

Strahlungsarten. Temperaturstrahlung, Lumineszenz.

Dr. Balázs Kiss

Myofilament-Mechanobiophysik Forschungsgruppe,
Institut für Biophysik und Strahlenbiologie.

30. September 2026.



SEMMELWEIS
UNIVERSITY 1769

Energietransport: physikalische Größen

Strahlungsleistung (P):

$$P = \frac{\Delta E}{\Delta t} \quad (\text{W})$$



Strahlenquelle



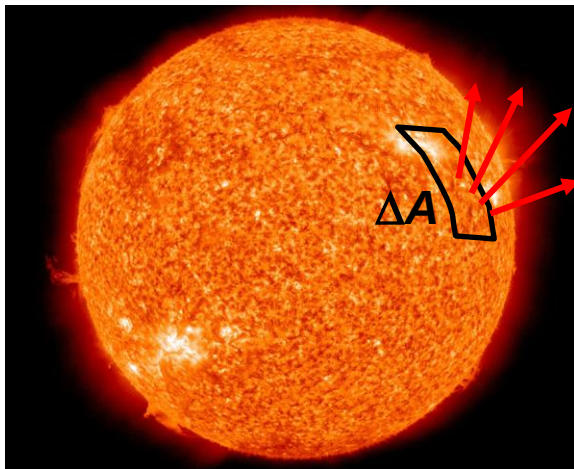
Strahlung



bestrahlter Körper

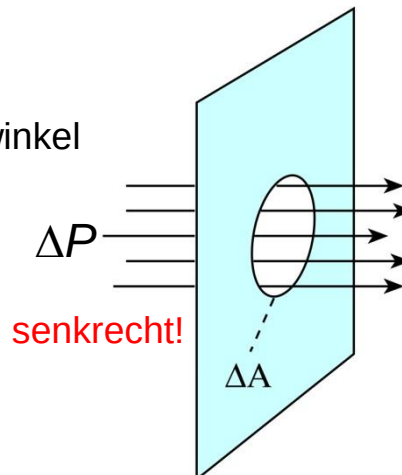
Spezifische Ausstrahlung (M):

$$M = \frac{\Delta P}{\Delta A} \quad \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right)$$



Strahlungsintensität (J):

$$J = \frac{\Delta P}{\Delta A} \quad \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right)$$



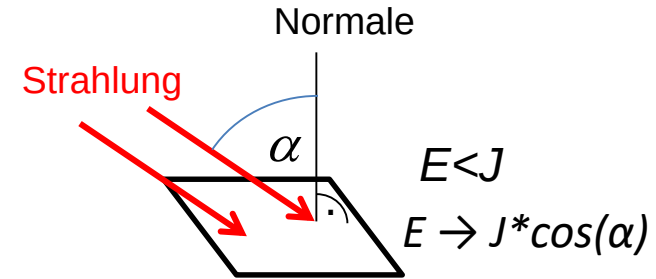
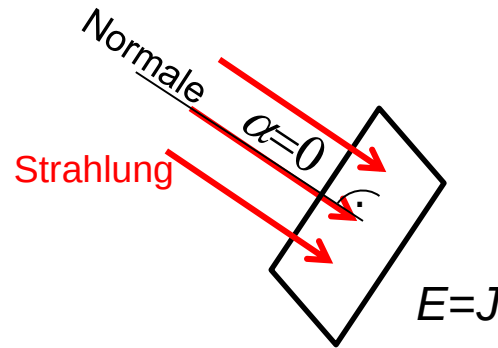
Bestrahlungsstärke (E):

$$E = \frac{\Delta P}{\Delta A} \quad \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right)$$

