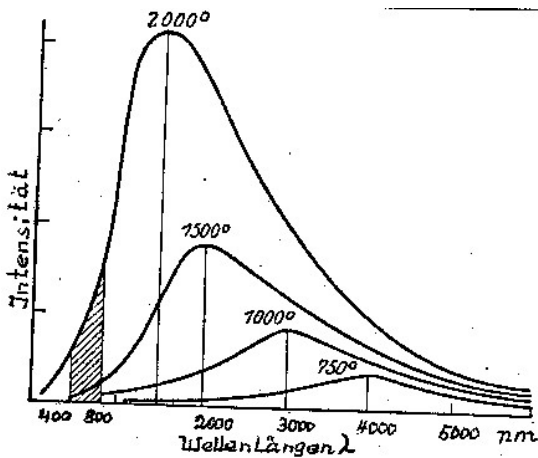
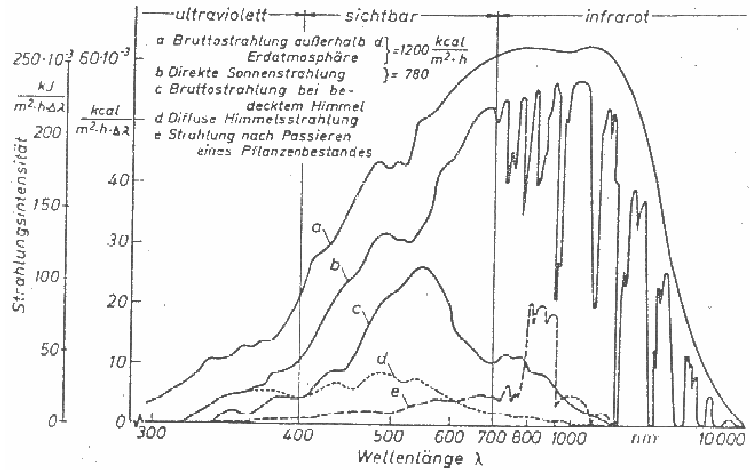


# Strahlungskurven der Sonne

Energieverteilung der Einstrahlung der Sonne in Abhängigkeit von der Wellenlänge unter verschiedenen Bedingungen.

Das Sonnenlicht, das wir erhalten, ist in seiner Zusammensetzung durch zahlreiche Wechselwirkungen in der Atmosphäre schon sehr differenziert und kann in vielfältiger Weise biologisch sowohl als Energie als auch als Information wirksam werden.



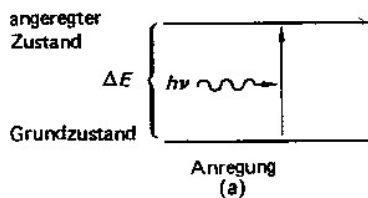
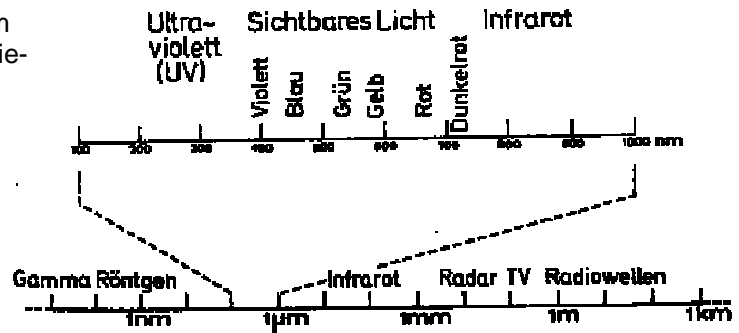
Emission eines schwarzen Körpers und seine Veränderungen mit zunehmender Temperatur.

Schraffierter Bereich = Lichtwellenlängen

Während die emittierte Energie mit der 4. Potenz der Temperatur zunimmt, verschiebt sich das Energiemaximum sogar mit der 5. Potenz zu höheren Frequenzen. Die Wellenlänge für das Maximum der Strahlungsintensität ergibt sich nach der Gleichung:

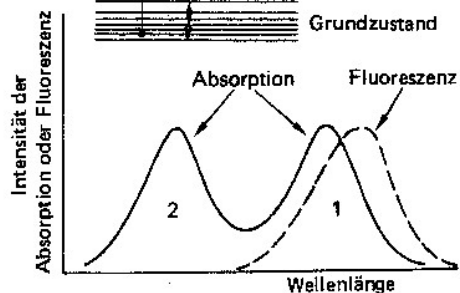
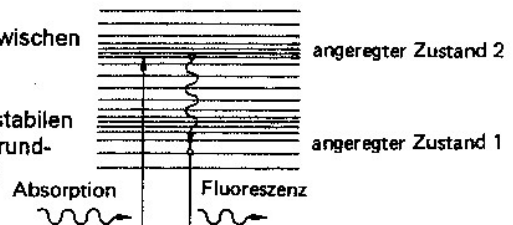
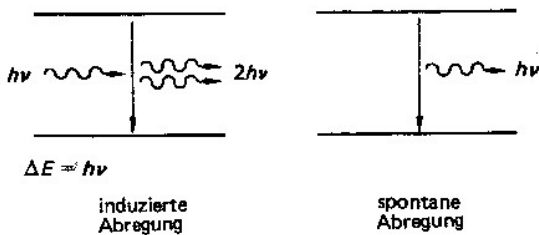
$$\lambda_{\text{max}} \times T = 0,2898 \text{ cm} \cdot \text{K}$$

Elektromagnetisches Strahlungsspektrum mit Angabe der Wellenlängen für verschiedene Strahlungen.



Anregung und Abregung zwischen zwei Energiezuständen.

Anregung zu einem metastabilen Zustand Rückkehr zum Grundzustand über Fluoreszenz



## KAPITEL 7.0. LICHT UND SEINE VERSCHIEDENEN FUNKTIONEN.

Aus Licht ist alles gemacht, was unser körperliches Leben ermöglicht, - die Stoffe, die unseren Körper aufbauen und mit ihnen auch die Strukturen, die uns formen, werden von den Pflanzen unter Einbindung von Licht synthetisiert. Ihr Abbau liefert dann die Energien, die uns leben lassen.

Darüber hinaus ermöglicht Licht die visuelle Wahrnehmung und Licht minimaler Intensitäten trägt die Informationen, die für die Katalyse und Steuerung biologischer Abläufe erforderlich sind. Schließlich, bei verschwindend geringen Intensitäten besteht zwischen den Photonen des Lichts und elektromagnetischen Feldern niedrigerer Frequenzen eine zeitlose Verbindung aufgrund von Kohärenz durch Phasenkopplung. (siehe Erklärung morphogenetische Strukturen)

Für alle diese unterschiedlichen Funktionen finden sich die gleiche Art von Verbindungen, die das Licht einfangen, einbinden, speichern, leiten und schließlich wieder freigeben. Aber Licht trägt auch zerstörerische Energie, die Energie des Feuers. Diese ist in den bei der Fotosynthese entstehenden Verbindungen gespeichert, wird aber auch in wohl abgeschirmten Bahnen ständig transportiert und entspricht Temperaturen von einigen 1000 Grad. Sie kann zu Verbrennungen führen.

### 7.1 Das Spektrum des natürlichen Lichts

Sichtbares Licht ist elektromagnetische Strahlung im Wellenlängenbereich zwischen etwa 390 nm und 780 nm bzw. im Frequenzbereich zwischen 7,68 bis  $3,84 \times 10^{14}$  Hz. (1 nm = Nanometer =  $1/10^{-9}$  m). Die Lichtempfindlichkeit des menschlichen Auges ist im Hellen und im Dunklen, in der Jugend und im Alter und von Mensch zu Mensch jedoch unterschiedlich und Tiere können unterschiedliche Frequenzbereiche wahrnehmen. Das sichtbare Licht hat jedoch, außer für die visuelle Wahrnehmung, noch einige andere biologische Funktionen.

Das Spektrum der Sonnenstrahlung reicht weit über den Bereich des sichtbaren Lichtes hinaus, sowohl in den ultravioletten Bereich (UV, 100 bis 400 nm) als auch in den infraroten Bereich (IR, 800 nm bis 1 mm) und noch darüber hinaus. Das infrarote Licht ist Wärmestrahlung. Darauf folgen zu längeren Wellenlängen und niedrigeren Frequenzen die Mikrowellen (Millimeter bis Meterwellen). Auf den ultravioletten Bereich folgt die Röntgenstrahlung. Manche Tiere haben auch für Frequenzen im UV oder im IR noch Wahrnehmungsorgane, jedoch hat das Spektrum des Sonnenlichts in dem für uns wahrnehmbaren Bereich seine maximale Intensität. Dieser erstreckt sich über etwa eine Oktave ( $2 \times 390 \text{ nm} = 780 \text{ nm}$ ), und wir nehmen die Randbereiche als rötlichblau oder bläulichrot wahr,

### 7.2 Licht und Temperatur.

Die Energie der Lichtschwingungen entspricht sehr hohen Temperaturen, d.h. Temperaturen, die weit über denen liegen, die wir ertragen könnten, bei denen wir vielmehr in kürzester Zeit verbrennen würden. Das ist die Quantenenergie, die sich aus der Frequenz elektromagnetischer Strahlung errechnen läßt. Diese Energie steht in einfacher, nur durch eine Konstante gegebene Beziehung zur Temperatur, denn die Temperatur ist ein Maß für Energie. Die Beziehungen zwischen Frequenz, Energie und Temperatur ist durch folgende Gleichung gegeben:

Das heißt, dass wir auch hier, wie bei Tönen, Frequenzen, die sich um eine Oktave unterscheiden, als qualitativ gleichartig wahrnehmen.

