

# Biophysik für Pharmazeuten I.

2020/21  
Vorlesung 8

Entstehung und Anwendung der  
Laserstrahlung

# Laser

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



# Laser

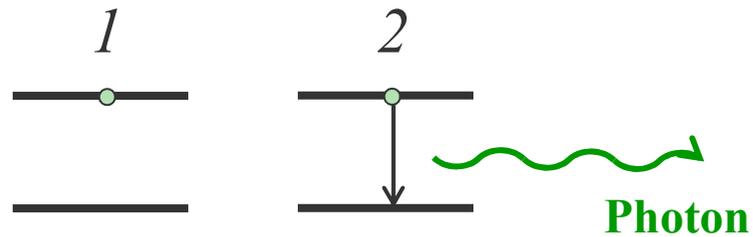
**LASER** = light amplification by stimulated emission of radiation



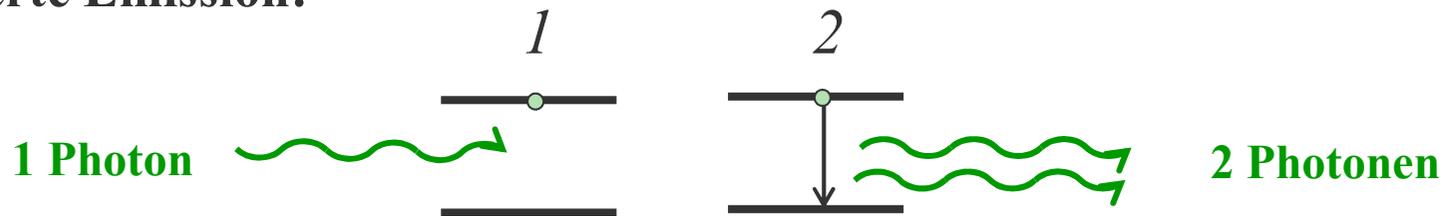
- ✧ Induzierte Emission
- ✧ Populationsumkehr
- ✧ Entstehung des Laserlichtes -  
Rubinlaser
- ✧ Eigenschaften des Laserlichtes
- ✧ Lasertypen
- ✧ Anwendungen

# Induzierte Emission

spontane Emission:



induzierte Emission:



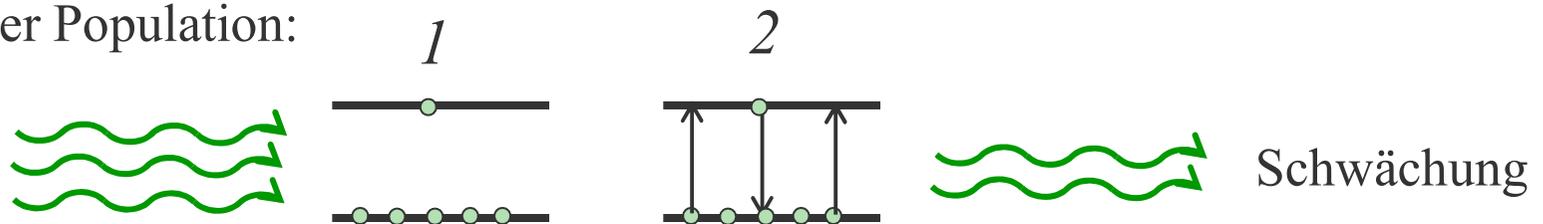
- ✧ gleiche Energie
- ✧ gleiche Richtung
- ✧ gleiche Phase

**Verstärkung??**

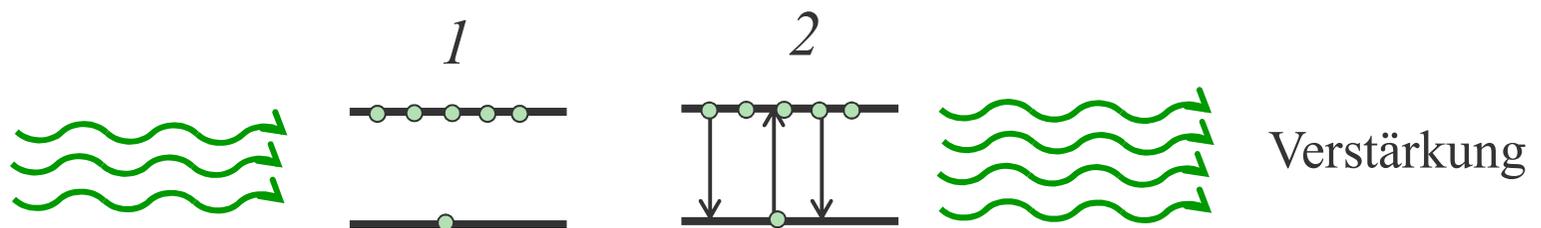
# Populationsumkehr

Absorption und induzierte Emission konkurrieren!

bei normaler Population:



bei umgekehrter Population:



