



Handwerk > Bildung Beratung	 <b>Handwerkskammer Hildesheim-Süd-niedersachsen</b>
<b>Berufsbildungszentrum</b>	
<h1>Beleuchtungstechnik</h1>	
© Handwerkskammer Hildesheim-Süd-niedersachsen · Braunschweiger Str. 53 · 31134 Hildesheim ·	

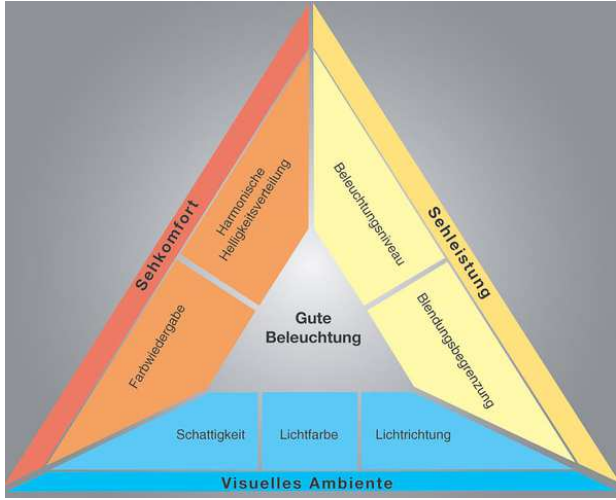
Handwerk > Bildung Beratung	 <b>Handwerkskammer Hildesheim-Süd-niedersachsen</b>
<b>Berufsbildungszentrum</b>	
<h2>Aufgaben der Beleuchtung</h2>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Beleuchtung soll gute Sehbedingungen schaffen.</li> <li>- Sie trägt zum physischen und psychischen Wohlbefinden des Menschen bei.</li> <li>- In Arbeitsräumen ist gute Beleuchtung die Voraussetzung für einwandfreie und sicher Erledigung der gestellten Aufgaben.</li> <li>- Sie wirkt vorzeitiger Ermüdung entgegen.</li> <li>- Ausgewogene Beleuchtung bestimmt die Ästhetik und Behaglichkeit von Räumen.</li> <li>- Gesundheitsgefahren durch mangelhafte Beleuchtung können vermieden werden, wenn die künstliche Beleuchtung den anerkannten Regeln der Technik entsprechen.             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ ASR A3.4 technische Regeln für Arbeitsstätten „Beleuchtung“</li> <li>▪ DIN EN 12464-1 „Beleuchtung von Arbeitsstätten“</li> <li>▪ DIN 5035-7 „Beleuchtung von Räumen mit Bildschirmarbeitsplätzen“</li> </ul> </li> </ul>	
© Handwerkskammer Hildesheim-Süd-niedersachsen · Braunschweiger Str. 53 · 31134 Hildesheim	<b>2</b>

Handwerk  
 > Bildung  
 Beratung


 Handwerkskammer  
 Hildesheim-Süd-niedersachsen

Berufsbildungszentrum

## Gütemerkmale der Beleuchtung



Quelle: Licht.de

**Sehleistung,**

- Beleuchtungsneveau
- Blendungsbegrenzung
- Reflexionsbegrenzung

**Sehkomfort,**

- Farbwiedergabe
- Helligkeitsverteilung


**Visuelles Ambiente,**

- Lichtrichtung, Schattigkeit
- Anordnung der Leuchten
- Lichtfarbe
- Farbtemperatur
- Farbklima

**Energieeffizienz**

© Handwerkskammer Hildesheim-Süd-niedersachsen - Braunschweiger Str. 53 · 31134 Hildesheim
3

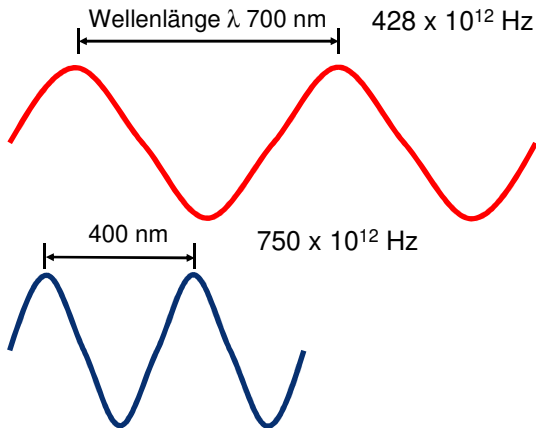
Handwerk  
 > Bildung  
 Beratung

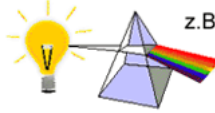

 Handwerkskammer  
 Hildesheim-Süd-niedersachsen

Berufsbildungszentrum

## Licht und Wellenlänge

Licht ist ein Teilbereich der elektromagnetischen Welle,  
im Frequenzbereich von ca. 380 – 780 THz.





z.B. Licht

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

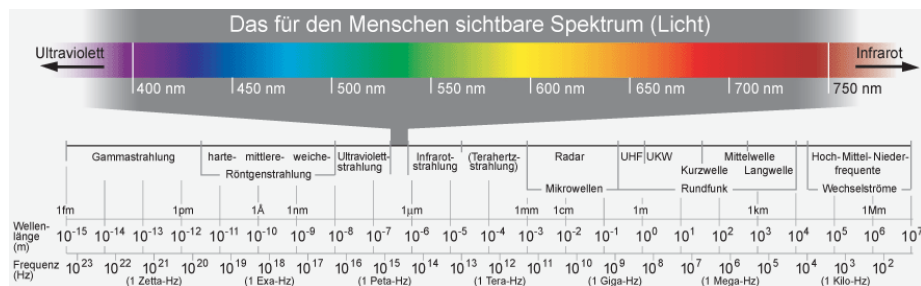
$\lambda$  = Wellenlänge  
 $f$  = Frequenz  
 $c$  = Lichtgeschwindigkeit  
 300 000 000 m/sec

© Handwerkskammer Hildesheim-Süd-niedersachsen - Braunschweiger Str. 53 · 31134 Hildesheim
4

## Licht und Wellenlänge

Menschen nehmen 80% der Informationen aus unserer Umwelt über das Auge auf.

Das menschliche Auge nimmt Licht der Wellenlänge im Bereich zwischen 380 nm – 780 nm wahr.



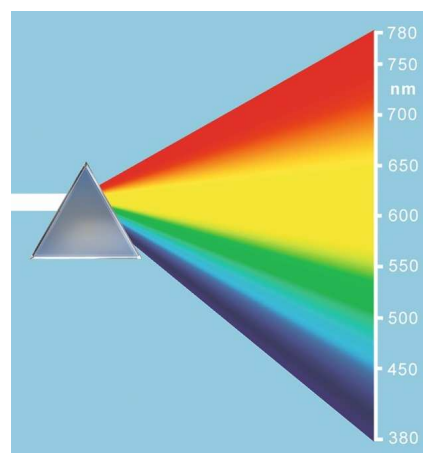
Quelle: Licht.de

## Spektrum

Das weiße Sonnenlicht setzt sich aus elektromagnetischen Wellen verschiedener Wellenlängen zusammen.

Jede Wellenlänge des Bereichs empfindet das Auge als eine bestimmte Farbe.

