

Licht Wissen

... ein kleiner Ausflug in die Physik des Lichts und des Farbempfindens

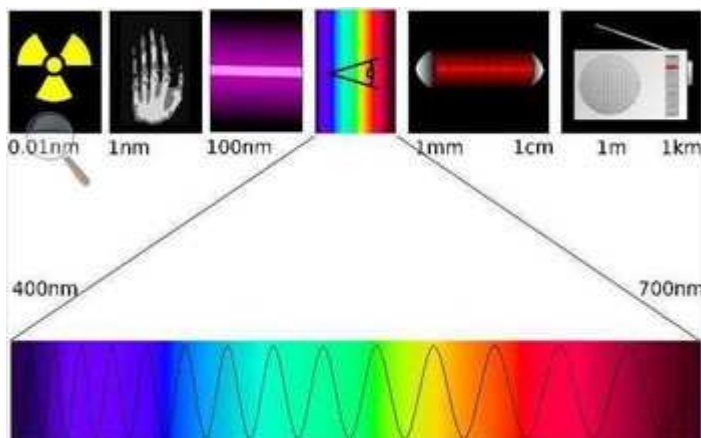
Inhalt:

- # 1 Das Farbempfinden
- # 2 Die Farbtemperatur
- # 3 Lumen, Candela, Lux

1. Das Farbempfinden:

Das Farbempfinden wird beeinflusst durch:
Umgebungslicht, Helligkeit, Auge, Gehirn, Psyche.

Das **Lichtspektrum** ist der Teil des elektromagnetischen Spektrums, der ohne technische Hilfsmittel über das menschliche Auge wahrgenommen werden kann.



Spektrum der elektromagnetischen Wellen. Mitte: Lichtspektrum des menschl. Auges.

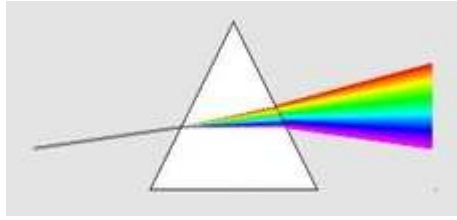
Datei-Urheber: Tatoute / Phrood (unter der Creative Commons-Lizenz

Namensnennung-Weitergabe unter gleichen Bedingungen 3.0 Unported lizenziert.

Quelle: Wikipedia

Unser Auge nimmt nur Wellenlängen zwischen ca. 380nm und 780nm wahr. Das Sonnenlicht ist ein Gemisch aus diesen Farben (Violett, Indigo, Blau, Grün, Gelb, Orange und Rot) und ergibt zusammen ein

neutrales Weiß.



In welcher Farbe ein Gegenstand erscheint, auf das das neutrale Sonnenlicht fällt, hängt davon ab, welche Farbe (Wellenlänge) der Gegenstand reflektiert.

Außerhalb des neutralen Sonnenlichts erscheint der Gegenstand jeweils in anderen Farben.

Z.B. erscheint das Meer am Tage anders als Abends während des Sonnen- untergangs, weil die Blauanteile des Sonnenlichts dann fehlen und diese somit auch nicht reflektiert werden können. Im Ergebnis erscheint das Meer also eher rötlich anstatt wie am Tage neutral bis bläulich.

Unser Auge und unser Gehirn gleichen diese Farbveränderungen am Objekt jedoch auch zum Teil aus.

Ein Beispiel:

Ein Blatt Papier, das im Tageslicht weiß erscheint, sieht unter dem Glühlampenlicht eigentlich gelblich aus, jedoch ohne Vergleich behaupten wir von dem Blatt Papier, es sei weiß.

Wenn wir den direkten Vergleich hätten, würden wir den Farbunterschied sofort "sehen".

Des Weiteren:

Mit nachlassender Helligkeit lässt für unser Auge die Helligkeit der roten Farben schneller nach als die Helligkeit der blauen Farben (Purkinje-Effekt).

Am Tag sind vor allem die farbempfindlichen Zapfen (empfindlich für gelb-rotes Licht) aktiv, in der Nacht vor allem die lichtempfindlichen Stäbchen (empfindlich für grün-blaues Licht).

Für das Farbempfinden kommt außerdem hinzu wie hell eine Lichtquelle leuchtet.

