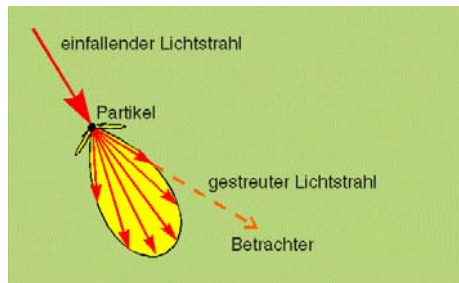
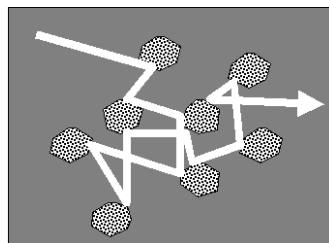
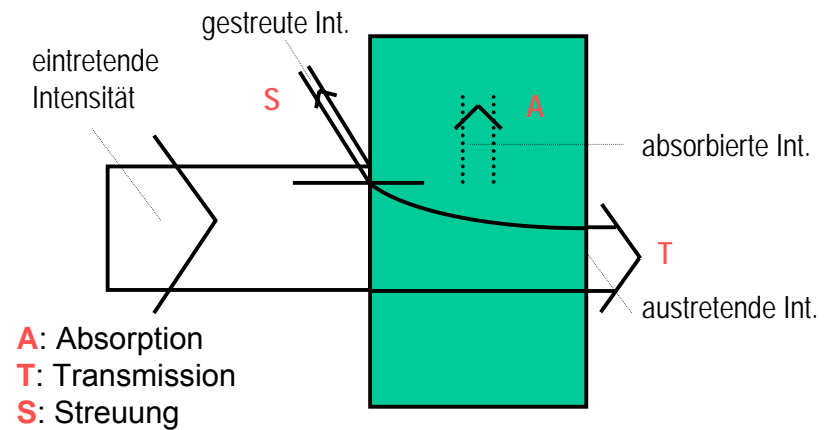


Lichtstreuung



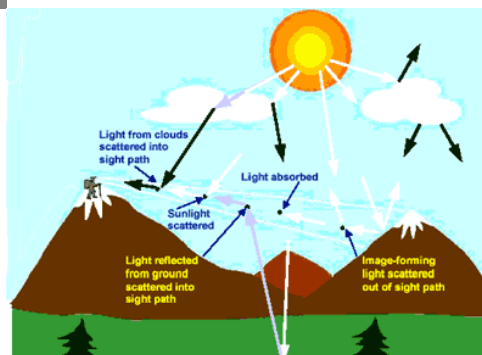
Grunderscheinungen



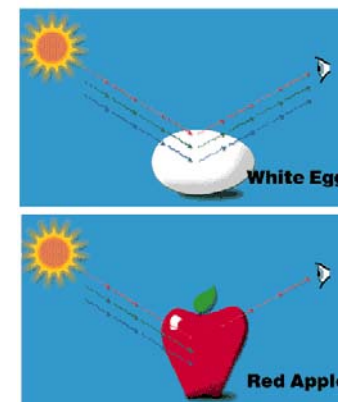
Lichtstreuung:
Ablenkung des Lichtes an
 kleinen Teilchen oder rauen
 Oberflächen (Inhomogenitäten)

(Bis jetzt nur geradlinige
 Ausbreitung des Lichtes
 mit Reflexion an
 Grenzflächen)

Durch Lichtstreuung
 wird gerichtetes
 Licht in **diffuses**
Licht verwandelt.



Farbe von Gegenständen: Absorption + Streuung

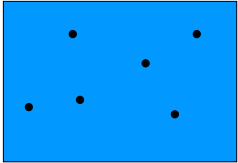


Bei Nacht sind alle Katzen grau.
 Im Dunkeln sind alle Kühe schwarz.

Inhomogenitäten

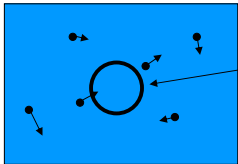
“in der Größenordnung der Wellenlänge des Lichtes”
streuen Licht

räumliche Inhomogenitäten – **statische** Lichtstreuung



Teilchen in einer Lösung/Gas

zeitliche Inhomogenitäten/Fluktuationen – **dynamische**
Lichtstreuung



Beobachtungsvolumen

elastische Lichtstreuung

ohne Energieübertragung auf das Streuteilchen
die Photonenenergie/Wellenlänge bleibt

Rayleigh- und **Mie-** Streuung

inelastische Lichtstreuung

die Photonenenergie verkleinert sich, d.h.
die Wellenlänge vergrößert sich (Stokes)

Raman-Streuung



Elastische Lichtstreuung

Rayleigh-Streuung

Wechselwirkung mit Moleküle deren Durchmesser viel
kleiner als die Wellenlänge ist ($d < 0.1 \lambda$).