Ein Vergleich des Sonnenlichtspektrums außerhalb der Atmosphäre und in Meereshöhe zeigt nun, dass das Licht, das wir tatsächlich empfangen, gegenüber der ursprünglichen Strahlung stark gegliedert ist. Verschiedene Wellenlängenbereiche sind stark geschwächt. Das rührt daher, dass Moleküle von Gasen und Stäuben in der Luft das Licht absorbieren, streuen und reflektieren und so sein Spektrum verändern.

Moleküle, die Licht absorbieren, können es aber auch mit veränderten Frequenzen wieder abstrahlen. Von den meisten Substanzen wird das Licht der Sonne bei irdischen Temperaturen in niederfrequenterer Wärmestrahlung umgewandelt. Solche Strahlungen sind in der Rückstrahlung der Erde, der sog. Globalstrahlung, enthalten und bei bedecktem Himmel und nachts feststellbar. Zwischen der Einstrahlung und der Rückstrahlung muss sich ein energetisches Gleichgewicht einstellen, sonst überhitzt oder unterkühlt sich die Erde. (Abbildungen S.102)

Die exakte Zusammensetzung des Lichts ist vom Wetter und der Sonnenhöhe abhängig. Das Sonnenlichtspektrum, das wir erhalten, ist also in seiner Zusammensetzung bereits sehr differenziert.

$$E = h \times \nu = k \times T, \quad T : \nu = h : k = 4,799 \times 10^{-11}, \\ T = 4,799 \times \nu$$

$h$  = Planck'sche Wirkungsquantum:  $\nu f$  die Frequenz Energie  $\times$  Zeit =  $6,626176 \times 10^{-34}$  Joule  $\times$  Sek.

$k$  die Boltzmannkonstante: Energie pro Grad Temperatur  $1,38066 \times 10^{-23}$  Joule/ $^{\circ}$ Kelvin, Einheit der Entropie.

So ergeben sich also für sichtbares Licht die sehr hohen Quanten-Temperaturen zwischen 18.428  $^{\circ}$ K und 36.856  $^{\circ}$ K.

Wenn jedoch mehrere Frequenzen angeregt werden, wird die Beziehung zwischen der Tempe-

ratur, die man misst, und der Energie wesentlich komplizierter, und die gemessenen Temperaturen sind längst nicht so hoch. Die Temperatur ergibt sich dann aus der Energiedichte pro Flächeneinheit, der Leistungsflussdichte..

In einem völlig schwarzen Medium wird das größtmögliche Spektrum von Schwingungen angeregt, weil dieses Medium sowohl alle Frequenzen absorbieren als auch wieder abstrahlen kann. Ein schwarzer Körper kann durch einen innen geschwärzten Hohlkörper annähernd verwirklicht werden. Die Energie, die diese Schwärze absorbieren oder abstrahlen kann, ist der vierten Po-

tenz der Temperatur proportional, entsprechend einer von J.Stefan und L.Boltzmann entwickelten Gleichung:

$$\text{const.} \times E \times T^4, \quad \text{const.} = 5,67 \times 10^{-12} \text{ Watt/cm}^2 \cdot \text{°K}^4$$

(Stefan-Boltzmann'sches Gesetz)

Das heißt, man muss, um höhere Temperaturen zu erreichen, Energie entsprechend der vierten Potenz der Temperatur zuführen. Die Sache wird noch komplizierter, wenn man bedenkt, dass die Energie gequantelt ist und nicht jeder energetische Zustand gleich wahrscheinlich ist.

### 7.3 Wechselwirkungen des Lichtes mit Materie.

Um die möglichen biologischen Wirkungen des Lichtes besser zu verstehen, ist es zunächst erforderlich, die verschiedenen möglichen Wechselwirkungen des Lichtes mit Materie zu betrachten. Licht kann:

1. von Materie reflektiert werden (Spiegelung)
2. unter **Brechung** und oft auch **Polarisation** hindurch gelassen werden,
3. absorbiert werden.

Diese Vorgänge sind abhängig von der Art und Oberflächenbeschaffenheit der Materie und von der Wellenlänge des Lichtes, und Licht gemischter Wellenlängen kann entsprechend aufgespalten werden; also teils reflektiert, teils hindurch gelassen und teils absorbiert werden.

Reflexion ist Spiegelung; es ist eine Wechselwirkung der elektromagnetischen Lichtwellen mit den elektromagnetischen Feldern der Atome bzw. Moleküle ohne Energieverlust. Die Brechungswinkel sind abhängig von der Art der Materie und von der Wellenlänge des Lichtes, und so wird gemischtes Licht in verschiedene Farben zerlegt.

Auch wenn Substanzen lichtdurchlässig sind, kommt es doch zu Wechselwirkungen mit den elektromagnetischen Feldern der Materie. Das Licht wird, wellenlängenabhängig gebrochen und in seine Farben zerlegt. Darüber hinaus kann Licht in kristallin geordneten Materialien, aber auch in Zuckerlösungen und vielen organischen Substanzen, nach Schwingungsrichtungen, also der Polarisation, getrennt werden. Das heißt, es wird z.B. nur das Licht einer Schwingungsrichtung hindurch gelassen. Die Schwingungsrichtung kann auch gedreht werden. Verschiedene Zucker kann man durch diese Drehwinkel unterscheiden. Licht einer definierten Schwingungsrichtung nennt man polarisiertes Licht.

Materialien, die Licht reflektieren, wie Glas oder manche Kunststoffe, können Licht in feinen Kanälen, in die das Licht genau hineinpasst und an deren Wänden es reflektiert wird, auch leiten, ohne dass Energie verloren geht. Solche Art der Lichtleitung spielt in molekularen Dimensionen aber auch im lebenden Organismus eine Rolle.

Die meisten Materialien absorbieren jedoch mehr oder weniger Lichtenergie, und die Lichtenergie wandelt sich dann schnell in Wärmeenergie um. Moleküle absorbieren Licht, wenn die Frequenzen Eigenschwingungen oder Rotationen über Resonanzwirkungen anregen können oder Elektronen auf höhere Energieniveaus anheben können. Dann entspricht die Energie der Photonen der Energiedifferenz zwischen diesen Niveaus.

Hält man z.B. Kochsalz in eine Flamme, so färbt sich diese grellgelb von dem Licht, das abgestrahlt wird, da das äußerste Elektron des im Kochsalz gebundenen Natriums zunächst in einen höherfrequenten Schwingungszustand versetzt wird und dann in eine niederfrequenter Schwingung zurückfällt. Das Natrium hat dann zunächst aus dem Licht der Flamme die Energie zur Anregung des Elektrons aufgenommen und gibt sie dann mit definierter Frequenz wieder ab. Natriumdampf absorbiert nun auch aus Sonnenlicht genau diese Frequenz, und andere chemische Elemente in der Erdatmosphäre absorbieren ebenfalls die für sie charakteristischen Frequenzen. Darum kann man auch an den von Sternen abgestrahltem Licht feststellen, welche Elemente auf den Sternen und im Universum vorkommen.

(Anregung u. Abregung von Elektronenzuständen, Abb. S.102).

Häufig springen jedoch die Elektronen über Stufen geringerer Energiedifferenzen zurück, und die dabei abgestrahlte Energie hat dann größere Wellenlängen bzw. niedrigere Frequenzen. Auch kann die freiwerdende Energie Atome und Moleküle in schwingende und rotierende Bewegungen versetzen. Diese Bewegungen entsprechen definierten Wellenlängen im Bereich der Wärmestrahlung. Sie liefern Aufschlüsse über die innere Struktur der Moleküle in chemischen Verbindungen. Darauf gründet sich die Infrarotspektalanalyse organischer Verbindungen und von Silikaten. Grundlage dafür sind geordnete Bewegungen.

Mit zunehmender Temperatur und zunehmendem Druck überlagern sich jedoch die Bewegungen der Atome und Moleküle und diese

stoßen sich gegenseitig an und stören sich in ihren geordneten Schwingungen und Rotationen. Die Bewegungen werden unscharf und schließlich werden so aus Linienspektren kontinuierliche Spektren. Die Bewegungen erscheinen jetzt ungeordnet, definierte Wellenlängen oder Frequenzen gehen im sog. Rauschen unter. Darum muss diese Spektroskopie bei sehr niedrigen Temperaturen durchgeführt werden.