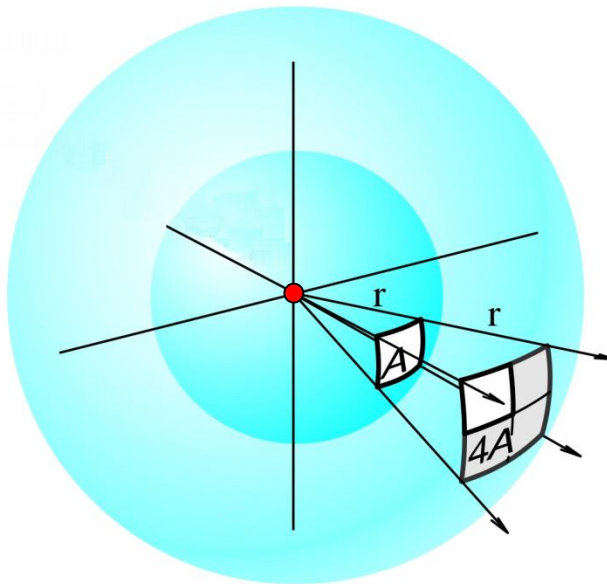


Geometrie der Strahlungsquellen

- Zusammenhang zwischen J und E :

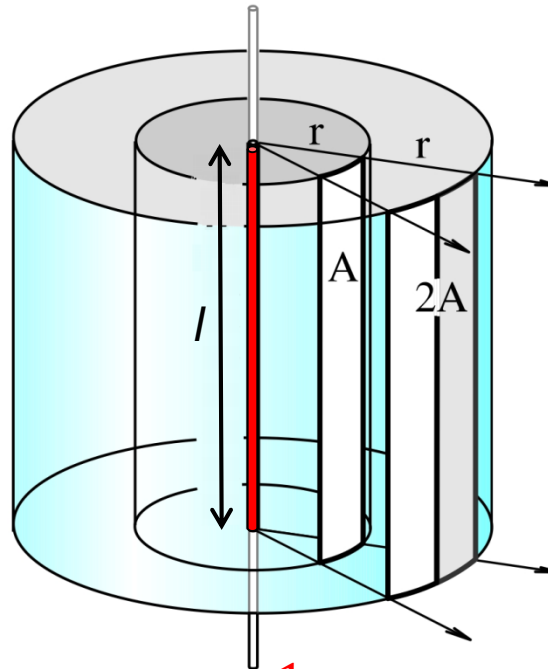


Punktstrahler



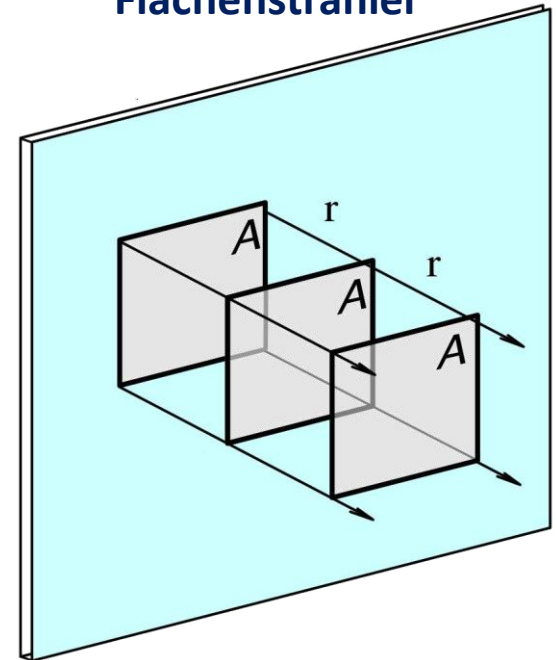
$$J \sim \frac{1}{r^2}$$

Linienstrahler



$$J \sim \frac{1}{r}$$

Flächenstrahler

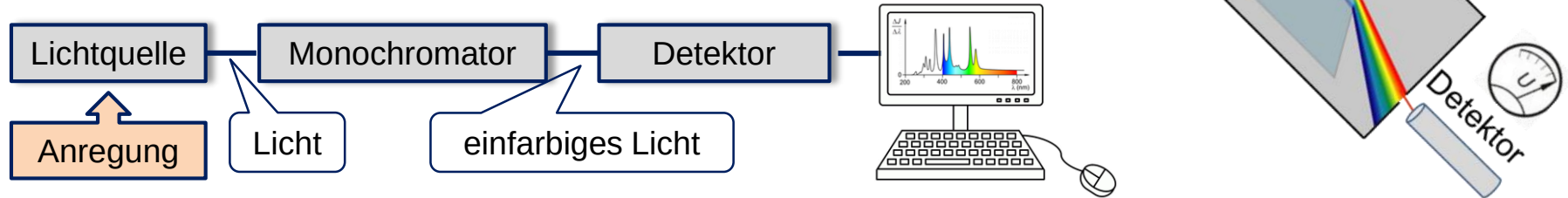


J unabhängig von r

Untersuchung der Lichtemission

