

Medizinische Biophysik

Licht in der Medizin.

7. Vorlesung
2016.10.15.

VI. Wechselwirkungen des Lichts mit der Materie

1. Reflexion

- a) Reflexionsgesetz:
- b) Reflexionskoeffizient (Reflektanz, Reflexionsgrad)
- c) Reflexionsspektrum:

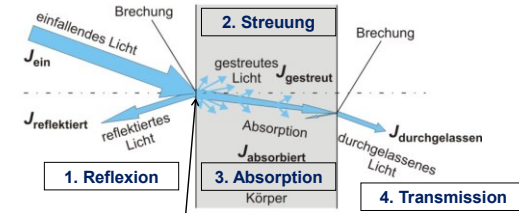
2. Streuung

- a) spektraler Streukoeffizient
- b) elastische Streuung (Rayleigh-Streuung, Mie-Streuung)
- c) dynamische Lichtstreuungsmessung:
- d) unelastische Streuung (Raman-Streuung)

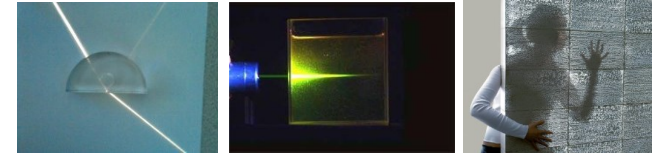
3. Absorption

- a) spektraler Absorptionskoeffizient
- b) Absorptionsspektrum
- c) Mechanismus:
- d) Absorptionsgesetz, Absorbanz

VI. Wechselwirkungen zwischen Licht und Materie

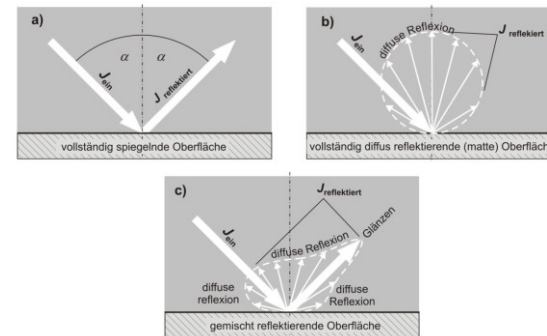


Die in den Körper eindringende Intensität ist J_0 : $J_0 = J_{\text{ein}} - J_{\text{reflektiert}}$



1. Reflexion

a) Reflexionsgesetz: $\alpha = \beta$



b) Reflexionskoeffizient (Reflektanz, Reflexionsgrad)

ρ (auch R):

$$\rho = \frac{J_{\text{reflektiert}}}{J_{\text{einfallend}}}$$

1

2

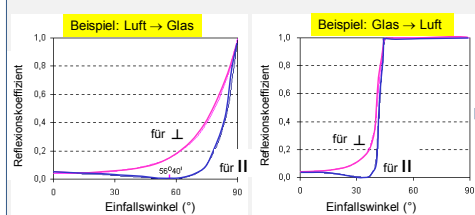
3

4

Der Reflexionskoeffizient ρ hängt von:

- dem Einfallswinkel
- dem Material
- der Wellenlänge ab.

❖ Einfallswinkel:



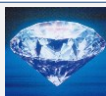
Zu merken: Je größer ist der Einfallswinkel, desto größer wird ρ .

❖ Material:

■ Beim senkrechten Einfall und für durchsichtige Stoffe:

$$\rho = \left(\frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} \right)^2 = \left(\frac{c_1 - c_2}{c_1 + c_2} \right)^2$$

(s. später Ultraschallreflexion)



5

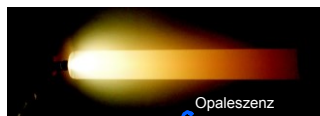
2. Streuung

a) spektraler Streukoeffizient $\sigma(\lambda)$: $\sigma(\lambda) = \frac{J_{\text{gestreut}}(\lambda)}{J_{\text{einfallend}}(\lambda)}$



b) elastische Streuung: $\lambda_{\text{einfallend}} = \lambda_{\text{gestreut}}$

■ Rayleigh-Streuung
(Größe der Streuteilchen $d \ll \lambda$)



$$\sigma(\lambda) \sim \frac{d^6}{\lambda^4}$$

■ Mie-Streuung
(Größe der Streuteilchen $d \approx \lambda$)



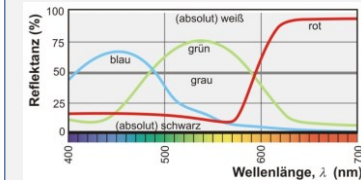
$\sigma(\lambda)$ ist unabhängig von λ !

