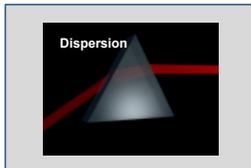
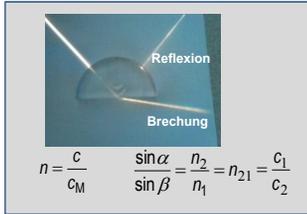
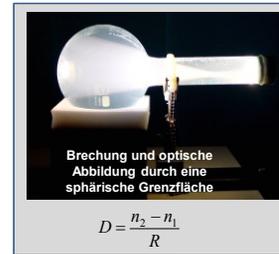


Eigenschaften des Lichtes

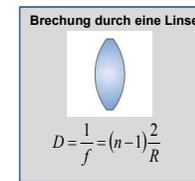
- Geradlinige Ausbreitung \Rightarrow geometrische Optik



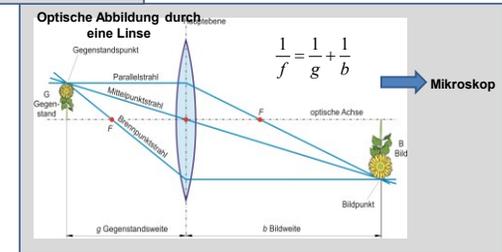
1



$$D = \frac{n_2 - n_1}{R}$$

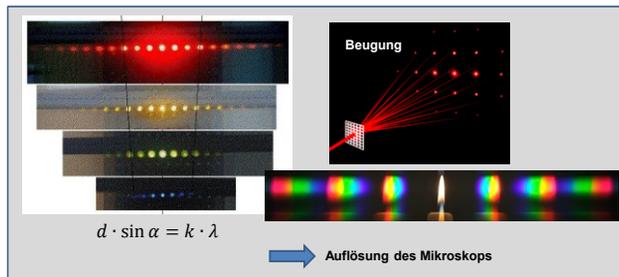


$$D = \frac{1}{f} = (n-1) \frac{2}{R}$$



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

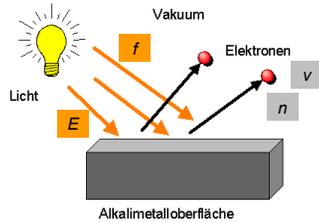
1. Emissionsspektrometrie

- Emissionsspektrum
- Messung des Emissionsspektrums (Monochromator, Lichtdetektor)

4

III. Teilchencharakter des Lichtes

a) Lichtelektrischer Effekt (Photoeffekt)



$$c = \lambda \cdot f$$

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)

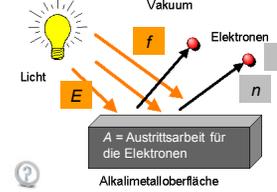
Beobachtungen:

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

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

$$\varepsilon = h \cdot f$$

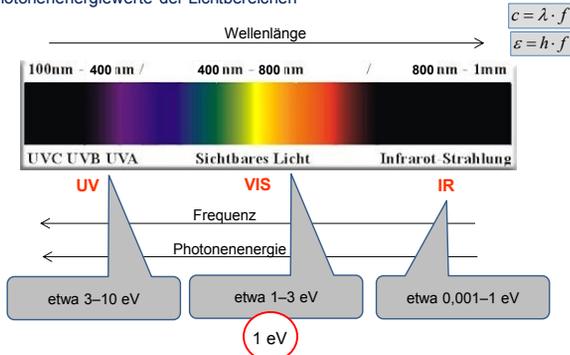
Plancksche Konstante
 $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

