

Biophysik für Pharmazeuten I.

2020/21
Vorlesung 8

Entstehung und Anwendung der
Laserstrahlung

Laser

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



Laser

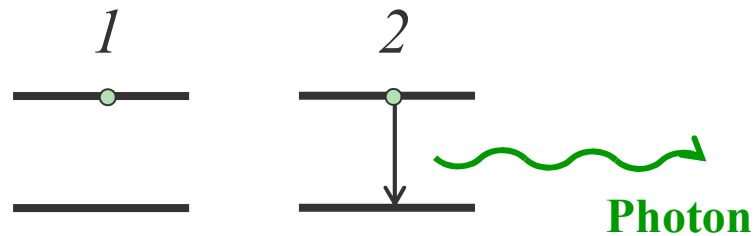
LASER = light amplification by stimulated emission of radiation



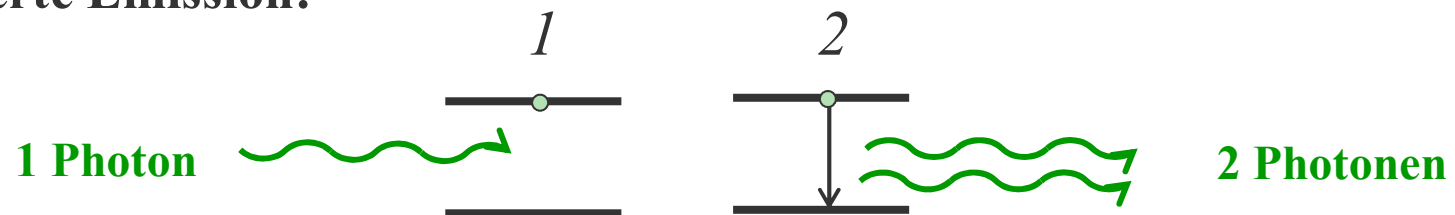
- ✧ Induzierte Emission
- ✧ Populationsumkehr
- ✧ Entstehung des Laserlichtes - Rubinlaser
- ✧ Eigenschaften des Laserlichtes
- ✧ Lasertypen
- ✧ Anwendungen

Induzierte Emission

spontane Emission:



induzierte Emission:



✧ gleiche Energie

✧ gleiche Richtung

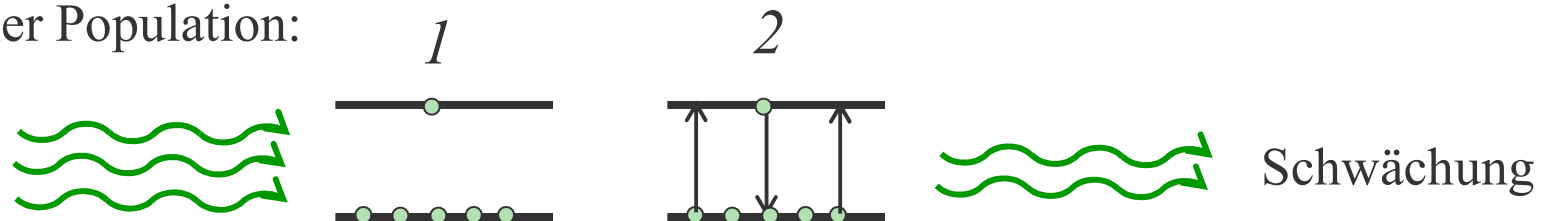
✧ gleiche Phase

Verstärkung??

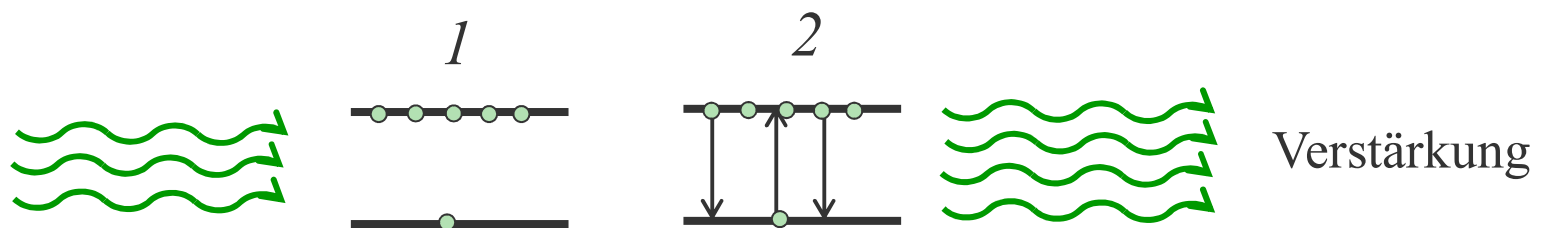
Populationsumkehr

Absorption und induzierte Emission konkurrieren!

bei normaler Population:

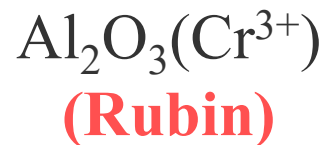


bei umgekehrter Population:

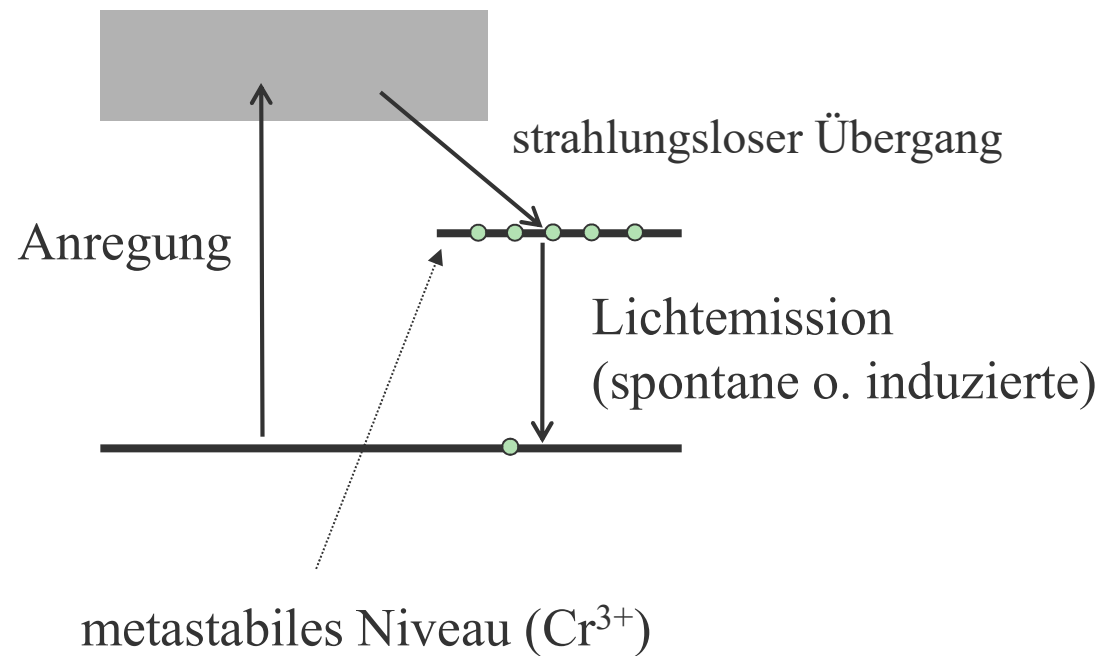


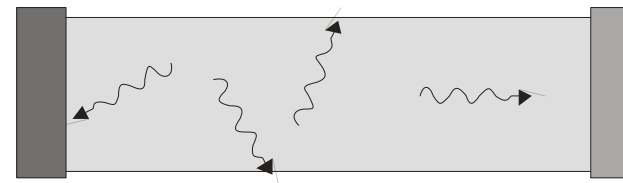
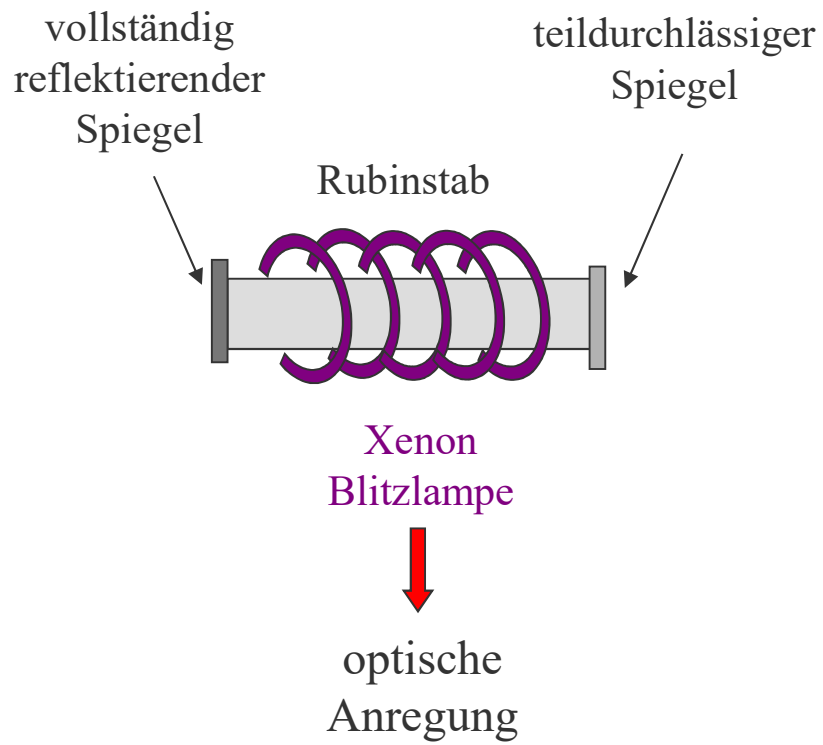
→ **Drei-Niveau System**
metastabiles Niveau

