

# Medizinische Biophysik 7. Vorlesung

Licht in der Medizin.

Wechselwirkungen des Lichts mit der Materie

## 1. Reflexion

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

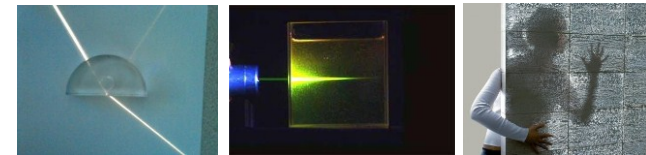
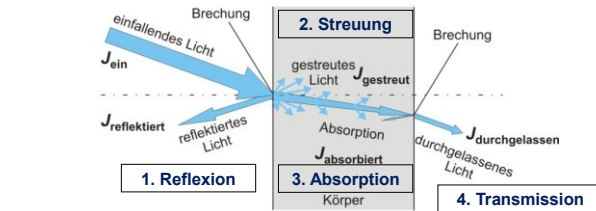
## 2. Streuung

- 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
- e) Schwächungsgesetz
- f) Anwendungen (Absorptionsspektrometrie, Lambert-Beer-Gesetz)
- g) Aufbau eines Spektrophotometers

## VI. Wechselwirkungen zwischen Licht und Materie

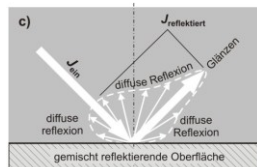
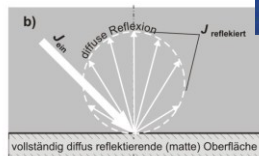
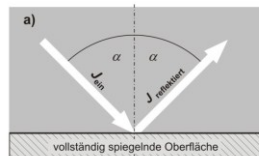


1

2

## 1. Reflexion

a) Reflexionsgesetz:  $\alpha = \beta$



b) Reflexionskoeffizient (Reflektanz, Reflexionsgrad)  $\rho$  (auch  $R$ ):

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

Reflexionskoeffizient  $\rho$  hängt von:

- dem Einfallswinkel
- dem Material
- der Wellenlänge ab.

3

Material:

- Beim senkrechten Einfall und für durchsichtige Stoffe:

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

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

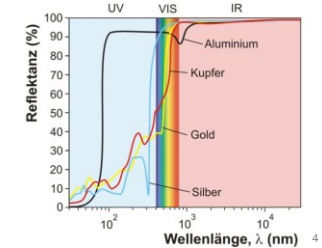
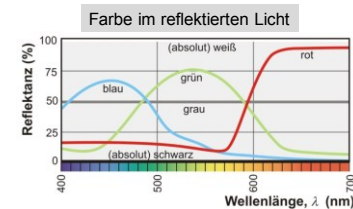


(s. später Ultraschallreflexion)

Wellenlänge:

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

c) Reflexionsspektrum:  $\rho$  vs.  $\lambda$

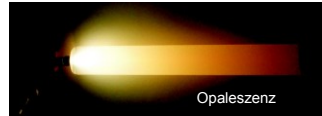


## 2. Streuung

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  $d \ll \lambda$ )



☐  $\sigma(\lambda)$

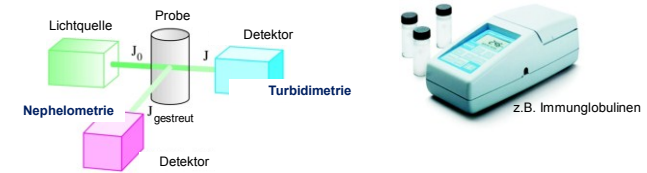
▪ Mie-Streuung  
(Größe der Streuteilchen  $d \approx \lambda$ )



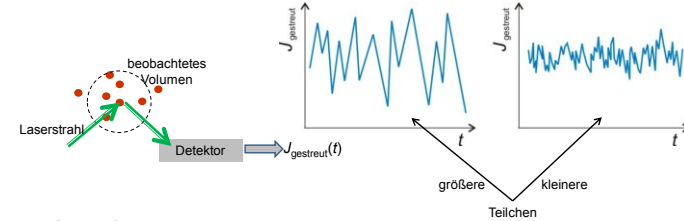
$\sigma(\lambda)$  ist unabhängig von  $\lambda$ !



