

# Medizinische Biophysik 5. Vorlesung

Licht in der Medizin. Eigenschaften des Lichts, Emissionsspektrometrie

## III. Teilchencharakter des Lichtes

- a) Lichtelektrischer Effekt (Photoeffekt)
- b) Photon, Photonenergie
- c) Anwendung als Lichtdetektor

## IV. Energietransport im Licht (in Strahlungen)

- a) Größen zur Beschreibung des Energietransports:
- b) Strahlungsquellen mit verschiedener Geometrie:

## V. Lichtemission

### 1. Emissionsspektrometrie

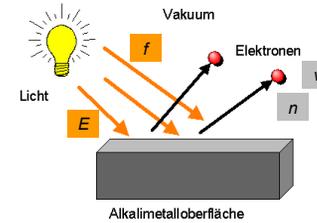
- a) Emissionsspektrum
- b) Messung des Emissionsspektrums (Monochromator, Lichtdetektor)

1

## III. Teilchencharakter des Lichtes

### a) Lichtelektrischer Effekt (Photoeffekt)

$$c = \lambda \cdot f$$



Man variiert:  
 - die Frequenz ( $f$ ) des Lichtes  
 - die Gesamtenergie ( $E$ ) des Lichtes

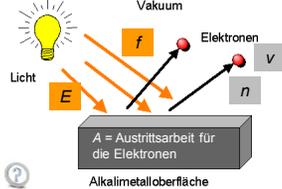
Man beobachtet:  
 - die Zahl der ausgelösten Elektronen ( $n$ )  
 - die Geschwindigkeit der Elektronen ( $v$ )

#### 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  $f$

2

### b) Photon, Photonenergie



Erklärung (Einstein, 1905):

- Lichtteilchen = Lichtquanten = Photonen
- Photonenergie ( $\epsilon$ ):

$$c = \lambda \cdot f$$

$$\epsilon = h \cdot f$$

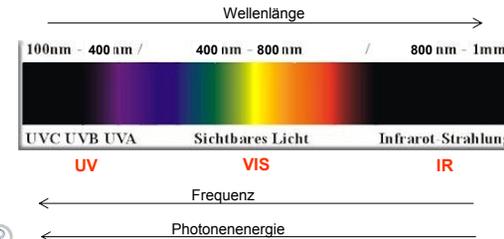
plancksche Konstante  
 $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$



### Photonenergiewerte der Lichtbereiche

$$c = \lambda \cdot f$$

$$\epsilon = h \cdot f$$



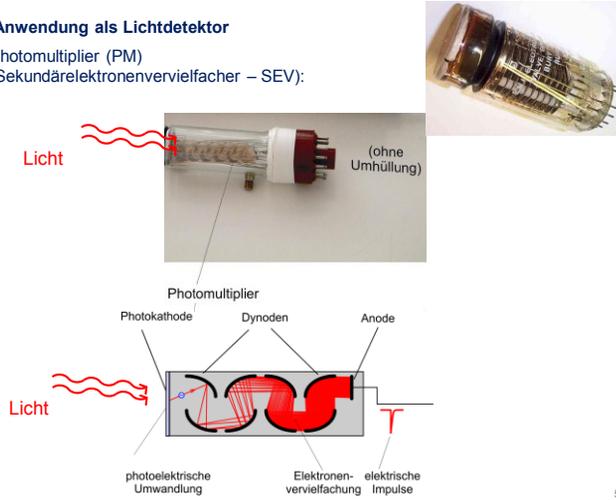
Energieerhaltungssatz für den Photoeffekt:  $\epsilon = A + \frac{1}{2} m_{\text{Elektron}} v_{\text{Elektron}}^2$

