

## 7. Beleuchtungs-Wissen

### Bekannte Definitionen

#### ◆ **Licht**

Unter Licht versteht man elektromagnetische Strahlung, die im menschlichen Auge eine Hellempfindung hervorruft, also gesehen werden kann. Es handelt sich dabei um eine Strahlung mit einer Wellenlänge zwischen 380 und 780 nm [Nanometer], einem nur winzigen Teil des uns bekannten Spektrums elektromagnetischer Strahlung.

#### ◆ **Elektrische Lichterzeugung**

Lampen erzeugen das Licht entweder durch Temperaturstrahlung (Glühlampen), durch Gasentladung („Neon“-röhren, Leuchtstoffröhren, Energiesparlampen), oder durch Halbleiter-Lumineszenz (Leuchtdioden LED)..

Wenn der Mensch z.B. elektrisches Licht bzw. Leuchtmittel kaufen will, so orientierte er sich bisher an der **Watt-Zahl** von herkömmlichen Glühlampen.

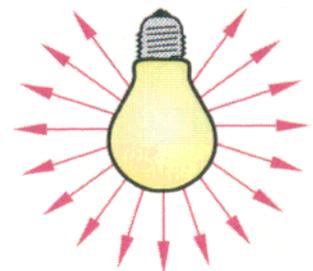
Diese Wattzahl sagt aber nur, wieviel elektrische Leistung aus dem Stromnetz bezogen wird, nichts über die „Helligkeit“!

Da es inzwischen „EnergySaver“-Glühbirnen, Sparlampen, LED-Lampen usw. Gibt, muss man sich aber an besseren Messgrößen orientieren.



#### ◆ **Lichtstrom**

Der Lichtstrom ist die Lichtleistung einer Lampe. Also jener Teil der elektrischen Leistung, der in Licht umgewandelt wird, und damit unabhängig von Richtung und Distanz. Er wird in **Lumen (lm)** gemessen. Das Formelzeichen ist  $\Phi$  (sprich „Phi“). Eine herkömmliche Glühlampe von 100 W hat etwa 1380 lm, eine Energiesparlampe von 20 W etwa 1200 lm. Bei „runden“ Strahlern sollte dieser Wert immer „mitgeliefert“ werden, nur er sagt, wieviel Licht man fürs Geld bekommt.



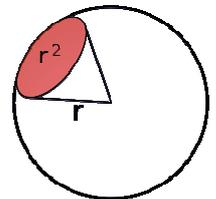
#### ◆ **Lichtstärke**

Die Lichtstärke ist der Teil des Lichtstromes, der in eine bestimmte Richtung strahlt. Also Lumen pro Abstrahlwinkel. Dieser Winkel ist der sog. Raumwinkel. Der sog. **Raumwinkel** ist ein Anteil einer ganzen Kugeloberfläche und wird in **Steradian sr** gemessen („stereoradian“).

Sie wird in **Candela (cd)** gemessen.  $1 \text{ cd} = 1 \text{ lm} / 1 \text{ sr}$ .

Ein Raumwinkel von 1 sr entspricht einem Kegel mit dem Öffnungswinkel von 65,5 Grad. Der ganze Raum entspricht der Kugeloberfläche, das ist  $4\pi$ .

Bei LED wird häufig nicht der Lichtstrom, sondern diese Lichtstärke angegeben, da sie meist keine Rundstrahler sind, sondern ihr Licht recht eng gebündelt abstrahlen. Bei engen Abstrahlwinkeln ist dieser Wert somit höher als der Wert in Lumen.



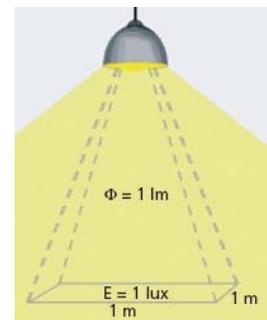
#### ◆ **Lichtausbeute**

Die Lichtausbeute ist eigentlich die wichtigste Grösse, nämlich „Licht“ pro aufgewendetes Watt). Also Lichtstrom einer Lampe bezogen auf ihre elektrische Leistungsaufnahme, somit ihre **Effizienz**. Dies wird aber selten angegeben. Die Lichtausbeute wird in **Lumen/Watt (lm/W)** angegeben.

Eine Glühlampe hat ca. 14 lm/W, eine Energiesparlampe ca. 60 lm/W, heutige gute LED um 100, Entwicklungsziel ist 200 lm/W.

#### ◆ **Beleuchtungsstärke Lux**

Die Beleuchtungsstärke gibt den Lichtstrom an, der von der Lichtquelle auf eine bestimmte Fläche trifft. Sie wird in der Masseinheit **Lux (lx)** gemessen. Dies ist eigentlich eine Abkürzung für den (Nutz-)Lichtstrom durch Fläche. Die Beleuchtungsstärke beträgt 1 lx, wenn ein Lichtstrom von 1 lm auf eine Fläche von  $1 \text{ m}^2$  gleichmässig auftritt.



#### ◆ **Leuchtdichte**

Aehnlich liegt die Leuchtdichte, gemessen in Candela pro Quadratmeter ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ), ist der Helligkeitseindruck, den eine beleuchtete oder leuchtende Fläche dem Auge vermittelt. Bei Lampen verwendet man oft die "handlichere" Einheit  $\text{cd}/\text{cm}^2$ .

