

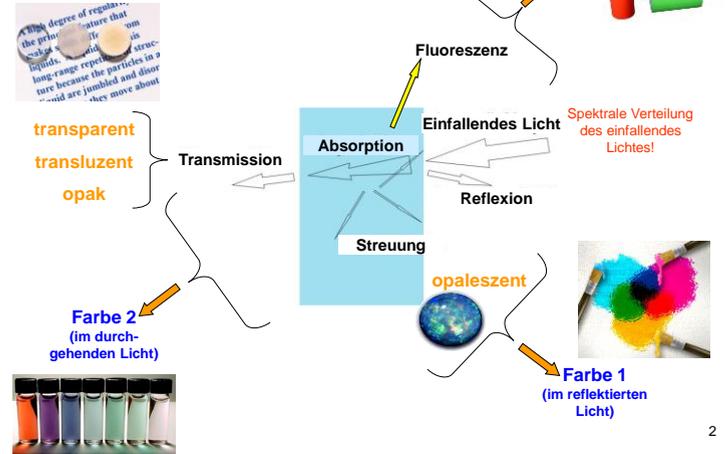
## Physikalische Grundlagen der zahnärztlichen Materialkunde

11.

Optische Eigenschaften. Zusammenfassung

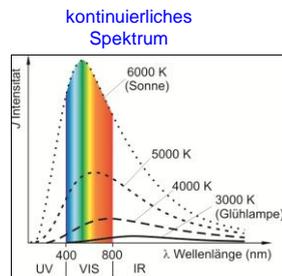
1

## Optische Eigenschaften (Durchsichtigkeit, Farbe)

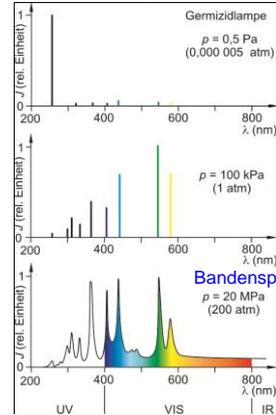


2

## Emissionsspektren



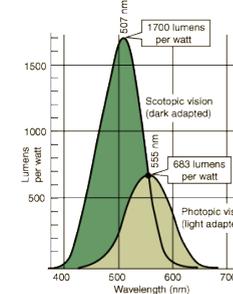
## Linienpektrum



## Bandenspektrum

3

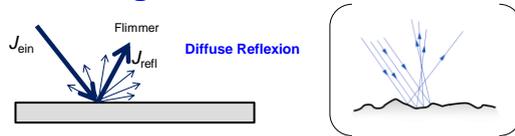
## Empfindlichkeitskurve des Auges – Absorptionsspektrum



4

# Wechselwirkungen mit der Materie

## 1. Reflexion:

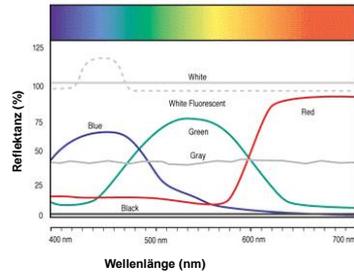


Spektraler Reflexionskoeffizient (Reflektanz, Reflexionsgrad)  $\rho(\lambda)$ :

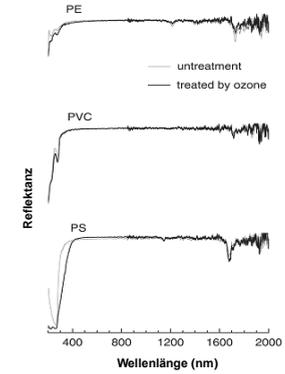
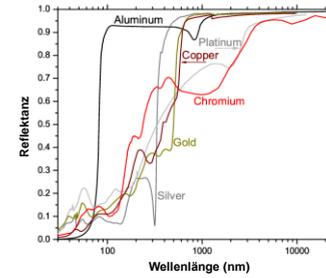
$$\rho(\lambda) = \frac{J_{\text{refl}}}{J_{\text{ein}}}$$

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

Reflexionsspektrum:



5



6

## 2. Streuung:

Spektraler Streukoeffizient  $\sigma(\lambda)$ :

$$\sigma(\lambda) = \frac{J_{\text{gestreut}}}{J_{\text{ein}}}$$



Inhomogenitäten!