Entstehung des Laserlichtes – Rubinlaser

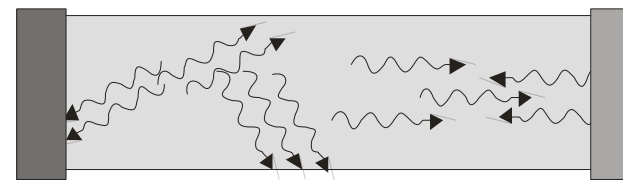


Drei-Niveau Lasersystem:

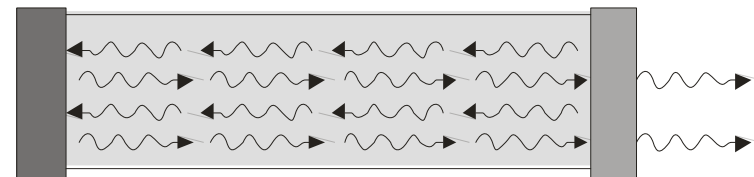




spontane Emission, die auf die Anregung folgt



spontane und induzierte Emission



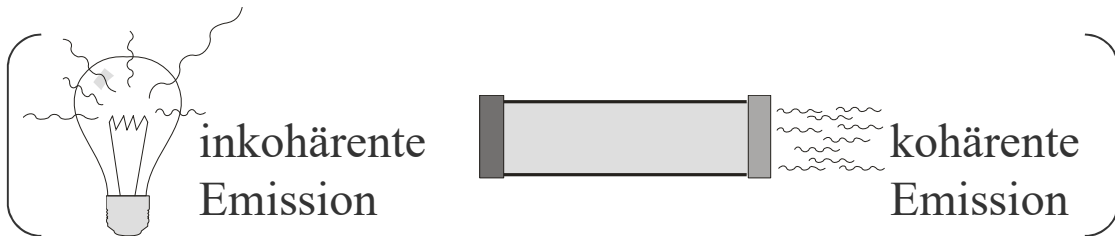
Sättigung

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

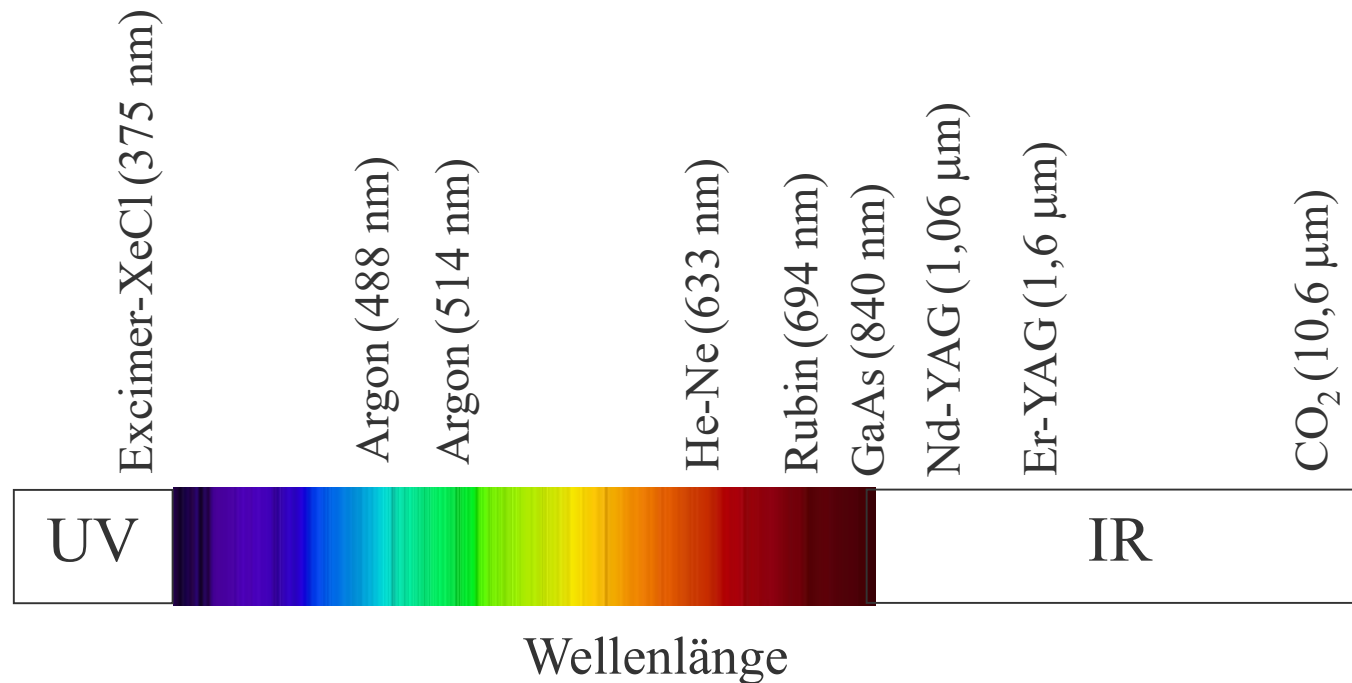
Lasertypen

