

1

2

Lichtquellen

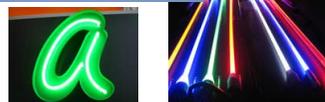
„warmes“ Licht
kontinuierliches Spektrum



Temperaturstrahler



„kaltes“ Licht
Linien- oder Bandenspektrum



Lumineszenzstrahler

3

2. Temperaturstrahlung

a) Qualitative Beschreibung:

- jeder Körper emittiert Temperaturstrahlung bei jeder Temperatur (Ausnahme: 0 K)
- elektromagnetische Strahlung (z.B. IR-Strahlung = „Wärmestrahlung“)
- stark temperaturabhängig (wachsende $T \Rightarrow$ zunehmende Intensität, spektrale Verschiebung)
- Auf Kosten der Bewegungsenergie der Teilchen!
- kontinuierliches Spektrum

b) Größen zur quantitativen Beschreibung:

- spezifische Ausstrahlung (M): $M = \frac{\Delta P}{\Delta A} \left(\frac{W}{m^2} \right)$
- spektrale spezifische Ausstrahlung (M_λ): $M_\lambda = \frac{\Delta M}{\Delta \lambda} = \frac{\Delta P}{\Delta A \cdot \Delta \lambda} \left(\frac{W}{m^2 \cdot nm} \right)$

$$\left(\Rightarrow M = \int M_\lambda d\lambda \text{ . d. h. das Flächenstück unter der } M_\lambda(\lambda) \text{ Kurve} \right)$$

- spektraler Absorptionskoeffizient (α): $\alpha = \frac{J_{\text{absorbiert}}(\lambda)}{J_{\text{einfallend}}(\lambda)} \quad (0 \leq \alpha \leq 1)$

4

c) Gesetze:

- kirchhoffsches Gesetz



stärkere Absorption und Emission



schwächere Absorption und Emission

Abstraktion: absolut schwarzer Körper/Strahler

5

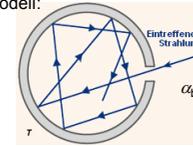
absolut schwarzer Körper/Strahler

$$\alpha = 1 (= \alpha_b)$$

(„black body“ = b)

Absorption:

Modell:

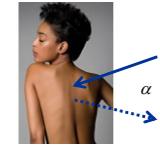


Emission:



ein reeller Körper

$$\alpha < 1$$



Vergleichen wir einen realen Körper mit dem absolut schwarzen Körper mithilfe des kirchhoffschen Gesetzes:

$$\frac{M_\lambda}{\alpha} = \frac{M_{\lambda,b}}{\alpha_b} = \frac{M_{\lambda,b}}{1} = M_{\lambda,b}$$

$$M_\lambda = \alpha \cdot M_{\lambda,b}$$

Wenn α des Körpers bekannt ist kann M_λ aus $M_{\lambda,b}$ berechnet werden.

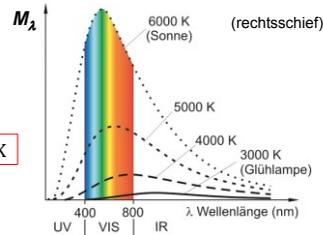
Wir beschäftigen uns nur mit den Gesetzen für den absolut schwarzen Strahler.

6

absolut schwarzer Körper/Strahler:

- kontinuierliches Spektrum:
- wiensches Verschiebungsgesetz:

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



- Stefan-Boltzmann-Gesetz:

$$M = \sigma T^4$$

$$\sigma = 5,7 \cdot 10^{-8} \frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot \text{K}^4}$$