- elastische Streuung ( $\lambda, f, \epsilon$  unverändert)

### Rayleigh-Streuung

Größe der Streuteilchen  $d \ll \lambda$

$$\sigma \propto \frac{d^6}{\lambda^4}$$



Opaleszenz

### Mie-Streuung

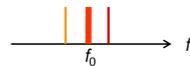
Größe der Streuteilchen  $d \approx \lambda$

$\sigma$  ist unabhängig von  $\lambda$



- unelastische Streuung ( $\lambda, f, \epsilon$  ändern sich)

### Raman-Streuung



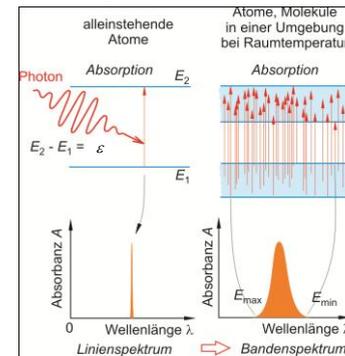
7

## 3. Absorption:

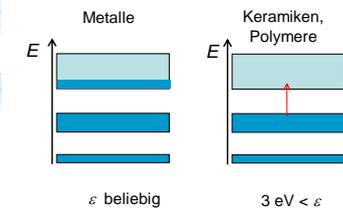
Spektraler Absorptionskoeffizient  $\alpha(\lambda)$ :

$$\alpha(\lambda) = \frac{J_{\text{abs}}}{J_{\text{ein}}}$$

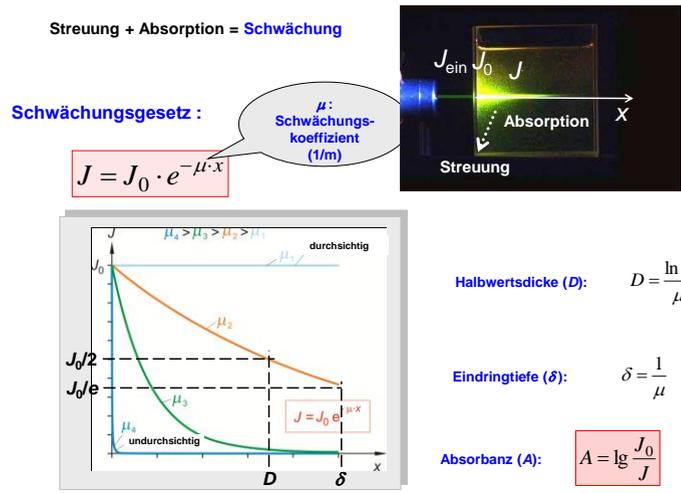
### Atomare Prozesse:



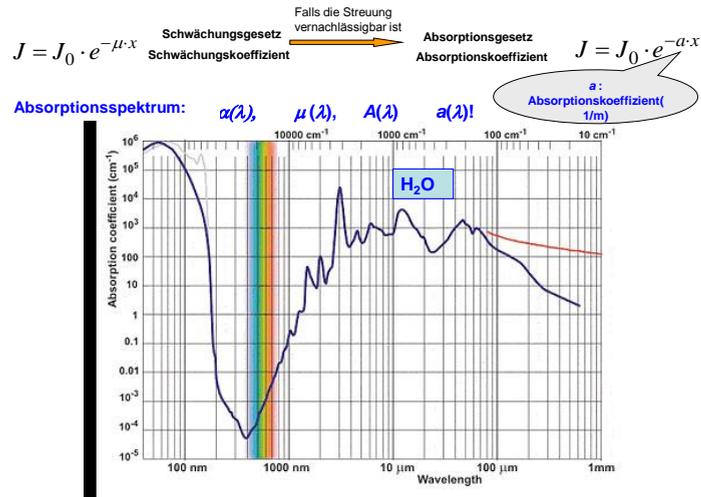
Festkörper



8

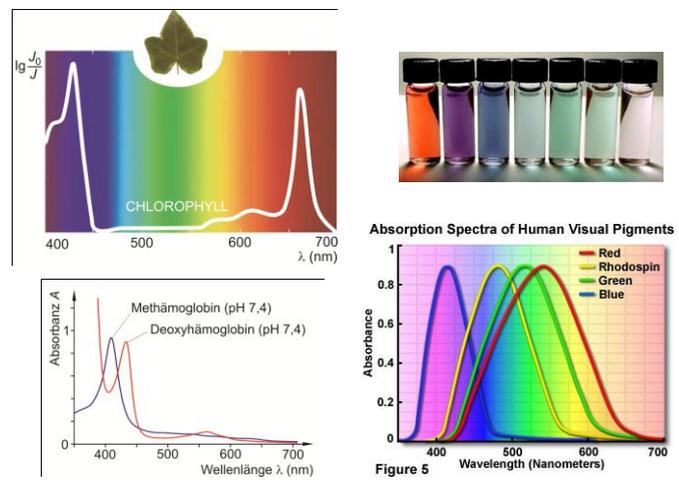


9



10

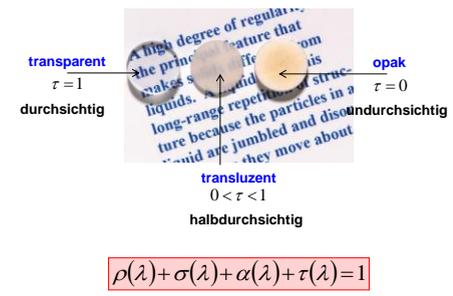
**Absorptionsspektrum:**  $A(\lambda)$ , oder  $\mu(\lambda)$ , oder  $a(\lambda)$  oder  $\alpha(\lambda)$ !



11

**3. Transmission:**

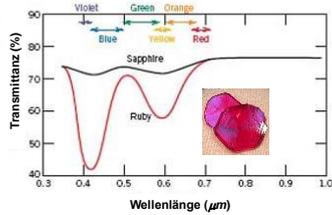
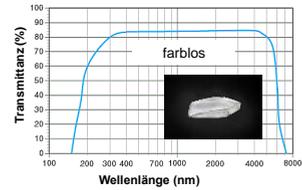
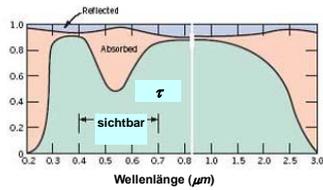
**Spektraler Transmissionskoeffizient, Transmittanz  $\tau(\lambda)$**  (auch  $T$ ):  $\tau(\lambda) = \frac{J}{J_{ein}}$



12

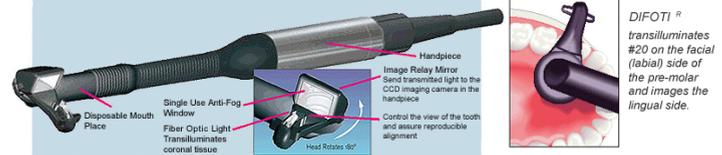
**Transmissionsspektrum:**

Z.B.: grünes Glas

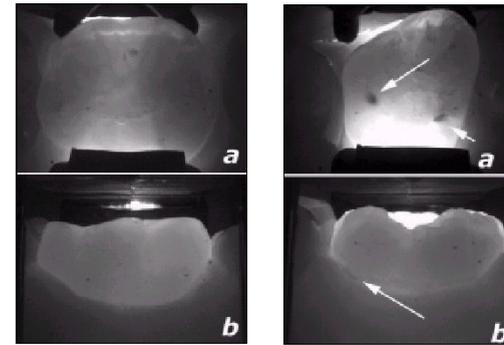


13

**DIFOTI® (Digital Imaging Fiber-Optic Trans-Illumination)**



DIFOTI® transilluminates #20 on the facial (labial) side of the pre-molar and images the lingual side.