Anwendung: Konzentrationsbestimmung



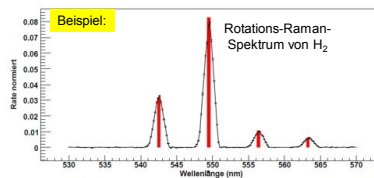
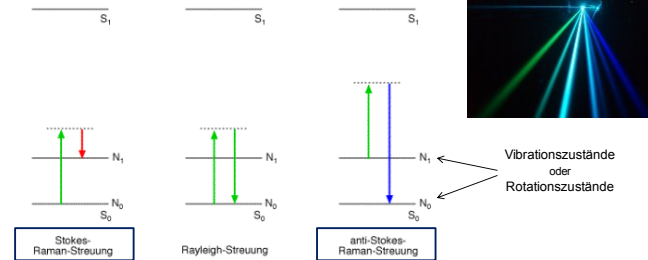
c) dynamische Lichtstreuungsmessung:



Anwendung: Bestimmung der Teilchengröße

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

Raman-Streuung



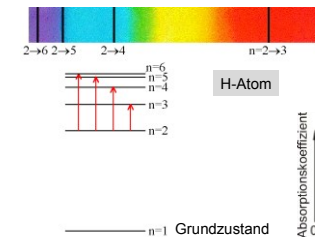
## 3. Absorption

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

b) Absorptionsspektrum:  $\alpha$  vs.  $\lambda$

c) Mechanismus:

Absorption von Atomen:



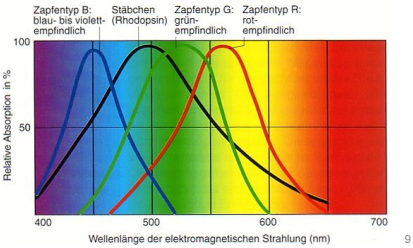
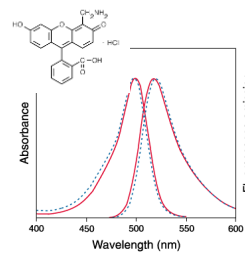
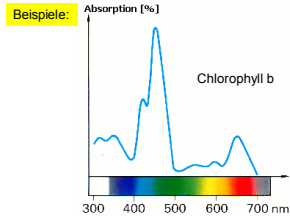
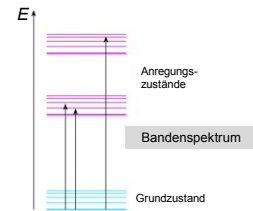
Anwendung: Atomabsorptionsspektrometrie

$\alpha(\lambda) \sim c$

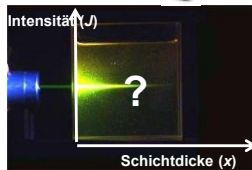
z.B. Blutanalyse



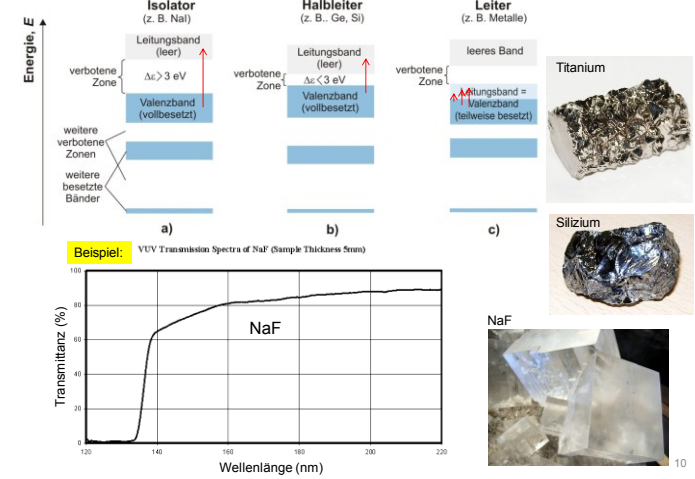
## Absorption von Molekülen:



## d) Absorptionsgesetz:



## Absorption von Festkörpern:



## Diagramm:



- Halbwertsdicke ( $D$ ):
- Eindringtiefe ( $\delta$ ):

- Linearer Absorptionskoeffizient ( $\alpha$ ), Maßeinheit:  $1/m$

11

12

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

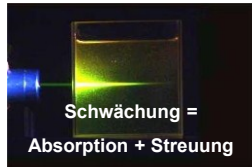
Absorbanz = (dekadische) Extinktion (E) = optische Dichte (OD)

