

Absorption und Streuung des Lichtes.

Balázs Kiss

kissb3@gmail.com



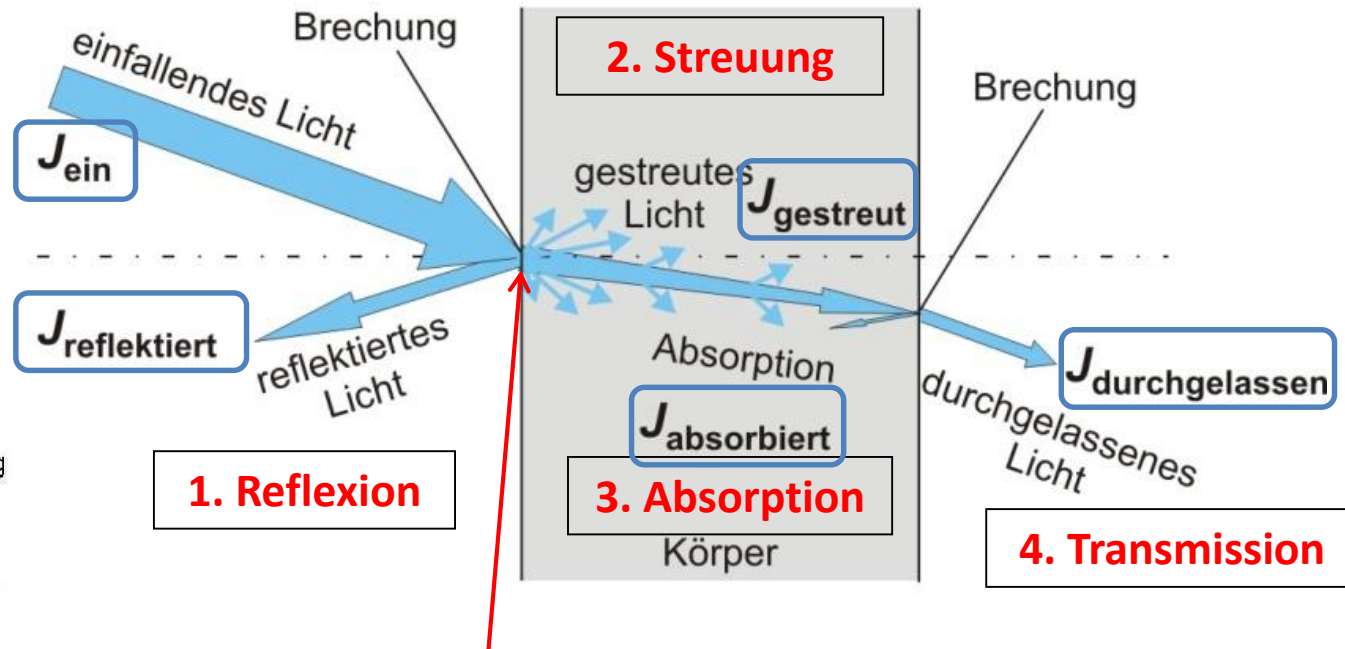
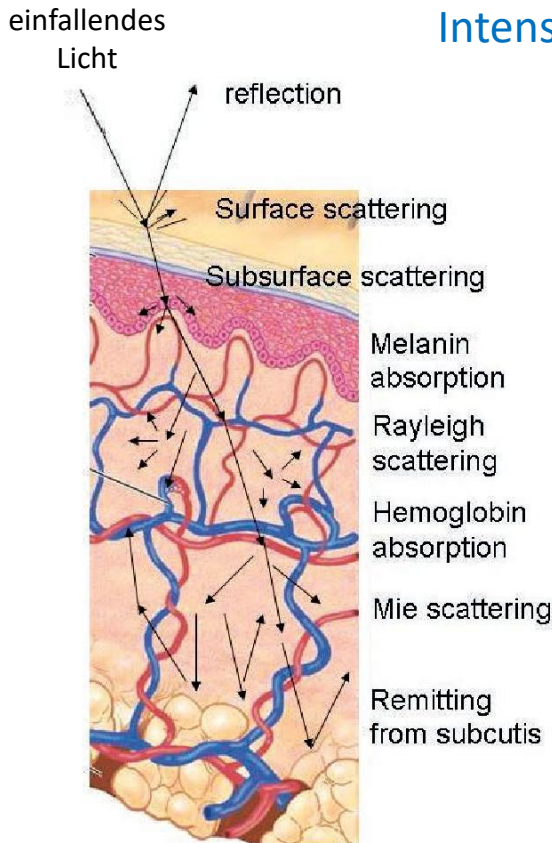
**Institut für Biophysik und Strahlenbiologie,
Myofilament-Mechanobiophysik Forschungsgruppe,
Semmelweis Universität**

