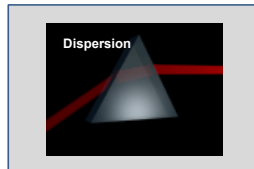
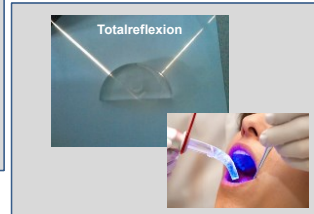
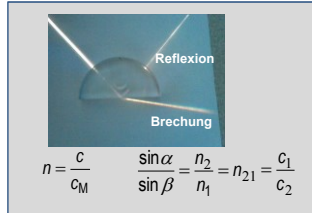
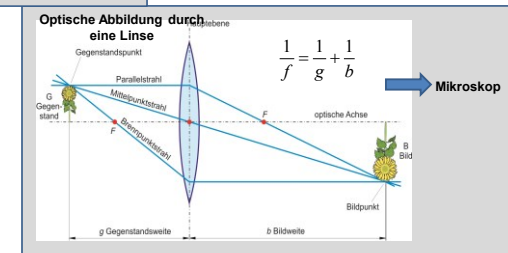
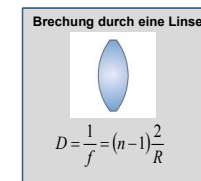
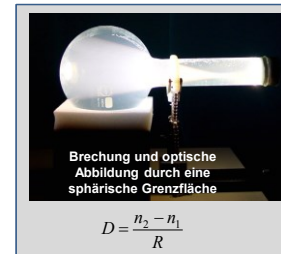


## Eigenschaften des Lichtes

- Geradlinige Ausbreitung  $\Rightarrow$  geometrische Optik

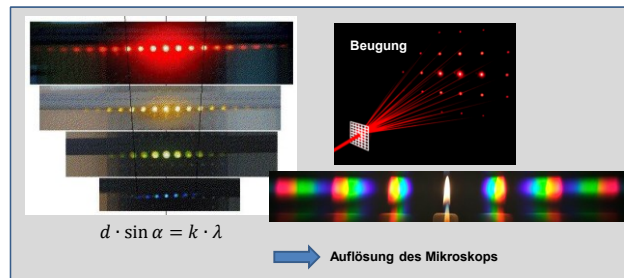


1



2

- Wellennatur



- Teilchennatur
- Energietransport

3

## Medizinische Biophysik

Licht in der Medizin. Eigenschaften des Lichts, Emissionsspektrometrie

5. Vorlesung  
07. 10. 2015

### 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

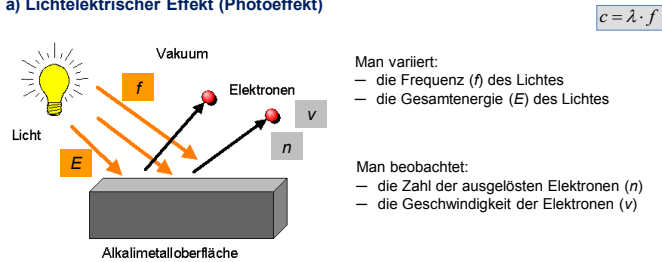
#### 1. Emissionsspektrometrie

- Emissionsspektrum
- Messung des Emissionsspektrums (Monochromator, Lichtdetektor)

4

### III. Teilchencharakter des Lichtes

#### a) Lichtelektrischer Effekt (Photoeffekt)



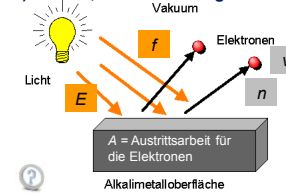
#### Beobachtungen:

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  $f$

5

#### b) Photon, Photonenergie



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  $f$

$$\varepsilon = h \cdot f$$

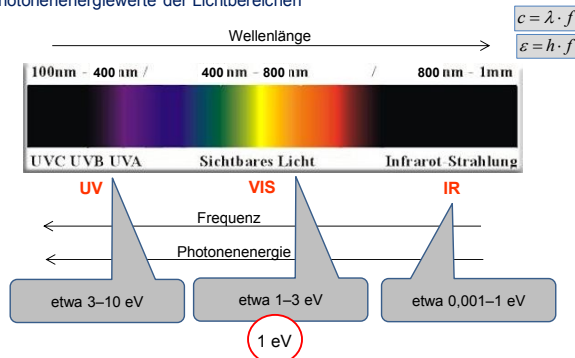
plancksche Konstante  
 $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

