

# Absorption und Streuung des Lichtes.

**Balázs Kiss**

kissb3@gmail.com

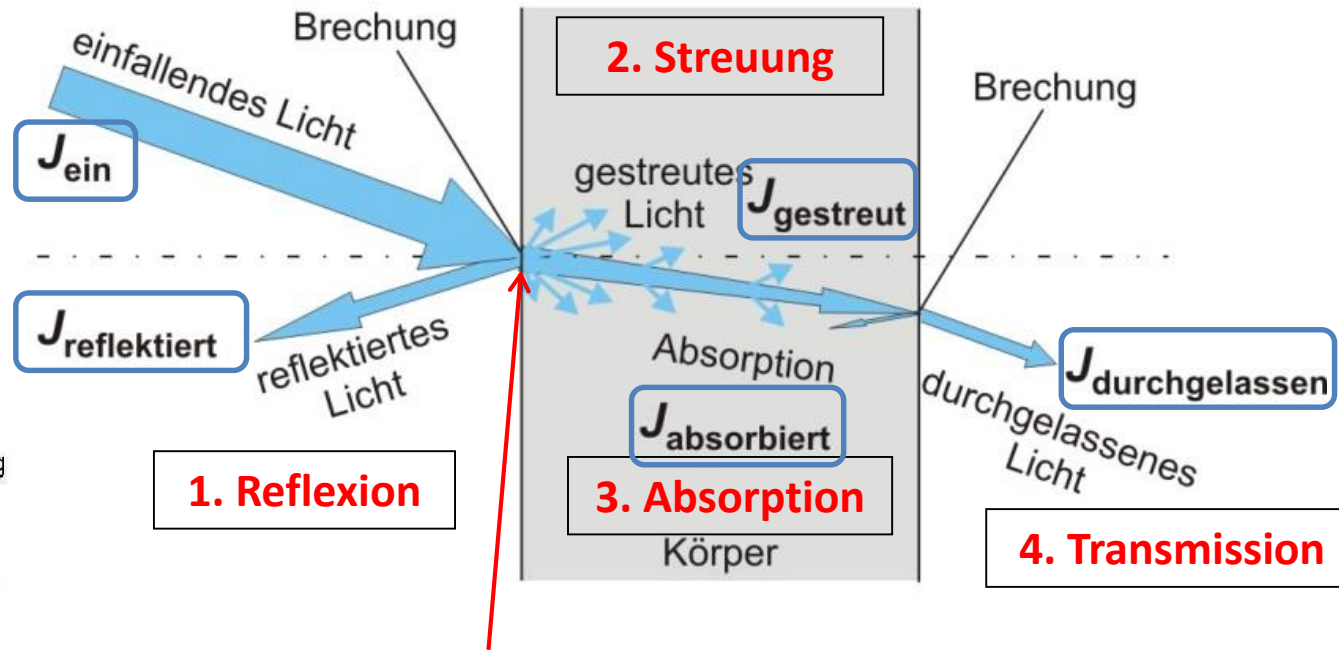
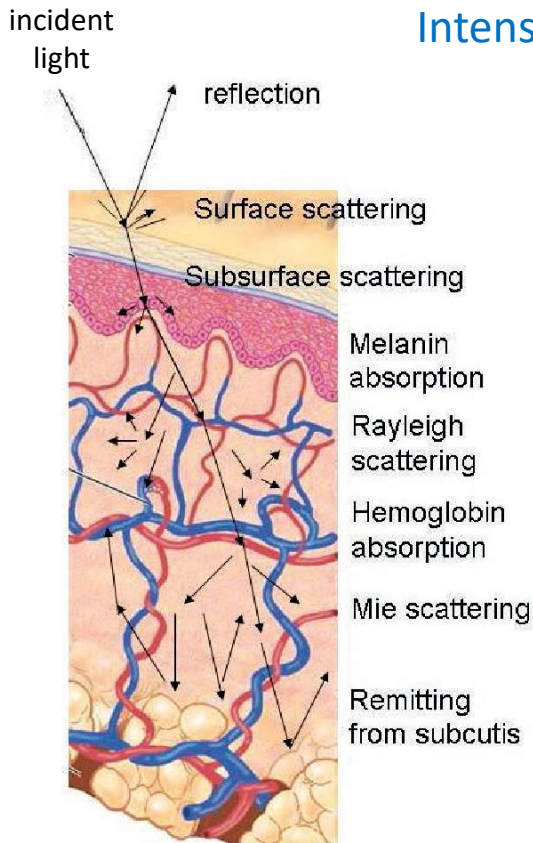


**Institut für Biophysik und Strahlenbiologie,  
Myofilament-Mechanobiophysik Forschungsgruppe,  
Semmelweis Universität**

*09. Oktober 2024.*

# Wechselwirkungen zwischen Licht und Materie

Intensität = Strahlungsleistung pro Fläche,  $J = \frac{\Delta P}{\Delta A} \left[ \frac{W}{m^2} \right]$



