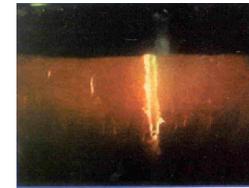


LASER

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

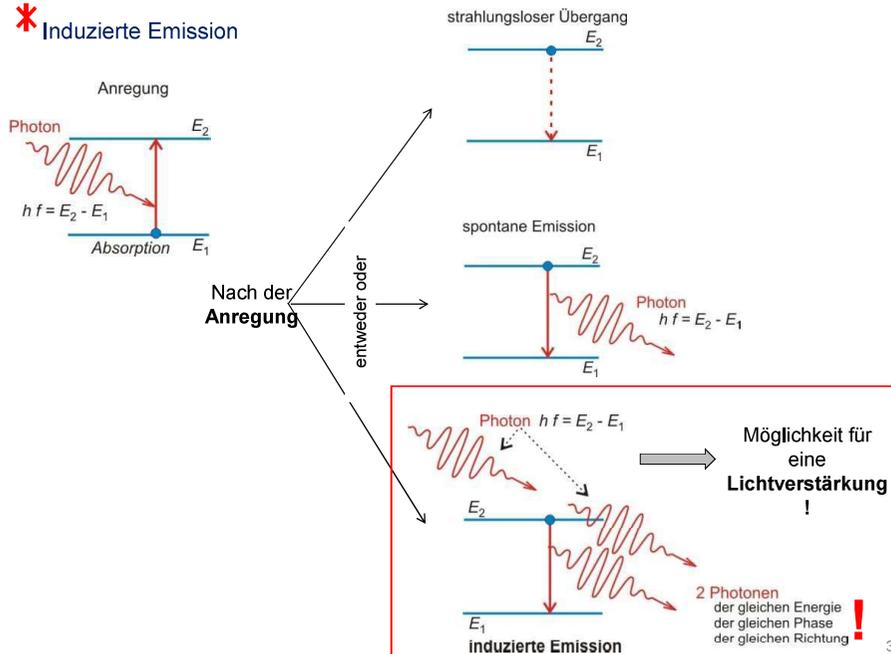
Schlüsselwörter des Lasers:

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

1

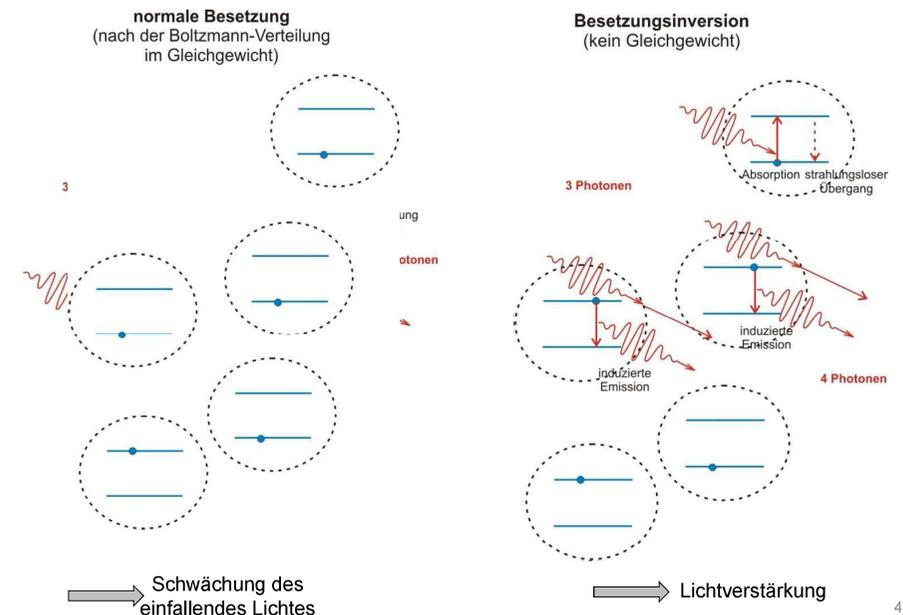
2

* Induzierte Emission



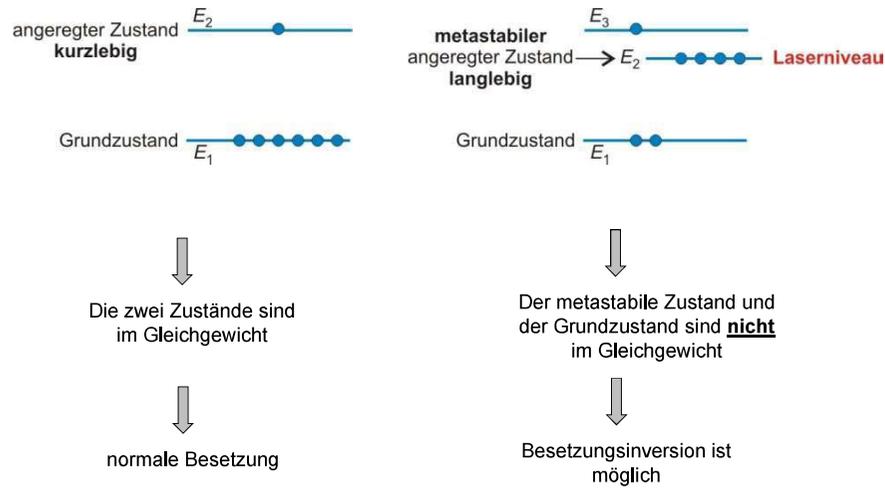
3

* Besetzungsinversion

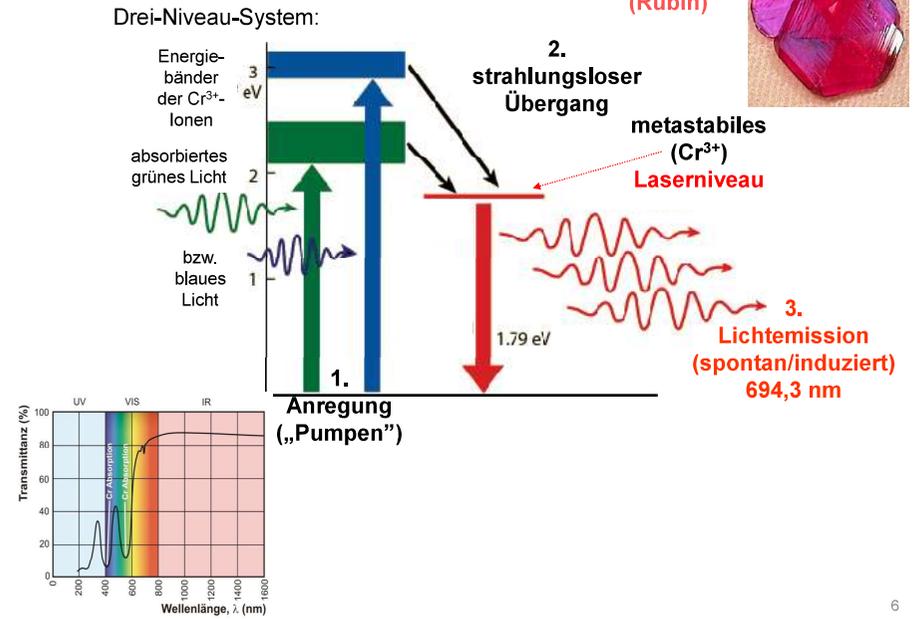


4

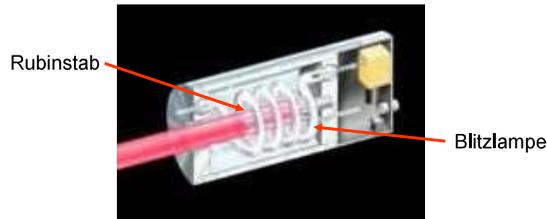
* Laserniveau



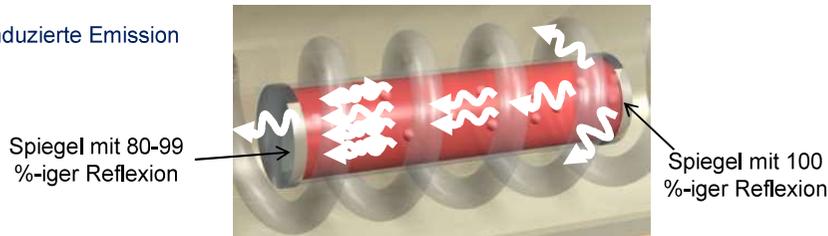
Zusammenfassend am Beispiel des Rubinlasers