- Absorbtionsspektrum:  $\alpha$  oder  $a$  oder  $A$  vs.  $\lambda$

Beispiel:  $J_0 = 100 \text{ W/m}^2$

$J \text{ (W/m}^2\text{)}$	A

- e) Schwächungsgesetz:  $J = J_0 \cdot e^{-\mu x}$



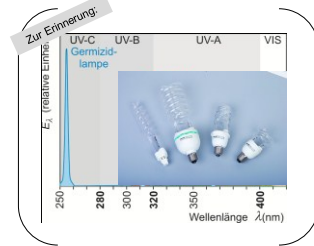
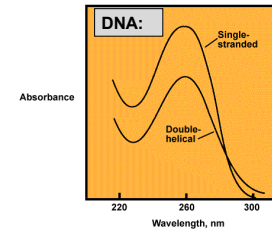
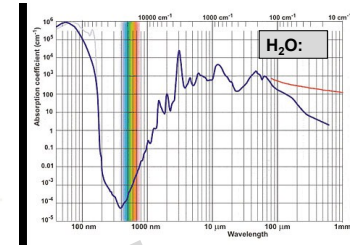
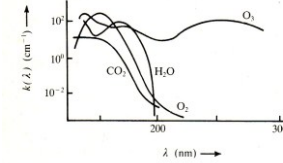
Linearer Schwächungskoeffizient ( $\mu$ ),  
Maßeinheit:  $1/\text{m}$   
(enthält den linearen Absorptions- und  
Streuungskoeffizienten)

Halbwertsdicke (D):  $D = \frac{\ln 2}{\mu}$  Eindringtiefe ( $\delta$ ):  $\delta = \frac{1}{\mu}$

(Gilt allgemein für elektromagnetische Str.,  $\beta$ -Str., mechanische Str., siehe später!)

13

Weitere Absorptionsspektren:



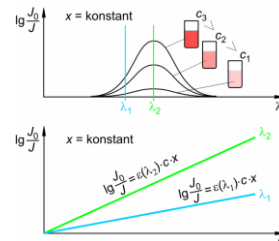
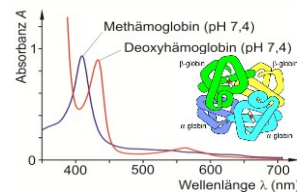
14

f) Anwendung: Absorptionsspektrometrie

- Untersuchung von biologischen Makromoleküle

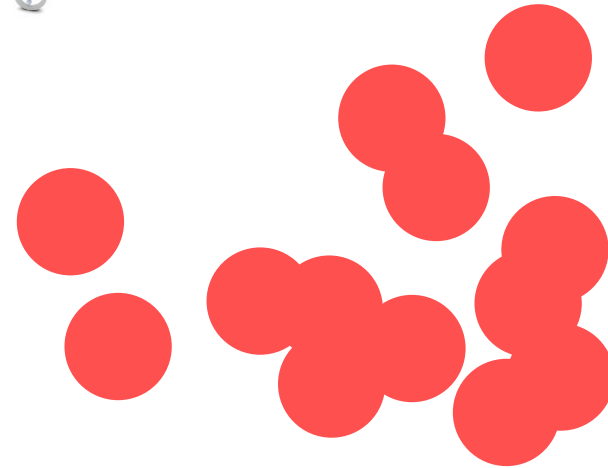
- Konzentrationsbestimmung

- Lambert-Beer-Gesetz (für dünne Lösungen)



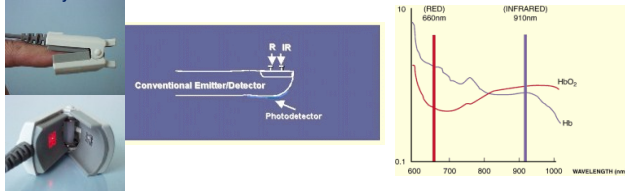
- molarer Extinktionskoeffizient ( $\epsilon$ ), Maßeinheit:  $1/(\text{cm} \cdot \text{mol/l})$

15



16

### Pulsoxymetrie



Hausaufgaben: ■ Neue Aufgabensammlung 2. Teil  
2.57-60, 63-64, 66-67  
6.5-7

### g) Aufbau eines Spektrophotometers:

