

BIOPHYSIK

8. Vorlesung

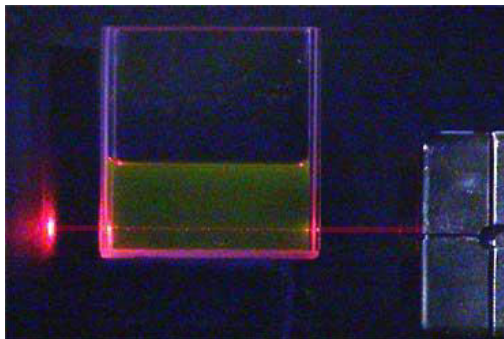
Lichtabsorption Absorptionsspektroskopie

Lichtstreuung

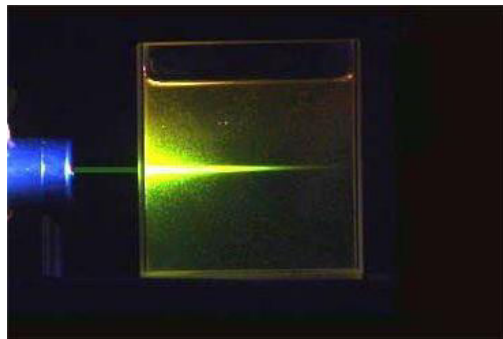
Biologische Wirkung des Lichtes

1

Absorption von Licht in einer Lösung



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



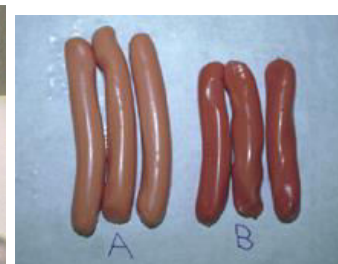
grüne monokromatische
Lichtquelle (laser, $\lambda = 532 \text{ nm}$)
starke Absorption

es gibt eine Absorptionsfähigkeit
die Absorptionsfähigkeit hängt von der Wellenlänge ab

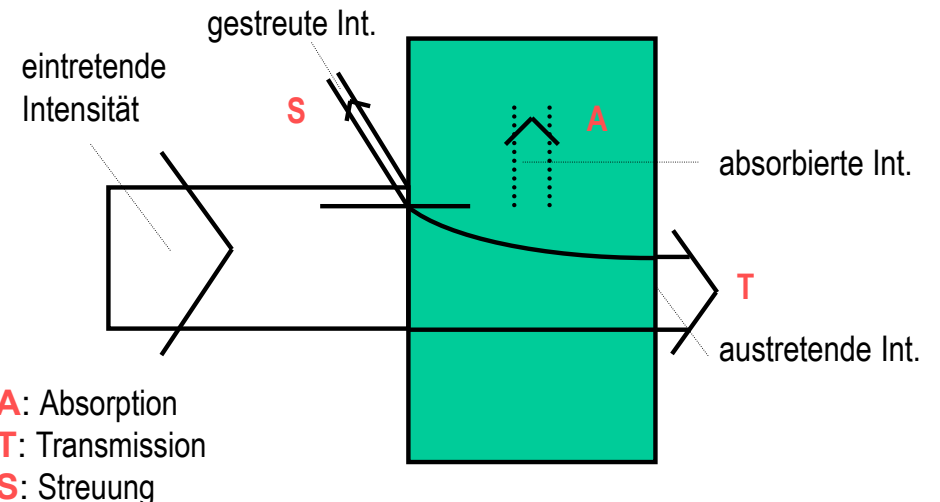
3



**Absorption
von Licht**



Grunderscheinungen



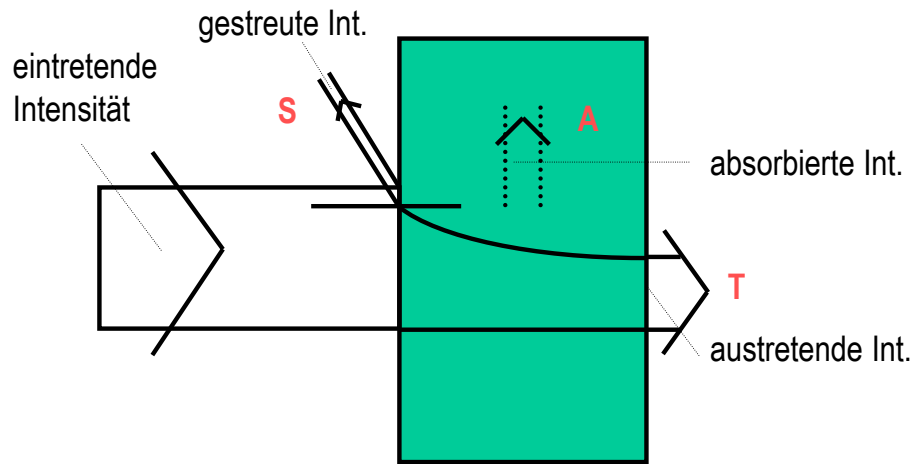
Annahme: Der grösste Teil des Lichtes wird absorbiert oder durchquert.
Manchmal die Streuung ist nicht vernachlässigbar. S. Vorl. über die Streuung

Wegen Energieerhaltung gilt:

$$\text{Intensität}_{\text{Eintret}} = \text{Intensität}_{\text{Absorp}} + \text{Intensität}_{\text{Gestreu}} + \text{Intensität}_{\text{Transmittierte}}$$

4

Grunderscheinungen 2



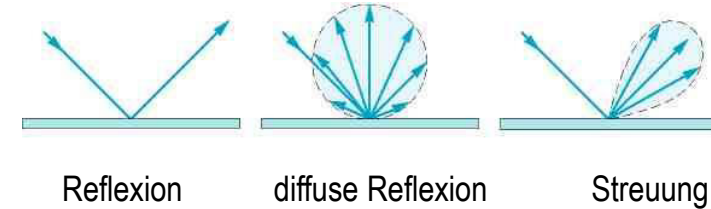
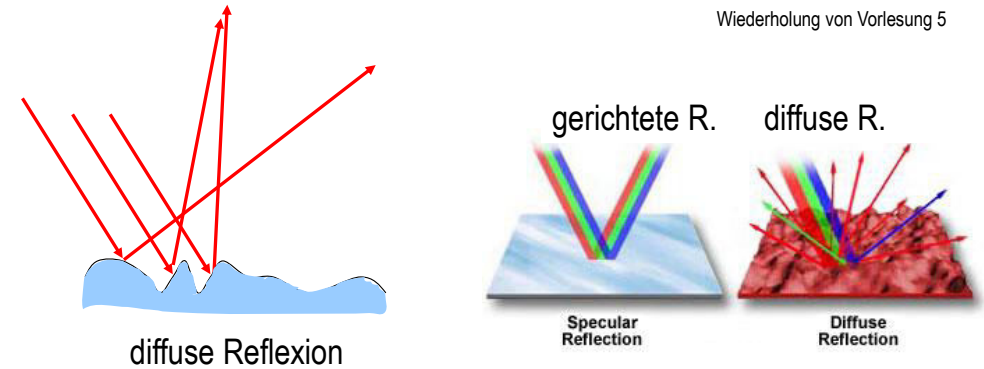
Intensität_{Absorp} , Intensität_{Gestreu} , Intensität_{Transmittierte}

Alle drei Komponente sind direkt oder indirekt messbar und anwendbar für Materialuntersuchung ☺

5

Streuung ist eine art von Reflexion

Wiederholung von Vorlesung 5



6

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 austretende Intensität

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

μ : charakterisiert das Medium (Schwächungsfaktor)

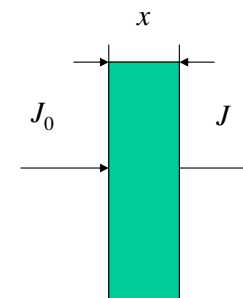
$\frac{\Delta J}{\Delta x} = -\mu J$ Veränderung (*genauer*: die Ableitung) einer Funktion (*hier*: Intensität) proportional zur Funktion (Intensität)

7

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

Lösung dieser (Funktions)gleichung/Differentialgleichung:

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



das Schwächungsgesetz

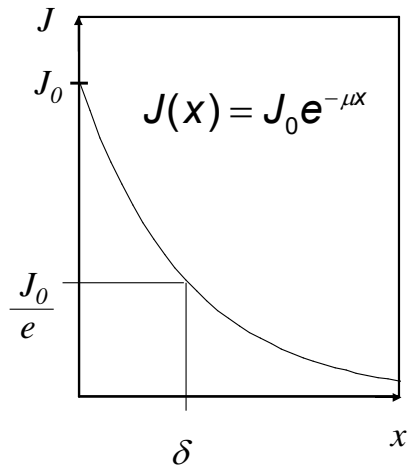
J_0 : die eintretende Intensität

J : die austretende Intensität

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

8

Graphische Darstellung des Schwächungsgesetzes



Einheit von μ : 1/m, 1/cm
 $\delta \equiv 1/\mu$, δ : eine spezielle Schichtdicke

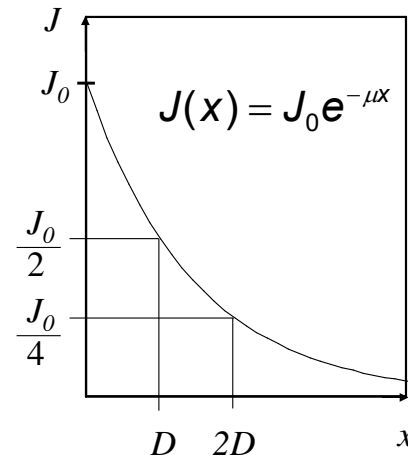
$$J(x) = J_0 e^{-\frac{x}{\delta}}$$

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

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

9

Die Halbwertsdicke



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

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

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

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

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

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

10

Optische Dichte = Extinktion = Absorbance

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

11

Schwächungskoeffizient

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

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

wo Z : die (effektive) Ordnungszahl des Mediums/der Lösung

c : die Konzentration der Lösung

λ : die Wellenlänge

für dünne Lösungen: $\Delta J \sim c \rightarrow \mu \sim c$



12

Lambert-Beersches Gesetz

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

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

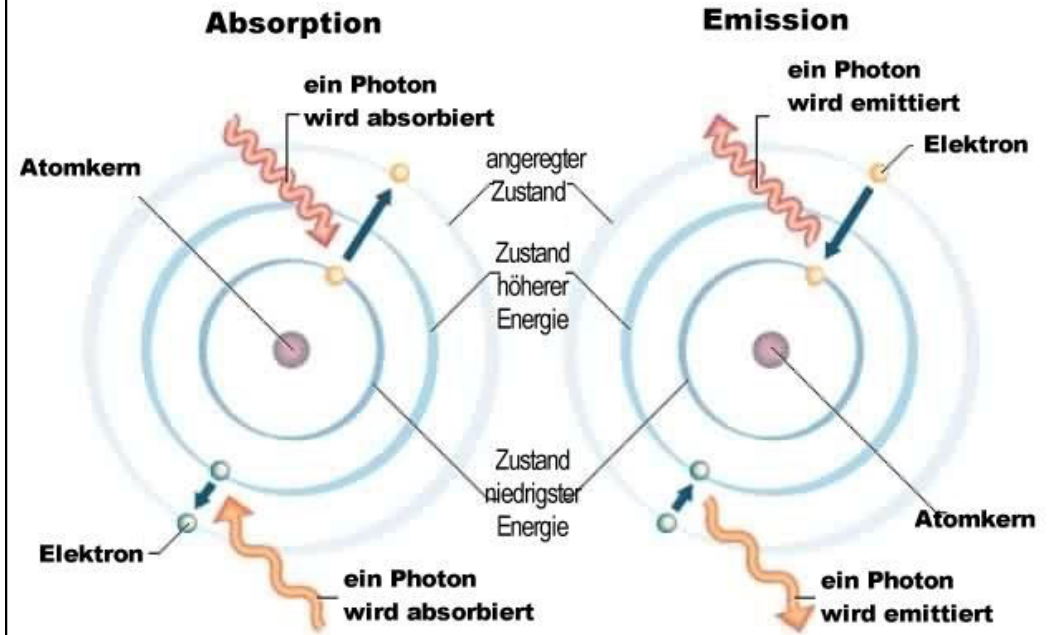
Gültigkeit: für dünne Lösungen

der (dekadische molare) Extinktionskoeffizient: $\varepsilon = \varepsilon(Z; \lambda)$

wichtig: nicht hängt von der Konzentration ab

13

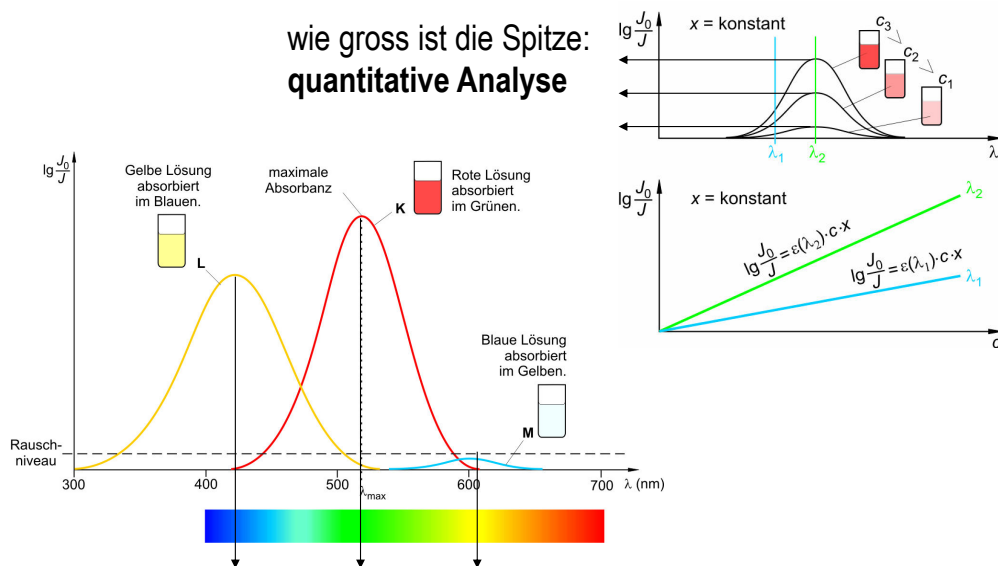
Atomare Grundlagen der Absorption und Emission



S. noch : Vorlesung „Struktur d. Materie“

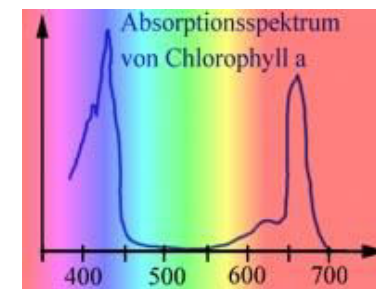
Absorptionsspektrum

wie gross ist die Spitze:
quantitative Analyse

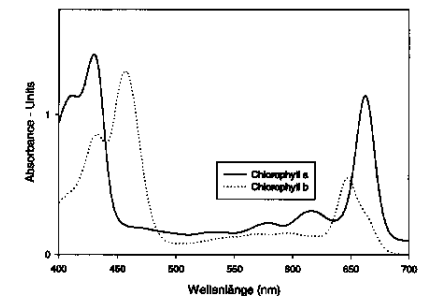


wo ist die Spitze: qualitative Analyse

15



Chlorophyll - Absorption



Absorption Spectra of Human Visual Pigments

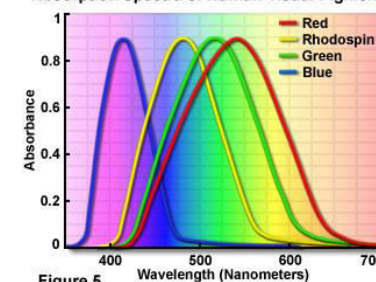
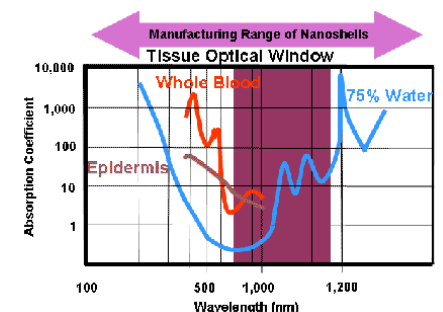
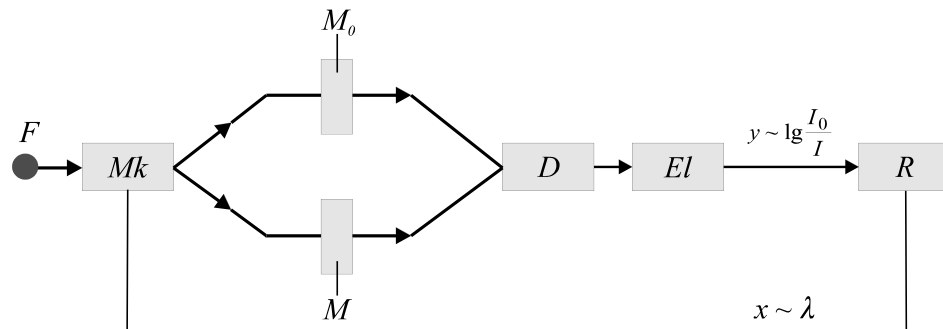