15. Oktober 2025.

Wechselwirkungen zwischen Licht und Materie

senkrecht einfallende Leistung

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

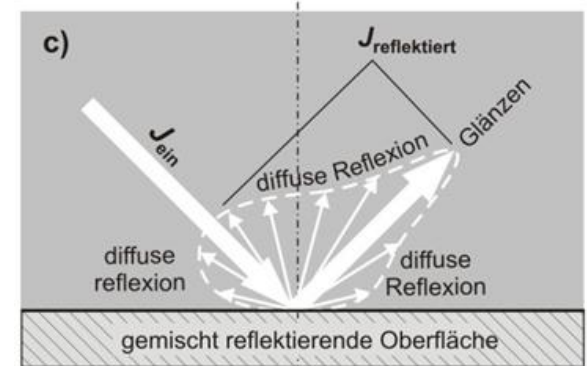
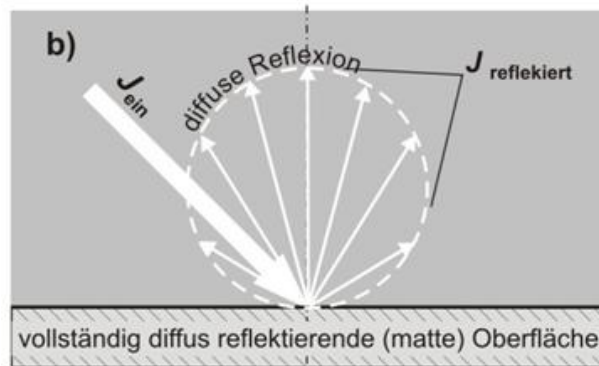
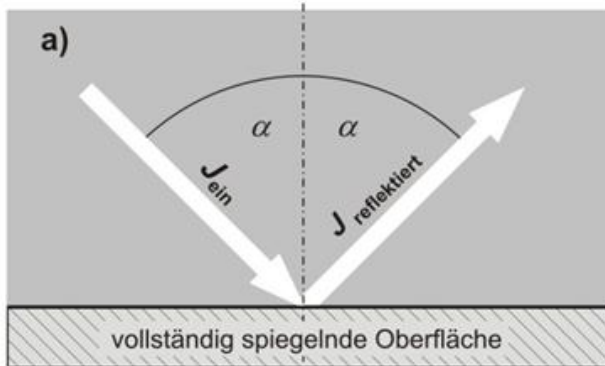


Die in den Körper eindringende Intensität ist J_0 :

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

Reflexion

a) Reflexionsgesetz: $\alpha = \beta$



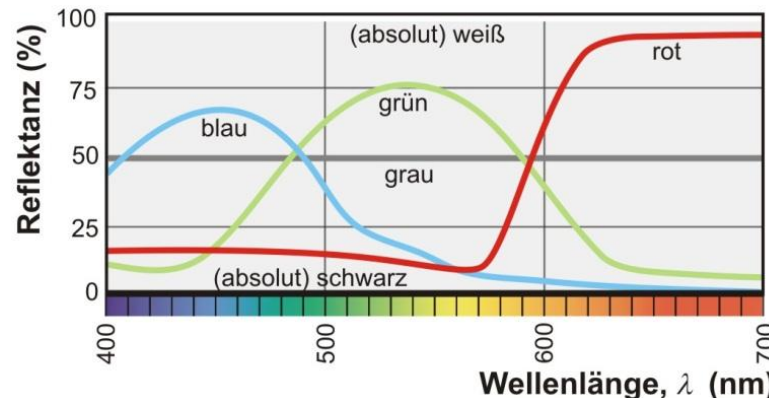
b) Reflexionskoeffizient (Reflexionsgrad, Reflektanz): ρ (Rho, auch R):

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

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

d) Reflexionsspektrum:

ρ abhängig von λ

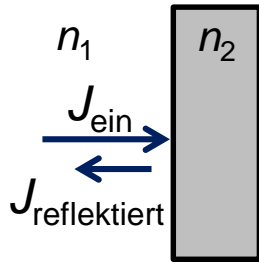


Farbe des Körpers im reflektierten Licht

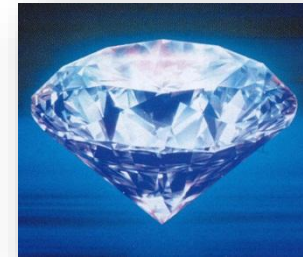
Was beeinflusst den Reflexionskoeffizienten?

a) Material:

Beim senkrecht einfallendes Licht und für durchsichtige Stoffe:

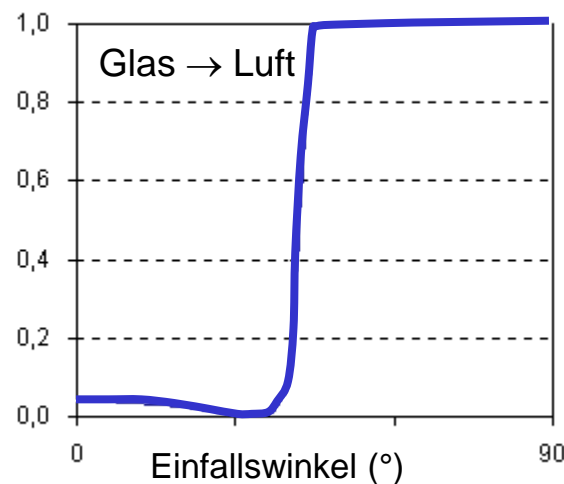
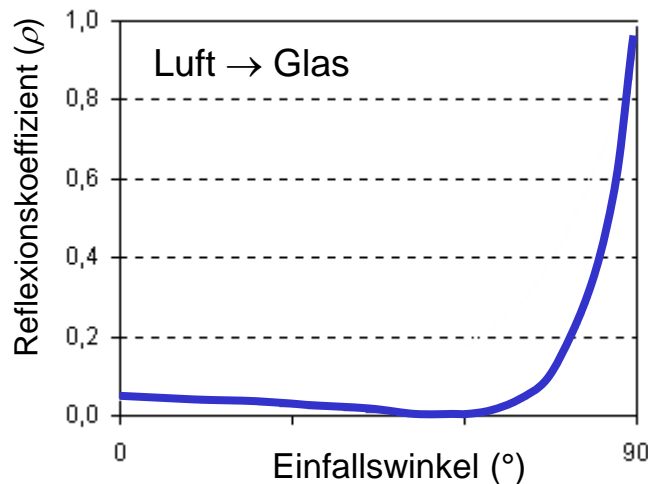


$$\rho = \left(\frac{n_2 - n_1}{n_2 + n_1} \right)^2 \quad \left(= \left(\frac{c_1 - c_2}{c_1 + c_2} \right)^2 \right)$$

