

Biophysik für Pharmazeuten I.

2021/22 I.
Vorlesung 8

Entstehung und Anwendung der Laserstrahlung

Laser

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



Laser

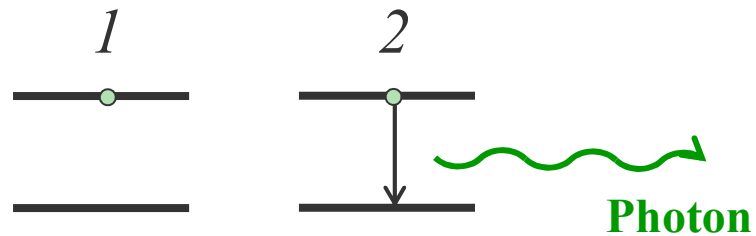
LASER = light amplification by stimulated emission of radiation



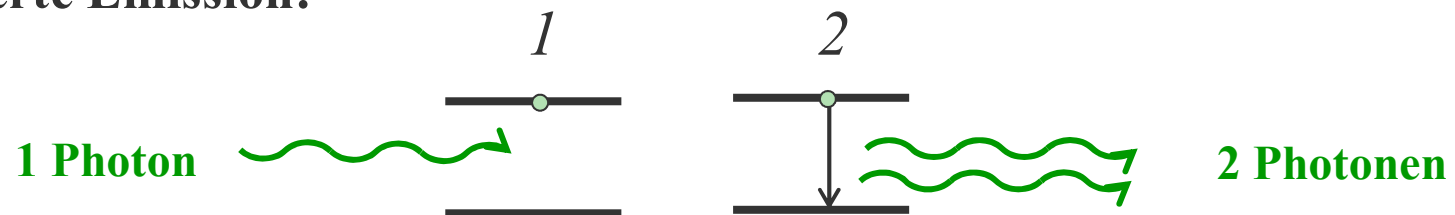
- ✧ Induzierte Emission
- ✧ Populationsumkehr
- ✧ Entstehung des Laserlichtes - Rubinlaser
- ✧ Eigenschaften des Laserlichtes
- ✧ Lasertypen
- ✧ Anwendungen

Induzierte Emission

spontane Emission:



induzierte Emission:



✧ gleiche Energie

✧ gleiche Richtung

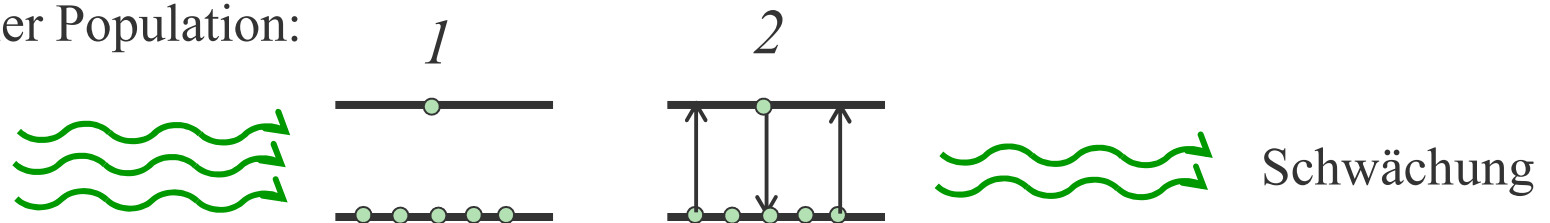
✧ gleiche Phase

Verstärkung??

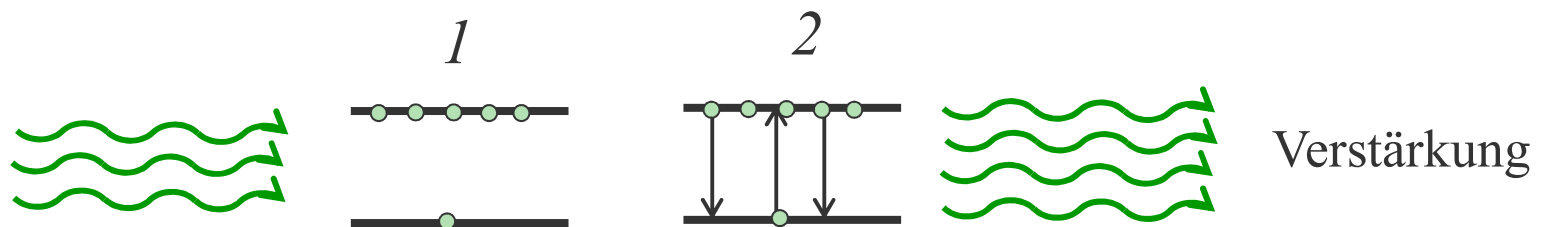
Populationsumkehr

Absorption und induzierte Emission konkurrieren!

bei normaler Population:

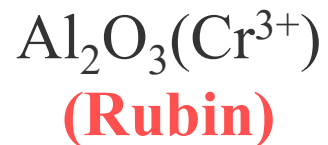


bei umgekehrter Population:

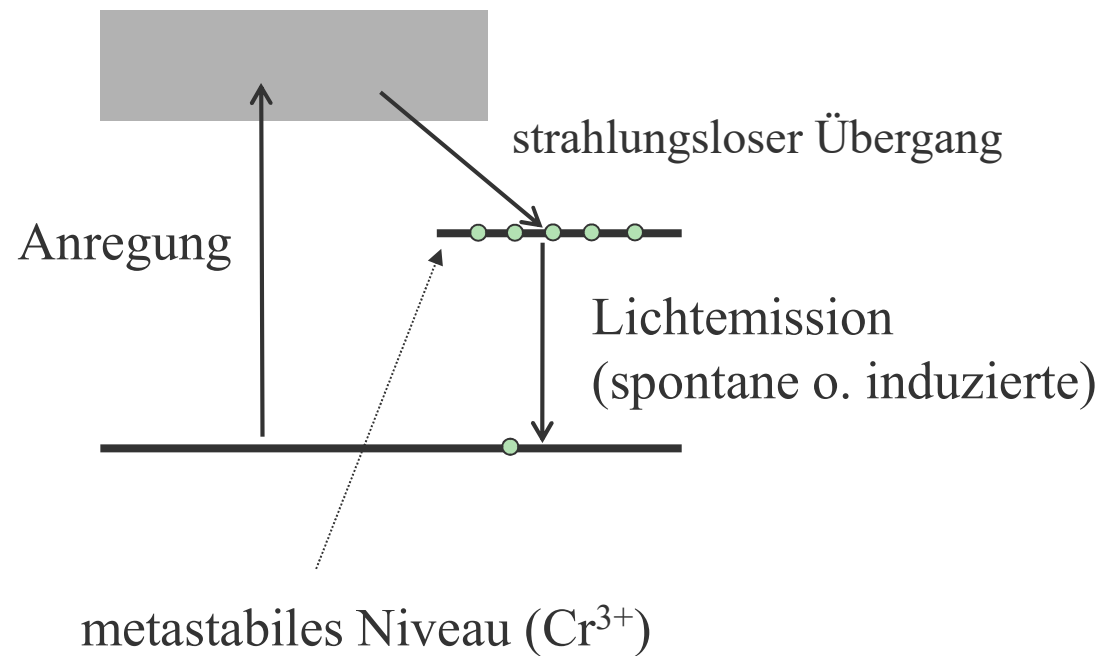


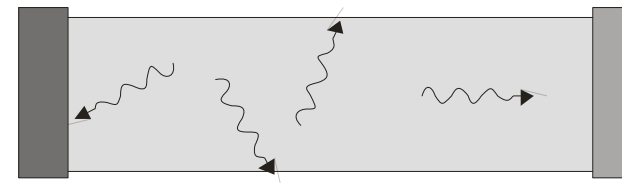
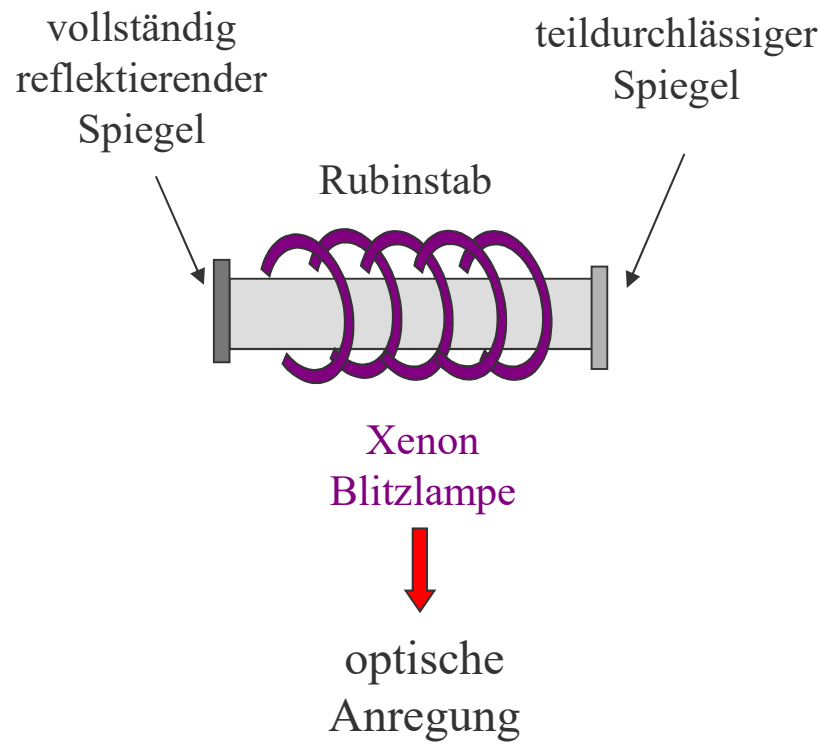
→ **Drei-Niveau System**
metastabiles Niveau