stoffspezifische Austrittsarbeit

3

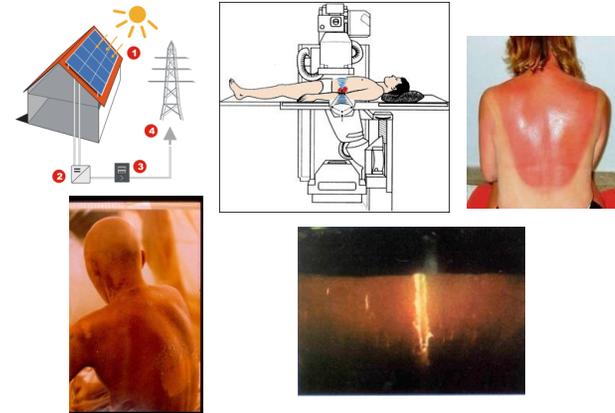
4

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):**  $P = \frac{\Delta E}{\Delta t}$  (W)

**Spezifische Ausstrahlung (M):**  $M = \frac{\Delta P}{\Delta A}$  ( $\frac{W}{m^2}$ )

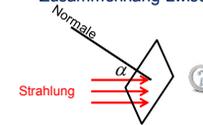
**Strahlungsintensität (J):**  $J = \frac{\Delta P}{\Delta A}$  ( $\frac{W}{m^2}$ )

**Bestrahlungsstärke (E):**  $E = \frac{\Delta P}{\Delta A}$  ( $\frac{W}{m^2}$ )

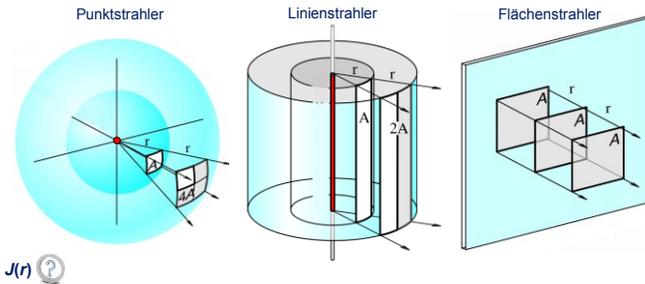
Labels: Strahlenquelle, Strahlung, bestrahlter Körper, senkrecht!, Raumwinkel,  $\Delta P$  in  $2\pi$  Raumwinkel

7

▪ Zusammenhang zwischen J und E:



b) Strahlungsquellen mit verschiedener Geometrie:



J(r) ?

8

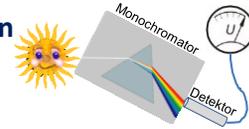
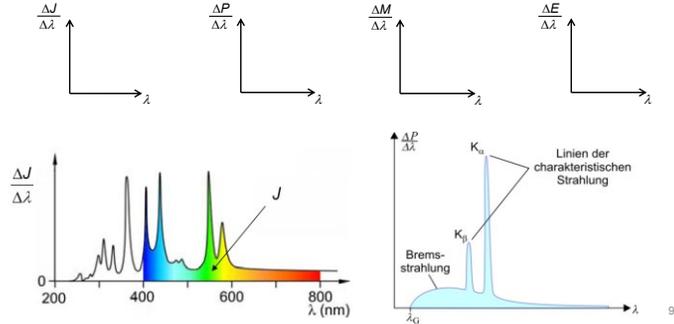
# V. Lichtemission

