

Laser

Entstehung und Eigenschaften der Laserstrahlung, medizinische Anwendungen



Vorlesung 6

1

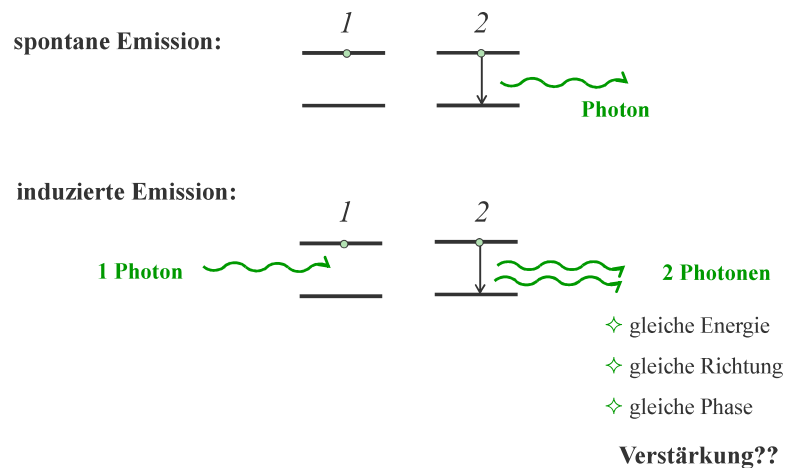
Laser

LASER = **l**ight **a**mplification by **s**timulated **e**mission of **r**adiation



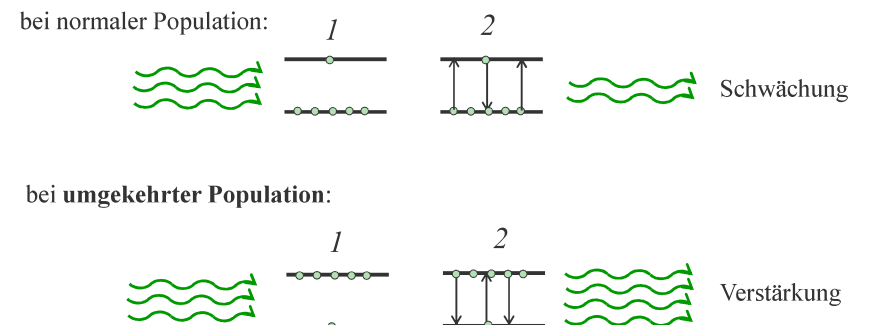
- ✧ Induzierte Emission
- ✧ Populationsumkehr
- ✧ Entstehung des Laserlichtes - Rubinlaser
- ✧ Eigenschaften des Laserlichtes
- ✧ Lasertypen
- ✧ Anwendungen

Induzierte Emission



Populationsumkehr

Absorption und induzierte Emission konkurrieren!

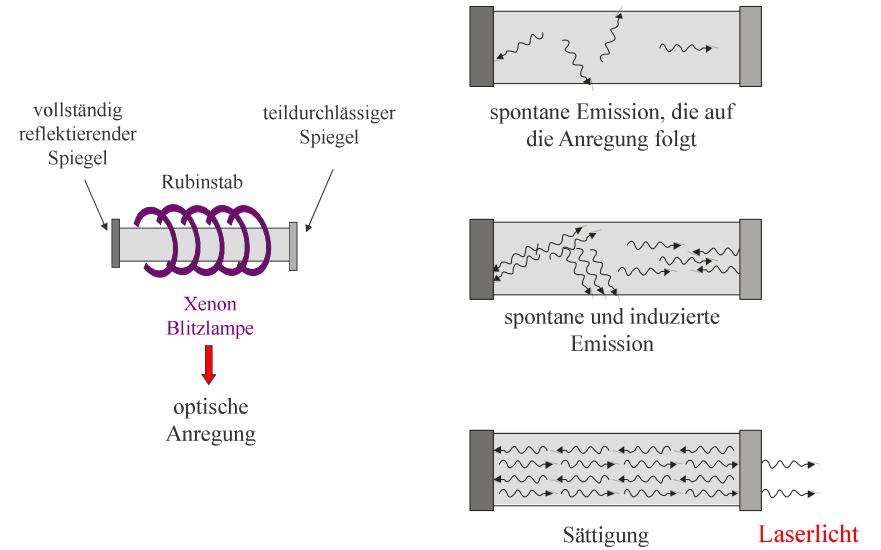
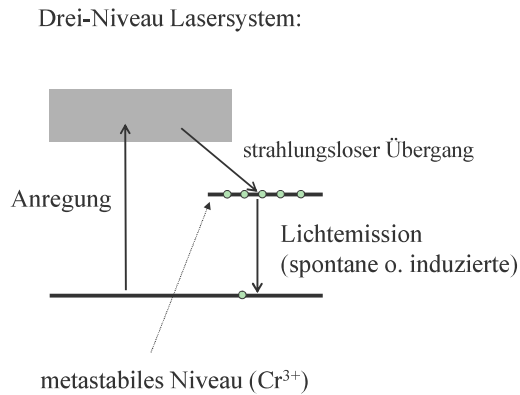


