

Medizinische Biophysik 5. Vorlesung

Licht in der Medizin. Eigenschaften des Lichts,
Emissionsspektrometrie

III. Teilchencharakter des Lichtes

- Lichtelektrischer Effekt (Photoeffekt)
- Photon, Photonenenergie
- Anwendung als Lichtdetektor

IV. Energietransport im Licht (in Strahlungen)

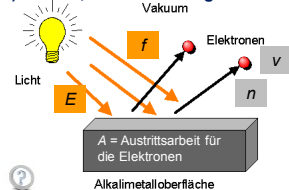
- Größen zur Beschreibung des Energietransports:
- Strahlungsquellen mit verschiedener Geometrie:

V. Lichtemission

1. Emissionsspektrometrie

- Emissionsspektrum
- Messung des Emissionsspektrums (Monochromator, Lichtdetektor)

b) Photon, Photonenenergie



Erklärung (Einstein, 1905):

- Lichtteilchen = Lichtquanten = Photonen
- Photonenenergie (ϵ):

$$\epsilon = h \cdot f$$

plancksche Konstante
 $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

$$c = \lambda \cdot f$$

Energieerhaltungssatz für den Photoeffekt:

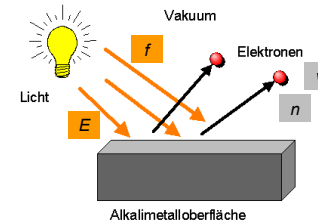
$$\epsilon = A + \frac{1}{2} m_{\text{Elektron}} v_{\text{Elektron}}^2$$

stoffspezifische
Austrittsarbeit

III. Teilchencharakter des Lichtes

a) Lichtelektrischer Effekt (Photoeffekt)

$$c = \lambda \cdot f$$



Man variiert:

- die Frequenz (f) des Lichtes
- die Gesamtenergie (E) des Lichtes

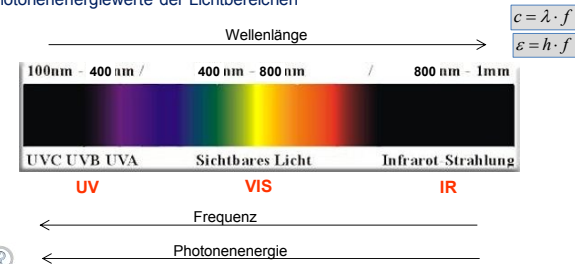
Man beobachtet:

- die Zahl der ausgelösten Elektronen (n)
- die Geschwindigkeit der Elektronen (v)

Beobachtungen:

- Es gibt eine minimale Frequenz (f_{\min}), für welche
- $f < f_{\min} \Rightarrow n = 0$, egal wie groß E ist;
 - $f_{\min} \leq f \Rightarrow$ Elektronen werden ausgelöst
 - n wächst mit wachsender E
 - v wächst mit wachsender f

Photonenenergiewerte der Lichtbereiche

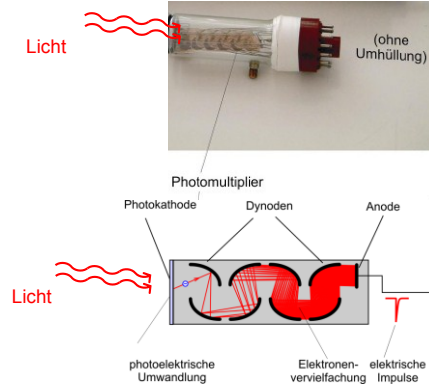


$$c = \lambda \cdot f$$

$$\epsilon = h \cdot f$$

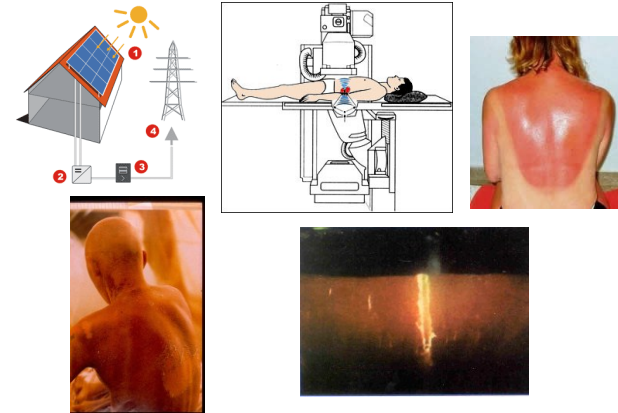
c) Anwendung als Lichtdetektor

Photomultiplier (PM)
(Sekundärelektronenvervielfacher – SEV):