7

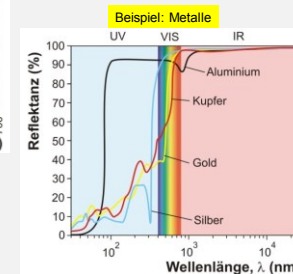
❖ Wellenlänge:

■ spektraler Reflexionskoeffizient $\rho(\lambda)$: $\rho(\lambda) = \frac{J_{\text{reflektiert}}(\lambda)}{J_{\text{einfallend}}(\lambda)}$

c) Reflexionsspektrum: ρ vs. λ

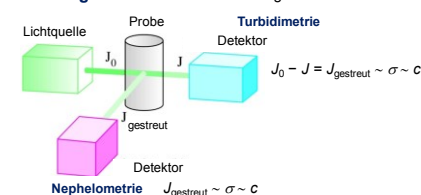


Farbe des Körpers im reflektierten Licht



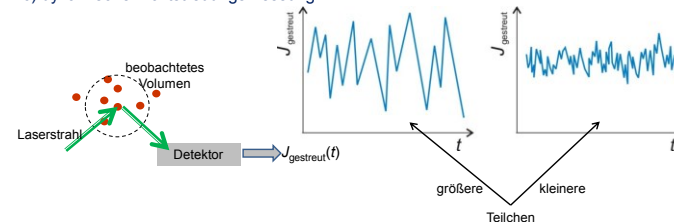
6

Anwendung: Konzentrationsbestimmung



z.B. Immunglobulinen

c) dynamische Lichtstreuungsmessung:

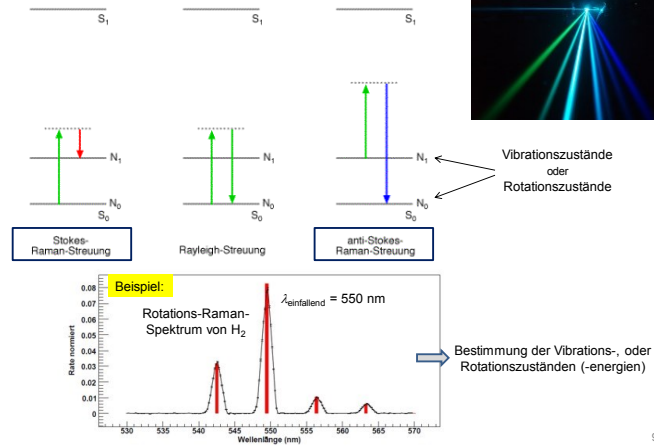


Anwendung: Bestimmung der Teilchengröße

8

d) unelastische Streuung: $\lambda_{\text{einfallend}} \neq \lambda_{\text{gestreut}}$

Raman-Streuung



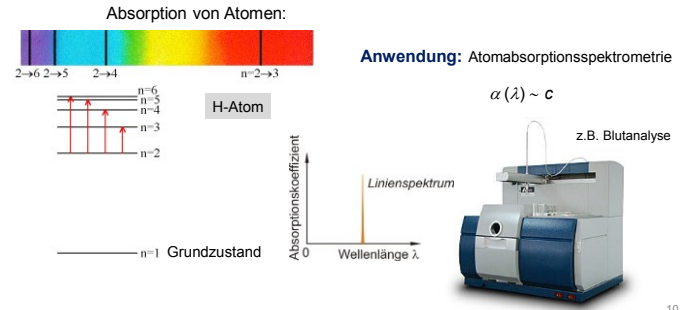
9

3. Absorption

a) spektraler Absorptionskoeffizient $\alpha(\lambda)$: $\alpha(\lambda) = \frac{J_{\text{absorbiert}}(\lambda)}{J_{\text{einfallend}}(\lambda)}$