Mit Hilfe eines Prismas lässt sich das weiße Licht in seine Farbbestandteile aufspalten.

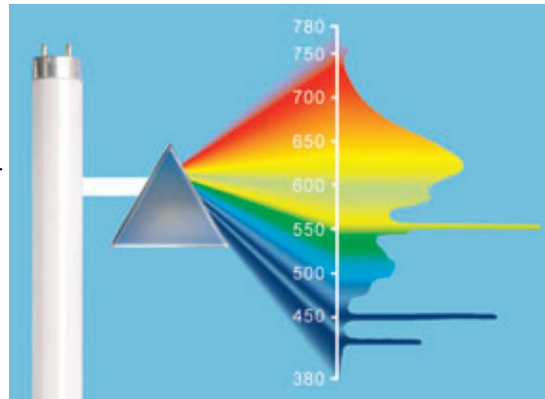


Quelle: Licht.de

## Spektrum

Zerlegt man das künstliche Licht einer Leuchtstofflampe, so wird ersichtlich, dass je nach Typ die einzelnen Spektralfarben mehr oder weniger wiedergegeben werden.

Farbige Gegenstände werden nur dann als farbig erkannt, wenn im Spektrum der Lichtquelle auch alle Farben vorhanden sind.



Quelle: Licht.de

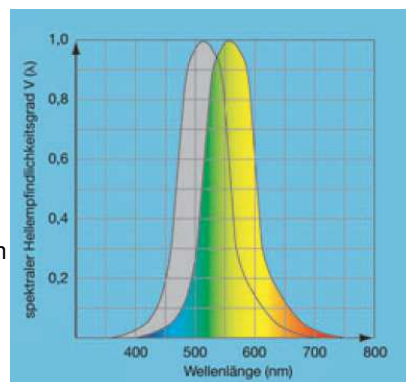
## Empfindlichkeit des Auges

Licht ist die Summe der elektromagnetischen Strahlungsleistung, die vom Auge wahrgenommen und bewertet wird.

Etwa 120 Millionen Stäbchen sind für das Helligkeitssehen hochempfindlich, für das Farbsehen jedoch relativ unempfindlich.

Etwa 7 Millionen Zapfen sind die für das Farbsehen empfindlicheren Rezeptoren und übernehmen bei höheren Leuchtdichten das so genannte Tagessehen

Bei Tag sehen wir Farben, in der Nacht hingegen nur Grauwerte.



Quelle: Licht.de

## Lichttechnische Begriffe und Größen

Größe	Erklärung	Einheit	Abkürzung	Symbol
<b>Lichtstrom</b>	Lichtleistung einer Lampe	Lumen	lm	$\Phi$
<b>Lichtausbeute</b>	Lichtstrom pro Leistungsaufnahme	Lumen/Watt	lm/W	$\eta$
<b>Lichtstärke</b>	Lichtstrom in eine Richtung	Candela	cd	$I$
<b>Leuchtdichte</b>	Helligkeitseindruck einer Fläche	Candela/Quadratmeter	cd/m <sup>2</sup>	$L$
<b>Beleuchtungsstärke</b>	Lichtstrom auf einer bestimmten Fläche	Lux	lx	$E$

## Lichtstrom $\Phi$

Der Lichtstrom beschreibt die Gesamtheit des von einer Lichtquelle in alle Richtungen des Raumes abgegebenen Lichts.

### Lichtstrom [lm]



Quelle: Licht.de

Strahlungsleistung einer Lampe (Lichtstrom)  
Maßeinheit Lumen (lm)

Glühlampe 60W  $\Phi = 730$  lm

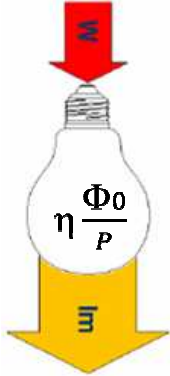
Dreibanden-Leuchtstofflampe 58W  $\Phi = 5.400$  lm

Cree LED 4W  $\Phi = 460$  lm

In der Praxis werden verschiedene Lichtströme unterschieden, z.B.

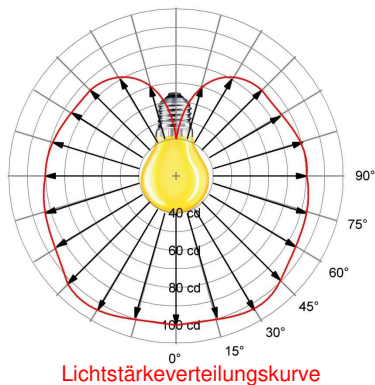
- der abgestrahlte Lichtstrom  $\Phi_0$  einer Lampe
- der Lichtstrom  $\Phi_{Nutz}$  auf einer beleuchteten Fläche

Handwerk > Bildung Beratung	Handwerkskammer Hildesheim-Süd-niedersachsen
Berufsbildungszentrum	
<b>Lichtstrom <math>\Phi</math></b>	
Standard Glühlampe 25 W / 230 V	$\Rightarrow$ 220 lm
Niedervolt Glühlampe 25 W / 42 V	$\Rightarrow$ 280 lm
Niedervolt Halogenglühlampe 20 W / 12 V	$\Rightarrow$ 320 lm
Standard Glühlampe 60 W / 230 V	$\Rightarrow$ 730 lm
Leuchtstofflampe T8 18 W / 840	$\Rightarrow$ 1350 lm
Leuchtstofflampe T8 58 W / 840	$\Rightarrow$ 5200 lm
Leuchtstofflampe T8 58 W / 940	$\Rightarrow$ 3750 lm
Leuchtstofflampe T5 35 W / 840	$\Rightarrow$ 3650 lm
Entladungslampen gleichen Typs mit verbesserter Farbwiedergabe erzielen in der Regel einen geringeren Lichtstrom $\Phi_0$ .	
© Handwerkskammer Hildesheim-Süd-niedersachsen - Braunschweiger Str. 53 - 31134 Hildesheim	
11	

Handwerk > Bildung Beratung	Handwerkskammer Hildesheim-Süd-niedersachsen
Berufsbildungszentrum	
<b>Lichtausbeute</b>	
Die Lichtausbeute gibt das Verhältnis vom erzeugten Lichtstrom $\Phi_0$ zur aufgewendeten elektrischen Leistung P an.	
Sie ist ein Maß für die Energieeffizienz einer Lampe.	
Glühlampe	$\eta = \frac{730 \text{ lm}}{60 \text{ W}} = 12 \frac{\text{lm}}{\text{W}}$
Leuchtstofflampe	$\eta = \frac{5400 \text{ lm}}{58 \text{ W}} = 93 \frac{\text{lm}}{\text{W}}$
Cree LED	$\eta = \frac{460 \text{ lm}}{4 \text{ W}} = 115 \frac{\text{lm}}{\text{W}}$
Natriumdampf-Niederdrucklampe	$\eta = \frac{22500 \text{ lm}}{180 \text{ W}} = 125 \frac{\text{lm}}{\text{W}}$
 <p>Quelle: Licht.de</p>	
© Handwerkskammer Hildesheim-Süd-niedersachsen - Braunschweiger Str. 53 - 31134 Hildesheim	
12	

## Lichtstärke I

Die Lichtstärke ist der Teil des Lichtstroms, der in eine bestimmte Richtung strahlt.



Die Lichtstärke hat die Einheit Candela (cd).

$$I = \frac{\Phi}{\Omega}$$

I = Lichtstärke

$\Phi$  = Lichtstrom

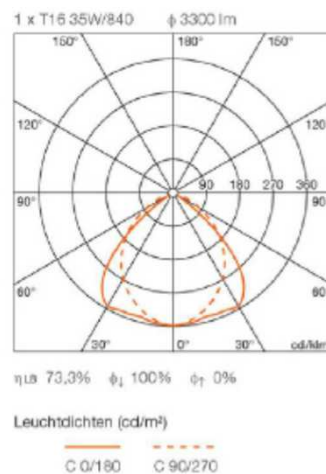
$\Omega$  = Raumwinkel

## Lichtstärkeverteilungskurven LVK

Die Richtungsverteilung des Lichtstromes wird in Lichtstärkeverteilungskurven (LVK) dargestellt.



Die Strahlungsintensität einer künstlichen Lichtquelle kann mit dem Lichtstärkewert und dem entsprechenden Ausstrahlungswinkel bestimmt werden.



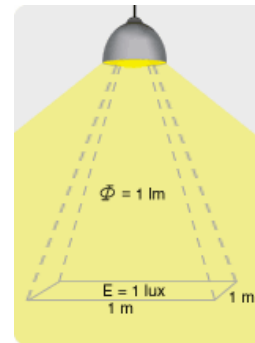
## Beleuchtungsstärke E

Die Beleuchtungsstärke E ist die Lichtmenge, die auf eine Oberfläche fällt. Sie ist das Verhältnis aus Nutzlichtstrom  $\Phi_{\text{Nutz}}$ , der senkrecht auf eine Fläche trifft und der Größe A der beleuchteten Fläche.

$$E = \frac{\Phi_{\text{Nutz}}}{A} \quad 1 \frac{\text{lm}}{\text{m}^2} = 1 \text{ lx}$$

Die Beleuchtungsstärke ist kein Maß für die Helligkeit, sondern sie bewertet nur die auf eine Fläche auftreffende Strahlung.

Der Helligkeitseindruck ist dagegen als Leuchtdichte definiert und abhängig von der Strahlung, die von einer beleuchteten Fläche reflektiert wird.



Quelle: Licht.de

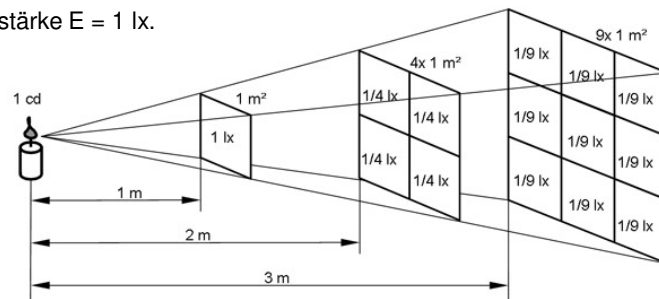
Licht pro Flächeneinheit (lm/m<sup>2</sup>)

Maßeinheit Lux (lx)

## Beleuchtungsstärke E

Die Beleuchtungsstärke nimmt mit zunehmender Entfernung zur Lichtquelle ab.

Eine Lichtquelle der Stärke I = 1 cd erzielt in 1 m Entfernung die Beleuchtungsstärke E = 1 lx.



Die Beleuchtungsstärke auf einer Fläche verringert sich mit dem Quadrat des Abstandes von der Lichtquelle.



## Beleuchtungsstärke E

Die Beleuchtungsstärke E kann als einzige lichttechnische Größe sicher und mit ausreichender Genauigkeit mit relativ preiswerten Messgeräten bestimmt werden.

Ein Abschätzen mit dem Auge ist nicht möglich, weil es sich durch seine große Anpassungsfähigkeit auf die unterschiedlichen Helligkeitswerte einstellt und somit kein sicherer Vergleich möglich ist.

- Sommer, am Mittag, bei klarem Himmel: 100.000 lux
- Im Freien, bei stark bewölktem Himmel: 5.000 lux
- Kunstlicht, in einem gut beleuchteten Büro: 750 lux
- Vollmond, bei einer klaren Nacht: 0,25 lux

## Beleuchtungsstärke E

Um das Beleuchtungsniveau in einem Raum zu bestimmen, muss die Beleuchtungsstärke an möglichst vielen, gleichmäßig verteilten Punkten gemessen werden. Aus den Ergebnissen wird danach der Durchschnittswert, d.h. die mittlere Beleuchtungsstärke  $E_M$  berechnet.


$$\bar{E} = E_m = \frac{E_1 + E_2 + E_3 + \dots}{n} \text{ in lx}$$

In der Praxis ist es nicht möglich, den Lichtstrom so gleichmäßig zu verteilen, dass die Beleuchtungsstärke an allen Messpunkten auf der beleuchteten Fläche gleich ist. Die Abweichung wird durch die Angabe der Gleichmäßigkeit  $U_0$  beurteilt.

$$U_0 = \frac{E_{\min}}{\bar{E}} = \frac{E_{\min}}{E_m}$$

Durch eine ausreichende Gleichmäßigkeit der Beleuchtungsstärke wird die Adaption des Auges erleichtert und einer frühzeitigen Ermüdung vorgebeugt.

Handwerk  
> Bildung  
Beratung


Handwerkskammer  
Hildesheim-Süd-niedersachsen

Berufsbildungszentrum


## Beleuchtungsstärke E

Wenn nichts anderes vermerkt ist, bezieht sich die Angabe der Beleuchtungsstärke auf die **horizontale** Beleuchtungsstärke z.B. auf dem Schreibtisch.  
Die **vertikale** Beleuchtungsstärke wird u. a. für die Bewertung an vertikalen Raumumgrenzungsflächen oder Einrichtungen z.B. Regalwand oder Schautafeln herangezogen.

Raumart / Tätigkeit	$E_m$	$U_0$	UGR	$R_a$
Verkehrsfläche und Flure	100	0,4	28	40
Lager, Versand- und Verpackungsbereiche	300	0,6	25	60
Druckerei, Farbkontrolle bei Mehrfarbendruck	1500	0,7	16	90
Büro, CAD-Arbeitsplätze	500	0,6	19	80
Ausbildungsstätten, Lehrwerkstätten	500	0,6	19	80
Friseure, Haarpflege	500	0,6	19	90
Lager, Regalfront	200	0,4	–	60

© Handwerkskammer Hildesheim-Süd-niedersachsen · Braunschweiger Str. 53 · 31134 Hildesheim
19

Handwerk  
> Bildung  
Beratung


Handwerkskammer  
Hildesheim-Süd-niedersachsen

Berufsbildungszentrum

## Zylindrische Beleuchtungsstärke

Gute visuelle Kommunikation und Erkennbarkeit erfordert eine ausreichende Helligkeit gerade bei Gesichtern.