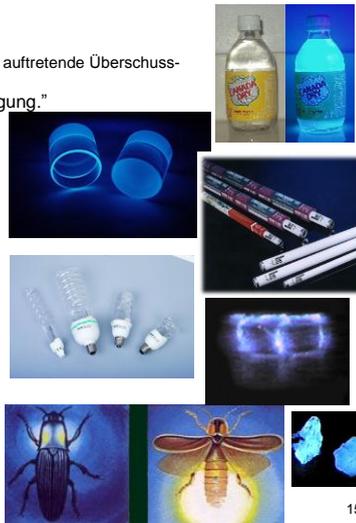
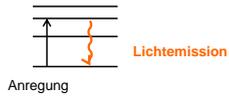


14

**Lumineszenz (Fluoreszenz)**

„Über die Temperaturstrahlung hinausgehend auftretende Überschuss-Strahlung.“ oder „Lichtemission aufgrund Elektronenanregung.“

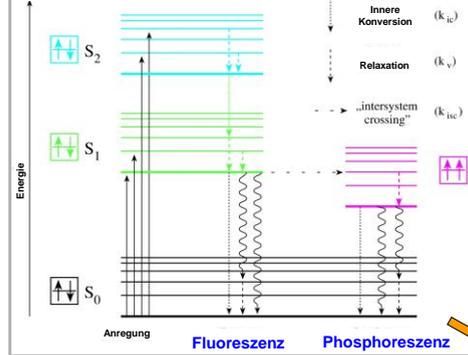
Z.B. bei Atomen



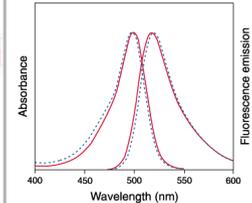
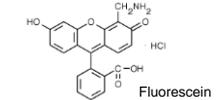
Anregungsart	Name -lumineszenz	Beispiel
Licht	Photo-Fluoreszenz	Chinin-Sulphat, Phosphor, ...
Röntgenstrahlung	Röntgeno-	Nal(Tl)
radioaktive Strahlung	Radio-	Nal(Tl)
elektrisches Feld	Elektro-	Hg-Lampen
mechanische Wirkung	Tribo-	Würfelzucker
chemische Reaktion	Chem- (Bio-)	Glühwürmchen
Wärme	Thermo-	CaSO <sub>4</sub> (Dy)

15

**Jablonski-Diagramm:**



**Emissionsspektrum: J(λ)**



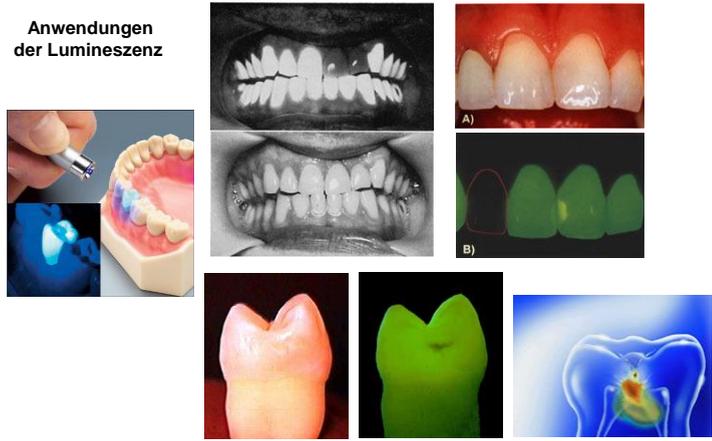
- Linien/Bandenspektrum
- Stokes-Verschiebung
- $\epsilon_{phos} \leq \epsilon_{flu} \leq \epsilon_{abs}$
- $\bar{\lambda}_{abs} \leq \bar{\lambda}_{flu} \leq \bar{\lambda}_{phos}$