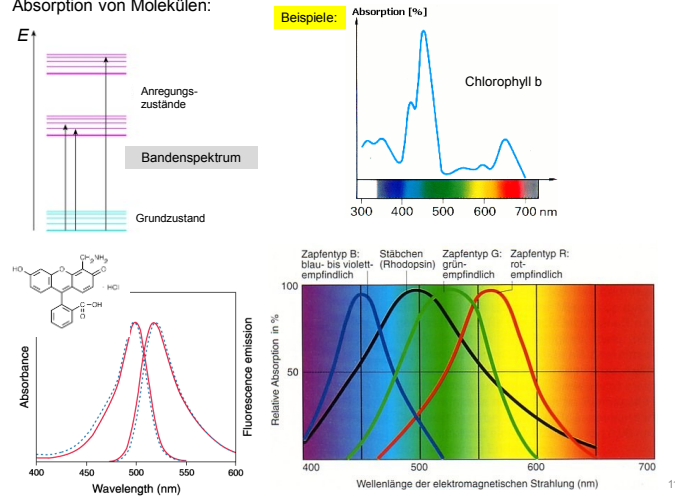
b) Absorptionsspektrum: α vs. λ

c) Mechanismus:



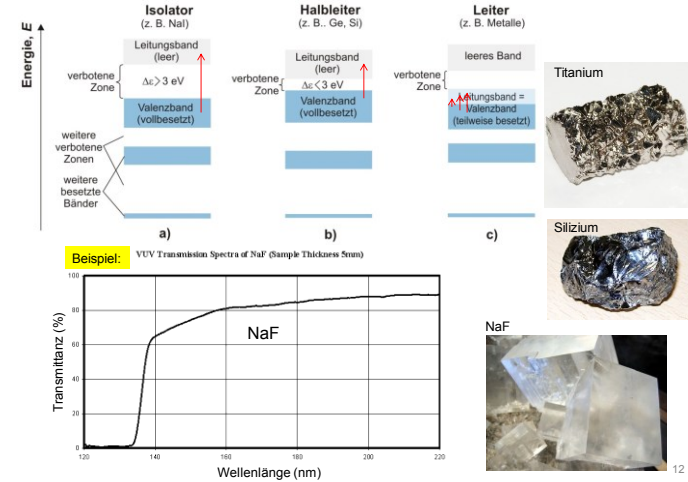
10

Absorption von Molekülen:



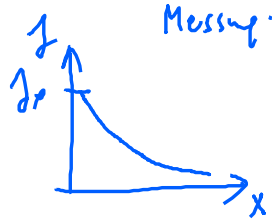
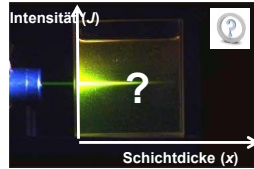
11

Absorption von Festkörpern:



12

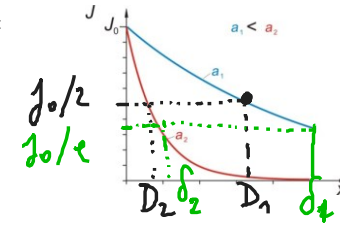
d) Absorptionsgesetz:



$$I = I_0 \cdot e^{-a \cdot x}$$

▪ Linearer Absorptionskoeffizient (a), Maßeinheit: 1/m

Diagramm:



▪ Halbwertsdicke (D):

$$I_0/2 = I_0 \cdot e^{-a \cdot D}$$

$$2 = e^{+a \cdot D / \ln}$$

$$\ln 2 = a \cdot D$$

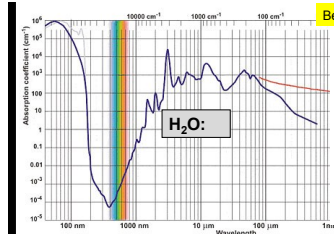
$$D = \frac{\ln 2}{a}$$

▪ Eindringtiefe (δ):

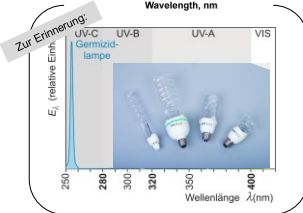
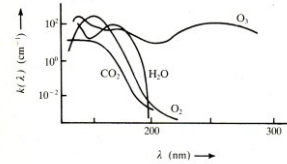
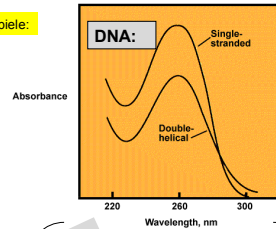
$$\delta = \frac{1}{a}$$

▪ Absorbanz (A): $A = \lg \frac{I_0}{I}$ (dimensionslose Zahl)

▪ Absorptionsspektrum: α oder a oder A vs. λ



Beispiele:



Hausaufgaben: Aufgabensammlung 2.62-72