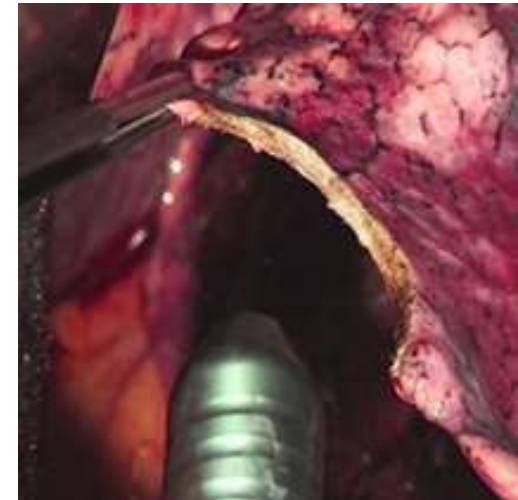
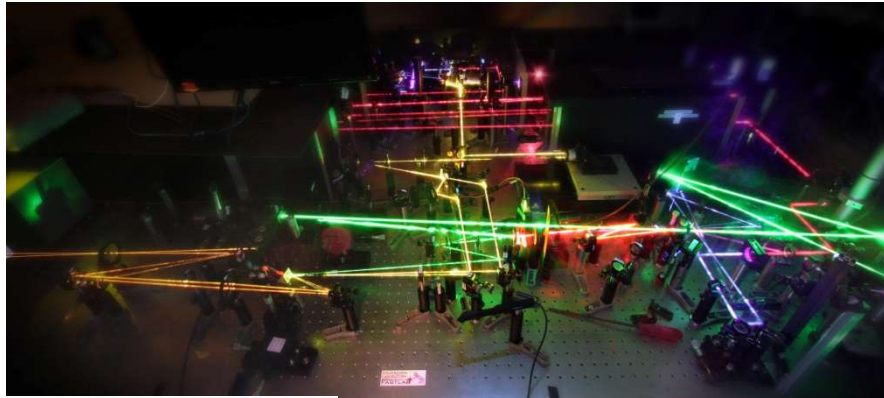
Laserstoff:

- ✧ 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”

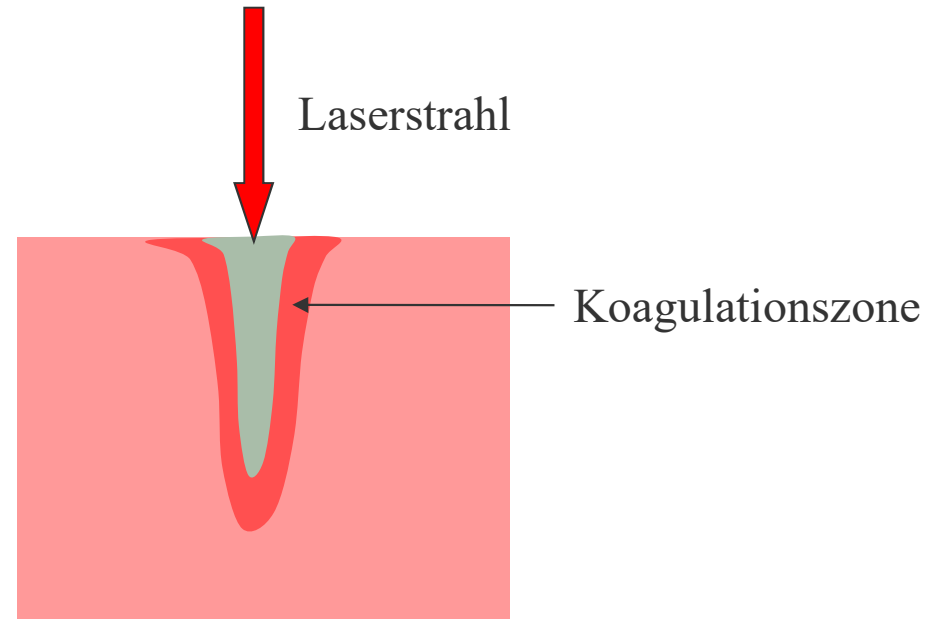
Laserchirurgie

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.

Vorteile der Laserchirurgie:



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

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

UV-B und UV-A (Melanin)

