

Medizinische Biophysik

Licht in der Medizin

8. Vorlesung
26.10. 2022.

VIII. LASER

1. Entstehung des Laserlichtes

Induzierte Emission

Besetzungsinversion

Laserniveau

Pumpen

Positive Rückkopplung

Optischer Resonator

2. Eigenschaften der Laserstrahlung

3. Lasertypen

4. Medizinische Anwendung

- Absorption in Geweben
- Folgerungen der Absorption
- Anwendungsbeispiele

IX. Biologische Wirkungen des Lichts

- Zielorgane
- Bestimmende Faktoren
- Molekularer Mechanismus
- Rolle der Ozon(O₃)-Schicht

VIII. LASER

light amplification by stimulated emission of radiation



1. Entstehung des Laserlichtes

Schlüsselwörter des Lasers:



Induzierte Emission



Pumpen



Besetzungsinversion

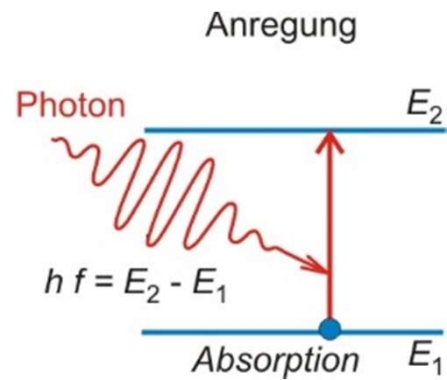


Rückkopplung



Laserniveau

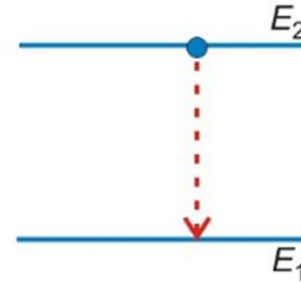
* Induzierte Emission



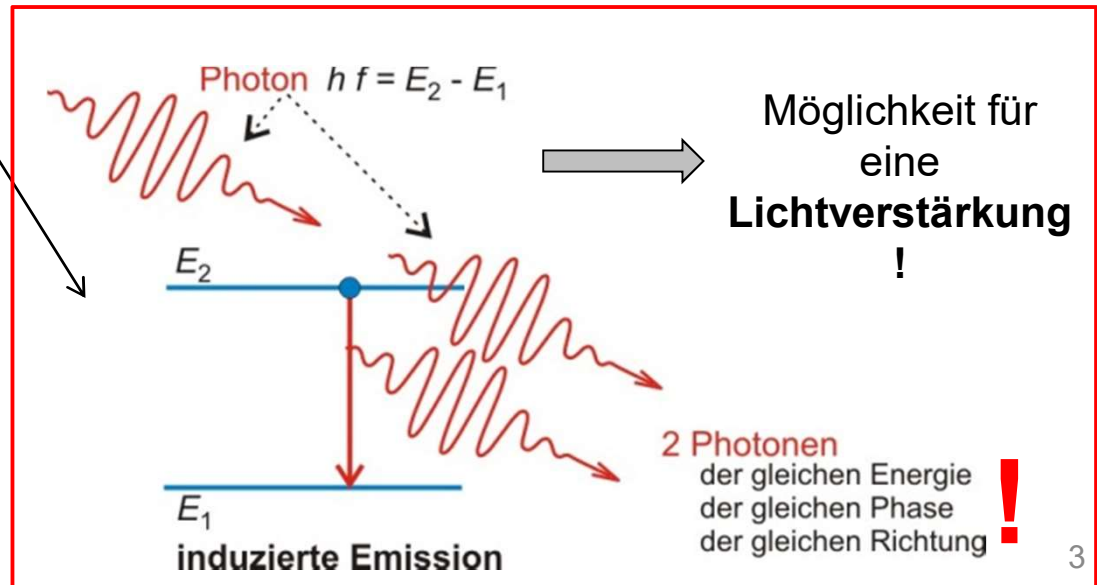
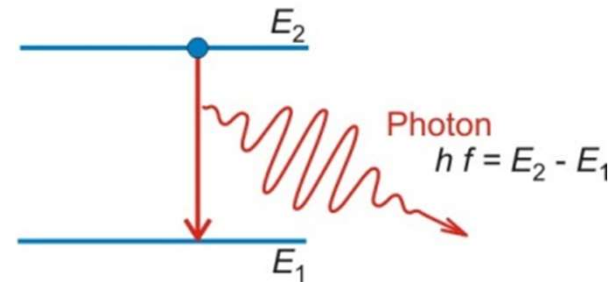
Nach der
Anregung