* Pumpen



* Induzierte Emission



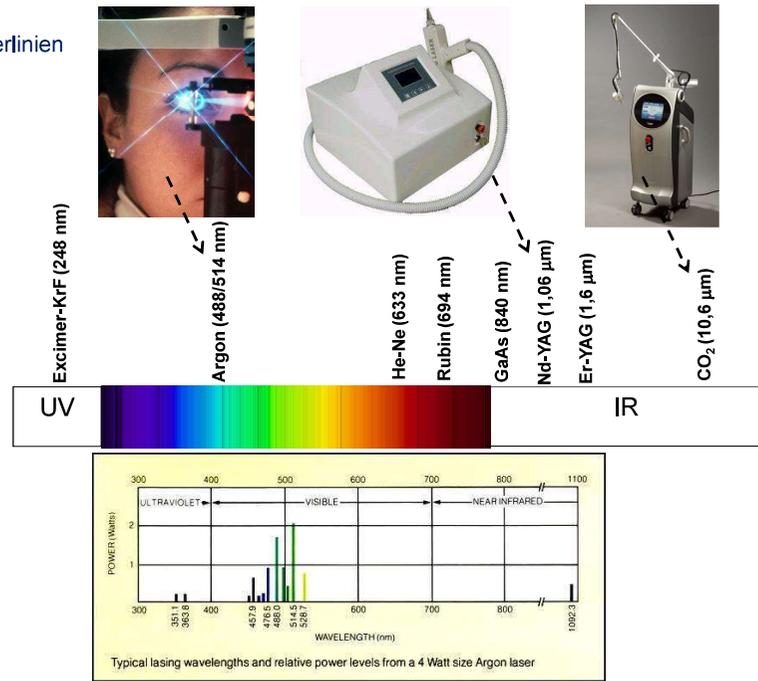
2. Eigenschaften der Laserstrahlung

- ◇ monochromatisch $\Delta f / f \approx 10^{-10}$
- ◇ kohärent
- ◇ geringe Divergenz $\Theta \approx 0,1-1 \text{ mrad}$
- ◇ hohe Intensität $J \approx 10^3-10^{14} \text{ W/m}^2$
- ◇ polarisiert

3. Lasertypen

- Betriebsart
 - Dauerstrichlaser
 - Impulslaser
- Lasermaterial
 - gasförmig
 - flüssig
 - kristallin

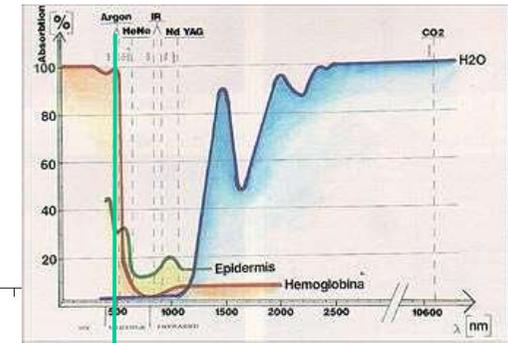
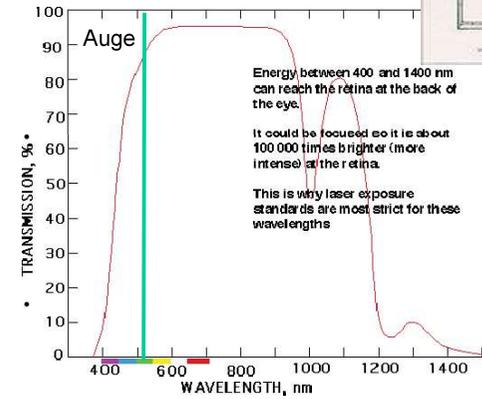
■ Laserlinien



