

Biophysik für Pharmazeuten I.

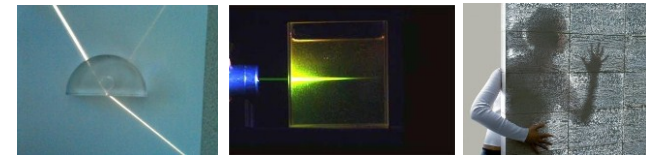
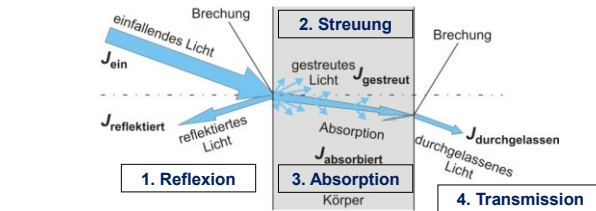
29. Oktober

Anwendung des Lichtes Wechselwirkungen des Lichtes mit der Materie



1

Wechselwirkungen zwischen Licht und Materie



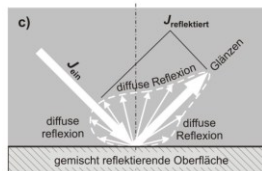
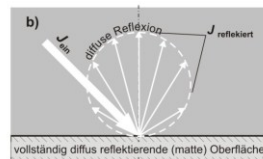
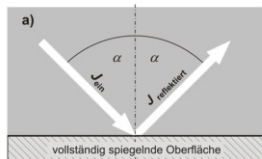
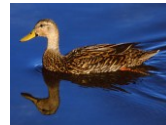
2

1. Reflexion

a) Reflexionsgesetz: $\alpha = \beta$

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

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



Reflexionskoeffizient ρ hängt von:

- Einfallswinkel
- Material
- Wellenlänge

3

Material:

- Beim senkrechten Einfall und für durchsichtige Stoffe:



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

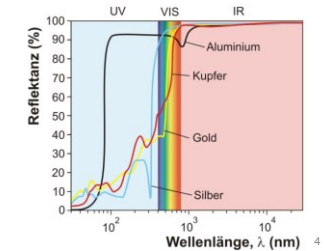
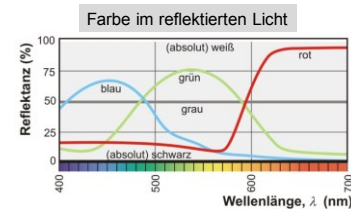


(s. später Ultraschallreflexion)

Wellenlänge:

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

c) Reflexionsspektrum: ρ vs. λ



4

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 $d \ll \lambda$)



☐ $\sigma(\lambda)$

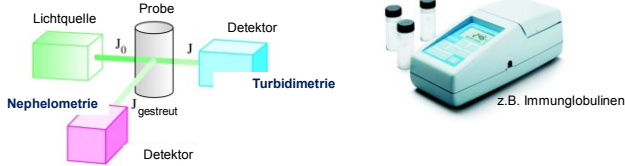
▪ Mie-Streuung
(Größe der Streuteilchen $d \approx \lambda$)



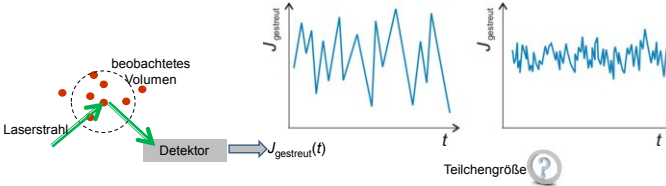
$\sigma(\lambda)$ ist unabhängig von λ !



Anwendung: Konzentrationsbestimmung

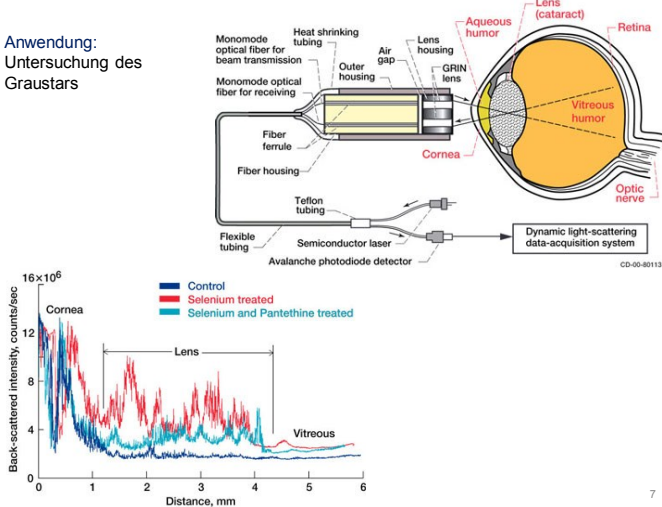


c) dynamische Lichtstreuungsmessung:



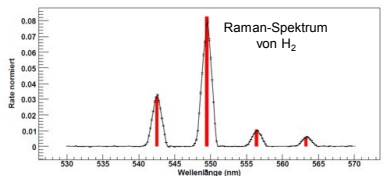
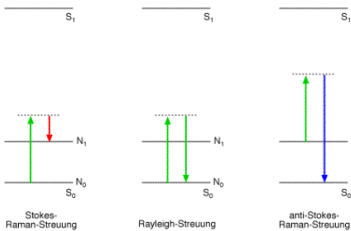
Anwendung: Bestimmung der Teilchengröße

Anwendung:
Untersuchung des
Graustars



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

Raman-Streuung



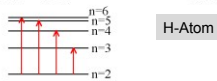
3. Absorption

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

b) Absorptionsspektrum: α vs. λ

c) Mechanismus:

Absorption von Atomen:



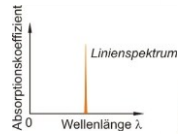
H-Atom

n=1 Grundzustand

Anwendung: Atomabsorptionsspektrometrie

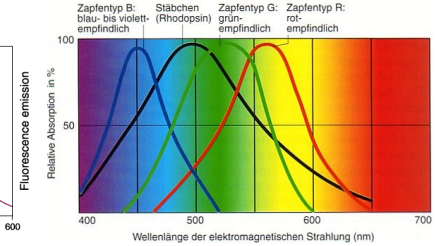
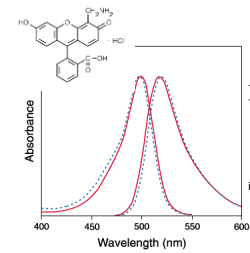
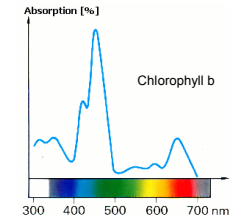
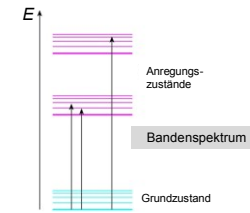
$$\alpha(\lambda) \sim c$$

z.B. Blutanalyse



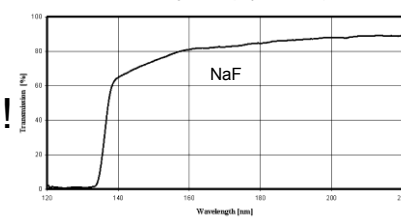
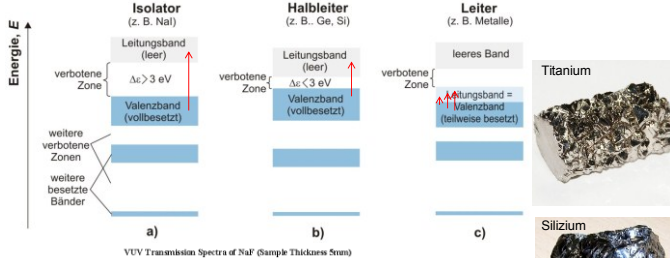
9

Absorption von Molekülen:



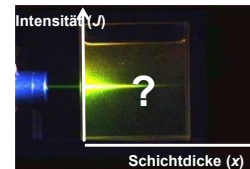
10

Absorption von Festkörpern:



11

d) Absorptionsgesetz:



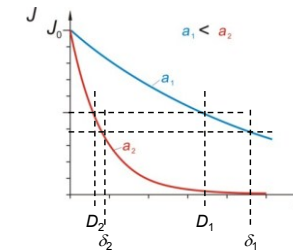
$$J = J_0 e^{-ax}$$

Intensität zu $x = 0$ (W/m^2)

Intensität zu x (W/m^2)

Schichtdicke (m)

Linearer Absorptionskoeffizient (a) ($1/\text{m}$)



- Halbwertsdicke (D): $J = \frac{J_0}{2}$ $D = \frac{\ln 2}{a}$
- Eindringtiefe (δ): $J = \frac{J_0}{e}$ $\delta = \frac{1}{a}$

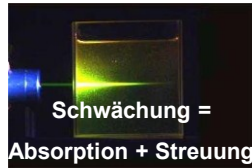
12

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

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

- Absorptionsspektrum: α oder a oder A vs. λ

e) Schwächungsgesetz:



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

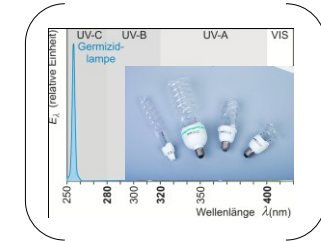
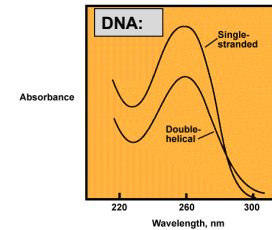
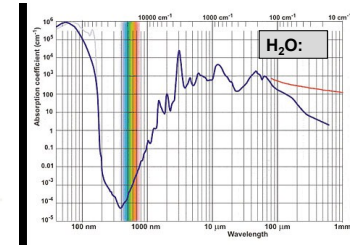
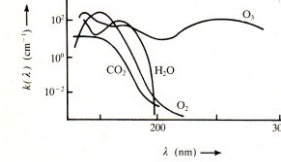
Linearer Schwächungskoeffizient (μ)
(1/m)

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

(Gilt allgemein für elektromagnetische Str., β -Str., mechanische Str., siehe später!)

$J_0 = 100 \text{ W/m}^2$	
$J \text{ (W/m}^2\text{)}$	A

Weitere Absorptionsspektren:

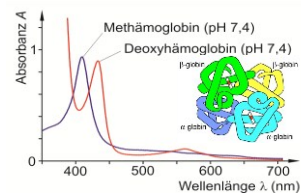


f) Anwendung: Absorptionsspektrometrie

— Untersuchung von biologischen Makromoleküle

— Konzentrationsbestimmung

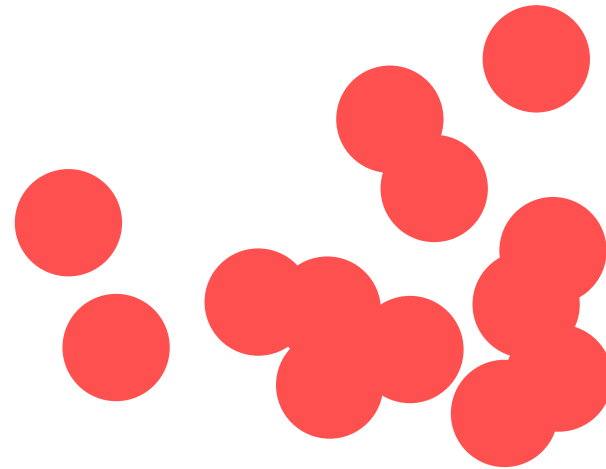
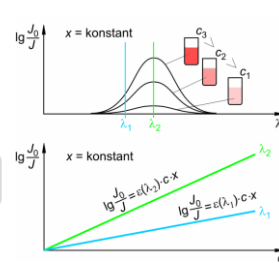
• Lambert-Beer-Gesetz (für dünne Lösungen)



$$A = \lg \frac{J_0}{J} = \varepsilon \cdot c \cdot x$$

Konzentration (mol/l) Schichtdicke (m)

molarer Extinktionskoeffizient (1/(m·mol/l))



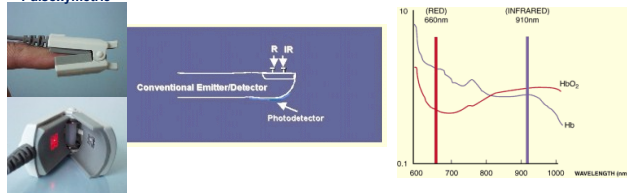
13

14

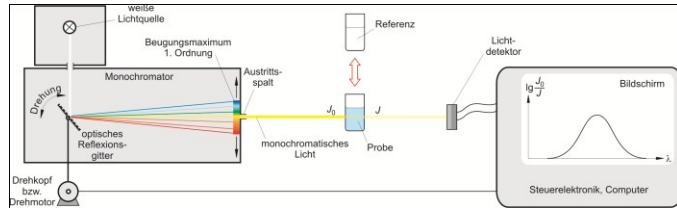
15

16

Pulsoxymetrie

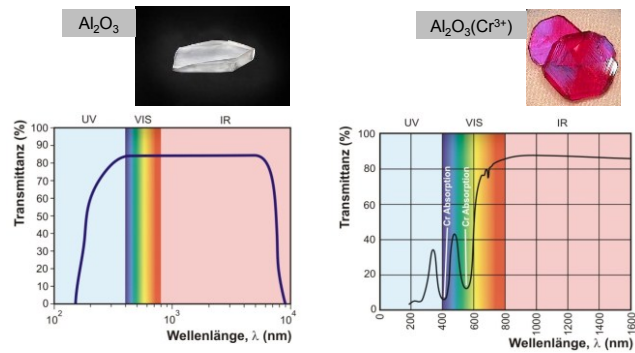


Aufbau eines Spektrophotometers:



17

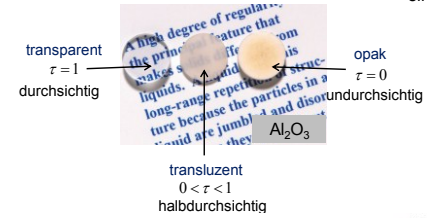
b) Transmissionsspektrum: τ vs. λ



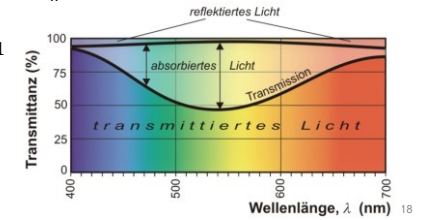
19

4. Transmission

a) spektraler Transmissionskoeffizient $\tau(\lambda)$:
$$\tau(\lambda) = \frac{I_{\text{durchgelassen}}(\lambda)}{I_{\text{einfallend}}(\lambda)}$$

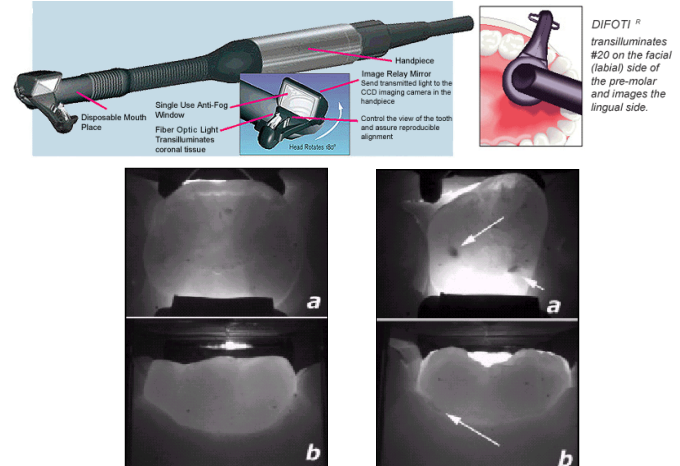


$\rho(\lambda) + \sigma(\lambda) + \alpha(\lambda) + \tau(\lambda) = 1$



18

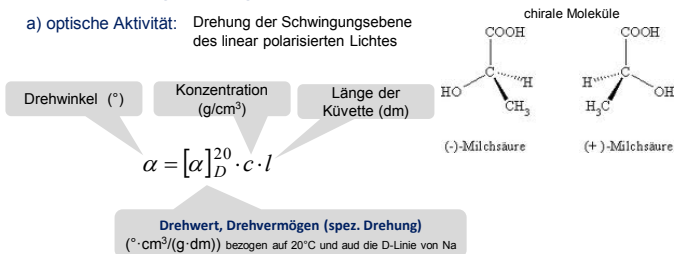
c) Anwendung: DIFOTI® (Digital Imaging Fiber-Optic Trans-Illumination)



20

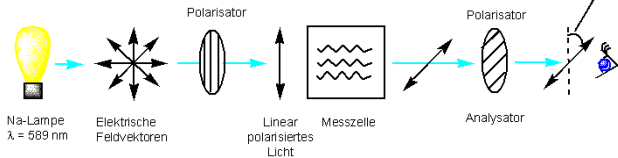
5. Wechselwirkungen bezüglich der Polarisation des Lichtes

a) optische Aktivität: Drehung der Schwingungsebene des linear polarisierten Lichtes



▪ Anwendung: Polarimetrie - Konzentrationsbestimmung

Aufbau eines Polarimeters:

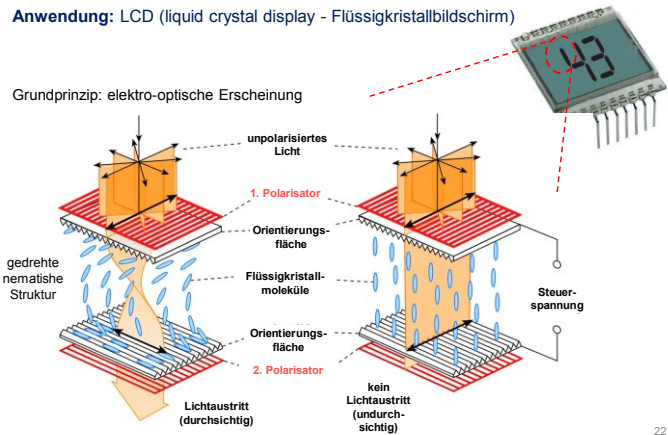


21

b) Drehung der Polarisationsebene durch geordnete Strukturen

Anwendung: LCD (liquid crystal display - Flüssigkristallbildschirm)

Grundprinzip: elektro-optische Erscheinung



22