7

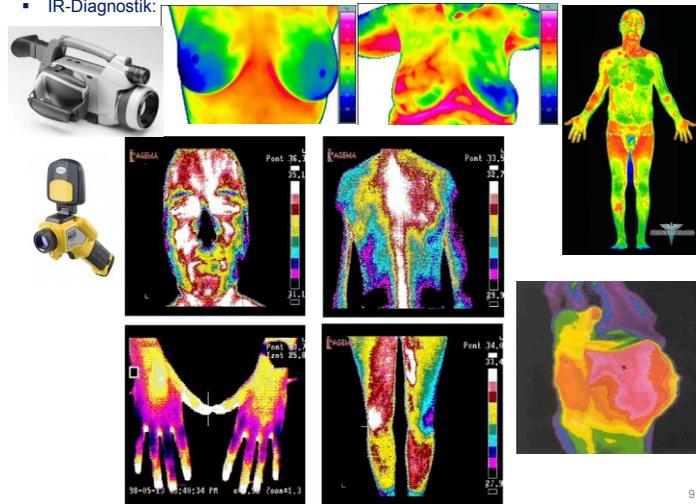
d) Anwendungen:

- IR-Therapie:

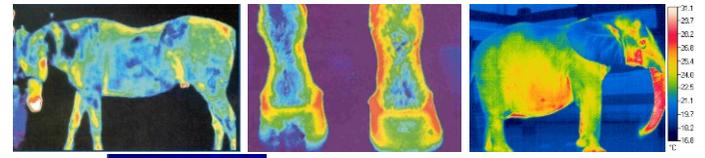


8

IR-Diagnostik:

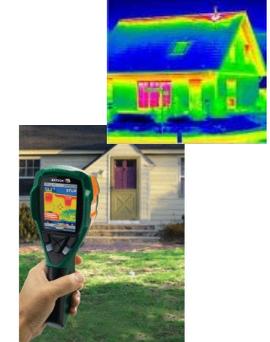


9

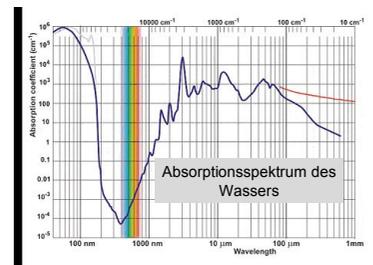


IR-Strahlung des Körpers:

- ❑ Mensch ≈ abs. schwarz (im IR-Bereich! Siehe Absorptionsspektrum des Wassers!)
- ❑ Grundprinzip der IR-Diagnostik:
J wird gemessen von verschiedenen Punkten des Körpers
→ M → T (Temperaturkarte)
- ❑ Einige technische Informationen:
 - IR-durchlässige Optik
 - spez. Halbleiterdetektoren (Abkühlung)
 - gute Auflösung (mm, 0,1°C, 30-40Hz)



10



Absorptionsspektrum des Wassers



Alternativmethode:
Plattenthermographie
(Kontaktthermographie)

thermotrope
cholesterische
Flüssigkristalle



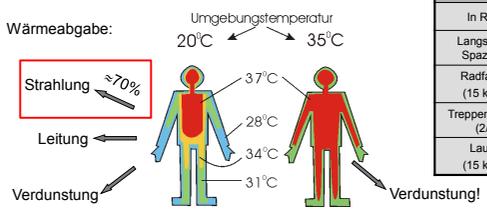
Grundprinzip: thermo-optische Erscheinung

11

Wärmehaushalt des Körpers:

❑ Problem: Stoffwechsel ⇒ Wärmebildung ⇒ Wärmeabgabe ist nötig zur konstanten Körpertemperatur

❑ Wärmeabgabe:



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

❑ Anwendung des Stefan-Boltzmann-Gesetzes:

Netto-Abstrahlung (ΔE):

12

3. Lumineszenz

a) Qualitative Beschreibung:

- Überschussstrahlung über die Temperaturstrahlung
- nur schwach temperaturabhängig (mit Ausnahme der Thermolumineszenz)
- Linien/Bandspektrum
- Aus Elektronenübergängen! (Dazu müssen die Elektronen zuerst angeregt werden.)