entweder oder

strahlungsloser Übergang

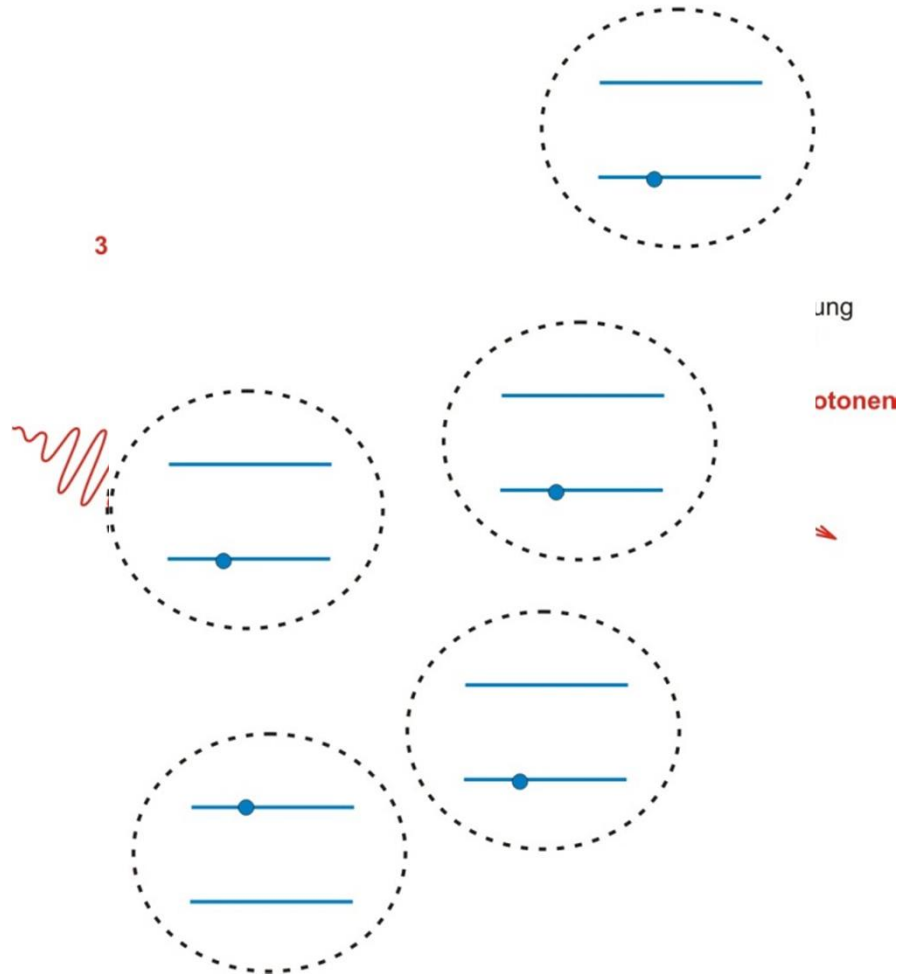


spontane Emission



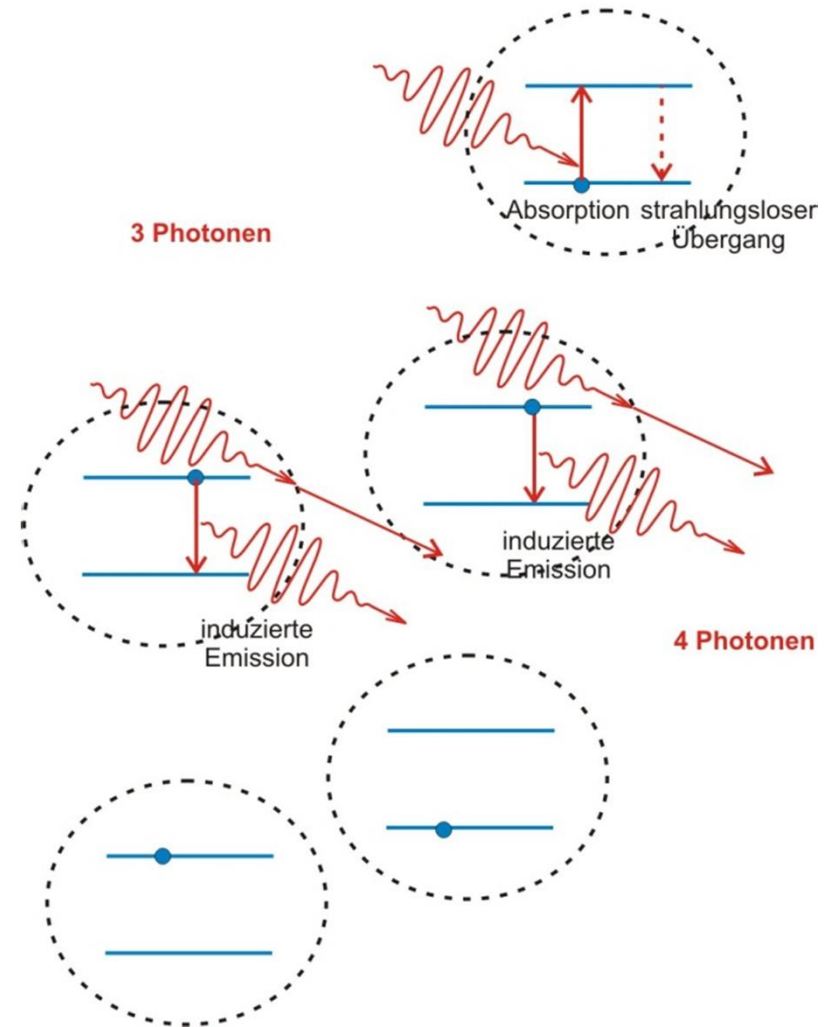
* Besetzungsinversion

normale Besetzung
(nach der Boltzmann-Verteilung
im Gleichgewicht)



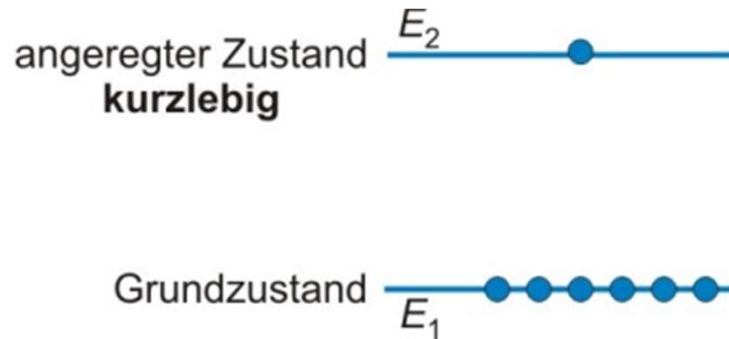
➡ Schwächung des
einfallendes Lichtes

Besetzungsinversion
(kein Gleichgewicht)



➡ Lichtverstärkung

* Laserniveau

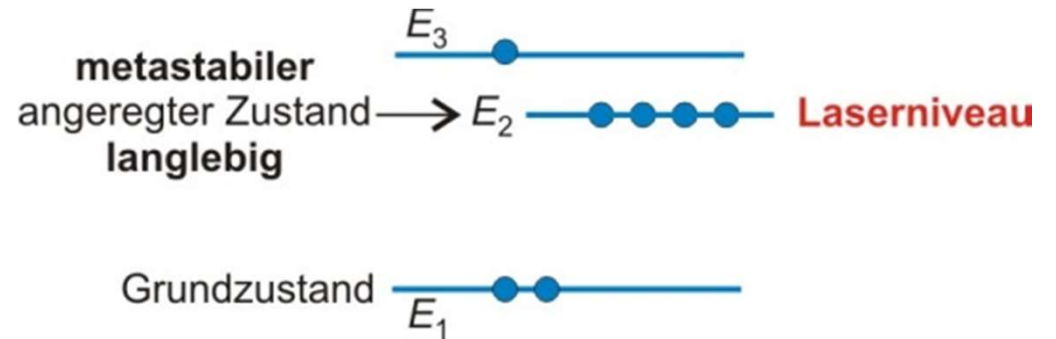


↓

Die zwei Zustände sind
im Gleichgewicht

↓

normale Besetzung



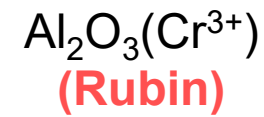
↓

Der metastabile Zustand und
der Grundzustand sind nicht
im Gleichgewicht

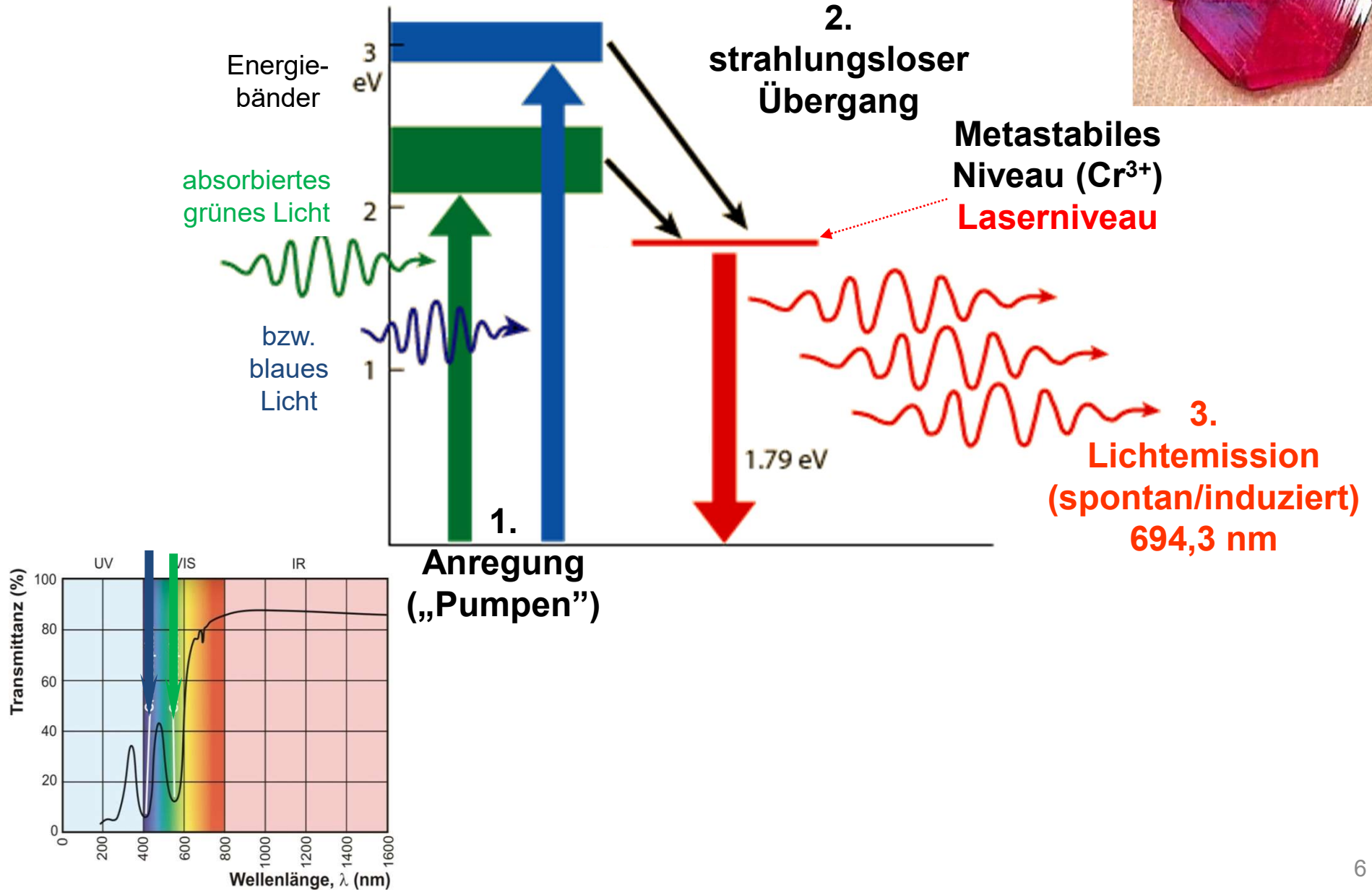
↓

Besetzungsinversion ist
möglich

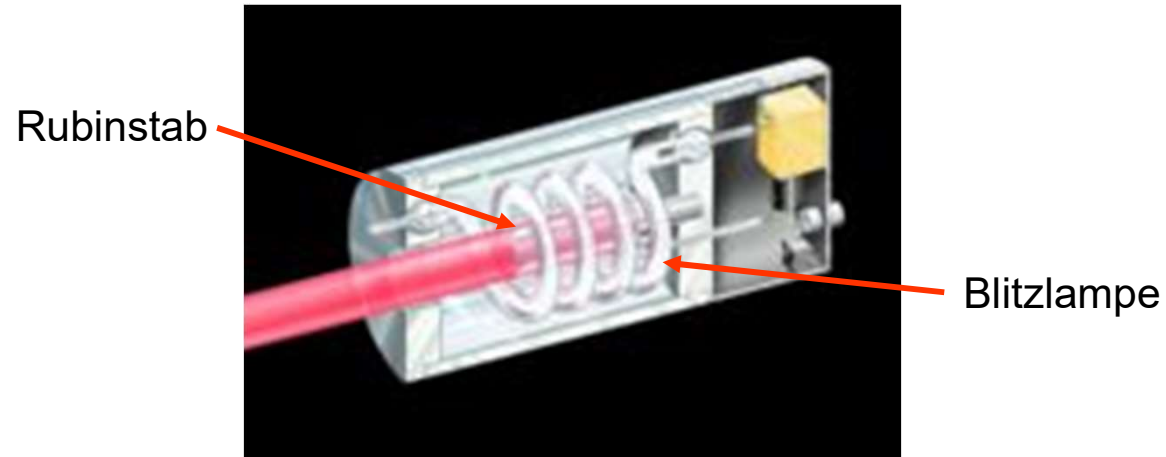
Zusammenfassend am Beispiel des Rubinlasers