## 1. Emissionsspektrometrie

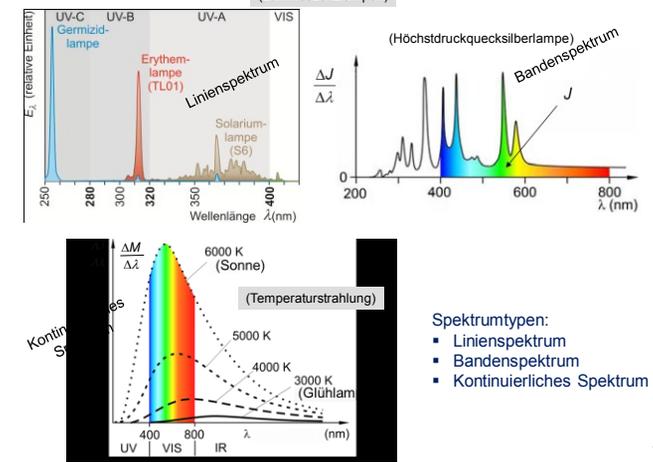
### a) Emissionsspektrum

Definition:  $\frac{\Delta \text{Gesamtenergie}}{\Delta \epsilon}$

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



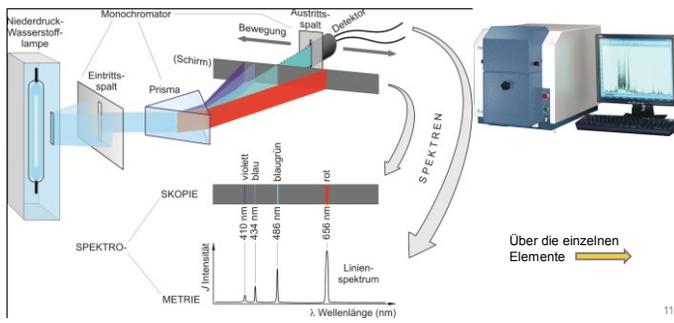
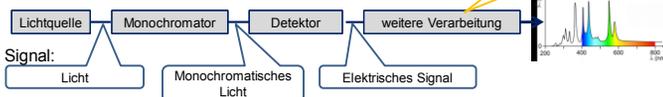
### Beispiele:



- Spektrumtypen:
- Linienpektrum
  - Bandenspektrum
  - Kontinuierliches Spektrum

### b) Messung des Emissionsspektrums

Aufbau eines Emissionsspektrometers:



### Monochromator

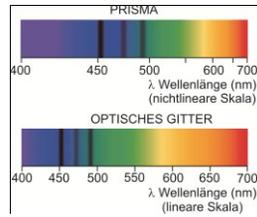
● **Prisma**  
Funktionsprinzip: **Dispersion**

● **Diffraktionsgitter**  
— **Transmissionsgitter**

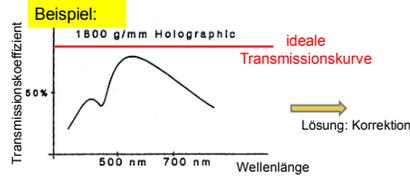
— **Reflexionsgitter** Funktionsprinzip: **Interferenz**

Technische Fragen:

- Wellenlängenskala



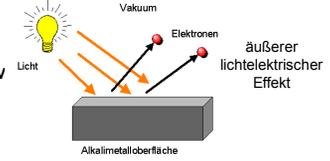
- Transmissionskurve (Frequenzgang)



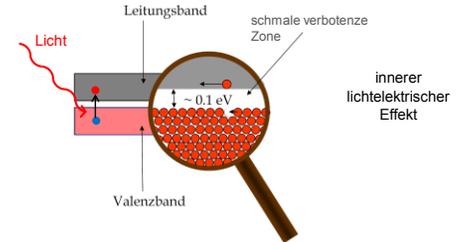
13

Lichtdetektor

- Photomultiplier (PM) (Sekundärelektronenvervielfacher – SEV)



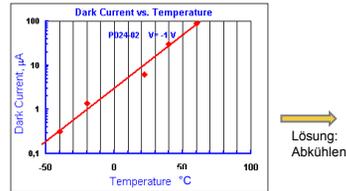
- Photodiode:



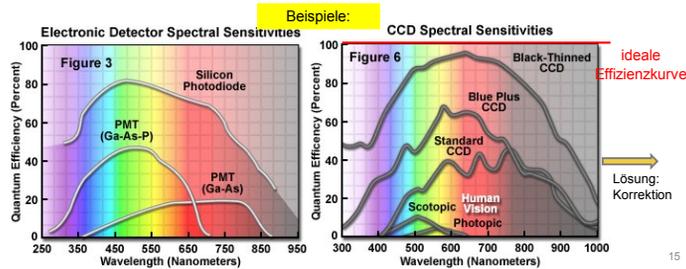
14

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