ERGO:

1) Während Farbtöne als physikalische Größe angegeben werden können, ist die menschliche Farbwahrnehmung ein komplizierter, individueller physiologischer und psychologischer Prozess, der bei jedem Menschen zu einem anderen Ergebnis führen kann.

2) Für die Beurteilung von Farben spielt auch das Umgebungslicht eine entscheidende Rolle. Eine objektive Beurteilung der Farben ist nur unter Normlicht-Bedingungen möglich.

Wie Sie nach dieser kurzen oberflächlichen Betrachtung bereits erkennen, ist das Farbempfinden ein hochkomplexer Vorgang

wobei viele Faktoren dieses Empfinden beeinflussen: Umgebungslicht, Helligkeit, Auge, Gehirn, Psyche.

Wenn Sie hier weiter in die Materie eintauchen möchten, empfehlen wir folgende

Links:

[Wikipedia - Die Farbwahrnehmung:](http://de.wikipedia.org/wiki/Farbwahrnehmung)

<http://de.wikipedia.org/wiki/Farbwahrnehmung>

[ScanDig - Farbwahrnehmung:](http://www.filmscanner.info/Farbwahrnehmung.html)

<http://www.filmscanner.info/Farbwahrnehmung.html>

2. Die Farbtemperatur

... ist ein Maß für den Farbeindruck einer Lichtquelle.

Einheit: Kelvin

Man spricht von Temperatur, weil die Farbänderung über die Temperaturerhöhung eines Körpers definiert wird.

Gutes Beispiel ist der Wolfram-Faden der Glühlampe, der bei höherem Strom heißer wird und weißer glüht. Wenn der Strom durch den Faden verringert wird, glüht der Faden weniger stark - er wird kühler - und die Farbe des Glühfadens wird rötlicher.

Also:

Hohe Temperatur = Farbe in Richtung weiß - noch heißer wäre blau (bei der Kerzenflamme z.B.).

Niedrigere Temperatur = Farbe verändert sich in Richtung rot.

Das Paradoxe an der Sache ist,

dass wir die Blautöne als kalte Farben empfinden und die Warmtöne Orange bzw. Rot sind.

Die Physik hat zur Festlegung von genormten Werten einen theoretischen schwarzen Metallkörper erdacht, der durch Erwärmung seine Farbe von rotglühend über weiß bis blauglühend ändert. Daraus hat man eine Skala abgeleitet, die als Maßeinheit Kelvin (K) verwendet. Die Farbtemperatur.

--> Absoluter Nullpunkt: $-273\text{ °C} = 0\text{ °Kelvin (°K)}$

Z.B.: Glühendes Eisen hat kurz vor dem Schmelzpunkt eine rötliche Farbe bei ca. $1.000\text{ °C} = 1.273\text{ °K}$ ($1.000\text{ °C} + 273\text{ °K}$).

Also:

rötliches Licht hat ca. 1.200 K.

Wir haben gelernt, in Richtung blau wird die Farbtemperatur höher --> bis ca. 20.000 K.

Beispiele für Farbtemperaturen:

- Rotglut 500 K
- Kerzenlicht 2.000 K
- Glühlampe 40W 2.600 K
- Glühlampe 100W 2.800 K
- Leuchtstoffröhre (warmweiß) 2.800 K
- Halogenlampe 2.800 - 3.200 K
- Leuchtstoffröhre (kaltweiß) 4.000 K
- Sonnenlicht Mittags 5.500 - 6.000 K
- Blitzlicht 6.000 K
- Leuchtstoffröhre (tageslichtweiß) 6.500 K
- Bewölkter Himmel 6.500 - 7.500 K
- Blauer Himmel 10.000 - 18.000 K

Leuchtmittel-Farbtemperaturen zur Orientierung:

- Candlelight ca. 2.400 - 2.500 K
- Warm Weiß: ca. 2.700 - 3.000 K
- Tageslicht Weiß: ca. 5.000 - 5.500 K
- Kalt Weiß (leicht bläulich): ca. 7.000 - 8.000 K

3. Lumen, Candela, Lux

Bezüglich der Beurteilung der Helligkeit von LEDs fällt man immer wieder über die Begriffe *Lumen*, *Lux* oder auch *Candela*.

Wir versuchen **LICHT** in diese Begriffe zu bringen.