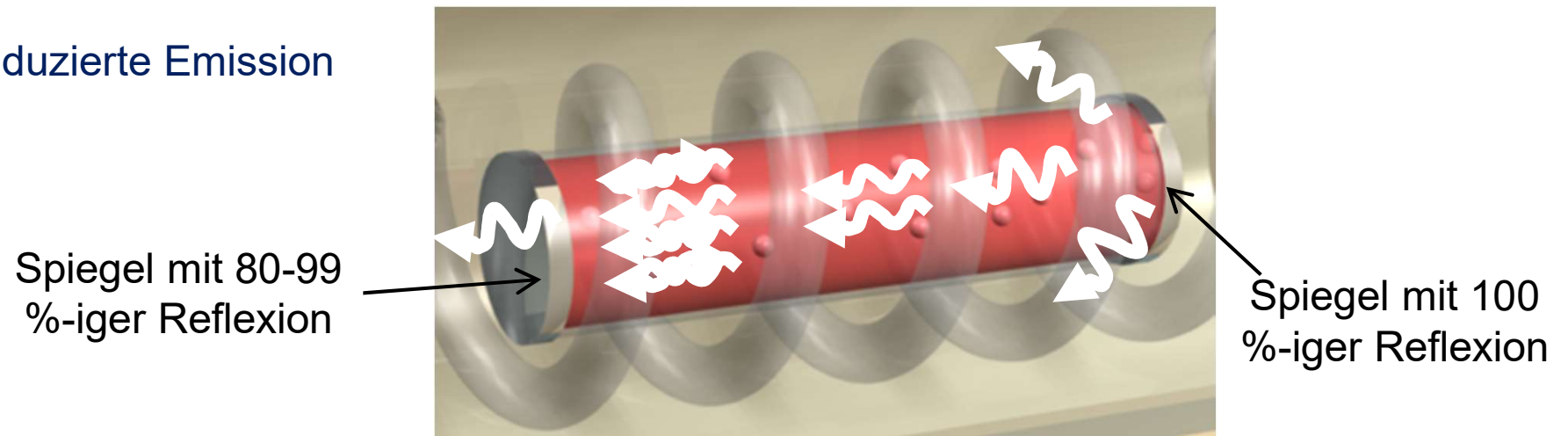
Drei-Niveau-System:



* Pumpen



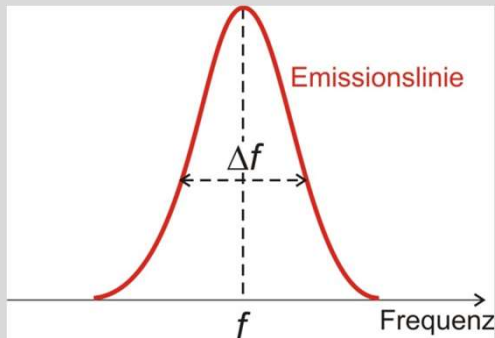
* Induzierte Emission



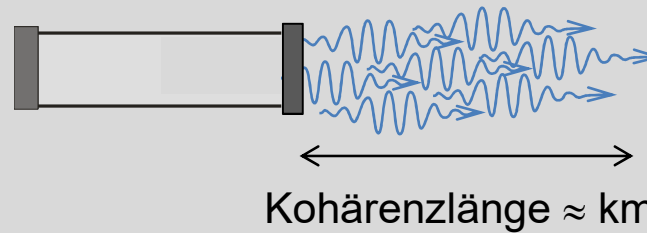
2. Eigenschaften der Laserstrahlung

✧ monochromatisch

$$\Delta f / f \approx 10^{-10}$$



✧ kohärent



✧ geringe Divergenz

$$\Theta \approx 0,1-1 \text{ mrad}$$



Gut fokussierbar

+

✧ hohe Intensität

$$J \approx 10^3 - 10^{14} \text{ W/m}^2$$

✧ polarisiert

3. Lasertypen

▪ Betriebsart

Dauerstrichlaser

Impulslaser

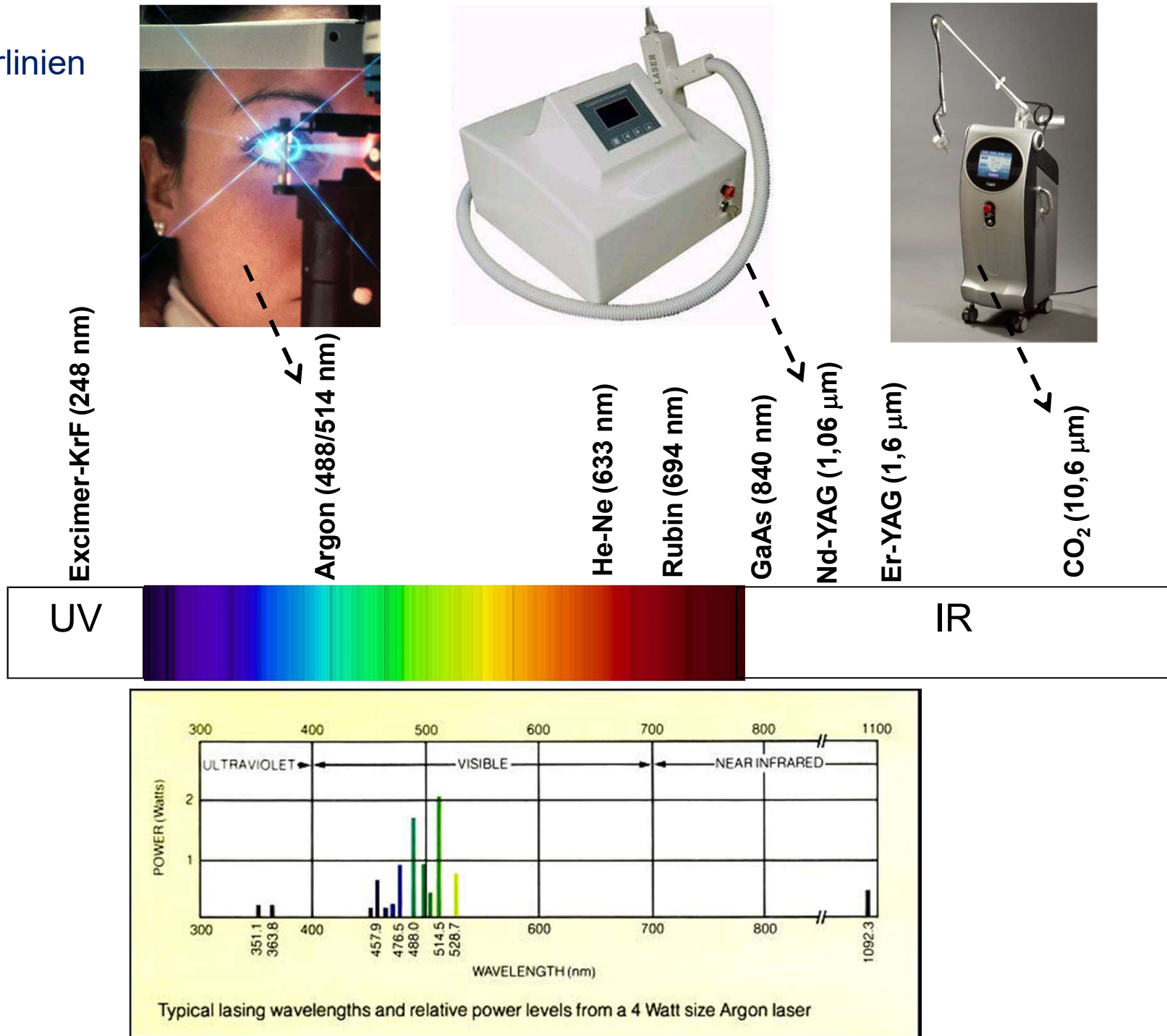
▪ Lasermaterial

gasförmig

flüssig

kristallin

- Laserlinien



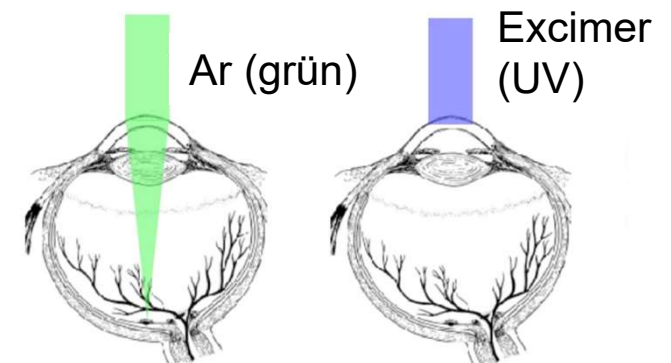
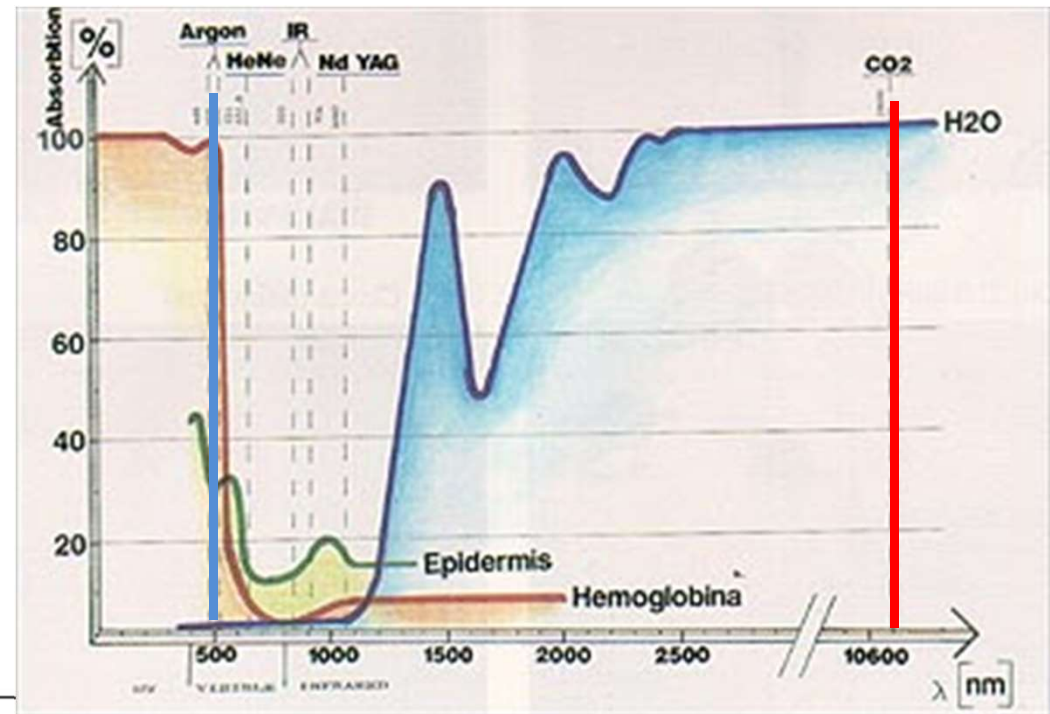
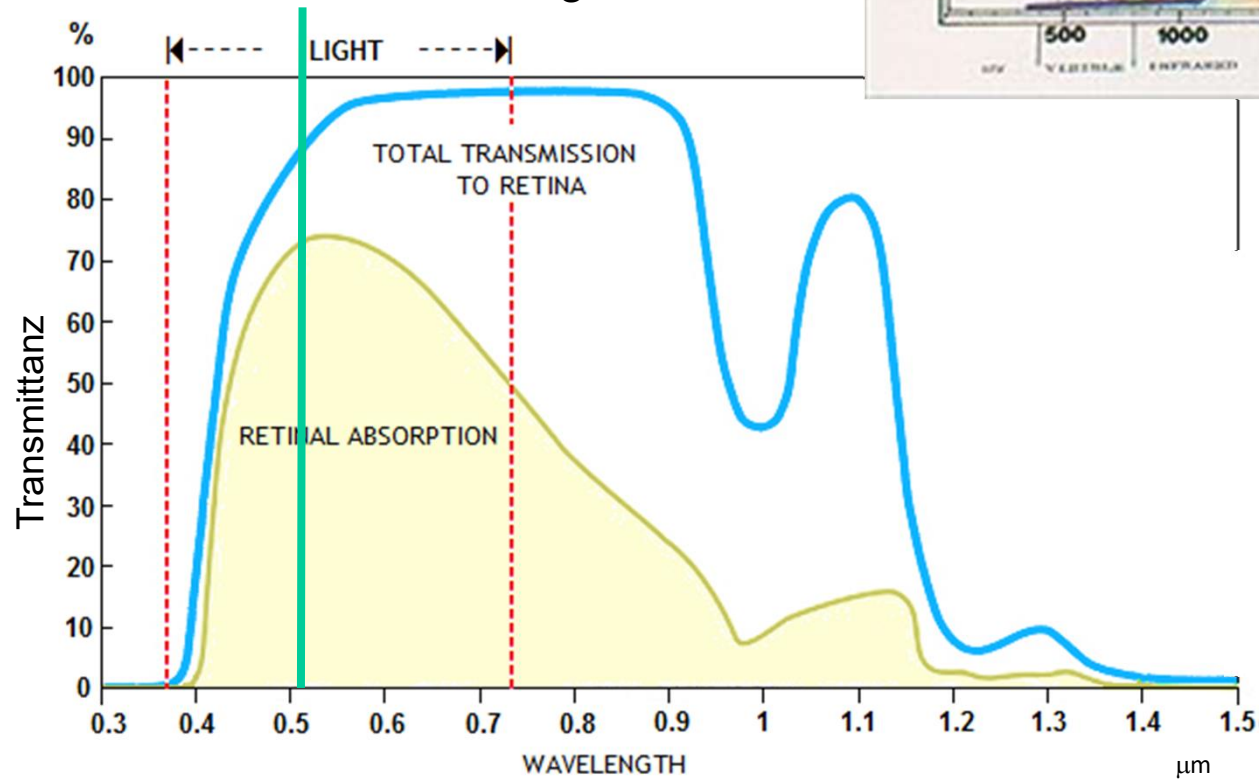
4. Medizinische Anwendung

- Absorption in Geweben

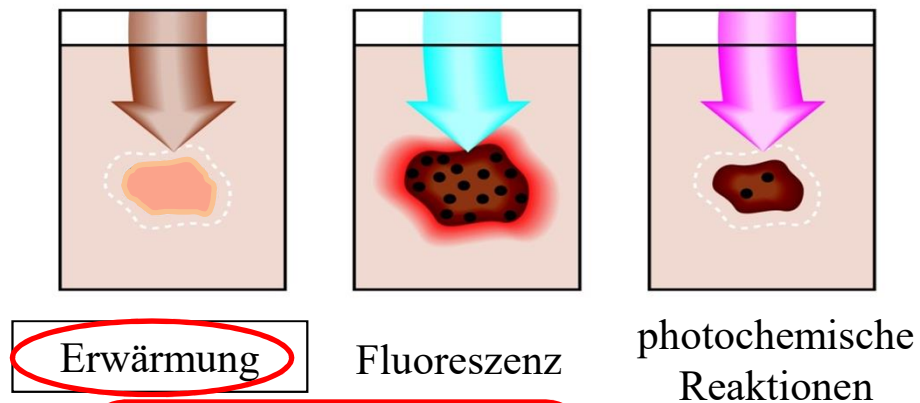
z. B. Argon (514 nm)



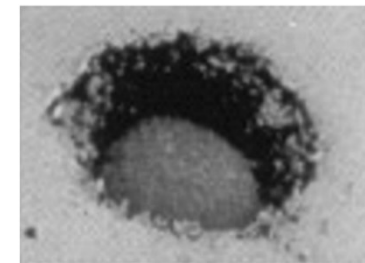
Transmissionsspektrum
des Auges



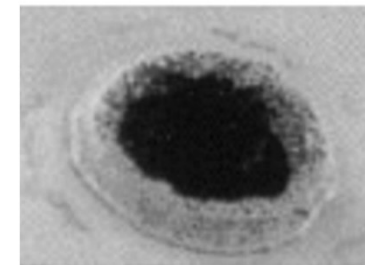
- Folgerungen der Absorption



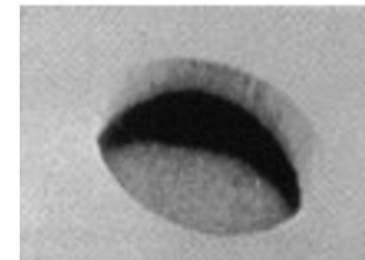
$\approx 40\text{ }^{\circ}\text{C}$: **Laserthermie**
 $\approx 60\text{-}90\text{ }^{\circ}\text{C}$: **Koagulation**
 $\approx 100\text{-}150\text{ }^{\circ}\text{C}$: **Vaporisation**
 $\approx 300\text{ }^{\circ}\text{C}$ - : **Karbonisation**