Entstehung des Laserlichtes – Rubinlaser

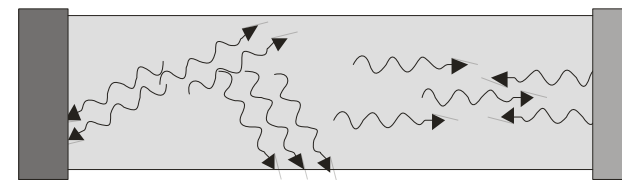


Drei-Niveau Lasersystem:

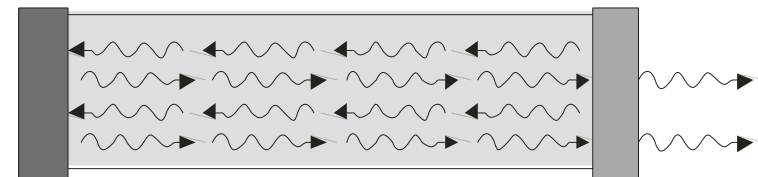




spontane Emission, die auf
die Anregung folgt



spontane und induzierte
Emission



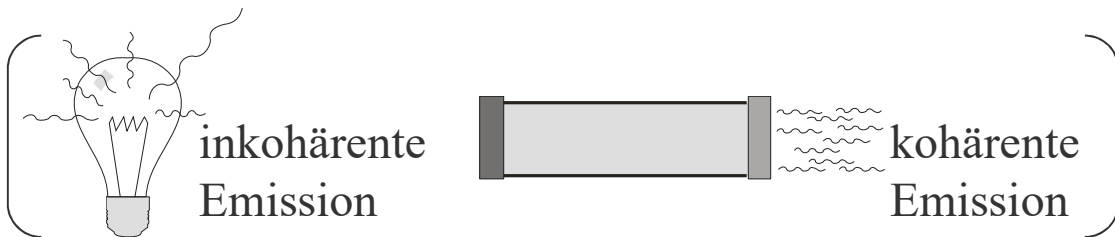
Sättigung

Laserlicht

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

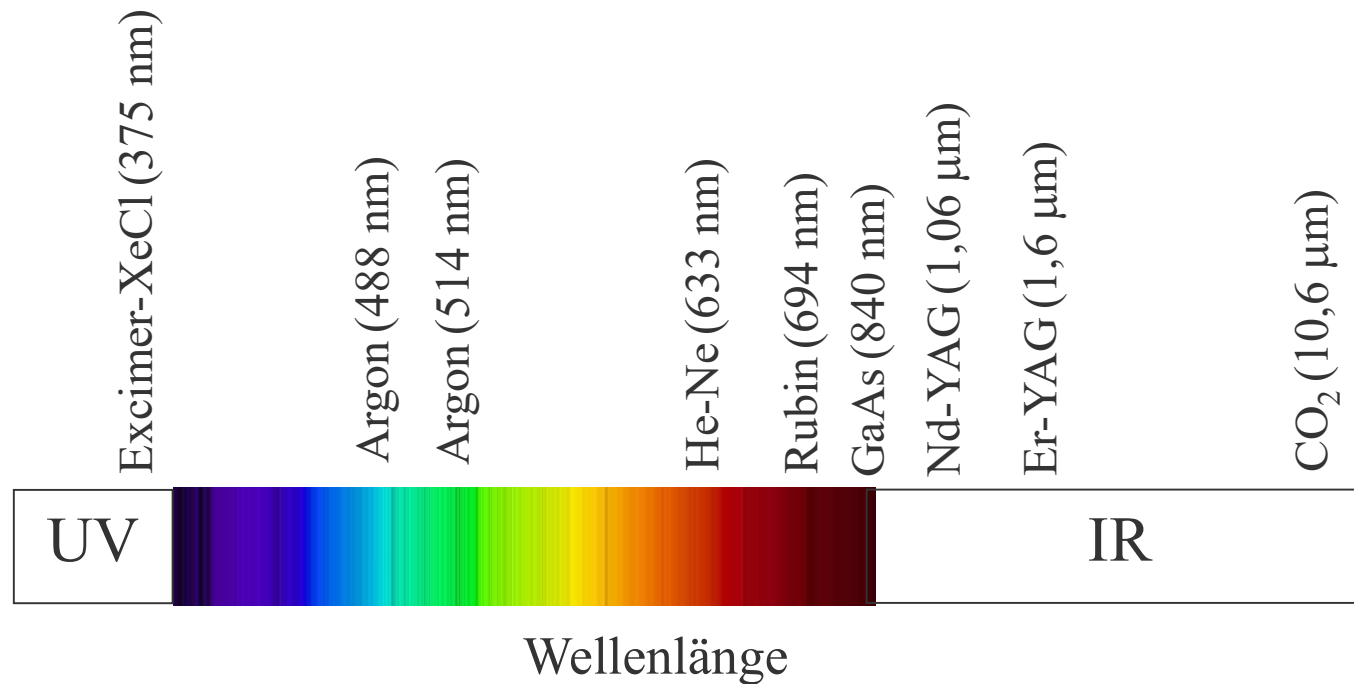
Lasertypen

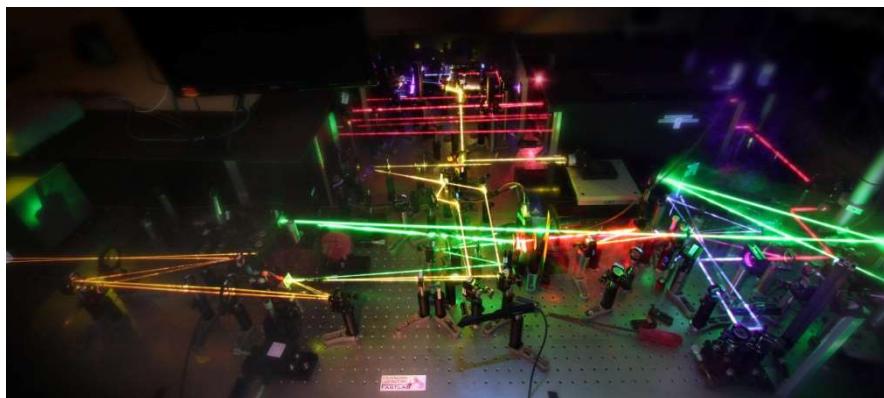
Laserstoff:

- ✧ gasförmig (z. B. He-Ne, 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”

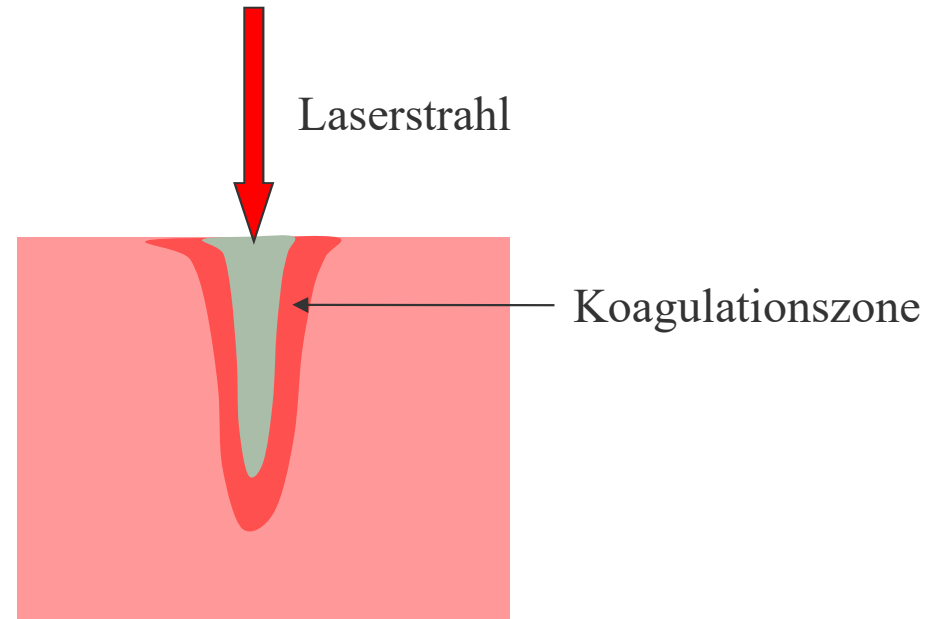
Laserchirurgie

Grundlage:

Absorption der
Lichtenergie



Erwärmung des
Gewebes



$\approx 60-100\text{ }^{\circ}\text{C}$: **Koagulation**

Proteine denaturieren, aggregieren,
Gewebe verschmilzt.

$\approx 150\text{ }^{\circ}\text{C}$: **Vaporisation**

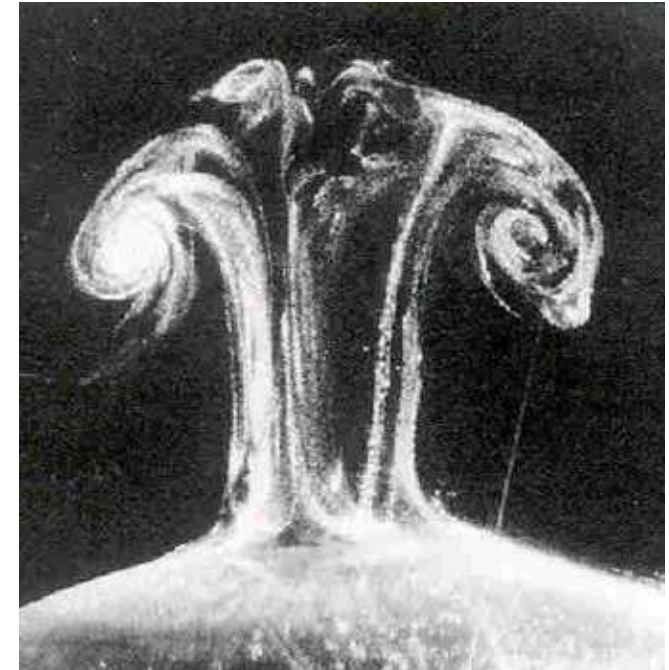
Wasser evaporiert explosionsartig.