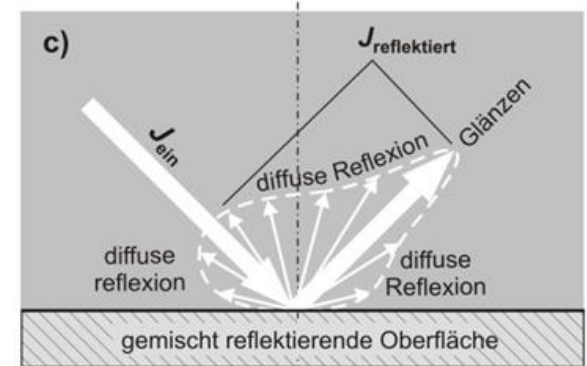
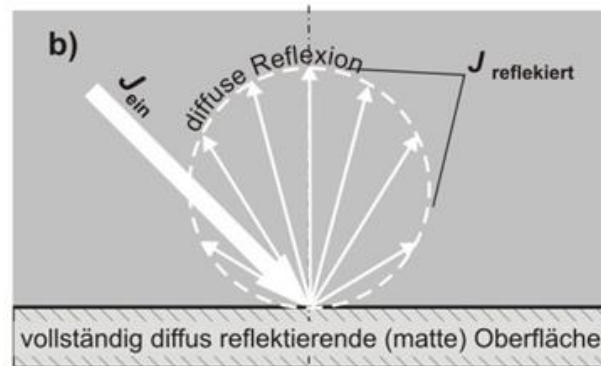
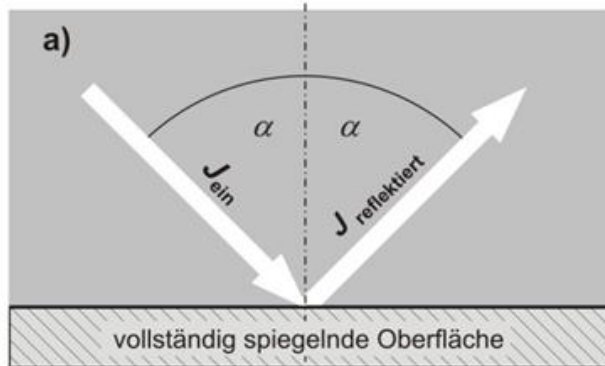
Die in den Körper

eindringende Intensität ist  $J_0$ :

$$J_0 = J_{\text{ein}} - J_{\text{reflektiert}}$$

# Reflexion

a) Reflexionsgesetz:  $\alpha = \beta$

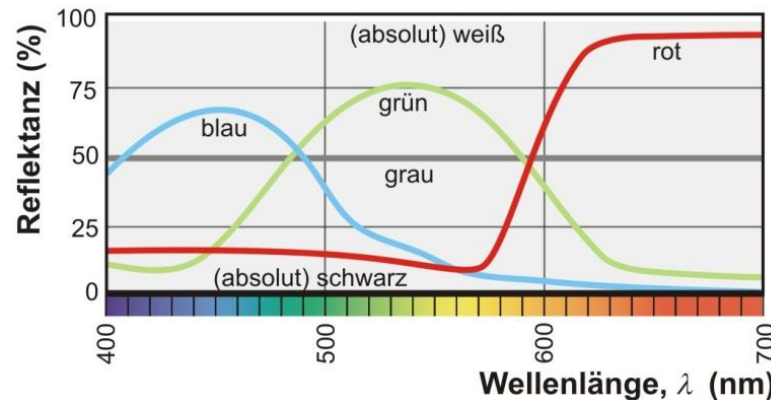


b) Reflexionskoeffizient (Reflexionsgrad, Reflektanz):  $\rho$  (Rho, auch  $R$ ):  $\rho = \frac{J_{\text{reflektiert}}}{J_{\text{einfallend}}}$

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

d) Reflexionsspektrum:

$\rho$  abhängig von  $\lambda$

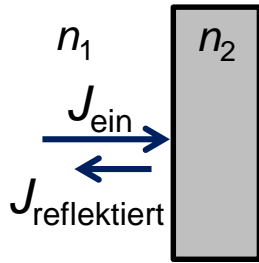


Farbe des  
Körpers im  
reflektierten  
Licht

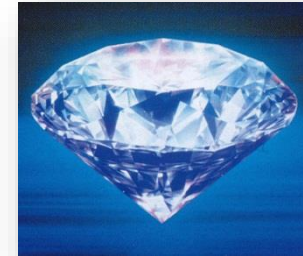
# Was beeinflusst den Reflexionskoeffizienten?

## a) Material:

Beim senkrecht einfallendes Licht und für durchsichtige Stoffe:

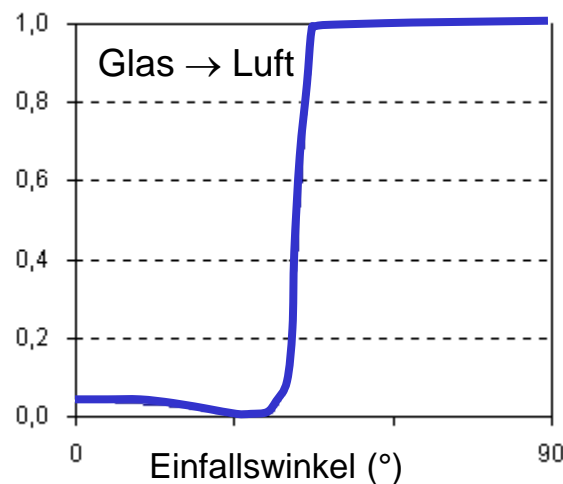
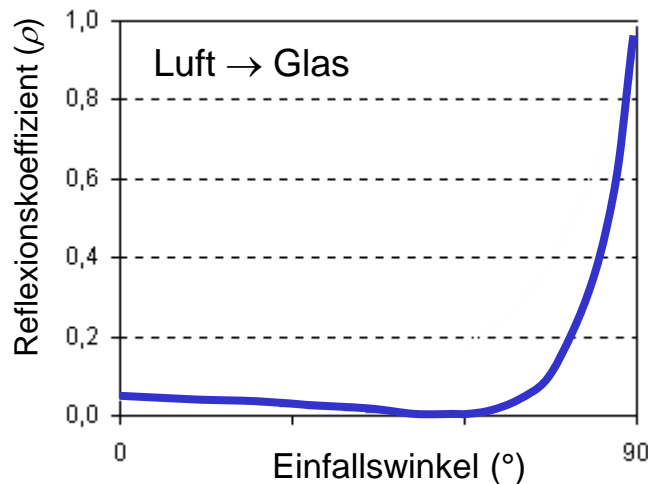


$$\rho = \left( \frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} \right)^2 \quad \left( = \left( \frac{c_1 - c_2}{c_1 + c_2} \right)^2 \right)$$