Die Intensität der Streuung ist invers zur Wellenlänge ($1/\lambda^4$)

Mie-Streuung

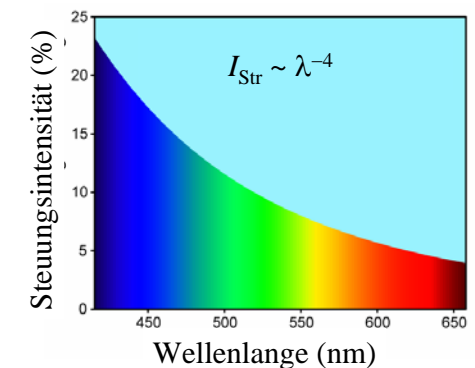
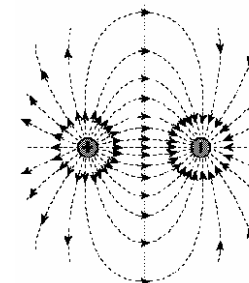
Der Durchmesser der Partikel ist in der Größenordnung der
Wellenlänge ($0.1 \lambda < d < 10 \lambda$)

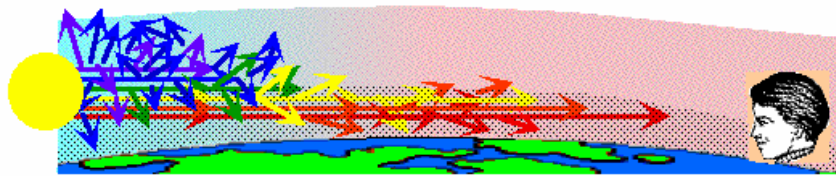
nicht-selektive Streuung

Alle Wellenlängen werden ungefähr gleich beeinflusst
Durchmesser der Partikel ist viel größer als die
Wellenlänge ($d > 10 \lambda$).

Rayleigh-Streuung

Licht induziert in Atomen, Molekülen und kleinen Teilchen
ein elektrisches Dipolmoment, das aufgrund der
Schwingung des elektrischen Feldvektors der
elektromagnetischen Strahlung ebenfalls schwingt, wodurch
das Molekül selber elektromagnetische Strahlung emittiert.



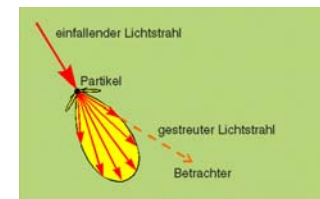


Diese Rayleigh-Streuung ist für den blauen Himmel und das rötliche Licht am Morgen und am Abend verantwortlich. Ist die Atmosphäre dichter, dann nimmt die Streuung zu.



Mie-Streuung

Bei größeren Teilchen gilt die Dipolnäherung nicht mehr, das heißt das induzierte elektrische Dipolmoment kann nicht mehr mit einem Vektor beschrieben werden. Vielmehr kommt es zur Interferenz der von den unterschiedlichen Streuzentren emittierten Strahlung, die charakteristisch ist für Durchmesser und Form des streuenden Teilchens (Mie-Streuung). Folglich können aus der winkelabhängig gemessenen, zeitlich gemittelten Streulichtintensität Information über Durchmesser und Struktur hinreichend großer Teilchen gewonnen werden.

