

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)

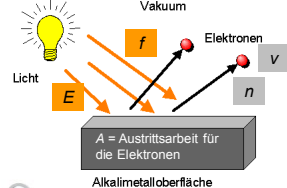
- Größen zur Beschreibung des Energietransports:
- Strahlungsquellen mit verschiedener Geometrie:

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

$$c = \lambda \cdot f$$

Energieerhaltungssatz für den Photoeffekt:

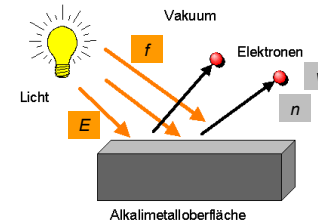
$$\epsilon = A + \frac{1}{2} m_{\text{Elektron}} v_{\text{Elektron}}^2$$

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

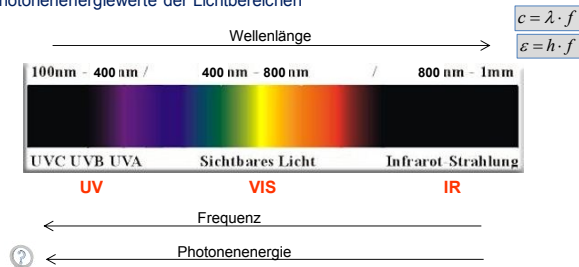
- Man beobachtet:
- die Zahl der ausgelösten Elektronen (n)
 - die Geschwindigkeit der Elektronen (v)

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

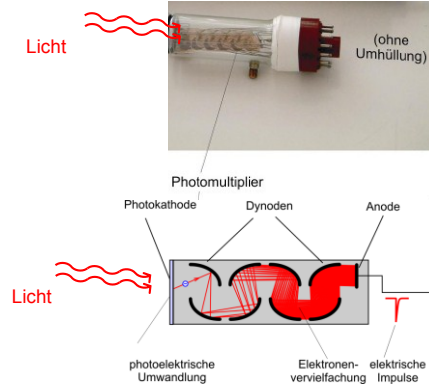


- Monochromatisches Licht = eine Frequenz, eine Wellenlänge, eine Photonenenergie

$$E =$$

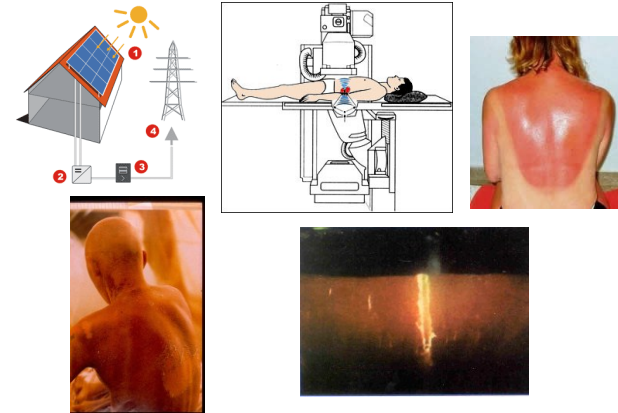
c) Anwendung als Lichtdetektor

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



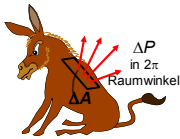
Strahlung



bestrahlter Körper

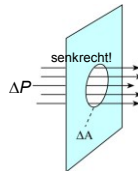
Spezifische Ausstrahlung (M):

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



Strahlungsintensität (J):

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



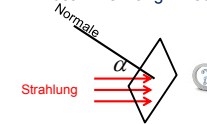
Bestrahlungsstärke (E):

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



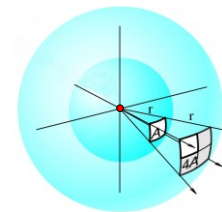
7

- Zusammenhang zwischen J und E :



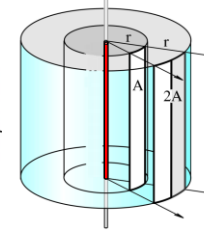
b) Strahlungsquellen mit verschiedener Geometrie:

Punktstrahler

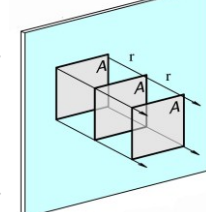


$J(r)$?