Große, komplexe Moleküle können Licht aber auch für kürzere oder längere Zeit in begrenzten Räumen einfangen und durch innerer Reflexion speichern und dann mit spezifischen Frequenzen, deren Wellenlängen diesen Räumen entsprechen, wieder abstrahlen. Bei sehr kurzer Speicherung in der Größenordnung von  $10^{-8}$  Sekunden spricht man von Fluoreszenz, bei längerer Speicherung von Phosphoreszenz. Bei der letzteren kann die Abklingdauer ein halbes Jahr oder länger betragen. Das abgestrahlte Licht ist meist langwelliger als das aufgenommene, weil die aufgenommen Energie auch hier über Stufen eingefangen wird, kann aber zu geringem Anteil kurzwelligere Strahlung enthalten. Es entsteht ein hochdifferenziertes Linienspektrum mit je nach Substanz charakteristischen Farben.

Besonders die Phosphoreszenzerscheinungen setzen voraus, dass Substanzen im Vergleich zur Umgebungstemperatur relativ hohe Energien speichern können, ohne sie in feste, chemische Bindungsenergie zu überführen. Solche Eigenschaften finden sich in komplex aufgebauten Systemen, z.B. anorganischen Sulfiden und Halogeniden mit geringsten Beimengungen an Schwermetallen (z.B. Zinksulfid + Kupfer). Vor allem aber sind es organische Stoffe (Gelatine, Zucker, organische Farbstoffe), die Licht so speichern können. Voraussetzung für diese Art der Lichtspeicherung ist eine sehr hohe und differenzierte Ordnung in Substanzen oder Systemen verschiedener Substanzen. Auch das abgestrahlte Licht hat dann einen hohen Ordnungsgrad und das bedeutet, dass es weitgehend kohärent ist, d.h. es hat phasengleiche Schwingungen mit eindeutig polarisierten Schwingungsebenen und dementsprechend Kopplungen zwischen den Phasen verschiedener Schwingungen. Die-

#### 7.4 Verschiedene Arten der biologischen Wirkung des Lichts.

Licht wirkt also sowohl als Energielieferant als auch als Informationsträger und das letztere auf mehreren Ebenen. Über die Photosynthese wird es zur Energiequelle allen Lebens. Dabei wird die Energie des Lichtes aufgenommen, in chemischen Verbindungen gespeichert und in Strukturen anderer Verbindungen geleitet.

Über die Augen wirkt Licht auf zwei verschiedenen Wegen als Informationsträger. Mit verhältnismäßig hohen Intensitäten über die Sehbahn, die die Impulse für die optische Wahrnehmung weiterleitet und über die 'energetische Bahn' zum Hypothalamus (Zirbeldrüse), die In-

ses Licht bildet dreidimensionale Muster; es ist Laserlicht. Die Verbindungen des lebenden Organismus aber auch schon Wasser haben solche Lasereigenschaften. (Abb. S. 102)

Diese Verbindungen existieren im Fluss in sehr stabilen, angeregten Nichtgleichgewichtszuständen, und aus solchen Verbindungen besteht unser Körper. Die von ihm abgegebene Strahlung ist Laserlicht bzw. Maserstrahlung, da sie nicht nur im Frequenzbereich des Lichtes zu finden ist, sondern vielmehr in den Wellenlängenbereichen der Strukturen im Körper. Die Strahlung ist in allen Frequenzbereichen ein hochwirksamer Informationsträger. So wird bei der Photosynthese, also der Aufnahme von Sonnenlicht zur Synthese von Zuckern, nicht nur Energie aufgenommen, sondern auch höchst differenzierte Information. Der lebende Organismus ist ein Laser-System bzw. Quanten-System, nicht nur für Frequenzen im Bereich des sichtbaren Lichts, sondern über ein Spektrum, das weit unterhalb von einem Hertz beginnt. Doch ist der Bereich des sichtbaren Lichts biologisch auf vielen Ebenen wichtig und liefert nicht nur die für chemische Reaktionen notwendigen Energien. Aber im optischen Bereich ist etwas leichter messbar.

Über Flächen von wenigstens  $4 \times 10^{-6} \text{ cm}^2$  ist Sonnenlicht kohärent [P4 S.144] und liefert also nicht nur Energie, sondern auch wesentliche, biologisch wirksame Informationen. Auch die Fläche einer Zelle liegt in der Größenordnung von  $10^{-6} \text{ cm}^2$ .

Lichtwirkungen beruhen also sowohl auf der Intensität als auch auf der spektralen Zusammensetzung aber ganz entscheidend auch auf der Kohärenz und den damit verbundenen Informationen..

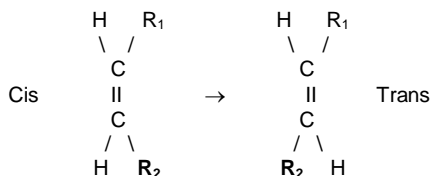
Fluoreszenz oder Phosphoreszenz sind nun zwar Indikatoren von Ordnung, sind aber nicht identisch mit den für die Regelung und Steuerung der biologischen Vorgänge besonders wichtigen sog. Biophotonen, die erst bei extrem geringer Intensität als wesentliche Informationsträger über Laser- und Maserwirkungen fungieren und Teil des kohärenten Systems des Organismus sind. Sie sind nicht wahrnehmbar und sind nicht auf die Lichtfrequenzen beschränkt, sondern fraktal auf alle Frequenzbereiche.

formationen für hormonelle Vorgänge weitergibt. Diese Bahn hieße besser 'informativ', da das Licht eben nicht durch seine Energie, sondern durch seinen Informationsgehalt wirkt.

Bei äußerst geringen Intensitäten steuert Licht aber, wie schon erwähnt, als Informationsüberträger die Energieflüsse, liefert aber selber keine Energie. So werden zahlreiche biologische Abläufe, wie Wachstum, Bewegungen, Vermehrung, Tages- und Jahresrhythmen gesteuert und zeitlose Kommunikationsabläufe innerhalb des lebenden Organismus. Dabei können in manchen Fällen schon einzelne Photonen wirksam wer-

den. Der Begriff ‚Photon‘ muss hier ganz allgemein als Schwingung elektromagnetischer Felder in vielen Frequenzbereichen verstanden werden. Diese Photonen können auch heilende und krankmachende Wirkungen von einem auf den anderen Organismus übertragen. Der Begriff ‚Biophoton‘ ist hier an und für sich zu eng gefasst, denn auch von anorganischen Stoffen, von Kristallen und chemischen Verbindungen können solche Wirkungen ausgehen. Im Frequenzbereich des Lichtes ist das nur noch relativ leicht energetisch nachweisbar.

Aber schon die Vorgänge bei der optischen Wahrnehmung des Lichtes liefern ein Modell für die Art der Wirkung des Lichtes als Informationsträger. Die Photonen bewirken dabei eine einfache geometrische Veränderung in den lichtabsorbierenden Molekülen, wie die Skizze zeigt, und dadurch lösen sie erhebliche Energieflüsse aus. Der Impuls eines Photons bewirkt den Fluß von 100 000 Na<sup>+</sup> Ionen.



Die bei der Photosynthese aufgenommenen hohen Quantenenergien des Lichts, die ja einige 10.000°C betragen, sind für viele energetische, biologische Vorgänge erforderlich. Die energetische Nutzung beruht auf chemischen Prozessen, die oft erst bei hohen Temperaturen ablaufen. Im lebenden Organismus bleibt das hohe Niveau des bei der Photosynthese aufgenommenen Lichtes erhalten. Es muss in Molekülen und in Molekülverbänden sorgfältig eingeschlossen, gespeichert und weitergeleitet bleiben und darf nur langsam über eine Oxydation für die verschiedenen Lebensvorgänge freigegeben werden.

## 7.5 Licht und geometrische Ordnung im lebenden Organismus.

Ganz allgemein spielt die geometrische Ordnung für die biologische Wirkung des Lichtes eine ausschlaggebende Rolle. Nur ausgefeilte und exakte geometrische Ordnungen im molekularen Gefüge bis hin zur Geometrie der Organe im Makroskopischen machen das Nebeneinander hoher und niedriger Temperaturen möglich. In diesem hoch geordneten Gefüge finden die Lichtschwingungen Resonanzräume, in denen sie sicher gehalten werden. So nur kann ihre Energie mit einem im Vergleich zu technischen Prozessen sehr hohem Wirkungsgrad genutzt werden und richtet keinen Schaden an.

An und für sich muss diese Speicherung und Leitung hoher Energien in begrenzten Räumen nicht verwundern, denn in Materie sind immer sehr hohe Energien und Temperaturen eingeschlossen oder örtlich gebunden; ganz extrem hohe in den Atomkernen. Die Besonderheit be-

Auch dafür spielt die Geometrie eine Rolle.

Wenn die Energie als Wärme oder richtiger gesagt Hitze ‚ausbricht‘ bewirkt sie Zerstörung in Form von Verbrennungen. So können Chlorophyll und auch der rote Blutfarbstoff stark sensibilisierend auf die Lichtempfindlichkeit der Haut wirken, wenn z.B. bei pflanzenfressenden Tieren die Leber das Chlorophyll nicht richtig abbaut oder, wenn der Farbstoff aus abgestorbenen Blutkörperchen in der Leber nicht abgebaut wird. Das führt an den Licht ausgesetzten Hautbereichen zu Entzündungen. Chlorophyll und Hämin müssen geometrisch richtig eingeordnet sein, sonst können sie regelrecht zu Giften werden. Aber auch pflanzliche Stoffe, z.B. aus Johanniskraut, erhöhen die Lichtempfindlichkeit.