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

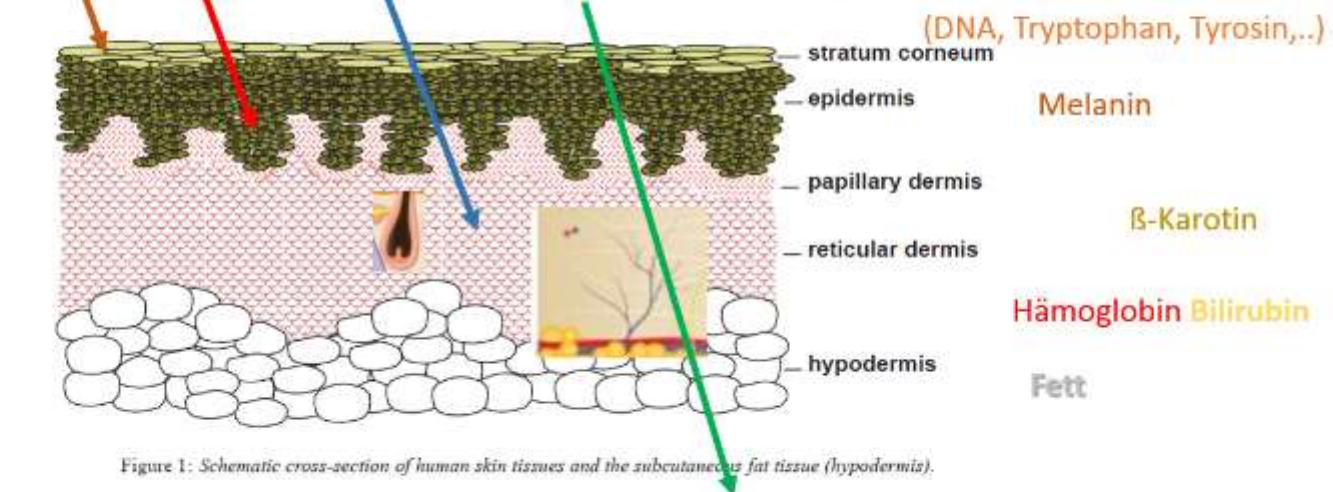
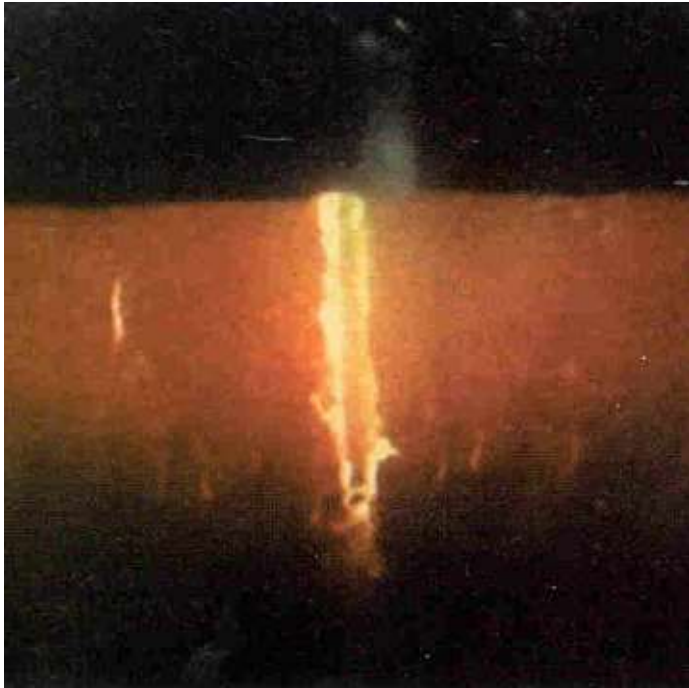
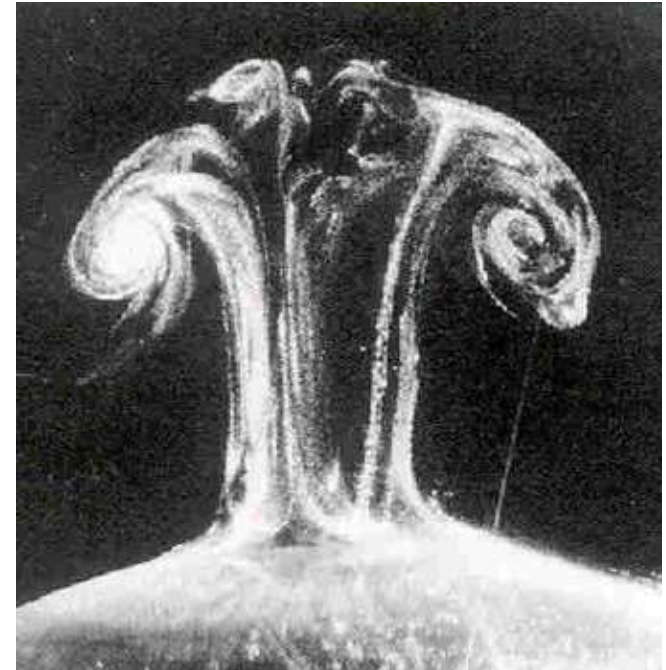


Figure 1: Schematic cross-section of human skin tissues and the subcutaneous fat tissue (hypodermis).

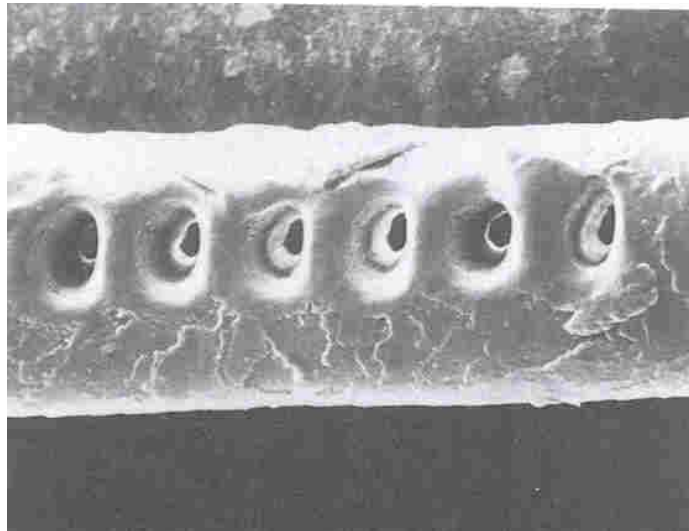
Optische Fenster (rot/IR 600-1200nm)



