

Medizinische Biophysik 6. Vorlesung

Licht in der Medizin.

Temperaturstrahlung, Lumineszenz

V. Lichtemission

2. Temperaturstrahlung

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

3. Lumineszenz

- Qualitative Beschreibung
- Mechanismus bei Atomen und Molekülen
- Gesetze: Stokes-Verschiebung, exponentielles Abklingen
- 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

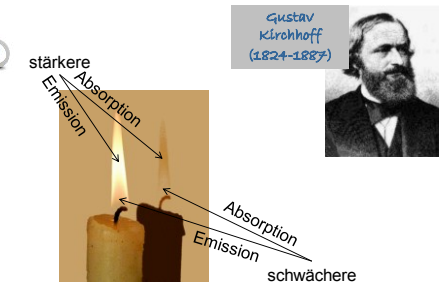


Lumineszenzstrahler

2

c) Gesetze:

- kirchhoffsches Gesetz ?



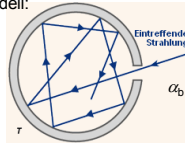
→ absolut schwarzer Körper/Strahler

4

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

Absorption:

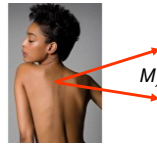
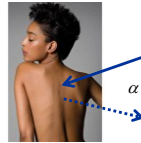
Modell:



Emission:



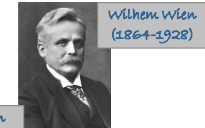
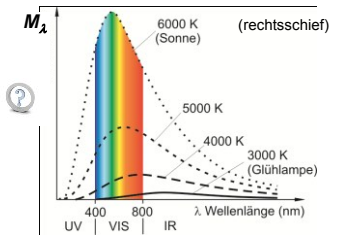
ein reeller Körper
 $\alpha < 1$



→ Gesetze und Rechnungen nur für den absolut schwarzen Strahler.

absolut schwarzer Körper/Strahler:

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



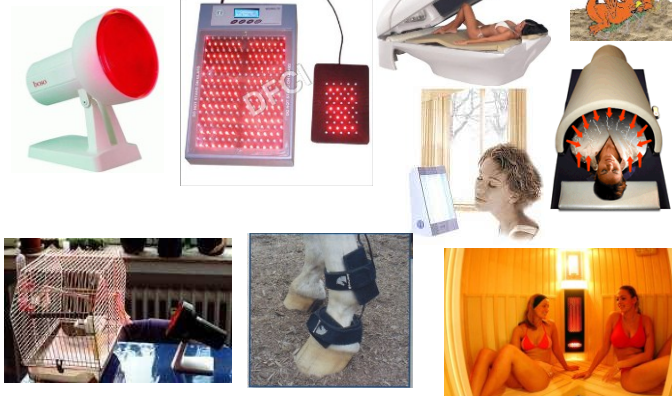
Jozef Stefan (1835-1893)



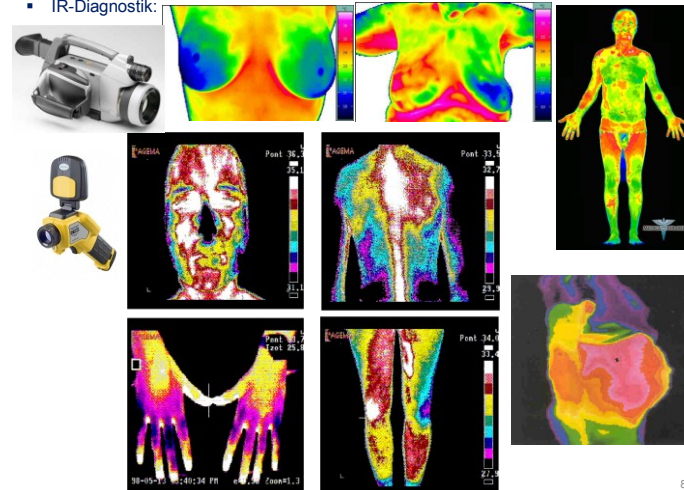
Ludwig Boltzmann (1844-1906)