Linienstrahler



Flächenstrahler

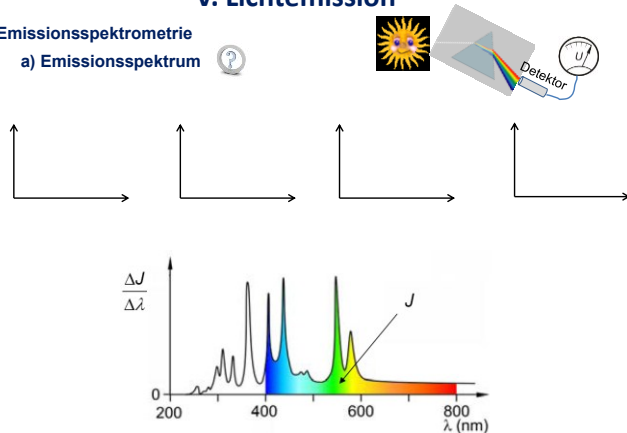


8

V. Lichtemission

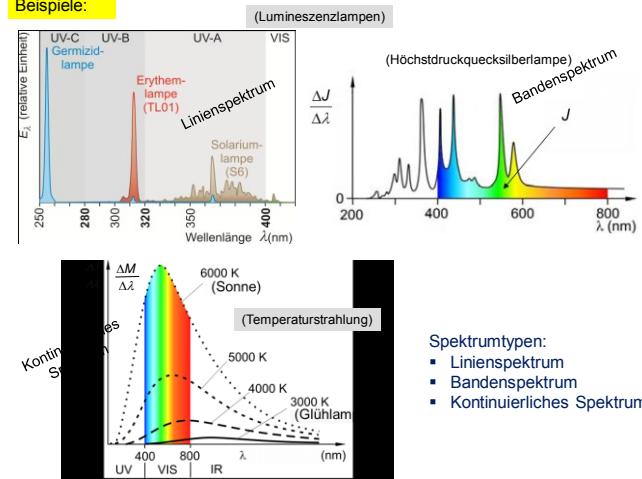
1. Emissionsspektrometrie

a) Emissionsspektrum



9

Beispiele:



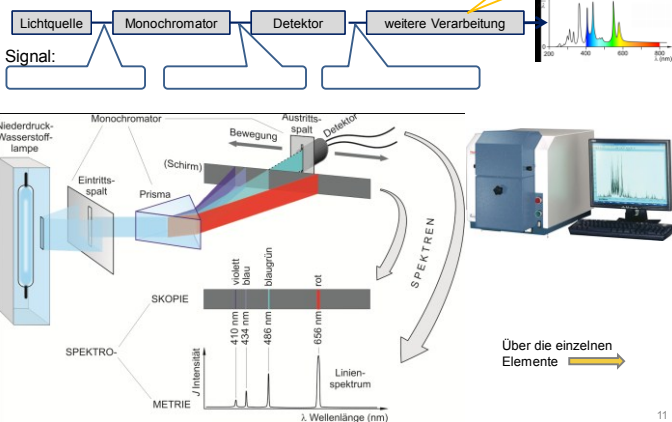
Spektrumtypen:

- Linienspektrum
- Bandenspektrum
- Kontinuierliches Spektrum

10

b) Messung des Emissionsspektrums

Aufbau eines Emissionsspektrometers:

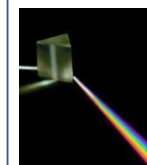


11

Monochromator

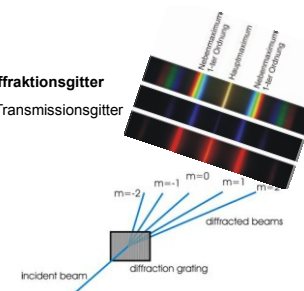
Prisma

Funktionsprinzip:



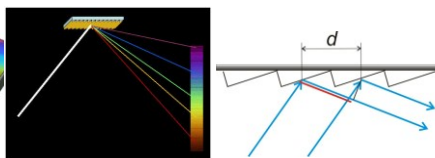
Diffraktionsgitter

— Transmissionsgitter



Reflexionsgitter

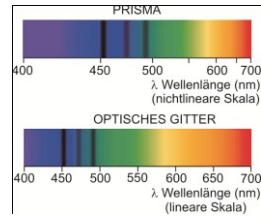
Funktionsprinzip:



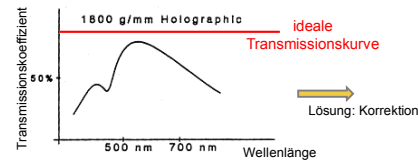
12

Technische Fragen:

- Wellenlängenskala



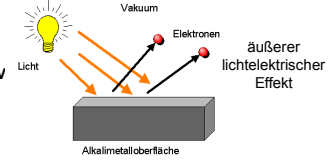
- Transmissionskurve (Frequenzgang)



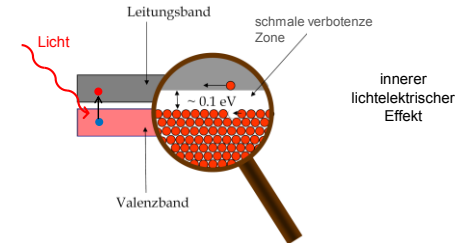
13

Lichtdetektor

- Photomultiplier (PM) (Sekundärelektronenvervielfacher – SEV)



- Photodiode:



14

Lichtquellen

„warmes“ Licht

kontinuierliches Spektrum



Temperaturstrahler

„kaltes“ Licht

Linien- oder Bandenspektrum



Lumineszenzstrahler

- Hausaufgaben:
- Neue Aufgabensammlung 2. Teil (siehe unter den Dokumenten auf der Webseite)
2.1-6, 8, 9, 31-33, 35-37, 40 und 6.1-4



15

16