Eine zu deren Beschreibung geeignete photometrische Größe ist die zylindrische Beleuchtungsstärke  $E_z$

Für eine gute Erkennbarkeit sollen folgende Werte nicht unterschritten werden:

- allgemeine Innenräume  $E_z > 50 \text{ lx}$
- In Büros, Besprechungs- und Unterrichtsräumen  $E_z > 150 \text{ lx}$
- mit einer Gleichmäßigkeit  $U_0 > 0,10$
- bei sitzenden Person in 1,2 über dem Fußboden
- bei stehende Person in 1,6 m über dem Fußboden

© Handwerkskammer Hildesheim-Süd-niedersachsen · Braunschweiger Str. 53 · 31134 Hildesheim
20

## Modelling-Indikator

Modelling bezeichnet die Ausgewogenheit zwischen diffuser und gerichteter Beleuchtung und ist ein wichtiges Merkmal der Beleuchtungsqualität. Das Verhältnis horizontaler zu zylindrischer Beleuchtungsstärke ist bei einem Wert von 0,3 bis 0,6 ideal.



Die dunkle Augenpartie verdeutlicht die hartschattige Wirkung von direktem, gerichtetem Licht von oben.

Quelle: Licht.de



Rein indirekte, diffuse Beleuchtung lässt die Konturen verschwimmen zulasten gut erkennbarer Formen.



Direktes/indirektes Licht schafft durch eine ausgewogene Schattenbildung ein lebendiges und sympathisches Äußeres.

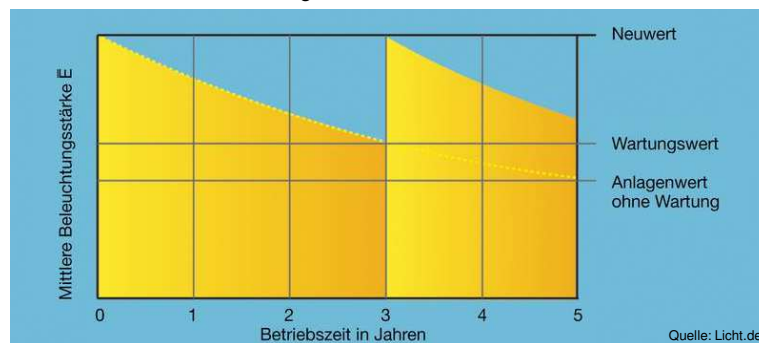
## Beleuchtungsstärke $E_m$

Die in der Norm DIN EN 12464-1 genannten Angaben zur Höhe der Beleuchtungsstärke sind Wartungswerte.

Das heißt, diese Werte dürfen zu keiner Zeit unterschritten werden.

Zunächst ist es deshalb notwendig, einen höheren Neuwert zu installieren.

Der Neuwert wird mit dem Wartungsfaktor bestimmt.



## Wartungsfaktor WF

Durch die Alterung und Verschmutzung von Lampen, Leuchten und Raum sinkt die Beleuchtungsstärke mit zunehmender Betriebszeit.

Diese Abnahme der Beleuchtungsstärke wird durch den Wartungsfaktor in der Planungsphase berücksichtigt.

$$E = \frac{E_m}{WF}$$

Referenz-Wartungsfaktoren WF

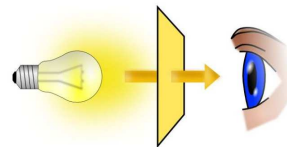
- 0,80 sehr sauberer Raum, mit geringer jährlichen Nutzung
- 0,67 sauberer Raum, dreijähriger Wartungszyklus
- 0,57 Außenbeleuchtung, dreijähriger Wartungszyklus
- 0,50 Innen- oder Außenbeleuchtung, starke Verschmutzung

## Leuchtdichte L

Die Leuchtdichte L einer selbst leuchtenden oder beleuchteten Fläche beschreibt den Helligkeitseindruck, für den im Auge des Betrachters entstehenden Lichtreiz.



Quelle: Licht.de



Formelzeichen = L

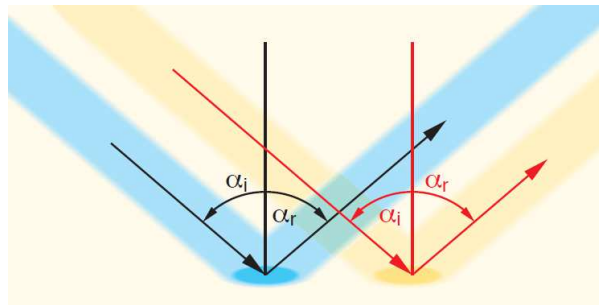
Einheit = Candela / Quadratmeter  
cd/m<sup>2</sup>

Je größer die Leuchtdichte L im Blickfeld eines Menschen ist, desto größer ist die Gefahr der direkten Blendung.

## Verhalten von Licht

Sobald Licht auf eine Fläche trifft, gibt es drei Möglichkeiten:

Es wird reflektiert, absorbiert oder durchgelassen.



Einfallswinkel = Reflexionswinkel

Häufig tritt auch eine Kombination von zwei oder sogar drei dieser Effekte auf.

## Reflexion

Die Reflexionseigenschaften von Raumflächen und ihre Farbgebung bestimmen den Reflexionsgrad der Raumbegrenzungsflächen und beeinflussen somit den Beleuchtungswirkungsgrad und die Leuchtdichteverhältnisse in einem Raum.

In der Praxis ist es schwierig, die Reflexionsgrade der Raumbegrenzungsflächen abzuschätzen bzw. diese im Vorfeld einer Beleuchtungsplanung festzulegen.

Wenn bei der Planung keinerlei Werte für die Reflexionsgrade zur Verfügung stehen, sollen dafür folgende Standardwerte zugrunde gelegt und mit dem späteren Nutzer vereinbart werden:

$$\delta_{\text{Decke}} = 0,7$$

$$\delta_{\text{Wand}} = 0,5$$

$$\delta_{\text{Nutzenebene}} = 0,2$$

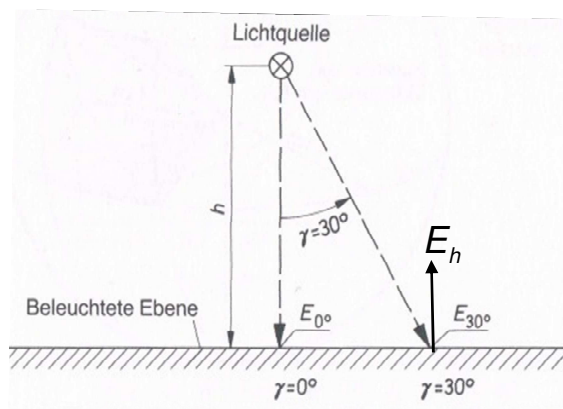
## Reflexionsgrad

Die Reflexionseigenschaften der Begrenzungsflächen eines Raumes beeinflussen den Raumwirkungsgrad einer Beleuchtungsanlage.