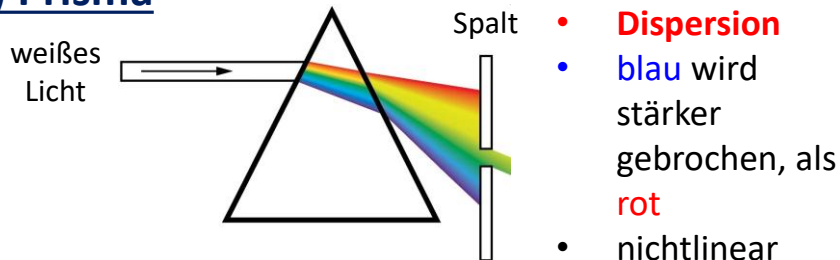
Emissionsspektrometrie:

Analyse des ausgestrahlten (emittierten) Lichts

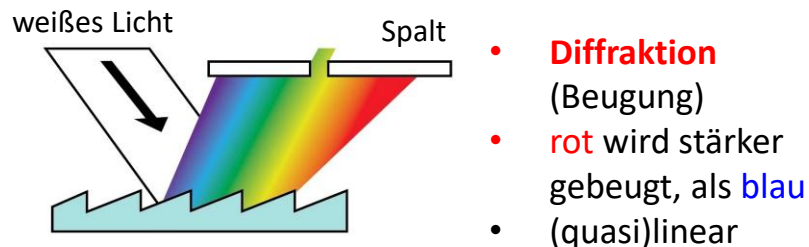


Monochromator:

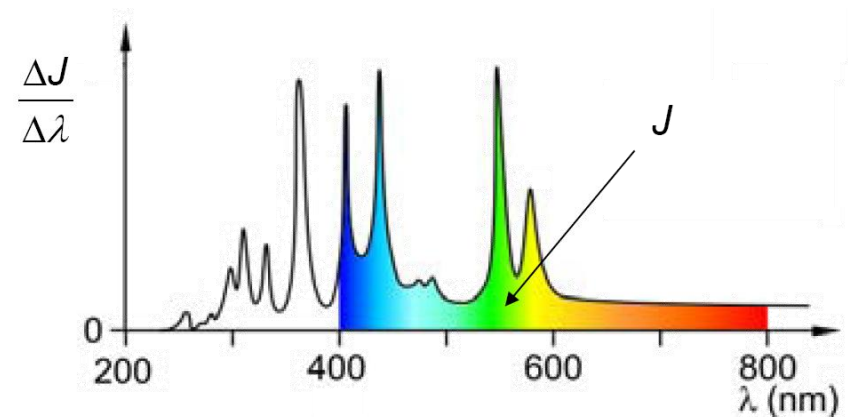
a) Prisma



b) Reflexionsgitter



Emissionsspektrum:



Spektrumtypen:

- Linienspektrum
- Bandenspektrum
- kontinuierliches Spektrum

Temperaturstrahlung

Qualitative Beschreibung:

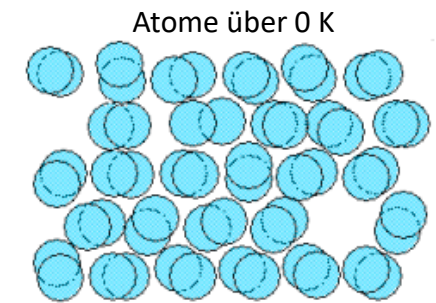
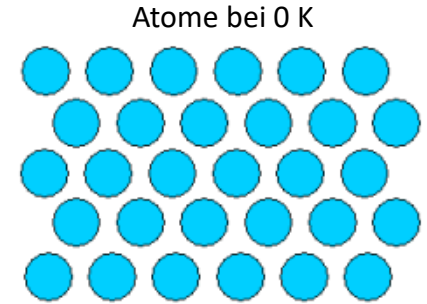
- jeder Körper emittiert Temperaturstrahlung, wenn $T_{\text{Körper}} > 0 \text{ K}$
- **Auf Kosten der Bewegungsenergie der Teilchen!**
- elektromagnetische Strahlung
- Spektrum:
 - stark temperaturabhängig
 - **kontinuierlich**

Größen zur quantitativen Beschreibung:

- spezifische Ausstrahlung (M):
$$M = \frac{\Delta P}{\Delta A} \quad \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right)$$
- **spektrale spezifische Ausstrahlung (M_λ):**
$$M_\lambda = \frac{\Delta M}{\Delta \lambda} = \frac{\Delta P}{\Delta A \cdot \Delta \lambda} \quad \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{nm}} \right)$$
- **spektraler Absorptionskoeffizient (α):**
$$\alpha = \frac{J_{\text{absorbiert}}(\lambda)}{J_{\text{einfallend}}(\lambda)} \quad (0 \leq \alpha \leq 1)$$

3 Gesetze:

- **kirchhoffsches Gesetz**
- **Stefan-Boltzmann Gesetz**
- **wiensches Verschiebungsgesetz**

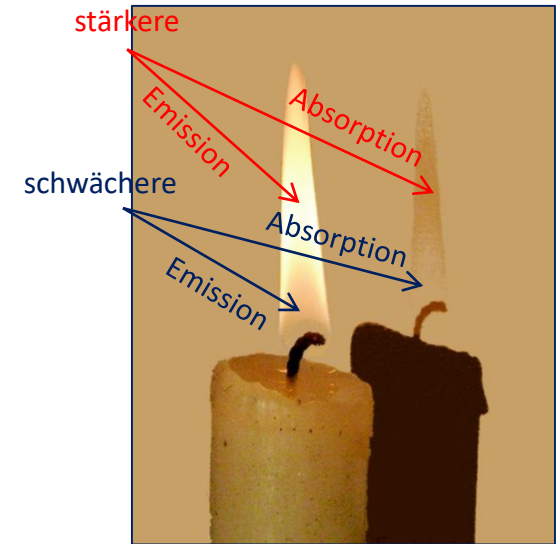


schwingende Dipole → EM-Strahlung

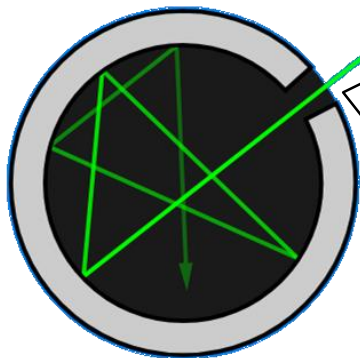


Die Gesetze der Temperaturstrahlung

Kirchhoffsches Gesetz:
$$\frac{M_{\lambda, \text{Körper1}}}{\alpha_{\text{Körper1}}} = \frac{M_{\lambda, \text{Körper2}}}{\alpha_{\text{Körper2}}} = \text{konstant}$$



- **absolut schwarzer Körper: $\alpha = 1$**
- reeller Körper: $\alpha < 1$



Fällt Strahlung durch die Öffnung, wird es durch wiederholte diffuse Reflexionen geschwächt. Die hier austretende Strahlung kann also nur vom Körper selbst kommen und enthält keinen reflektierten Anteil mehr.