Vaporisation



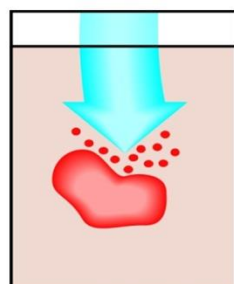
Karbonisation



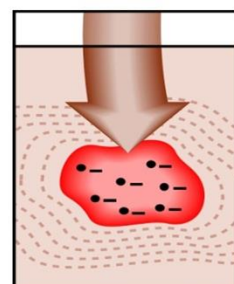
Atomisation

Photodissoziation

Ionisation



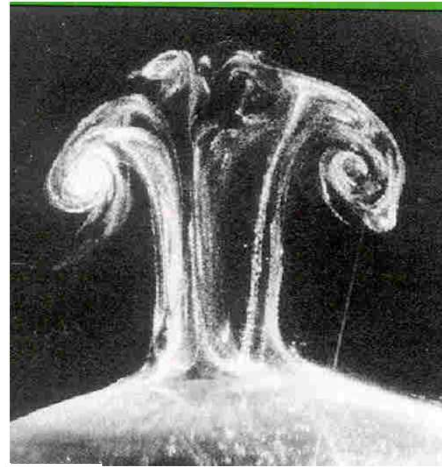
Atomisation



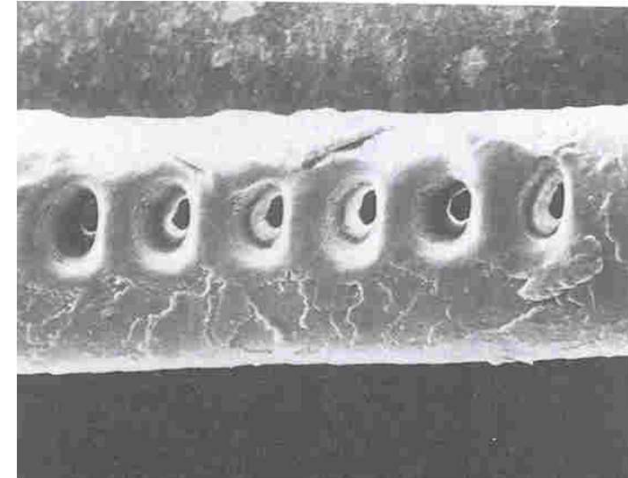
photomechanische Wirkung

- Beispiele

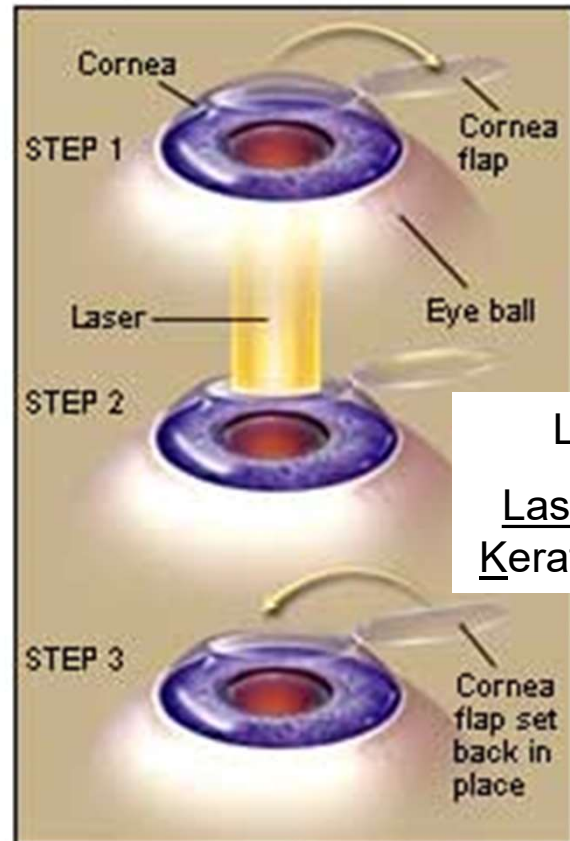
Explosionsartige
Entfernung des
Stoffes



Beispiel für die Präzision:
Laserbohrungen durch ein
menschliches Haar



LASIK



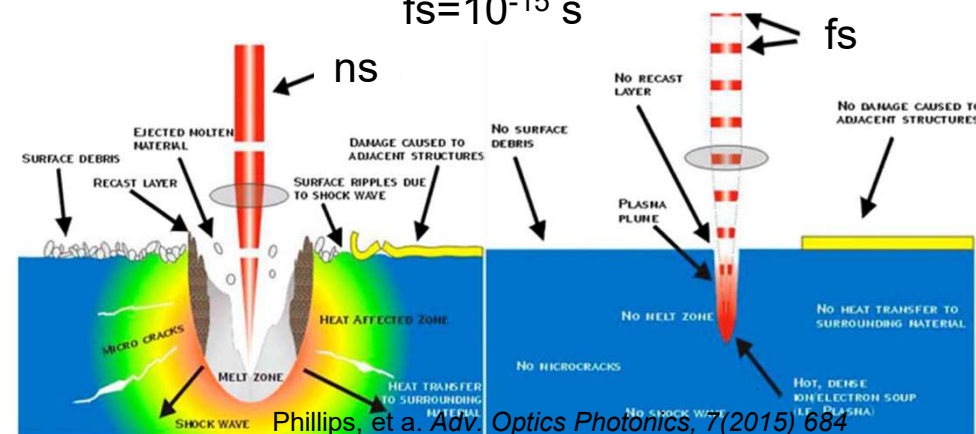
LASIK:

Laser In-situ
Keratomeileusis

© 2003 WebMD Inc.

