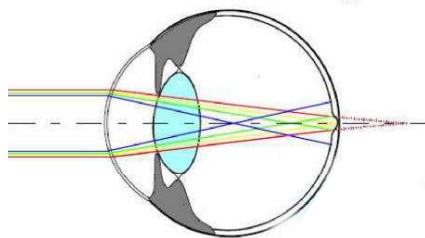
### Chromatische Aberration (Farbfehler)



Wie viel Dioptrie ist die Brechkraftdifferenz zwischen Blau und Rot?

22

### Chromatische Aberration (Fortsetzung)



23

### 3. Wechselwirkungen des Lichts bis zum Augenfundus → Lichtmenge auf der Retina !

#### Adaptation

Wir wird die eingelassene Lichtleistung reguliert? ?



Weitere Effekte der Pupilleöffnung: Auflösung, Linsenfehler

#### Reflexionen in dem Auge

An welcher Grenzfläche ist die Reflexion am stärksten und wie groß ist  $\rho$ ? ?

Brechzahlwerte:

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

Reflexionskoeffizient:

$$\rho = \left( \frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} \right)^2$$

24

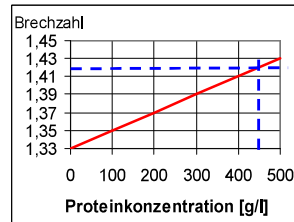
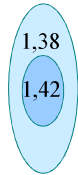


## Streuung in dem Auge

Wo ist die Brechzahl am höchsten?  
Wie wird diese hohe Brechzahl erreicht?



Linse - Brechzahlwerte



(s. Praktikum „Refraktometer“)

400-500 g/l !!!

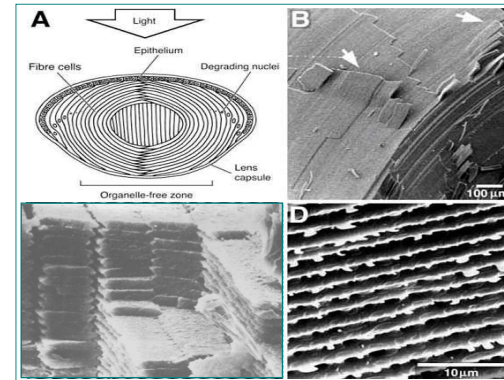


Wie wird die Linse trotz dieser hohen Proteinkonzentration durchsichtig sein?

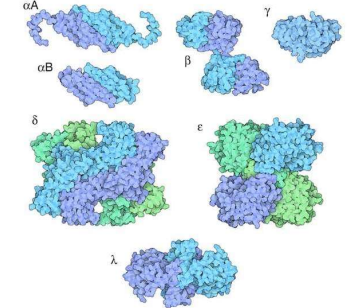
Brechzahlwerte:

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

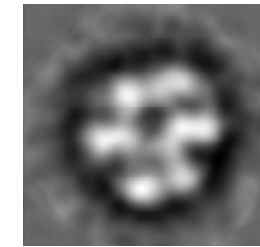
## Aufbau der Linse:



## Spezielle Linsenproteine: Kristalline



Alpha-Kristallin  
--- hat den größten Anteil  
--- besitzt eine Chaperone-Funktion



(elektronenmikroskopische Aufnahme von Alpha-Kristallin)

Und wenn die Linsenproteine doch koagulieren und sich ausscheiden würden?



Linse -Graustar



Sicht ohne Linsentrübung (Computersimulation).

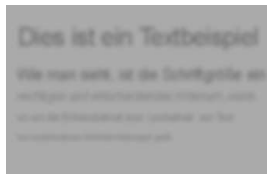


Dies ist ein Textbeispiel

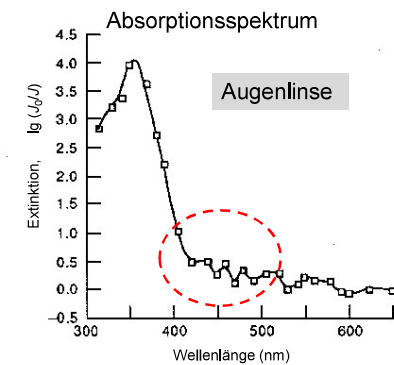
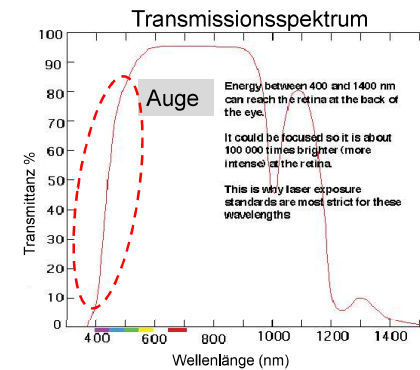
Wie man sieht, ist die Schriftgröße ein wichtiges und entscheidendes Kriterium, wenn es um die Erkennbarkeit bzw. Lesbarkeit von Text bei verschiedenen Sehbehinderungen geht.



Sicht mit Linsentrübung (Computersimulation).



