

Medizinische Biophysik

7

Licht in der Medizin 2.



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)
- kontinuierliches Spektrum
- Auf Kosten der Bewegungsenergie der Teilchen!

b) Größen zur quantitativen Beschreibung:

- spezifische Ausstrahlung (M)
- spektrale spezifische Ausstrahlung (M_λ):
? (s. früheren Vorlesungsskript)

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

3

Lichtquellen

„warmes“ Licht
kontinuierliches Spektrum




Temperaturstrahler

„kaltes“ Licht
Linien- oder Bandenspektrum

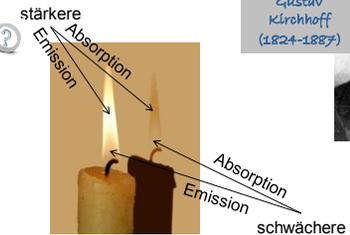


Lumineszenzstrahler

2

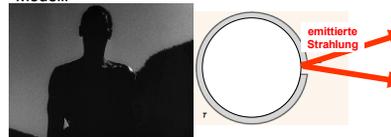
c) Gesetze:

- kirchhoffsches Gesetz ?



→ absolut schwarzer Körper/Strahler: ?

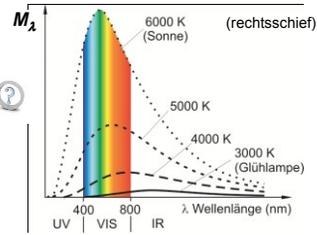
Modell:



4

absolut schwarzer Körper/Strahler:

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



5

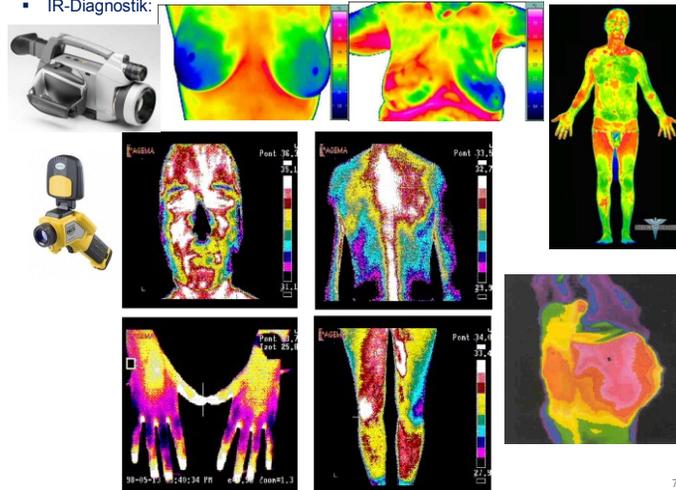
d) Anwendungen:

- IR-Therapie:

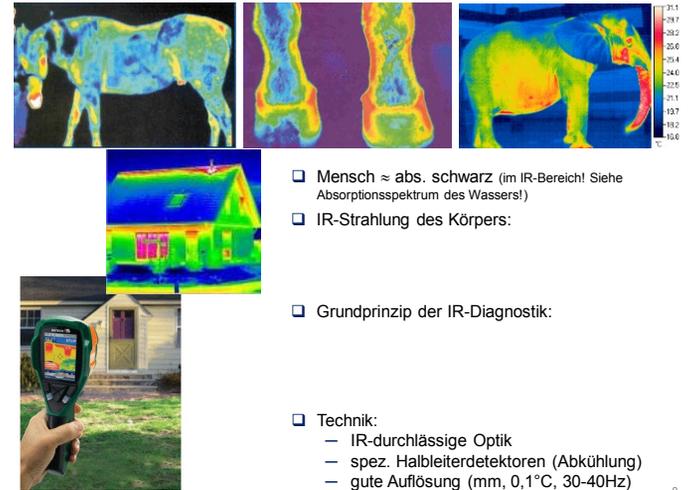


6

IR-Diagnostik:

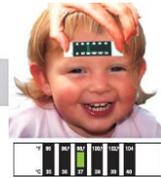
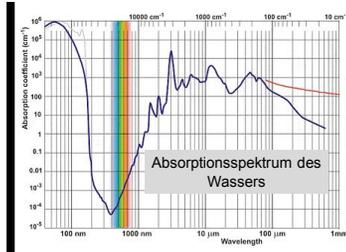


7



- ❑ Mensch ≈ 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)

8



Alternativmethode:
Plattenthermographie
(Kontaktthermographie)

thermotrope
cholesterische
Flüssigkristalle



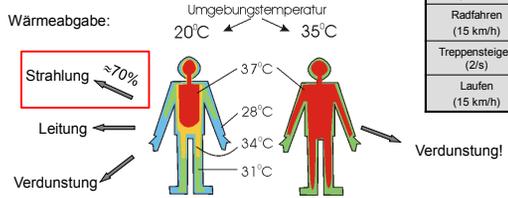
Grundprinzip: thermo-optische Erscheinung

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:



Anwendung des Stefan-Boltzmann-Gesetzes:

Netto-Abstrahlung (ΔE):

3. Lumineszenz

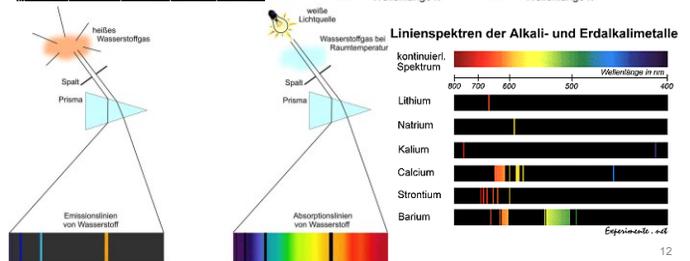
a) Qualitative Beschreibung:

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

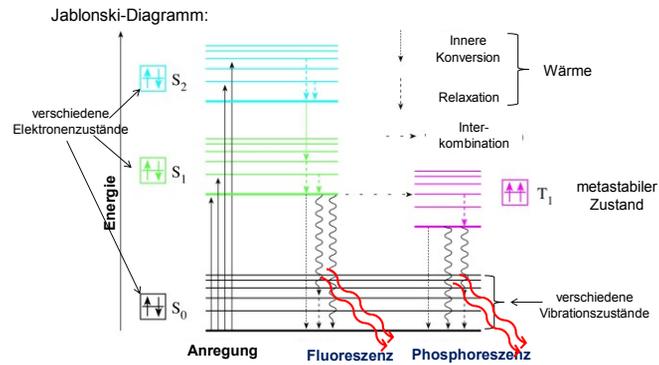
Art der Anregung	Name	Beispiel
Licht	Photolumin.	Chinin-sulphat, Phosphor, ...
Röntgenstr.	Röntgenlumin.	NaI (Tl)
radioaktive Str.	Radiolumin.	NaI (Tl)
elektrisches Feld	Elektrolumin.	Quecksilberlampen
mechanische Wirkung	Tribolumin.	Würfelzucker
chemische Reaktion	Chemolumin. (Biolumin.)	Glühwürmchen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

b) Mechanismus:

Lumineszenz von Atomen:



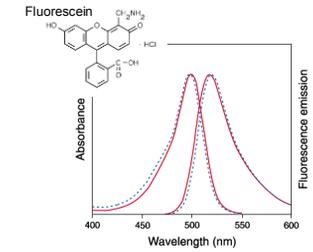
- Lumineszenz von Molekülen: $E_{\text{Molekül}} = E_{\text{Elektron}} + E_{\text{Vibration}} (+ E_{\text{Rotation}})$



13

c) Gesetze:

- Linien/Bandenspektrum
- Stokes-Verschiebung:

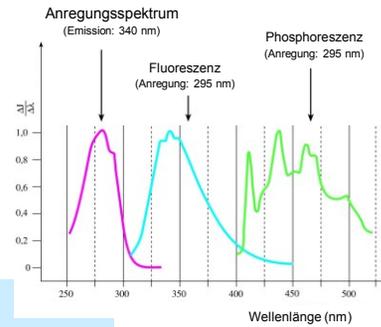
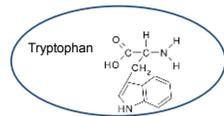