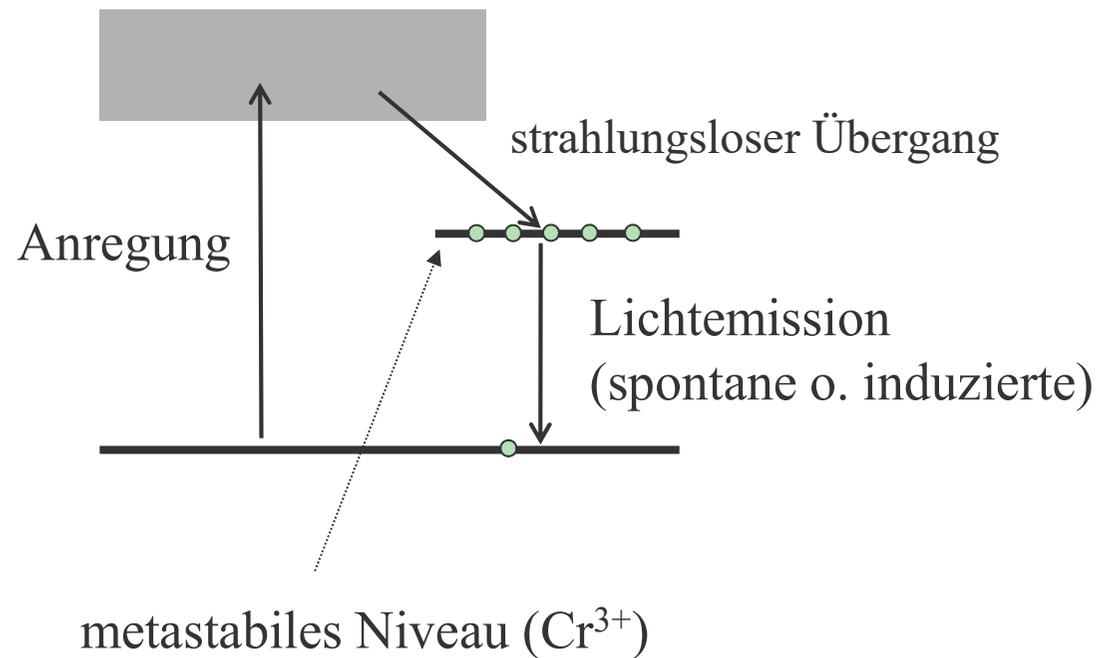
 **Drei-Niveau System**  
**metastabiles Niveau**

# Entstehung des Laserlichtes – Rubinlaser



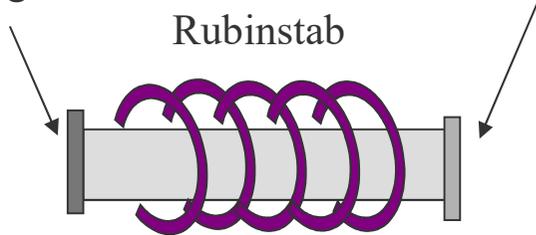
$\text{Al}_2\text{O}_3(\text{Cr}^{3+})$   
**(Rubin)**

Drei-Niveau Lasersystem:



vollständig  
reflektierender  
Spiegel

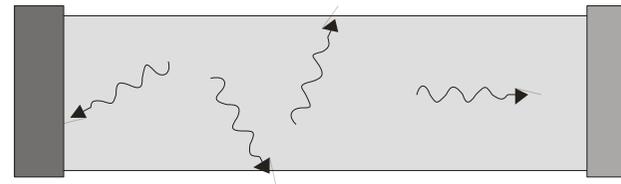
teildurchlässiger  
Spiegel



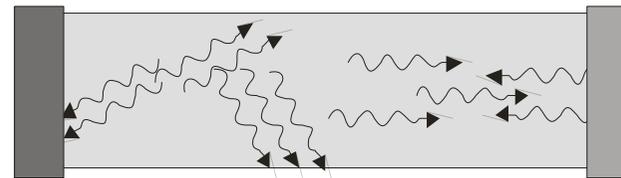
Xenon  
Blitzlampe



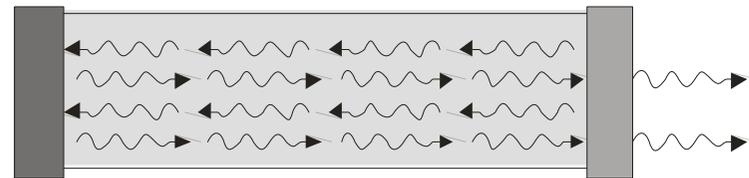
optische  
Anregung



spontane Emission, die auf  
die Anregung folgt



spontane und induzierte  
Emission



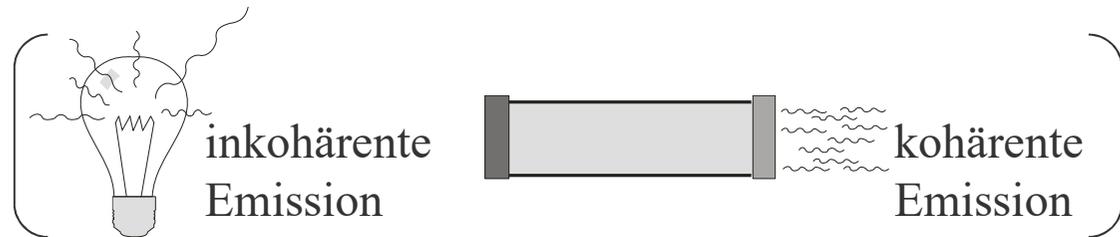
Sättigung

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

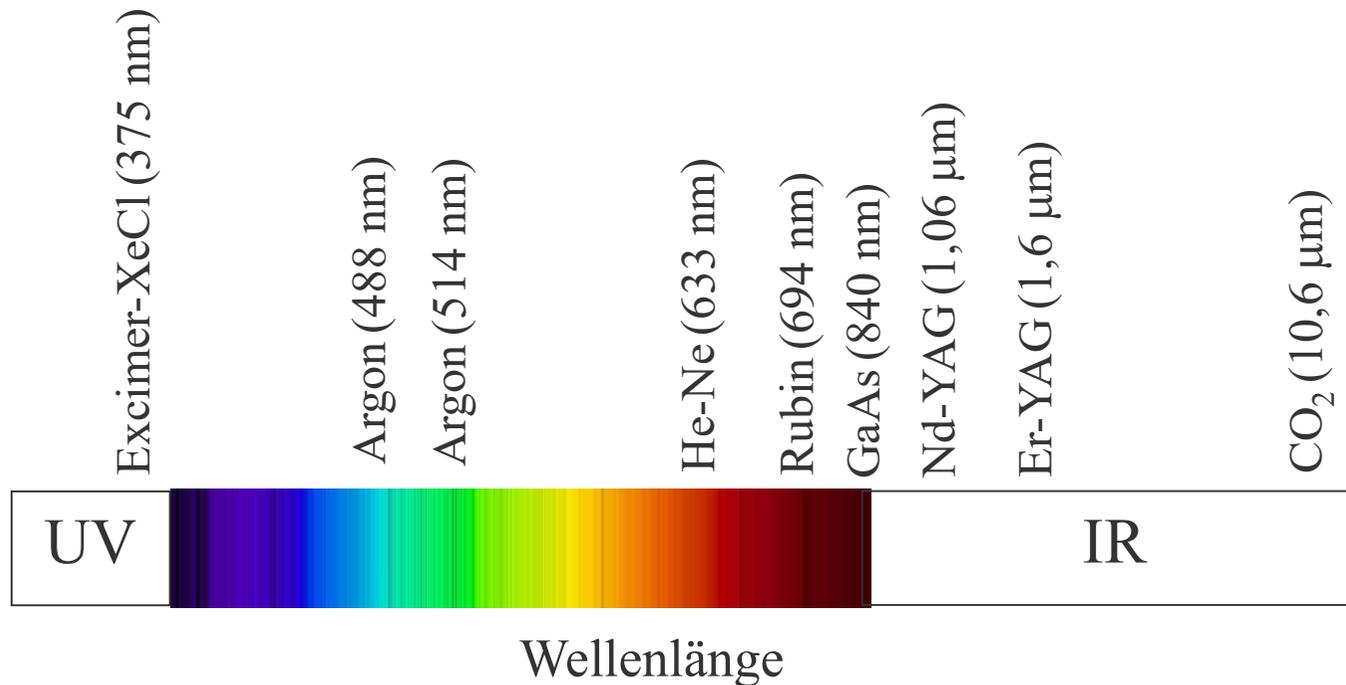
# Lasertypen

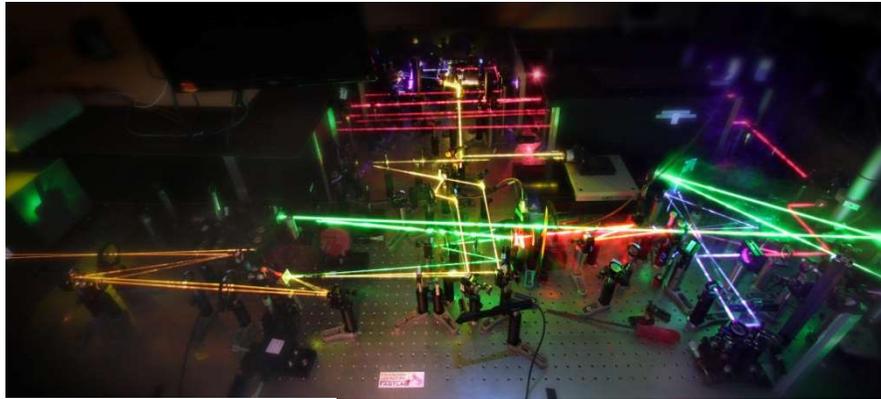
Lasersstoff:

- ✧ 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

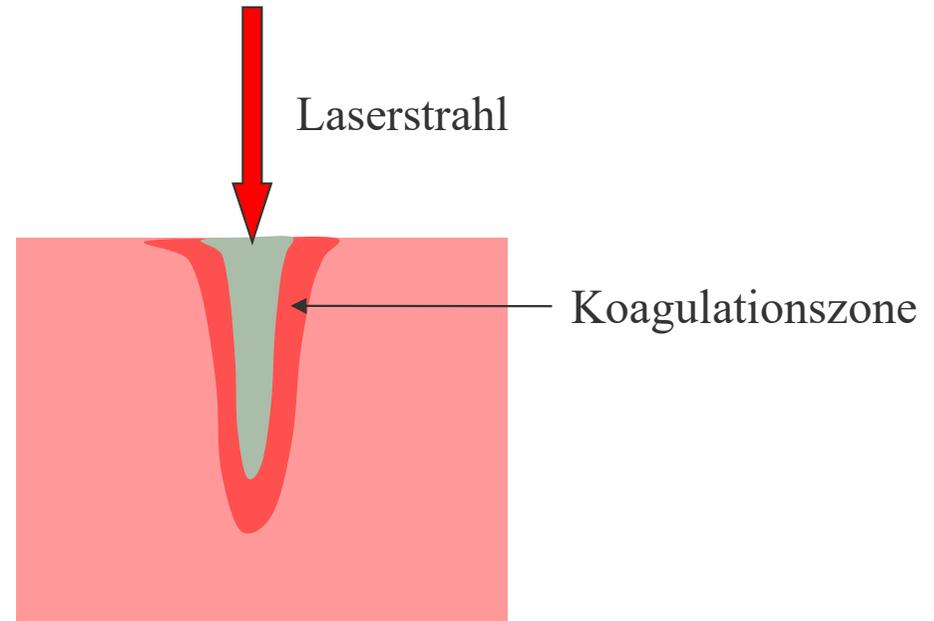




# Medizinische Anwendungen

- ✧ 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:

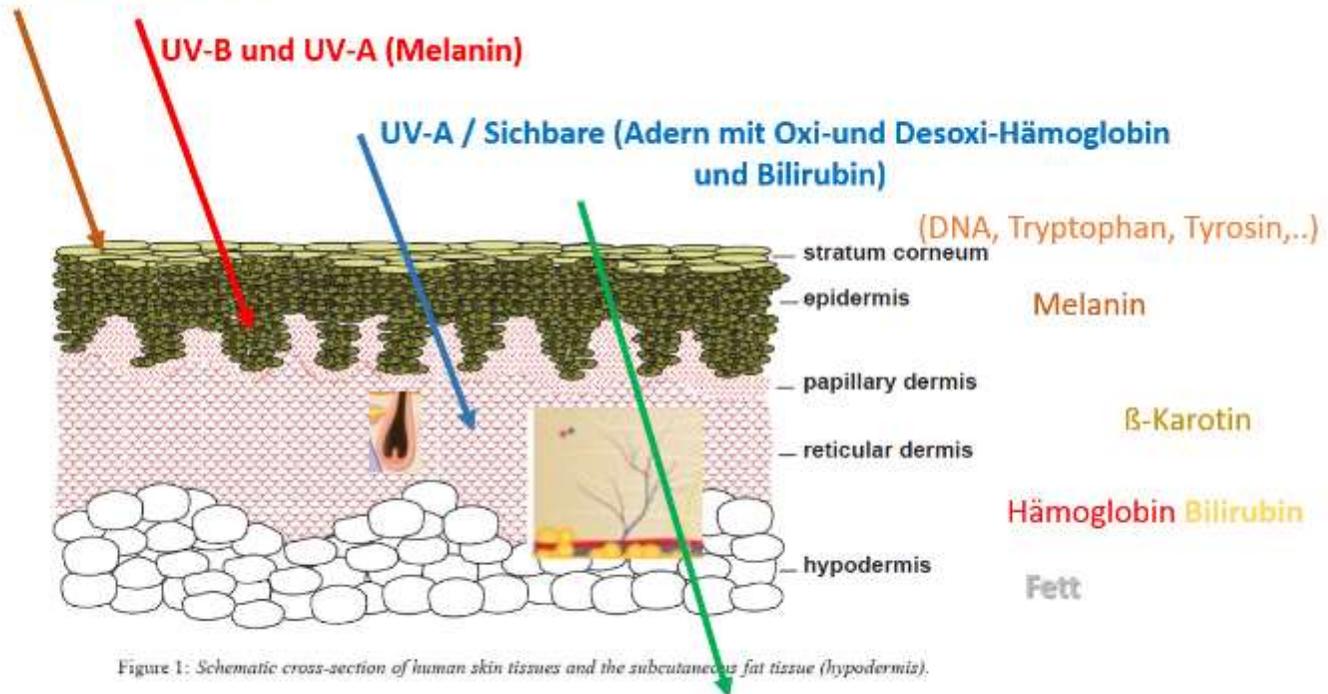


- ✧ feine, präzise Schnitte
- ✧ Blutung ist reduziert
- ✧ aseptisch
- ✧ möglich auch im innere des Körpers (Lichtleiter)
- ✧ selektive Behandlung von bestimmten Geweben

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

UV-B und UV-A (Melanin)

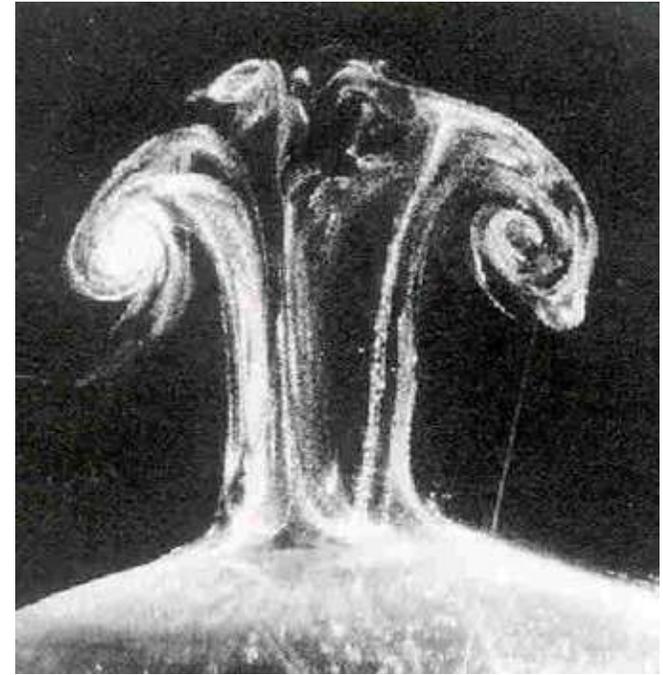
UV-A / Sichtbare (Adern mit Oxi- und Desoxi-Hämoglobin und Bilirubin)