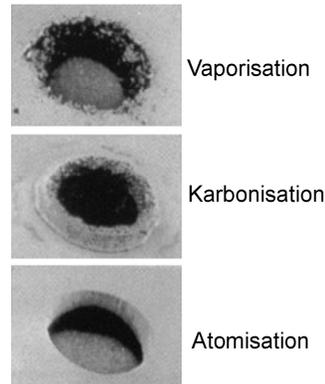
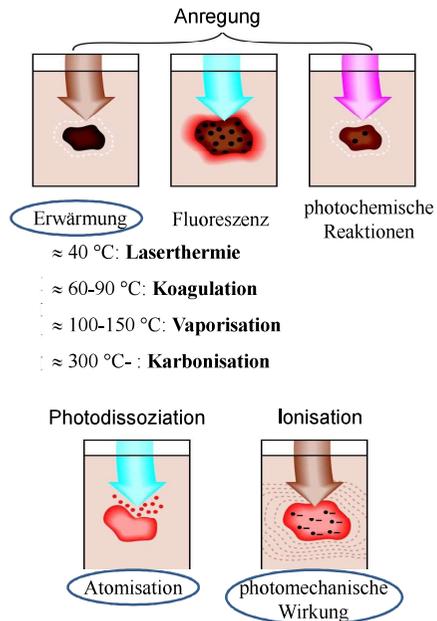
4. Medizinische Anwendung

■ Absorption in Geweben

z. B. Argon (514 nm)



■ Folgerungen der Absorption

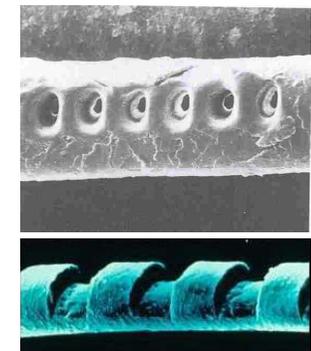


■ Beispiele

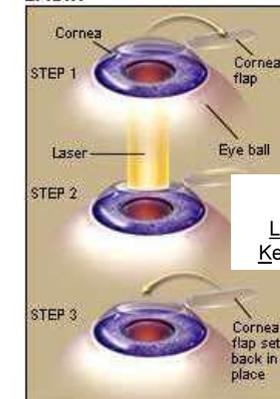
Laserbehandlung der Hornhaut



Laserbohrungen durch ein menschliches Haar



LASIK



LASIK:
 Laser In-situ Keratomileusis



Port Wine Stain



vor der Behandlung nach der Behandlung

Laser Resurfacing



Enthaarung



Entfernung von Tätowierungen

Herzwandchirurgie



Leg Veins After 2 Laser Treatments



Kehlkopfchirurgie



Trommelfelldurchbohrung

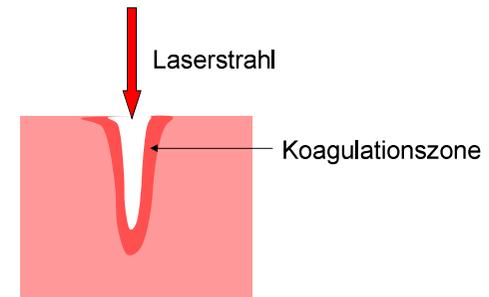


Zahnbohren



Entfernen von Zahverfärbungen

Zahnfleisch-Entfernung



Vorteile der Laserchirurgie:

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

- Hausaufgaben: ■ Aufgabensammlung
9.3-6
4.5-7



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

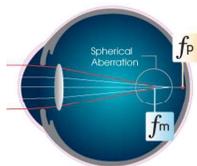
7. Raumsehen

17

18

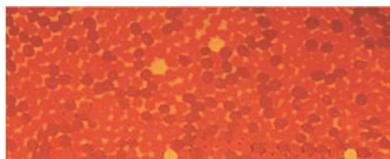
Faktoren die die Auflösung des Auges begrenzen:

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



Zur Erinnerung

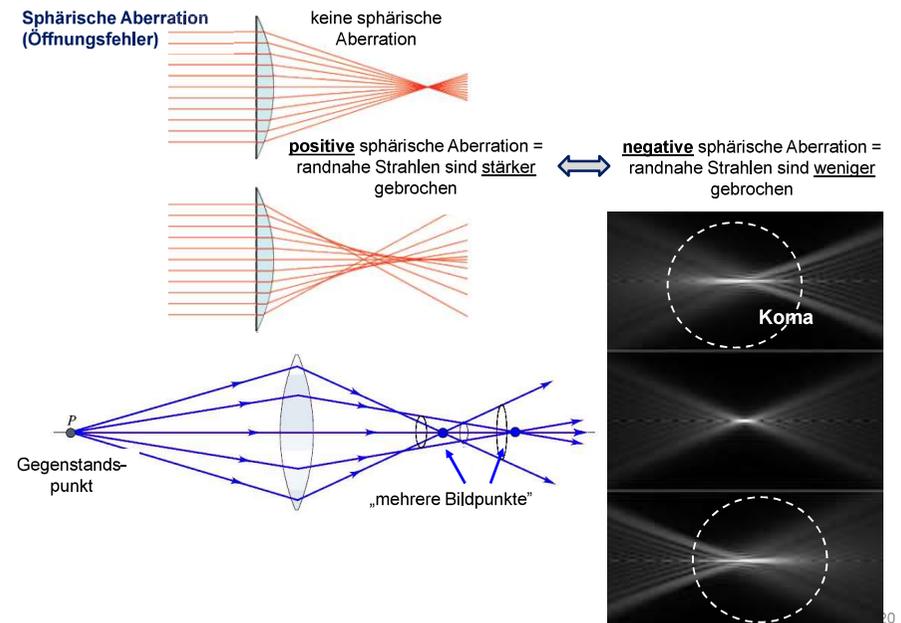
2. Größe und Dichte der Rezeptoren



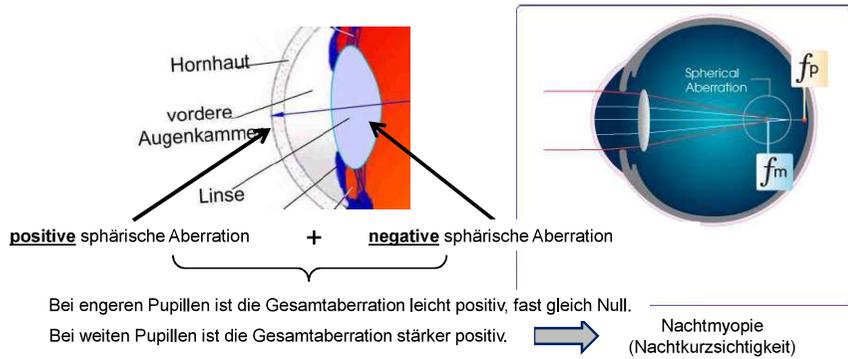
3. Wellenoptische Effekte, Beugung

19

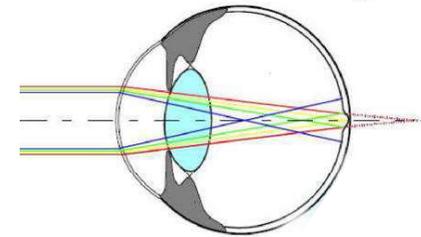
1. Fehler in der optischen Abbildung: Linsenfehler



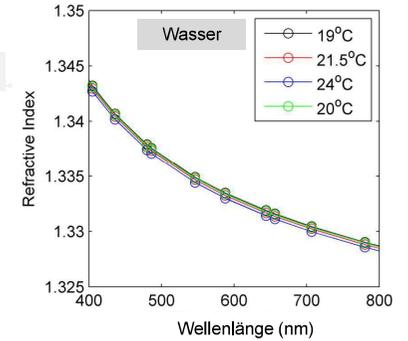
20



Chromatische Aberration (Farbfehler)

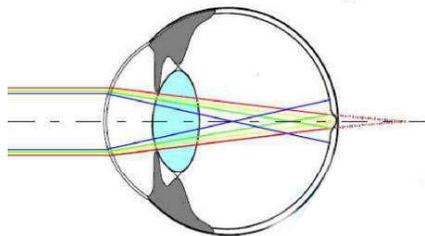


Chromatische Aberration: ● ● ● ●

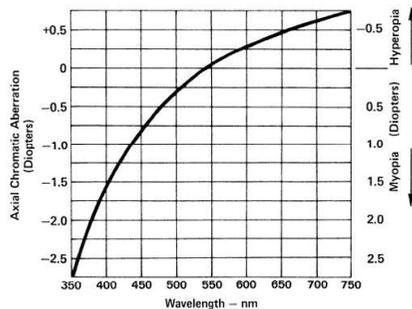
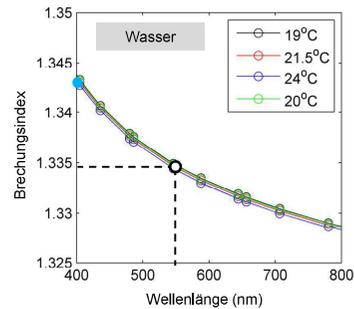


Wie viel Dioptrie ist die Brechkraftdifferenz zwischen Blau und Rot?