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

stoffspezifische Austrittsarbeit

6

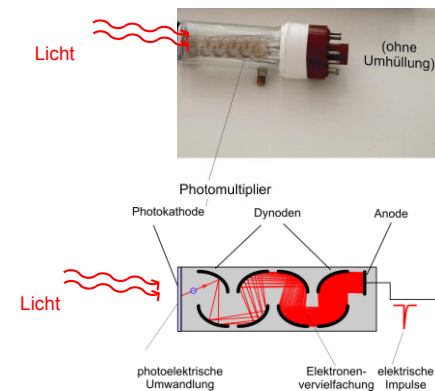
#### Photonenenergiewerte der Lichtbereichen



7

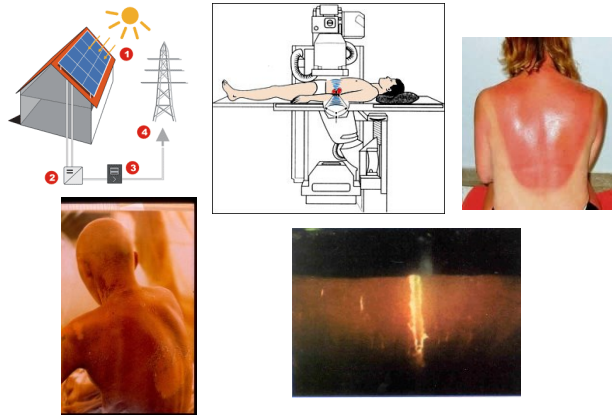
#### c) Anwendung als Lichtdetektor

Photomultiplier (PM)  
(Sekundärelektronenvervielfacher – SEV):



8

## IV. Energietransport im Licht (in Strahlungen)



9

### a) Größen zur Beschreibung des Energietransports:

„Teilnehmer“ der Strahlungsvorgänge

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

Strahlenquelle: Strahlung: bestrahlter Körper:

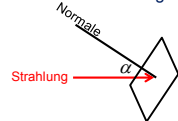
**Spezifische Ausstrahlung (M):**  $M = \frac{\Delta P}{\Delta A} \left( \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right)$

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

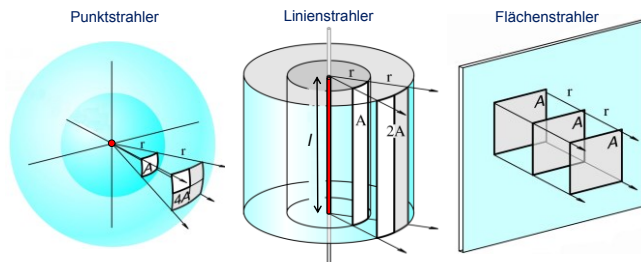
**Bestrahlungsstärke (E):**  $E = \frac{\Delta P}{\Delta A} \left( \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right)$

10

- Zusammenhang zwischen J und E: ?



### b) Strahlungsquellen mit verschiedener Geometrie:



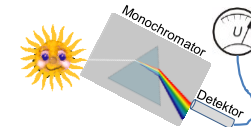
$J(r)$  ?

11

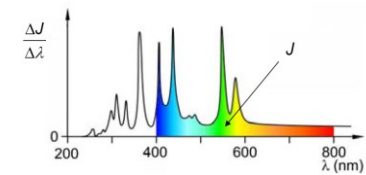
## V. Lichtemission

### 1. Emissionsspektrometrie

Analyse des emittierten (ausgestrahlten) Lichts



#### a) Emissionsspektrum

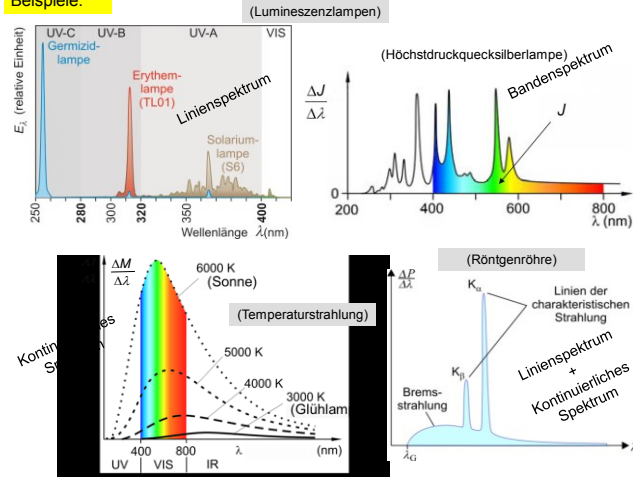


Spektrumtypen:

- Linienpektrum
- Bandenspektrum
- Kontinuierliches Spektrum

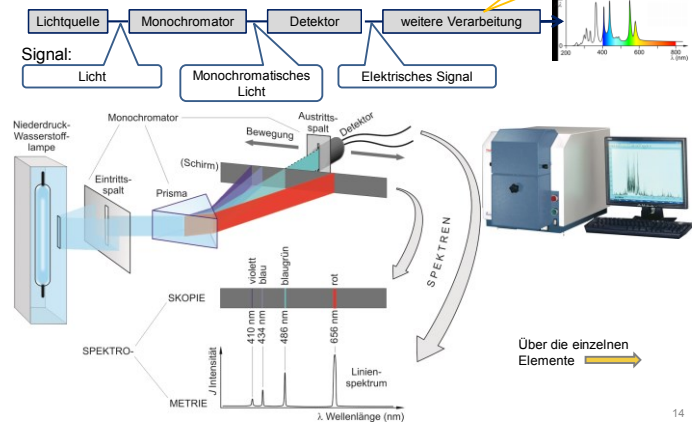
12

## Beispiele:



## b) Messung des Emissionsspektrums

Aufbau eines Emissionsspektrometers:



## Monochromator

### Prisma

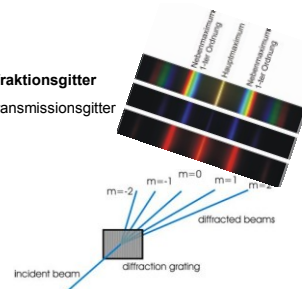
Funktionsprinzip:

Dispersion



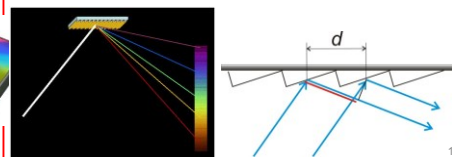
### Diffraktionsgitter

— Transmissionsgitter



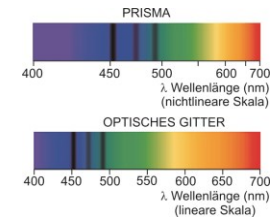
### Reflexionsgitter

Funktionsprinzip: Interferenz

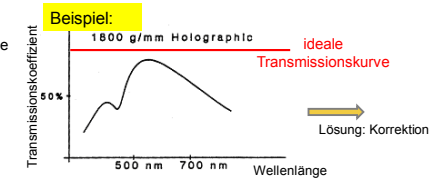


## Technische Fragen:

### Wellenlängenskala



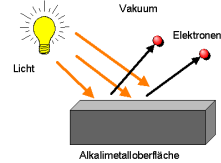
### Transmissionskurve (Frequenzgang)



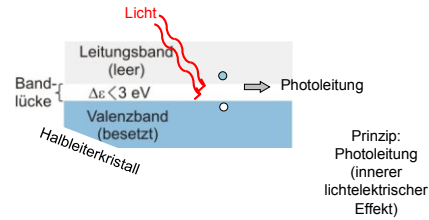
## Lichtdetektor

### Photomultiplier (PM) (Sekundärelektronenvervielfacher – SEV):

Prinzip:  
äußerer  
lichtelektrischer  
Effekt



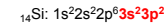
### Photodiode:



17

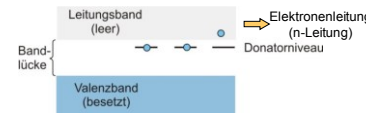
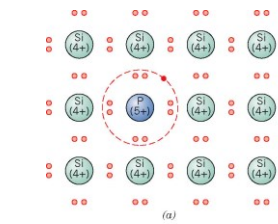
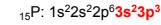
## Dotierte Halbleiter