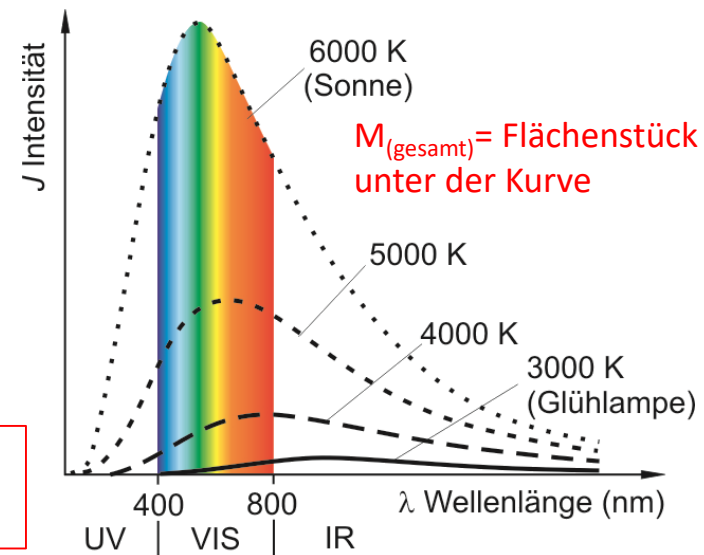
Stefan-Boltzmann Gesetz

$$M = \sigma T^4$$

$$\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$$

wiensches Verschiebungsgesetz

$$\lambda_{\text{max}} \cdot T = \text{konst.} = 2880 \mu\text{m} \cdot \text{K}$$



Anwendungen der Temperaturstrahlung

- IR-Diagnostik:**

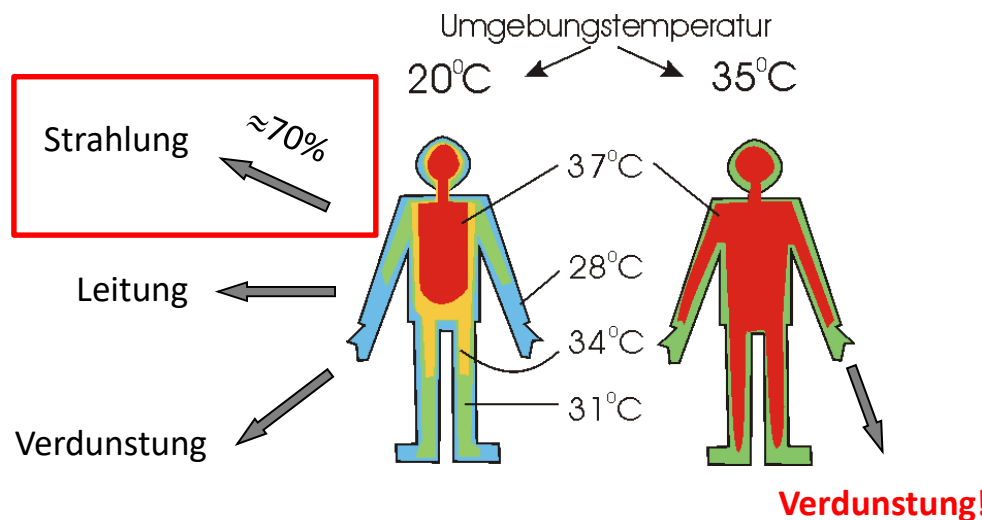


- IR-Therapie:**



- Wärmehaushalt des Körpers:**

Problem: Stoffwechsel $\Rightarrow$ Wärmebildung $\Rightarrow$ Wärmeabgabe ist nötig zur konstanten Körpertemperatur



Aktivität	Wärmebildung (W)
In Ruhe	115
Langsames Spazieren	260
Radfahren (15 km/h)	420
Treppensteigen (2/s)	700
Laufen (15 km/h)	1150

$$\Delta E = \sigma \cdot (T_{\text{Körper}}^4 - T_{\text{Umgebung}}^4) \cdot A \cdot t$$

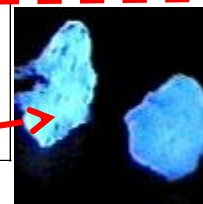
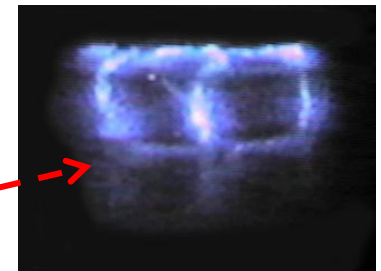
Lumineszenz