Figure 5



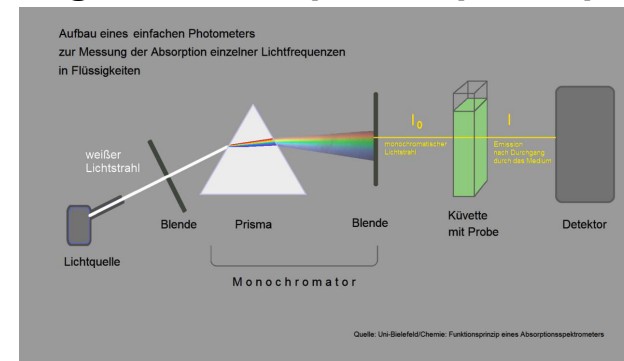
16

Das Messgerät: Absorptionsspektrophotometer



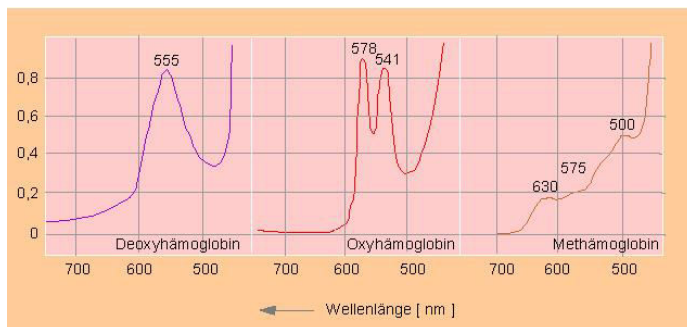
17

Das Messgerät: Absorptionsspektrophotometer



18

Bestimmung des Sauerstoffgehaltes von Gewebe



Charakterisation die Frische von Fleisch

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

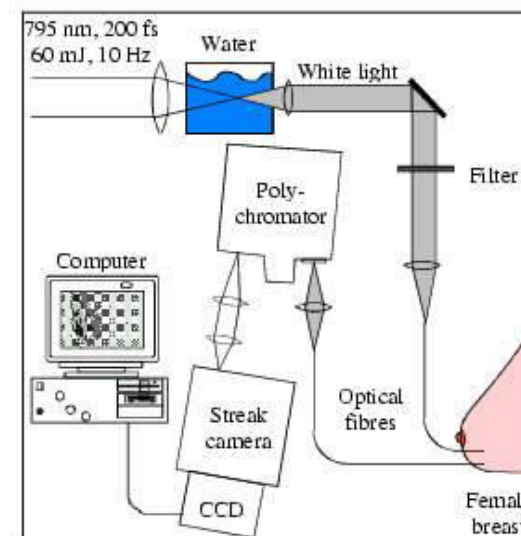


Sterilisation

Germizidlampe emittiert wo die DNS absorbiert

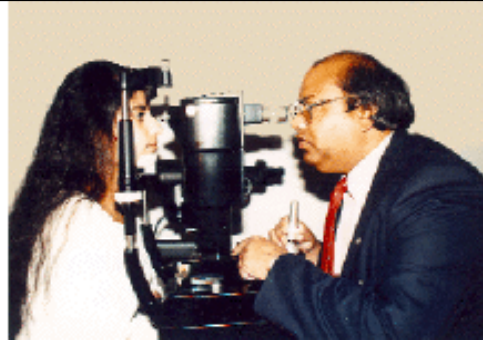
19

Krebsforschung mit Hilfe von Absorptions- und Streukoeffizienten

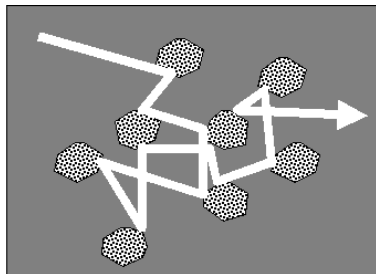
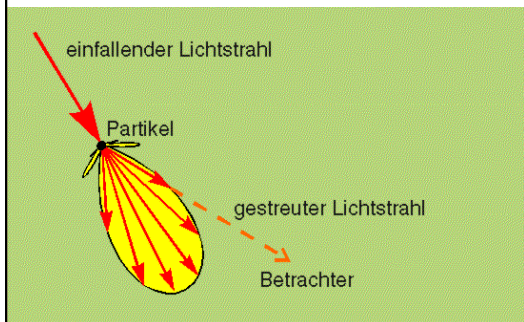


Another set-up was used to measure the optical properties of female breast tissue. Short pulses of white light were generated by using self-phase modulation of a high-power laser pulse focused into a cuvette filled with water. The white light pulses illuminated the tissue and the back-scattered light was recorded with time- and wavelength dispersion by a streak camera (Fig. C2). Measurements were performed *in vitro* on healthy and cancerous breast tissue samples and *in vivo* on healthy female breast tissue. The reduced scattering coefficient and the absorption coefficient were determined in the wavelength range from 660 to 840 nm by fitting a solution of the diffusion equation to the experimental data.

20



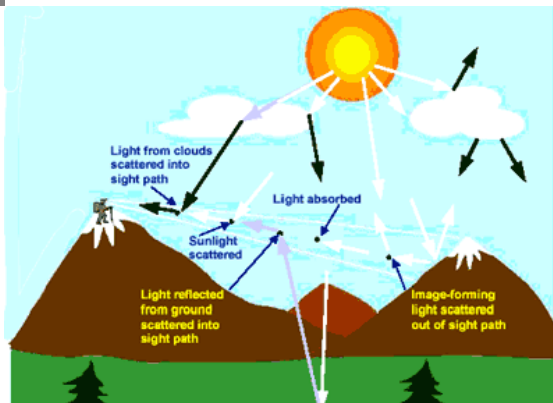
Lichtstreuung



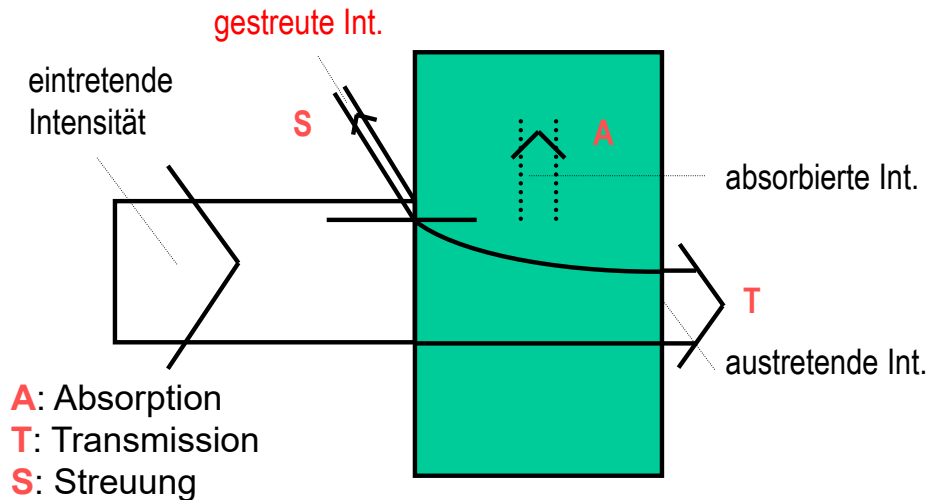
Lichtstreuung:
Ablenkung des Lichtes an
kleinen Teilchen oder rauen
Oberflächen (Inhomogenitäten)

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

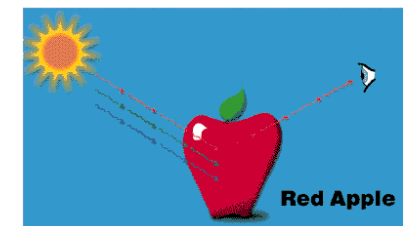
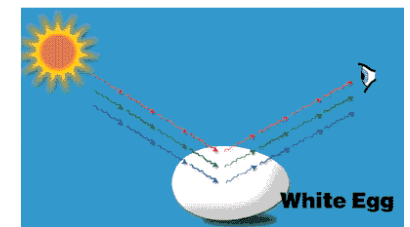
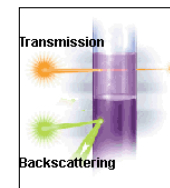
Durch Lichtstreuung
wird gerichtetes
Licht in **diffuses**
Licht verwandelt.



Grunderscheinungen



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 – **elastische** Lichtstreuung

ohne Energieübertragung auf das Streuteilchen
die Photonenenergie/Wellenlänge bleibt

Rayleigh-, Mie- (Tyndall-) Streuung

zeitliche Inhomogenitäten/Fluktuationen – **inelastische** L.S.

die Photonenenergie verkleinert sich,
die Wellenlänge vergrössert sich (Stokes)

Raman-Streuung

25

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 ($0.1 \lambda < d < 10 \lambda$)

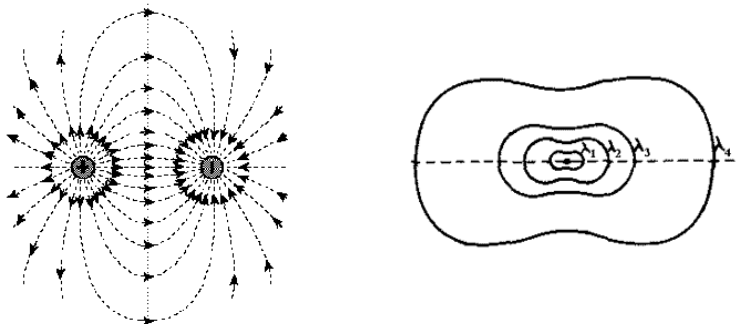
nicht-selektive Streuung

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

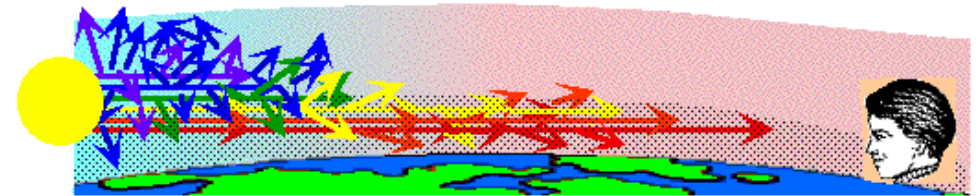
26

Rayleigh-Streuung

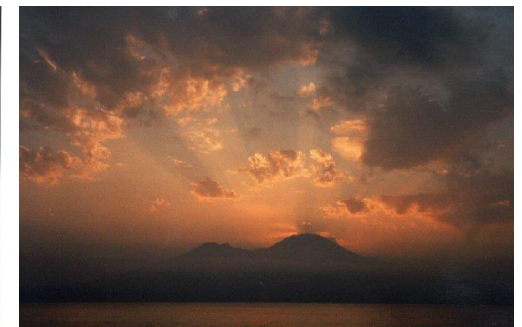
Licht induziert in Atomen, Molekülen und kleinen Teilchen ein elektrisches Dipolmoment, das aufgrund der Schwingung des elektrischen Feldvektors der elektromagnetischen Strahlung ebenfalls schwingt, wodurch das Molekül selber elektromagnetische Strahlung emittiert.



27

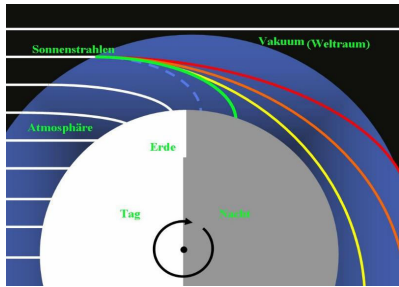


Diese Rayleigh-Streuung ist für den blauen Himmel und das rötliche Licht am Morgen und am Abend verantwortlich. Ist die Atmosphäre dichter, dann nimmt die Streuung zu.



Grünes Leuchten (Green Flash)

Kurz nach Sonnenuntergang ist am Westocean grünes Licht zu sehen



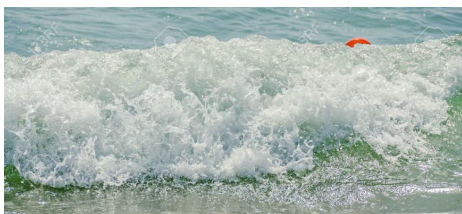
Youtube: Green Flash Sunset in Maui Hawaii



https://de.wikipedia.org/wiki/Grüner_Blitz

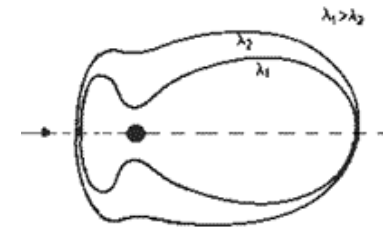
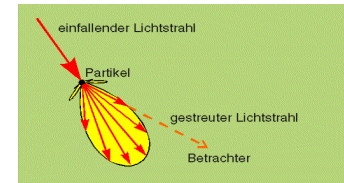
Nicht-selektive Streuung 1

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



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.