Laserbehandlung
der Herzwand



Laserbehandlung
der Hornhaut



Laserbohrungen
durch ein
menschliches
Haar



Laserbohrung
durch das
Trommelfell

Humanmedizinische Beispiele



vor

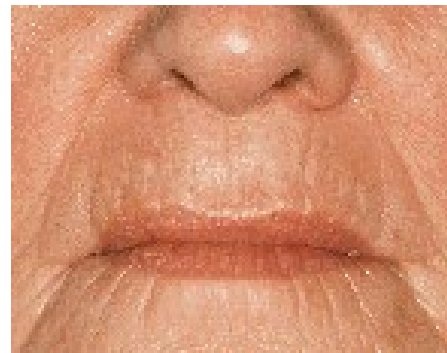
„port wine stain“
vor der
Lasertherapie



nach

nach der
Laserbestrahlung

Entfernung von Tätowierungen



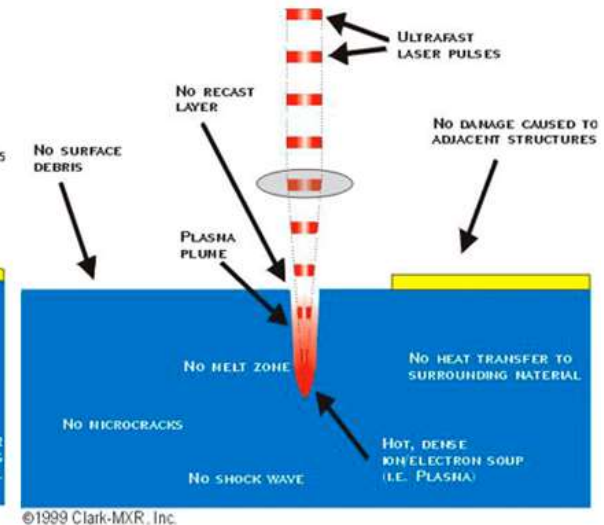
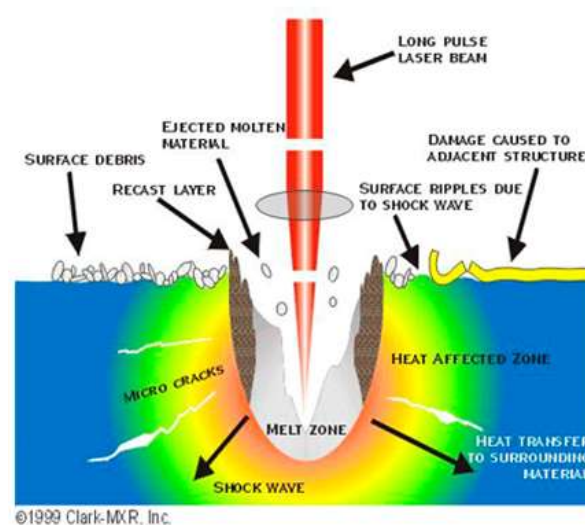
Entfernung von Fältchen

Vorteile der

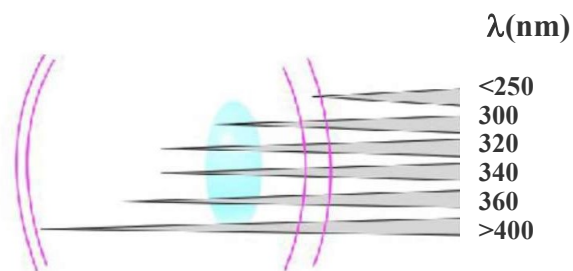
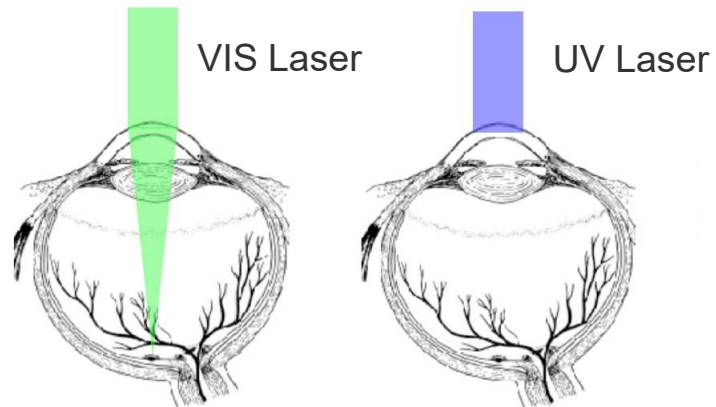
Laserchirurgie:

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

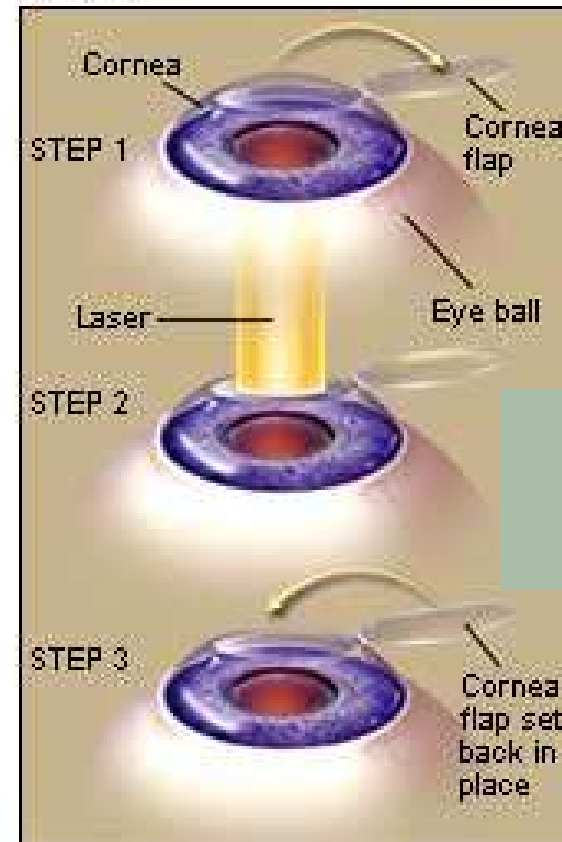
Anwendung des Femtosekundenlasers:



Transmission der Geweben des Auges



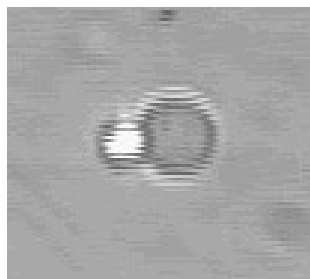
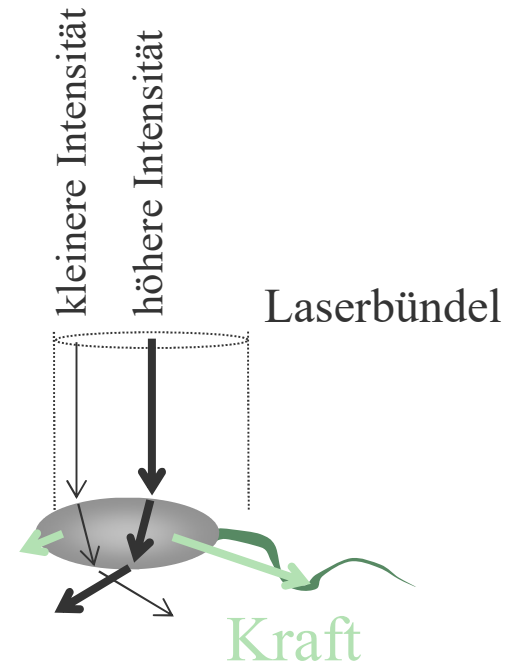
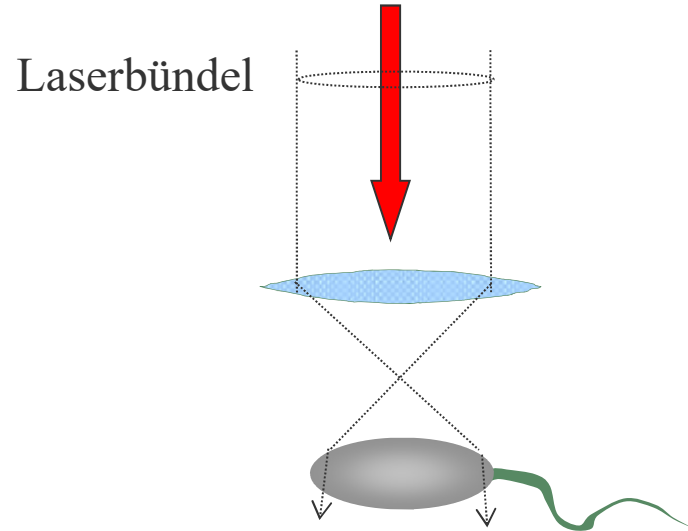
LASIK



