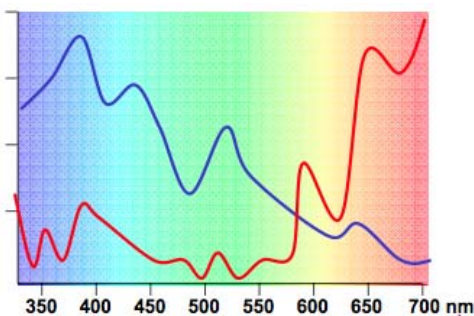
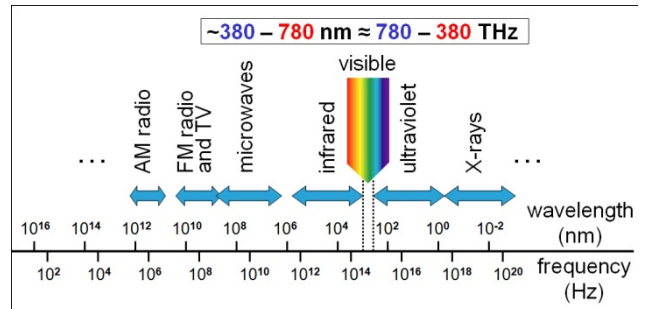


Physik der Farbe

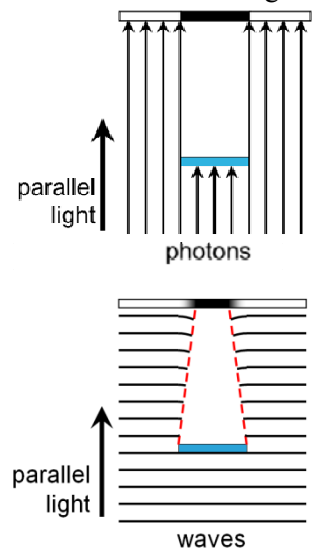
Sichtbares Licht ist elektromagnetische Strahlung im Bereich von ca. 380 bis 780 nm Wellenlänge, dies entspricht Frequenzen zwischen 780 und 380 THz. Die Grenzen dieser Bereiche sind von Mensch zu Mensch etwas unterschiedlich. Elektromagnetische Strahlung anderer Frequenzen (bzw. Wellenlängen) kennen wir als Gammastrahlen, AM und FM Radiostrahlen, Mikrowellen, Infrarotstrahlen (IR), Ultraviolettstrahlen (UV), Röntgenstrahlen, usw. (siehe Abbildung).



Ein Lichtstrahl umfasst typischerweise viele Frequenzen. Die dazugehörige Verteilung der Wellenlängen-Intensitäten wird als (*Licht*-)Spektrum bezeichnet, d.h. es beschreibt die Intensität einzelner Wellenlängen eines Strahls bzw. einer Lichtquelle. Die Abbildung zeigt mögliche Spektren für blaues und rotes Licht. Lichtwellen pflanzen sich (als Photonen) gemäß den Gesetzen der geometrischen Optik (Strahlenoptik) fort. Bestimmte Eigenschaften lassen sich nur beschreiben, wenn auch deren Wellennatur berücksichtigt wird.

Ein *Photon* (von griech. Photos = Licht) ist das elementare Partikel, das für sichtbare elektromagnetische Strahlung verantwortlich ist. Weil es sowohl Wellen- als auch Partikel-Eigenschaften besitzt, spricht man von *Wellen-Teilchen-Dualismus* (wave-particle duality). Grundsätzlich gibt es zwei Arten von Wellen:

Longitudinal-Wellen (z.B. Schall in Luft bzw. Wasser) schwingen parallel zur Ausbreitungsrichtung und benötigen ein Material in dem sie sich fortpflanzen. *Transversal-Wellen* (z.B. Licht, Wasserwellen) schwingen senkrecht bzw. normal zu ihrer Ausbreitungsrichtung (fortbewegende Richtung). Licht ist also eine Transversalwelle, ihre Frequenz alleine beschreibt sie nicht zur Gänze.



Polarisation

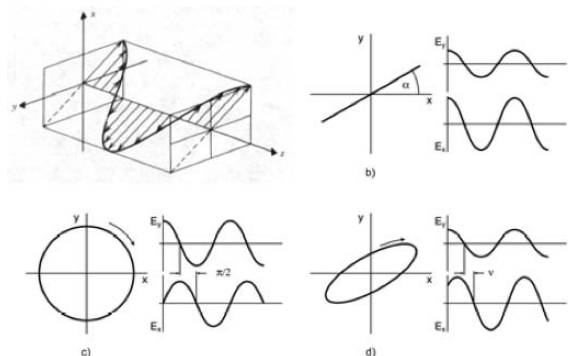
Polarisation beschreibt die Richtung, in der das Licht schwingt. Wenn die Polarisation aller Lichtwellen gleich ist, spricht man von polarisiertem Licht.

Beispiele:

Sonnenlicht, das durch die Atmosphäre kommt, ist unterschiedlich stark polarisiert.

Polarisierte Brillen filtern manche Polarisations-Richtungen heraus.