5

IV. Energietransport im Licht (in Strahlungen)



6

a) Größen zur Beschreibung des Energietransports:

„Teilnehmer“ der Strahlungsvorgänge

Strahlungsleistung (P):

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



Strahlenquelle



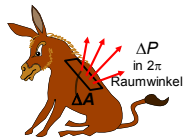
Strahlung



bestrahlter Körper

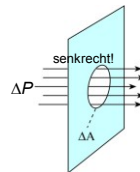
Spezifische Ausstrahlung (M):

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



Strahlungsintensität (J):

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



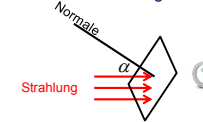
Bestrahlungsstärke (E):

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



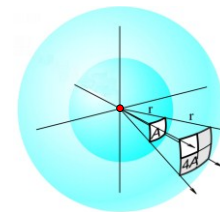
7

- Zusammenhang zwischen J und E :



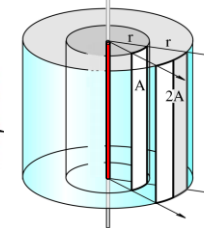
b) Strahlungsquellen mit verschiedener Geometrie:

Punktstrahler

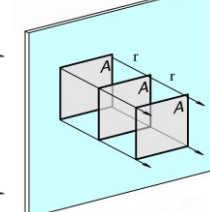


$J(r)$?

Linienstrahler



Flächenstrahler



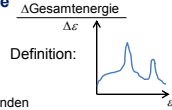
8

V. Lichtemission

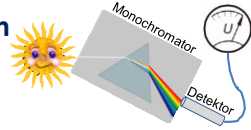
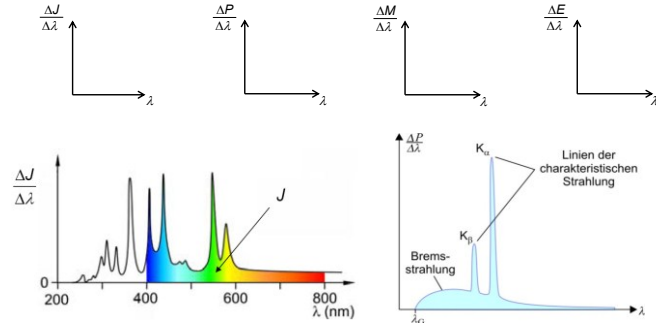
1. Emissionsspektrometrie

a) Emissionsspektrum

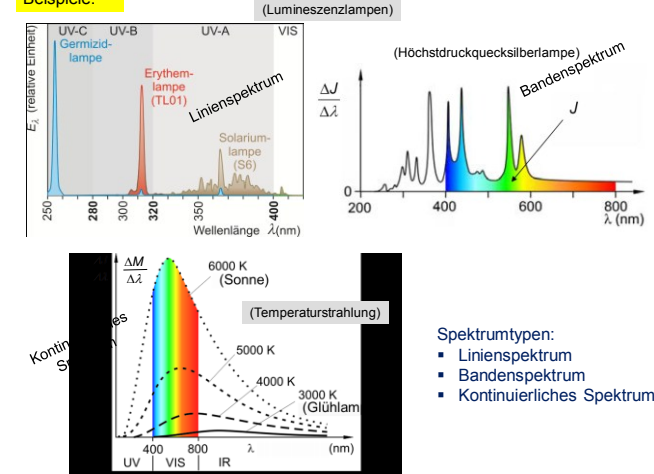
Definition:



In der Praxis werden eher die folgenden Diagramme als Emissionsspektrum benutzt:



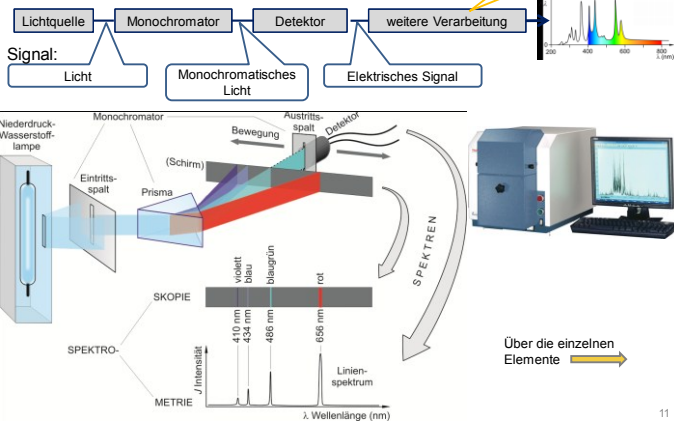
Beispiele:



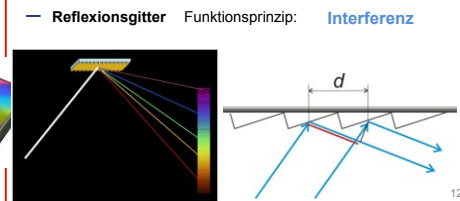
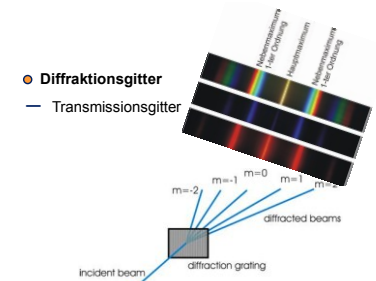
- Spektrumtypen:
- Linienpektrum
 - Bandenspektrum
 - Kontinuierliches Spektrum

b) Messung des Emissionsspektrums

Aufbau eines Emissionsspektrometers:

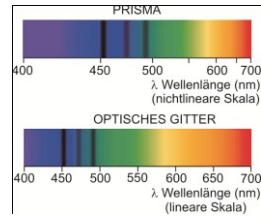


Monochromator

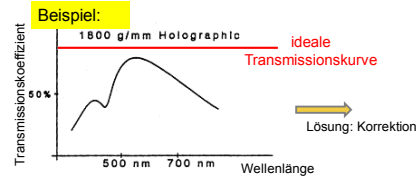


Technische Fragen:

- Wellenlängeskala



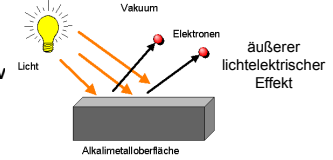
- Transmissionskurve (Frequenzgang)



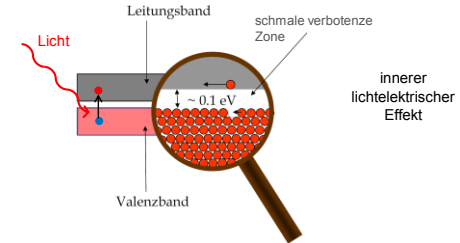
13

Lichtdetektor

- Photomultiplier (PM) (Sekundärelektronenvervielfacher – SEV)



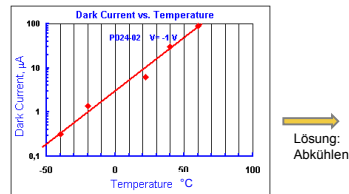
- Photodiode:



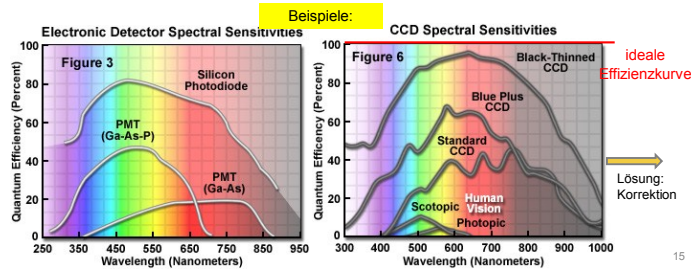
14

Technische Fragen:

- Dunkelstrom/Rauschen



- Effizienzkurve (Empfindlichkeitskurve)



15

Lichtquellen

„warmes“ Licht
kontinuierliches Spektrum



„kaltes“ Licht
Linien- oder Bandenspektrum



Hausaufgaben: ■ Neue Aufgabensammlung

2.1-9, 31, 32, 40, 42, 43, 45 und 6.1-4



16