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

stoffspezifische Austrittsarbeit

6

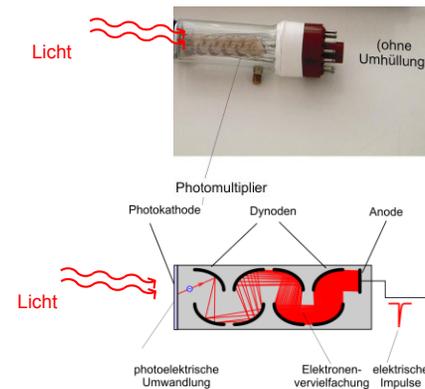
Photonenenergiewerte der Lichtbereichen



7

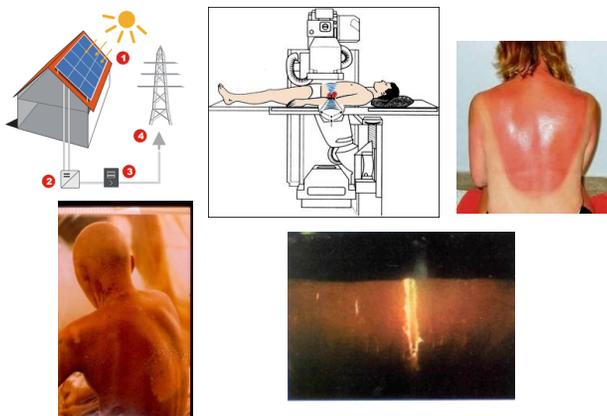
c) Anwendung als Lichtdetektor

Photomultiplier (PM)
(Sekundärelektronenvervielfacher – SEV):



8

IV. Energietransport im Licht (in Strahlungen)

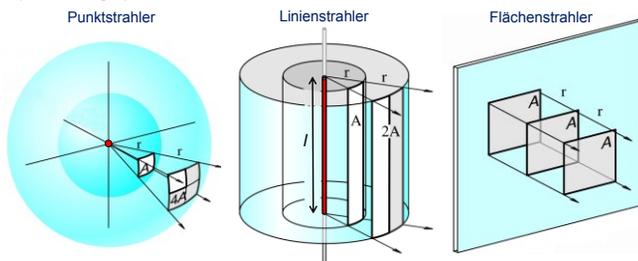


9

- Zusammenhang zwischen J und E : ?



b) Strahlungsquellen mit verschiedener Geometrie:

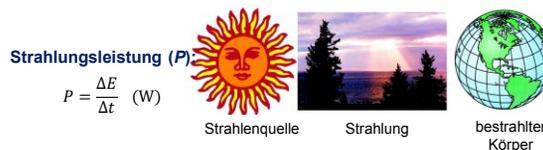


$J(r)$?

11

a) Größen zur Beschreibung des Energietransports:

„Teilnehmer“ der Strahlungsvorgänge



Strahlungsleistung (P):

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

Spezifische Ausstrahlung (M):

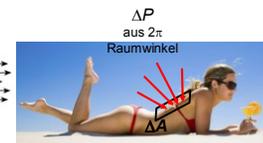
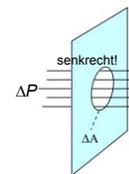
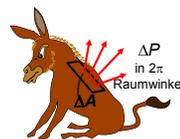
$$M = \frac{\Delta P}{\Delta A} \quad \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2}\right)$$

Strahlungsintensität (J):

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

Bestrahlungsstärke (E):

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

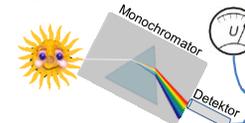


10

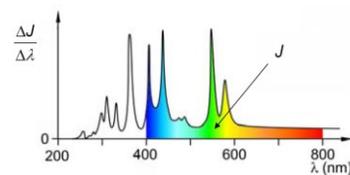
V. Lichtemission

1. Emissionsspektrometrie

Analyse des emittierten (ausgestrahlten) Lichts



a) Emissionsspektrum

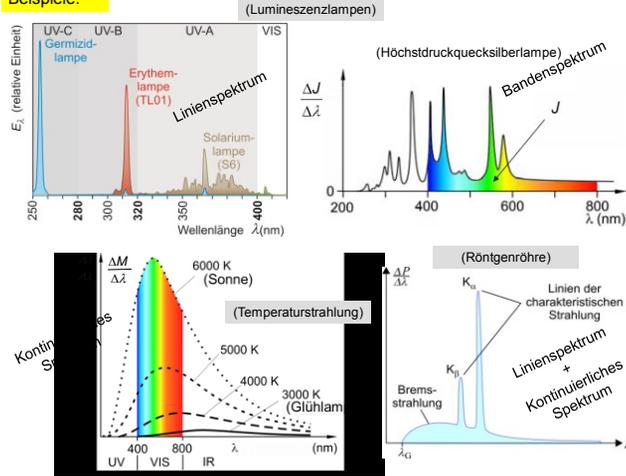


Spektrumtypen:

- Linienspektrum
- Bandenspektrum
- Kontinuierliches Spektrum

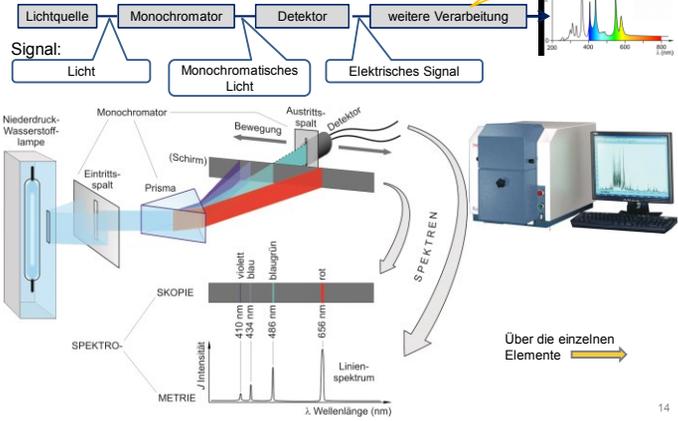
12

Beispiele:



b) Messung des Emissionsspektrums

Aufbau eines Emissionsspektrometers:



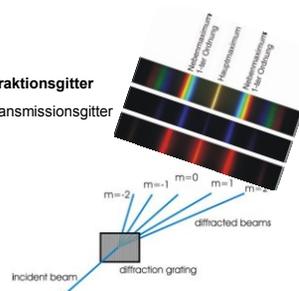
Monochromator

● **Prisma**

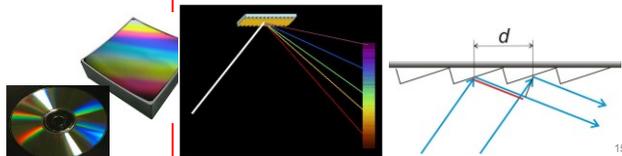
Funktionsprinzip: **Dispersion**

● **Diffraktionsgitter**

— Transmissionsgitter

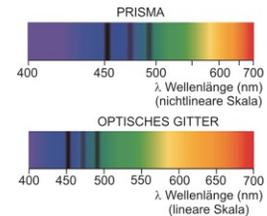


— **Reflexionsgitter** Funktionsprinzip: **Interferenz**

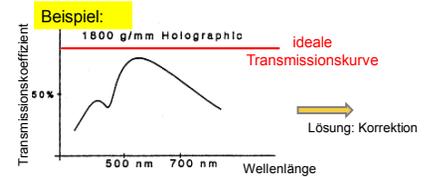


Technische Fragen:

- Wellenlängenskala



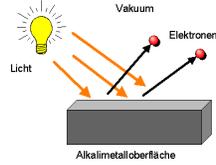
- Transmissionskurve (Frequenzgang)



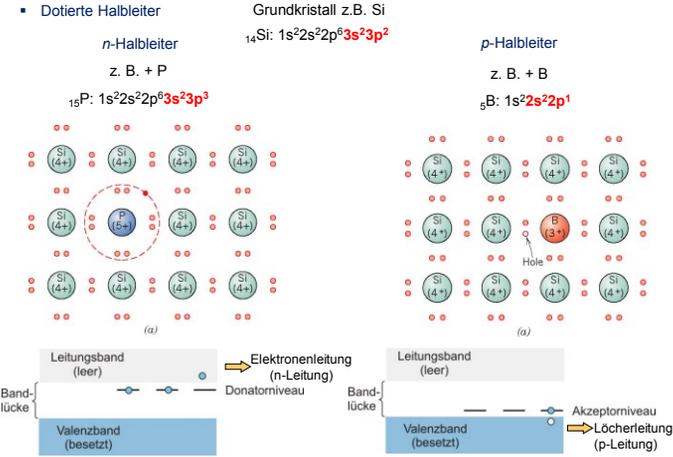
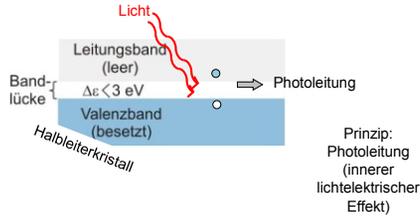
Lichtdetektor