Farbe	Reflexionsgrad $\delta$	Material	Reflexionsgrad $\delta$
Gelb	0,40 - 0,60	Sichtbeton:	0,25 - 0,45
Grün	0,15 - 0,55	Sichtmauerwerk:	
Blau	0,10 - 0,50	rote Ziegel	0,15 - 0,30
Rot	0,10 - 0,50	gelbe Ziegel	0,30 - 0,45
Braun	0,10 - 0,40	Kalksandstein	0,50 - 0,55
Grau	0,15 - 0,60	Holzflächen:	
Schwarz	0,05 - 0,10	dunkel	0,10 - 0,20
Weiß	0,70 - 0,80	mittel	0,20 - 0,30
		hell	0,40 - 0,50
		Bodenbeläge:	
		dunkel	0,10 - 0,15
		mittel	0,15 - 0,25
		hell	0,25 - 0,40
		Fenster	0,05 - 0,10

## Berechnung von Punktbeleuchtungsstärken

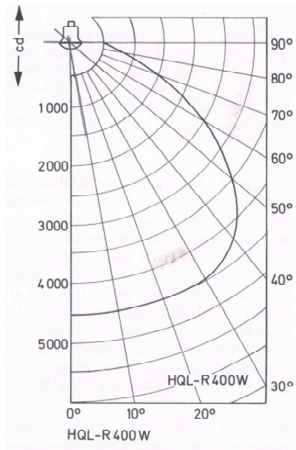
Die Beleuchtungsstärke nimmt mit dem Quadrat des Abstandes von der Lichtquelle ab, weil die bestrahlte Fläche sich jeweils mit dem Quadrat der Entfernung von der Lichtquelle vergrößert.



$$E_h = \frac{I}{h^2}$$

$$E_\gamma = \frac{I_\gamma}{h^2} \cdot (\cos \gamma)^3$$

## Berechnung von Punktbeleuchtungsstärken



$h = 6m$

$$E_{\gamma} = \frac{I_{\gamma}}{h^2} \cdot (\cos \gamma)^3$$

$$E_{0^{\circ}} = \frac{4500cd}{(6m)^2} \cdot (1)^3 = 125 lx$$

$$E_{20^{\circ}} = \frac{4500cd}{(6m)^2} \cdot (0,9397)^3 = 103,7 lx$$

$$E_{50^{\circ}} = \frac{3500cd}{(6m)^2} \cdot (0,6428)^3 = 25,82 lx$$

## Berechnung nach Wirkungsgradverfahren

Die für eine gewünschte Beleuchtungsstärke erforderliche Leuchtenzahl berechnet man mit der Formel:

$$n = \frac{E \cdot A}{z \cdot \Phi \cdot \eta_B \cdot WF}$$

$n$  = Leuchtenzahl

$E$  = gewünschte Beleuchtungsstärke

$A$  = Fläche des Raumes

$z$  = Anzahl der Lampen in der Leuchte

$\Phi$  = Lichtstrom der Lampe

$\eta_{LB}$  = Leuchten-Betriebswirkungsgrad

$\eta_R$  = Raumwirkungsgrad

$\eta_B$  = Beleuchtungswirkungsgrad =  $\eta_{LB} \times \eta_R$

$WF$  = Wartungsfaktor

## Beleuchtungswirkungsgrad

Zur überschlägigen Berechnung von Beleuchtung für Innenräumen, ist der Beleuchtungswirkungsgrad  $\eta_B$  für die Anzahl der benötigten Lampen erforderlich. Er gibt an, wie viel Prozent des in der Lampe erzeugten Lichtstromes auf die Nutzfläche fällt.

$$\eta_B = \frac{\Phi_{Nutz}}{\Phi_{Lp}} \cdot 100\%$$

$\Phi_{Nutz}$  = Lichtstrom in der Nutzebene  
 $\Phi_{Lp}$  = Lichtstrom der Lampe

Er ist abhängig von der Leuchtenart und ihrer Lichtstärkeverteilungskurve.

Er wird beeinflusst von den Raumproportionen, Raumindex  $\kappa$  und dem Reflexionsgrad  $\rho$  der Oberflächen von Decke, Wände und Boden.

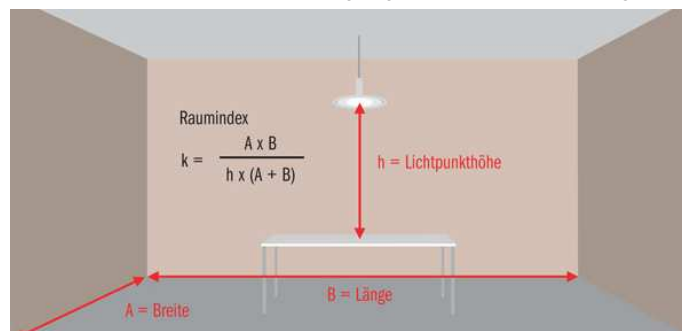
Der Beleuchtungswirkungsgrad  $\eta_B$  erfasst den Leuchten-Betriebswirkungsgrad  $\eta_{LB}$  und den Raumwirkungsgrad  $\eta_R$

$$\eta_B = \eta_{LB} \cdot \eta_R$$

## Beleuchtungswirkungsgrad-Tabelle

Der zur Innenraumbeleuchtungsplanung erforderliche Beleuchtungswirkungsgrad wird üblicherweise in Tabellen von den Leuchtenherstellern angegeben.

Es muss der Raumindex  $\kappa$  unter Berücksichtigung der Raumabmessungen ermittelt werden.



Unter Berücksichtigung der Reflexionsgrade von Decke, Wände und Boden kann der Raumwirkungsgrad aus der Tabelle abgelesen werden.




## Raumwirkungsgrad


Der Raumwirkungsgrad ist abhängig:


- von der Art der im Raum installierten Leuchte
- von den Raumabmessungen
- vom Reflexionsgrad der Decke
- vom Reflexionsgrad der Wand
- vom Reflexionsgrad der Nutzebene


## Raumwirkungsgrade für verschiedene Leuchten

Lichtstärke- verteilungskurven	Reflexionsgrade											Beispiele für Leuchten			
	Decke	0,8				0,5				0,3		0	Darstellung	Leuchtentyp	Leuchten- betriebs- wirkungs- grad $\eta_{LB}$
	Wände	0,5	0,3	0,1	0,5	0,3	0,1	0,3	0,1	0,1	0				
direkt: stark gerichtet	Boden	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,3	0,1	0,1	0				
	Raum- index k	Raumwirkungsgrad $\eta_R$ in %												Spiegelraster eng strahlend	60
	0,6	61	58	54	52	59	57	53	51	51	46				
	1,0	80	75	73	69	76	73	70	68	67	62		Spiegel- reflektor einlampig	80	
	1,5	95	86	88	82	90	84	84	80	79	75				
	2,0	102	91	96	87	95	89	91	86	84	80		Rundreflektor eng strahlend	75	
direkt: tief strahlend	3,0	111	97	106	95	103	95	99	92	91	87				
	5,0	119	102	115	100	109	98	106	97	96	92				
	Raum- index k	Raumwirkungsgrad $\eta_R$ in %												Wanne prismatisch	65
	0,6	52	49	43	42	49	48	42	41	41	35				
	1,0	73	67	64	60	69	65	61	59	58	52		Grobraster weiß, Spiegelraster	60	
	1,5	89	81	81	75	83	78	77	73	72	66				
direkt: breit strahlend	2,0	97	86	89	81	90	83	84	79	78	73		Spiegel- reflektor, mehrlampig	70	
	3,0	107	94	101	90	99	91	94	88	86	81				
	5,0	116	100	111	97	106	96	102	94	93	88				
	Raum- index k	Raumwirkungsgrad $\eta_R$ in %												Wanne opal	50
	0,6	47	45	38	37	45	43	37	36	36	29				
	1,0	67	62	58	54	63	60	55	53	52	45		Reflektor weiß	70	
	1,5	84	76	75	69	78	73	71	68	66	60				
	2,0	93	83	84	77	86	80	79	75	73	67				
	3,0	104	91	98	87	96	88	91	84	83	77		Opalglas- scheibe, Glühlampe	50	
5,0	114	98	109	95	104	94	100	92	90	86					

Handwerk > Bildung Beratung	 <b>Handwerkskammer Hildesheim-Süd-niedersachsen</b>
<b>Berufsbildungszentrum</b>	
<h2>Anforderungen an Leuchten</h2>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eine Leuchte soll die erforderlichen Lampen aufnehmen und elektrisch mit der Stromquelle verbinden.</li> <li>• Bieten Schutz gegen direktes und indirektes Berühren aktiver Teile</li> <li>• Das Licht der einzelnen Lampen lenken und verteilen.</li> <li>• Die Lenkung des Lichts erfolgt im Wesentlichen durch             <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reflektoren</li> <li>• Prismen</li> <li>• Raster</li> </ul> </li> <li>• Die Lenkungselemente dienen als Abschirmung der Lampen, um störende Blendung zu vermeiden.</li> <li>• Der Leuchten-Betriebswirkungsgrad <math>\eta_{LB}</math> gibt an, wie viel Prozent des in der Lampe erzeugten Lichtstromes aus der Leuchte abgestrahlt werden.</li> <li>• Eine einfache Installation und Wartung ermöglichen.</li> </ul>	
<small>© Handwerkskammer Hildesheim-Süd-niedersachsen - Braunschweiger Str. 53 · 31134 Hildesheim</small> <span style="float: right;">35</span>	

Handwerk > Bildung Beratung	 <b>Handwerkskammer Hildesheim-Süd-niedersachsen</b>
<b>Berufsbildungszentrum</b>	
<h2>Besondere Anforderungen an Leuchten</h2>	
<p>Je nach Einsatzgebiet ist bei der Leuchtauswahl auf besondere Betriebsbedingungen zu achten.</p>	
<p><b>Höhere Schutzart</b></p> <p>Zu den häufigsten Belastungen, denen elektrische Betriebsmittel ausgesetzt sind, zählen Staub und Feuchtigkeit. In Räumen mit diesen Bedingungen müssen Leuchten höherer Schutzart eingesetzt werden, die mit Maßnahmen gegen das Eindringen von Fremdkörpern und/oder Wasser ausgestattet sind.</p>	
<p><b>Feuergefährdete Betriebsstätten</b></p> <p>Hierbei handelt es sich um Räume, bei denen die Gefahr besteht, dass sich z.B. leicht entzündliche Stoffe dem elektrischen Betriebsmittel so weit nähern, dass ein Brand verursacht werden kann. Leuchten müssen bei Feuergefährdung durch Staub und/oder Fasern die Mindestschutzart IP 5X und die Kennzeichnung D erfüllen.</p> <p>In diesem Fall dürfen die Temperaturen der Leuchtenoberflächen, auf denen sich bei bestimmungsgemäßer Montage leichtentzündliche Stoffe ablagern können, bestimmte Grenzwerte nicht überschreiten.</p>	
<small>© Handwerkskammer Hildesheim-Süd-niedersachsen - Braunschweiger Str. 53 · 31134 Hildesheim</small> <span style="float: right;">36</span>	

Handwerk > Bildung Beratung	 <b>Handwerkskammer Hildesheim-Süd-niedersachsen</b>
<b>Berufsbildungszentrum</b>	
<h2>Besondere Anforderungen an Leuchten</h2>	
<p><b>Hohe bzw. niedrige Umgebungstemperaturen</b></p> <p>Leuchten werden unter Laborbedingungen mit genormten Parametern geprüft. Die Raum-Temperatur liegt dabei in der Regel bei 25°C. Sollte in der Praxis die Umgebungstemperatur davon stark abweichen (z.B. Kühlhäuser, Werkhallen mit Prozesswärme), ist mit dem Leuchtenhersteller Rücksprache zu nehmen.</p>	
<p><b>Resistenz gegen aggressive Stoffe</b></p> <p>Ist je nach Einsatzgebiet mit aggressiven Stoffen in der Raumatmosfera zu rechnen, muss dies bei der Planung berücksichtigt werden, um die Eignung der Leuchten zu beurteilen. Dazu sind Angaben über die Art der Stoffe, deren Konzentration in der Umgebungsluft, Umgebungstemperatur und Luftfeuchtigkeit erforderlich.</p>	
<p><b>Chemikalienverträglichkeit von Kunststoffen</b></p> <p>In diesem Zusammenhang muss auch die Resistenz gegen chemische Reinigungsmittel geprüft werden.</p>	
<p>© Handwerkskammer Hildesheim-Süd-niedersachsen · Braunschweiger Str. 53 · 31134 Hildesheim</p>	
37	

Handwerk > Bildung Beratung	 <b>Handwerkskammer Hildesheim-Süd-niedersachsen</b>
<b>Berufsbildungszentrum</b>	
<h2>Besondere Anforderungen an Leuchten</h2>	
<p><b>Splitterschutz</b></p> <p>Sowohl in sensiblen Produktionsbereichen wie auch insbesondere in Räumen der Lebensmittelindustrie müssen Verunreinigungen durch Glassplitter (z.B. bei Leuchtmittel-Beschädigung) vermieden werden. Aus diesem Grund sind Lampen mit Schutzschlauch oder geschlossene Leuchten einzusetzen.</p>	
<p><b>Ballwurfsicherheit</b></p> <p>In Sporthallen ist damit zu rechnen, dass Bälle mit relativ hoher Aufprallgeschwindigkeit mit den Leuchten kollidieren. Dabei muss gewährleistet sein, dass die Leuchtmittel durch den Aufprall nicht zerstört werden und damit durch herabfallende Teile keine Unfallgefahr für Menschen ausgeht.</p> <p>Leuchten für Sporthallen müssen deshalb ballwurfsicher sein.</p>	
<p>© Handwerkskammer Hildesheim-Süd-niedersachsen · Braunschweiger Str. 53 · 31134 Hildesheim</p>	
38	

## Besondere Anforderungen an Leuchten

### Bildschirmarbeitsplatztauglichkeit

In Räumen mit Bildschirmen kann eine nicht bildschirmgerechte Beleuchtung zu Spiegelungen und damit zu Blendungserscheinungen führen. Bei einer Lichtplanung muss deshalb der Bereich für die Leuchtenmontage ermittelt werden, der zu Störungen führen kann, und die Art und Anordnung der Leuchten so gewählt werden, dass keine störenden Reflexionen entstehen. Bildschirmtaugliche Leuchten sind mit spezieller Lichttechnik versehen, bei der die Leuchtdichten in den kritischen Winkelbereichen reduziert sind.