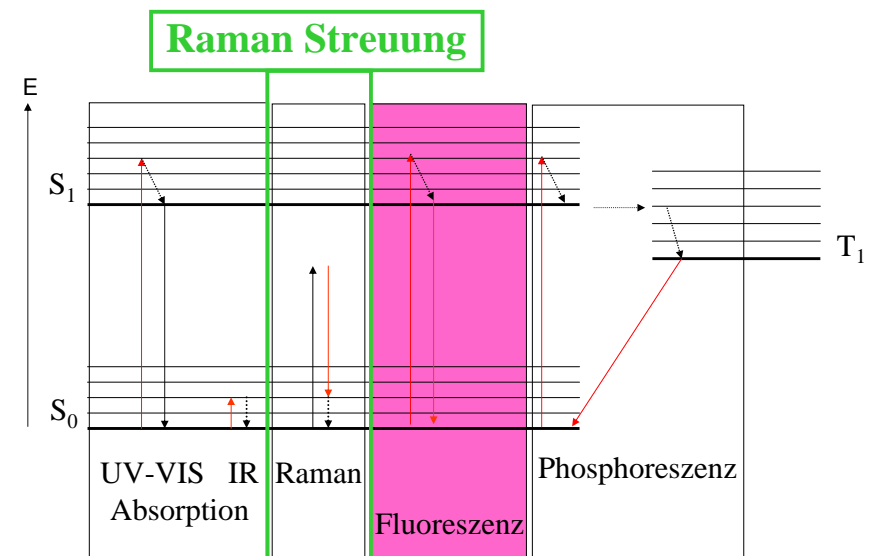


Nicht-selektive Streuung

In diesem Bereich ist die Streuung unabhängig von der Wellenlänge. Deshalb sieht das gestreute Licht weiss aus, zum Beispiel das an Wolken oder am Nebel gestreute Licht.



Jablonski Diagramm

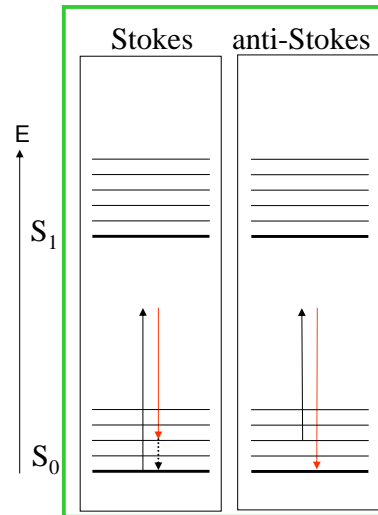


Raman-Streuung



Bei der Raman-Streuung werden Moleküle in andere Vibrationszustand versetzt..

Die Moleküle nehmen hierbei einen Teil der Lichtenergie auf bzw. geben einen Teil ihrer Energie ab; die Wellenlänge des rückgestreuten Lichts wird durch die Streuung geändert.



Die Intensität um 2 bis 3 Größenordnungen geringer als bei der elastischen Streuung.

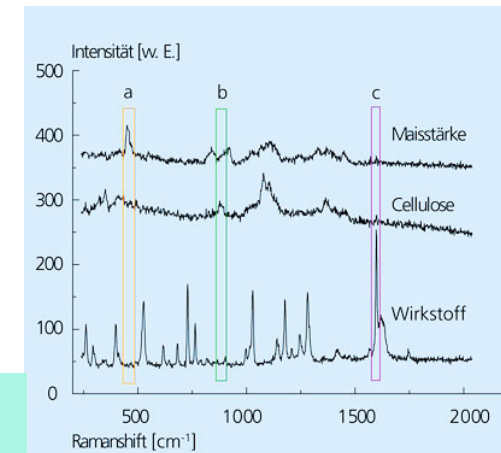
Raman-Streuung

Vibrationszustände sind spezifisch für die Moleküle.



Raman
Spektroskopie

Wirkstoffgehalt
einer Tablette



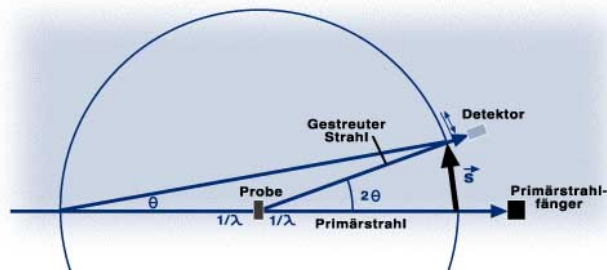
<http://www.igb.fraunhofer.de/de/kompetenzen/grenzflaechentechnik/oberflaechenanalytik/ausstattung/konfokale-mikroskopie-spektroskopie/raman-spektroskopie-tablette.html>

Messmethode: Statische Lichtstreuung

Die zeitlichen Mittelwerte der Streulichtintensität werden bei einem Winkel bestimmt.