Vorteil der Anwendung des Femtolasers

$f_s = 10^{-15} \text{ s}$



Phillips, et al. Adv. Optics Photonics, 7(2015) 684



Port Wine Stain



vor der Behandlung

nach der Behandlung

Laser Resurfacing

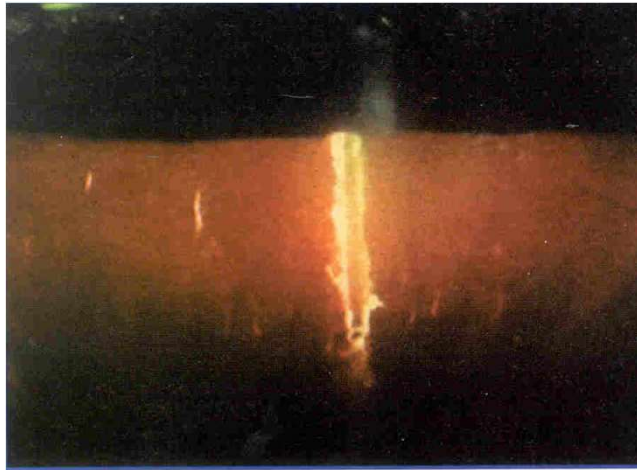


Enthaarung



Entfernung von Tätowierungen

Herzwandchirurgie



Leg Veins After 2 Laser Treatments



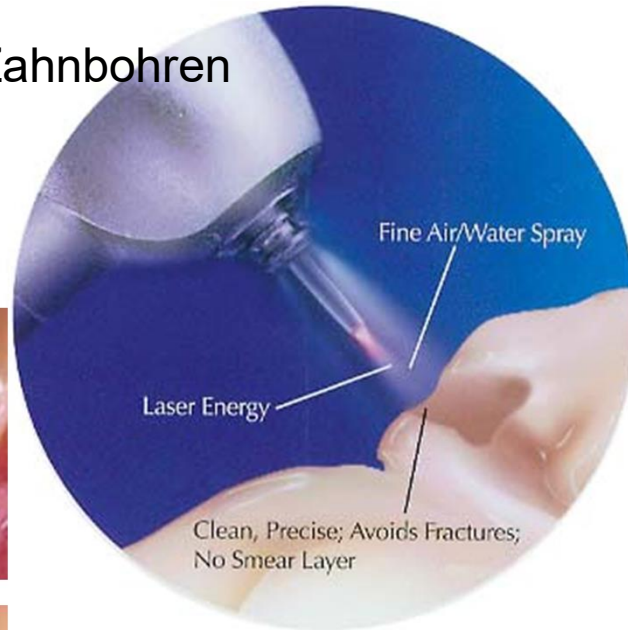
Kehlkopfchirurgie



Trommelfelldurchbohrung



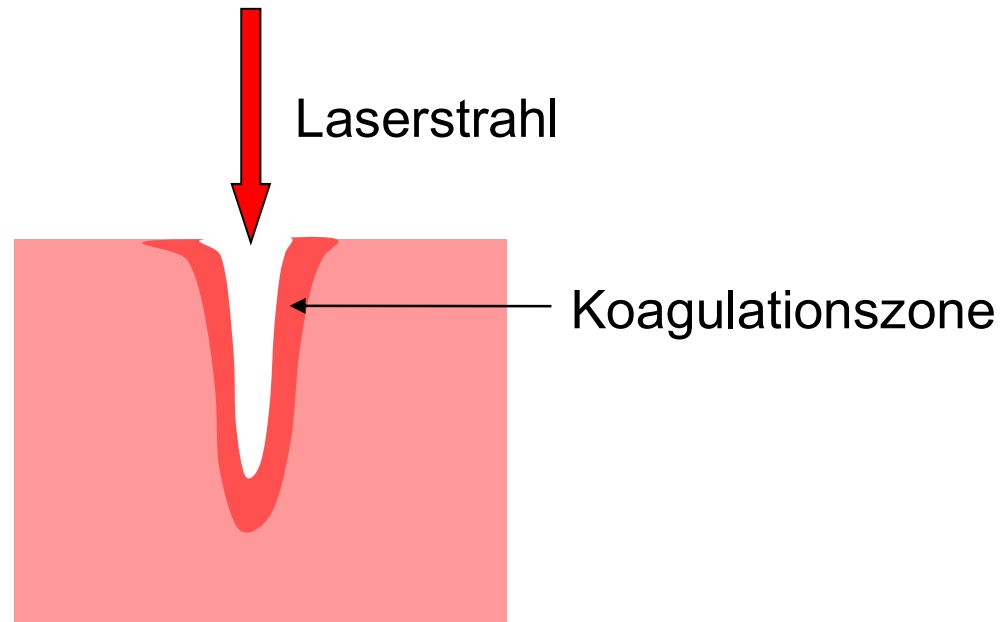
Zahnbohren



Entfernen von Zahverfärbungen

Zahnfleisch-Entfernung





Vorteile der
Laserchirurgie:

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

IX. Biologische Wirkungen des Lichts

- Zielorgane:
- Haut
 - Auge

Einige
Beispiele:

Erythem



Hautkrebs
Melanom



Graustar
Katarakt

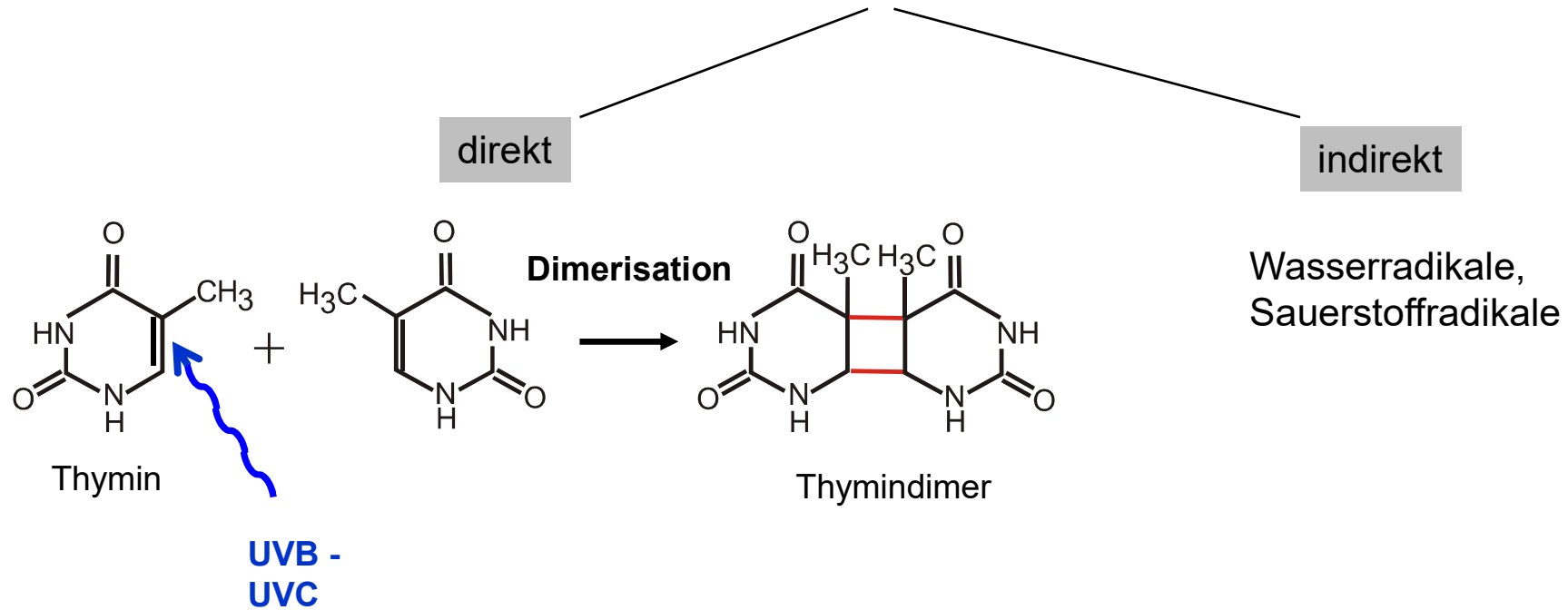


Hornhautentzündung
Konjunktivitis



Molekularer Mechanismus:

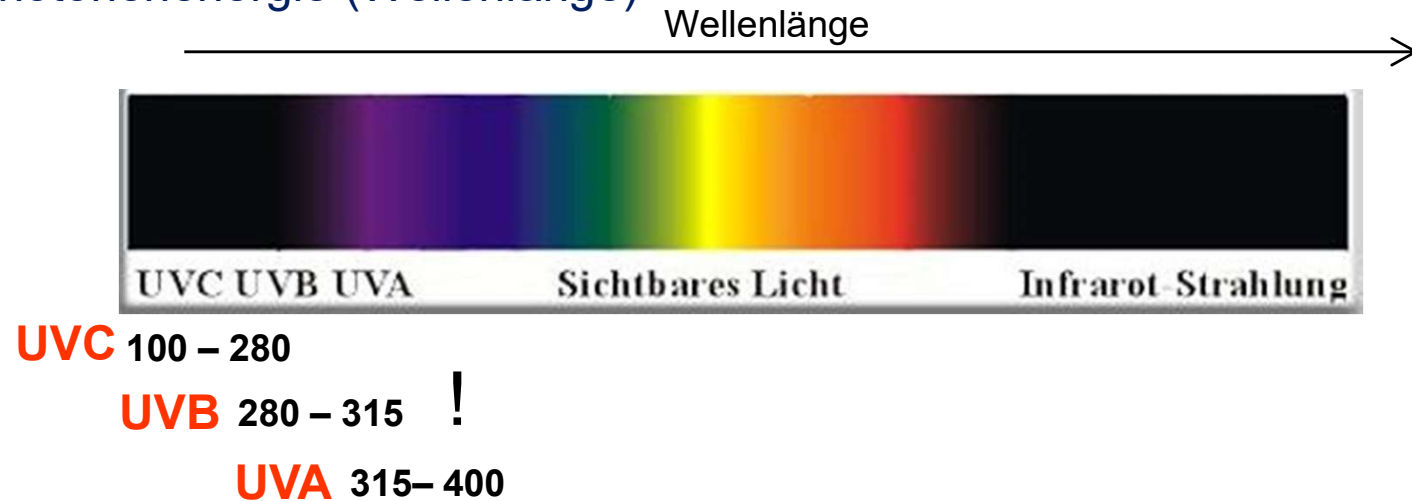
Absorption \Rightarrow Anregung \Rightarrow photochemische Reaktionen \Rightarrow biologische Wirkung