Um die Begriffe einzuordnen, kommen wir um einen Abstecher in die Physik nicht Drumherum. Um die passenden Leuchtmittel zu finden, muss man sie zunächst vergleichbar machen, denn die Angabe der Leistung in Watt reicht bekanntlich nicht mehr aus, um die Leuchtmittel miteinander zu vergleichen.

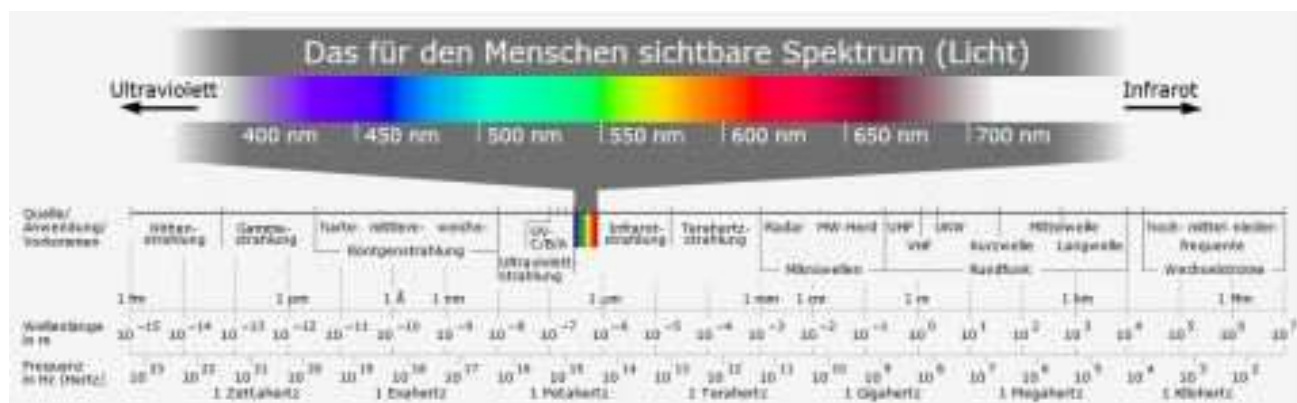
Beginnen wir mit einem kurzen Abstecher in die Physik:

Unser Auge kann nur einen Teil der ausgesandten Strahlung einer Lichtquelle als Licht wahrnehmen.

Zum nicht sichtbaren Bereich gehört im kurzwelligen Bereich (Blau-/Violettbereich) die UV-Strahlung und im langwelligen Bereich (Rotbereich) die Infrarot- oder Wärmestrahlung.

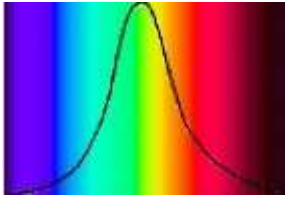
Aber auch im Bereich des sichtbaren Lichts bestehen Unterschiede in der Wahrnehmung - je nach Farbe des Lichts (siehe auch unter Kapitel "Farb-Temperatur" und "Farbempfinden").

Strahlt eine Lichtquelle rotes und eine andere mit gleicher Strahlungsleistung gelbgrünes Licht aus, so erscheint die zweite Lichtquelle dem Auge heller als die erste, weil die Empfindlichkeit unserer Netzhaut für gelbgrünes Licht höher ist als für rotes Licht.



Elektromagnetisches Spektrum; Quelle: Wikipedia (Link: Klick auf Grafik)

Als [elektromagnetisches Spektrum](#) oder **elektromagnetisches Wellenspektrum** bezeichnet man die Gesamtheit aller [elektromagnetischen Wellen](#) verschiedener Energien.



Farb-Empfindlichkeitskurve des Auges

Dort, wo es um das sichtbare Licht geht, ist die allgemeine Strahlungsleistung also keine hilfreiche Größe für die Beurteilung des Helligkeitseindrucks. Daher hat man den Lichtstrom (Einheit: Lumen) eingeführt.

LUMEN [lm]

Lichtstrom

das Lumen [lm] die Empfindlichkeit des menschlichen Auges: Zwei baugleiche Lichtquellen werden als gleich hell wahrgenommen, wenn sie den gleichen Lichtstrom [lm] aussenden - unabhängig von ihrer Farbe.

Unser Auge hat seine maximale Empfindlichkeit bei einer Wellenlänge von 555 nm (gelbgrün) und 1 Lumen ist definiert als der Lichtstrom einer 1,464 mW starken, 555-nm-Lichtquelle mit 100 % Wirkungsgrad. Eine 1,464 mW starke rote Lichtquelle liefert nur etwa 0,1 lm, da das Auge im Roten nur 10 % seiner maximalem Empfindlichkeit besitzt.