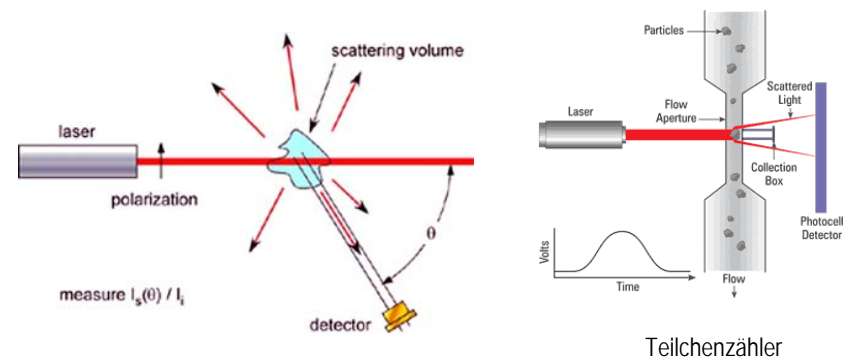
Die Streuintensität nimmt mit der sechsten Potenz des **Durchmessers** zu und hängt von der Brechzahl ab.

➡ Bestimmung von **Molmassen**

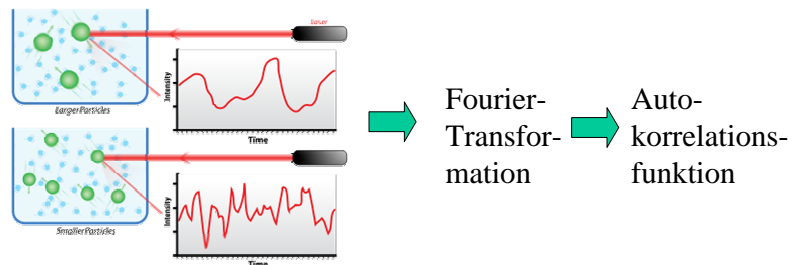


Anwendung: Statische Lichtstreuung

Die Charakterisierung der Mikrostruktur von Mikroemulsionen kann mit der Methode der statischen Lichtstreuung erfolgen, wenn die Strukturgrößen in der Größenordnung einiger 100 nm liegen.



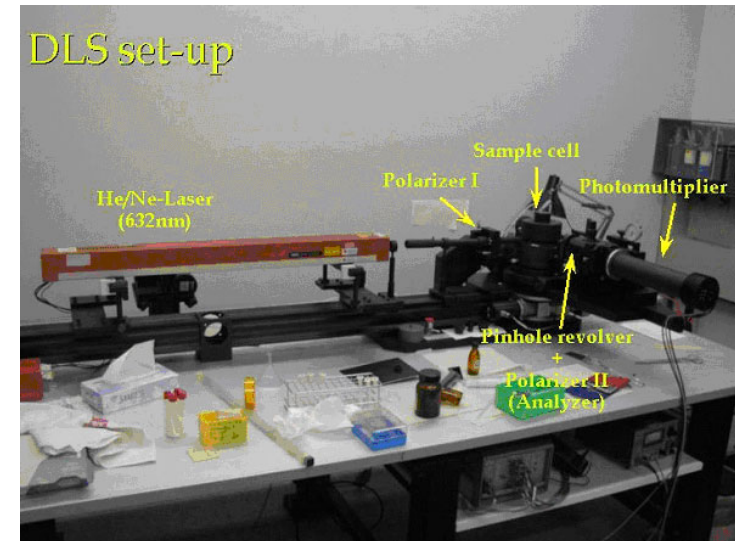
Messmethode: Dynamische Lichtstreuung



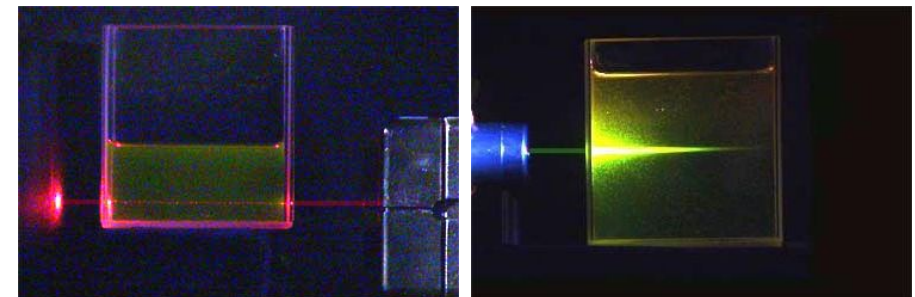
Man bestimmt mit der dynamischen Lichtstreuung Diffusionskoeffizienten bzw. Verteilungen von Diffusionskoeffizienten. Mit der Stokes-Einstein-Beziehung lassen sich dann unter der Annahme, dass sphärische Teilchen vorliegen, aus den Diffusionskoeffizienten die hydrodynamischen Radien der diffundierenden Teilchen berechnen.