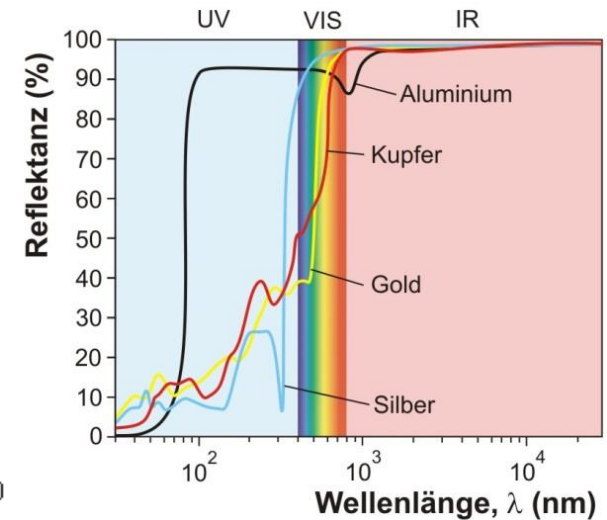


## b) Einfallswinkel:

je größer ist der Einfallswinkel,  
desto größer wird  $\rho$



## c) Wellenlänge:



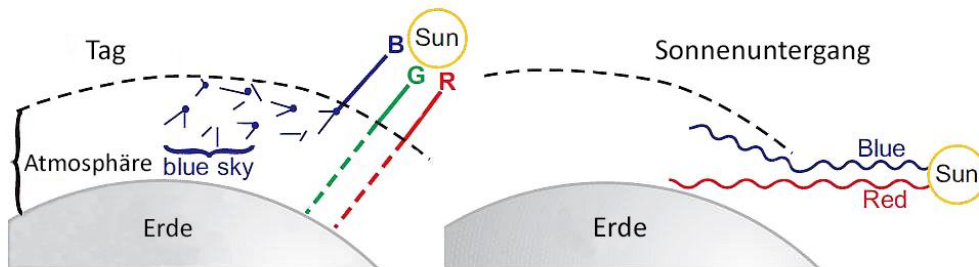
# Streuung

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

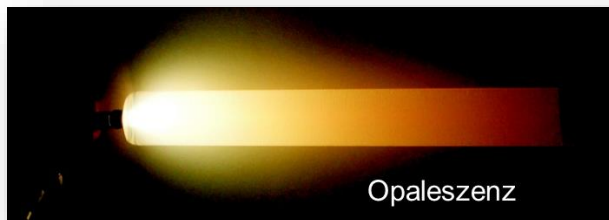
**Elastische Streuung:**  $\lambda_{\text{einfallend}} = \lambda_{\text{gestreut}}$

## Rayleigh-Streuung

(Größe der Streuteilchen  $d \ll \lambda$ )

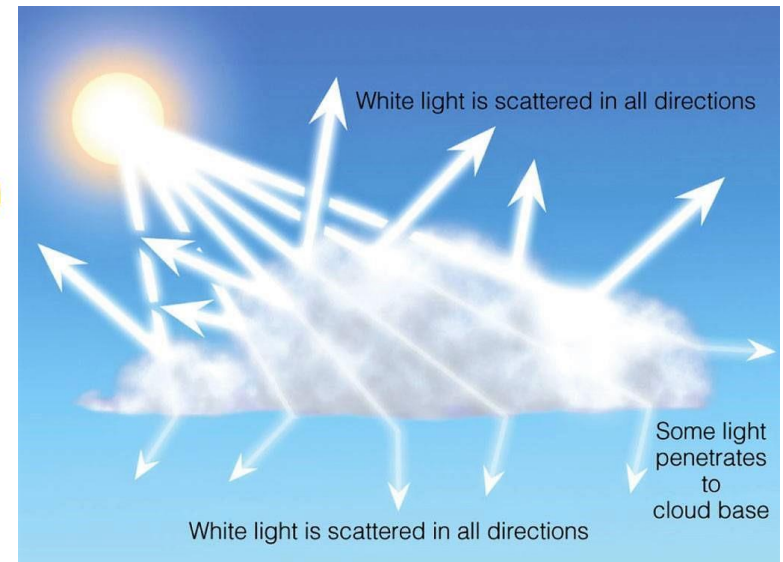


$$\sigma(\lambda) \sim \frac{d^6}{\lambda^4}$$



## Mie-Streuung

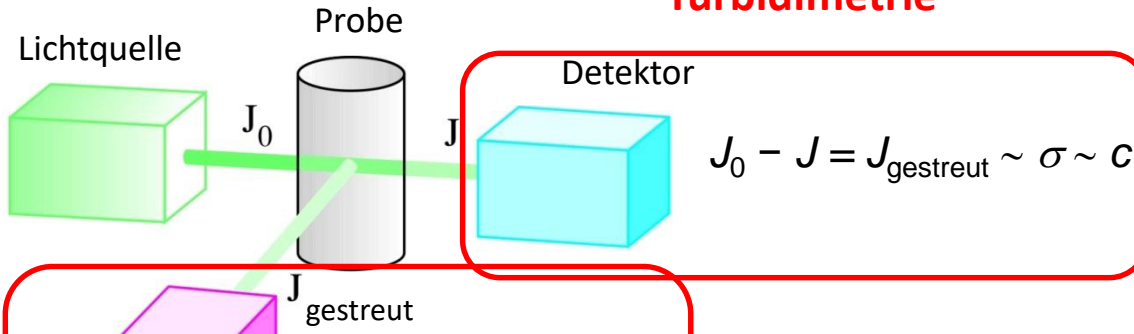
(Größe der Streuteilchen  $d \approx > \lambda$ )