Hohe Temperaturen herrschen also in den Molekülen, in denen die Lichtenergie gespeichert und geleitet wird. Wenn wir Körpertemperaturen messen, bestimmen wir nur sehr grob einen Durchschnittswert und erfassen nicht das sorgfältig differenzierte Nebeneinander sehr kalter und sehr heißer Bereiche. Es gibt allerdings eine Methode einer etwas differenzierteren Temperaturmessung, die Thermographie. Diese kann diagnostisch ausgewertet werden. Aber die Temperaturen im Inneren der Moleküle und molekularen Komplexe können so auch nicht gemessen werden.

Für die Informationsübertragung ist einerseits die Frequenz wichtig. Hohe Frequenzen übertragen mehr Informationen und schneller. Daher spielen für die Nervenreizleitung Frequenzen im Bereich von mehreren 1000 bis 10 000 Hz eine Rolle und diese stehen in Beziehung zu den intensitätsschwachen Sferics der irdischen Atmosphäre. Aber vor allem ist hier die Geometrie der Sender und Empfänger von entscheidender Bedeutung. (Abb. S.55 u. Tabelle S.109, 110).

steht nur darin, dass in organischen Substanzen Energien nur in verhältnismäßig großen Molekülen oder Komplexen von Molekülen eingeschlossen sind.

Solche geometrischen Vorgänge und geometrischen Ordnungen haben aber bei allen Lichtaufnahmeprozessen und bei der Weiterverarbeitung des Lichtes als Energie oder als Information vorrangige und entscheidende Bedeutung.

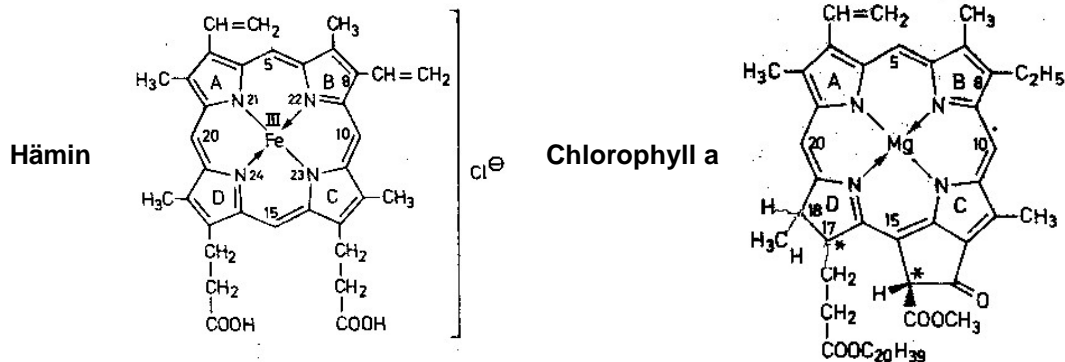
Das geht so weit, dass eine nicht stimmende Geometrie zu Schäden durch Licht führt. Die Ordnung geht von der Geometrie der lichtaufnehmenden und leitenden Organe bis zur Struktur der lichtabsorbierenden Moleküle. Auf der molekularen Ebene finden sich sowohl für die informatorischen als auch für die energetischen Prozesse nach den gleichen Prinzipien aufgebaute und sehr häufig sogar artverwandte Verbindungen. Sogar die Verarbeitung der Licht-

energie im Organismus und ihre Wiederfreisetzung aus molekularen Speichern bei der Atmung läuft über eine Kette von Verbindungen, die ähnlich aufgebaut sind, wie die bei der Photosynthese mitwirkenden.

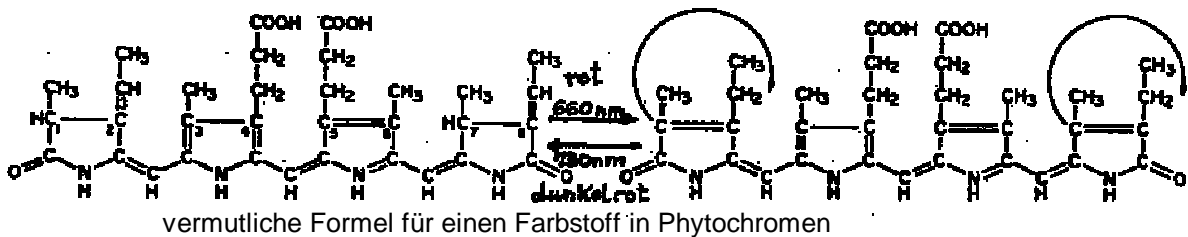
Sowohl das Hämin, der Farbstoff des Blutes als auch verschiedene energieverarbeitende Enzyme und schließlich die verschiedenen, Lichtenergie absorbierenden Chlorophyllarten enthalten als zentralen Komplex das Porphyrin-Ringsystem, verbunden mit unterschiedlichen Verzweigungen. Hämin und Katalase enthalten Eisen, die Chlorophylle Magnesium. Solche metallhaltigen Porphyrinderivate werden Cytochrome genannt. Sie haben die Fähigkeit, Lichtenergie zu verarbeiten, auch dann noch, wenn dieses Licht

bereits an organische Moleküle gebunden ist und nicht von außen kommt. Wesentlich sind bei diesen Verbindungen die Metalle, an die der Wasserstoff mit negativer Polarität gebunden ist, wie auch in den dann gebildeten organischen Verbindungen.

Diesen Verbindungen ähnlich sind die Phytochrome der Pflanzen. Sie gleichen aufgeklappten Porphyrinring-Abkömmlingen, und sie verarbeiten nicht Lichtenergie, sondern Lichtinformation. Sie steuern z.B das Wachstum, die räumliche Orientierung und als Zeitgeber Jahres- und Tagesrhythmen. Als Informationsträger sind sie in viel geringeren Konzentrationen erforderlich, als die energieverarbeitenden Verbindungen. So enthält 1 kg Blätter 1 g Chlorophyll, aber erst 100 000 kg Blätter 1 g an Phytochromen.



Die Formeln der Phytochrome sind nicht genau bekannt, doch weiß man, dass sich bei ihrer Reaktion auf Licht eine geometrische Veränderung in Form einer Drehung um 90° vollzieht. Sie reagieren oft schon auf einen einzigen Lichtblitz in einer Dunkelperiode, und schon dadurch kann Wachstum oder Blühen ausgelöst werden.

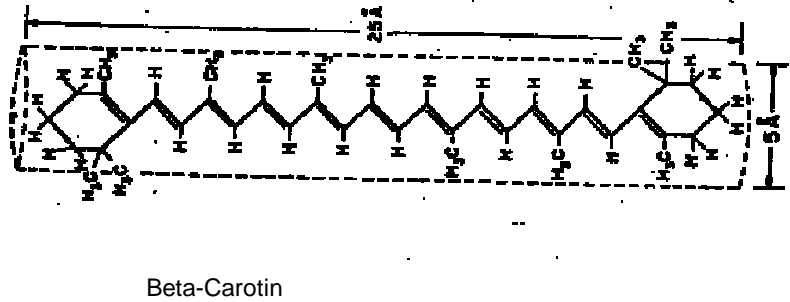
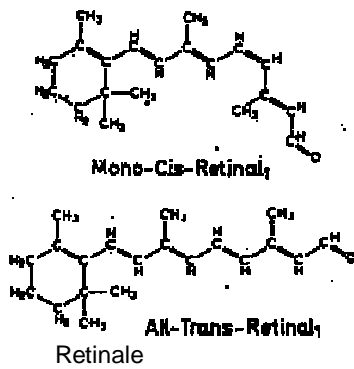


Auch der dunkle Farbstoff der Haut, der sich zum Teil erst unter Lichteinwirkung bildet, enthält noch eine Ringgruppe - Indol, die wie ein Stück aus einem Cytochrom oder Phytochrom aussieht.



Dem Melanin verwandt ist das Melatonin, ein Hormon, das in der Zirbeldrüse (Hypophyse) gebildet wird. Diese steht schon beim Embryo über einen Nervenstrang mit dem Auge in Verbindung und steuert die embryonale Entwicklung. Melatonin ist ein Zeitgeber-Hormon, das einen starken Einfluss auf hormonelle Vorgänge im Körper hat. (Schilddrüsentätigkeit, Histamin- und Cortisonproduktion).

Andersartig sind die lichtaufnehmenden Verbindungen beim Sehorgan, die Retinale und gefärbte Verbindungen, wie Karotinoide und Flavine, die aber ebenfalls Funktionen bei der Aufnahme, Leitung und Speicherung und energetischen Nutzung der Lichtenergie haben.



Retinale sind an Eiweißstoffe, sog. Opsine, gebunden und ergeben so verschiedene Sehpigmente mit unterschiedlichem Absorptionsverhalten. Die Retinale strecken sich durch die Cis-Transumlagerung und lösen dadurch Energieströme aus, die um so stärker werden, je länger es dauert, bis der Sehfärbstoff wieder in den Ausgangszustand zurückgekehrt ist.