→ **Bestimmung der Partikelgrößenverteilung**

Gerät: Dynamische Lichtstreuung



Absorption von Licht in einer Lösung

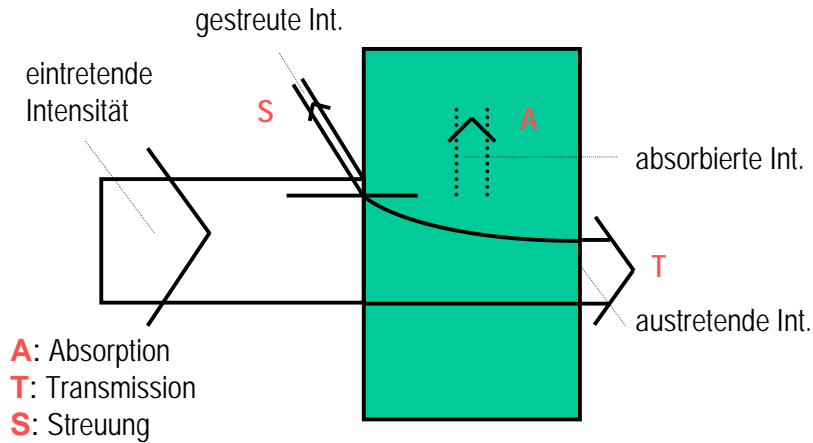


rote monokromatische Lichtquelle
(laser, $\lambda = 633 \text{ nm}$)
keine Absorption

grüne monokromatische
Lichtquelle (laser, $\lambda = 532 \text{ nm}$)
starke Absorption

es gibt eine Absorptionsfähigkeit
die Absorptionsfähigkeit hängt von der Wellenlänge ab

Grunderscheinungen



Annahme: Der grösste Teil des Lichtes wird absorbiert oder durchquert.
Manchmal die Streuung ist nicht vernachlässigbar. S. Vorl. über die Streuung

Quantitative Charakterisierung der Absorption

einfachste Situation: sehr kleine (infinitesimal kleine) Schichtdicke

(Parallelstrahl, senkrecht fällt auf ein Medium)

J : die eintretende Intensität

ΔJ : Veränderung der Intensität (<0)

$J + \Delta J$: die ausretende Intensität

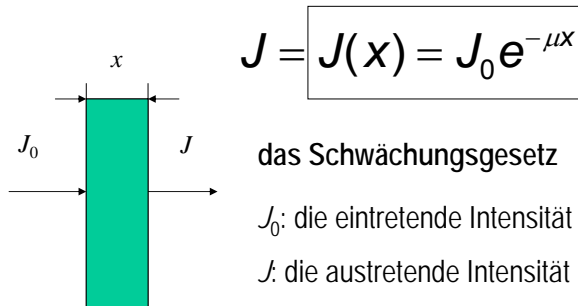
$\Delta J = -\mu J \Delta x$ differenzierte Form des Schwächungsgesetzes

μ : charakterisiert das Medium (Schwächungsfaktor)

$\frac{\Delta J}{\Delta x} = -\mu J$ Veränderung (*genauer*: die Ableitung) einer Funktion (*hier*: Intensität) proportional zur Funktion (Intensität)

$$\frac{\Delta J}{\Delta x} = -\mu J$$

Lösung dieser (Funktions)gleichung/Differentialgleichung:



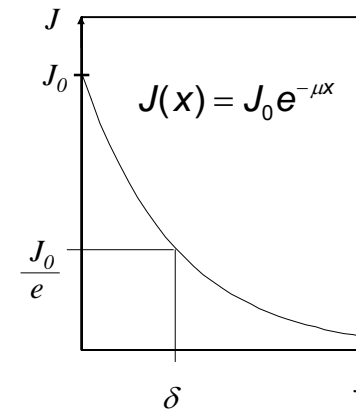
das Schwächungsgesetz

J_0 : die eintretende Intensität

J : die austretende Intensität

μ : der (lineare) Schwächungskoeffizient (Schwächungsfaktor, Absorptionskoeffizient), Einheit: 1/m, 1/cm