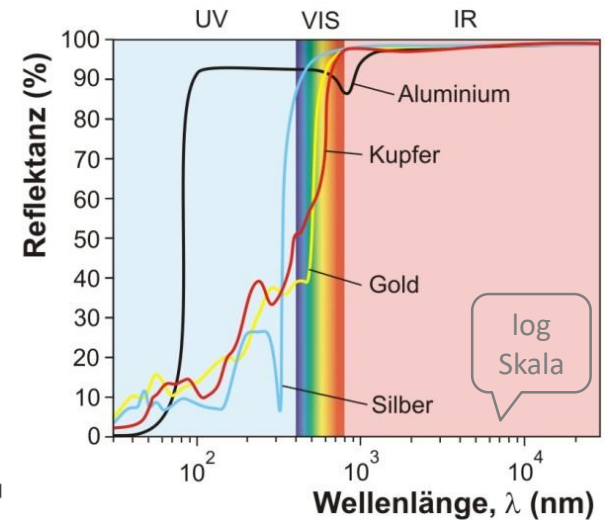


b) Einfallswinkel:

je größer ist der Einfallswinkel,
desto größer wird ρ



c) Wellenlänge:



Streuung

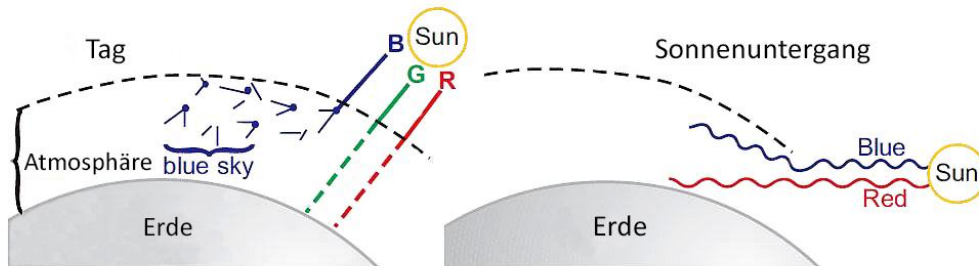
- spektraler Streukoeffizient $\sigma(\lambda)$:
$$\sigma(\lambda) = \frac{J_{\text{gestreut}}(\lambda)}{J_{\text{einfallend}}(\lambda)}$$

Energieerhaltung

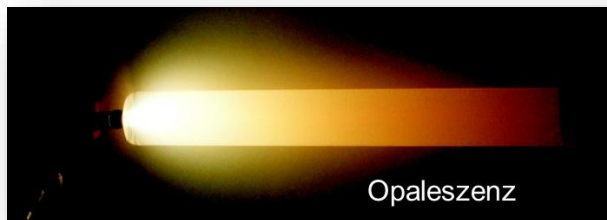
Elastische Streuung: $\lambda_{\text{einfallend}} = \lambda_{\text{gestreut}}$