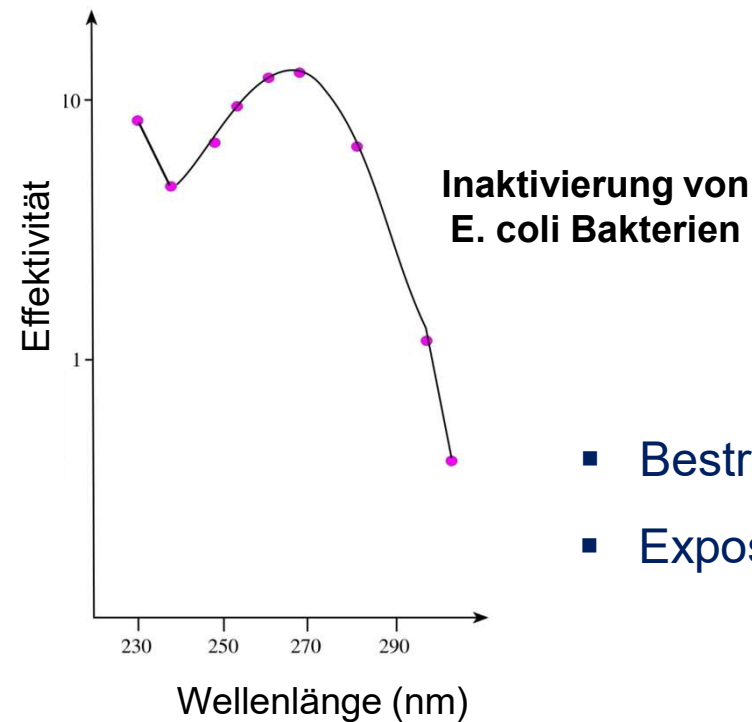
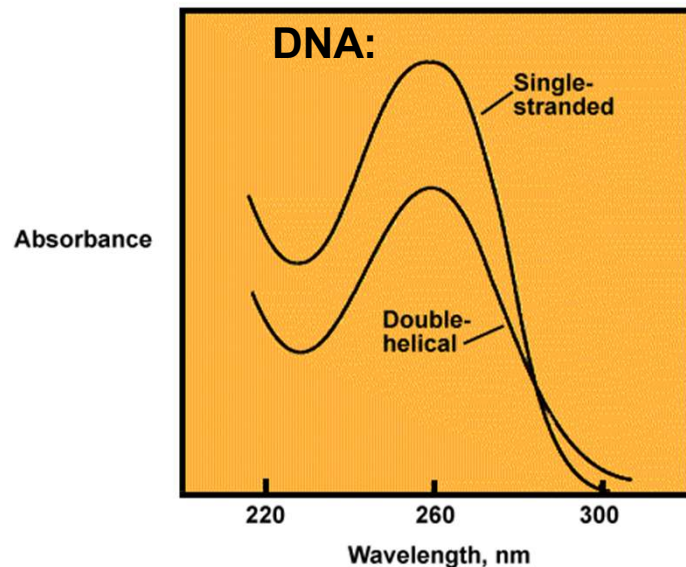
Zielmoleküle sind die **Chromophormoleküle**: DNA, Proteine, Melanin

Bestimmende Faktoren:

- Photonenenergie (Wellenlänge)

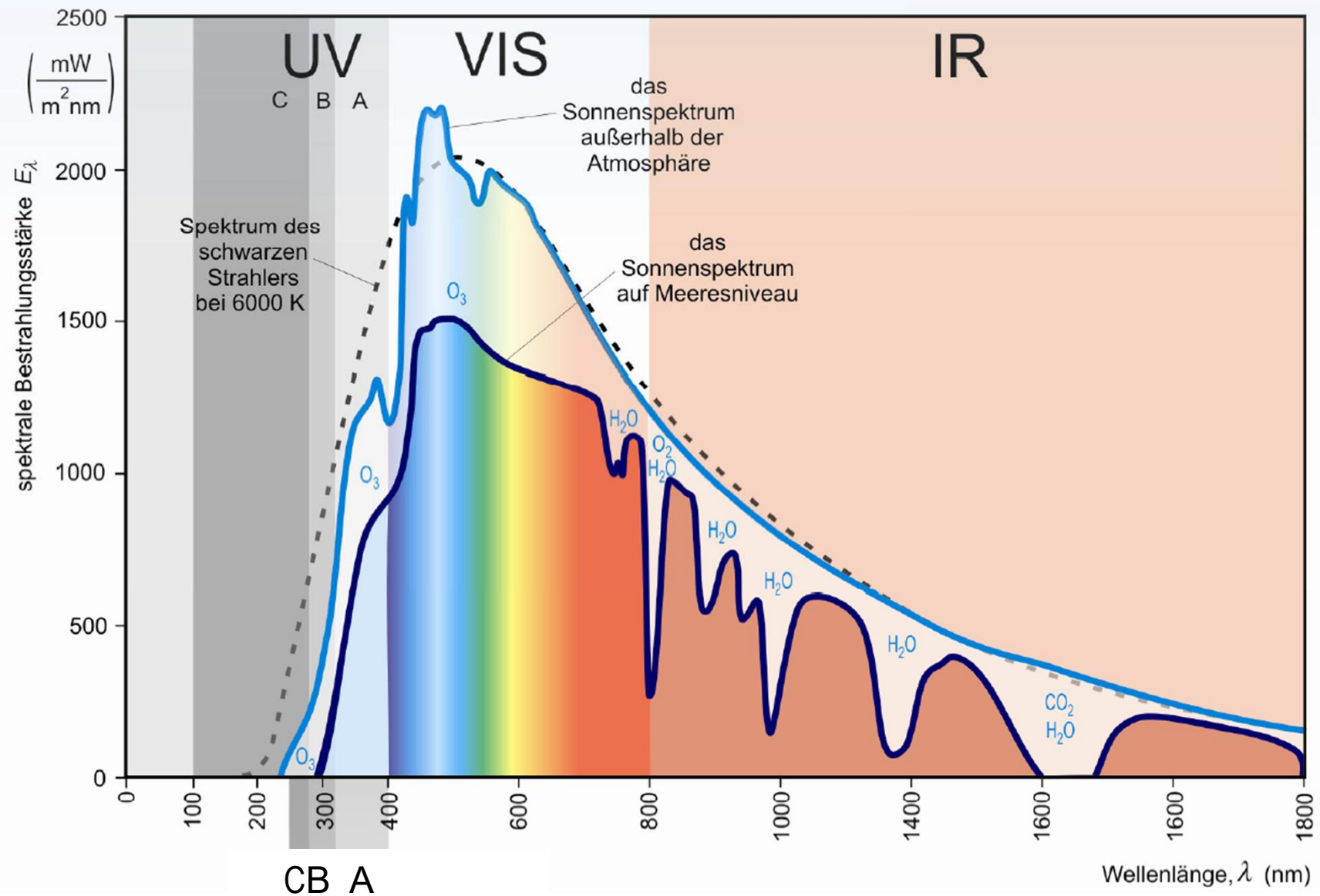


- Absorptionsspektrum

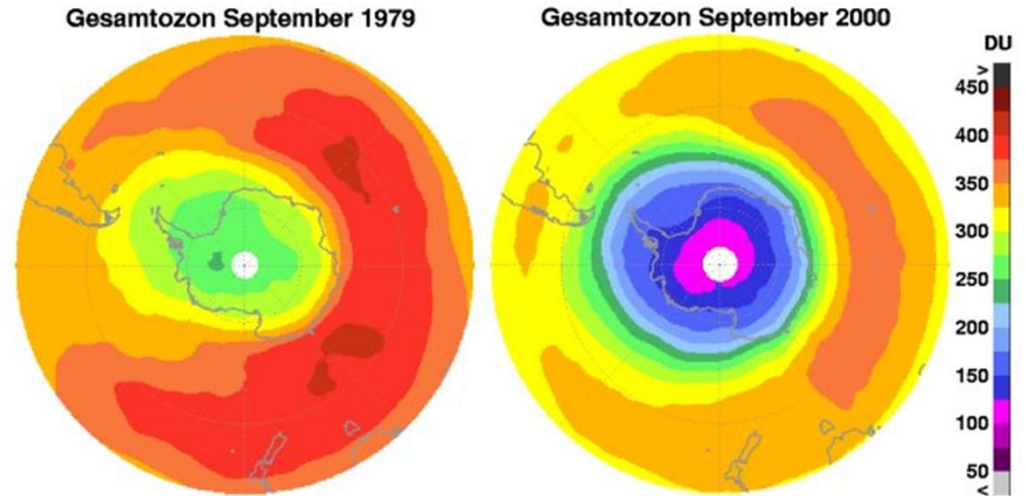
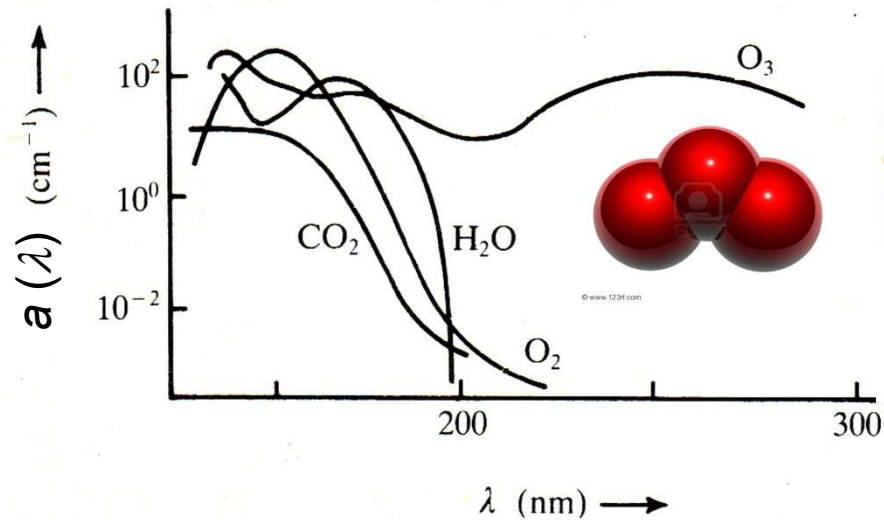