Also braucht man je nach der Farbe des Lichtes für einen Lichtstrom von 1 lm verschiedene Strahlungsleistungen.

Umgekehrt kann man mit 1 W Strahlungsleistung ganz verschiedene Lichtströme erzeugen.

Wie hoch ist der Lichtstrom (in Lumen) bei einer Strahlungsleistung von 1 W (Watt) für:

rot (650 nm)	80 lm
gelb (590 nm)	500 lm
gelbgrün (555 nm)	683 lm
grün (530 nm)	590 lm
blau (470 nm)	60 lm
violett (430 nm)	8 lm

Glühlampen haben in etwa folgenden Lichtstrom (in Lumen):

Kerze (zum Vergleich)	10-13 lm
Glühlampe klar, 25 W	220 lm
Glühlampe klar, 40 W	400 lm
Glühlampe klar, 60 W	700 lm
Glühlampe klar, 100 W	1300 lm
Halogen-Stiftsockell., 5W, 12V	70 lm
Halogen-Stiftsockell., 20W, 12V	250 lm
Halogen-Stiftsockell., 35W, 12V	450 lm
Leuchtstofflampe DULUX S 7W/827	400 lm

Leuchtstoffl. NL-T8 18W/840/G13	1350 lm
Leuchtstoffl. NL-T8 36W/840/G13	3350 lm
Leuchtstoffl. NL-T8 58W/840/G13	5200 lm

Candela [cd]

Lichtstärke

Während der Lichtstrom (in Lumen) die gesamte von einer Lichtquelle, im sichtbaren Spektrum, abgegebene Lichtleistung darstellt, beschreibt die Lichtstärke (in Candela) den Lichtstrom in einen bestimmten Raumwinkel.

Die Einheit Candela dient vielfach zur Einstufung von Lampen, die das Licht gebündelt abgeben, beispielsweise Reflektor Lampen.

Um Candela in allen Einzelheiten zu verstehen müssten wir nun eigentlich den Raumwinkel Steradian erklären. Da wir Sie aber mit zu viel Physik verschonen möchten, weisen wir für Interessierte auf diesen Link hin: [Steradian](#).

Verständlich wird es auch so:

Eine ideale, punktförmige Lichtquelle gibt Licht gleichmäßig in alle Richtungen des Raumes ab. Ihre Lichtstärke ist in allen Richtungen gleich.

Bei einer realen Lichtquelle verteilt sich die Lichtleistung ungleichmäßig im Raum.

Zum Teil ist dies durch den Aufbau der Lichtquelle bedingt, zum Teil auch durch eine bewusste Lenkung des Lichtes (Strahler).

Die Lichtstärke (cd) ist der Lichtstrom (lm) bezogen auf einen bestimmten Raumwinkel.

Formel: Lichtstärke = Lichtstrom / Raumwinkel
(Candela = Lumen / Steradian)

LUX [lx]

Beleuchtungsstärke.

Die Beleuchtungsstärke beantwortet die Frage "wie hell wird ein Raum ausgeleuchtet?".

Lux = Lichtstrom (in Lumen), der auf einer bestimmten Fläche (in m²) auftrifft.

Die Beleuchtungsstärke nimmt mit dem Quadrat des Abstandes zur Lichtquelle ab.

Sie kann an jeder Stelle des Raumes bestimmt werden; sie ist nicht an eine reale Oberfläche gebunden.

Formel: Beleuchtungsstärke = Lichtstrom / Fläche
(Lux = Lumen / m²).

Die Beleuchtungsstärke in der Einheit Lux spielt vor allem in der Auslegung der Beleuchtung von Arbeitsplätzen eine Rolle oder um die Helligkeit versch. beleuchteter Flächen miteinander vergleichen zu können.

Quellennachweise:

Einige Daten sind entnommen aus:

Umweltbundesamt „Beleuchtungstechnik mit geringerer Umweltbelastung – 3. Ausgabe“, 18. März 2009

Spektrale Beschreibung optischer Strahlung - Spektrum und Lichterzeugung | Farbwiedergabe in den Medien; Techn. uni Darmstadt

sowie aus Wikipedia.