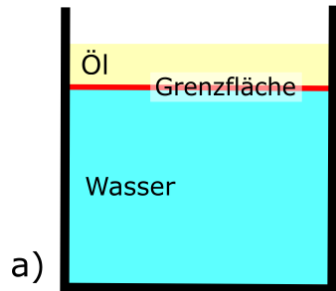


Nicht-selektive Streuung 2

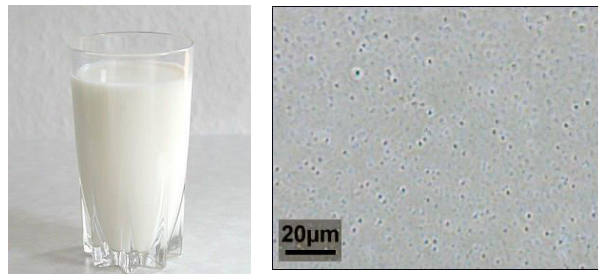
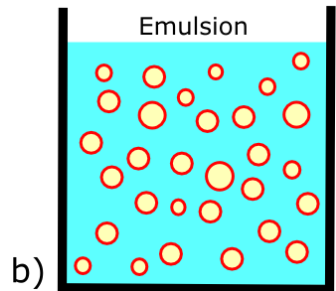
Opazität oder Trübung, beim Opal, Kolloiden, Rauch,



Nicht-selektive Streuung 2



Unter einer **Emulsion** (lateinisch *ex* und *mulgēre* ‚herausgemolken‘) versteht man ein fein verteiltes Gemisch zweier normalerweise nicht mischbarer Flüssigkeiten ohne sichtbare Entmischung



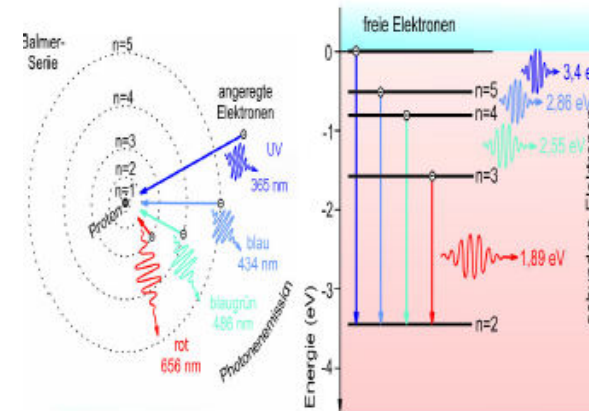
Fetttröpfchen in fettarmer Milch, Mikroskopaufnahme

Wiederholung

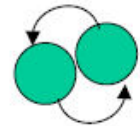
Atome versus Moleküle

Atome haben Grundzustand, Angeregte Zustände und Ionisations Zustände

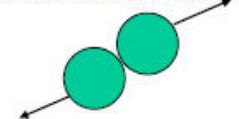
Molekülen haben zusätzlichen Rotationszustände und Vibrationszustände die **die Atome nicht haben**



Rotationszustände:

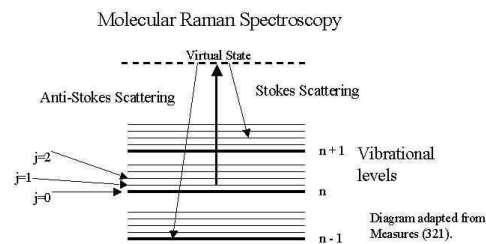


Vibrationszustände:



22

Raman-Streuung



Bei der Raman-Streuung werden Moleküle durch das ausgesendete Laserlicht in andere Vibrations- und Rotationszustände 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 des inelastisch gestreuten Lichts ist um 2 bis 3 Größenordnungen geringer als das elastisch an den Molekülen rückgestreute Licht.

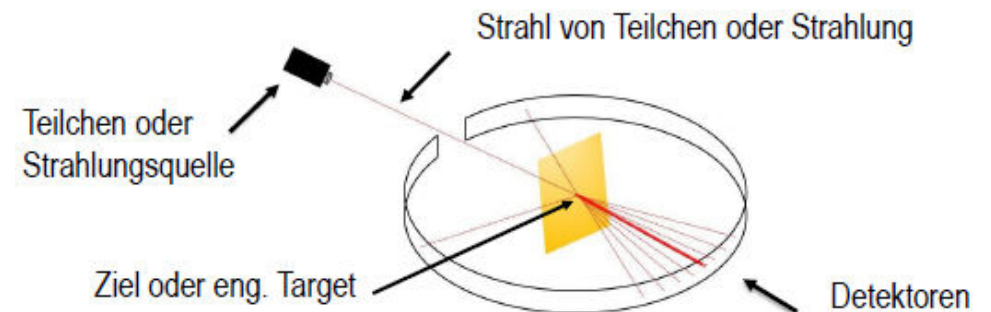
35

Klassifizierung

Spektroskopieren können wir auch mit Teilchen

(Elektron, Positron, Alpha, Neutron, Pion und so weiter)

Ein schematisches Bild:



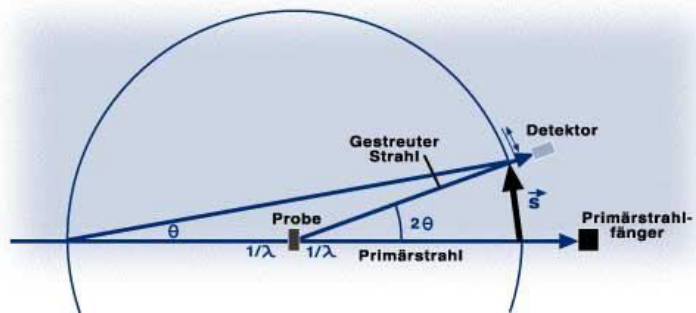
36

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.

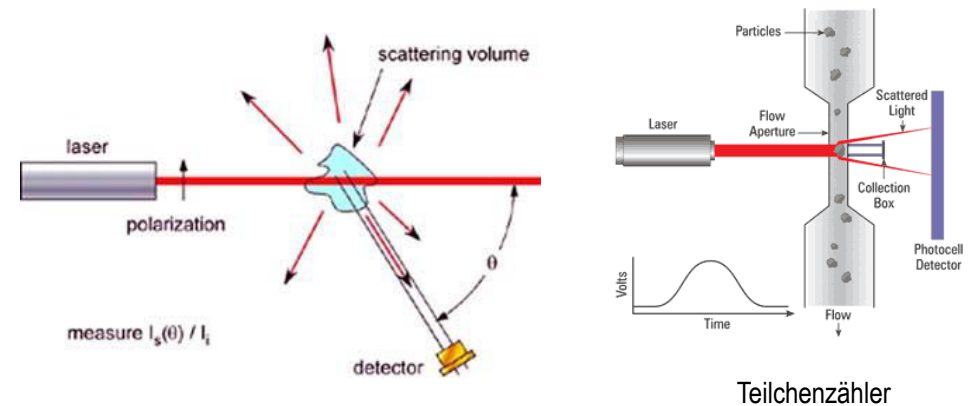
➡ Bestimmung von **Molmassen**



37

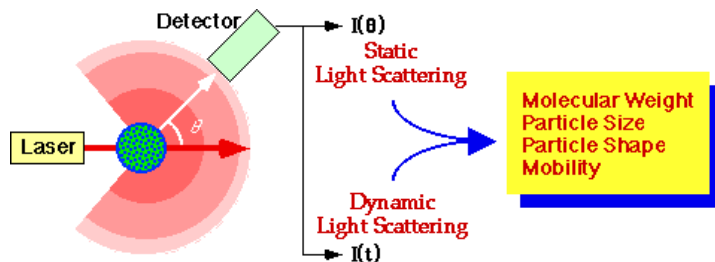
Anwendung: **Statische Lichtstreuung**

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



38

Messmethode: **Dynamische Lichtstreuung**

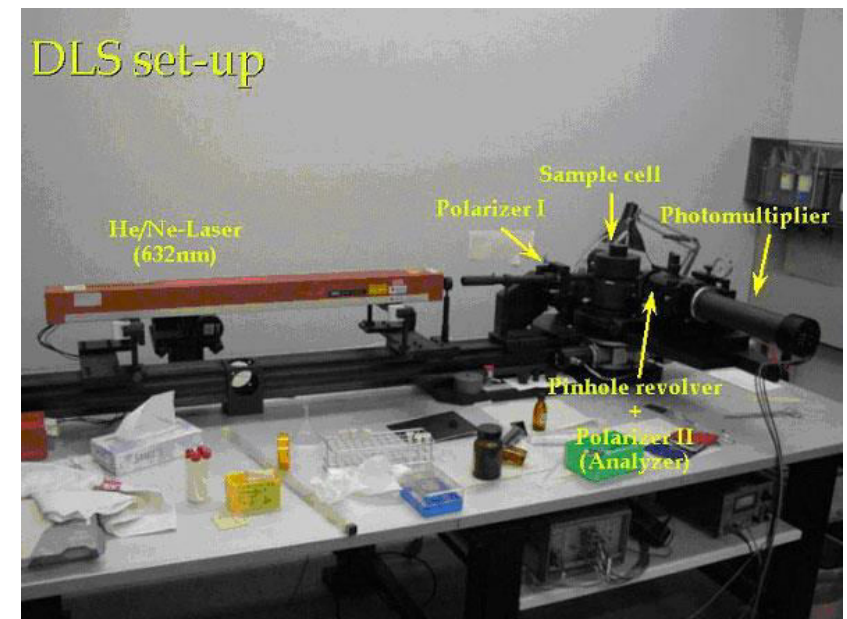


Man bestimmt mit der dynamischen Lichtstreuung Diffusionskoeffizienten bzw. Verteilungen von Diffusionskoeffizienten. Mit der Stokes-Einstein-Beziehung lassen sich dann unter der Annahme, dass sphärische Teilchen vorliegen, aus den Diffusionskoeffizienten die hydrodynamischen Radien der diffundierenden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