$\approx 300\text{ }^{\circ}\text{C}$: **Karbonisation,
Atomisation**

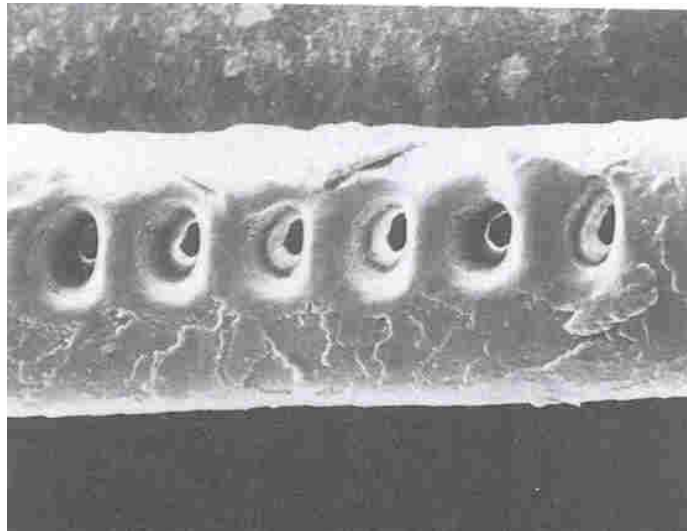
Wasser evaporiert explosionsartig
und gebrannte Gewebestückchen
entfernen sich aus dem Körper.



Laserbehandlung
der Herzwand



Laserbehandlung
der Hornhaut



Laserbohrungen
durch ein
menschliches
Haar



Laserbohrung
durch das
Trommelfell

UV-C (DNA, Tryptophan, Tyrosin,...)

UV-B und UV-A (Melanin)

UV-A / Sichtbare (Adern mit Oxi- und Desoxi-Hämoglobin und Bilirubin)

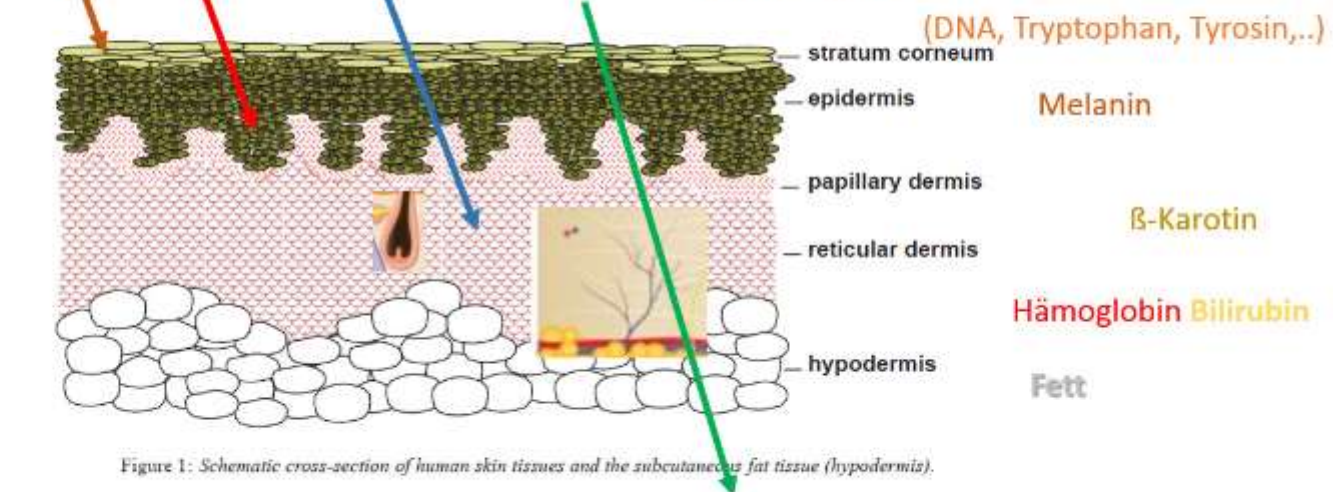


Figure 1: Schematic cross-section of human skin tissues and the subcutaneous fat tissue (hypodermis).