Rhodopsin z.B. braucht 10 Minuten, bis es sich zur Hälfte wieder gebildet hat. Das ermöglicht eine hohe Verstärkung des Lichtimpulses und große Empfindlichkeit, wie sie das dunkeladaptierte Auge erreicht. Die farbempfindlichen Zapfen haben dagegen im Dunklen nur etwa 1/1000 der Empfindlichkeit der Stäbchen, reagieren aber dafür viel schneller. Chlorolab z.B. bildet sich in 80 Sekunden zur Hälfte zurück. So kann das menschliche Auge im Hellen unter optimalen Bedingungen 50 Bilder pro Sekunde wahrnehmen; Vögel und Bienen sogar 150. Eine Glühbirne blinkt 100 mal in der Sekunde. Andererseits ist bei der Ratte die Hell-Dunkel-Adaptionsfähigkeit langsamer, da das Rhodopsin drei- bis viermal solange braucht, bis es wiederhergestellt ist und die schnellen Zapfen fehlen bei ihr ganz.

Wie diese Beispiele zeigen, bestimmen die Reaktionen der lichtempfindlichen Verbindungen auch die zeitliche Ordnung der Lebensvorgänge; sie enthalten sozusagen ein raumzeitliches Programm in ihrer geometrischen Ordnung.

Allen diesen Verbindungen gemeinsam sind Ringsysteme mit konjugierten Doppelbindungen:



Solche Bindungen sind starr und unbeweglich und sehr stabil. Die aufgenommene Lichtenergie kann die Doppelbindungen lösen, und erst dann kann es zu geometrischen Veränderungen dieser Moleküle kommen.

Besonders in den Ringsystemen kann viel Lichtenergie absorbiert werden; sie wird aber nicht gleich in chemisch gebundene Energie überführt, sondern kann auch leicht, aber etwas verzögert, wieder abgegeben werden, ohne auf Infrarotenergie abzufallen; d.h. sie bleibt auf dem hohen Niveau der Lichtenergie. Abgesondert fluoreszieren diese Verbindungen oft. Aber im biologischen Verbund geben sie die Energie weiter, bis sie chemisch gebunden wird oder für Lebenstätigkeiten genutzt wird. So wird sie bei der Photosynthese schließlich chemisch in Zuckern, Stärken Fetten und Eiweißstoffen gebun-

den. Bei der Oxydation im Atemzyklus wird sie dann z.B. in Bewegungsenergie umgesetzt.

Licht als Informationsträger muss hoch geordnet sein, denn die Information steckt in dieser Ordnung: in der Frequenzkombination, dem Wechsel der Amplituden, der Phasenfolge und der Polarisation. Alle diese Größen müssen in Raum und Zeit genauestens aufeinander abgestimmt sein. Diese Ordnung kann nur in hoch geordneten Strukturen geleitet und erhalten werden.

Für schnelle Kommunikationsvorgänge im lebenden Organismus, besonders zur ‚Verständigung‘ über absterbende Zellen - denn die Zahl der Zellen muss konstant bleiben - sind schon wenige Photonen pro Sekunde Informationsträger. Dabei sind Photonen sehr hoher Energien, bis tief in den ultravioletten Bereich hinein, gemessen worden - Energien, die viel höher liegen als die des bei der Photosynthese aufgenommenen Lichtes.

Diese hochenergetischen Photonen werden offenbar erst bei biologischen Prozessen erzeugt. Sie zeichnen sich durch besonders gute Kohärenz aus, und damit ist eine Besonderheit bei ihrer ‚Leitung‘ verbunden. Sie werden nämlich gar nicht geleitet, ihr Informationsgehalt wird vielmehr zeitlos übertragen, nicht mit Lichtgeschwindigkeit. Sie sind Teil eines kohärenten, den ganzen Organismus erhaltenden, Systems. In diesem ganzen System erfolgen Veränderungen ohne Zeitverzug. Dieses System kann auch als sog. Quantensystem oder Soliton aufgefasst werden; es ist ein unteilbares Ganzes. Man kann es auch so auffassen, dass diese Photonen mit Feldern verbunden sind, die raum-zeitlos sind, sozusagen überall und nirgends.

(siehe Erklärungen: Morphogenet. Felder, Solitonen, Kohärenz)

Die Intensität dieser informationstragenden Strahlung liegt nur bei etwa  $1/10^{-15}$  (Energie pro Sek. und  $cm^2$ ) der Tageslichtintensität. Gefährlich werden diese Photonen nur, wenn ihre Informationen an den falschen Stellen zur Wirkung kommen. Dann können sie schädigende Prozesse auslösen und zwar über falsche Regelprozesse, nicht über ihre Energien. Voraussetzung für Informationswirkungen ist ihre hohe Kohärenz. In-

formation wird nicht bei hohen, sondern erst bei äußerst geringen Intensitäten wirksam, und ist dann auch wenig intensitätsabhängig, so wenig wie die Verständlichkeit unserer Sprache von der Lautheit abhängig ist. Bei zu hoher Intensität kommt es zu Überlagerungen und die Kohärenz wird unscharf und damit die Information. Aller-

dings können Photonen hoher Quantenenergie viel Information übertragen, weil sie dann eine hohe Frequenz haben. Sie können 'schnell sprechen'.

Die Intensitäten biologischer Wirkungen des Lichts erstrecken sich über einen sehr weiten Bereich, wie die folgende Übersicht zeigt.

#### Intensitätsbereiche biologischer Lichtwirkungen:

Watt pro m <sup>2</sup>	Art des Lichtes und seiner Wirkungen	in Lux
1000	10 <sup>-3</sup> klares Sonnenlicht um die Mittagszeit im Juni, Lichtsättigung der Photosynthese des Weizens	100000 Lux 20000 Lux
100	10 <sup>2</sup> Tageslicht, bedeckter Himmel	1000-10000 Lux
10	Kompensationspunkt der Photosynthese (Atmung und Photosynthese gleich stark),	100-1000 Lux
1	10 <sup>0</sup> photoperiodische Blütenkontrolle,	ca. 100 Lux
0,1	spätes Dämmerungslicht	
0,01	10 <sup>-3</sup> Samenkeimung (8 Minuten rotes Licht)	
0,001	Mondlicht,	maximal 0,2 Lux
0,0001	10 <sup>-4</sup> menschliches Farbsehen, Phototaxis bei Flagellaten	
0,00001	10 <sup>-5</sup> wahrnehmbare Chlorophyllbildung (rotes Licht)	
0,000001	10 <sup>-6</sup> Phototropismus bei Hafer (blaues Licht)	
0,0000001	10 <sup>-7</sup> Strecken der Spitze der Bohnenpflanze (rotes Licht)	
0,000000001	10 <sup>-9</sup> Phototropismus bei Schimmelpilzen (20 Minuten blaues Licht).	
0,0000000001	10 <sup>-10</sup> schwarz-weißes Bildsehen des Menschen (Strahlungswert bedeutet die Beleuchtung betrachteter Gegenstände).	
0,000000000001	10 <sup>-12</sup> Licht von einem kräftigen Stern (Sirius),	
0,0000000000001	10 <sup>-10</sup> formgebende Wirkung von Licht (Verkürzungseffekt auf den unteren Teil eines Haferkeimlingsstiels. (rotes Licht).	
0,000000000000001	10 <sup>-12</sup> Licht von einem Stern der 6. Größenordnung, mit bloßem Auge kaum sichtbar, (0,000000002 Lux an der Pupille).	
<b>0,0000000000000001</b>	<b>10<sup>-15</sup> Licht der Zellkommunikation, (in DNS gespeichert)</b>	
0,0.....	10 <sup>-19</sup> Licht von den schwächsten Sternen, die gerade noch mit dem größten Teleskop photographiert werden können	

Licht im lebenden Organismus ist also sowohl als Energielieferant als auch als Informationsträger immer hoch geordnet und bewegt sich in entsprechend hochgeordneten, organischen Strukturen. Es stellt sich auch die Frage, in wieweit Licht diese Ordnung im lebenden Organismus aufgeprägt bekommt oder diese, und damit Information, mitbringt. Stammt diese Ordnung bereits aus dem Sonnenlicht oder aus universellen Feldern, die auch das Sonnenlicht strukturieren? - oder bekommt es sie nach der Photosynthese in den Pflanzen aufgeprägt? - oder wählt sich ein Organismus aus einem geordneten 'Gefüge' bestimmte 'Bauelemente' aus? Gibt es eine universelle Ordnung, die die Entwicklung des Lebens steuert? Schon im neunzehnten Jahrhundert wurde die Frage aufgeworfen, ob das Sonnenlicht Einfluss auf die Steuerung der Entwicklung des Lebens hat. Organische Verbindungen können aber sicher auch Licht 'ordnen'; sie können es polarisieren oder seine Polarisations-ebene drehen; sie können dem Licht Farben aufprägen, und sie können heilend wirken, indem sie auf Lebensformen ordnend wirken.

Licht geringster Intensität kann von einem Organismus auf den anderen sowohl heilende als auch krankmachende Informationen übertragen und auch genetische Informationen.