➡ Bestimmung der **Partikelgrößenverteilung**

39

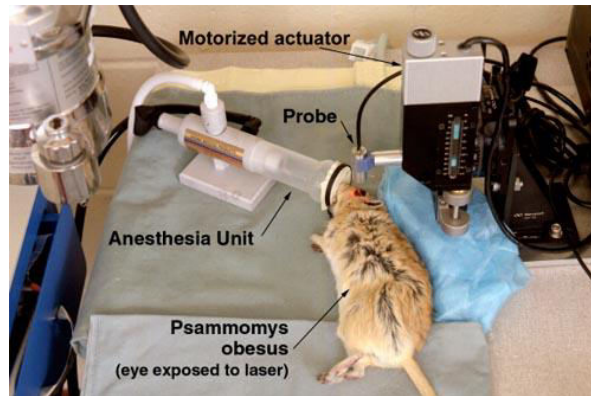
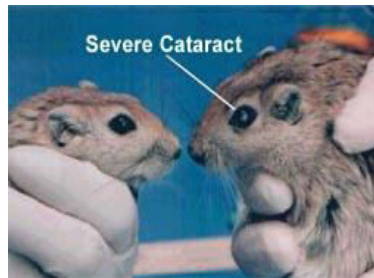
Gerät: **Dynamische Lichtstreuung**



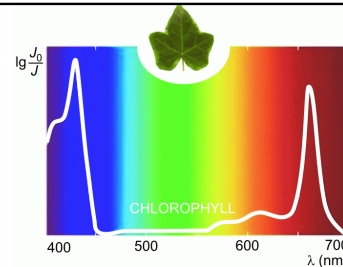
40

Anwendung: Dynamische Lichtstreuung

Dubin, S., Ansari, R.R., Tulp, O., Steinberg, S., Koch, S., DellaVecchia, M., Cozmi, M., and M. Victor: Dynamic light scattering as an objective non-invasive method in veterinary ophthalmic diagnosis and research. Proc Medical Applications, Conference on Lasers in Veterinary Medicine, SPIE 3950, San Jose CA, 361 - 367, 1999.



Positive Wirkungen



Das Leben auf der Erde hängt von dem **Sonnenlicht**.

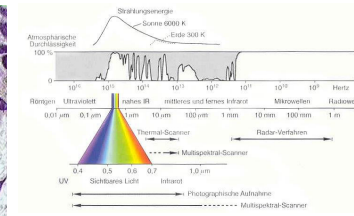
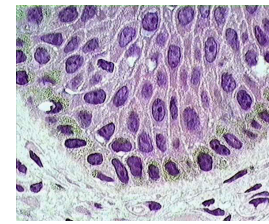
Pflanzen gewinnen Energie aus der Sonnenstrahlung durch **Photosynthese**. Sie dienen als Nahrung für Tiere und Mensch.

Sehen – Orientierung in der Welt, Informationskanal

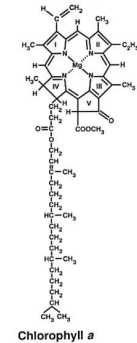
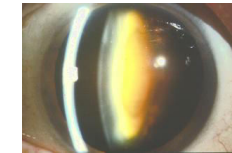
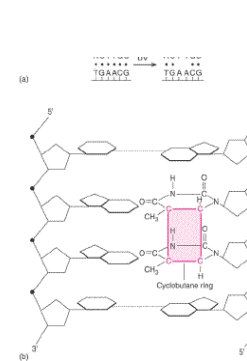
Das Sonnenlicht

- fördert das allgemeine Wohlbefinden
- stimuliert das Immunsystem.

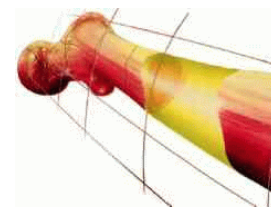
Lichttherapie wird bei Depressionen und gestörtem Schlaf-Wach-Rhythmus angewandt.



Biologische Wirkung des Lichtes



Chlorophyll a



(Positive Wirkungen)

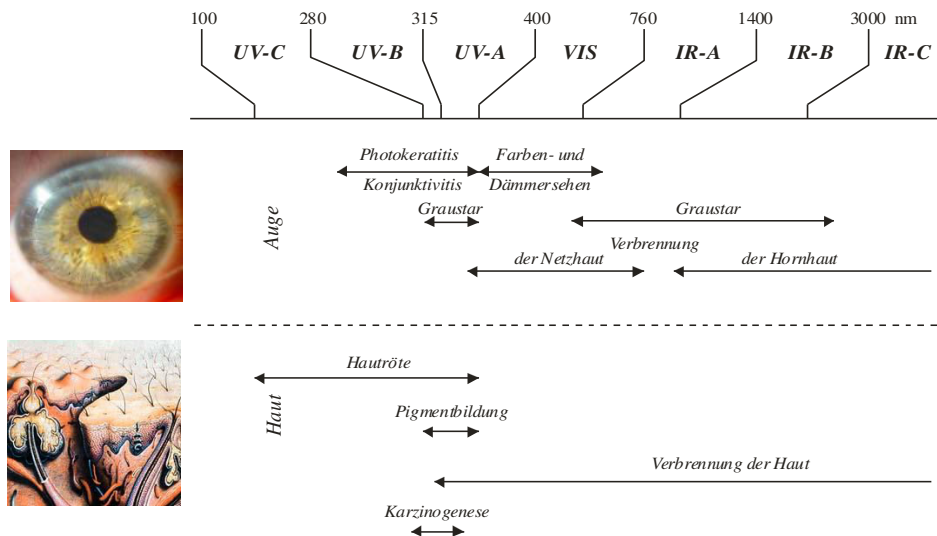


UV-Strahlung ist für die Bildung von Vitamin D in der Haut erforderlich. (Die beiden Vitamine D2 und D3 entstehen dabei mittels des UV-Lichts aus den beiden Provitaminen Ergosterol bzw. 7-Dehydrosterol.)

- Kalzium-Stoffwechsel
- eine 10-minütige Sonnenexposition pro Tag

Medizinische Therapie: UV-Strahlung wird zur Behandlung von Psoriasis (Schuppenflechte) und Neurodermitis sowie zum Abbau bestimmter Empfindlichkeitsstörungen verwendet.

Die wichtigsten Wirkungen des optischen Bereiches



45

Chromophore/Pigmente

Moleküle, die das Licht stark absorbieren.

endogene Chromophore:

(im Körper selbst entstanden = immer Stoffwechselprodukte)

Nukleinsäure

Proteine z.B. Hämoglobin

Porphyrin

Melanin

exogene Chromophore:

(kommen von außen)

Arzneimittel

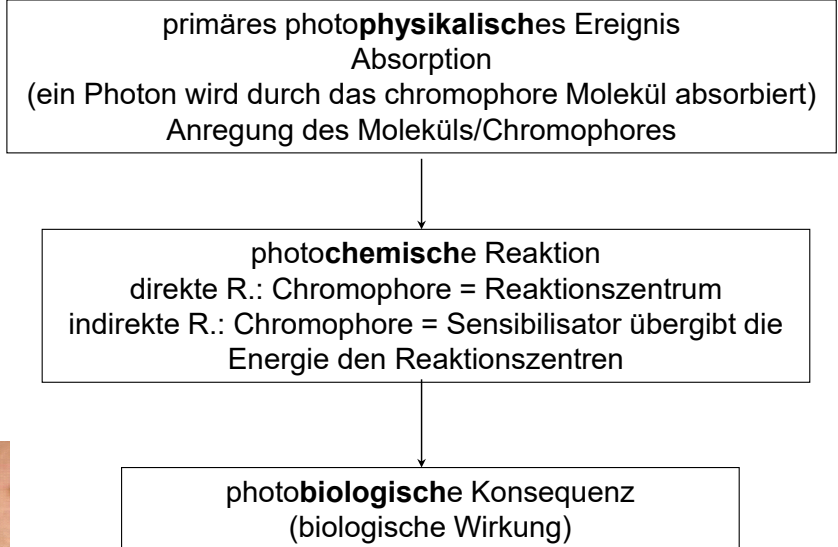
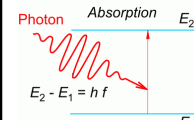
Lebensmittelfarbstoffe

Kosmetika

Tätowierung in der Haut

47

Allgemeine Schritte der Wirkungen



46

Physikalische Charakterisierung der Wirksamkeit

$$I = I_0 e^{-\mu x}$$

$$-\mu x = -\varepsilon^* c x = -\sigma n x$$

	Name	Einheit		Name	Einheit		Name	Einheit
μ	Abs.koeff.	1/cm				x	Schichtdicke	cm
ε	Ext.koeff.	L/(mol*cm)	c	molare K.	mol/L	x	Schichtdicke	cm
σ	Wirkungsquerschnitt	cm ²	n	Konz.	1/cm ³	x	Schichtdicke	cm

Wirkungsquerschnitt, gibt jene Fläche an, die das gegebene Objekt bezüglich der gefragten Wirkung einem einfallenden Photon zeigt

48

Quantenausbeute gibt den Anteil der angeregten Moleküle, die dem zu beobachtenden Prozess unterliegen.

