Licht und Farbe C2BL

CC BY NC SA
: laborberufe.de

1.Licht: Photonenstrahl oder elektromagnetische Wellen?

Zu der Frage was Licht ist, gibt es zwei scheinbar widersprechende Vorstellungen.

Die eine Vorstellung geht von kleinsten Teilchen aus, den **Photonen**. Anschaulich besteht elektromagnetische Strahlung (z.B. Licht) aus diesen Elementarteilchen, die zwar Energie und einen Impuls, aber keine Masse besitzen.

Die andere Modellvorstellung nimmt an, dass die Lichtquelle lediglich als Auslöser einer Welle dient. Die Welle ist materielos, es handelt sich um ein gekoppeltes elektrisches und magnetisches Feld. Deshalb werden sie auch als elektromagnetische Wellen bezeichnet. Je nach Energie unterscheidet man verschiedene EM-Wellenarten.

Heute weiß man, dass es sich die beiden Vorstellungen nicht widersprechen, sondern sich gegenseitig ergänzen. Je nach Versuch, tritt eher der Teilchencharakter oder der Wellencharakter zutage. So lässt sich Licht an einem Glasprisma brechen, zeigt hier also typische Welleneigenschaften. Mit Licht lassen sich aber auch Elektronen aus einem elektrisch aufgeladenen Metall herausschlagen, was als Zeichen eines Teilchencharakters angesehen werden kann.

2. Mathematische Zusammenhänge

Wellenlänge und Frequenz der elektromagnetischen Strahlung sind über die Lichtgeschwindigkeit verknüpft. Die Energie der EM-Strahlung lässt sich aus der Frequenz berechnen:

$$c = \lambda \cdot \nu$$

$$E = h \cdot \nu$$

λ *(sprich: lambda)*: Wellenlänge. Länge einer Welle in Metern.
ν *(sprich: nü)*: Frequenz: Anzahl der Schwingungen pro Zeit. Einheit: 1/s = Hz (Hertz)
c: Lichtgeschwindigkeit, eine Naturkonstante. $c \approx 3{,}000 \cdot 10^{8}$ m/s
h: PLANCK'sches Wirkungsquantum, eine Naturkonstante: $h \approx 6{,}626 \cdot 10^{-34}$ Js.
E: Energie der elektromagnetischen Welle in J (Joule).

Ergänzen Sie die fehlenden Angaben!

Art/Bezeichnung	Bereich im EM-Spektrum: Wellenlänge	Bereich im EM-Spektrum: Frequenz	Beispiel: Wellenlänge (λ)	Beispiel: Frequenz (ν)	Beispiel: Energie EM-Welle
Radiowellen	15 km – 0,1 m	20 kHz – 3 GHz	3,0 m	…… Hz …… MHz	…… J
Mikrowellen	1 m – 1 mm	300 MHz – 300 GHz	…… m …… cm	…… Hz …… GHz	$9{,}94 \cdot 10^{-25}$ J
……	1000 µm – 0,780µm	300 GHz – 385 THz	…… m …… µm	$2{,}0 \cdot 10^{13}$ Hz	…… J
Sichtbarer Bereich (VIS)	780 nm – 380 nm	385 THz - 789 THz	$500 \cdot 10^{-9}$ m 500 nm	$6{,}0 \cdot 10^{14}$ Hz	$3{,}98 \cdot 10^{-19}$ J
……	380 nm – 1 nm	789 THz – $3 \cdot 10^{17}$ Hz	$3{,}37 \cdot 10^{-9}$ m 3,37 nm	$8{,}9 \cdot 10^{16}$ Hz	$5{,}90 \cdot 10^{-17}$ J
Röntgen-Strahlung	1 nm – 5 pm	$3 \cdot 10^{17}$Hz – $6 \cdot 10^{19}$ Hz	$2 \cdot 10^{-11}$ m	$1{,}5 \cdot 10^{19}$ Hz	$1 \cdot 10^{-14}$ J
Gammastrahlung	< 5 pm	> $6 \cdot 10^{19}$ Hz	1 pm	$3{,}0 \cdot 10^{20}$ Hz	$1{,}99 \cdot 10^{-13}$ J

Merke:

Lässt man weiß erscheinendes Licht durch ein Glasprisma fallen, so wird der Lichtstrahl abgelenkt und zu einem Farbband ("Regenbogenfarben") auseinander gezogen. Dieses Farbband bezeichnet man als **kontinuierliches Spektrum**. Die Farben des Spektrums können mit einer Sammellinse wieder zu weißem Licht zusammengefasst werden. **Weißes Licht ist also eine Mischung aus diesen verschiedenen Spektralfarben**. Bei den verschiedenen Farben des Spektrums handelt es sich also um Licht unterschiedlicher Wellenlängen:

Farbton EM-Welle	Wellenlängen
Violett	400 - 435 nm
Blau	435 - 480 nm
Grün	480 - 575 nm
Gelb	575 - 595 nm
Orange	595 - 610 nm
Rot	610 - 750 nm