Qualitative Beschreibung:

- **Überschussstrahlung über die Temperaturstrahlung**
- **aus Elektronenübergängen! (1. Anregung → 2. Relaxation)**
- nur schwach temperaturabhängig
- **Linien-/Bandenspektrum**

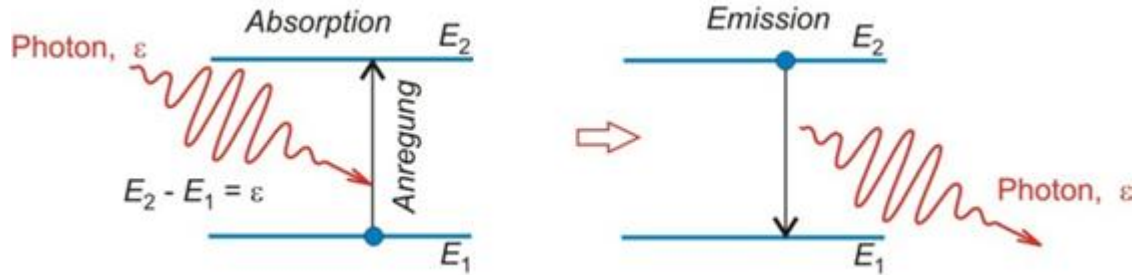
Fluoreszenz & Phosphoreszenz

Art der Anregung	Name	Beispiel
Licht	Photolumin.	Chinin-sulphat, Phosphor, ...
Röntgenstr.	Röntgenolumin.	NaI (Tl)
radioaktive Str.	Radiolumin.	NaI (Tl)
elektrisches Feld	Elektrolumin.	Quecksilberlampen
mechanische Wirkung	Tribolumin.	Würfelzucker
chemische Reaktion	Chemolumin. (Biolumin.)	Glühwürmchen
Wärme	Flammenphotometrie, Thermolumin.	Na ⁺ , K ⁺ Ionen CaSO ₄ (Dy)

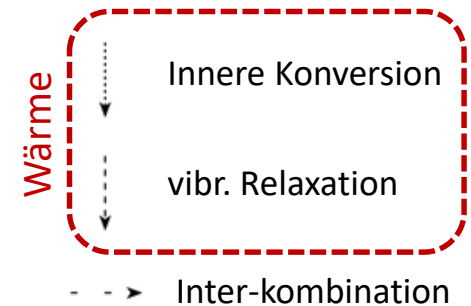
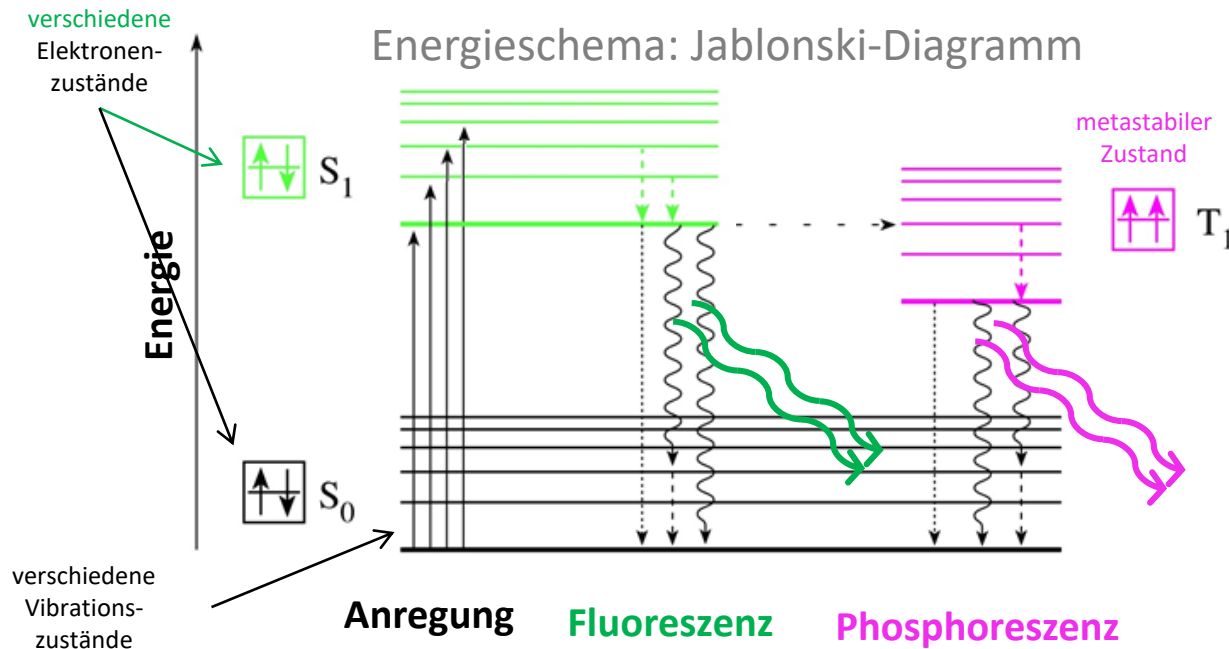


