

Medizinische Biophysik

Licht in der Medizin.

7. Vorlesung
2017.10.25.

VI. Wechselwirkungen des Lichts mit der Materie

1. Reflexion

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

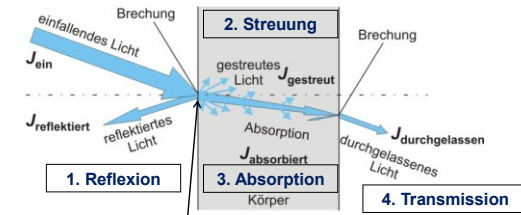
2. Streuung

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

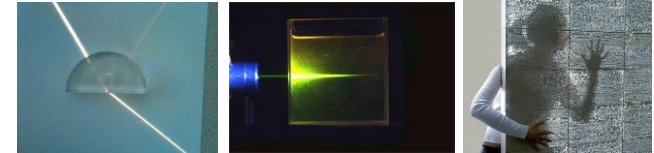
3. Absorption

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

VI. Wechselwirkungen zwischen Licht und Materie

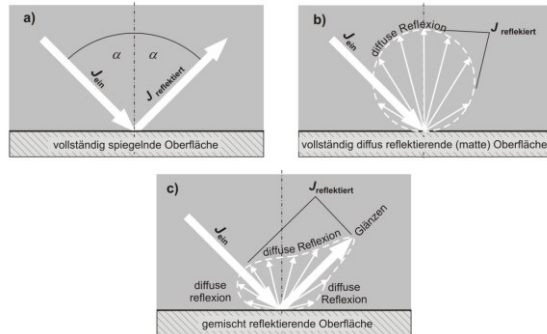


Die in den Körper eindringende Intensität ist J_0 : $J_0 = J_{\text{ein}} - J_{\text{reflektiert}}$



1. Reflexion

a) Reflexionsgesetz: $\alpha = \beta$

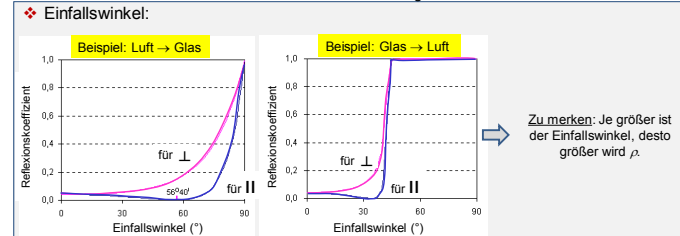


b) Reflexionskoeffizient (Reflektanz, Reflexionsgrad) ρ (auch R):

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

Der Reflexionskoeffizient ρ hängt von:

- dem Einfallswinkel
- dem Material
- der Wellenlänge ab.



❖ Material:

■ Beim senkrechten Einfall und für durchsichtige Stoffe:

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

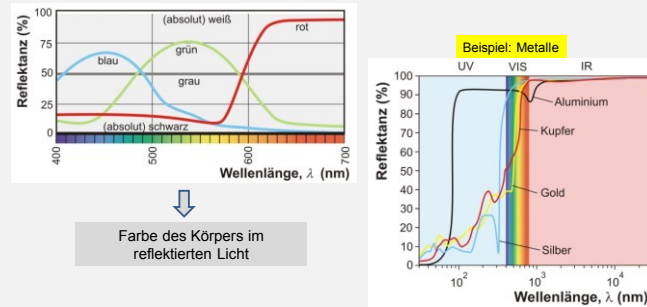
(s. später Ultraschallreflexion)



❖ Wellenlänge:

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

c) Reflexionsspektrum: ρ vs. λ



5

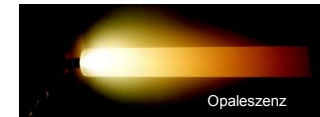
2. Streuung

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



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

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



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

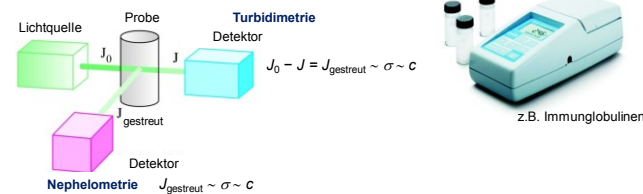
- Mie-Streuung
(Größe der Streuteilchen $d \approx \lambda$)



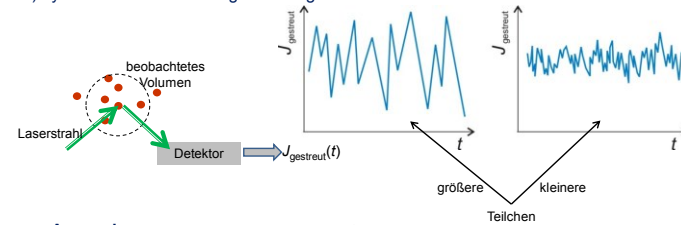
$\sigma(\lambda)$ ist unabhängig von λ !