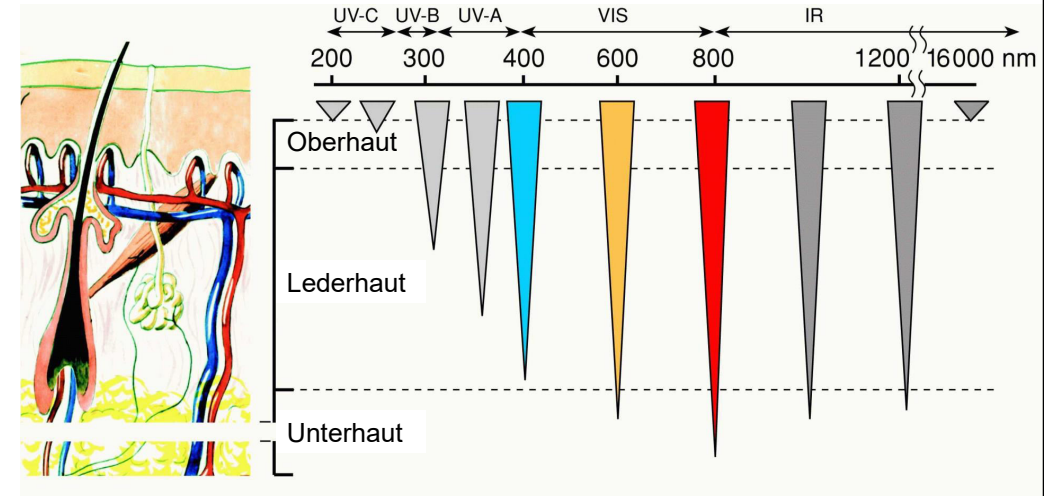
$$Q = \frac{\text{Anzahl der beobachteten Vorgänge}}{\text{Anzahl der absorbierten Photonen}}$$

Wirkungsspektrum/Aktionspektrum:

wie hängt der Wirkungsquerschnitt/die Quantenausbeute/der Absorptionskoeffizient von der Wellenlänge/Photonenenergie ab.

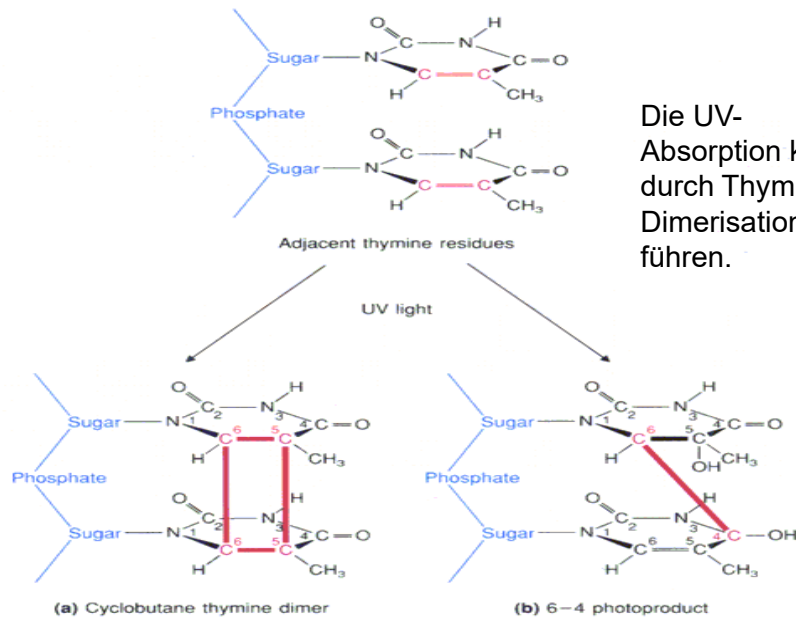
49

Eindringtiefen in die Haut als Funktion der Wellenlänge



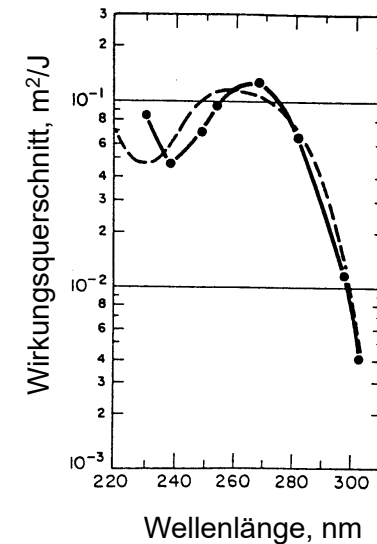
50

Pyrimidindimer-DNA-Schäden



51

E. coli Bakterien tötende Wirkung

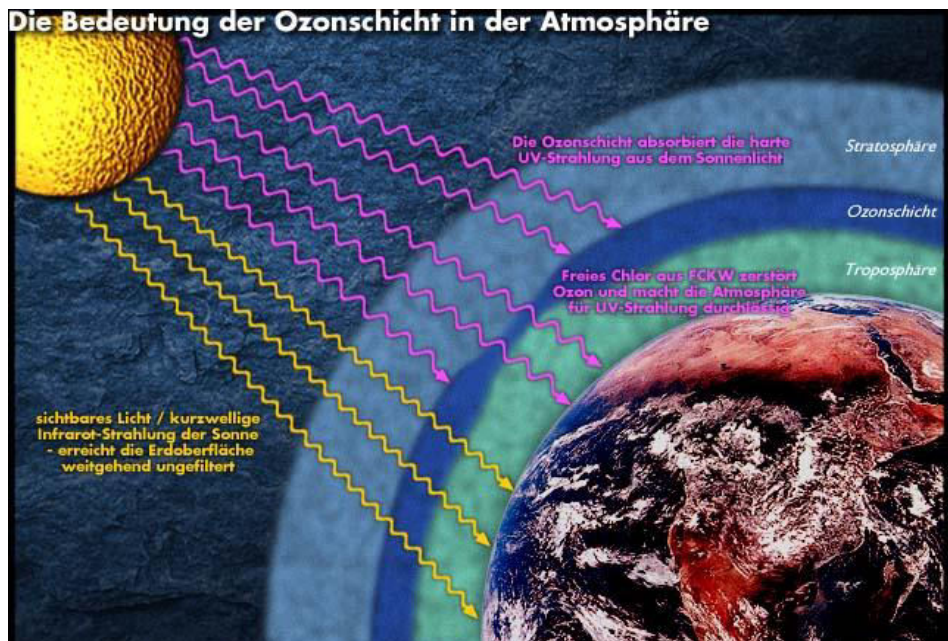


— Wirkungsspektrum
- - - DNS Absorption

Mutation
→ Bakterizid W.
→ Hautkrebs

Ozon Problem!

52



$E_0 = 1,367 \text{ kW/m}^2$ Die gesamte Strahlungsleistung der Sonne auf die Erde, wird durch die *Solarkonstante* je Quadratmeter beschrieben. Sie beträgt im Mittel

53

Bei uns in Mitteleuropa auf Meereshöhe die Intensität ist etwa 340 W/m^2

Ergänzungsmaterial

ein Hinweis zum Wirkungsgrad von Solarzellen...

Braun
WK5100BK
Wasserkocher,
Leistung 2200 W



??
=



Ja ~ 20 Quadratmeter...

55

<https://www.amazon.de/Braun-WK5100BK-herausnehmbarer-transparentes-Wassermessger%C3%A4t/dp/B07RSQ6VQG>

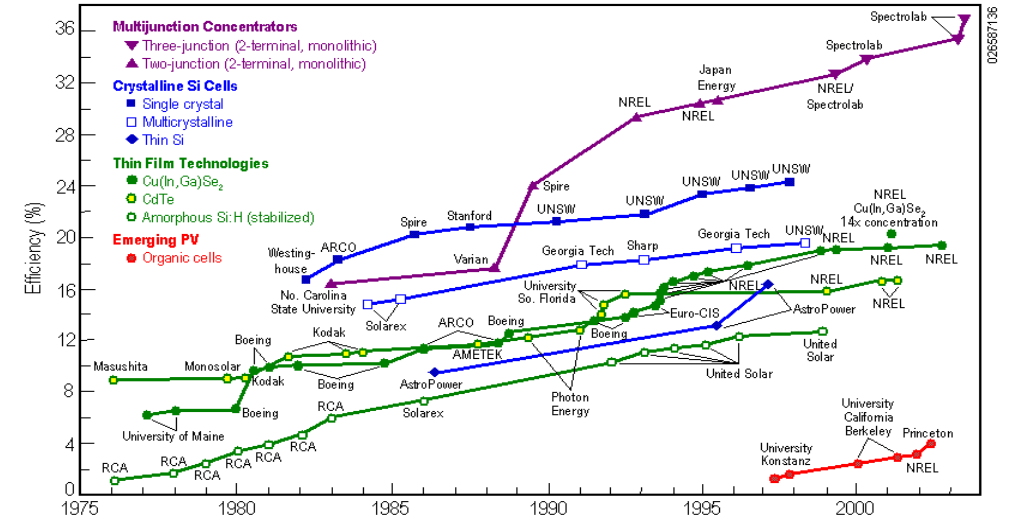
Ergänzungsmaterial

ein Hinweis zum Wirkungsgrad von Solarzellen...



