

# 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

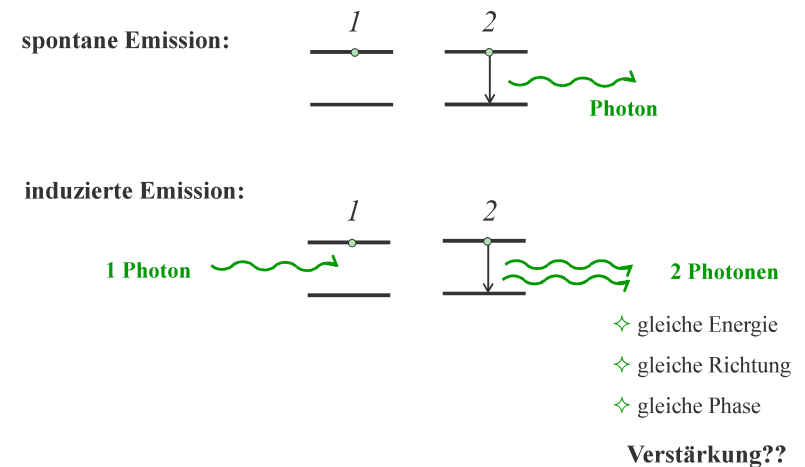
## Laser

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



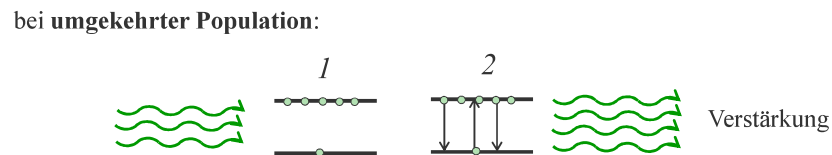
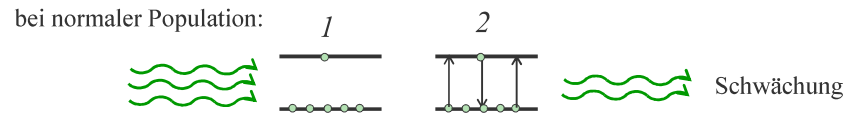
- ◇ Induzierte Emission
- ◇ Populationsumkehr
- ◇ Entstehung des Laserlichtes - Rubinlaser
- ◇ Eigenschaften des Laserlichtes
- ◇ Lasertypen
- ◇ Anwendungen

## Induzierte Emission



## Populationsumkehr

Absorption und induzierte Emission konkurrieren!



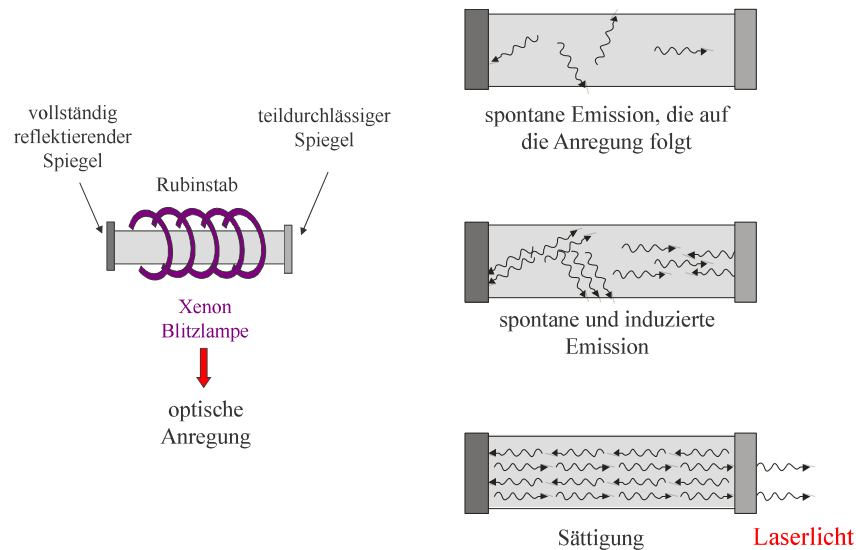
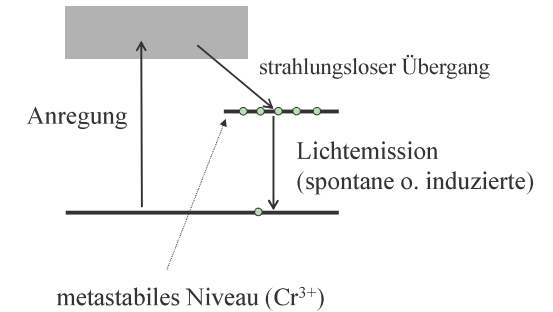
→ **Drei-Niveau System**  
**metastabiles Niveau**