Grundkristall z.B. Si



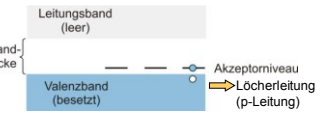
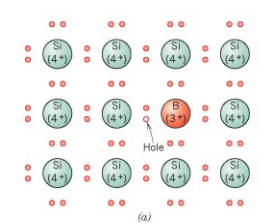
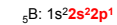
*n*-Halbleiter

z. B. + P



*p*-Halbleiter

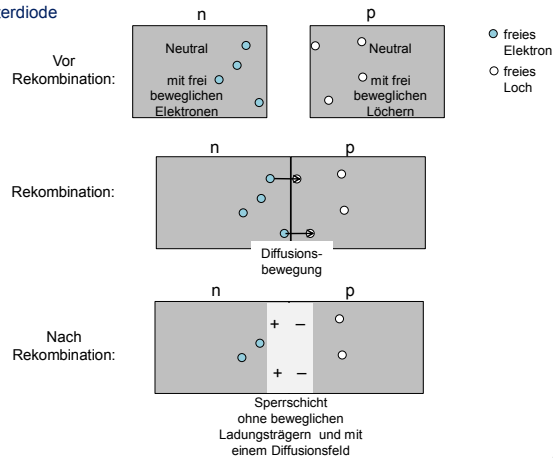
z. B. + B



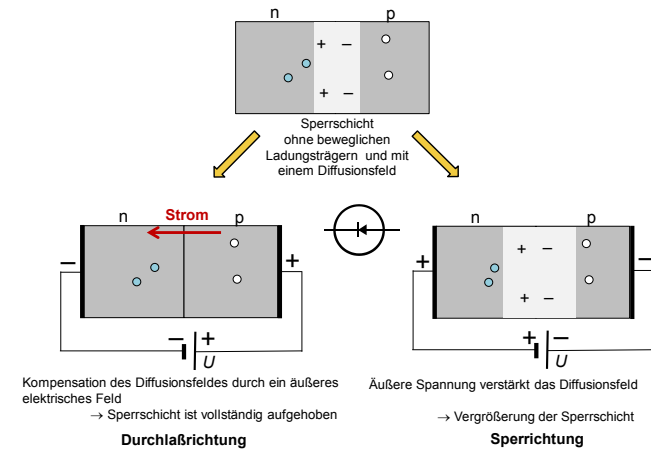
18

## Anwendungen der dotierten Halbleiter

### Halbleiterdiode

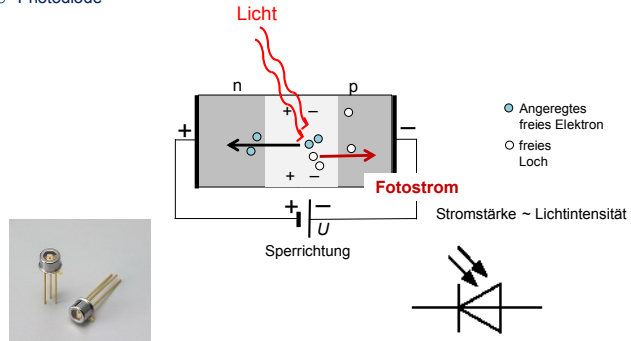


19



20

o Photodiode

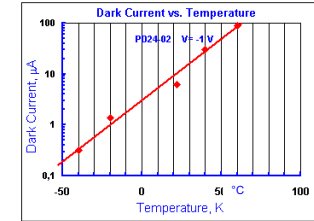


(Es gibt auch lichtemittierende Dioden → siehe Leuchtdioden, LED)

21

Technische Fragen:

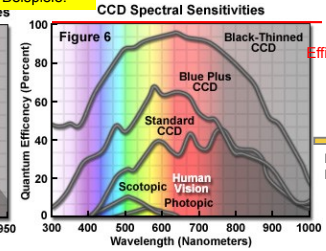
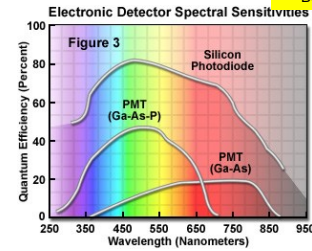
- Dunkelstrom/Rauschen



→ Lösung:  
Abkühlen

- Effizienzkurve (Empfindlichkeitskurve)

Beispiele:



→ ideale  
Effizienzkurve

→ Lösung:  
Korrektion

22

## Lichtquellen



Hausaufgaben: ■ Aufgabensammlung  
2.1, 3, 4, 5, 7, 8, 40, 42, 45



23