

Medizinische Biophysik 8. Vorlesung

Licht in der Medizin.

VI. Wechselwirkungen des Lichts mit der Materie

3. Absorption

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

4. Transmission

- a) spektraler Transmissionskoeffizient (Transmittanz)
- b) Transmissionsspektrum:
- c) Eine zahnmedizinische Anwendung:

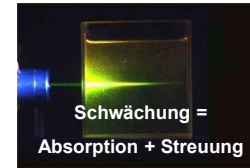
5. Wechselwirkungen bezüglich der Polarisation des Lichtes

- a) lineare Polarisation des Lichtes:
- b) optische Aktivität:
- c) Drehung der Polarisationsebene durch geordnete Strukturen

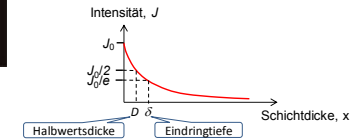
6. Biologische Wirkungen des Lichtes

- a) Molekularer Mechanismus
- b) Zielorgane:
- c) Schädigungen
- d) UV-Quellen: Sonne (Rolle der Ozonschicht), UV-Lampen
- e) UV-Dosimetrie (physikalische Dosis, biologisch wirksame Dosis)

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



Linearer Schwächungskoeffizient (μ),
Maßeinheit: 1/m
(enthält den linearen Absorptions- und
Streuungskoeffizienten)



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

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

- (dekadische) Extinktion (E) = optische Dichte (OD): $E = \lg \frac{J_0}{J}$

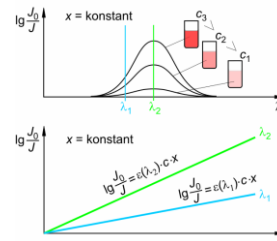
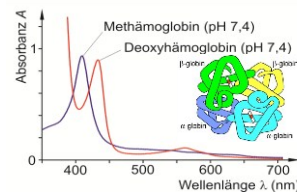
Oft spricht man über Absorbanz auch dann, wenn die Streuung nicht vernachlässigbar ist, wenn man also Extinktion sagen müsste:
Absorbanz = (dekadische) Extinktion (E) = optische Dichte (OD)

f) Anwendung: Absorptionsspektrometrie

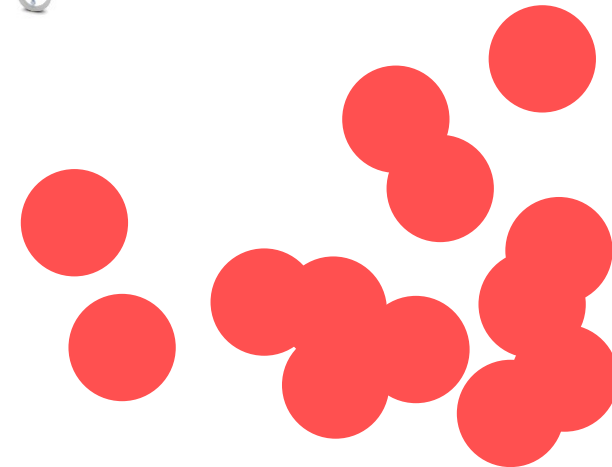
- Untersuchung von biologischen Makromoleküle

- Konzentrationsbestimmung

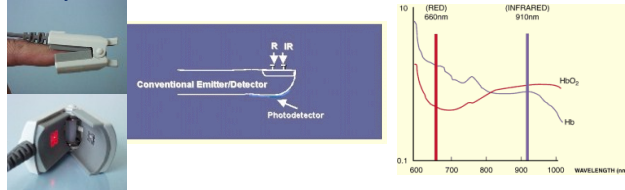
- Lambert-Beer-Gesetz (für dünne Lösungen)



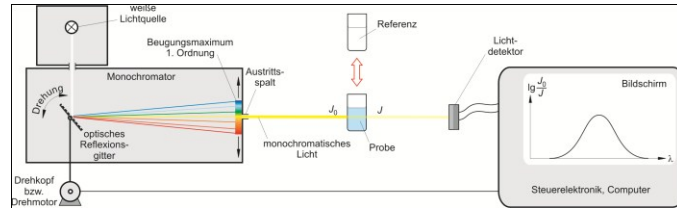
- molarer Extinktionskoeffizient (ϵ), Maßeinheit: 1/(cm·mol/l)