Graphische Darstellung des Schwächungsgesetzes



Einheit von μ : 1/m, 1/cm

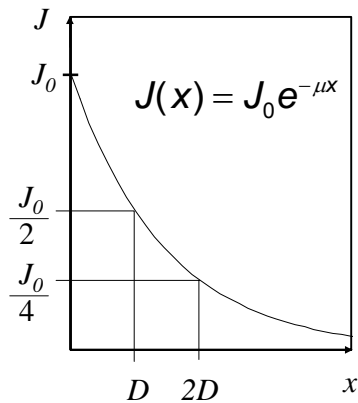
$\delta = 1/\mu$, δ : eine spezielle Schichtdicke

$$J(x) = J_0 e^{-\frac{x}{\delta}}$$

$$J(\delta) = J_0 e^{-\frac{\delta}{\delta}} = J_0 e^{-1} = \frac{J_0}{e}$$

δ : die Schichtdicke nach welcher sich die Intensität der Strahlung auf den e -ten Teil vermindert

Die Halbwertsdicke



D : die Schichtdicke nach welcher sich die Intensität der Strahlung halbiert

$$J(D) = J_0 e^{-\mu D} = \frac{J_0}{2}$$

$$e^{-\mu D} = \frac{1}{2} = 2^{-1} \quad e^{+\mu D} = 2$$

$$\mu D = \ln 2,$$

$$\mu = \frac{\ln 2}{D} = \frac{0.693}{D}$$

$$J(x) = J_0 e^{-\frac{0.693}{D} x}$$

Optische Dichte = Extinktion = Absorbanz

OD

E

A

Absorption	$\frac{J}{J_0}$	$\frac{J_0}{J}$	$\lg \frac{J_0}{J}$
kleine ($J=J_0$)	1 = 100 %	1	0
grosse ($J=0$)	0	∞	∞
	Durchlässigkeit		Absorbance
	wichtige Grösse	keine Bedeutung	wichtigste Grösse

Schwächungskoeffizient

$$\Delta J = -\mu J \Delta x,$$

$$\mu = \mu(\text{Medium; Strahlung}) = \mu(\text{Stoff; } c; \lambda),$$

wo c : die Konzentration der Lösung

λ : die Wellenlänge

für dünne Lösungen: $\mu \sim c$



Lambert-Beersches Gesetz

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

$$\lg \frac{J_0}{J} = \mu x \lg e = \left(\frac{\mu}{c} \lg e \right) c x = \varepsilon c x$$

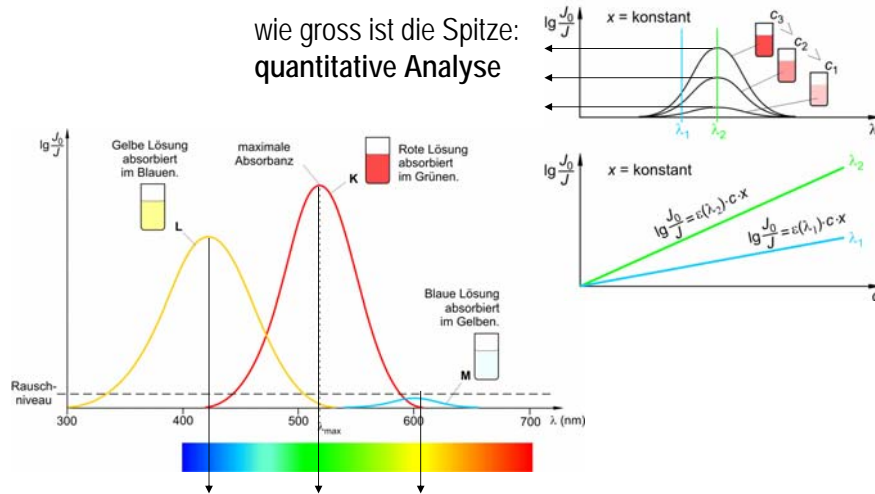
Gültigkeit: für dünne Lösungen

der (dekadische molare) Extinktionskoeffizient: $\varepsilon = \varepsilon(\text{Stoff}; \lambda)$
(spektraler Absorptionskoeffizient)