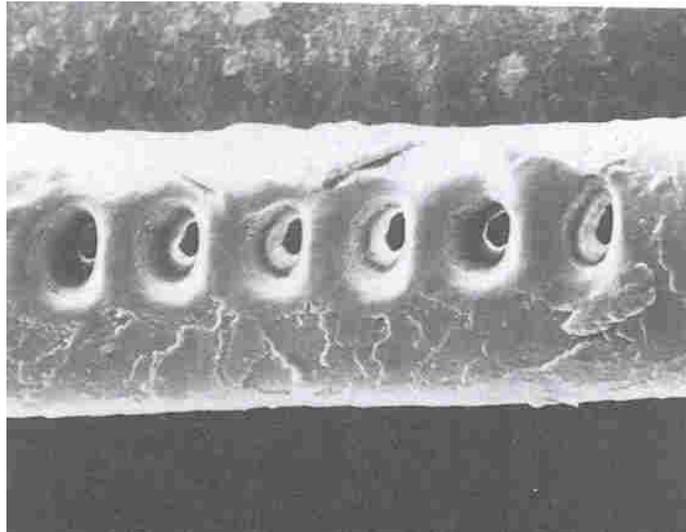
Optische Fenster (rot/IR 600-1200nm)



Laserbehandlung  
der Herzwand



Laserbehandlung  
der Hornhaut



Laserbohrungen  
durch ein  
menschliches  
Haar



Laserbohrung  
durch das  
Trommelfell

# Humanmedizinische Beispiele



vor

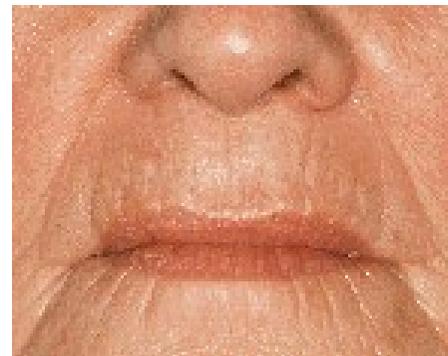
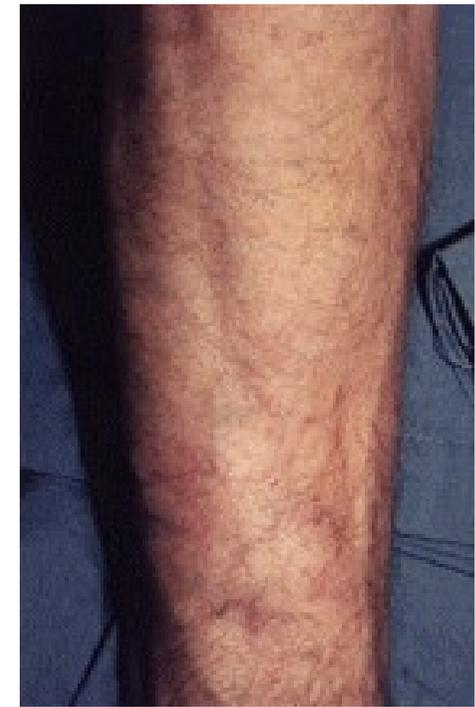
„port wine stain“  
vor der  
Lasertherapie