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

# Elastische Streuung: Technische Anwendungen

## Turbidimetrie

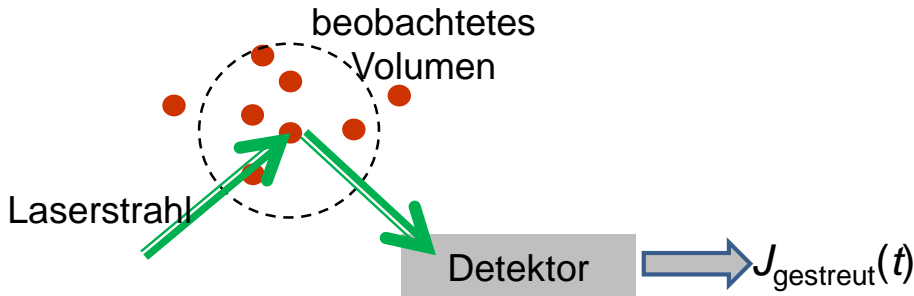


**Anwendung:** Konzentrationsbestimmung von Immunglobulinen

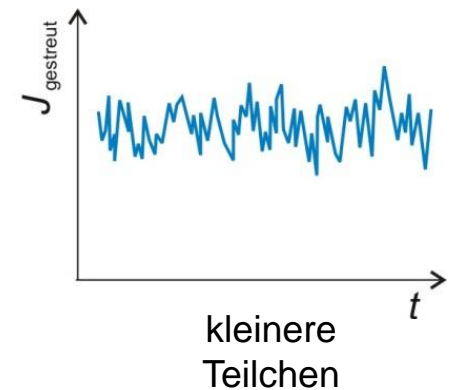
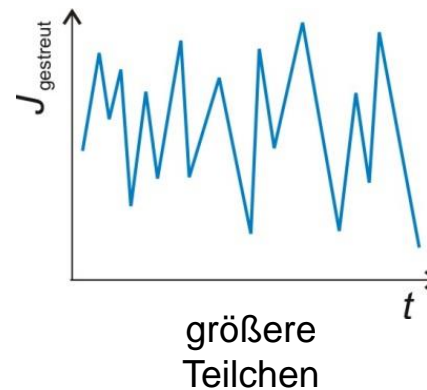
## Nephelometrie

$$J_{\text{gestreut}} \sim \sigma \sim c$$

## Dynamische Lichtstreuungsmessung:



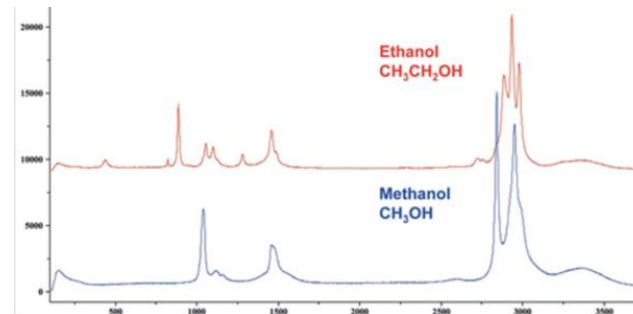
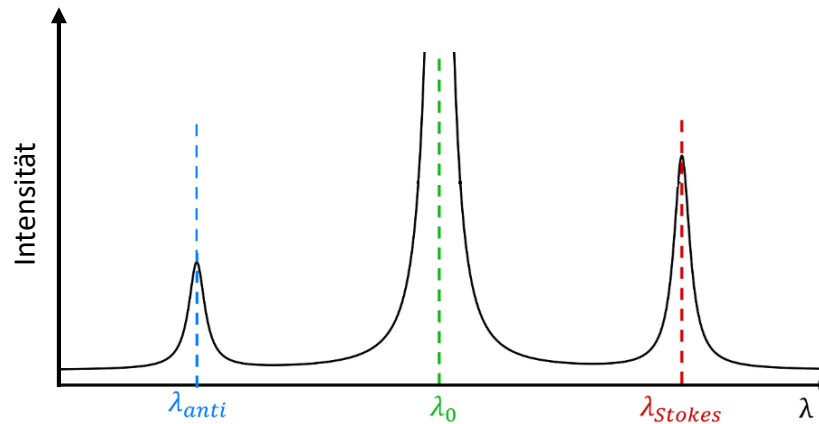
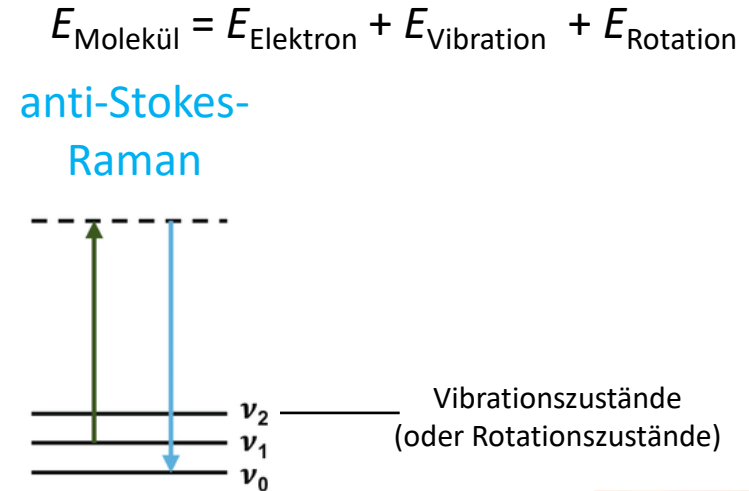
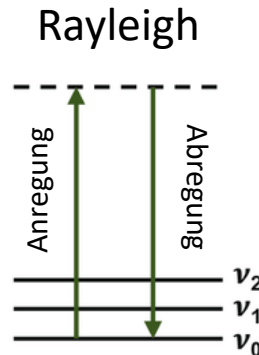
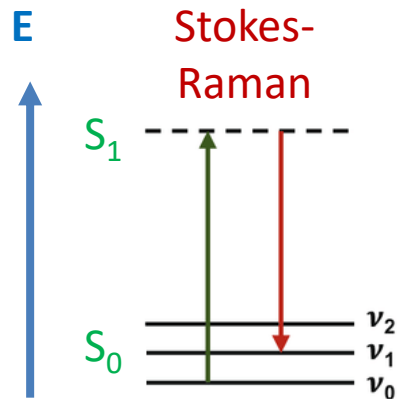
**Anwendung:** Bestimmung der Teilchengröße