Best Research-Cell Efficiencies

www.nrel.gov/ncpv/thin_film/docs/kaz_best_research_cells.ppt

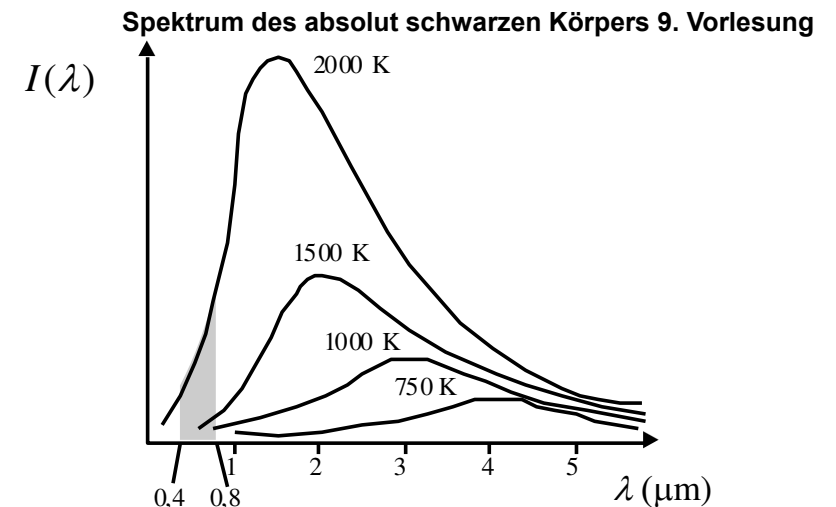


Bei uns in Mitteleuropa auf Meereshöhe ist etwa 340 W/m^2 mit ~ 30 %

Wirkungsgrad bekommen ~ 100 W Leistung pro Quadratmeter

54

Emmisionsspektrum der Sonne

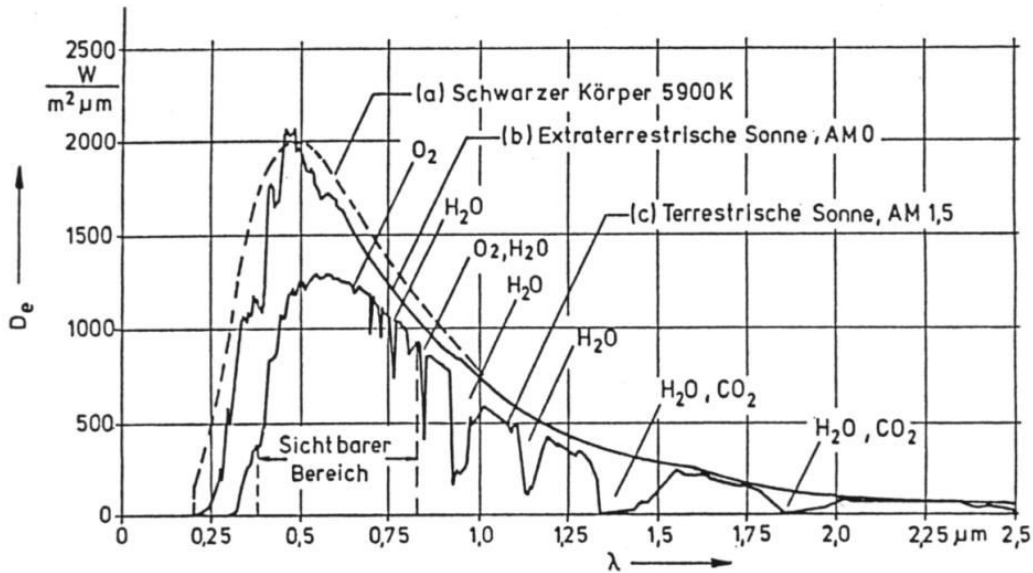


$$I(\lambda) d\lambda = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{\left(\frac{hc}{\lambda kT}\right)} - 1} d\lambda$$

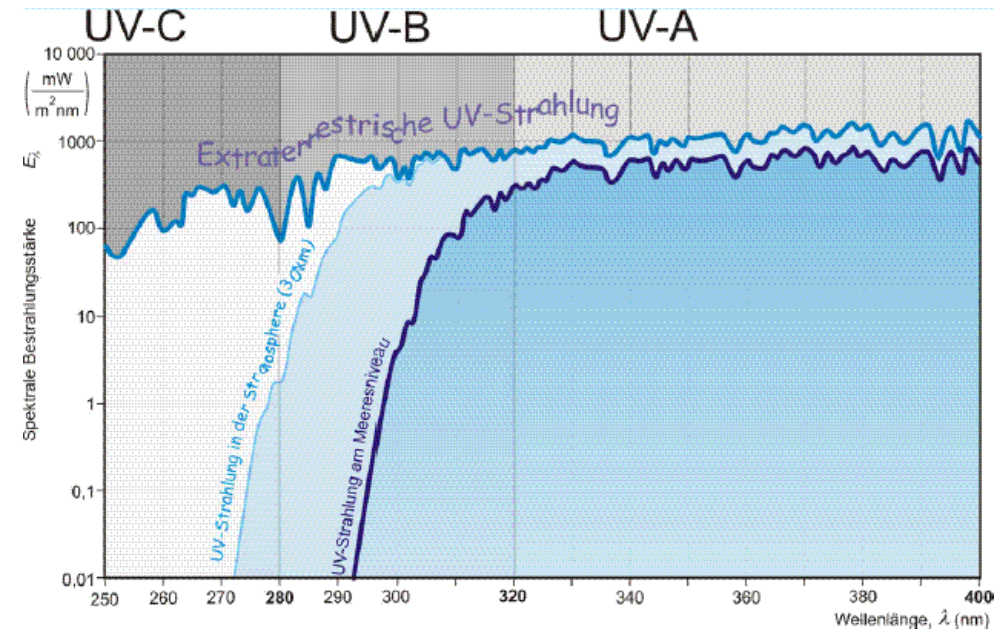
Plancksches Strahlungsgesetz

56

Emmisionsspektrum der Sonne

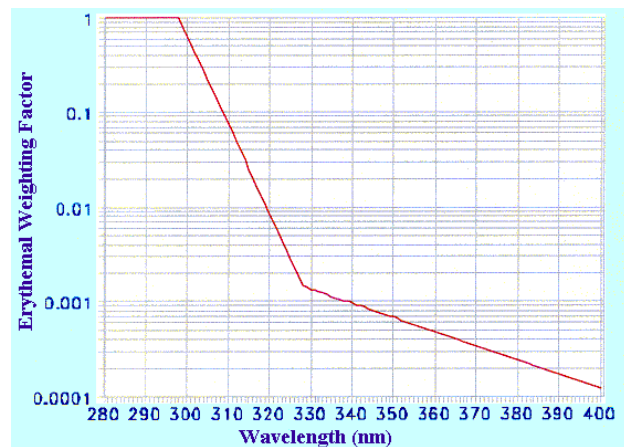


57



58

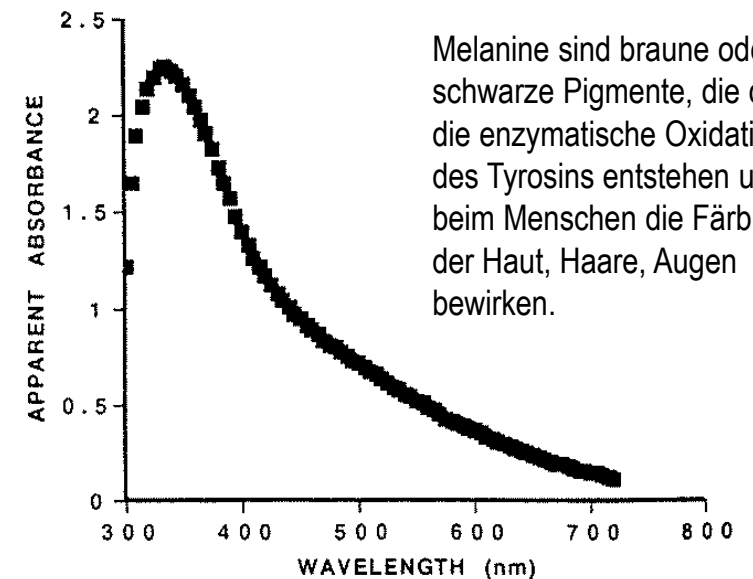
Erythema (Hautröte, Sonnenbrand)



59

Melanin

endogene Chromophore der Haut



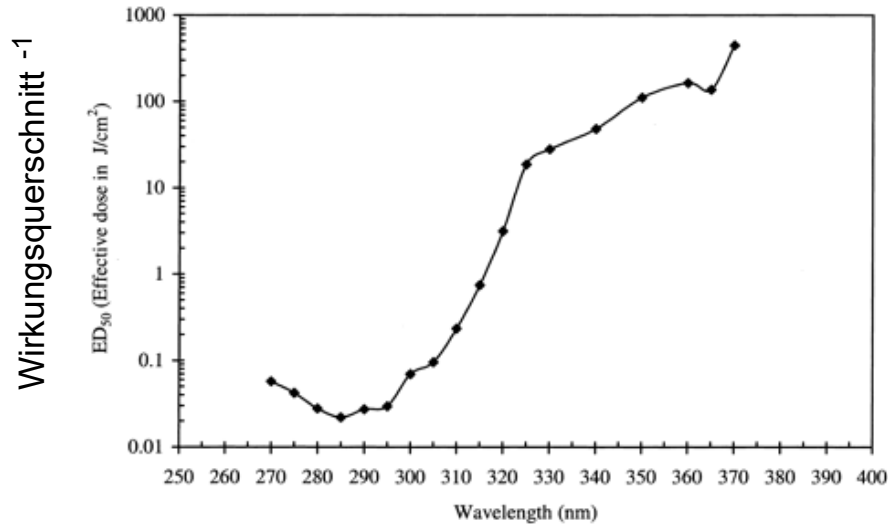
Melanine sind braune oder schwarze Pigmente, die durch die enzymatische Oxidation des Tyrosins entstehen und die beim Menschen die Färbung der Haut, Haare, Augen bewirken.