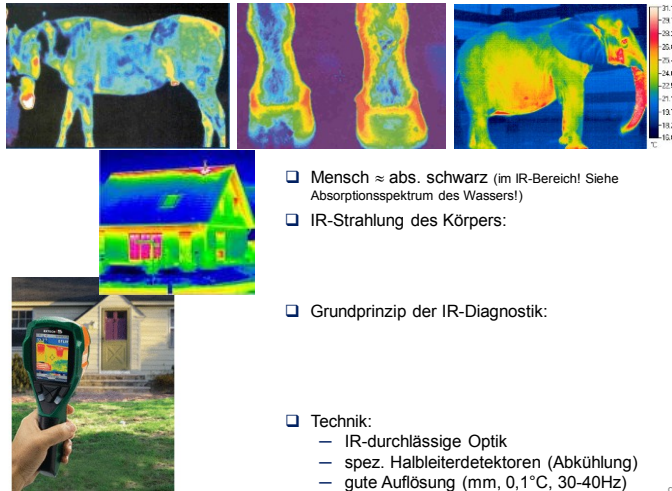
d) Anwendungen:

- IR-Therapie:

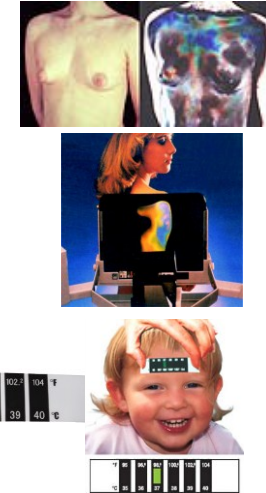
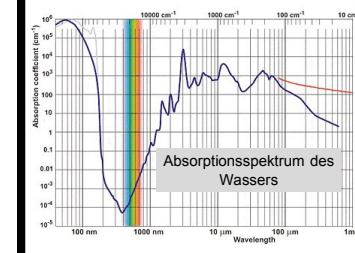


- IR-Diagnostik:





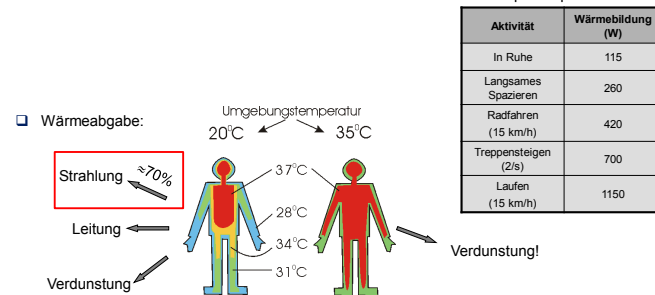
9



10

Wärmehaushalt des Körpers:

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



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

11

3. Lumineszenz

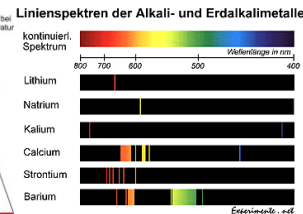
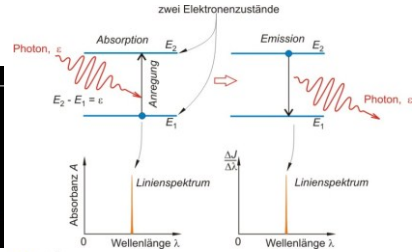
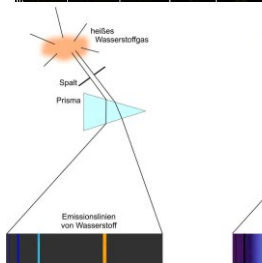
a) Qualitative Beschreibung:

- 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)

b) Mechanismus:

■ Lumineszenz von Atomen:

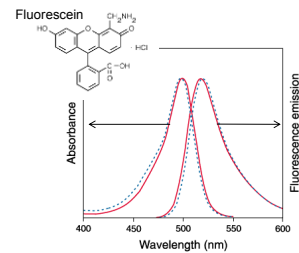


13

c) Gesetze:

■ Linien/Bandenspektrum

■ Stokes-Verschiebung:

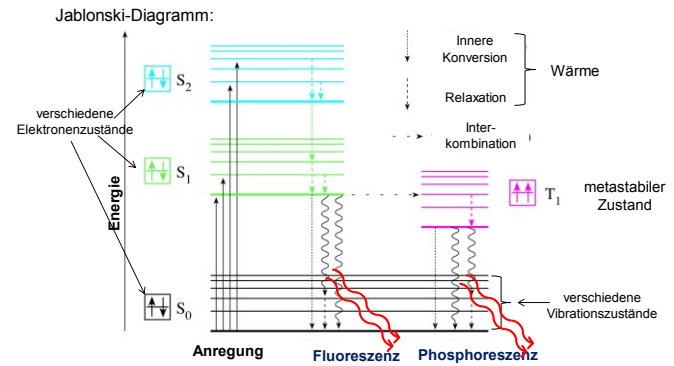


■ exponentielles Abklingen in der Zeit:

15

■ Lumineszenz von Molekülen:

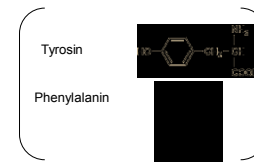
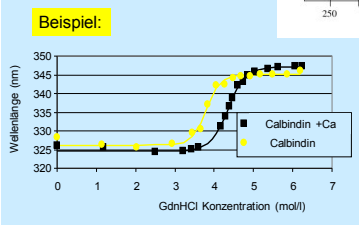
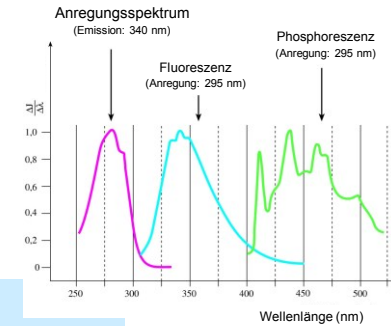
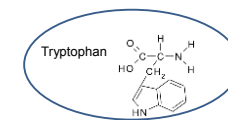
$$E_{\text{Molekül}} = E_{\text{Elektron}} + E_{\text{Vibration}} (+ E_{\text{Rotation}})$$



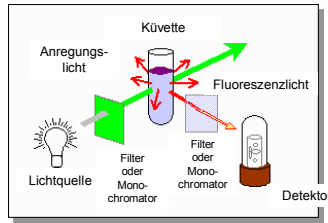
14

d) Anwendungen:

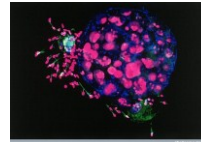
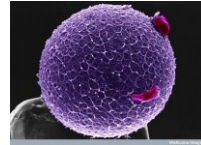
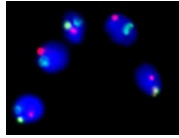
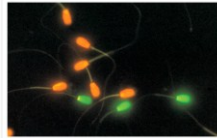
■ Fluoreszenzspektroskopie z.B. Proteinforschung



16



Fluoreszenzmikroskopie



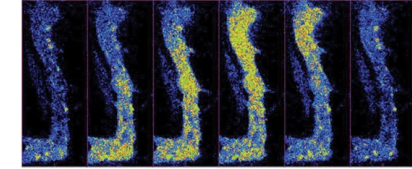
17

Sensoren

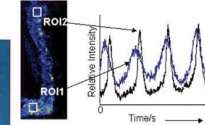
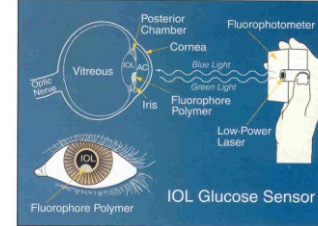
Sauerstoffsensor