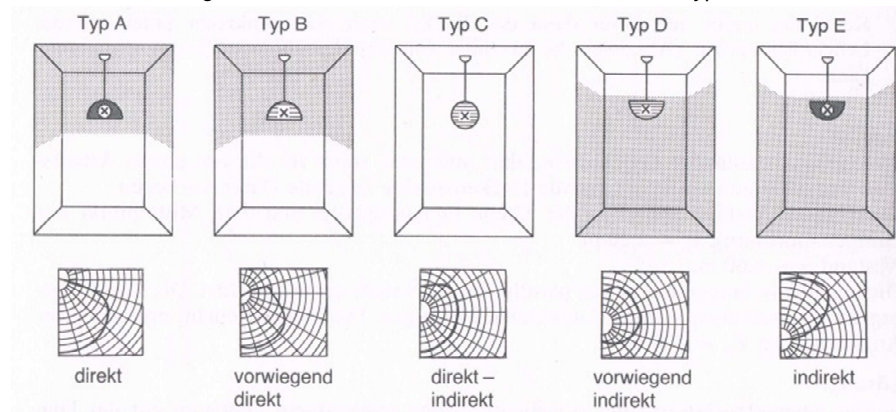
### Höhere Anforderungen an die Farbwiedergabe

Unterschiedliche Farbwiedergabeeigenschaften von Leuchtmitteln führen zu unterschiedlichen Farbwahrnehmungen, wodurch Sehleistung und Wohlbefinden beeinflusst werden. Insbesondere für Sehaufgaben, bei denen Farben abgestimmt und kontrolliert werden müssen (z.B. Zahntechniker-Labor oder Druckerei) ist auf eine wirklichkeitsgetreue Farbwiedergabe zu achten.

Dazu sind entsprechende Leuchtmittel mit best möglicher Farbwiedergabe einzusetzen.

## Leuchtentyp

Nach der Verteilung des Lichtstroms unterscheidet man 5 Grundtypen von Leuchten.



Um die LVK verschiedener Leuchten vergleichen zu können, sind sie üblicherweise einheitlich auf 1.000 lm bezogen.

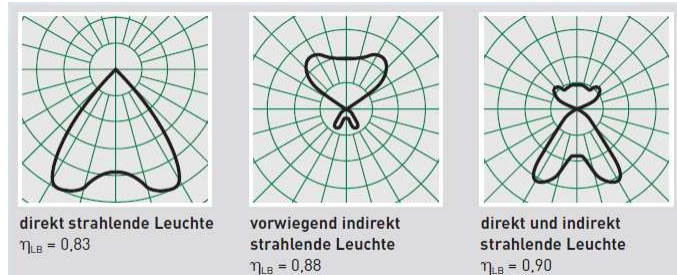
## Leuchten-Betriebswirkungsgrad

- Der Leuchten-Betriebswirkungsgrad  $\eta_{LB}$  gibt an, wie viel Prozent des in der Lampe erzeugten Lichtstromes aus der Leuchte austritt.

$$\eta_{LB} = \frac{\Phi_{LB}}{\Phi_{Lp}} \cdot 100\%$$

$\Phi_{Lp}$  = Lichtstrom der Lampe

$\Phi_{LB}$  = Lichtstrom aus der Leuchte



## Additive Farbmischung

Wenn farbige Lichtbündel kombiniert werden, wird das Ergebnis immer heller als die einzelnen Farben sein.

Wenn die richtigen Farben mit der richtigen Intensität gemischt werden, wird das Ergebnis ein weißes Licht sein.

Dies wird als **additive** Farbmischung bezeichnet.

Die drei Grundfarben sind Rot, Grün und Blau. Sie werden als Primärfarben bezeichnet und durch die additive Mischung dieser Farben entstehen alle anderen Lichtfarben, einschließlich Weiß.

Also:

Rot + Grün = Gelb

Rot + Blau = Magenta (rötliches Lila)

Grün + Blau = Zyan (Himmelblau)

Rot + Grün + Blau = Weiß



## Subtraktive Farbmischung

Die Farben Gelb, Magenta und Zyan werden als Sekundär- oder Komplementärfarben bezeichnet, da sie aus Kombinationen von Primärfarben bestehen.

Subtraktive Farbmischung tritt zum Beispiel auf, wenn Malfarben auf einer Palette gemischt werden. Das Ergebnis ist immer dunkler als die Originalfarben und wenn die richtigen Farben im richtigen Verhältnis zueinander gemischt werden, wird das Ergebnis Schwarz sein.

Aus der subtraktiven Mischung von sekundärer Lichtfarben lassen sich alle anderen sichtbaren Farben erzeugen.

Also:

Gelb + Magenta = Rot

Gelb + Zyan = Grün

Magenta + Zyan = Blau-Violett

Doch: Gelb + Magenta + Zyan = Schwarz



## Farbwiedergabe

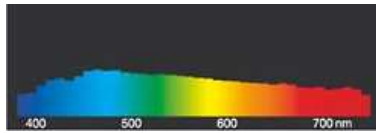
Die Lichtfarbe und die Farbwiedergabe-Eigenschaft der Lichtquellen bestimmen zusammen mit den Raumfarben und den Farben der Einrichtung das Farbklima des Raumes, welches die Stimmung und das Wohlbefinden beeinflussen kann.

Eine exakte Farbwiedergabe von Gegenständen ist also nur möglich, wenn das Leuchtmittel auch die Mischfarben emittiert. Das bedeutet, je kontinuierlicher das Spektrum der Lichtquelle ist, desto besser ist die Farbwiedergabe.

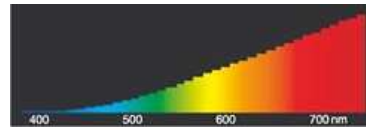
Die Spektren von Leuchtstofflampen und Energiesparlampen zeigen, dass diese hauptsächlich die drei Grundfarben abstrahlen („Dreibanden- Leuchten“). Glühlampen oder auch Halogenlampen kommen dem Idealwert am nächsten.

Energiesparlampen aber auch viele LED- Lampen haben überwiegend eine schlechtere Farbwiedergabe.

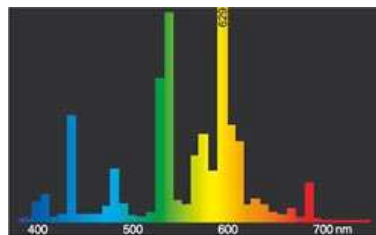
## Spektrale Strahlungsverteilung



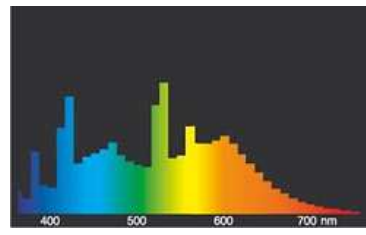
Tageslicht



Glühlampe



Warmweiß 827



Tageslichtweiß 965

## Farbtemperatur

Obwohl weißes Licht aus einem Gemisch von Farben besteht, sind nicht alle weißen Farben gleich, da sie von ihren jeweiligen Farbbestandteilen abhängig sind. Somit wird ein Weiß mit einem höheren Rot-Anteil wärmer erscheinen und ein Weiß mit einem höheren Blau-Anteil wird hingegen kühler erscheinen.