Rayleigh-Streuung

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

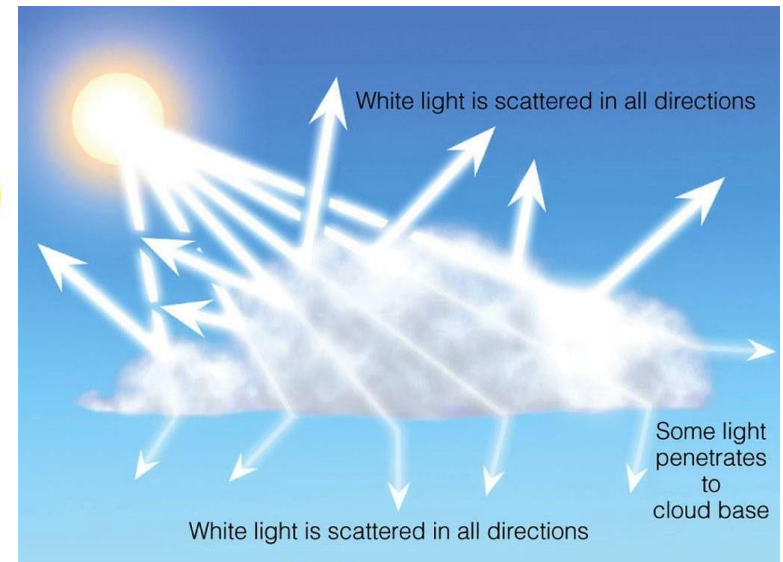


$$\sigma(\lambda) \sim \frac{d^6}{\lambda^4}$$



Mie-Streuung

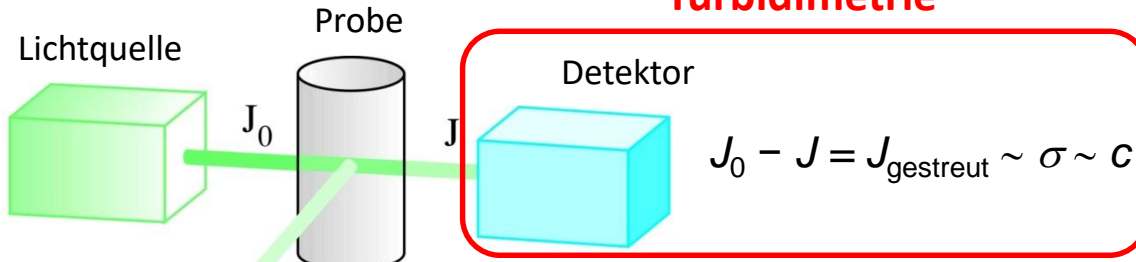
(Größe der Streuteilchen $d \approx > \lambda$)



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

Elastische Streuung: Technische Anwendungen

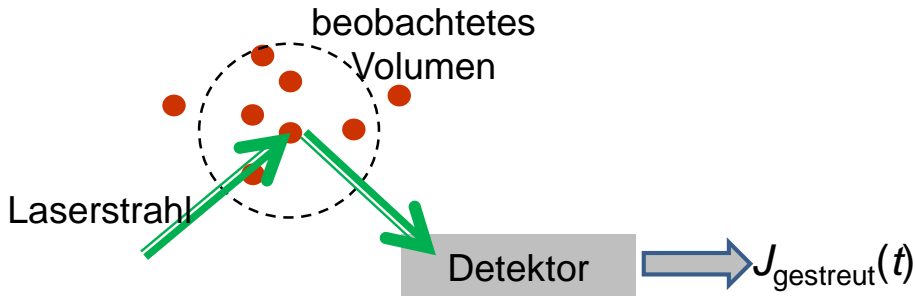
Turbidimetrie



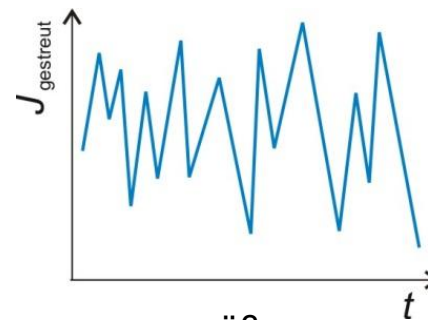
Anwendung: Konzentrationsbestimmung von Immunglobulinen

Nephelometrie $J_{\text{gestreut}} \sim \sigma \sim C$

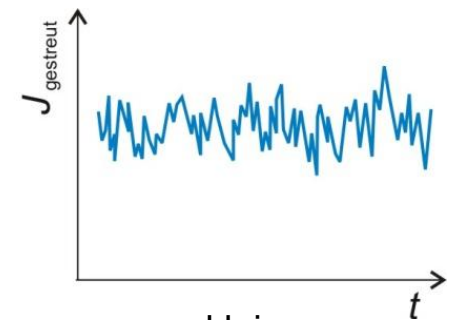
Dynamische Lichtstreuungsmessung:



Anwendung: Bestimmung der Teilchengröße



größere
Teilchen

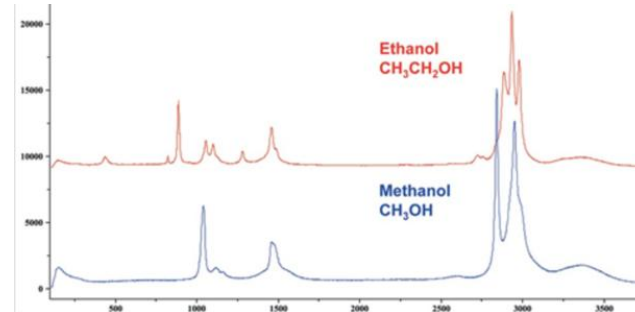
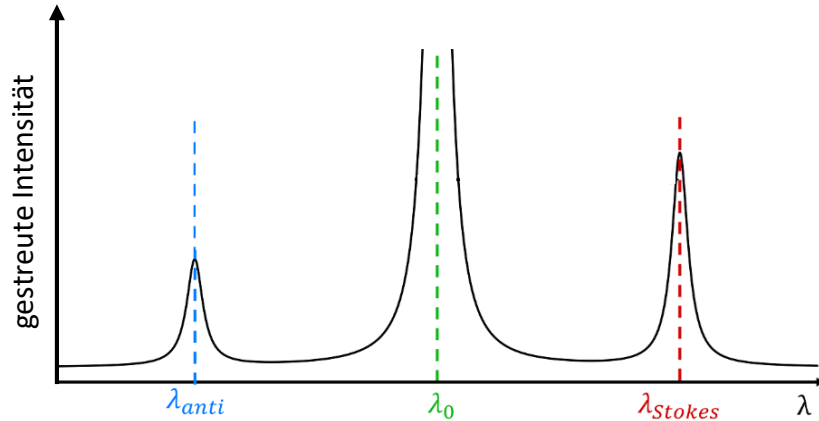
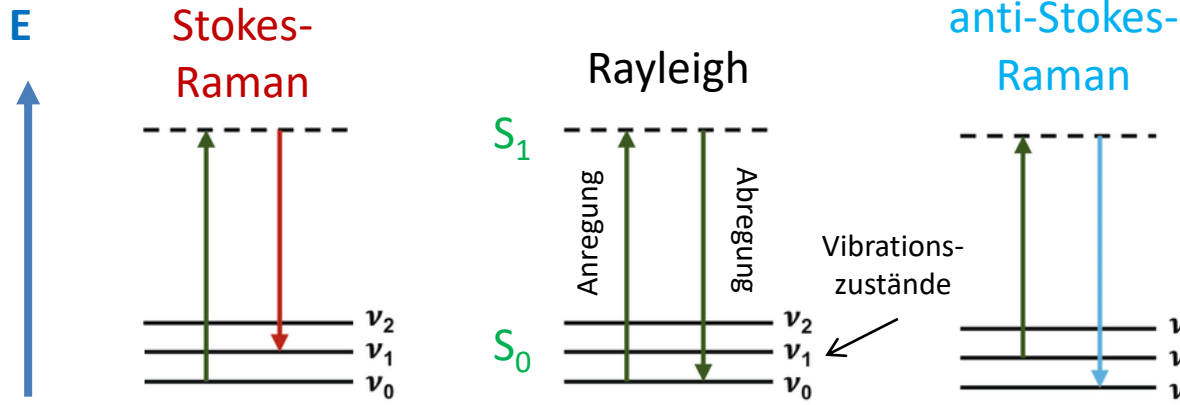