3. Entstehung von farbigem Licht. Monochromatisches oder polychromatisches farbiges Licht

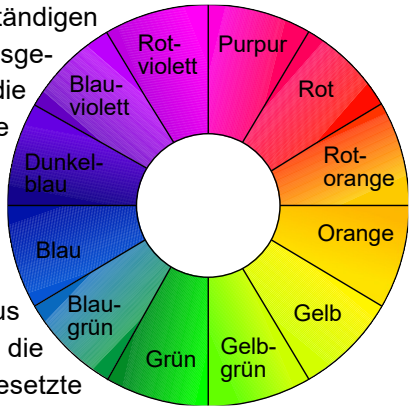
Farbiges Licht kann dadurch entstehen, dass eine Lichtquelle nur Licht einer ganz bestimmten Wellenlänge aussendet. So erscheint uns Licht mit λ = 590 nm gelb. Durch ein Prisma geleitet, lässt sich dieses Natrium-Licht. Es ist **monochromatisches Licht**, das heißt es besteht aus Strahlen nur einer bestimmten Wellenlänge.

Farbiges Licht kann aber auch dadurch entstehen, dass man aus dem Gesamtspektrum des Lichts bestimmte Wellenlängen herausfiltert. Nehmen wir zum Beispiel die Blautöne aus dem Spektrum heraus, dann mischen sich die restlichen Spektralfarben zu gelb-orange. Bei dem durch Mischung entstehenden Licht spricht man von **polychromatischem Licht**. Gelbes Licht kann also sowohl monochromatisch als auch polychromatisch sein. Für das Auge erscheinen beide Lichtsorten gleich!

***3.1** Wie könnte man experimentell poly- und monochromatisches Licht voneinander unterscheiden?*

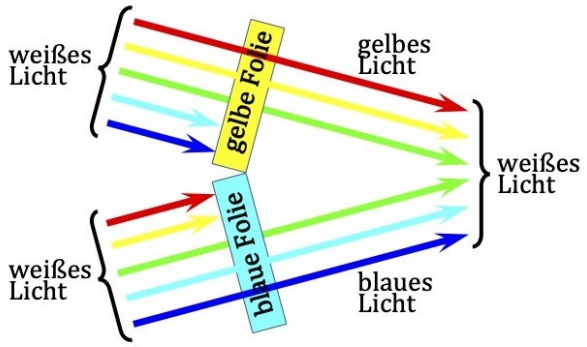
4. Komplementärfarben und Farbmischungen

Die aus dem vollständigen Spektrum herausgenommene und die übrig gebliebene Farbe sind zueinander komplementär. Die Komplementärfarben ergeben sich aus dem Farbkreis, als die jeweils entgegengesetzte Farbe.



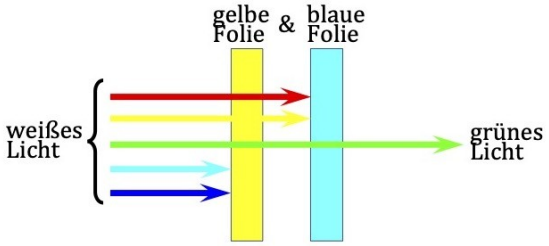
Q: wikicommons. A: -donald-

Miteinander additiv gemischt, ergeben die Komplementärfarben wieder das komplette Spektrum, das unserem Auge als *Weiß* erscheint:



Q: wikicommons. A: FriedeWie

Das erscheint oberflächlich verwunderlich, weil wir durch Mischen von gelb und blau im Wasserfarbkasten den Farbeindruck grün erhalten. Das ist aber das Ergebnis einer subtraktiven Farbmischung:



Q: wikicommons. A: FriedeWie

***4.1a)** Welche Farbe hätte das EM-Spektrum, das Pflanzen aus dem Sonnenlicht heraus filtern?*

***4.1b)** Ein Gärtner bestrahlt seine Pflanzen mit grünem Licht. Was entgegnen Sie ihm?*

5. Absorption elektromagnetischer Strahlung

Alle chemischen Substanzen haben die Eigenschaft, bestimmte EM-Strahlung aufzunehmen und zu **absorbieren**. Nur wenn es es sich hierbei um Licht (visueller Bereich des EM-Spektrums, **VIS**) handelt, erscheinen sie uns farbig. und man spricht von **Farbstoffen**. Es können nur die Wellenlängen absorbiert werden, die zur elektronischen Struktur der Moleküle (Molekülorbitale oder vereinfacht „Atomschalen“) passen. Je nachdem welche Wellenlängenanteile und in welchem Ausmaß absorbiert werden, besitzt der Stoff eine andere Farbe. Materie, die das gesamte Licht (VIS-Strahlung) absorbiert und nichts davon durchlässt (= reflektiert), vermittelt den Farbeindruck *„schwarz“*. Hier werden keine Sinneszellen in der Netzhaut angeregt. Absorbiert eine Substanz zum Beispiel große Anteile der EM-Wellen mit λ = 440 - 480 nm, so filtert sie den blauen Anteil aus dem VIS-Spektrum heraus. Die restlichen, reflektierten Wellenlängen ergeben für unser Auge zum Eindruck „orange". Es handelt sich also um einen orangenen Farbstoff.

Absorbiert ein Stoff lediglich im Bereich des Ultraviolett oder anderer Wellenlängen außerhalb des sichtbaren Lichts, so erscheint er im Tageslicht weiß.