Mechanismus von Lumineszenz

Lumineszenz von Atomen: **Linienpektrum!** (bei Hochdruck: Bandenspektrum)



Lumineszenz von Molekülen: $E_{\text{Molekül}} = E_{\text{Elektron}} + E_{\text{Vibration}} + E_{\text{Rotation}}$



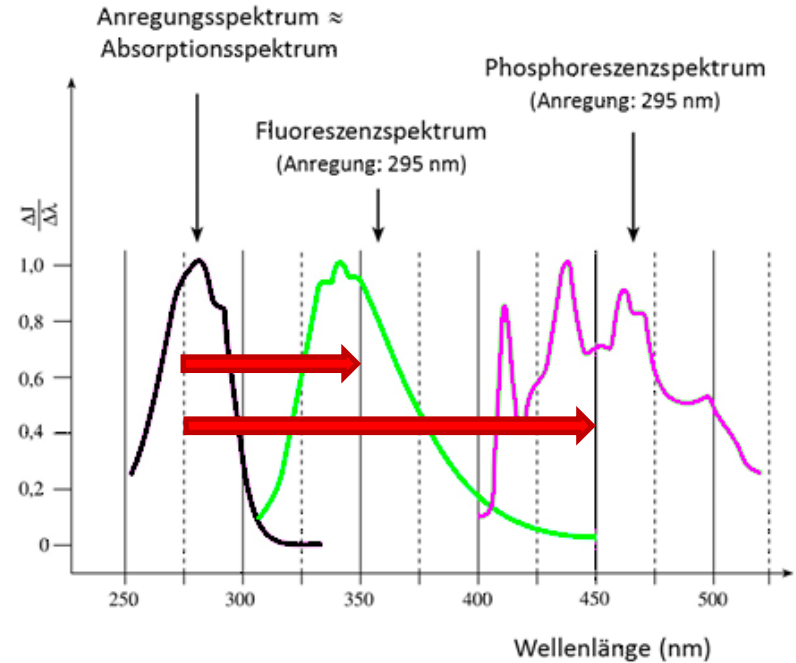
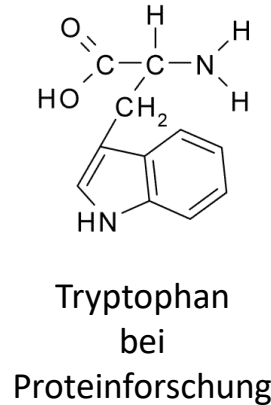
Bandenspektrum!