Lebensdauer (τ):

$$J = J_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$$

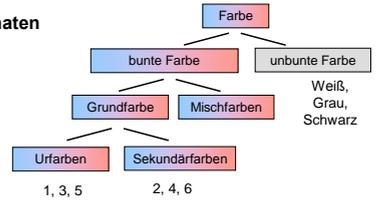
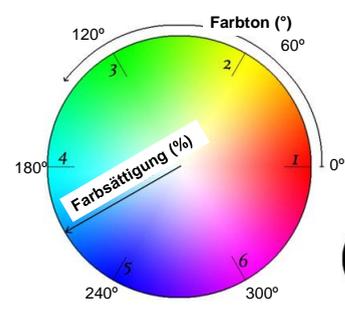
Quantenausbeute (Q):  $Q = \frac{\text{Zahl der emittierten Photonen}}{\text{Zahl der absorbierten Photonen}}$

### Anwendungen der Lumineszenz

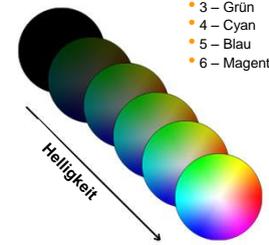


+ Stoffanalyse, Strukturuntersuchung von biol. Makromolekülen, Fluoreszenzmikroskop, Sensoren, Monitoren, Strahlungsdetektoren, ...

### Farbe „Farbraum“: 3 Koordinaten



- 1 – Rot
- 2 – Gelb
- 3 – Grün
- 4 – Cyan
- 5 – Blau
- 6 – Magenta



Farbton	hue
Farbsättigung	saturation, chroma
Helligkeit	brightness, lightness, luminance, value

## Hausaufgaben

1. Eine lichtpolymerisierte Füllung wird 1,5 Minute lang mit einer Lampe der Intensität von  $4 \cdot 10^3 \text{ W/m}^2$  beleuchtet. Die beleuchtete Fläche beträgt  $3 \text{ mm}^2$ . Wie viel Energie fällt auf die beleuchtete Fläche? (1,08 J)
2. Der Schwächungskoeffizient der gesunden Zahnschmelz bei der Wellenlänge 1310 nm in dem Infrarotbereich beträgt  $3,1 \text{ cm}^{-1}$ . Licht dieser Wellenlänge und der Intensität  $300 \text{ W/m}^2$  fällt auf eine 2 mm dicke Zahnschmelz. Berechnen Sie die
  - a) durchtretende Intensität (161  $\text{W/m}^2$ )
  - b) Transmittanz (53,7%)
  - c) Absorbanz (0,27)
  - d) Halbwertsdicke (2,24 mm)
  - e) Eindringtiefe. (3,23 mm)
3. Wie könnten Sie die folgenden Farben bei einer großen Helligkeit beschreiben? (Benutzen Sie den Farbkreis!)
  - a) Farbton:  $0^\circ$ , Farbsättigung : 0 % (Weiß)
  - b) Farbton :  $120^\circ$ , Farbsättigung: 0 % (Weiß)
  - c) Farbton :  $120^\circ$ , Farbsättigung : 35 % (Blassgrün)
  - d) Farbton :  $0^\circ$ , Farbsättigung : 100 % (Grellrot)
  - e) Farbton :  $300^\circ$ , Farbsättigung : 50 % (Blassmagenta)
  - f) Farbton :  $60^\circ$ , Farbsättigung : 90 % (Grellgelb)
4. Der kubische Zirkonkristall ( $\text{ZrO}_2$ ) absorbiert nur in dem fernen UV-Bereich unter etwa 191 nm. Wie breit ist die verbotene Zone in eV-Einheit? (6,51 eV)