Optische Fenster (rot/IR 600-1200nm)

Humanmedizinische Beispiele



vor

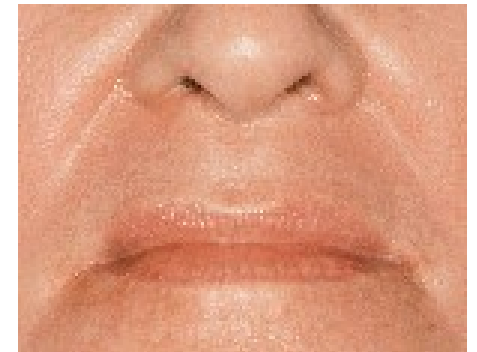
„port wine stain“
vor der
Lasertherapie



nach

nach der
Laserbestrahlung

Entfernung von Tätowierungen



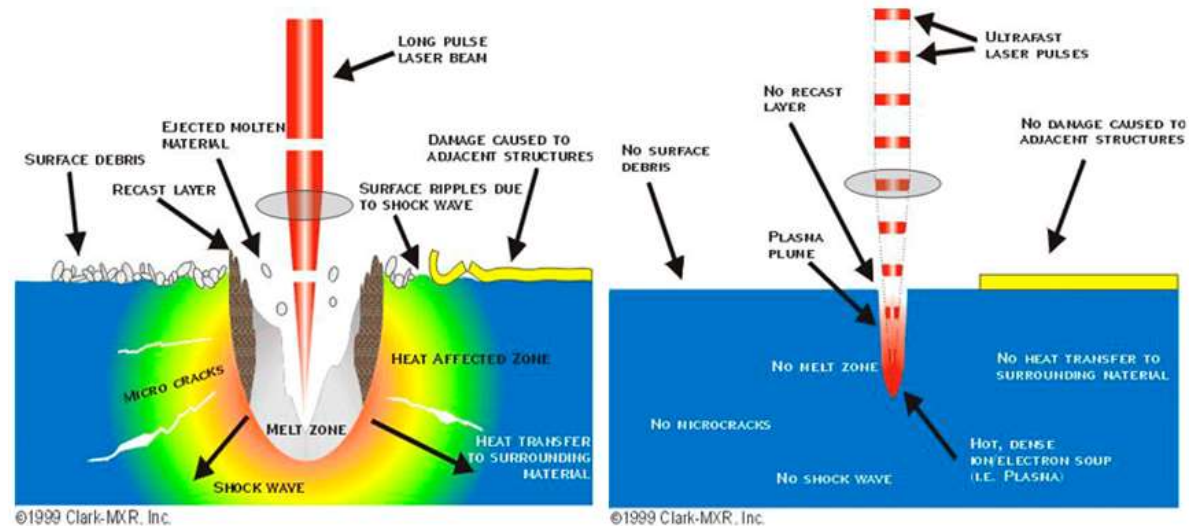
Entfernung von Fältchen

Vorteile der

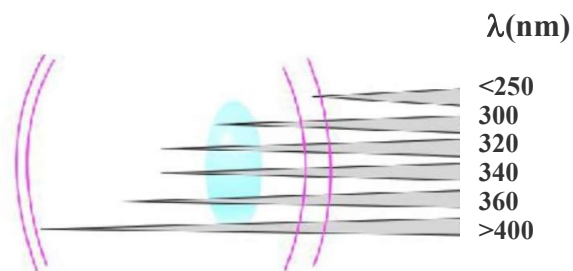
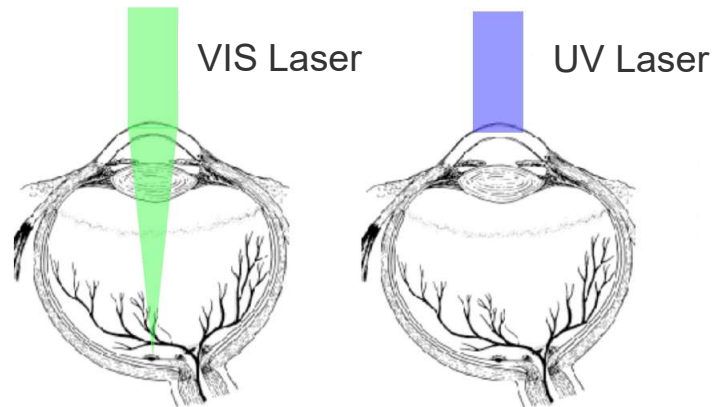
Laserchirurgie:

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

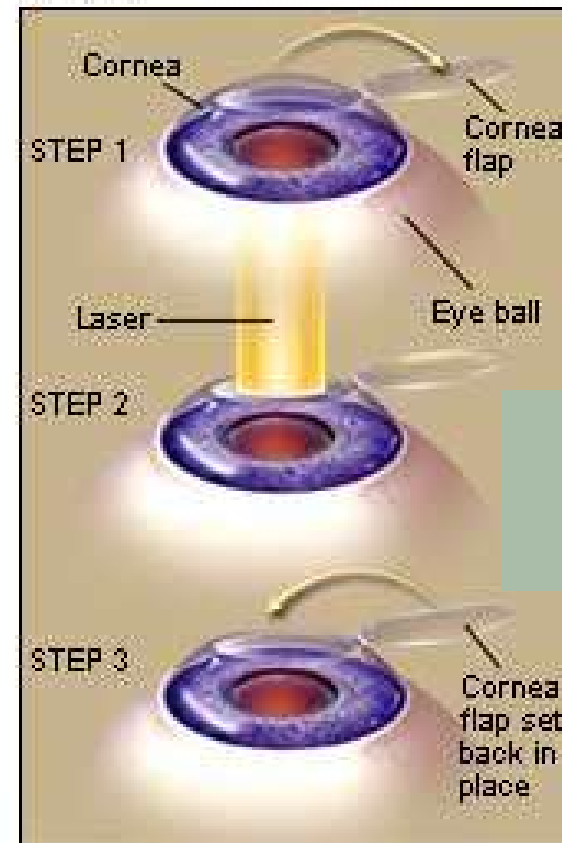
Anwendung des Femtosekundenlasers:



Transmission der Geweben des Auges



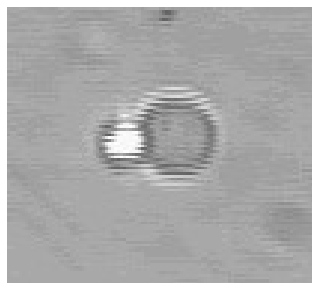
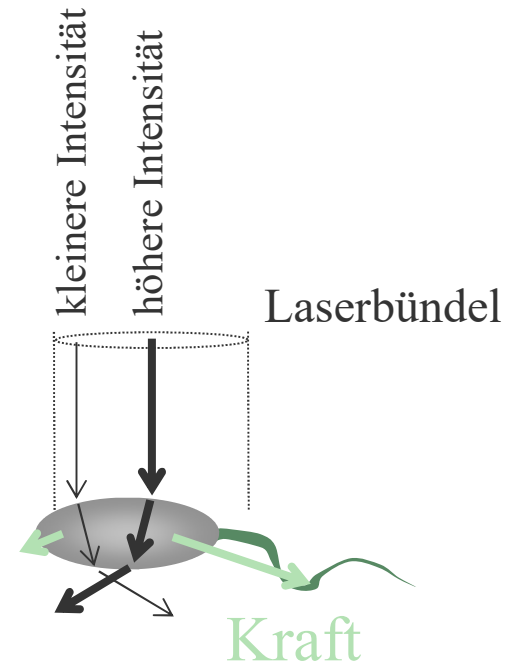
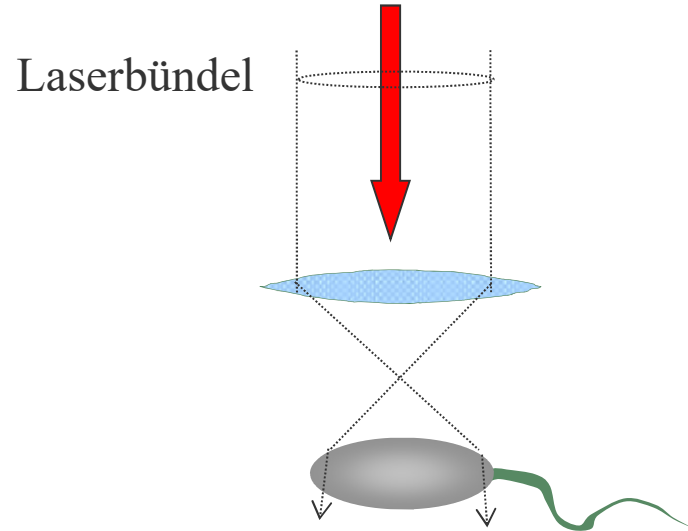
LASIK



