

Medizinische Biophysik 6. Vorlesung

Licht in der Medizin.

Temperaturstrahlung, Lumineszenz

V. Lichtemission

2. Temperaturstrahlung

- a) Qualitative Beschreibung
- b) Größen zur quantitativen Beschreibung
- c) Gesetze: Wiensches Gesetz, Stefan-Boltzmann-Gesetz
- d) Anwendungen: IR-Therapie, IR-Diagnostik, Wärmehaushalt des Körpers

3. Lumineszenz

- a) Qualitative Beschreibung
- b) Mechanismus bei Atomen und Molekülen
- c) Gesetze: Stokes-Verschiebung, exponentielles Abklingen
- d) Anwendungen: Fluoreszenzspektroskopie, -mikroskopie, Sensoren, Lampen, Strahlungsdetektoren

1

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

3

Lichtquellen

„warmes“ Licht
kontinuierliches Spektrum



Temperaturstrahler

„kaltes“ Licht
Linien- oder Bandenspektrum

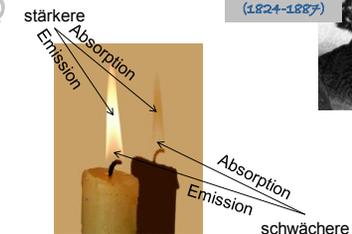


Lumineszenzstrahler

2

c) Gesetze:

- kirchhoffsches Gesetz

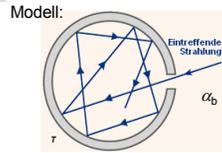


absolut schwarzer Körper/Strahler

4

absolut schwarzer Körper/Strahler
 $\alpha = 1 (= \alpha_b)$
 („black body“ – b)

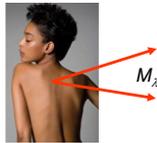
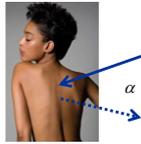
Absorption:



Emission:



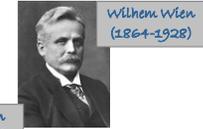
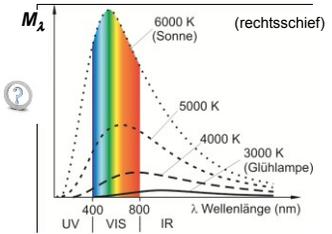
ein reeller Körper
 $\alpha < 1$



→ Gesetze und Rechnungen nur für den absolut schwarzen Strahler. 5

absolut schwarzer Körper/Strahler:

- kontinuierliches Spektrum:
- wienches Verschiebungsgesetz: ?
- Stefan-Boltzmann-Gesetz: ?



Jozef Stefan (1835-1893)



6

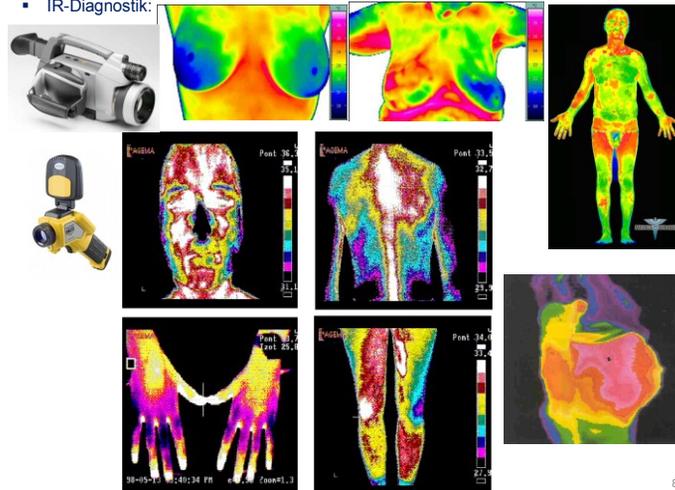
d) Anwendungen:

- IR-Therapie:



7

- IR-Diagnostik:

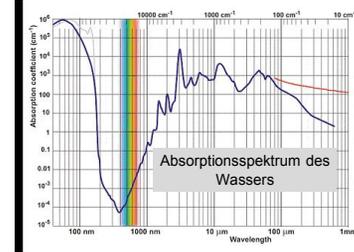


8

Mensch \approx abs. schwarz (im IR-Bereich! Siehe Absorptionsspektrum des Wassers!)
 IR-Strahlung des Körpers:
 Grundprinzip der IR-Diagnostik:
 Technik:

- IR-durchlässige Optik
- spez. Halbleiterdetektoren (Abkühlung)
- gute Auflösung (mm, 0,1°C, 30-40Hz)

9



Alternativmethode:
 Plattenthermographie
 (Kontaktthermographie)

thermotrope cholesterische Flüssigkristalle

Grundprinzip: thermo-optische Erscheinung

10

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

Wärmeabgabe:

Umgebungs-temperatur: 20°C \leftrightarrow 35°C
 Strahlung $\approx 70\%$
 Leitung
 Verdunstung
 Körpertemperatur: 37°C, 28°C, 34°C, 31°C
 Verdunstung!