Chromatische Aberration (Fortsetzung)



Chromatische Aberration: ● ● ● ●



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 ρ? ?

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

Reflexionskoeffizient:

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

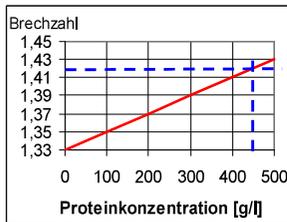
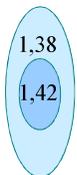
Streuung in dem Auge

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



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

Linse - Brechzahlwerte



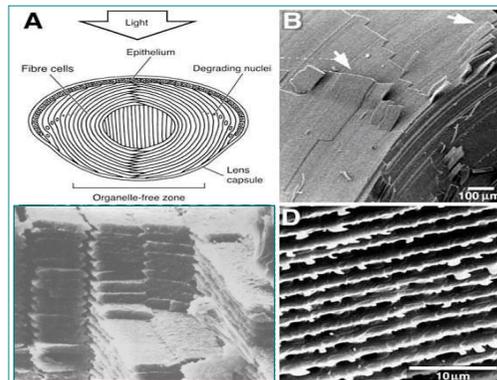
(s. Praktikum „Refraktometer“)

400-500 g/l !!!

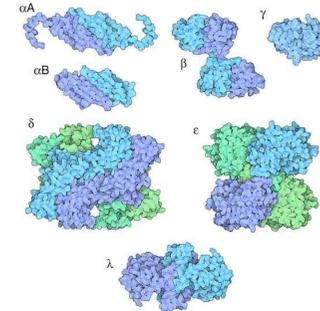


Wie wird die Linse trotz dieser hohen Proteinkonzentration durchsichtig sein?

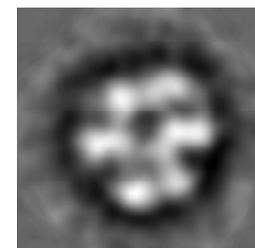
Aufbau der Linse:



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



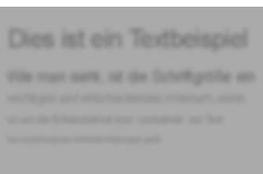
Sicht ohne Linsentrübung (Computersimulation).



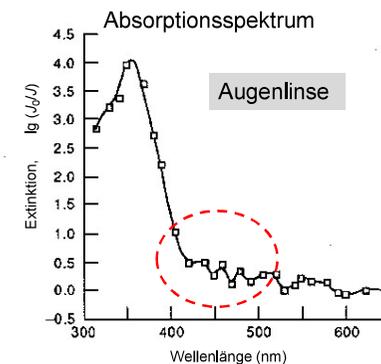
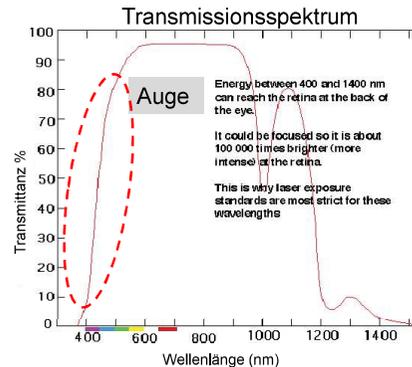
Sicht mit Linsentrübung (Computersimulation).

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.