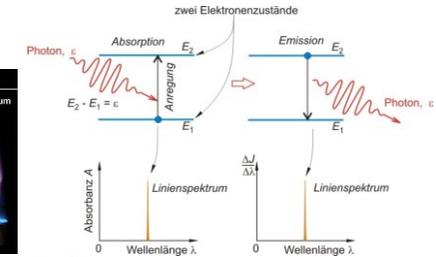
Fluoreszenz & Phosphoreszenz

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

13

b) Mechanismus:

Flammenfarben der Alkalimetalle:



weiße Lichtquelle

Wasserstoffgas bei Raumtemperatur

Linienabsorptionsspektrum

Linienemissionsspektrum

kontinuierl. Spektrum

Wavelengths in nm: 800, 700, 600, 500, 400

Linienemissionsspektren der Alkali- und Erdalkalimetalle:

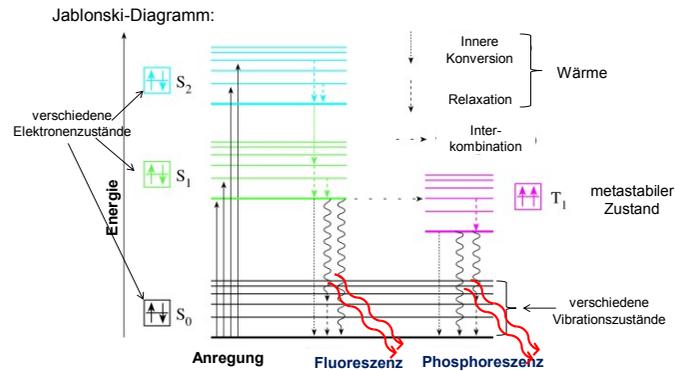
- Lithium
- Natrium
- Kalium
- Calcium
- Strontium
- Barium

Experimente. 04

14

▪ Lumineszenz von Molekülen:

$$E_{\text{Molekül}} = E_{\text{Elektron}} + E_{\text{Vibration}} (+ E_{\text{Rotation}})$$



15

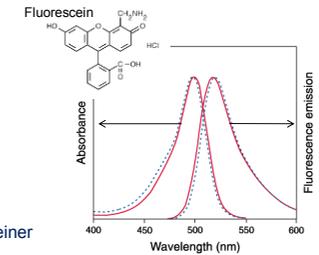
c) Gesetze:

▪ Linien/Bandspektrum

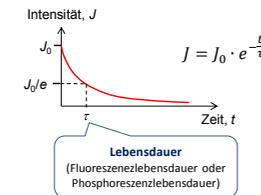
▪ Stokes-Verschiebung:

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

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



▪ exponentielles Abklingen in der Zeit nach einer kurzzeitigen impulsförmigen Anregung:



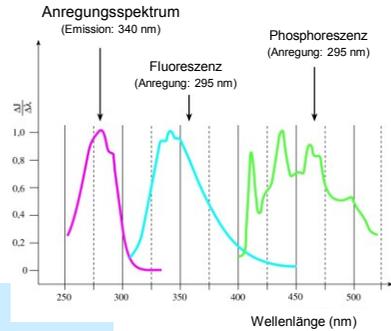
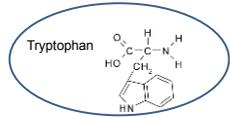
$$\tau_{\text{flu}} < \tau_{\text{phos}}$$

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

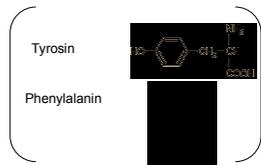
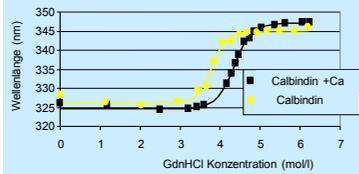
16

d) Anwendungen:

- Fluoreszenzspektroskopie
z.B. Proteinforschung

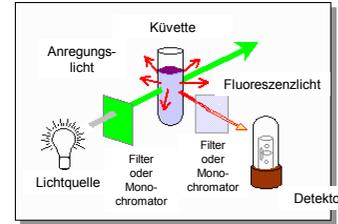


Beispiel:

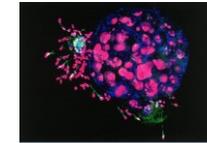
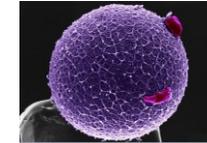
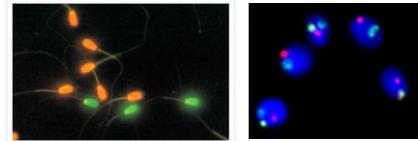