Pulsoxymetrie

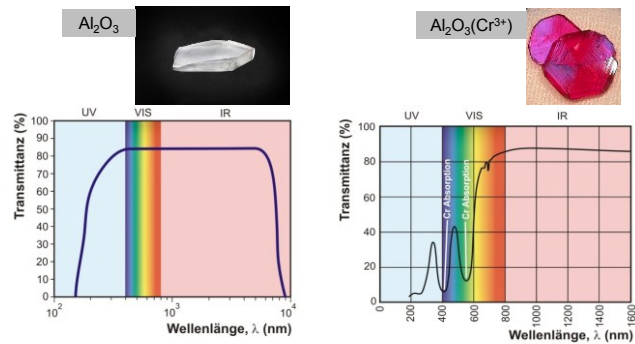


g) Aufbau eines Spektrophotometers:



5

b) Transmissionsspektrum: τ vs. λ



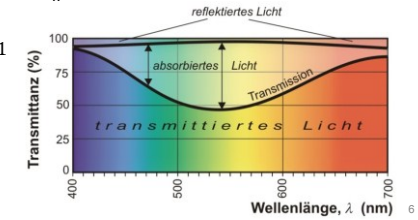
7

4. Transmission

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

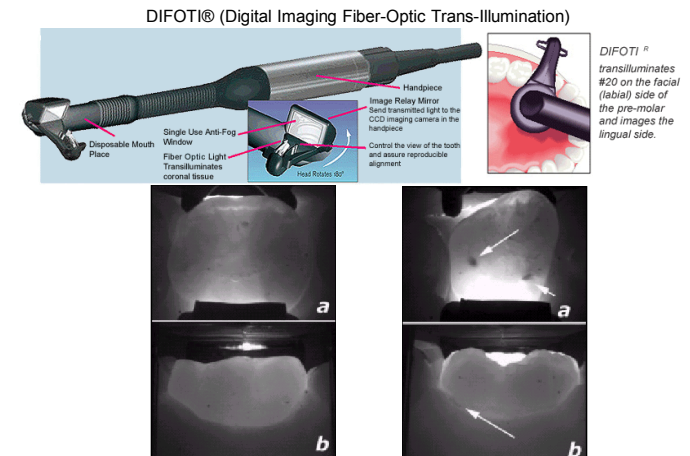


$$\rho(\lambda) + \sigma(\lambda) + \alpha(\lambda) + \tau(\lambda) = 1$$



6

c) Eine zahnmedizinische Anwendung:



8

Zusammenfassung der für die Charakterisierung der Wechselwirkungen eingeführten Größen

Erscheinungen: Reflexion, Streuung, Absorption, Schwächung (=Streuung+Absorption), Transmission

Intensitätswerte: J_{ein} , $J_{\text{reflektiert}}$, $J_0 (= J_{\text{ein}} - J_{\text{reflektiert}})$, J_{gestreut} , $J_{\text{absorbiert}}$, $J_{\text{durchgelassen}}$

(spektrale) Koeffizienten:

- (spektraler) Reflexionskoeffizient (Reflektanz, Reflexionsgrad) $\rho(\lambda)$
 - (spektraler) Streukoeffizient $\sigma(\lambda)$
 - (spektraler) Absorptionskoeffizient $\alpha(\lambda)$
 - (spektraler) Transmissionskoeffizient (Transmittanz) $\tau(\lambda)$
- dimensionslose Quotienten
 $\rho(\lambda) + \sigma(\lambda) + \alpha(\lambda) + \tau(\lambda) = 1$

weitere Größen zur Absorption

- linearer Absorptionskoeffizient (a), Maßeinheit: 1/m
- Absorbanz (A), Maßeinheit: keine (dimensionslos)

weitere Größen zur Schwächung

- linearer Schwächungskoeffizient (μ), Maßeinheit: 1/m
 - (dekadische) Extinktion (E) = optische Dichte (OD), Maßeinheit: keine (dimensionslos)
 - molarer Extinktionskoeffizient (ϵ), Maßeinheit: 1/(cm·mol/l)
- Oft auch als Absorbanz genannt.