### Wichtig für die Planung einer Beleuchtung

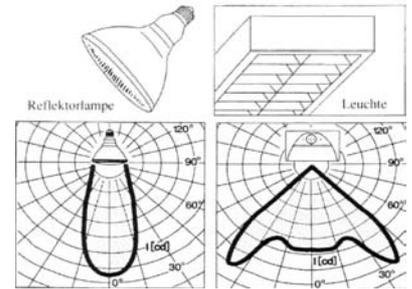
#### ◆ **Lichtfarbe**

Die Lichtfarbe einer Lampe ist entscheidend für den Eindruck, den die Quelle vermittelt: Sie wird mit der **Farbtemperatur** und der Masseinheit der Temperatur, Kelvin (K) beschrieben. Die Farbtemperatur der Farbe einer Lichtquelle wird durch Vergleich mit der Farbe eines sog. "Schwarzen Strahler" bestimmt. Wenn ein "Schwarzer Strahler" erhitzt wird, durchläuft die Farbe der von ihm

abgegebenen Strahlung eine Skala von Dunkelrot, Rot, Orange, Gelb, Weiss bis zum Hellblau. Je höher die Temperatur, desto weisser wird die Farbe. Eine Glühlampe mit ihrem warmweissen Licht hat z.B. eine Farbtemperatur von 2800 K, eine tageslichtähnliche Leuchtstofflampe 5000 K. Die Norm teilt die Lichtfarben der Lampen in 3 Gruppen ein: Tageslichtweiss (tw), neutralweiss (nw) und warmweiss (ww). Trotz gleicher Lichtfarbe können Lampen aufgrund der spektralen Zusammensetzung ihres Lichtes sehr unterschiedliche Farbwiedergabeeigenschaften haben.

- **Lichtstärkeverteilung**

Die räumliche Verteilung der Lichtstärke einer Reflektorlampen oder Leuchte wird durch den Lichtstärkeverteilungskörper gekennzeichnet. Er kann für verschiedene Schnittebenen in Polardiagrammen (Lichtstärkeverteilungskurven - LVK) dargestellt werden. Zum besseren Vergleich sind die Lichtstärken auf 1000 lm der in der Leuchte betriebenen Lampen bezogen und in der Einheit cd/klm (= Candela pro Kilolumen) angegeben. Aus der Form der LVK kann man erkennen, ob es sich um eine tief-, breit-, symmetrisch- oder asymmetrisch-strahlende Leuchte (bzw. Reflektorlampe) handelt.



### Seit langem schon gibt es Halogenlampen. Warum sind sie besser als normale Glühlampen?

Halogene sind die chemischen Elemente Fluor, Chlor, Brom und Jod, meist gasförmig. Alle diese Halogene sind in den Halogenlampen enthalten, wobei sich Mischungen von bis zu drei Halogenen in einzelnen Lampentypen als vorteilhaft erwiesen haben.

#### **Der Halogenkreisprozess**

Normale Glühlampen büssen mit der Zeit an Helligkeit ein, denn von der Wendel abdampfende Wolframotope setzen sich als dunkler Belag am Glaskolben fest. Bei Halogenlampen wird dieser Nachteil durch die Zugabe von Halogenen zum Füllgas verhindert. Sie verbinden sich im Halogen-Kreisprozess mit dem abgedampften Wolfram. Wenn diese gasförmige Verbindung mit der Wärmeströmung in die Nähe der heissen Wendel kommt, lagert sich das Wolfram dort wieder ab. Die freigesetzten Halogene stehen erneut für den Kreislauf zur Verfügung.

Worauf achten Sie, wenn einem folgendes am wichtigsten ist:

Die billigste Lampe?

---

Die hellste Lampe?

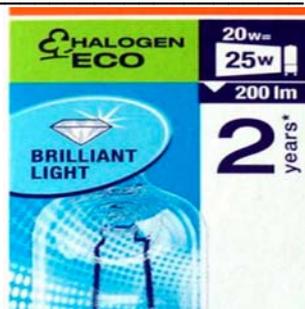
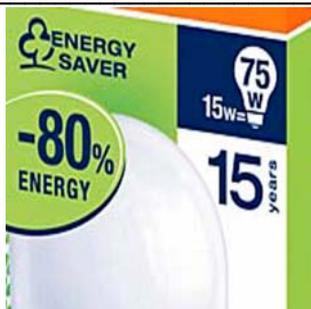
---

Die effizienteste Lampe?

---

Die Lampe, die am besten „heizt“?

---



## Übungsaufgaben zum Beleuchtungswissen

1) Welche physikalische(n) Angabe(n) sollte(n) auf Lampenpackungen stehen, damit man ihre Energieeffizienz beurteilen und mit andern vergleichen kann?

Werte für typische Leuchtmittelarten:

2) Welches Leuchtmittel bringt (ohne weitere Hilfsmittel) bei gleichem Abstand die grössere Beleuchtungsstärke hin auf einem Tisch?

Lampe 1:  
Energiesparlampe mit 1000 Lumen

Lampe 2:  
100 Candela bei Ausrichtung gegen den Tisch

Was spielt der Abstand für diese Beurteilung für eine Rolle?

3) Eine Lampe hängt 1m über einem Tisch und erzeugt eine Beleuchtungsstärke von 100lx.

Ändert sich die Beleuchtungsstärke, und wenn ja auf welchen Wert, wenn man die Lampe **2m** über den Tisch hängt?

3m?

4m?

Zusammenhang/Definition?

Welche Werte der Lampe ändern nicht, wenn man den Abstand vergrössert?

4) Durch welche Massnahme(n) lässt sich die Beleuchtungsstärke (z.B. auf einem Pult) verbessern, falls das Leuchtmittel nicht gewechselt werden kann?