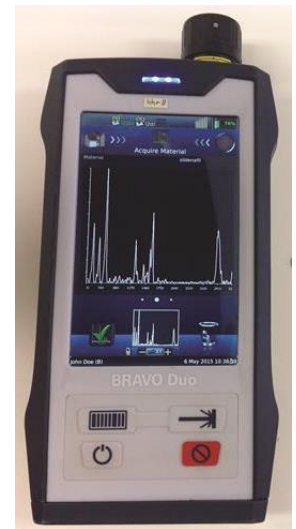


# Unelastische Streuung $\lambda_{\text{einfallend}} \neq \lambda_{\text{gestreut}}$

## Raman-Streuung:



Bestimmung der Vibrations-, oder Rotationszuständen (-energien)



Identifizierung der Stoffe

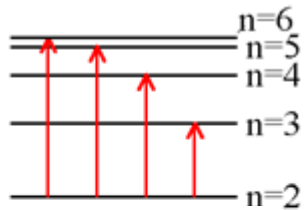
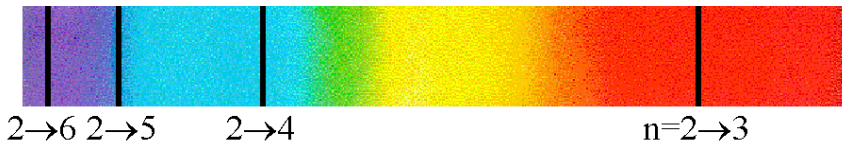
# Absorption

- **spektraler Absorptionsgrad**  $\alpha(\lambda)$ :
- **Absorptionsspektrum:**  $\alpha$  abhängig vom  $\lambda$
- **Mechanismus:**

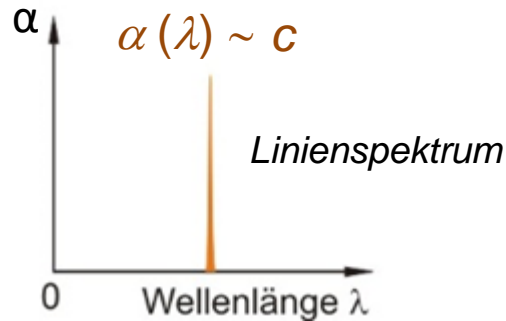
$$\alpha(\lambda) = \frac{J_{\text{absorbiert}}(\lambda)}{J_{\text{einfallend}}(\lambda)}$$

## bei Atomen

H-Atom



Anregungs-  
zustände



*Linienpektrum*

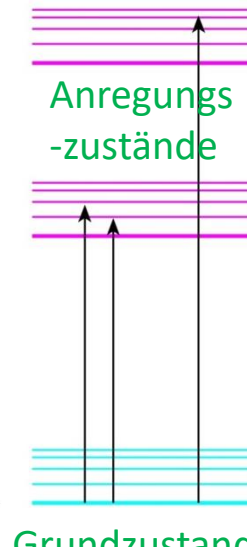
## Anwendung:

- Atomabsorptionsspektrometrie
- Elementanalyse aus Blut

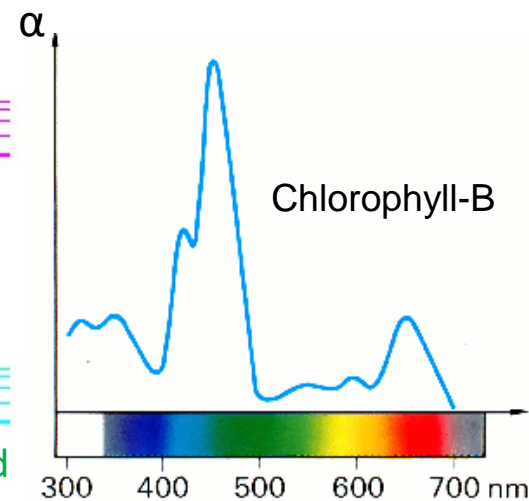
Grund-  
zustand

## bei Molekülen

E



*Bandenspektrum*



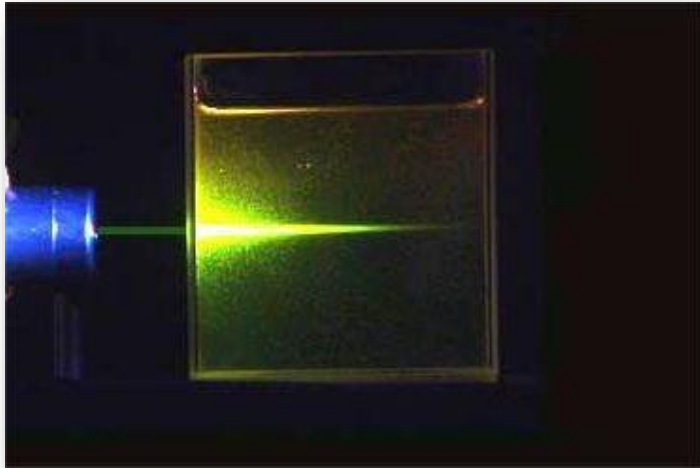
Chlorophyll-B

## Anwendung:

- Elementanalyse



# Schwächungsgesetz

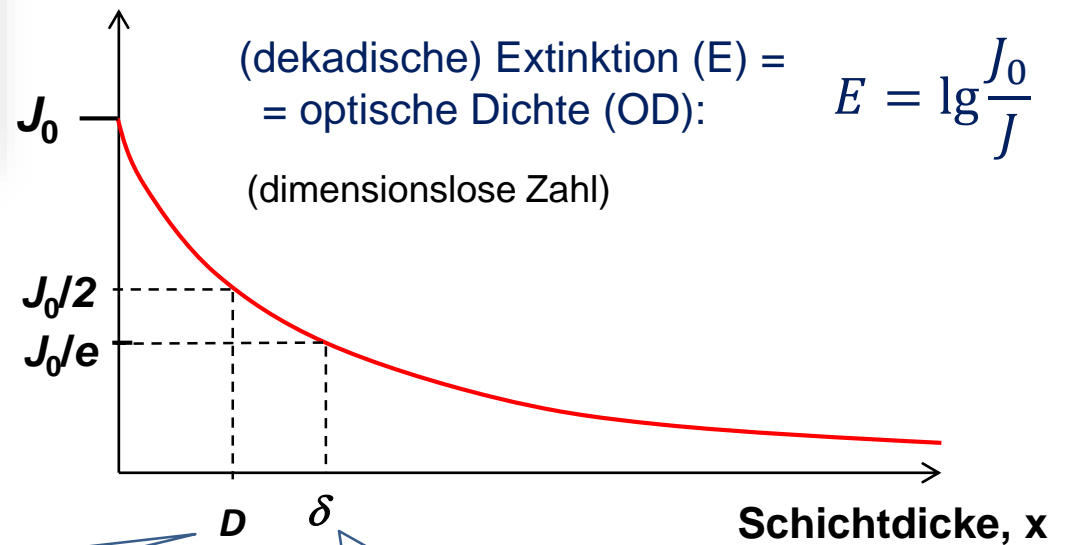


**Schwächung =  
Absorption + Streuung**

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

Linearer  
Schwächungskoeffizient  
( $\mu$ ), Maßeinheit: 1/m

Intensität,  $J$



Halbwertsdicke

Eindringtiefe

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

Eindringtiefe ( $\delta$ ):  $\delta = \frac{1}{\mu}$

# Absorptionsgesetz

Wenn man nur die Absorption betrachtet:

$$J = J_0 e^{-\alpha \cdot x}$$

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

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

Oft spricht man über Absorbanz auch dann, wenn die Streuung nicht vernachlässigbar ist, wenn man also Extinktion sagen müsste: Absorbanz  $\approx$  (dekadische) Extinktion ( $E$ ) = optische Dichte (OD)

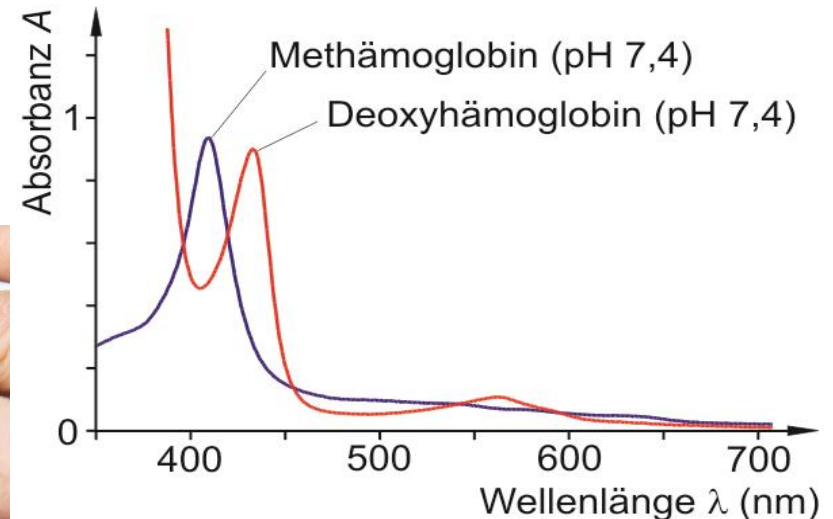
## Anwendung: Absorptionsspektrometrie

- Untersuchung von biologischen Makromoleküle
- Konzentrationsbestimmung (z.B.: Pulsoxymetrie)