Anwendung des Stefan-Boltzmann-Gesetzes:
 Netto-Abstrahlung (ΔE):

11

3. Lumineszenz

a) Qualitative Beschreibung:

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

Fluoreszenz & Phosphoreszenz

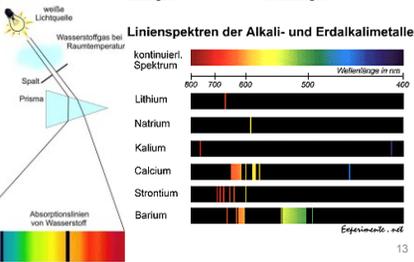
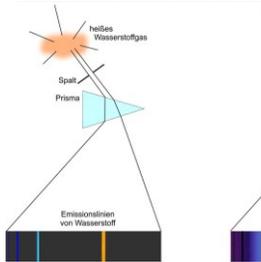
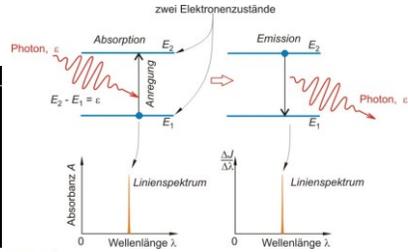
Art der Anregung	Name	Beispiel
Licht	Photolumin.	Chinin-sulphat, Phosphor, ...
Röntgenstr.	Röntgenlumin.	NaI (TI)
radioaktive Str.	Radiolumin.	NaI (TI)
elektrisches Feld	Elektrolumin.	Quecksilberlampen
mechanische Wirkung	Tribolumin.	Würfelzucker
chemische Reaktion	Chemolumin. (Biolumin.)	Glühwürmchen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

12

b) Mechanismus:

Lumineszenz von Atomen:

Flammenfarben der Alkalimetalle

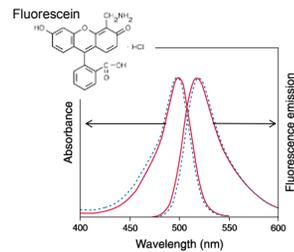


c) Gesetze:

Linien/Bandenspektrum

Stokes-Verschiebung:

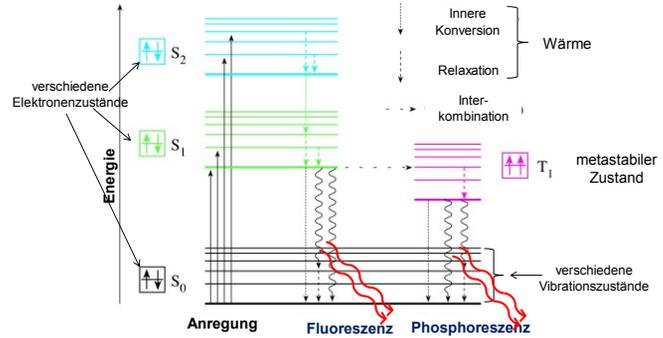
exponentielles Abklingen in der Zeit:



Lumineszenz von Molekülen:

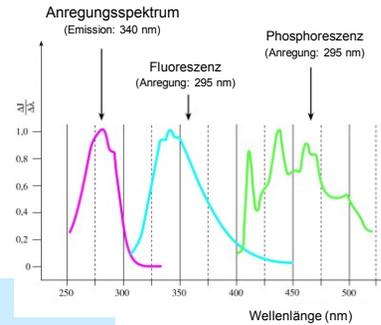
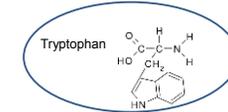
$$E_{\text{Molekül}} = E_{\text{Elektron}} + E_{\text{Vibration}} (+ E_{\text{Rotation}})$$

Jablonski-Diagramm:

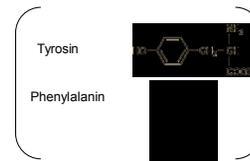
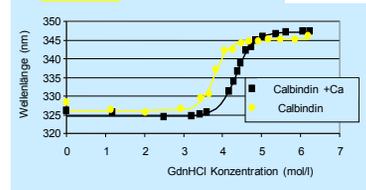


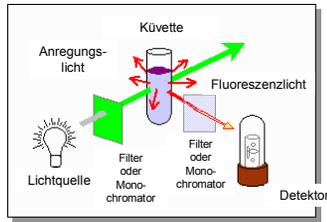
d) Anwendungen:

Fluoreszenzspektroskopie z.B. Proteinforschung

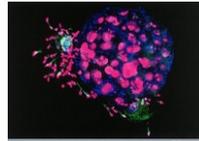
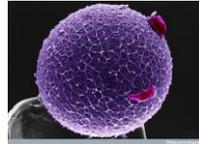
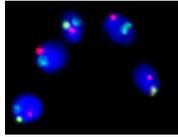
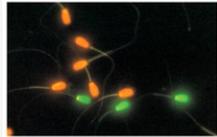


Beispiel:





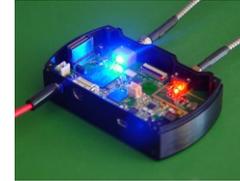
Fluoreszenzmikroskopie



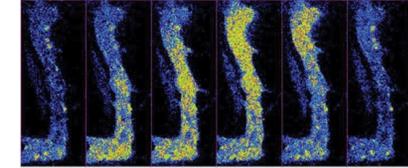
17

Sensoren

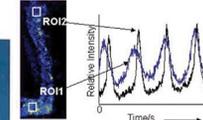
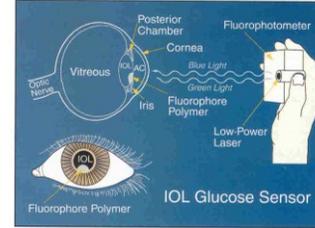
Sauerstoffsensoren



Calciumsensoren ⇒ Calciumwellen



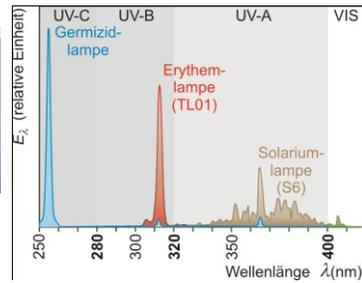
Glukosesensoren



18

Lampen

Germizidlampen — Niederdruckquecksilberdampf lampen

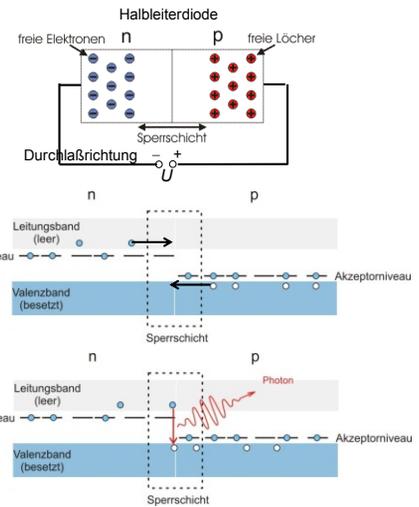
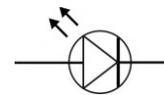


Blaulichtherapie von Neugeborengelbsucht



19

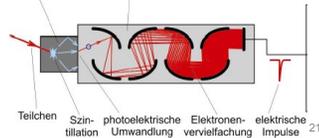
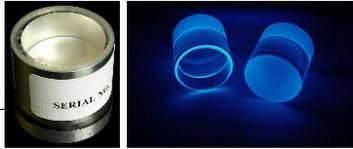
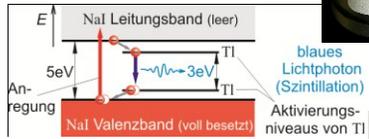
Leuchtdiode (light emitting diode — LED)



20

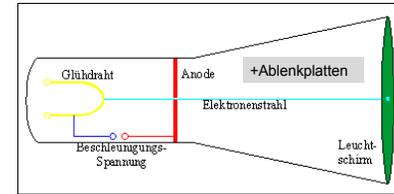
▪ Strahlungsdetektoren
(Röntgenstrahlung, radioaktive Strahlungen, ...)

z. B. NaI(Tl)



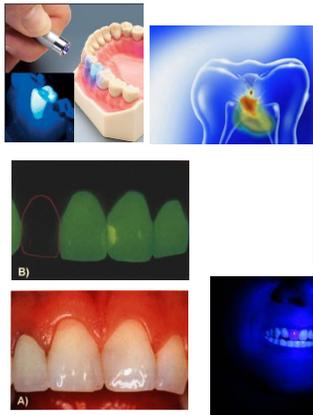
(s. noch Thermolumineszenzdosimeter)

▪ Monitore



22

▪ Zahnheilkunde



▪ Biolumineszenz



▪ Laser (s. später)

23

Hausaufgaben: ▪ Neue Aufgabensammlung 2. Teil
2.42-47, 49, 52, 54-56
10. 5, 7 und 8



24