

Biophysik für Pharmazeuten I.

2019/20
Vorlesung 7

Entstehung und Anwendung der Laserstrahlung

1

Laser

1. Entstehung
2. Eigenschaften der Laserstrahlung,
3. medizinische Anwendungen



2

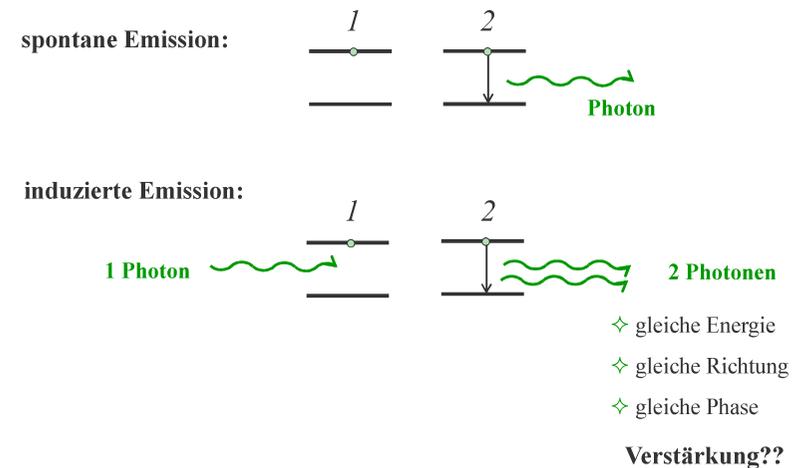
Laser

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



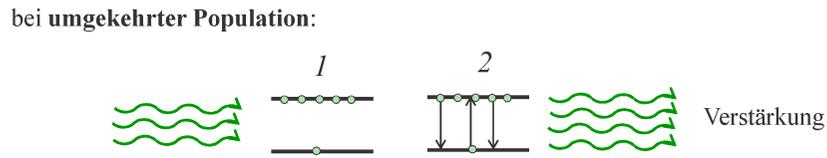
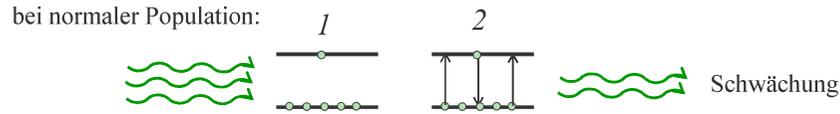
- ◇ Induzierte Emission
- ◇ Populationsumkehr
- ◇ Entstehung des Laserlichtes - Rubinlaser
- ◇ Eigenschaften des Laserlichtes
- ◇ Lasertypen
- ◇ Anwendungen

Induzierte Emission



Populationsumkehr

Absorption und induzierte Emission konkurrieren!



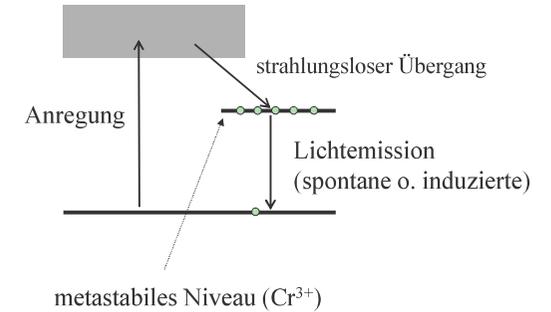
→ **Drei-Niveau System
metastabiles Niveau**

Entstehung des Laserlichtes – Rubinlaser

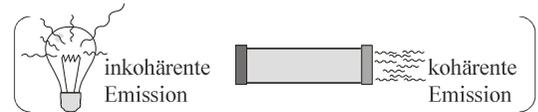


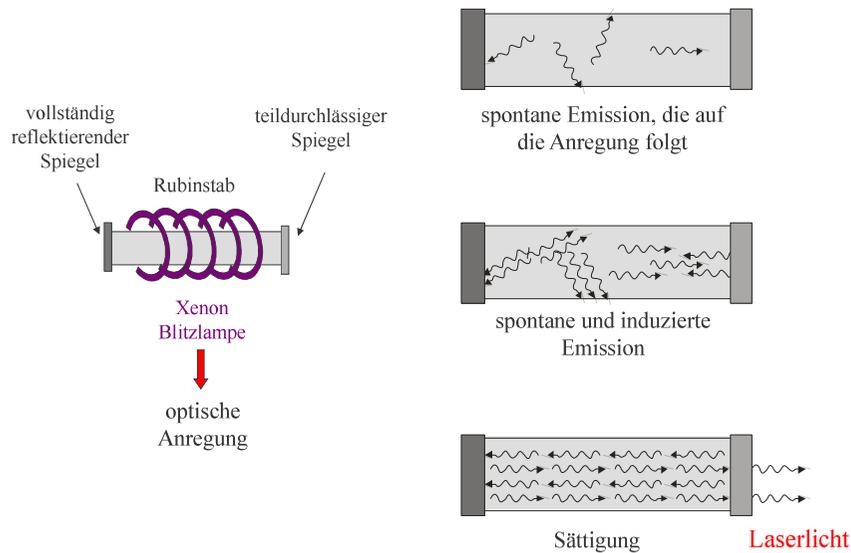
$\text{Al}_2\text{O}_3(\text{Cr}^{3+})$
(Rubin)