Anders herum gefragt: Stammt nicht diese Ordnung schon aus Feldern des Universums, die das Licht nur als ein Informationsträger unter anderen weitergibt? Damit ist natürlich die Vorstellung morphogenetischer, d.h. strukturbildender Felder verbunden, die spätestens seit Alexander Gurwitsch in Russland vertreten wurde und dort durch umfangreiche Forschungen Substanz erhielt. In westlichen Ländern wird sie von Rupert Sheldrake vertreten, allerdings mit sehr unterschiedlichem Schwerpunkt und ohne die mathematische Seite. Die Materie, die Chromosomen, reagieren auf diese Felder wie Antennen. Aber ganz allgemein reagieren darauf alle materiellen Dinge im Universum entsprechend ihrer Geometrie. Darum können Stoffe und Räume heilend oder krankmachend wirken und sogar Einfluss auf die Embryonalentwicklung nehmen. (siehe Erklärung. Morphogenetische Strukturen) .[G5,G6,T1]

Das heißt aber auch, dass wir als körperliche Wesen mit allem in Beziehung stehen und dass es auch keine wirkliche Trennung zwischen anorganischer (toter) und lebender Materie gibt.

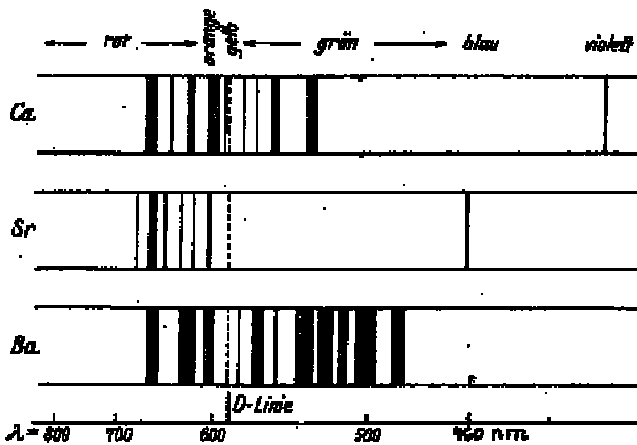
Das Licht und ganz allgemein elektromagnetische Felder sind nur Träger und Überträger dieser Ordnung. Ein wichtiger materieller Träger, besonders im lebenden Organismus, ist das Wasser.



## Spektrum der elektromagnetischen Wellen

Frequenzen	Erscheinungsformen Strukturelemente	Manifestationen Wirkungen
$>10^{20} - 10^{44}$ /Sek.	Elektronen Atomkerne und Strukturelemente in Kernen	feste Substanzen Elementumwandlungen
$10^{15} - 10^{20}$ /Sek.	Übergänge in der inneren Elektronenhülle	Röntgenstrahlung UV-Strahlung
$10^{14} - 10^{15}$ /Sek.	Übergänge in der äußere Elektronenhülle	nahes UV, sichtbares Licht, visuelle Wahrnehmung, Photosynthese, chemische Reaktionen
$10^{11} - 10^{14}$ /Sek. (inclus. Terahertz)	Wärme, Infrarot-Strahlung, Schwingungen in Molekülen	Zellkommunikation, Stoffwechsel, Wahrnehmung über Geschmack und Geruch
$10^6 - 10^{12}$ /Sek. (Mega- u. Gigahertz)	Mikrowellen, Dipolschwingungen,	Enzymtätigkeit, Regelvorgänge
$10^5 - 10^9$ /Sek.	Radiowellen	biologisch kaum wirksam
$10^2 - 10^5$ /Sek	VLF (very low frequencies) Schallwellen	Sferics, schwache atmosphärische Entladungen, Gewitter, Nervenreizleitung
$10^0 - 10^2$ /Sek.	ELF (extrem low frequencies)	Schumann-Wellen, Herz- und Gehirnstromrhythmen
$<10^0$ /Sek.	ULF (ultra low frequencies) Frequenzen der Erde nach Erdbeben	sehr niedrige Gehirnstromrhythmen, Erneuerungsrhythmen von Zellen und Organen

### Spektren der Erdalkalimetalle Calcium, Strontium, Barium in einer Flamme



Es handelt sich um Spektren der Chloride und Oxide und reinen Elemente, die bei hohen Temperaturen hervortreten.

#### Reine Elemente

Calcium: rot 622,2 nm, grün 553,5 nm

Strontium: orange 605,0 nm, blau 460,8 nm,

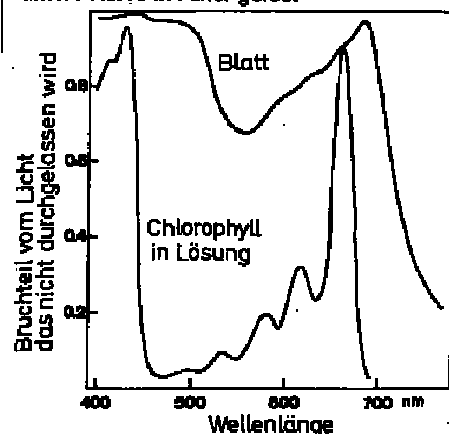
Barium: grün 524,2 nm, grün 513,7 nm

#### Maximale Übertemperaturen farbiger Materialien

Farbe	Oberflächentempe- ratur bei 30° Luft	Übertemperatur
schwarz	84°C	54°C
grün	82 "	52 "
weiß	54 "	24 "
Alumin.blank	66 "	36 "

#### Absorptionsspektren für Chlorophyll

Obere Kurve in einem Spinatblatt,  
untere Kurve in Äther gelöst



## 7.6 Lichtwirkungen über die Haut.

Licht wirkt über die Wahrnehmungsorgane, aber im Tageslicht und speziell bei Sonnenbestrahlung, ist unsere Haut einer hohen Photonintensität ausgesetzt, die im Ultravioletten chemisch hochwirksam aber zum Teil auch gefährlich wird.

Der Organismus schützt sich dagegen, indem in der Haut der dunkle Farbstoff Melanin gebildet wird, der Licht absorbiert und wahrscheinlich auch bei der Wiederherstellung geschädigter Enzyme mitwirkt. Durch die spontane Melaninbildung entsteht zunächst eine in wenigen Stunden wieder verblassende Bräune. Bei sehr starker Sonnenbestrahlung kommt es dann aber vor allem durch UV-Lichtanteile unterhalb 300 nm zur Rötung der Haut (Erweiterung der Blutgefäße) und zur vermehrten Bildung von Melanin, wodurch eine länger anhaltende Bräunung entsteht. Diese Bräunung ist die Reaktion auf eine Schädigung der Haut.

UV-Licht im Bereich zwischen 330 nm und 380 nm hat eine biologisch günstige und wichtige Wirkung. Es bewirkt die Bildung von Vitamin D, (aus Ergosterin Vit.D<sub>2</sub>, und in unserer Haut aus Dehydrocholesterin Vit.D<sub>3</sub>). Dieser biologisch notwendige UV-Anteil wird von Sonnen„schutz“krem nicht durchgelassen. Auch Normalglas lässt UV-Licht kaum durch. Deshalb wird bisweilen empfohlen, Fenster an Daueraufenthaltsplätzen mit Quarzglas zu versehen. Vitamin D verhindert bekanntlich Rachitis. Auch andere Krankheiten können durch Licht geheilt werden; so z.B. Hauttuberkulose und Schuppenflechte.

Auch bei einer Kohlenmonoxidvergiftung hat Licht eine günstige Wirkung, da es das CO, das eine Atmungsenzym blockiert, wieder löst.

Bei den meisten Lebewesen, aber nicht bei Säugern und beim Menschen, ist durch sichtbares blaues Licht (um 400 nm) eine Wiederherstellung mutierter DNS möglich, eine sog. Photoreaktivierung. Es wird vermutet, dass diese Reaktivierung vor allem für das Embryonalstadium gedacht ist und daher bei den lebendgebärenden Säugern von geringerer Bedeutung ist. Interessanterweise kommt nun diese Photoreaktivierung auch ohne Licht bei im Dunklen lebenden Tieren vor. Das bedeutet, dass die dafür notwendige Information auch in Verbindungen gespeichert werden kann.

UV-Strahlung mit Wellenlängen um 260 nm, also kurzweilig und hochfrequent, bewirkt andererseits auch Mutationen der Desoxyribonukleinsäuren (DNS). Dadurch kann sich Hautkrebs entwickeln, aber darauf beruht auch die bakterientötende Wirkung des Lichtes von Quecksilberlampen mit einem UV-Licht von 253,7 nm. Eine auf diese Weise sterilisierte Nahrung oder auch Wasser bewahrt, verschiedenen Beobachtungen nach, diese mutagene, gefährliche Information. Außer DNS können durch kurzweiliges UV-Licht auch Enzyme geschädigt werden und das Allergien fördernde Histamin freigesetzt werden.