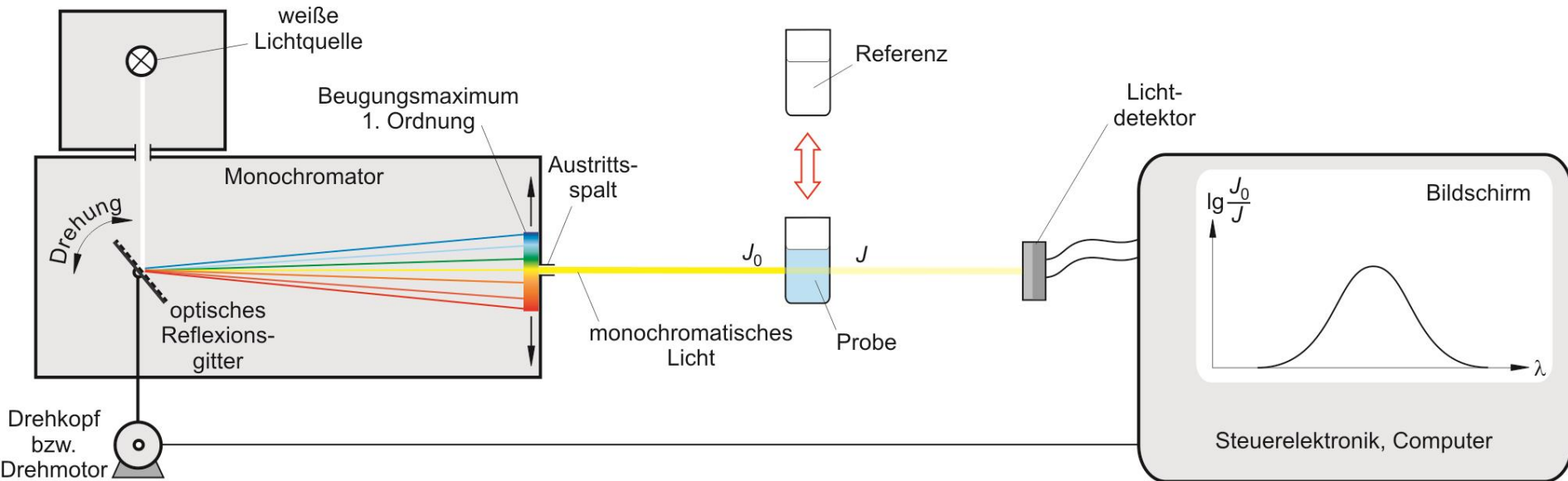
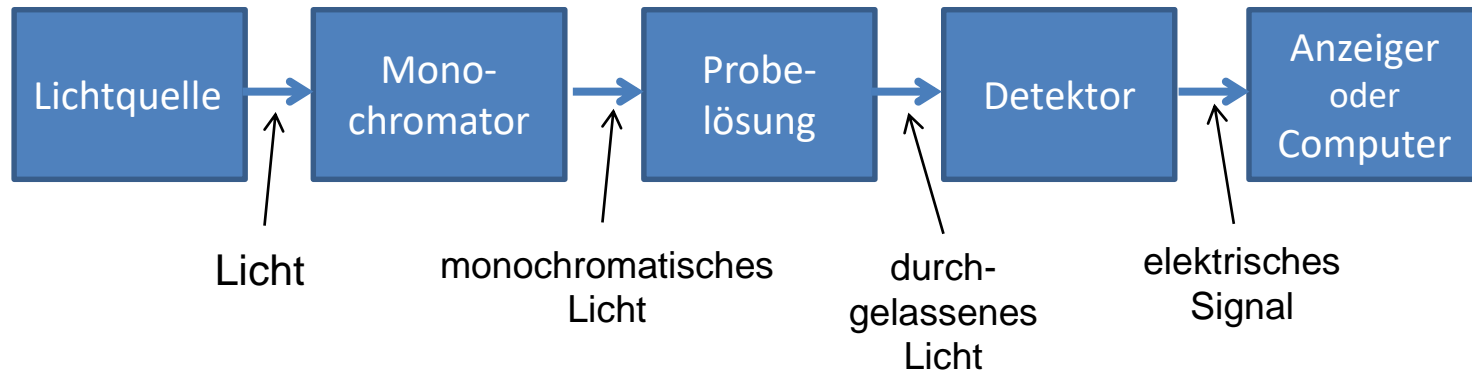
## Lambert-Beer-Gesetz:

$$\lg \frac{J_0}{J} = \varepsilon(\lambda) \cdot c \cdot x$$

$\varepsilon$ : molarer Extinktionskoeffizient,  
Maßeinheit: 1/(cm·mol/l)