Calciumsensor \Rightarrow Calciumwellen



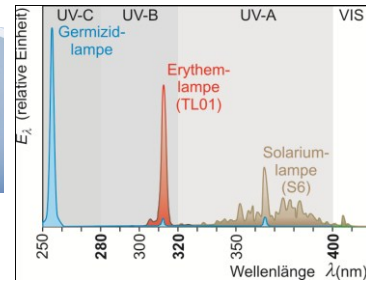
Glukosesensor



18

Lampen

Germizidlampen —
Niederdruckquecksilberdampflampen

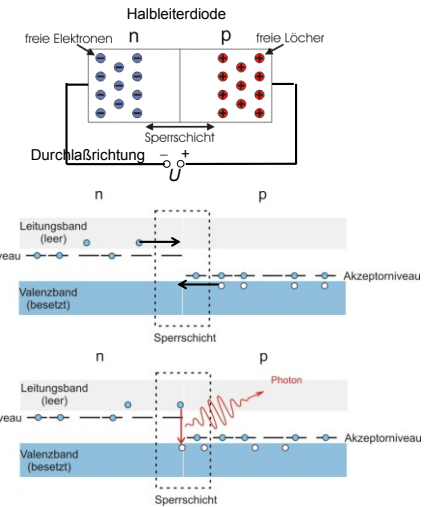
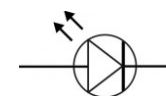


Blaulichttherapie von
Neugeborengelbsucht



19

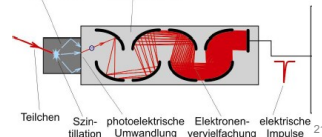
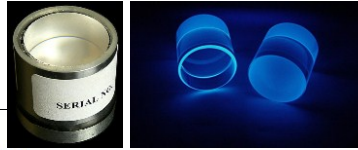
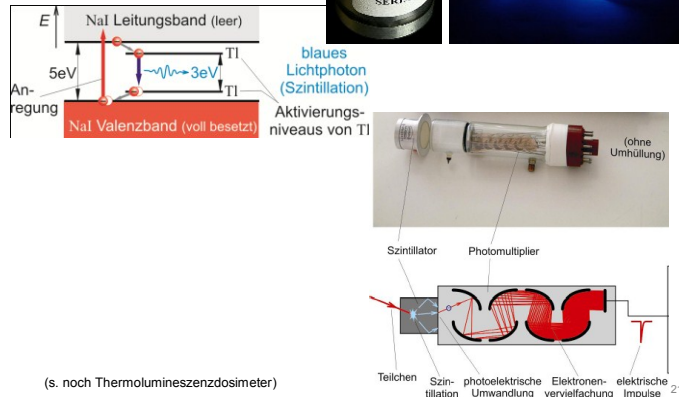
Leuchtdiode
(light emitting diode — LED)



20

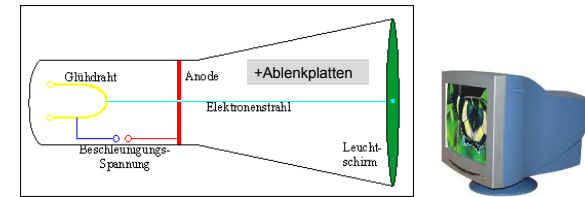
- Strahlungsdetektoren
(Röntgenstrahlung, radioaktive Strahlungen, ...)

z. B. NaI(Tl)



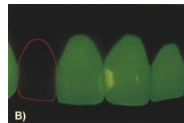
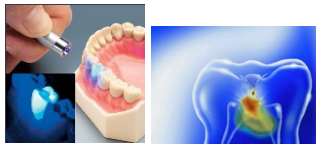
(s. noch Thermolumineszenzdosimeter)

- 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