**→ Drei-Niveau System
metastabiles Niveau**

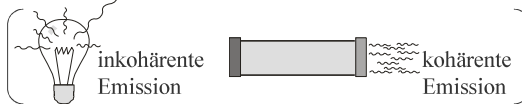
Entstehung des Laserlichtes – Rubinlaser



$\text{Al}_2\text{O}_3(\text{Cr}^{3+})$
(Rubin)



Eigenschaften des Laserlichtes

- ✧ monochromatisch $\left[\Delta f / f \approx 10^{-6} \right]$
- ✧ kohärent 
- ✧ kleine Divergenz $\left[\Theta \approx 0,1-1 \text{ mrad} \right]$
- +
- ✧ hohe Intensität $\left[I \approx 10^{14} \text{ W/m}^2 \right]$
- ✧ polarisiert

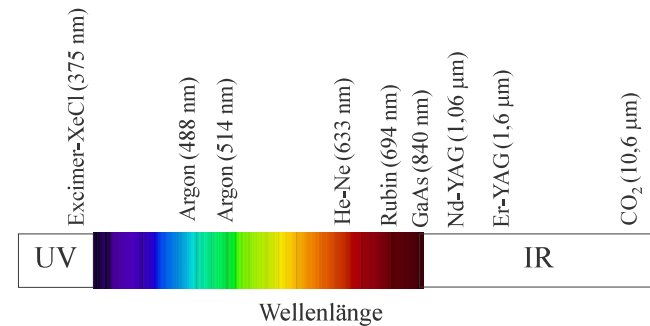
Lasertypen

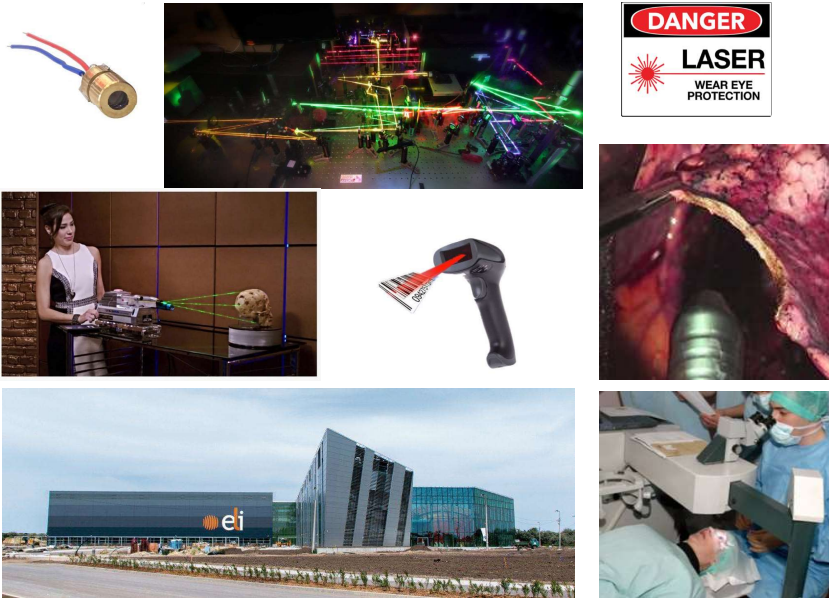
Laserstoff:

- ✧ gasförmig (z. B. He-Ne, CO_2 , Argon, Excimer)
- ✧ kristallin (z. B. Rubin, Nd-YAG, Er-YAG, Halbleiterdiode - GaAs)
- ✧ flüssig

Betriebsart:

- ✧ impulsförmig,
- ✧ kontinuierlich





Medizinische Anwendungen

- ✧ Labordiagnostik — z.B. Mikroskopie, optische Sensoren
- ✧ Klinische Diagnostik — z.B. Endoskopie, Laser-Doppler
- ✧ „Soft laser“ Therapie — z.B. Biostimulation
- ✧ Photodynamische Therapie — z.B. Tumorthherapie
- ✧ Laserchirurgie — z.B. Haut, Augenchirurgie
- ✧ Laserpinsette — z.B. „molekulare Chirurgie“

Laserchirurgie

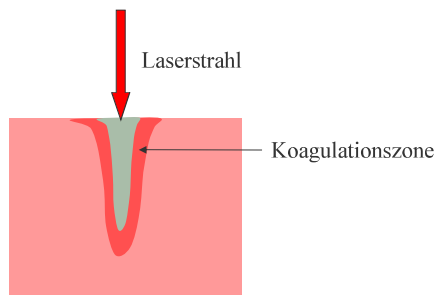
Grundlage:

Absorption der
Lichtenergie



Erwärmung des
Gewebes

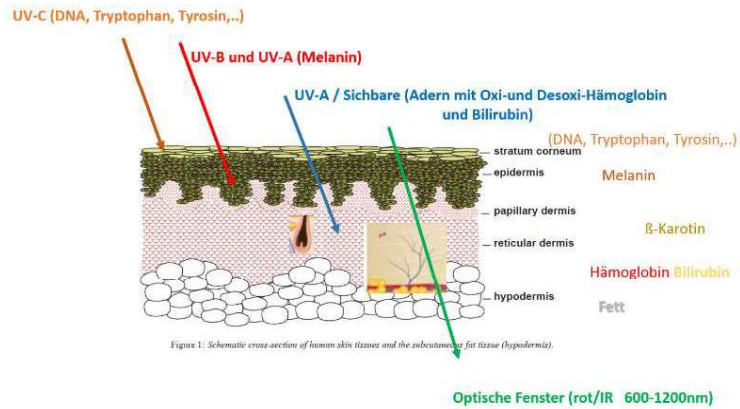
- | | | |
|--------------|-----------------------------------|--|
| ≈ 60-100 °C: | Koagulation | Proteine denaturieren, aggregieren, Gewebe verschmilzt. |
| ≈ 150 °C: | Vaporisation | Wasser evaporiert explosionsartig. |
| ≈ 300 °C: | Karbonisation, Atomisation | Wasser evaporiert explosionsartig und gebrannte Gewebestückchen entfernen sich aus dem Körper. |



Vorteile der Laserchirurgie:



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



13

Humanmedizinische Beispiele



„port wine stain“
vor der
Lasertherapie

nach der
Laserbestrahlung

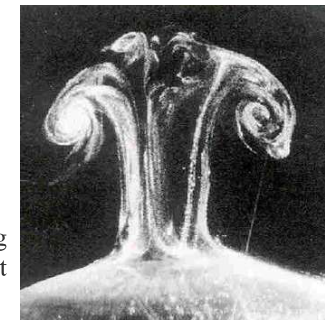
Entfernung von Tätowierungen



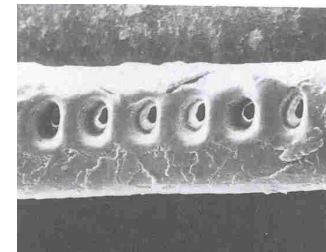
Entfernung von Fältchen



Laserbehandlung
der Herzwand



Laserbehandlung
der Hornhaut



Laserbohrungen
durch ein
menschliches
Haar



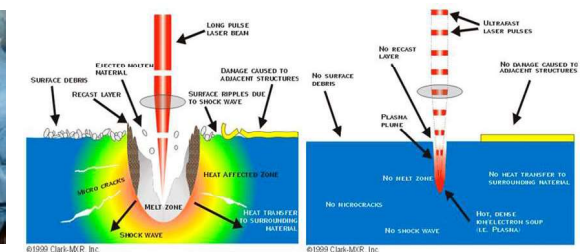
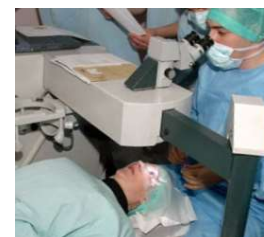
Laserbohrung
durch das
Trommelfell