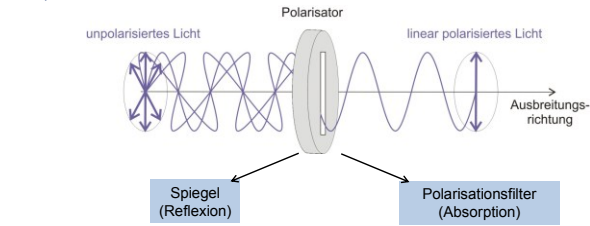
weitere Größen zur Absorption oder zur Schwächung

- Halbwertsdicke (D), Maßeinheit: m
- Eindringtiefe (δ), Maßeinheit: m

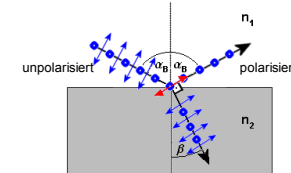
9

5. Wechselwirkungen bezüglich der Polarisation des Lichtes

a) lineare Polarisation des Lichtes:



$\alpha_B = \text{Brewster-Winkel}$ ($\alpha_B = \arctan(n_2/n_1)$)



10



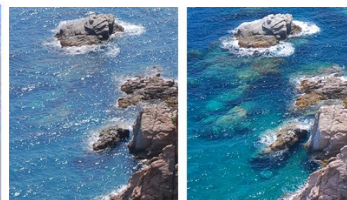
ohne Polarisator

mit Polarisator



ohne Polarisator

mit Polarisator



ohne Polarisator

mit Polarisator

11

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

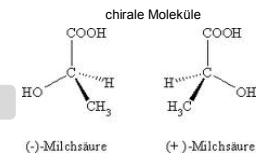
Drehwinkel ($^\circ$)

Konzentration (g/cm³)

Länge der Küvette (dm)

$$\alpha = [\alpha]_D^{20} \cdot c \cdot l$$

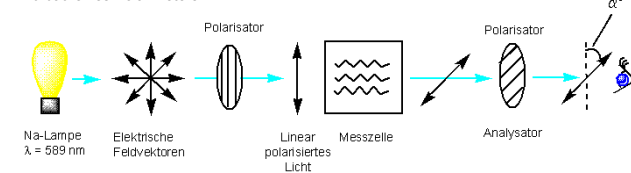
Drehwert, Drehvermögen (spez. Drehung)
 ($^\circ \cdot \text{cm}^3/(\text{g} \cdot \text{dm})$) bezogen auf 20°C und auf die D-Linie von Na



Siehe Praktikum!

Anwendung: Polarimetrie - Konzentrationsbestimmung

Aufbau eines Polarimeters:

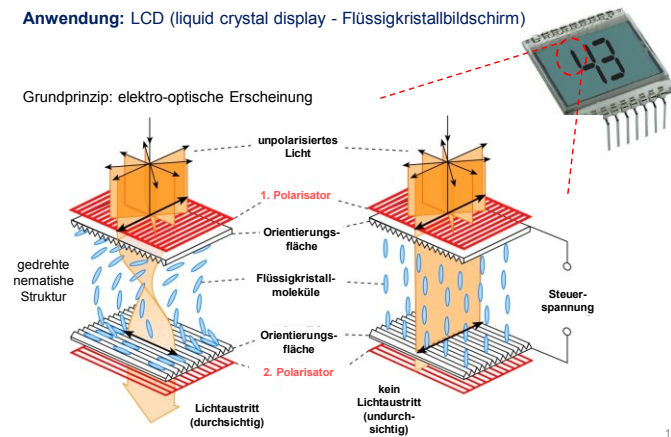


12

c) Drehung der Polarisationssebene durch geordnete Strukturen

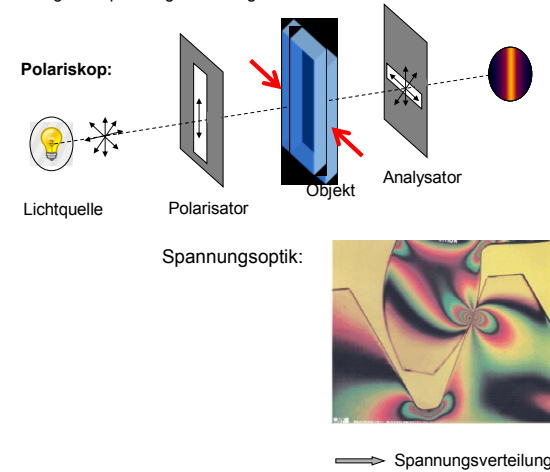
Anwendung: LCD (liquid crystal display - Flüssigkristallbildschirm)