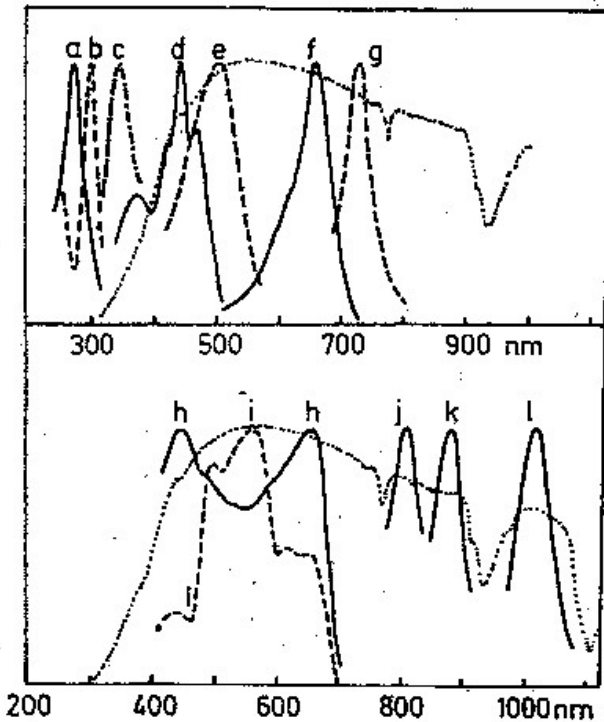
Zum UV-Licht zählt man Strahlungen mit Wellenlängen zwischen 10 und 400 nm, Im Sonnenlicht unterscheidet man die folgenden Bereiche:

		oberhalb der Atmosphäre	unterhalb der Atmosphäre	Wirkung
UV-A	315-400 nm	9,2 Watt/cm <sup>2</sup>	7 Watt/cm <sup>2</sup>	Photoreaktivierung von DNS, Vit.D-Synthese kurzfristige Pigmentierung bis Schädigung, bakterientötend, krebefördernd, mutagen für DNS, dauerbräunend.
UV-B	280-315 nm	1,8 Watt/cm <sup>2</sup>	0,9 Watt/cm <sup>2</sup>	
UV-C	<280 nm	0,8 Watt/cm <sup>2</sup>	minimal	

UV-B und UV-C werden an der Ozonschicht weitgehend reflektiert oder durch weitere Ozonbildung absorbiert.  $3 O_2 \rightarrow 2 O_3$ .

Die Lichtempfindlichkeit der Haut kann durch verschiedene Verbindungen erhöht werden, und eine solche Sensibilisierung kann auch zu Hauterkrankungen führen. Solche Stoffe kommen in manchen Pflanzen vor, wie Johanniskraut, Buchweizen, wilde Karotte, Pastinak. Bei empfindlichen Menschen kann schon ein bloßer Hautkontakt mit diesen Pflanzen Entzündungen bewirken. Andererseits können solche lichteintragenden Stoffe aber auch bei Menschen, die sehr lichtbedürftig sind, heilend wirken und zwar bis in den psychischen Bereich bei Depressionen.

Erwähnt wurde schon die sensibilisierende Wirkung von Chlorophyll oder Hämin, wenn dieses während der Verdauung in der Leber nicht abgebaut werden kann, weil Enzyme fehlen. Auch manche Medikamente, wie z.B. verschiedene Sulfonamide, wirken sensibilisierend und natürlich manche Farbstoffe wie z.B. Eosin. Setzt man dem Blut Eosin zu und beleuchtet es, so platzen die roten Blutkörperchen. Dabei spielt sich eine durch Licht angeregte Oxydation ab, eine sog. Photodynamische Reaktion. Auf diese Weise können auch Mikroorganismen getötet werden. [B12,C2]



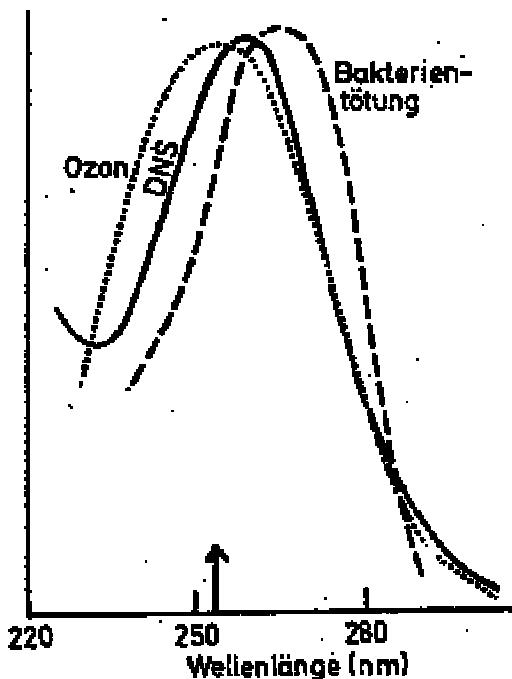
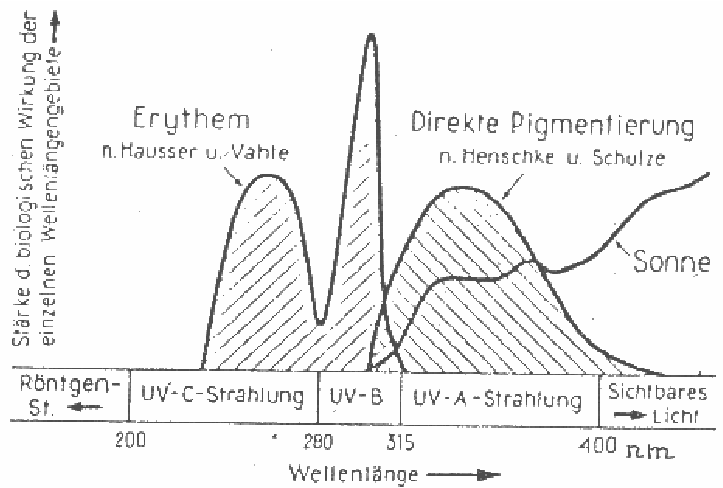
**Übersicht über Wirkungen der Frequenzen von Spektren:**

- a) bakterientötender Effekt
- b) Sonnenbräune (Hautrötung)
- c) UV-empfindliche Sehzellen bei Bienen
- d) Phototropismus bei Pflanzen
- e) Dämmerungssehen des Menschen
- f) Phytochromumwandlung PR- PDR
- g) Phytochromumwandlung PDR- PR
- h) Photosynthese in Blättern einer Landpflanze
- i) Photosynthese in einer Rotalge
- j, k, l) langwellige Absorptionsmaxima für verschiedene Purpurbakterien, wahrscheinlich auch Maxima der Wirkungsspektren für ihre Photosynthes.

Die gestrichelte Kurve zeigt das ungefähre Spektrum des Sonnenlichtes an der Erdoberfläche, die genaue Zusammensetzung ist vom Wetter und der Sonnenhöhe abhängig.

**Physiologische Bedeutung der UV-Strahlung für die menschliche Haut:**

Im UV-C-Bereich sieht man die entzündliche Rötung der Haut (Erythemkurve), im UV-A-Bereich die direkte Pigmentierung der Haut als Funktion der Wellenlänge.



**Absorptionsspektrum für Ozon und DNS und das Spektrum des bakterientötenden Effekts von UV.**

Das bakterientötende Spektrum ist im Verhältnis zum DNS-Spektrum zum langwelligen hin verschoben, vermutlich, weil die Proteine der Bakterien, die um 280 nm absorbieren, auch zerstört werden.

Ozon absorbiert etwa gleich wie DNS und wirkt deshalb als Schutz für die Nukleinsäuren. Der Pfeil gibt die Wellenlänge 253,7 von Sterilisierungslampen an.

## 7.70 Lichtwirkungen über das Auge.

Auf S. 105 wurde schon erwähnt, dass Licht über die Augen auf zwei verschiedenen Wegen als Informationsträger wirkt. [ B12; C2; H3; P4 ]

### 7.71 Informationswirkungen über die energetische Sehbahn:

„Licht, das vom Auge aufgenommen wird, hat über den nicht energetischen Anteil der Sehbahn, das Zwischenhirn-Hypophysensystem sowie die ebenfalls vom Licht beeinflusste Epiphyse, einen stimulierenden Einfluss auf unsere unbewußt ablaufenden Lebensvorgänge. Vergleichende Untersuchungen bei Blinden und Sehenden zeigen, dass der Ausfall des Augenlichtes den Wasser- und Zuckerhaushalt, die Blutzellen sowie den Hormonspiegel zahlreicher endokriner Drüsen, wie Hypophyse, Nebennierenrinde, Schilddrüse, Sexualdrüse u.a., signifikant beeinflusst.“ (Zitiert nach Dr. med. Fritz Hollwich aus einem Vortrag 1982)

Fritz Hollwich beobachtete den Farbwechsel von Fröschen, der auch dann noch stattfand, wenn das Sehzentrum des Frosches im Gehirn ausgeschaltet war, das Licht aber nur durch das Auge aufgenommen wurde. In weiteren Versuchen bestrahlte er die Augen von Erpeln kurz vor der Pubertät mit Licht der Wellenlängen 707 nm (rot), 632 nm (orange) und 546 nm (grün). Das rote und orange Licht förderte das Wachstum der Hoden, nicht aber das grüne Licht.