60

Katarakt

die Eintrübung der ursprünglich klaren Augenlinse

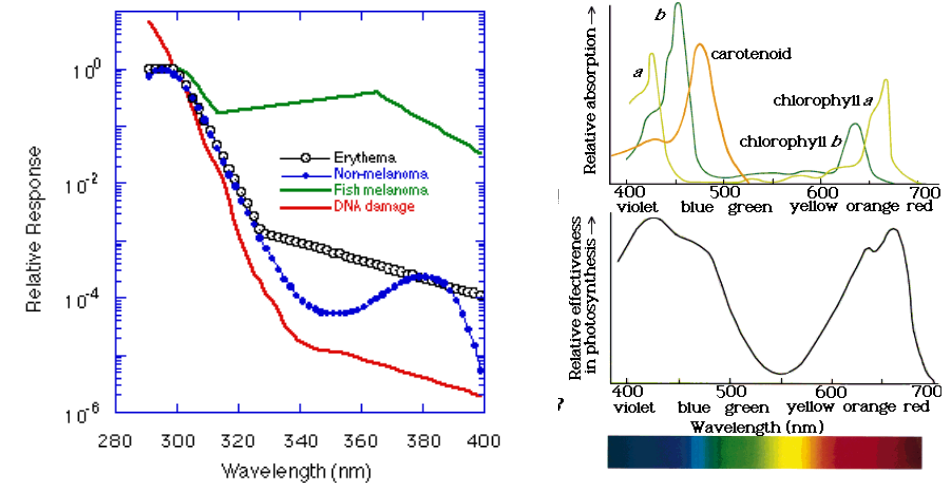
Action Spectrum and Recovery for In Vitro UV-Induced Cataract Using Whole Lenses
Olanrewaju M. Oriowo, Anthony P. Cullen, B. Ralph Chou and Jacob G. Sivak, 2001



61

Weitere Wirkungsspektren

Action spectra for selected UV-related effects



62

Schutz gegen die Sonnenstrahlung

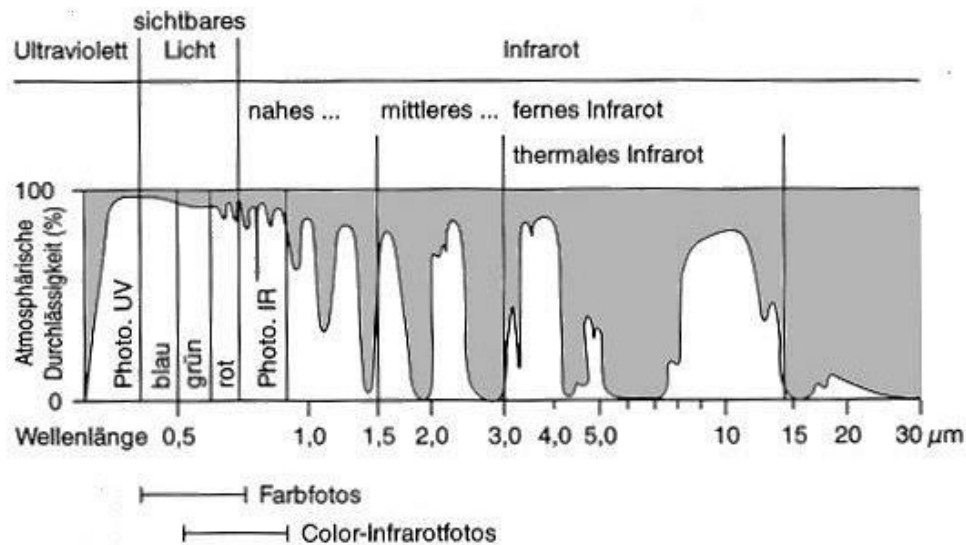


63

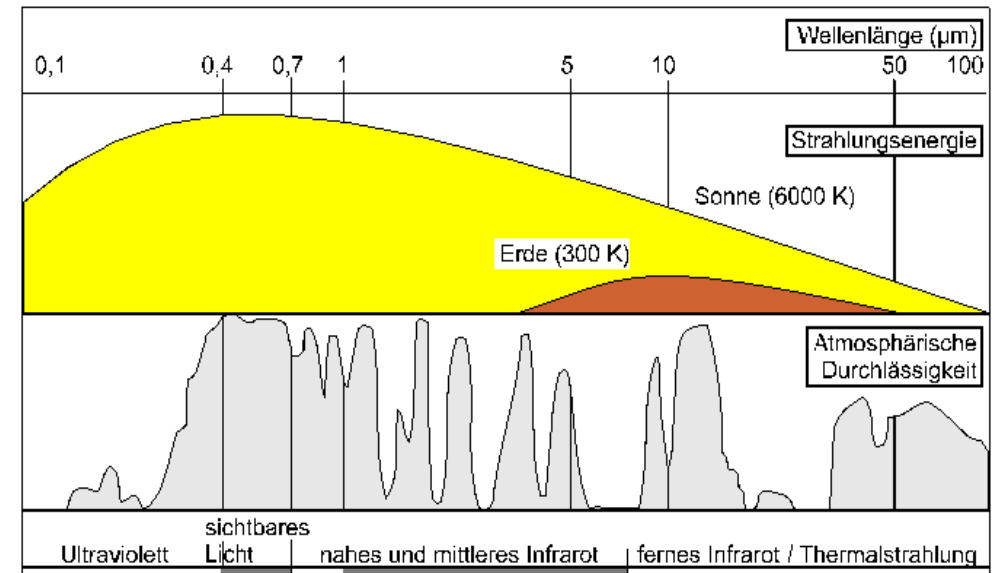
Ergänzungsmaterial: Photodynamische Therapie

Die Photodynamische Therapie ist eine Form der **Krebstherapie** unter Verwendung von Licht. Hierbei wird eine Substanz, welche als **Photosensibilisator** bezeichnet wird, im **Tumorgewebe** angereichert und dann mit **Licht** einer bestimmten Wellenlänge **bestrahlt**. Das Zusammentreffen von Licht und Photosensibilisator führt zur Bildung einer Substanz, die als Zellgift fungiert und **Tumorzellen zerstört**. Medizinische Anwendungen solcher Art haben an der Haut begonnen, z. B. bei der Behandlung von Psoriasis. Mit dem technischen Fortschritt der Laser und Lichtleitertechnik wurden innere Organe für Licht erreichbar, weshalb sich das medizinische Interesse an der PDT erhöhte. Der Vorzug der Behandlungsmethode liegt in der geringen Belastung des Patienten.

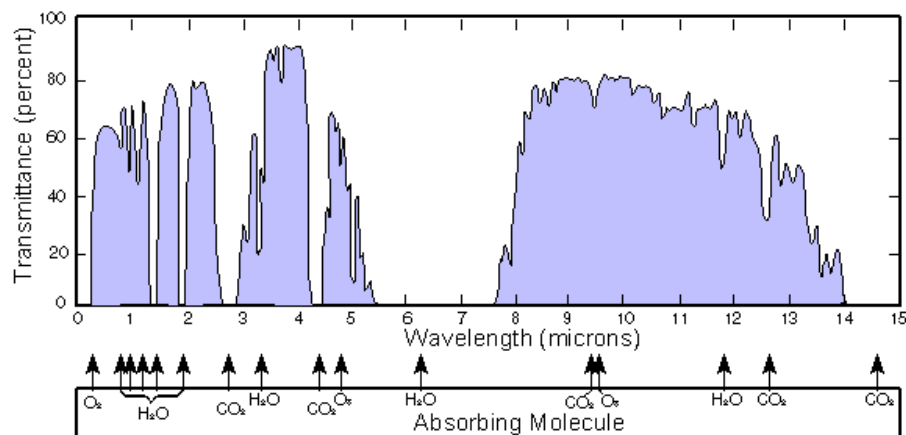
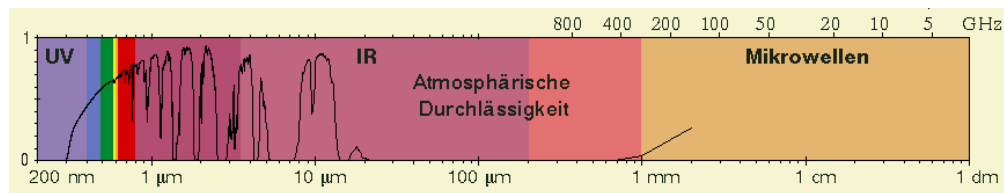
64



65



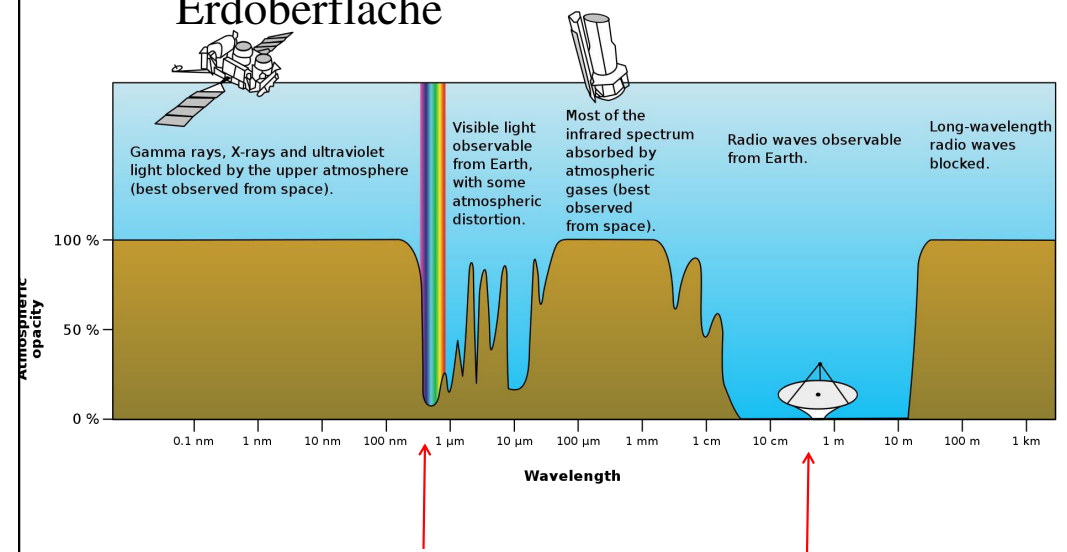
66



67

Ergänzungsmaterial

Konsequenz: Mögliche Astronomie auf der Erdoberfläche



https://en.wikipedia.org/wiki/Radio_astronomy

68

Zusammenfassung

Lichtabsorption Absorptionsspektroskopie

Lichtstreuung

Biologische Wirkung des Lichtes

69

Vielen Dank fuer die



Aufmerksamkeit!

Fragen, Kommentare, Bemerkungen?...