## Entstehung des Laserlichtes – Rubinlaser

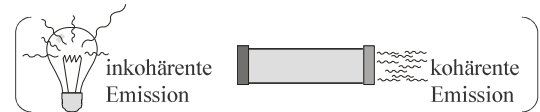


$\text{Al}_2\text{O}_3(\text{Cr}^{3+})$   
**(Rubin)**

Drei-Niveau Lasersystem:



## Eigenschaften des Laserlichtes

- ✧ monochromatisch  $\left[ \Delta f / f \approx 10^{-6} \right]$
- ✧ 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

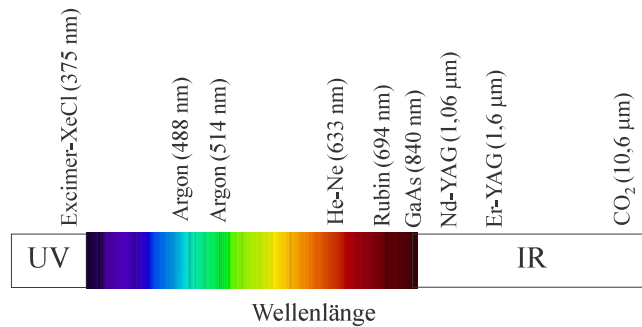
# Lasertypen

Laserstoff:

- ✧ gasförmig (z. B. He-Ne, CO<sub>2</sub>, Argon, Excimer)
- ✧ kristallin (z. B. Rubin, Nd-YAG, Er-YAG, Halbleiterdiode - GaAs)
- ✧ flüssig

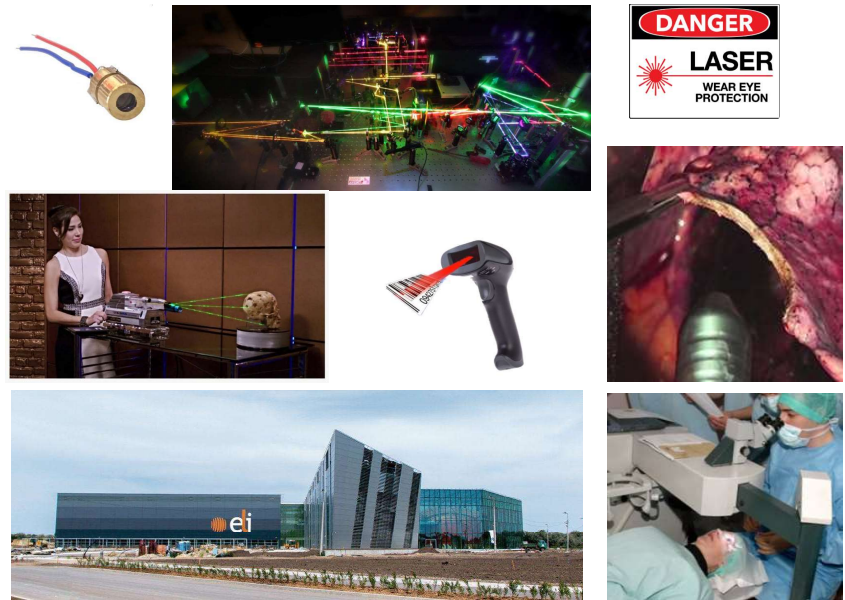
Betriebsart:

- ✧ impulsförmig,
- ✧ kontinuierlich



## Medizinische Anwendungen

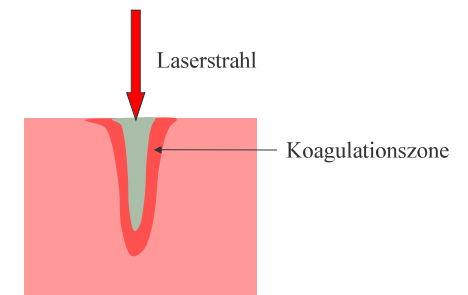
- ✧ Labordiagnostik — z.B. Mikroskopie, optische Sensoren
- ✧ Klinische Diagnostik — z.B. Endoskopie, Laser-Doppler
- ✧ „Soft laser“ Therapie — z.B. Biostimulation
- ✧ Photodynamische Therapie — z.B. Tumorthherapie
- ✧ Laserchirurgie — z.B. Haut, Augenchirurgie
- ✧ Laserpinsette — z.B. „molekulare Chirurgie“



## Laserchirurgie

Grundlage:

Absorption der Lichtenergie → Erwärmung des Gewebes

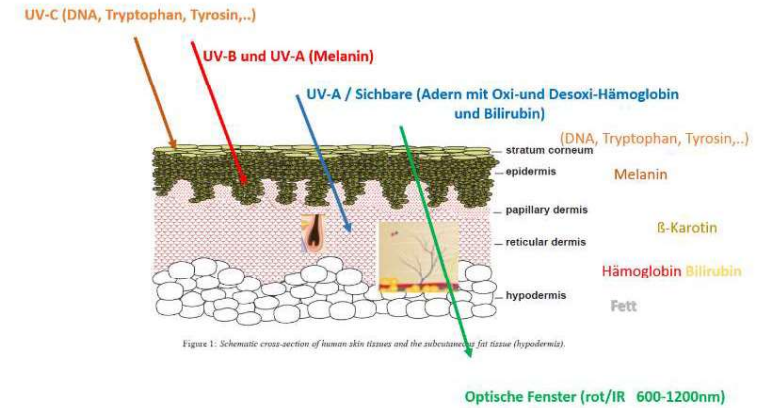


- ≈ 60-100 °C: **Koagulation** Proteine denaturieren, aggregieren, Gewebe verschmilzt.
- ≈ 150 °C: **Vaporisation** Wasser evaporiert explosionsartig.
- ≈ 300 °C: **Karbonisation, Atomisation** Wasser evaporiert explosionsartig und gebrannte Gewebestückchen entfernen sich aus dem Körper.

## Vorteile der Laserchirurgie:



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



14

## Humanmedizinische Beispiele



„port wine stain“  
vor der  
Lasertherapie

nach der  
Laserbestrahlung

## Entfernung von Tätowierungen

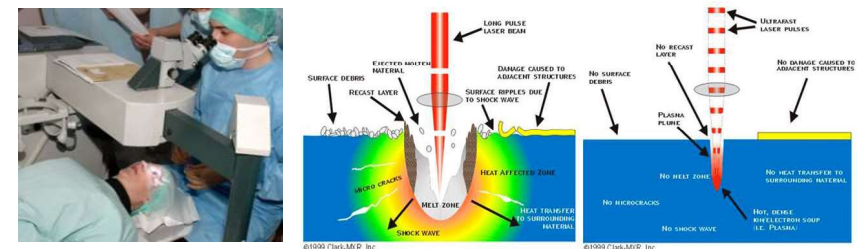


Entfernung von Fältchen

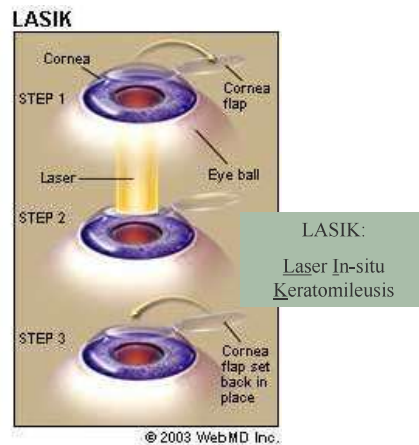
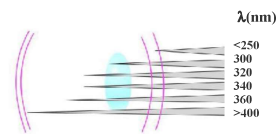
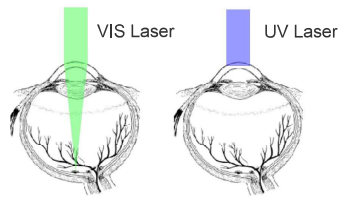
## Vorteile der Laserchirurgie:

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

## Anwendung des Femtosekundenlasers:

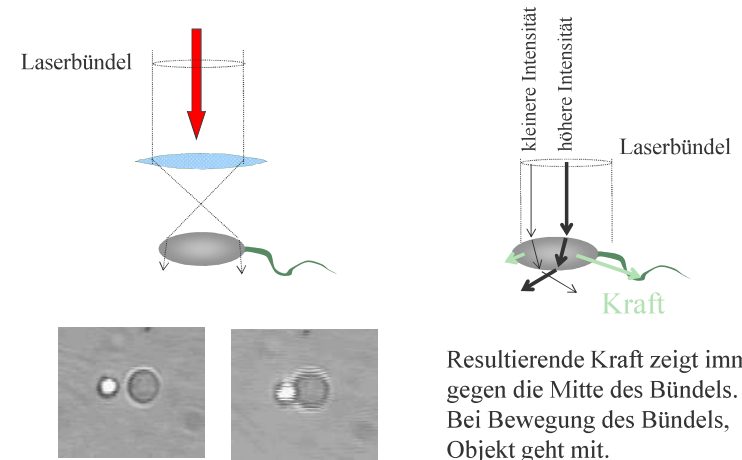


## Transmission der Geweben des Auges

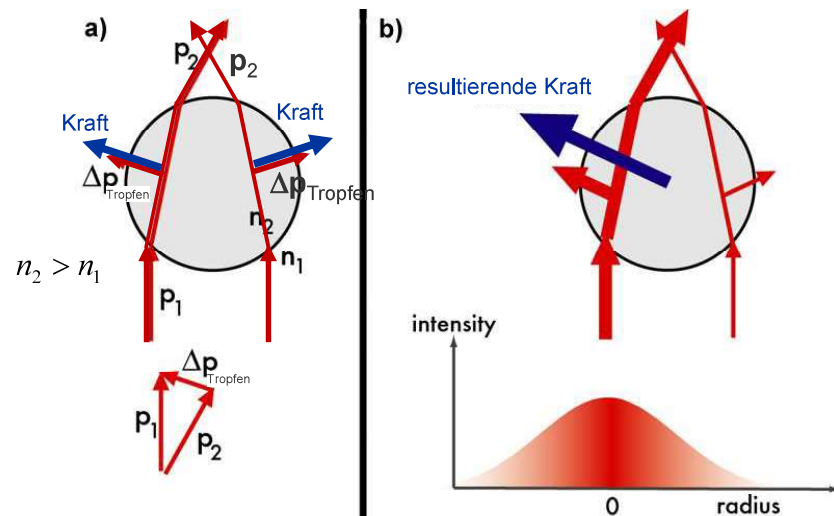


18

## Laserpinzette



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



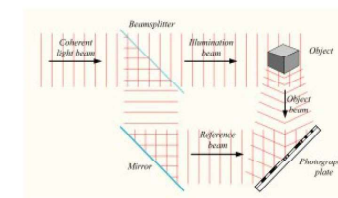
Impulserhaltungssatz:  $p_1 = p_2 + \Delta p_{\text{Tropfen}}$

20

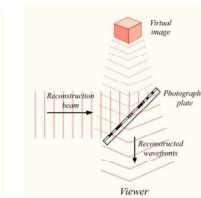
## Weitere anwendungen: Holographie



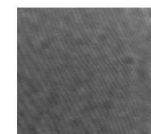
Gábor Dénes  
(1900-1979)



Aufnahme des Holograms



Rekonstruktion



21