Drei-Niveau Lasersystem:



Eigenschaften des Laserlichtes

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



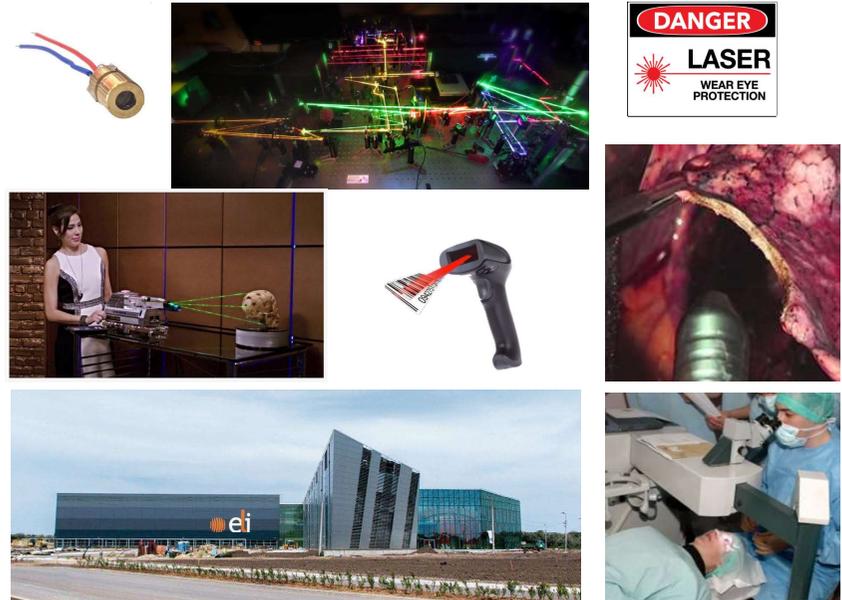
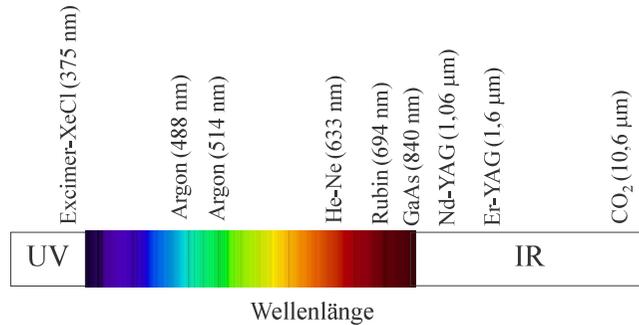
Lasertypen

Laserstoff:

- ◇ gasförmig (z. B. He-Ne, CO₂, Argon, Excimer)
- ◇ kristallin (z. B. Rubin, Nd-YAG, Er-YAG, Halbleiterdiode - GaAs)
- ◇ flüssig

Betriebsart:

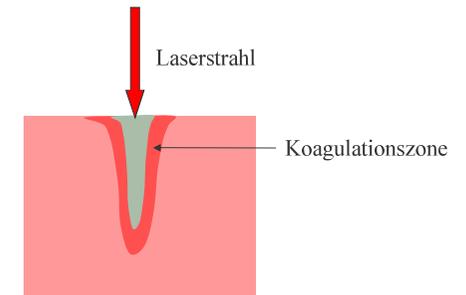
- ◇ impulsförmig,
- ◇ kontinuierlich



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

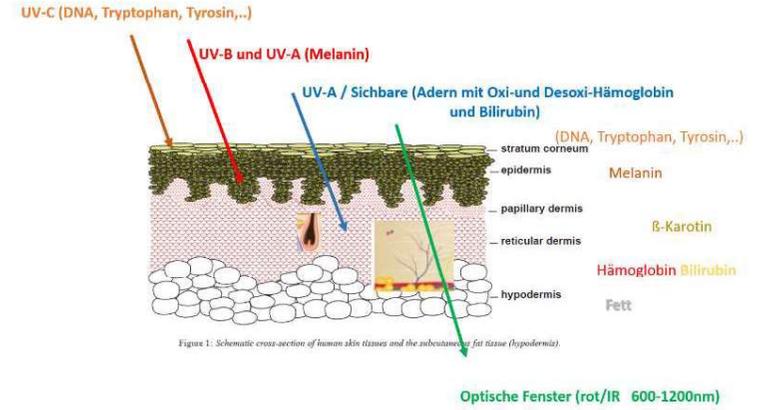


Figure 1: Schematic cross-section of human skin tissues and the subcutaneous fat tissue (hypodermis).