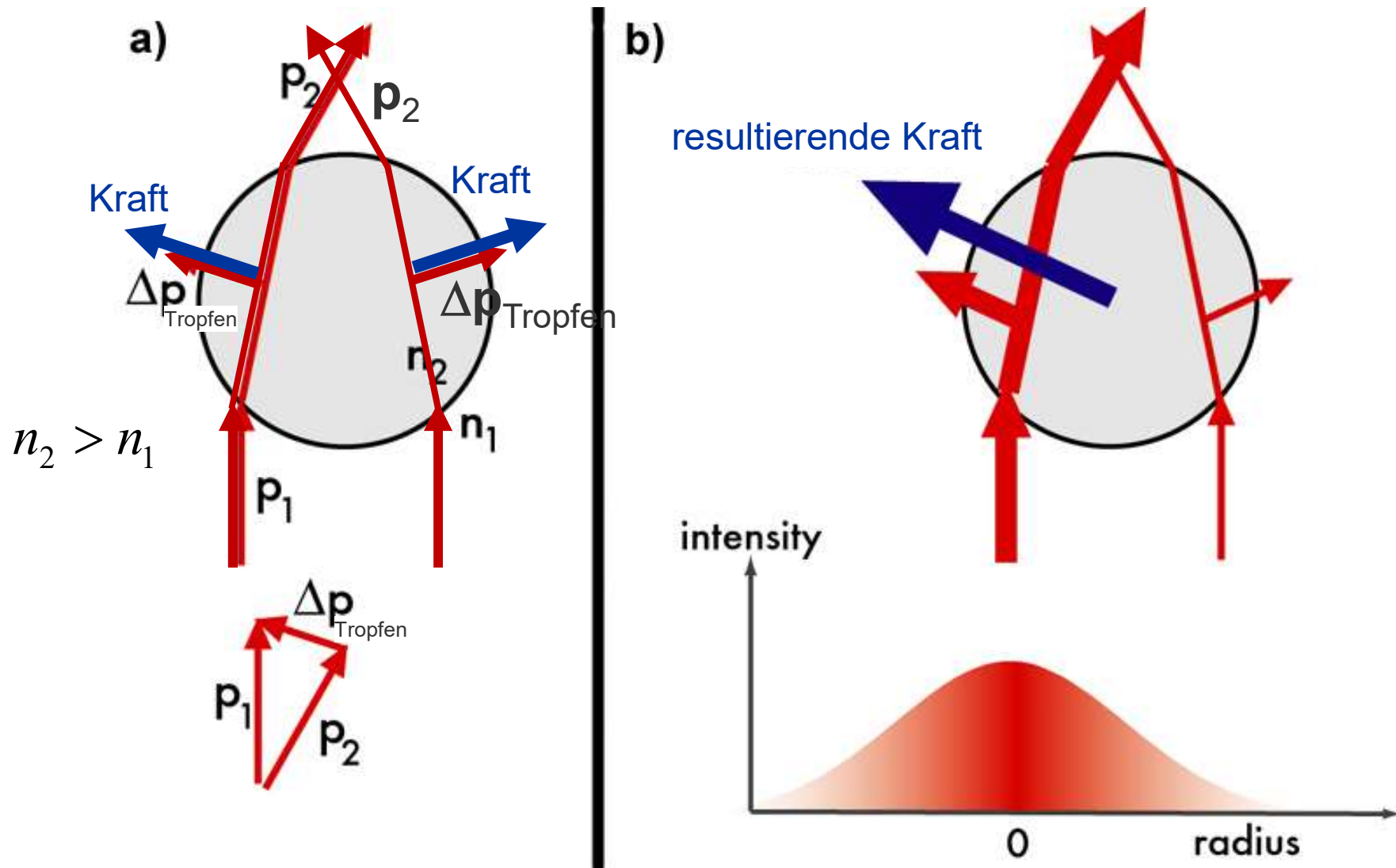
LASIK:
Laser In-situ
Keratomileusis

© 2003 WebMD Inc.

Laserpinzette



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

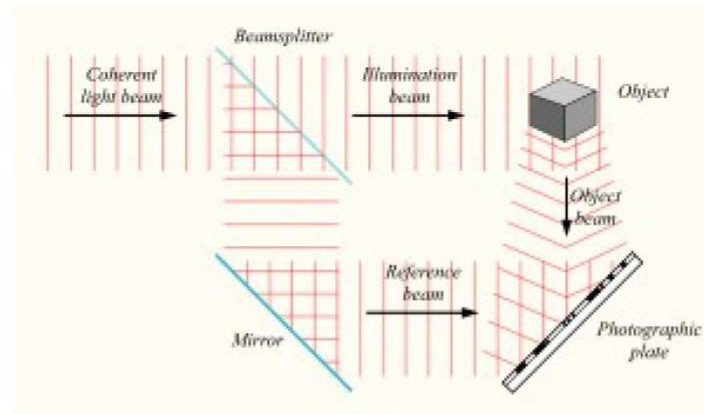


Impulserhaltungssatz: $p_1 = p_2 + \Delta p_{\text{Tropfen}}$

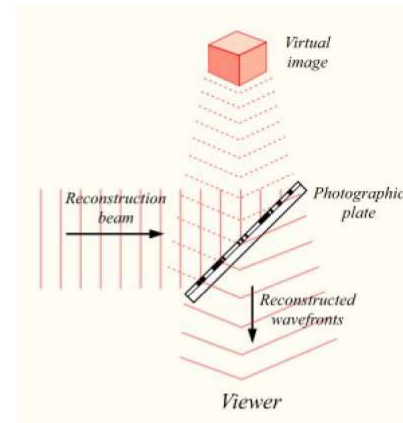
Weitere anwendungen: Holographie



Gábor Dénes
(1900-1979)



Aufnahme des Holograms



Rekonstruktion