Polarisation kann in zwei Dimensionen unabhängig betrachtet werden. Je nach Stärke und



Phasenverschiebung dieser beiden Richtungen erhält man unterschiedliche Polarisations-Effekte:

linear polarisiertes Licht – zirkulierend-polarisiertes Licht – Mischformen

Mit polarisierten Bildern lassen sich 3D Projektionen auf folgende Art herstellen. Jedes zweite Bild der Bildfolge wird vertikal polarisiert, während die anderen Bilder horizontal polarisiert abgebildet werden. Der Betrachter trägt eine Brille, dessen eines Glas nur horizontal polarisiertes Licht durchlässt, das andere nur vertikal polarisiertes Licht. So kann man jedem Auge eine anderes Bild präsentieren, womit ein 3D-Effekt erzeugt werden kann. Bessere Systeme verwenden zirkulierend-polarisiertes Licht, wobei ein Auge mit rechts-zirkulierender Polarisation bedient wird, das andere mit links-zirkulierender Polarisation.

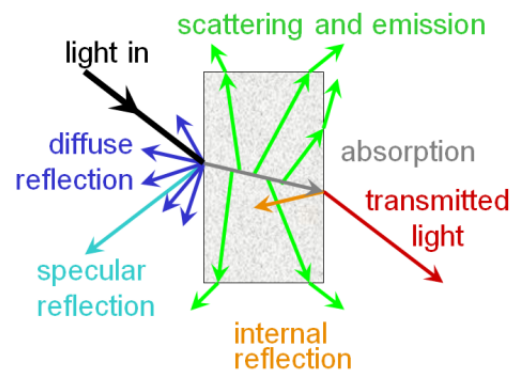
Laser (Light Amplification by Stimulation of Emitted Radiation)

Unter dem Begriff *Laser* versteht man eine künstlich gerichtete Lichtquelle mit extrem kohärenter, monochromatischer Strahlungsenergie, die beinahe völlige Parallelität besitzt. Nachdem Atome oder Moleküle eines bestimmten Mediums aktiv angeregt wurden, kehren diese spontan in einen niedrigeren Energielevel zurück und geben die überschüssige Energie in Form eines Photons ab. Ein Laser benötigt eine Besetzungsinversion, d.h. es müssen mehr Atome angeregt als im Grundzustand sein um einen Laser zu betreiben. Beim Entstehungsprozess von Laser, der stimulierten Emission, regt ein bereits bestehendes Photon ein Atom dazu an, ein weiteres Photon abzugeben, das die selben Eigenschaften besitzt. Dieser Prozess wiederholt sich sehr oft, womit sich ein *monochromatischer* Lichtstrahl erzeugen lässt, dessen Wellen nicht nur vollkommen parallel, also in die *gleiche Richtung* gehend, sind, sondern die auch *phasengleich* (aber nicht polarisiert) ausgestrahlt werden, wodurch das Licht sehr große Strecken zurücklegen kann, ohne zerstreut zu werden.

Die Eigenschaften von Laser werden in vielen Bereichen genutzt, wie z.B. der Wissenschaft, Technik, Militär, Medizin und dem alltäglichen Leben. Laser finden ihre Hauptverwendung in der Farbwissenschaft im Bereich der Spektroradiometrie, wo sie als monochromatische Quelle dienen, oder als Werkzeug zum Ausrichten von optischen Komponenten. Laser deckt das gesamte sichtbare Spektrum und darüber hinaus (IR - UV) ab.

Ursachen für farbiges Licht

Bei Lichtquellen bewirkt die Art der Erzeugung des Lichtes ein bestimmtes Spektrum, das für die Farbe dieses Lichtes verantwortlich ist. In allen anderen Fällen wird die Farbe zumindest teilweise durch *Interaktion mit den Objekten* verändert und erzeugt somit die wahrgenommene Farbe der Objekte. Das sind hauptsächlich diffuse und spiegelnde Reflexion, Absorption und Streuung.



Energie elektromagnetischer Strahlung

Der *Energielevel* E eines Photons ist verkehrt proportional zur Wellenlänge λ : $E = \text{const}/\lambda$ bzw. $E \cdot \lambda = \text{const}$. Strahlung mit höherer Energie (also kurzwelligere = höherfrequente Strahlung; UV, Röntgenstrahlen etc.) enthält zuviel Energie und zerstört Biomoleküle. Strahlung mit niedrigerer Energie (also langwelligere = niedrigerfrequente Strahlung; IR, Wärme, Radiowellen etc.) ist zu langwellig um brauchbar fokussiert zu werden. Unser Auge ist also auf die kurzwelligsten Strahlen sensitiv, die unser Gewebe nicht zerstören.

Ausflug in die Quantenmechanik

Atome können sich stabil nur in bestimmten diskreten Energieniveaus befinden. Um zwischen diesen Niveaus zu wechseln ist ein ganz bestimmtes Quantum an Energie notwendig, das entweder zugeführt oder abgegeben wird. Ein sich selbst überlassenes Atom strebt stets seinem tiefsten Energieniveau zu (*Grundzustand*). Alle anderen Niveaus heißen *angeregte Zustände*. Wenn die zugeführte bzw. abgegebene Energie einer Wellenlänge im sichtbaren Bereich entspricht, so können solche Übergänge (*Quantensprünge*) Auswirkungen auf Licht und Farbe haben:

Energie wird abgegeben = Licht einer bestimmten Wellenlänge entsteht

Energie wird absorbiert = Licht bestimmter Wellenlängen verschwindet