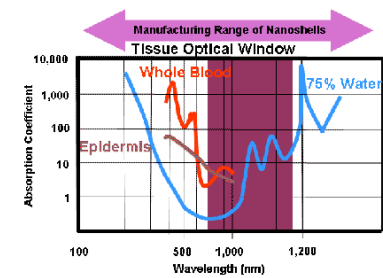
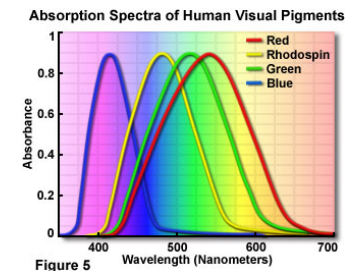
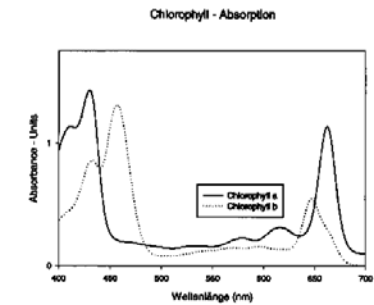
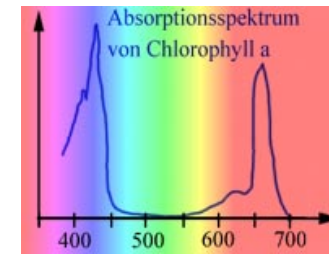
wichtig: hängt von der Konzentration **nicht** ab

Absorptionsspektrum

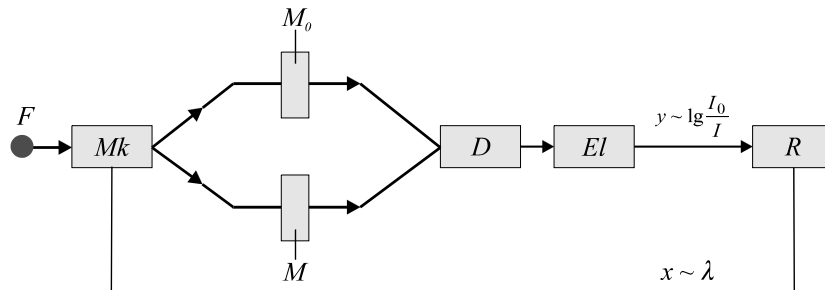
wie gross ist die Spitze:
quantitative Analyse



wo ist die Spitze: qualitative Analyse



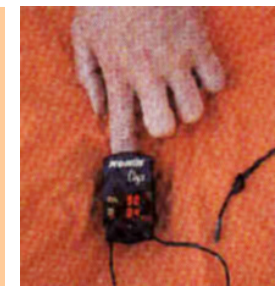
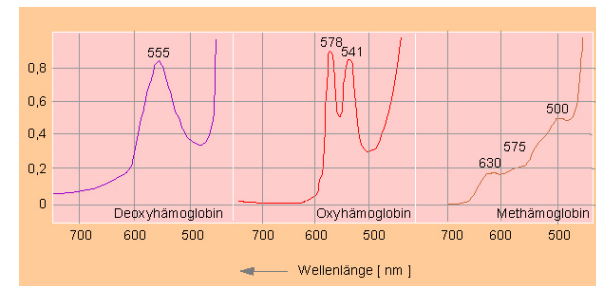
Das Messgerät: Absorptionsspektrophotometer



- F : Lichtquelle (kontinuierliches Spektrum)
- Mk : Monokromator (Aufspaltung des Spektrums der Lichtquelle und Auswahl der Wellenlänge zur Durchleuchtung der Probe)
- M_0 : Referenzlösung (z.B. Lösungsmittel)
- M : die zu messende Lösung
- D : Detektor (photoelektrische Umwandlung)
- El : elektronische Einheit (Verstärkung und Herstellung des der Extinktion proportionalen elektrischen Signals)
- R : Registration

Bestimmung des Sauerstoffgehaltes von Gewebe

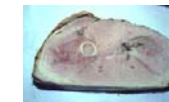
A



Charakterisation die Frische von Fleisch

Konz. von Deoxy und Oxy-Myoglobin
Konz. von NO-Myoglobin

...



Sterilisation

Germizidlampe emittiert
wo die DNS absorbiert