6

Anwendung: Konzentrationsbestimmung



c) dynamische Lichtstreuungsmessung:

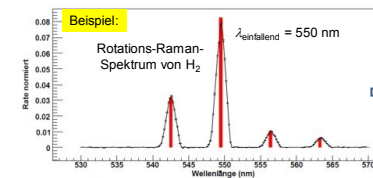
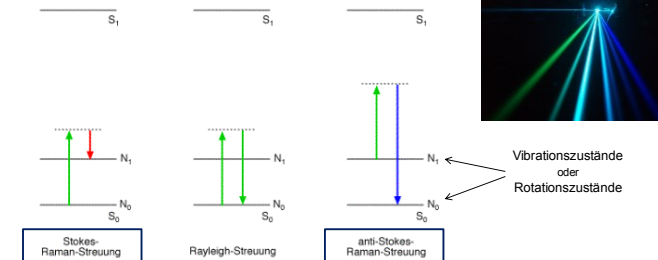


7

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

$$E_{\text{Molekül}} = E_{\text{Elektron}} + E_{\text{Vibration}} + E_{\text{Rotation}}$$

Raman-Streuung



Bestimmung der Vibrations-, oder Rotationszuständen (-energien)

8

3. Absorption

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

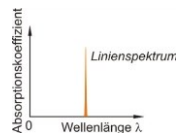
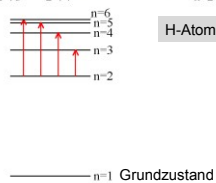
b) Absorptionsspektrum: α vs. λ

c) Mechanismus:

Absorption von Atomen:



Anwendung: Atomabsorptionsspektrometrie



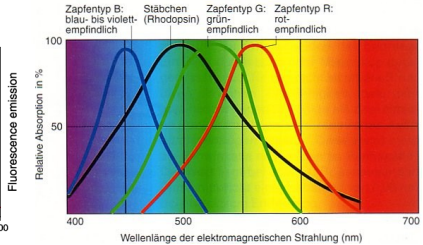
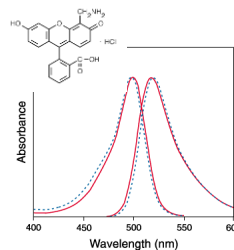
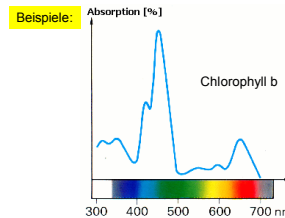
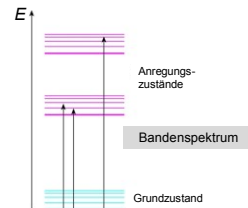
$\alpha(\lambda) \sim c$

z.B. Blutanalyse



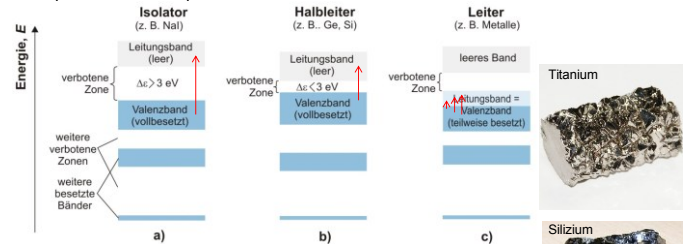
9

Absorption von Molekülen:

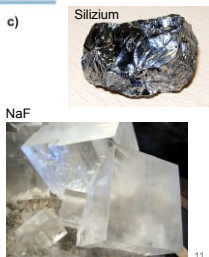
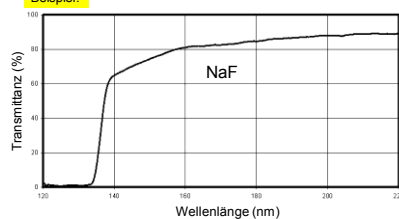


10

Absorption von Festkörpern:

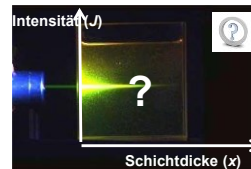


Beispiel: VUV Transmission Spectra of NaF (sample thickness 5mm)



11

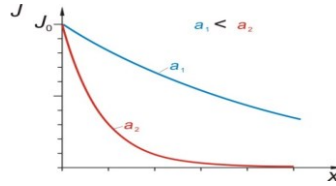
d) Absorptionsgesetz:



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

12

Diagramm:



- Halbwertsdicke (D):

Eindringtiefe und Schichtdicke (x) sind nicht zu verwechseln!

- Eindringtiefe (δ): $x = \delta$
 $J = \frac{J_0}{e}$

$$\frac{J_0}{e} = J_0 e^{-a \cdot \delta}$$

$$e = e^{+a \cdot \delta} \quad / \ln$$

$$1 = a \cdot \delta$$

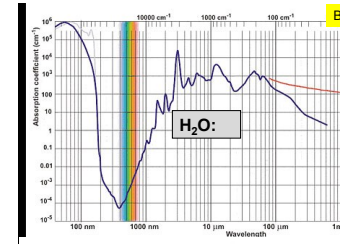
$$\delta = \frac{1}{a}$$

$$D = \ln 2 \cdot \delta$$

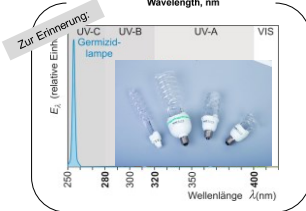
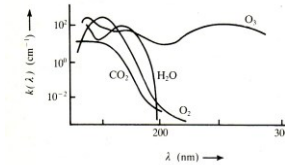
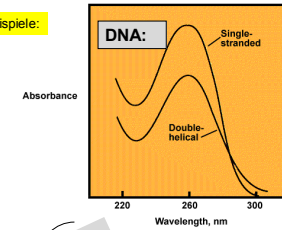
13

- Absorbanz (A): $A = \lg \frac{J_0}{J}$ (dimensionslose Zahl)

- Absorptionsspektrum: α oder a oder A vs. λ



Beispiele:



14

Hausaufgaben: Aufgabensammlung 2.62-72



15