kleinere
Teilchen

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

Raman-Streuung

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



Bestimmung der Vibrations-, oder Rotationszuständen (-energien)

Anwendung:



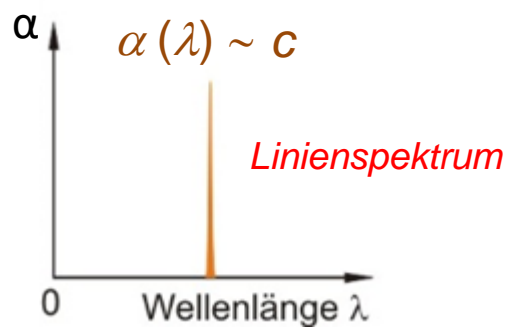
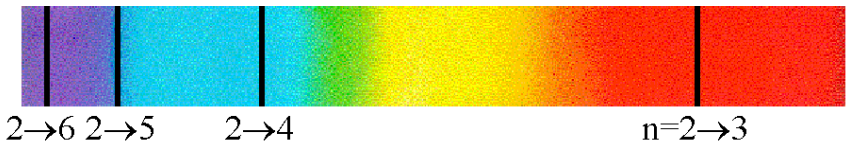
Identifizierung der Stoffe

Absorption

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

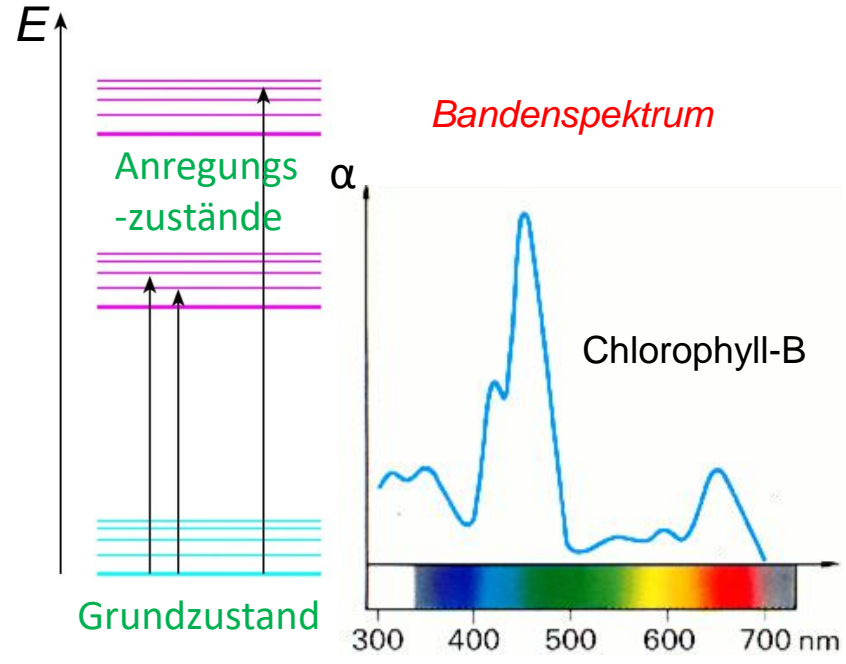
$$\alpha(\lambda) = \frac{J_{\text{absorbiert}}(\lambda)}{J_{\text{einfallend}}(\lambda)}$$

bei Atomen H-Atom



- Anwendung:**
- Atomabsorptionsspektrometrie
 - Elementanalyse aus Blut

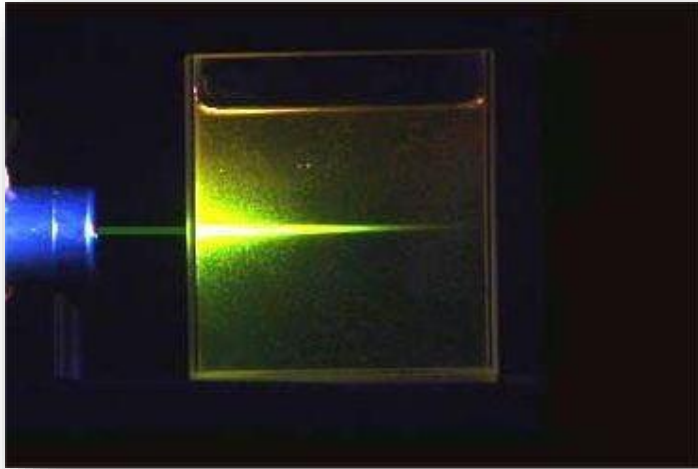
bei Molekülen



- Anwendung:**
- Elementanalyse

Grundzustand

Schwächungsgesetz

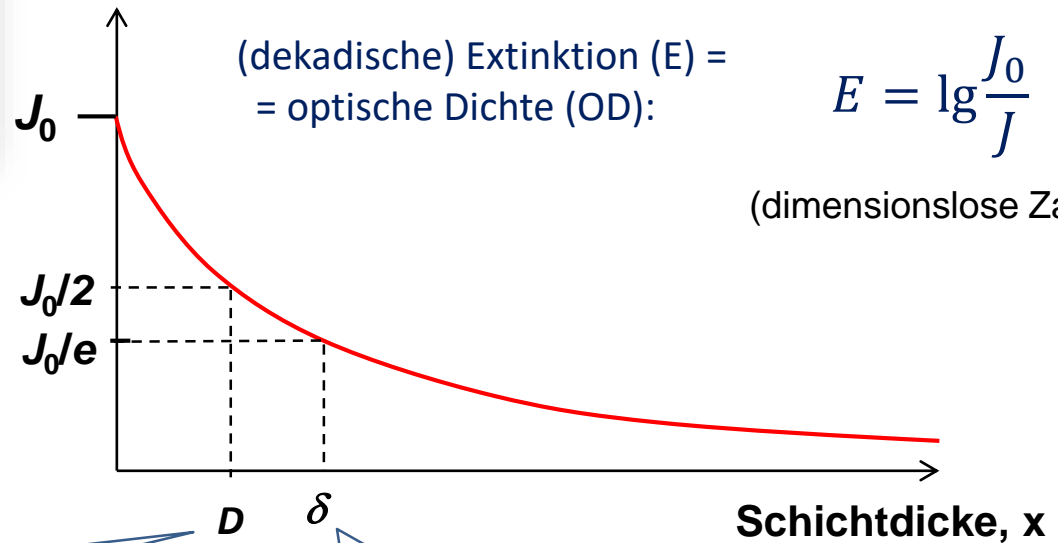


**Schwächung =
Absorption + Streuung**

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

Linearer
Schwächungskoeffizient
(μ), Maßeinheit: 1/m

Intensität, J



Halbwertsdicke

Eindringtiefe

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

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

Absorptionsgesetz

Wenn man nur die Absorption betrachtet:

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

Linearer Absorptionskoeffizient
(α), Maßeinheit: 1/m

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

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)

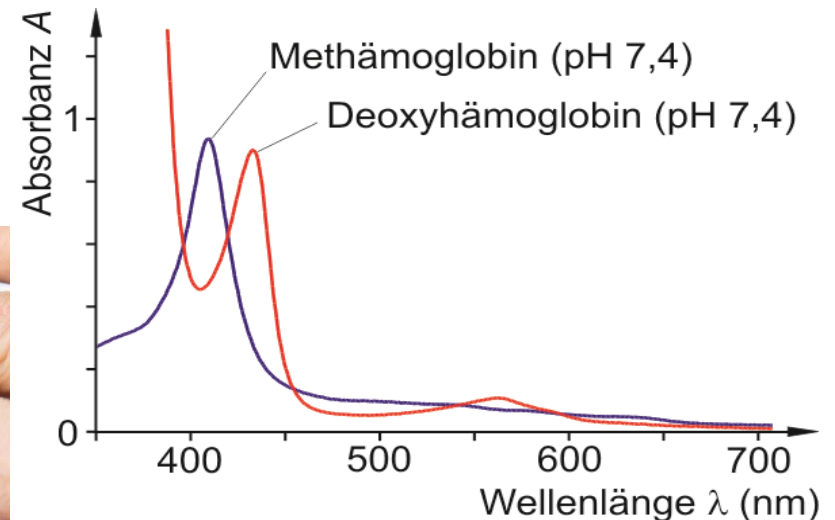
Anwendung: Absorptionsspektrometrie

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

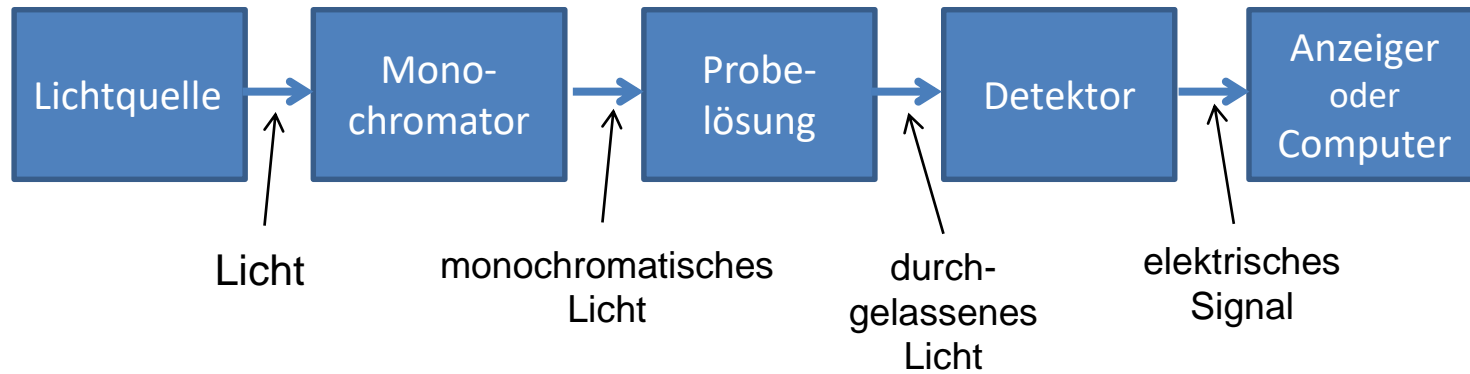
Lambert-Beer-Gesetz:

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

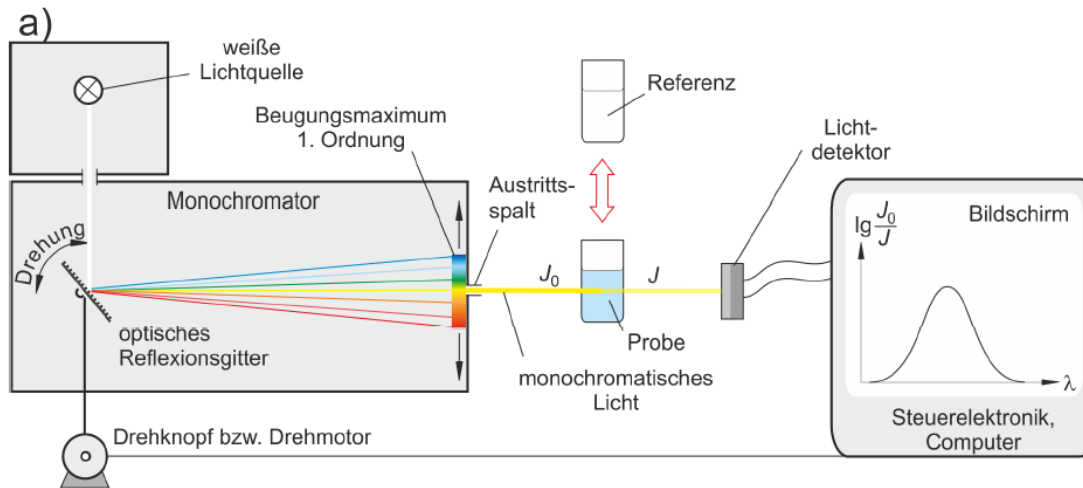
ε : molarer Extinktionskoeffizient,
Maßeinheit: 1/(cm·mol/l)