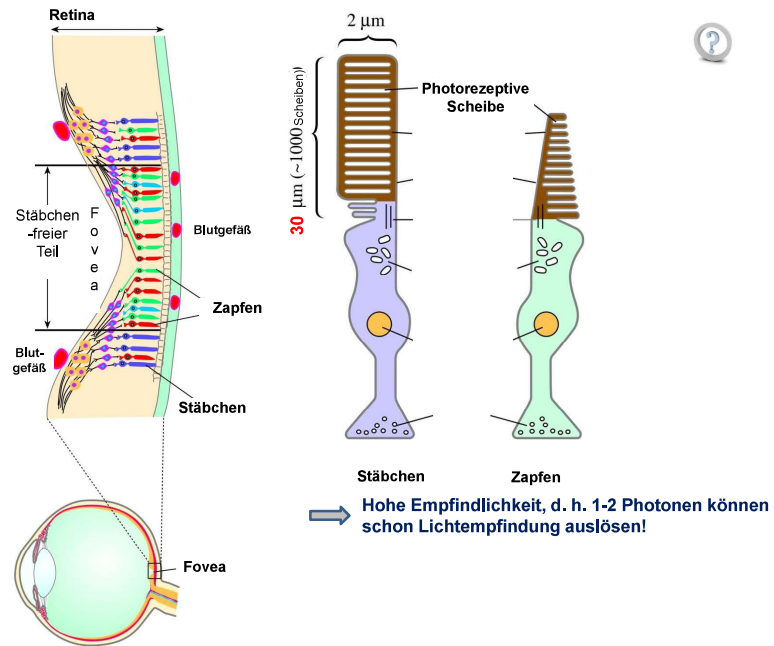
## Absorption in dem Auge



→ keine starke Absorption in dem sichtbaren Bereich

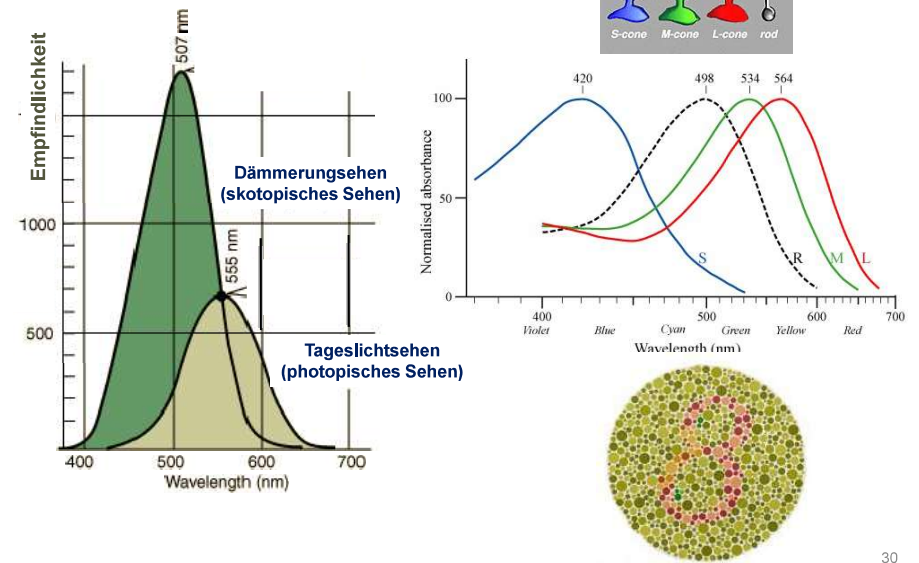
→ mittelmäßige Absorption in dem blauen/violetten Bereich → Verminderung der Auswirkungen der chromatischen Aberration

#### 4. Absorption in den Rezeptorzellen der Netzhaut - Empfindlichkeit



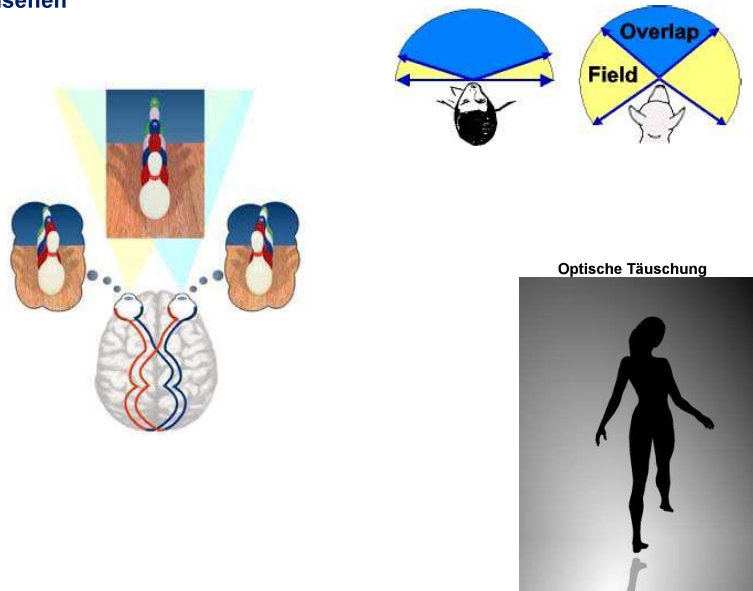
29

#### 5. Spektrale Empfindlichkeit des Auges - Farbsehen



30

#### 6. Raumsehen



31

Hausaufgaben:

- Aufgabensammlung  
4.1, 2, 8, 11, 13, 14



32