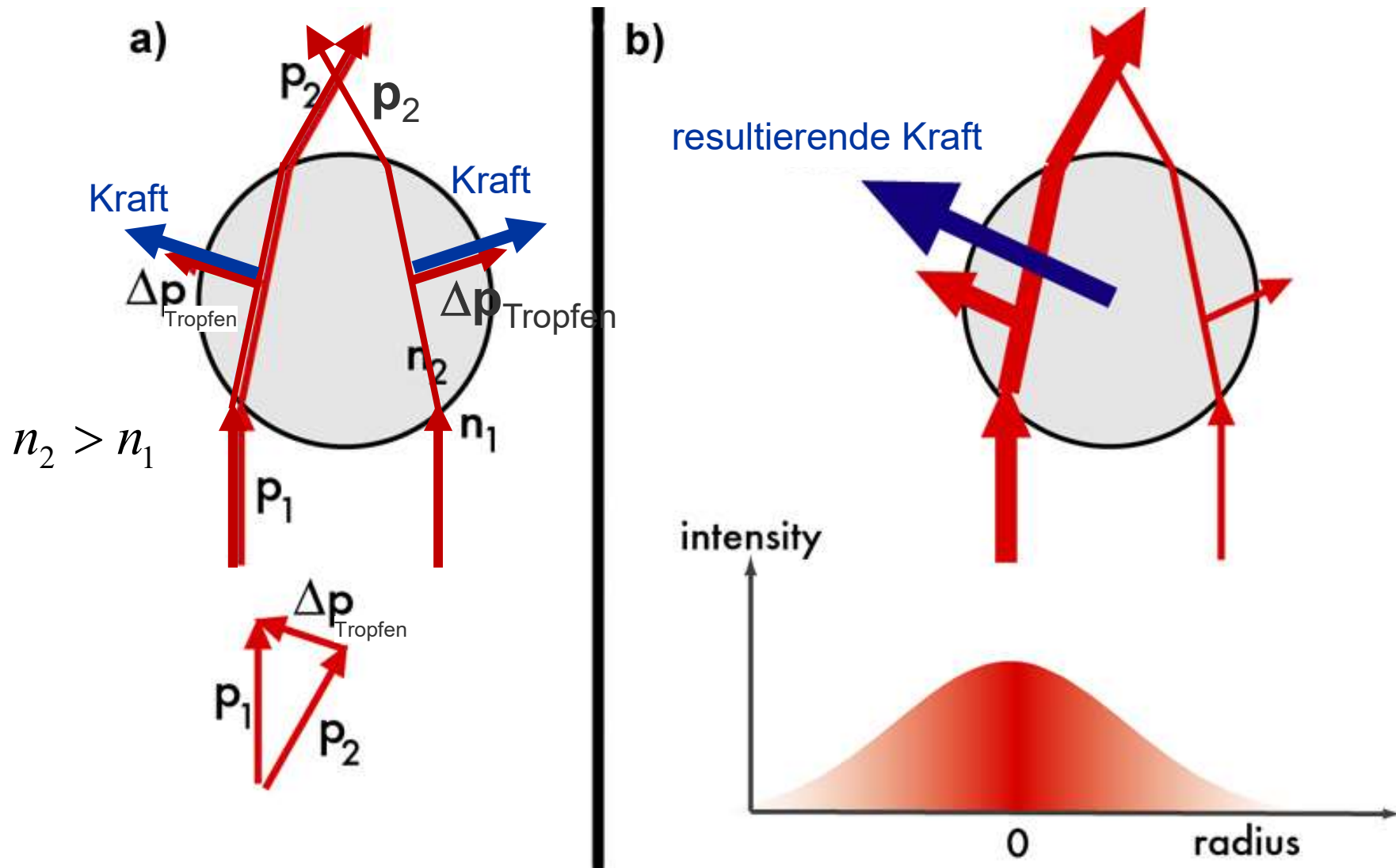
LASIK:
Laser In-situ
Keratomileusis

© 2003 WebMD Inc.

Laserpinzette



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

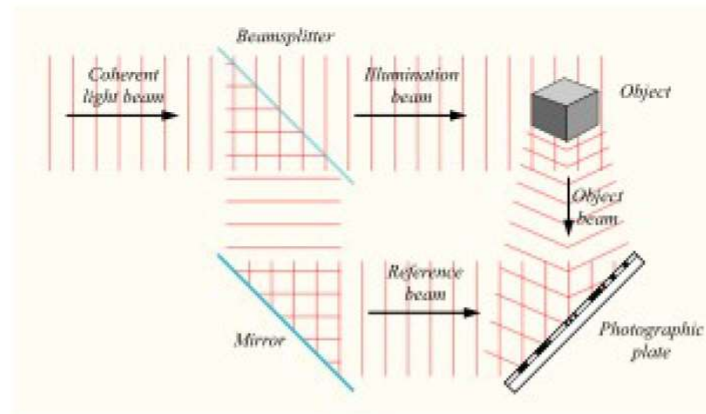


Impulserhaltungssatz: $p_1 = p_2 + \Delta p_{\text{Tropfen}}$

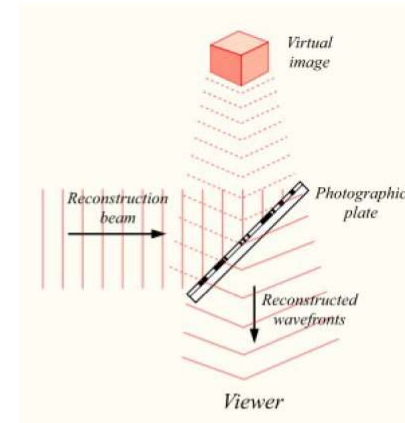
Weitere anwendungen: Holographie



Gábor Dénes
(1900-1979)



Aufnahme des Holograms



Rekonstruktion