Grundprinzip: elektro-optische Erscheinung

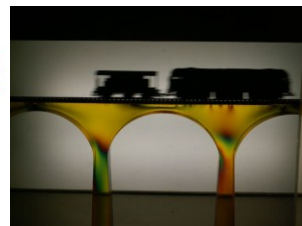
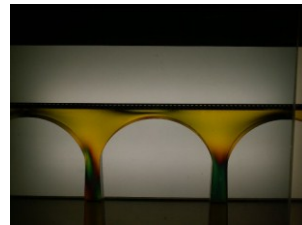
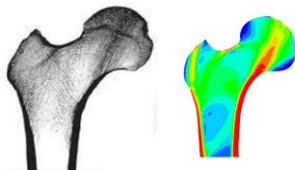
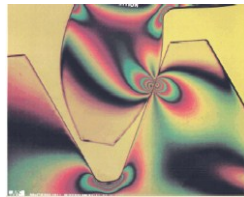


13

Untersuchung der Spannungsverteilung



14

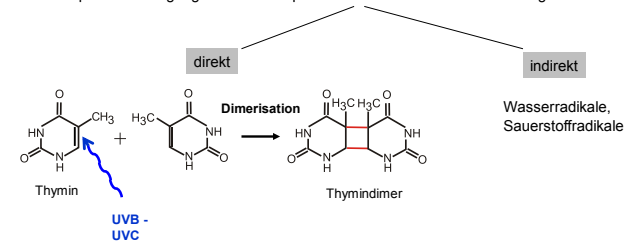


15

6. Biologische Wirkungen des Lichtes

a) Molekularer Mechanismus

Absorption \Rightarrow Anregung/Ionisation \Rightarrow photochemische Reaktionen \Rightarrow biologische Wirkung

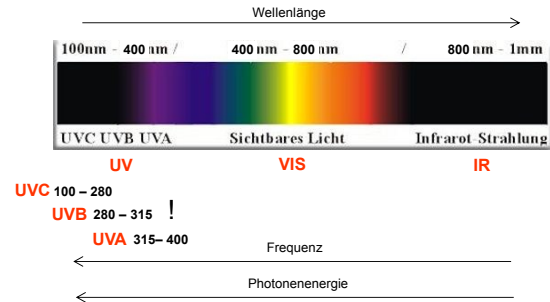


Chromophormoleküle: DNA, Proteine, Melanin

16

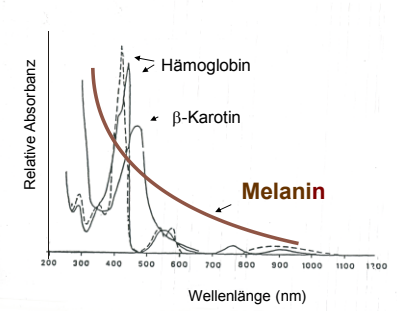
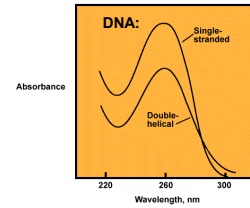
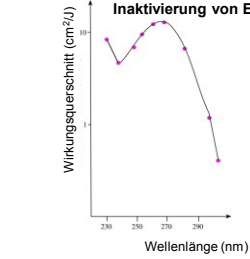
▪ Lichtbereiche (Ergänzung)

$$c = \lambda \cdot f$$



17

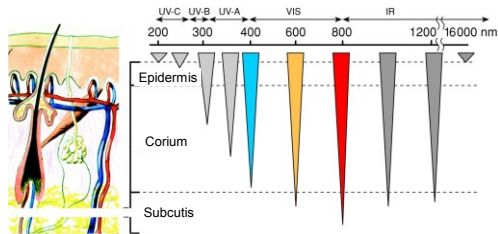
Inaktivierung von E. coli



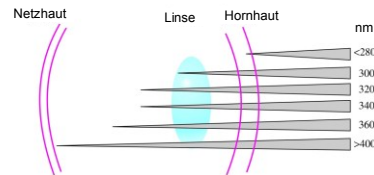
18

b) Zielorgane:

▪ Haut

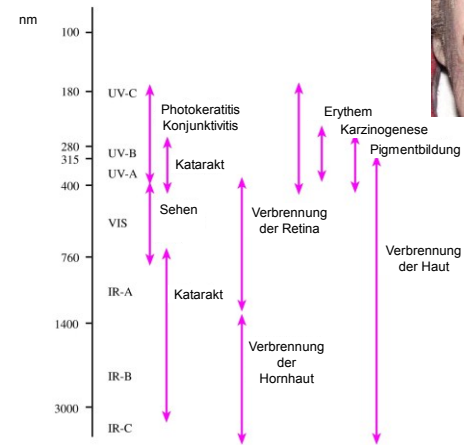


▪ Auge



19

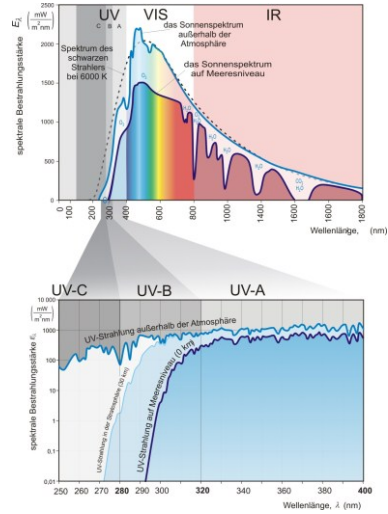
c) Schädigungen



20

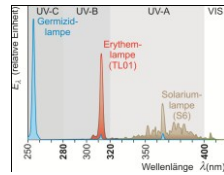
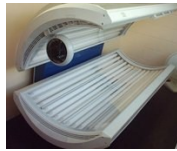
d) UV-Quellen

- Sonne



21

- UV-Lampen



e) UV-Dosimetrie

- physikalische Dosis (D):

$$D = E \cdot t \left(\frac{\text{J}}{\text{m}^2} \right)$$

Bestrahlungsstärke
(W/m^2)

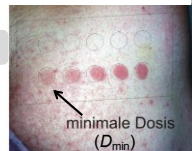
Bestrahlungszeit
(s)

- biologisch wirksame Dosis (H):

$$H = D \cdot S = E \cdot t \cdot S$$

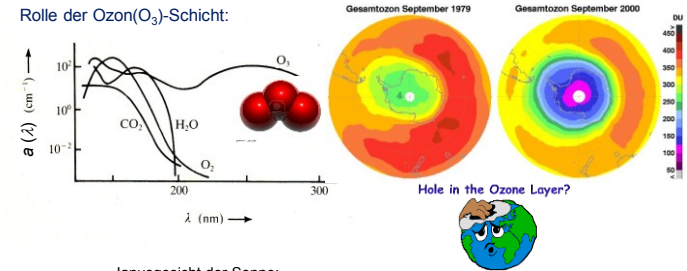
Wirkungsquerschnitt
(Empfindlichkeit) (m^2/J)

Wirkungsquerschnitt (σ oder S): $S = \frac{1}{D_{\min}} \left(\frac{\text{m}^2}{\text{J}} \right)$

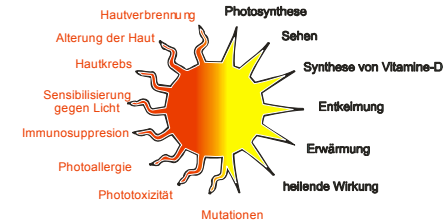


23

Rolle der Ozon(O_3)-Schicht:



Janusgesicht der Sonne:



22

- Hausaufgaben: ▪ Neue Aufgabensammlung
2.73-82
6.5-7
9.1-2



24