nach

nach der  
Laserbestrahlung

## Entfernung von Tätowierungen



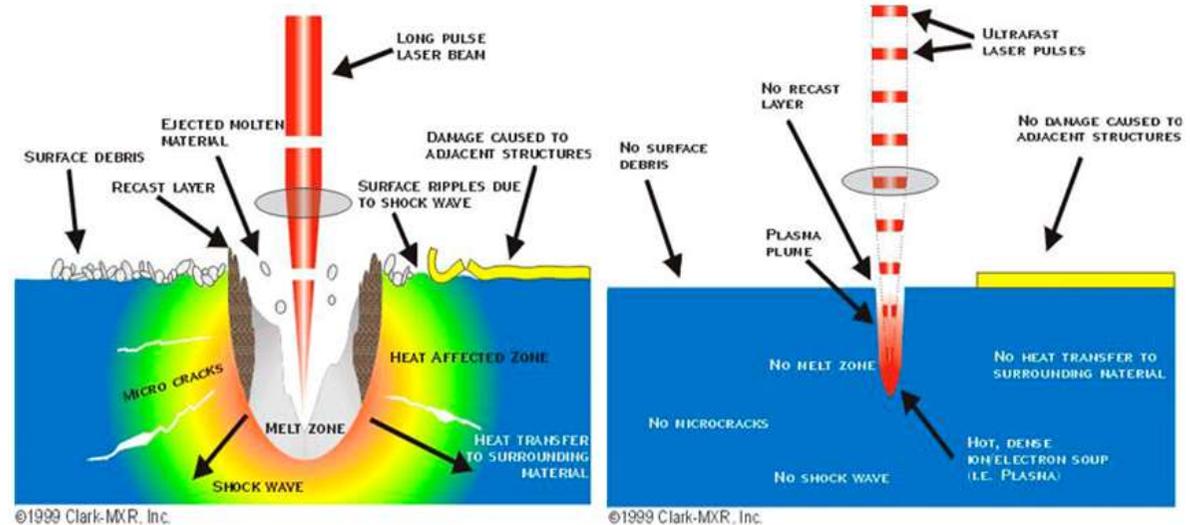
Entfernung von Fältchen

## Vorteile der

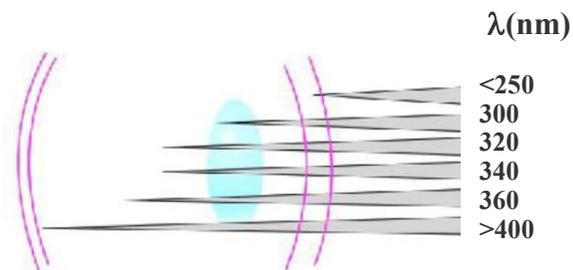
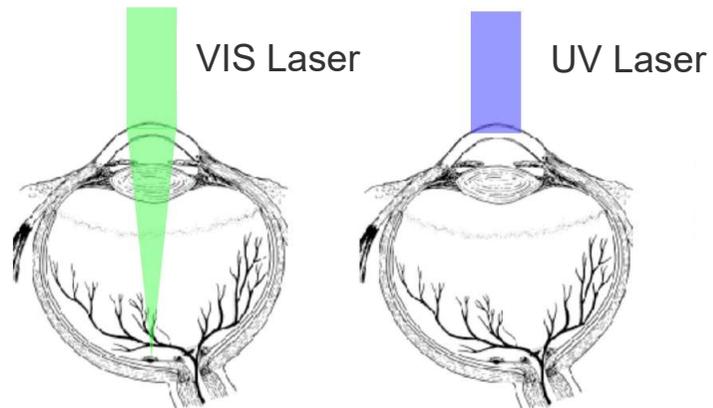
## Laserchirurgie:

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

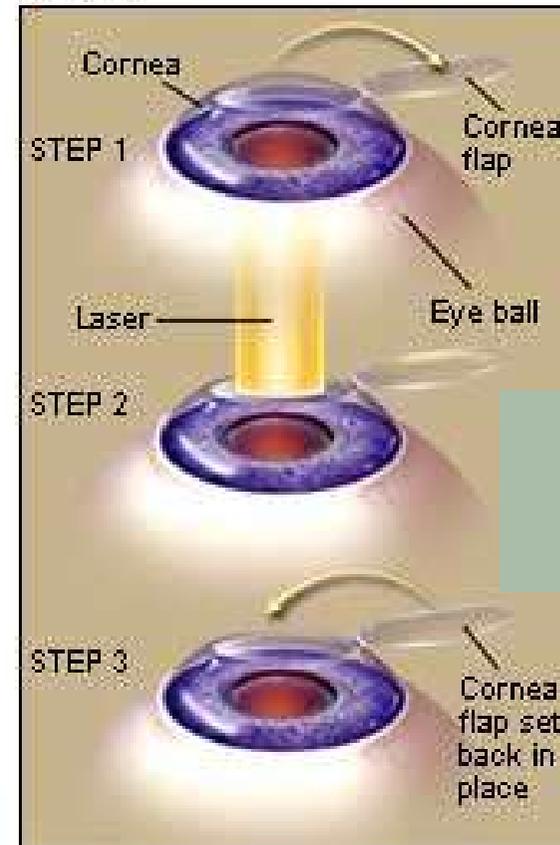
## Anwendung des Femtosekundenlasers:



# Transmission der Geweben des Auges



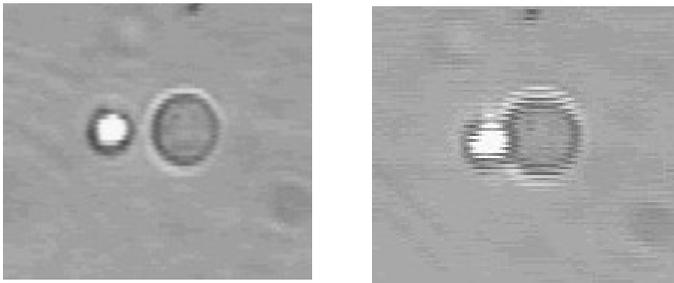
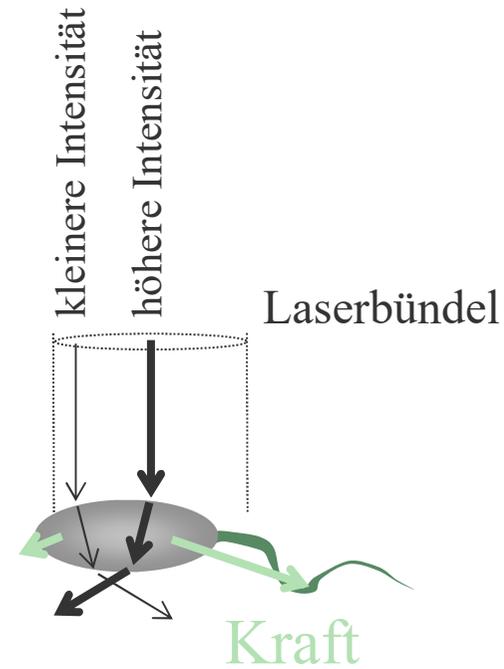
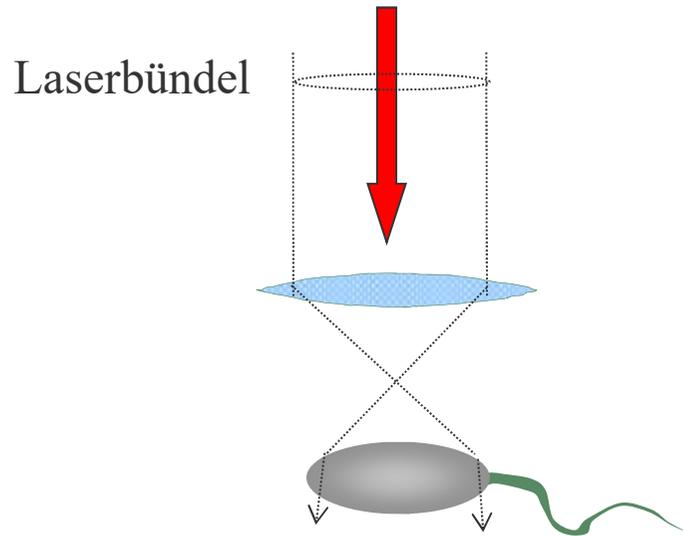
## LASIK