Humanmedizinische Beispiele



„port wine stain“ vor der Lasertherapie

nach der Laserbestrahlung

Entfernung von Tätowierungen

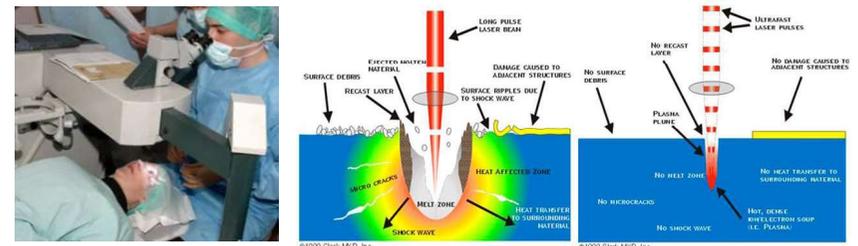


Entfernung von Fältchen

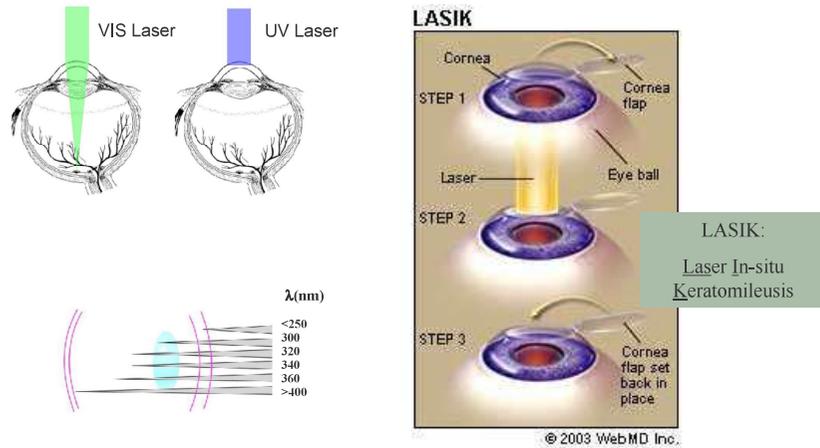
Vorteile der Laserchirurgie:

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

Anwendung des Femtosekundenlasers:

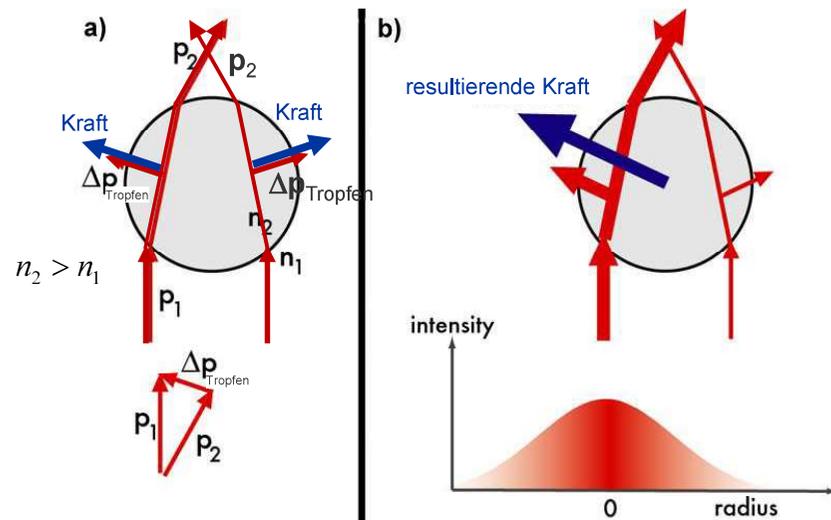
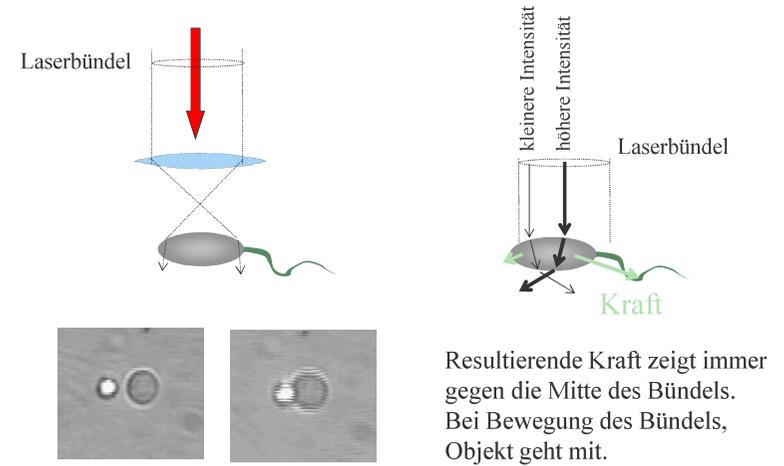


Transmission der Geweben des Auges



18

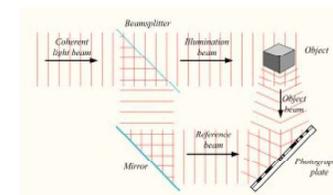
Laserpinzette



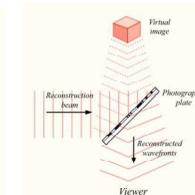
Impulserhaltungssatz: $p_1 = p_2 + \Delta p_{\text{Tropfen}}$

20

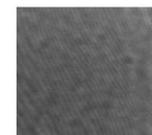
Weitere anwendungen: Holographie



Aufnahme des Holograms



Rekonstruktion



21