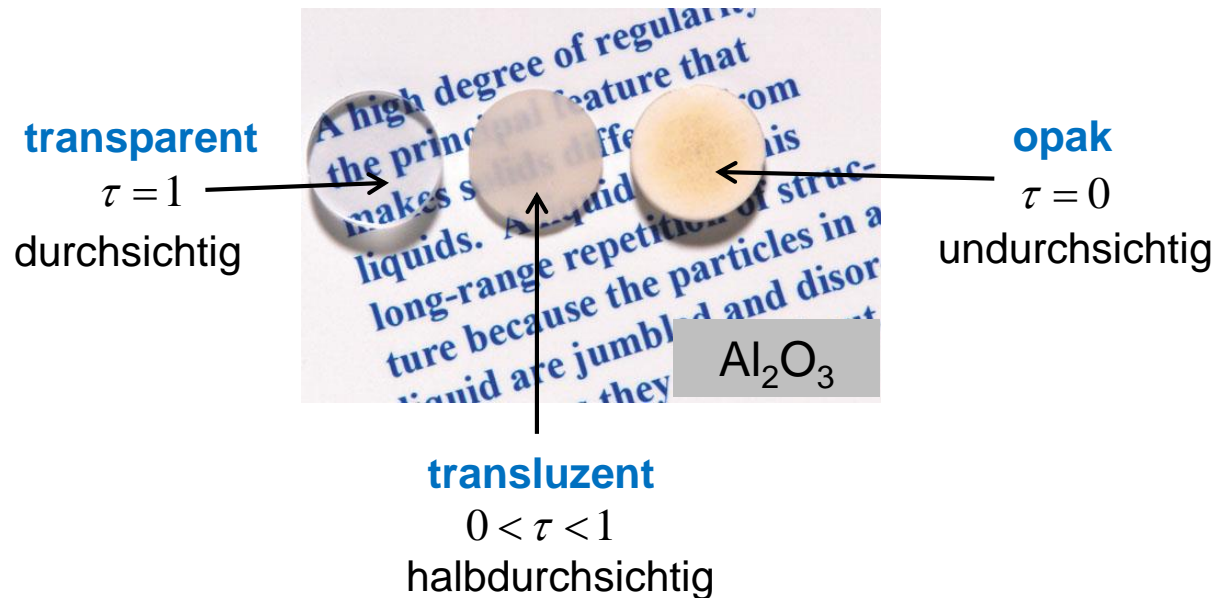


# Absorptionsspektrometer



# Transmission

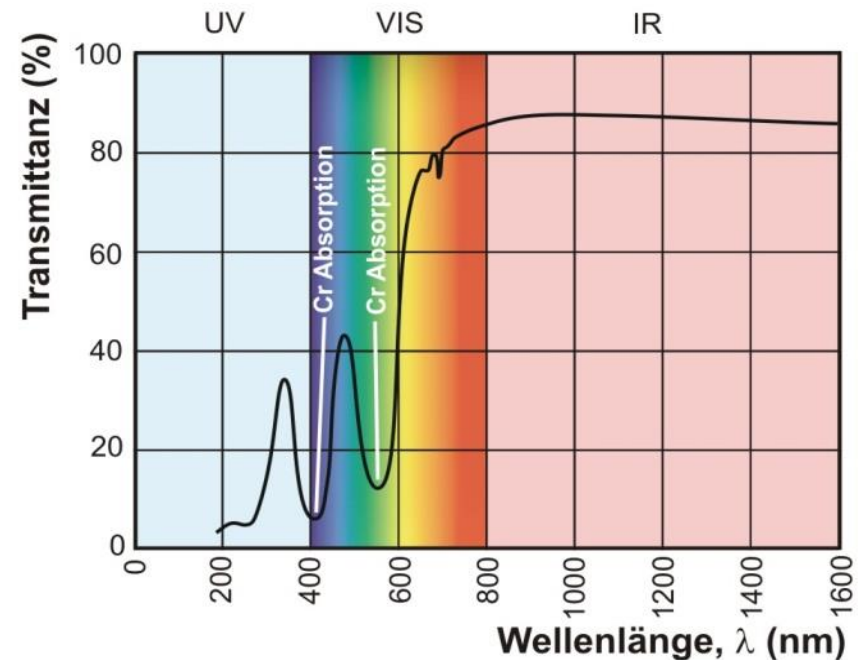
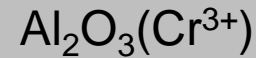
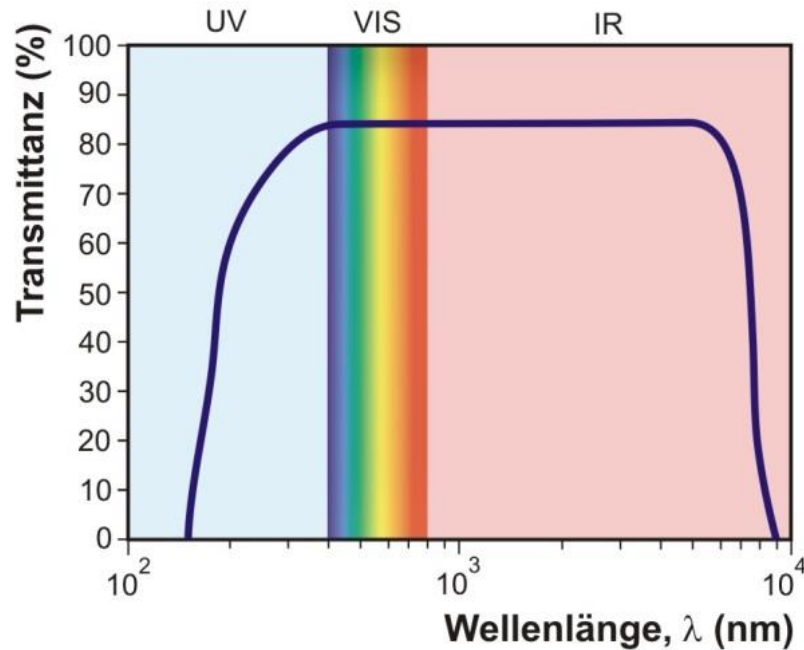
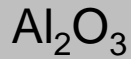
- **spektraler Transmissionskoeffizient  $\tau(\lambda)$ :**  $\tau(\lambda) = \frac{J_{\text{durchgelassen}}(\lambda)}{J_{\text{einfallend}}(\lambda)}$   
(Transmittanz)



$$\rho(\lambda) + \sigma(\lambda) + \alpha(\lambda) + \tau(\lambda) = 1$$

# Transmissionspektrum

- **Transmissionsspektrum:**  $\tau$  abhängig vom  $\lambda$



# Hausaufgaben

## Aufgabensammlung

2.62 – 2.72

## Feedback