● **Photomultiplier (PM)**
(Sekundärelektronenvervielfacher – SEV):

Prinzip:
äußerer
lichtelektrischer
Effekt



● **Photodiode:**

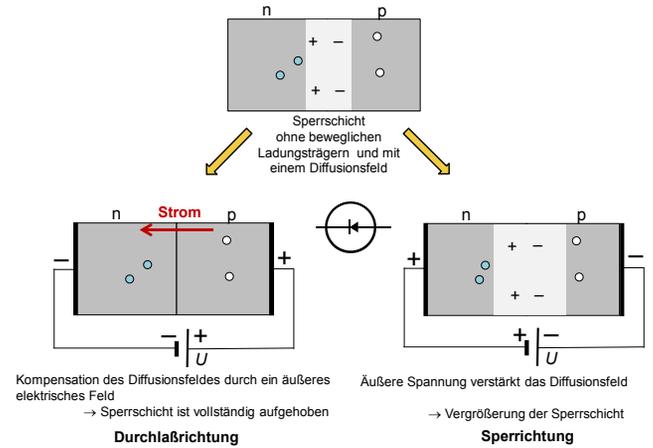
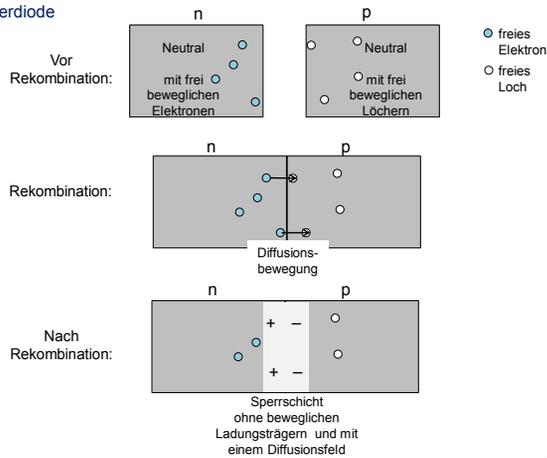


17

18

▪ **Anwendungen der dotierten Halbleiter**

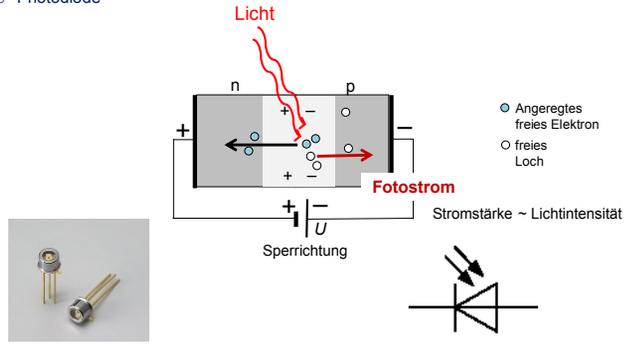
○ Halbleiterdiode



19

20

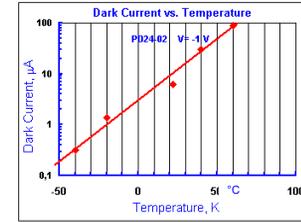
o Photodiode



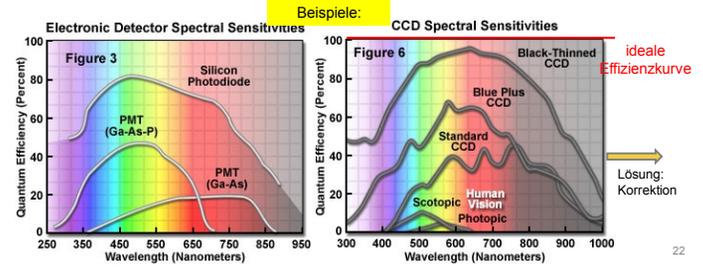
(Es gibt auch lichtemittierende Dioden → siehe Leuchtdioden, LED) 21

Technische Fragen:

- Dunkelstrom/Rauschen



- Effizienzkurve (Empfindlichkeitskurve)



22

Lichtquellen

„warmes“ Licht
kontinuierliches Spektrum

Temperaturstrahler

„kaltes“ Licht
Linien- oder Bandenspektrum

Lumineszenzstrahler

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



23