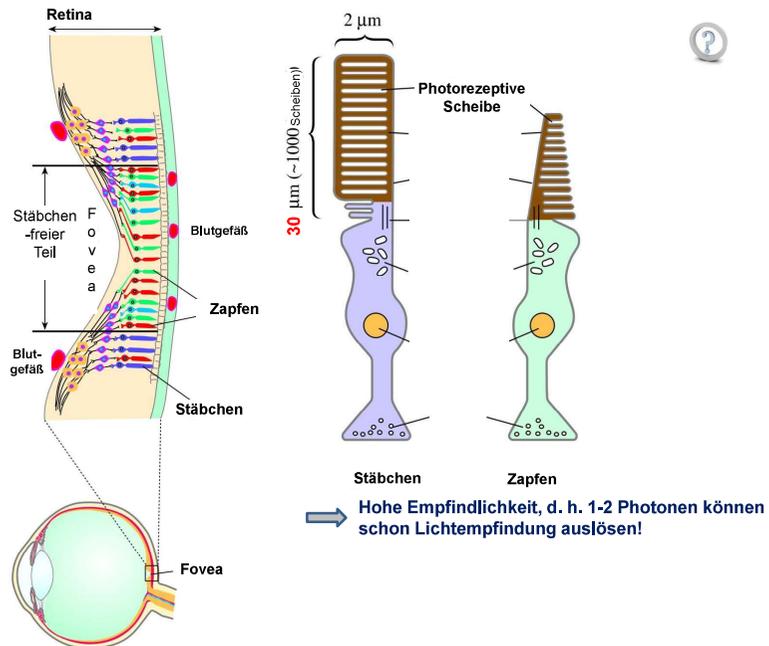
Absorption in dem Auge



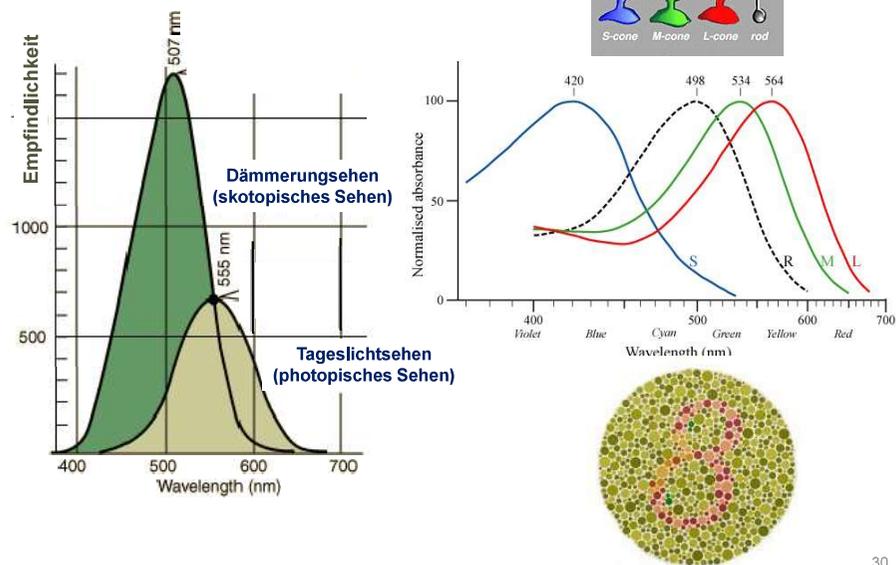
keine starke Absorption in dem sichtbaren Bereich

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

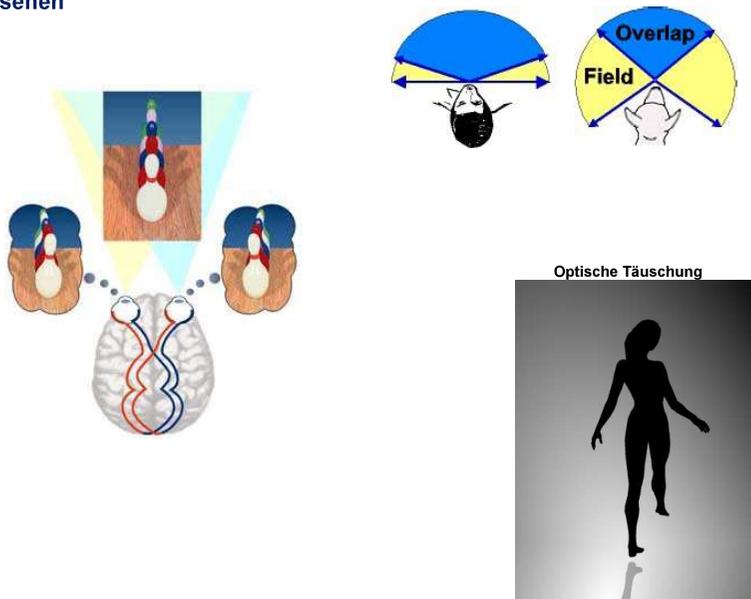
4. Absorption in den Rezeptorzellen der Netzhaut - Empfindlichkeit



5. Spektrale Empfindlichkeit des Auges - Farbsehen



6. Raumsehen



Hausaufgaben:

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