- exponentielles Abklingen in der Zeit:

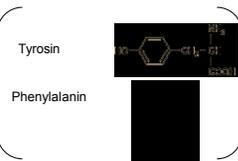
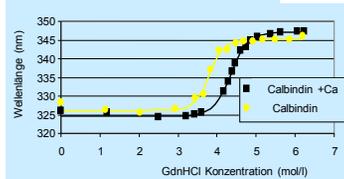
14

d) Anwendungen:

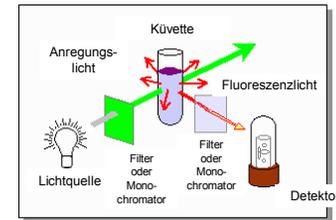
- Fluoreszenzspektroskopie z.B. Proteinforschung



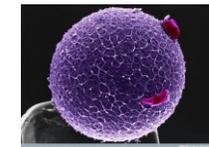
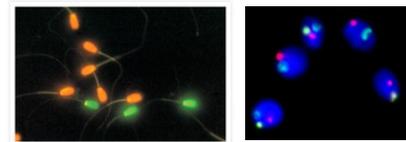
Beispiel:



15



- Fluoreszenzmikroskopie



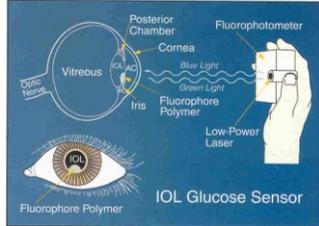
16

▪ Sensoren

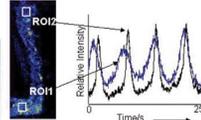
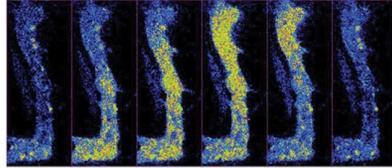
Sauerstoffsensoren



Glukosesensoren



Calciumsensor ⇒ Calciumwellen



17

Rechenaufgaben: ▪ Praktikumsbuch : 19, 20

- Ein Körper (annähernd absolut schwarz) strahlt bei einer Wellenlänge von 4200 nm am stärksten. Etwa wie viel °C ist seine Temperatur?
- Der absolut schwarze Strahler strahlt bei der Wellenlänge λ am stärksten, wenn seine Temperatur 7 ist. Die Temperatur des Körpers erhöht sich um 40%. Um wie viel Prozent verschiebt sich die Wellenlänge der maximalen Emission?
- Berechnen Sie die durch Temperaturstrahlung pro Stunde abgegebene Wärmemenge des menschlichen Körpers, wenn die Hauttemperatur 30°C und die Körperoberfläche 1,8 m² betragen. (Die Strahlung der Umgebung soll diesmal nicht berücksichtigt werden.)
 - Durch die Verdampfung von wie viel Liter Wasser könnte man die gleiche Wärmemenge abgeben, wenn die spezifische Verdampfungswärme von Wasser bei 30°C 2400 kJ/kg beträgt?
- Berechnen Sie die emittierte Photonenenergie von Kalium-Atomen (aufgrund des Emissionsspektrums auf Folie 4) in eV-Einheit. b) Berechnen Sie die Anregungsenergie von Kalium in eV-Einheit.
- Lesen Sie die Größe der Stokes-Verschiebung für Fluorescein von der Abbildung auf Folie 6 ab.
- Lesen Sie die Größe der Stokes-Verschiebung für Tryptophan Fluoreszenz von der Abbildung auf Folie 7 ab. b) Lesen Sie die Größe der Stokes-Verschiebung für Tryptophan Phosphoreszenz von der Abbildung auf Folie 7 ab. (Nehmen Sie den mittleren Peak.)

Lösungen:

- 686 K = 413°C
- Um 13,1%
- a) 3110 kJ, b) 1,3 Liter
- a) Wellenlänge \approx 760 nm \Rightarrow 1,64 eV; b) 1,64 eV
- Etwa 40 nm
- a) etwa 45 nm, b) etwa 145 nm

18