Hier handelt es sich um Lichtwirkungen, die Hollwich fälschlicherweise energetisch nennt. Sie laufen über die Hypophyse und Epiphyse (Zirbeldrüse) und haben für die Lichtwirkung von außen eine Funktion, für die der Begriff ‚energetisch‘ irreführend ist, denn tatsächlich handelt es sich hier um Informationswirkungen des Lichtes, für die, wie erklärt, geringste Intensitäten ausreichend sind. In der Zirbeldrüse wird Melatonin erzeugt, ein dem Melanin ähnliches Hormon nicht genau bekannten Aufbaus. Es wird auch als Zeitgeberhormon bezeichnet, weil es tages- und jahreszeitliche biologische Rhythmen steuert. Es wirkt über die Hormone des Drüsensystems im Körper weiter. So beeinflusst es den Wasser- und Zuckerhaushalt des Körpers, den Calciumgehalt im Blut, bewirkt Cortison-Cortisol-Ausschüttungen\* und die Freisetzung von Histamin. Alle diese Vorgänge stehen tatsächlich miteinander in Zusammenhang, und sollten nicht unabhängig von einander betrachtet werden. [H3, Hollwich, Tiger u. Dieckhus] \*Nebennierenrinden-Hormone, eine Gruppe von Verbindungen, Cortisol = Hydrocortison

Im tageszeitlichen Rhythmus steigt morgens der Cortison-Cortisol-Spiegel an, die Immunabwehr sinkt entsprechend, daher gibt es weniger allergische Symptome und Impfungen werden besser vertragen, die Schmerzschwelle liegt höher; das alles hängt mit der verringerten Immunabwehr zusammen und kann natürlich auch zu Erkrankungen führen. Abends sinkt der Cortisonspiegel, die Immunabwehr macht sich dann z.B. durch Fieber

bemerkbar. Während am Morgen die Blutungsneigung erhöht ist, vermehren sich gegen Abend Durchblutungsstörungen, Infarktneigungen und das Schockrisiko; die Schmerzschwelle sinkt. Im Jahresrhythmus macht sich z.B. die Wirkung des Histamins bemerkbar, das besonders durch UV-Einwirkung vermehrt freigesetzt wird, einerseits die Immunabwehr verstärkt, damit aber Allergien bedingen kann, Tuberkulose, Heuschnupfen, Asthma, und Symptome der multiplen Sklerose. Viel Licht fördert die Aktivität und die Nerventätigkeit, aber auch die Schilddrüsentätigkeit und kann zu Streß führen; zu wenig Licht kann Störungen im Blutzucker- und Wasserhaushalt bedingen, niedrigen Blutdruck, Depressionen oder Reizbarkeit. In diesen Symptomen kommt zum Ausdruck, dass schon über den Hell-Dunkel-Rhythmus bzw. den Jahresgang in der Lichtintensität biologische Rhythmen gesteuert werden.

Andere Beobachtungen, wie der exemplarisch angeführte Farbversuch mit Erpeln und Fröschen, zeigen, dass auch die Farben des Lichtes wichtige Funktionen haben, und dass der Einfluss der Lichtfarben über die informatorische Sehbahn läuft.

Vergleichende Versuche Hollwichs an Sehenden und Blinden ergaben bei den Blinden Störungen des Wasser- und Zuckerhaushalts und starke Minderung des Tag-Nacht-Rhythmus der Drüsenaktivität [H3]. In einem Belastungstest mit jungen, gesunden Menschen ergab sich unter intensivem Licht einer Leuchtstofflampe, deren Spektrum stark von dem des Sonnenlichtes abwich, nach vierzehn Tagen ein starker Anstieg von Streßhormonen, wie das erwähnte Cortisol und zwar im Vergleich zur Wirkung von Kunstlicht mit tageslichtähnlichem Spektrum (bei 3500 lux). Künstliches Licht dieser Intensität wird im Gegensatz zum Tageslicht, das auch bei bedecktem Himmels schon eine Intensität von 1000 bis 10.000 lux hat, als grell empfunden.

Dieser Einfluss der Farben des Lichtes muss nicht verwundern, da doch bestimmte Frequenzen auch bestimmte chemische Reaktionen anregen.

### 7.72 Licht als Medium der optischen Wahrnehmung

Das menschliche Auge enthält in den Stäbchen das helldunkel-empfindliche Rhodopsin und in den Zapfen das gelbempfindliche Erythrolab (Maximum bei 577 nm), das grün-empfindliche Erythrolab (Max. bei 540 nm) und das blau-empfindliche Cyanolab (Max. bei 417 nm).

Das dunkeladaptierte Auge des Menschen spricht auf 6 Photonen an, wenn diese innerhalb von zwei hundertstel Sekunden in einem kleinen Bereich der Netzhaut, der etwa 500 Stäbchenzellen enthält, auftreffen. Signale, die räumlich oder zeitlich weiter auseinander liegen, werden von den Ganglienzellen der Netzhaut 'weggesiebt' und nicht wahrgenommen. Das hängt u.a. damit zusammen,

dass die lichtempfindlichen Rhodopsin-Moleküle in den Stäbchenzellen nicht absolut stabil sind, sondern langsam zerfallen und dabei auch Lichtimpulse an die Nerven weitergeben, deren Weiterleitung zum Gehirn verhindert werden muss. Für das Farbsehen ist eine höhere Photonendichte pro Zeiteinheit erforderlich, weil die farbempfindlichen Moleküle (außer den Blaulicht absorbierenden) längerwellige, energieärmere Photonen absorbieren und daher noch leichter zerfallen als das Rhodopsin.

Für die optische Wahrnehmung sind außer der Lichtintensität noch eine Anzahl weiterer Faktoren wichtig; wie die spektrale Zusammensetzung, die Richtung des Lichteinfalls, hell-dunkel-Kontraste, Muster und Differenzierungen allgemein und Lichtrhythmen im Tagesgang.

Ein dem Sonnenlicht entsprechendes Vollspektrum verbessert sowohl die Hell-Dunkel-Adaption des Auges (Empfindlichkeitsverhältnis des Auges

$10^6 : 1$ ), als auch die Fern-Nah-Akkommodation. Das bedeutet auch eine Verbesserung des räumlichen Sehens. Für das Weitsehen ist rotes Licht günstiger als blaues und der Scharfeinstellungsbereich ist größer, während blaues Licht günstiger für das Nahsehen ist.

Beim Lichteinfall in Räume verschiebt sich das Spektrum des Tageslichtes zum Roten; es wirkt dann gelber als draußen.

Sehr wichtig für das Sehen sind aber auch Kontraste. Beim Sehen bewegt sich das Auge rhythmisch zwischen unterschiedlich hellen Stellen hin und her. Gleichmäßig gefärbte Flächen, aber auch sehr regelmäßige Muster bieten für diese Bewegungen keinen Halt und das Auge beginnt nach einiger Zeit Muster zu projizieren und ermüdet.

Kontraste sind auch wichtig für das räumliche Sehen. Bei zu starken Hell-Dunkelkontrasten wirken helle Bereiche blendend. .

## 7.8 Wirkung von Farben.

Dieses Thema wird hier nur angeschnitten. Interessant daran ist, dass Farben die psychische Komponente der Lichtwirkungen besonders deutlich machen.

### Optische Wirkungen sind:

hell:	gelb, orange, orangerot	dunkel:	blau, blaugrün, blauviolett,
nah:	rot, orange, gelb	fern:	blau, Blaugrün, violett
weitend:	gelb, orange	verengend:	violett, purpur
	nach vorn rückend, schwer, massig:		schwarz
	wegstrebend, fern, leicht:		weiß

### Physiologische und psychische Wirkungen:

erregend:	Zunahme von Puls- und Atemfrequenz anregend, leicht, heiter, freundlich heiter, feurig aufregend, kräftig, hitzig, warm	rot, gelb, orange, gelbgrün gelb, gelbgrün orange rot
beruhigend:	Abnahme von Puls- und Atemfrequenz ruhig, ernsthaft, fest ruhig, still frisch, zurückhaltend schwer, ernst glühend, prächtig, erhaben, schwer	blau, grünblau, blauviolett blau grün türkis violett purpurn

### mit anderen Sinnen kombinierte Wirkungen:

Temperaturempfinden, warm:	rot	kalt:	grünblau, blau
Tastsinn, trocken:	rot, orange, gelb, braun	feucht:	grün, blau
Gehör, laut:	rot, orange	still:	blau, grün
Geschmackssinn, süß:	rot, rosa -	sauer:	gelb - bitter: grün

In manchen Fällen können Farbwirkungen stark geschlechtsabhängig sein und bis zu gegensätzliche Wirkungen haben. So kann rot auf Frauen auch warm und beruhigend wirken und blau kalt und beunruhigend. Dass auch hier physiologische Wirkungen und chemische Vorgänge im Hormonhaushalt eine Rolle spielen, zeigen die Versuche von Hollwich mit Erpeln. Tatsächlich ist es auch erforderlich, nicht nur allgemein Farben anzugeben, sondern die genauen Frequenzen, die bestimmte chemische Vorgänge anregen können.