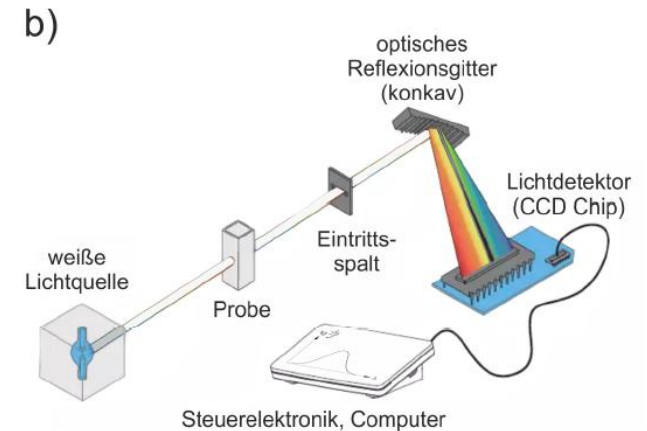
Absorptionsspektrometer



klassisches Spektrophotometer

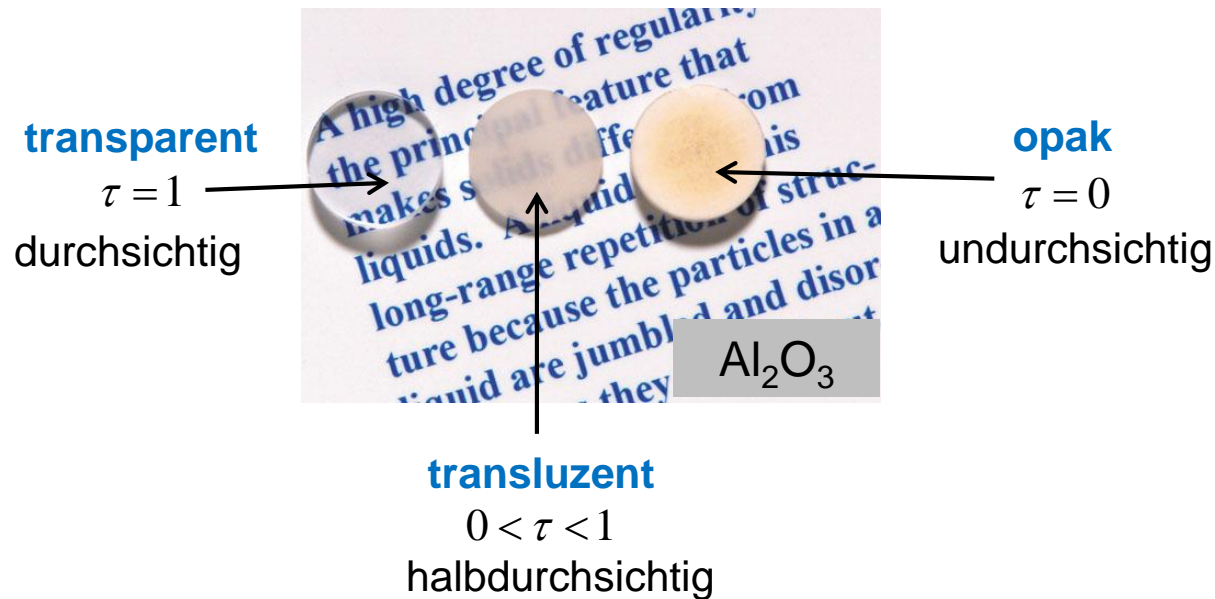


modernes Spektrophotometer



Transmission

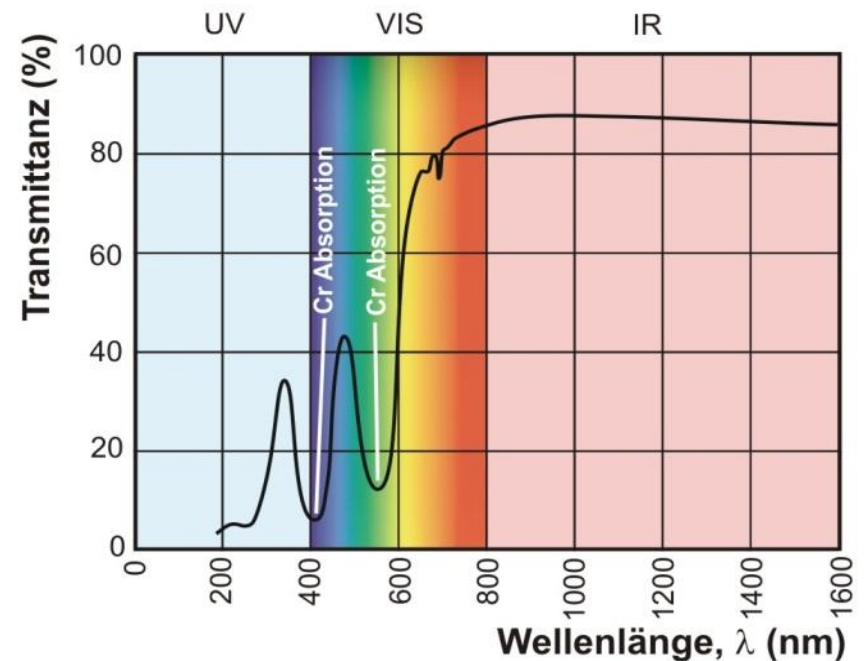
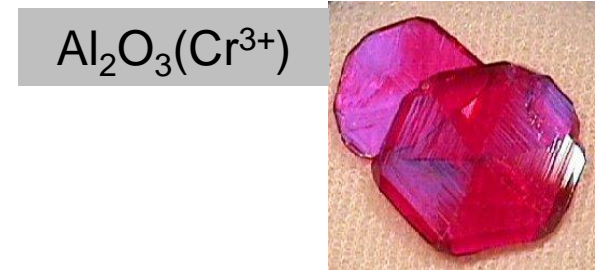
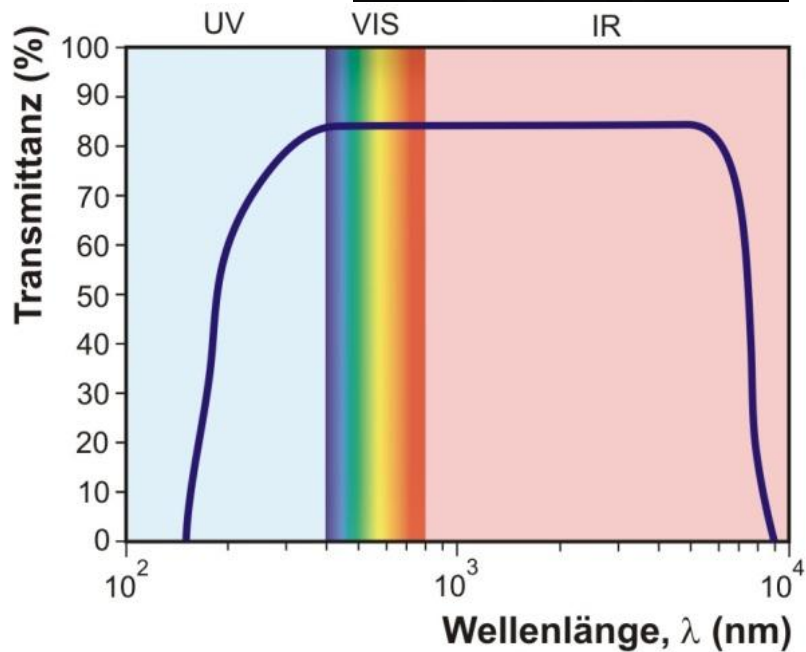
- **spektraler Transmissionskoeffizient $\tau(\lambda)$: (Transmittanz)** $\tau(\lambda) = \frac{J_{\text{durchgelassen}}(\lambda)}{J_{\text{einfallend}}(\lambda)}$



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

Transmissionspektrum

- Transmissionsspektrum: τ abhängig vom λ



Hausaufgaben

Aufgabensammlung

2.62 – 2.72

Feedback