Vorteile der

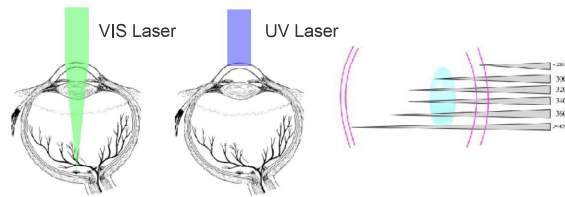
Laserchirurgie:

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

Anwendung des Femtosekundenlasers:

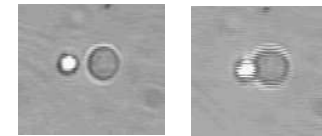
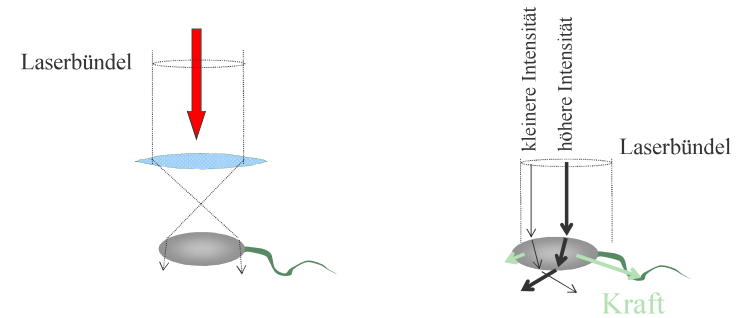


Transmission der Geweben des Auges

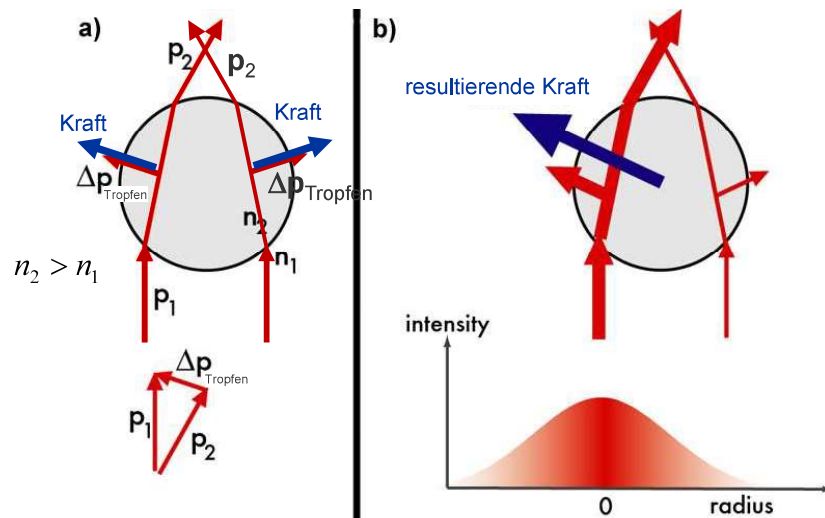


17

Laserpinzette



Resultierende Kraft zeigt immer gegen die Mitte des Bündels. Bei Bewegung des Bündels, Objekt geht mit.



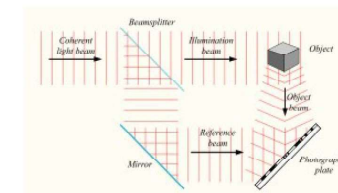
Impulserhaltungssatz: $p_1 = p_2 + \Delta p_{\text{Tropfen}}$

19

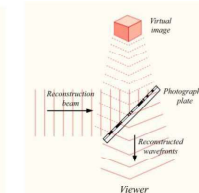
Weitere anwendungen: Holographie



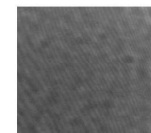
Gábor Dénes
(1900-1979)



Aufnahme des Holograms



Rekonstruktion



20