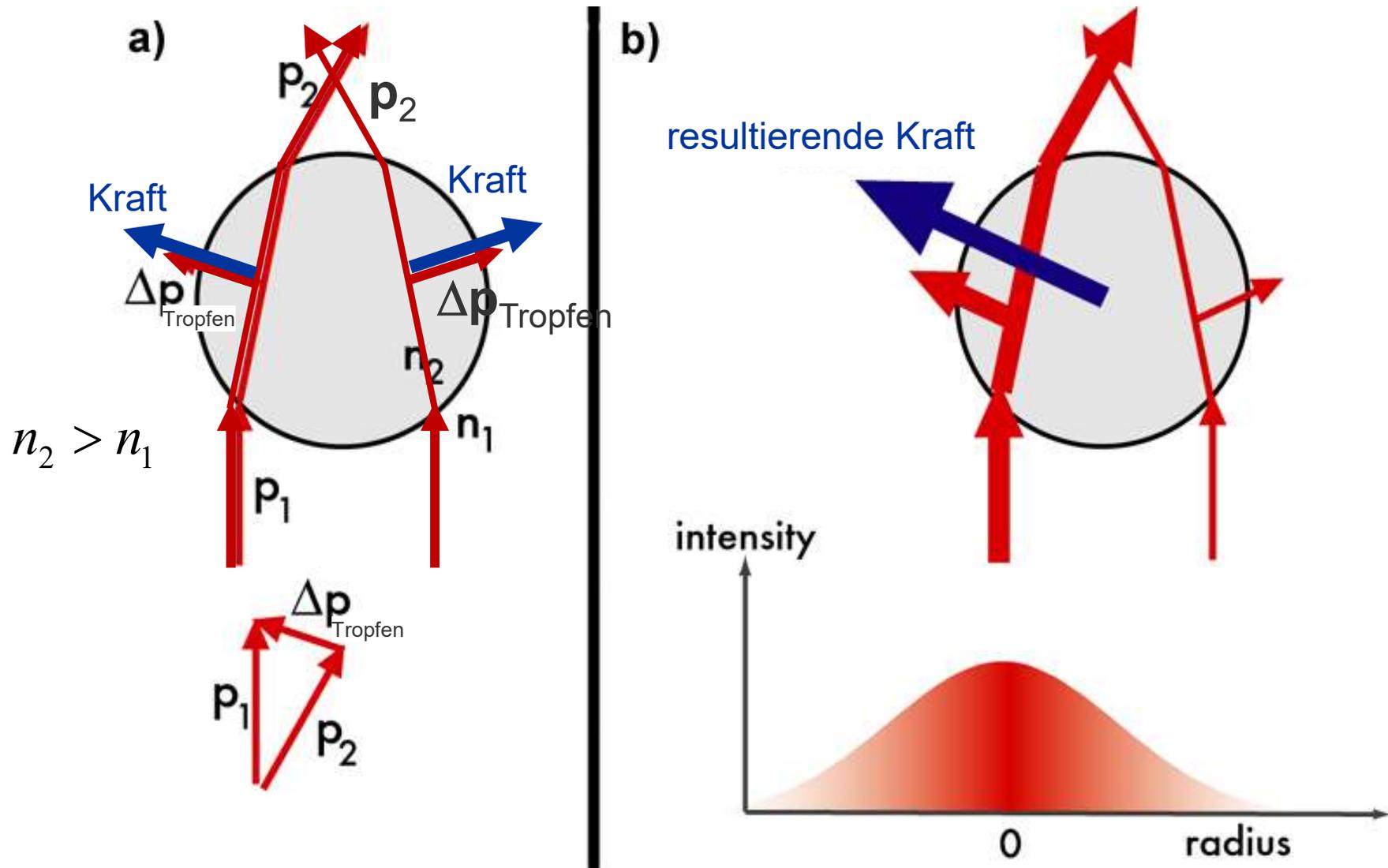
LASIK:  
Laser In-situ  
Keratomileusis

© 2003 WebMD Inc.