17

Aufbau eines Fluorimeters



Fluoreszenzmikroskopie



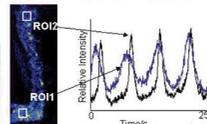
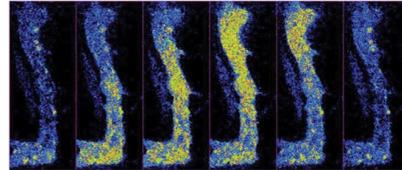
18

Sensoren

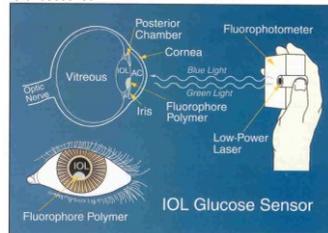
Sauerstoffsensoren



Calciumsensor => Calciumwellen



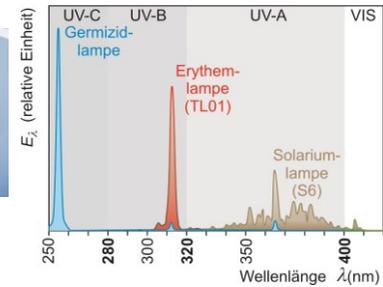
Glukosesensoren



19

Lampen

Germizidlampen — Niederdruckquecksilberdampf lampen

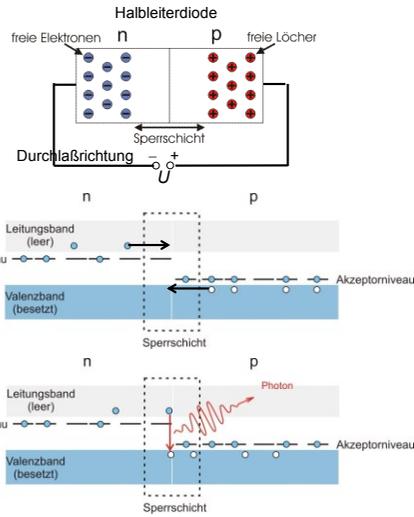
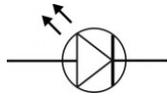


Blaulichtherapie von Neugeborengelbsucht



20

Leuchtdiode
(light emitting diode — LED)

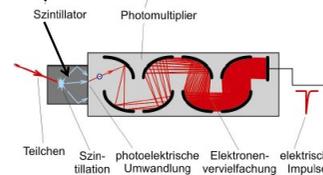
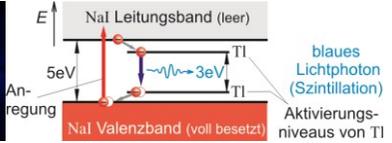
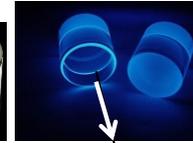


21

Strahlungsdetektoren

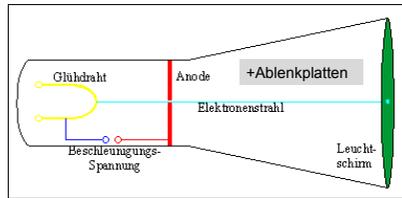
(Röntgenstrahlung, radioaktive Strahlungen, ...)

z. B. NaI(Tl)



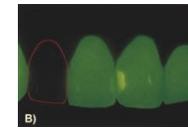
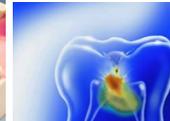
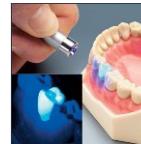
22

Monitore

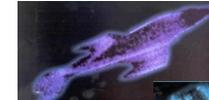


23

Zahnheilkunde



Biolumineszenz



Lasert (s. später)

24

Hausaufgaben: ■ Aufgabensammlung
2.47, 49, 51, 53, 56, 58, 60, 61
10.4, 6