Die Gesetze der Lumineszenz

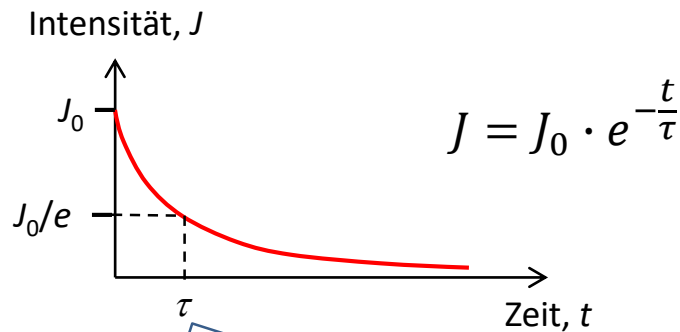
- Stokes-Verschiebung:**

$$\epsilon_{\text{phos}} < \epsilon_{\text{fluo}} < \epsilon_{\text{abs}}$$

$$\lambda_{\text{abs}} < \lambda_{\text{fluo}} < \lambda_{\text{phos}}$$



- exponentielles Abklingen der Intensität:**



Lebensdauer
(Fluoreszenzlebensdauer oder
Phosphoreszenzlebensdauer)

$$\tau_{\text{fluo}} < \tau_{\text{phos}}$$

$\approx \text{ns}$

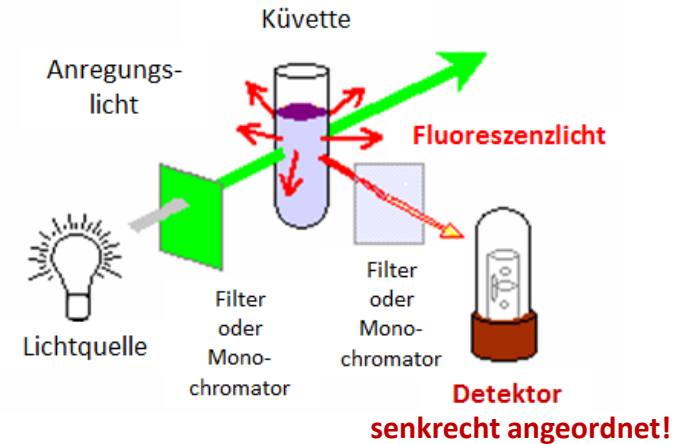
$\approx \mu\text{s} - \text{s}$

Anwendungen der Lumineszenz

- Fluoreszenzspektroskopie, Fluorimeter**

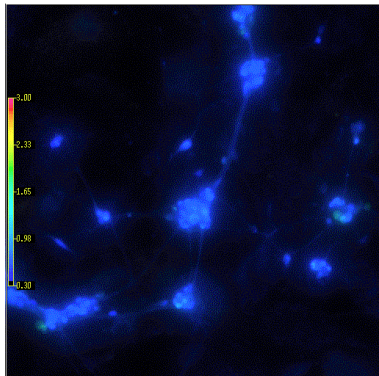
Intensität, Spektrum, Lebensdauer des Lumineszenzlichtes sind stark abhängig von der **Konformation der Moleküle**.

Detektor: senkrecht zur Richtung des Anregungslichts.



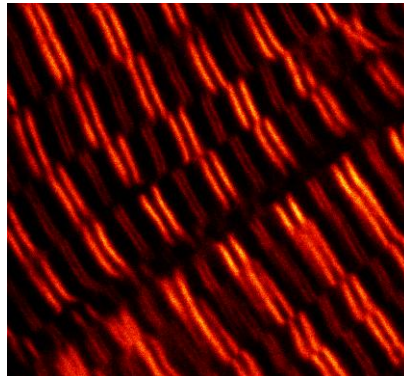
- Sensoren**

Ca-Wellen in Neuronen



- Mikroskopie**

Herzmuskel (Human)



- Angiographie**

Blutgefäße auf Retina



- Lampen**

Leuchtdiode (LED)



Germizidlampe (UV-C)



- Strahlungsdetektoren:**

Röntgenstrahlung, Gammastrahlung,...



NaI (Tl)
Szintillationskristall

Hausaufgaben

Aufgabensammlung

2.1, 3-5, 7, 8, 40, 42, 45, 47, 49, 51, 53, 60, 61

10.4, 6

Feedback