# Laserpinzette



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

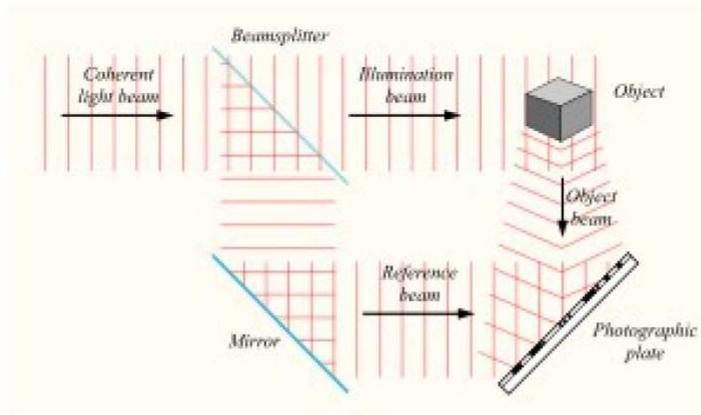


Impulserhaltungssatz:  $p_1 = p_2 + \Delta p_{\text{Tropfen}}$

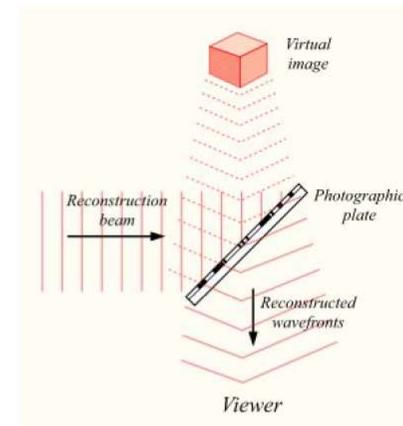
# Weitere anwendungen: Holographie



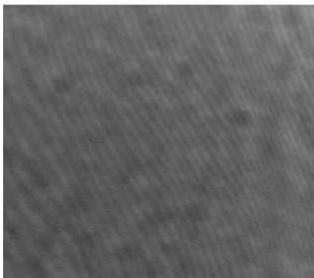
Gábor Dénes  
(1900-1979)

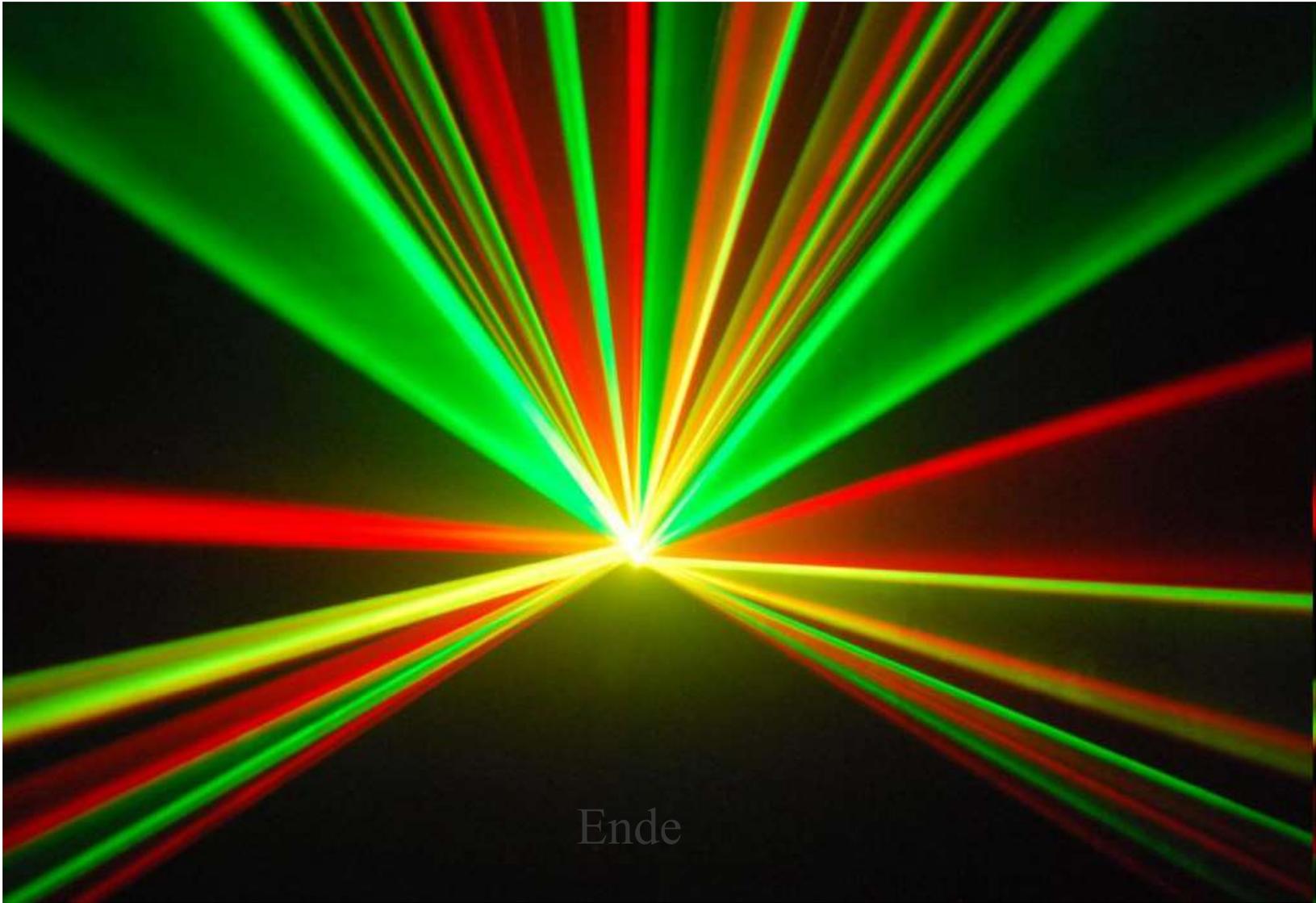


Aufnahme des Holograms



Rekonstruktion





Ende