- Bestrahlungsstärke
- Expositionszeit

- Spektrum der Sonnenstrahlung



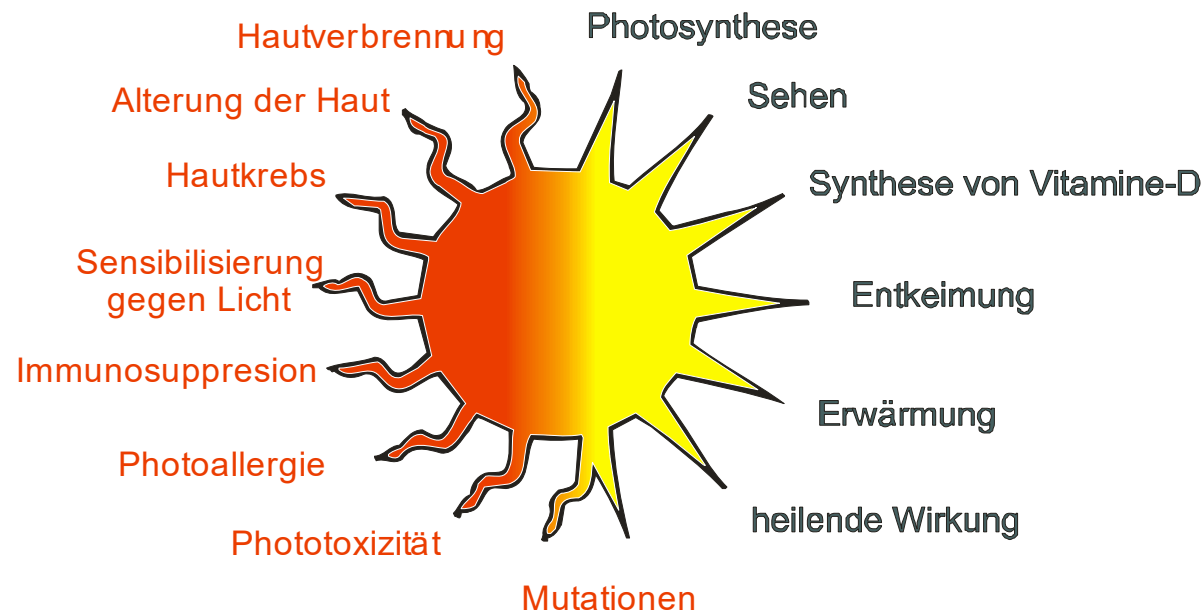
Rolle der Ozon(O₃)-Schicht:



Hole in the Ozone Layer?

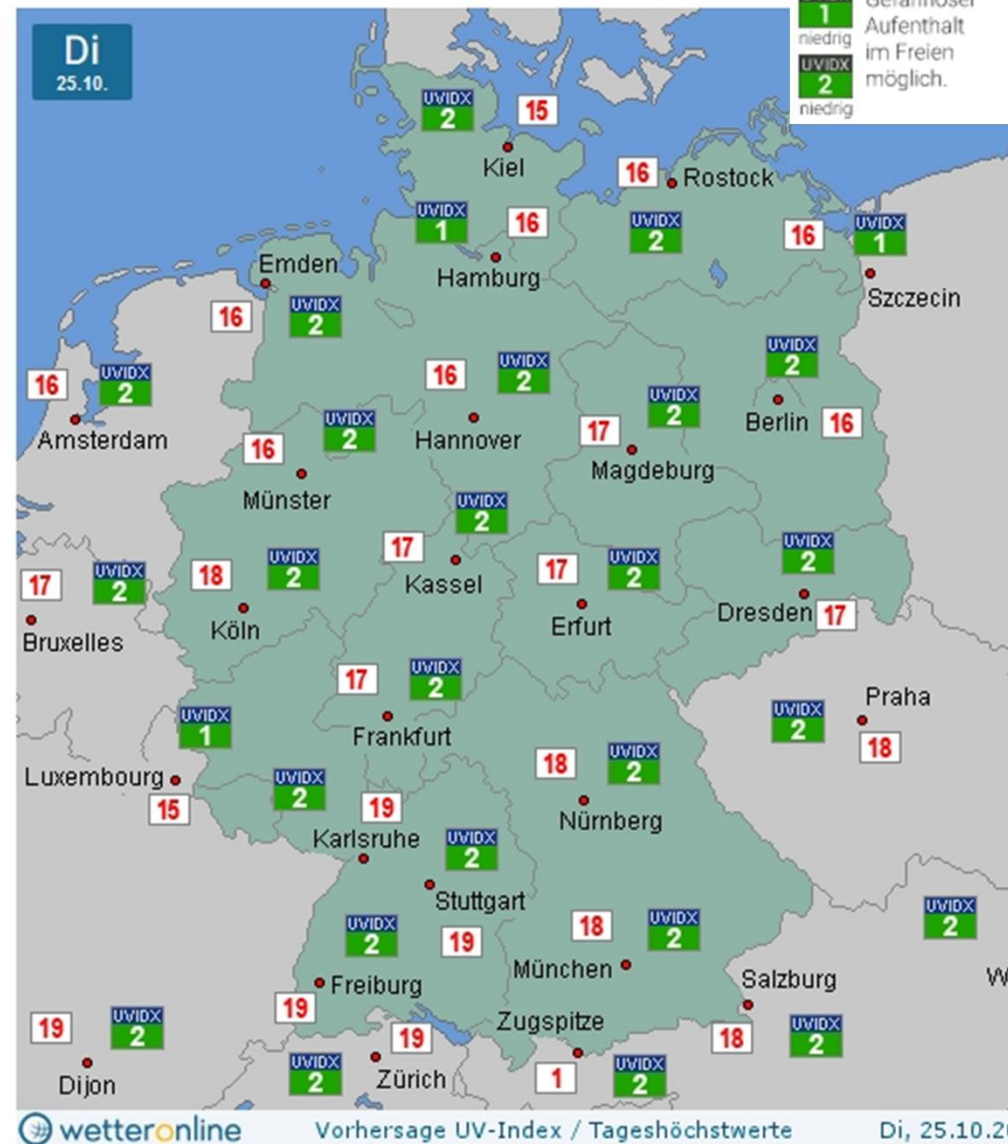


Janusgesicht der Sonne:

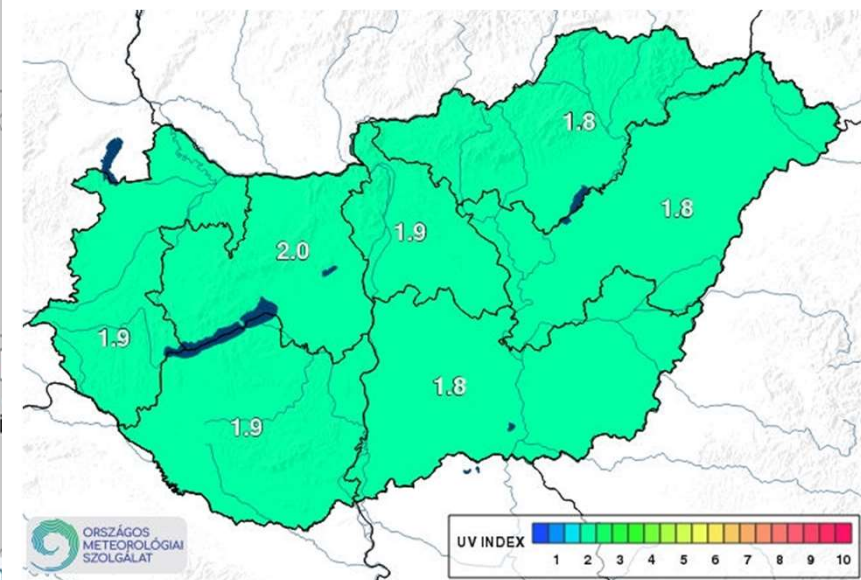


UV-Index Deutschland

Vorhersage für Dienstag, 25.10.2022



UV-Index Ungarn



Hausaufgaben:

Aufgabensammlung

2.75b-78 und 81

9.3-6