Um die unterschiedlichen Arten von weißem Licht einteilen zu können, wird das Konzept der Farbtemperatur angewandt, welche als der Farbeindruck eines perfekten Planckschen Strahlers bei bestimmten Temperaturen umschrieben wird.

Als Beispiel der Glühfaden einer Glühlampe, wenn diese Materialien bis auf eine Temperatur von 1000 K erhitzt werden, wird ihr Farbeindruck rot sein,


bei 2000-3000 K werden sie gelblich-weiß erscheinen,

bei 4000 K neutralweiß und

bei 5000-7000 K kühl-weiß.

Mit anderen Worten: je höher die Farbtemperatur, desto kühler wird der Farbeindruck des weißen Lichts.

Handwerk  
> Bildung  
Beratung


Handwerkskammer  
Hildesheim-Süd-niedersachsen

Berufsbildungszentrum


## Farbtemperatur

Lichtart	Farbtemperatur (K)
Kerzen	1900 – 2500
Lampen mit Glühfaden	2700 – 3200
TL-Leuchtstofflampen	2700 – 6500
Hochdruck-Natriumdampflampen	2000 – 2500
Metall-Halogendampflampen	3000 – 5600
Hochdruck-Quecksilberdampflampen	3400 – 4000
Mondlicht	4100
Sonnenlicht	5000 - 5800
Tageslicht	5800 - 6500

Beispiele verschiedener Farbtemperaturen

© Handwerkskammer Hildesheim-Süd-niedersachsen - Braunschweiger Str. 53 · 31134 Hildesheim
47

Handwerk  
> Bildung  
Beratung


Handwerkskammer  
Hildesheim-Süd-niedersachsen

Berufsbildungszentrum

## Farbwiedergabe

- Eine weiße Fläche kann alle Lichtfarben reflektieren.
- Eine schwarze Fläche reflektiert kein Licht.
- Den Farbeindruck, den ein Mensch von einer Fläche erhält ist abhängig von den Reflexionseigenschaften der Fläche und von der spektralen Zusammensetzung des Lichts.
- Eine farbige Fläche reflektiert Lichtstrahlen der Spektralfarbe, die ihrer eigenen Farbe entspricht.
- Die Eigenschaft einer Lichtquelle, die beleuchteten Gegenstände in ihrer natürlichen Farbe erscheinen zu lassen, wird mit dem Farbwiedergabeindex  $R_a$  angegeben.
- Farbwiedergabeindex  $R_a = 100$  bedeutet völlige Übereinstimmung der Farbwiedergabe einer Lichtquelle mit der Bezugslichtquelle.
- Je kleiner  $R_a$  ist, desto größer sind die Abweichungen und desto schlechter ist die Farbwiedergabe der jeweiligen Lichtquelle.

© Handwerkskammer Hildesheim-Süd-niedersachsen - Braunschweiger Str. 53 · 31134 Hildesheim
48



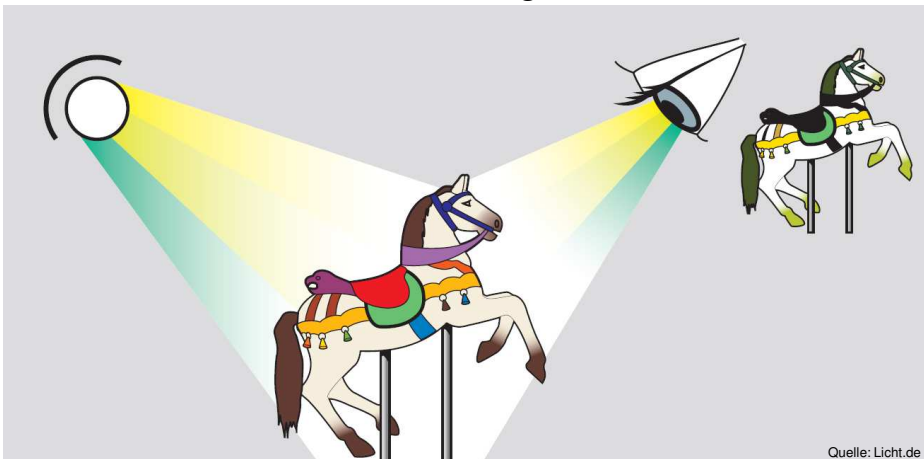
## Farbwiedergabe



Quelle: Licht.de

Der Farbeindruck einer Fläche wird im wesentlichen von der spektralen Zusammensetzung des Lichts bestimmt.

## Farbwiedergabe




Quelle: Licht.de

Fehlen spektrale Anteile des Lichts, wird das Objekt nicht mit den natürlichen Farben erkannt.

Handwerk

> Bildung

Beratung



Handwerkskammer  
Hildesheim-Süd-niedersachsen

Berufsbildungszentrum

Farbwiedergabestufen und Ra-Werte

Stufen der Farbwiedergabe				
Stufe		Ra-Wert	allgemeine Beschreibung	Lampenbeispiele
1A	1	100 ...90	sehr gute Farbwiedergabe	alle Glühlampen, Fünfbanden-L-Lampen mit den Farbkennzahlen <b>9</b> x x (z.B. 930)
1B		89...80		Dreibanden-L-Lampen und Kompakt-L-Lampen mit den Farbkennzahlen <b>8</b> x x (z.B. 840)
2A	2	79...70	gute Farbwiedergabe	L-Lampen mit Farbkennzahl 25
2B		69...60		L-Lampen vom Typ Weiß (Osram 20)
3		59...40	weniger gute Farbwiedergabe	L-Lampen vom Typ Warmweiß (Osram 30) Quecksilberdampf-Hochdrucklampen
4		39...20	schlechte Farbwiedergabe Farberkennung nicht möglich	Natriumdampf-Niederdrucklampen


© Handwerkskammer Hildesheim-Süd-niedersachsen · Braunschweiger Str. 53 · 31134 Hildesheim

51

© Handwerkskammer Hildesheim-Süd-niedersachsen · Braunschweiger Str. 53 · 31134 Hildesheim

51

Handwerk  
> Bildung  
Beratung



Handwerkskammer  
Hildesheim-Süd-niedersachsen

Berufsbildungszentrum

## Farbtemperatur als Aspekt bei Beleuchtungsanwendungen

Die Wahl der Farbtemperatur wird von folgenden Faktoren bestimmt:

- **Ambiente:**  
Warm-Weiß schafft eine gemütliche, einladende Atmosphäre;  
Neutral-Weiß erzeugt eine sachliche, geschäftliche Atmosphäre.
- **Benötigtes Beleuchtungsniveau.**  
Intuitiv gehen wir von Tageslicht als natürliche Referenz aus.
  - warmweißes Licht entspricht dem Tageslicht am Ende des Tages, bei einem niedrigeren Beleuchtungsniveau.
  - Kühl-weißes Licht ist mit dem Tageslicht in der Tagesmitte vergleichbar.
  - Innenbeleuchtung mit niedrigem Beleuchtungsniveaus sollten mit Hilfe von warm-weißen Licht geschaffen werden.
  - Ist ein sehr hohes Beleuchtungsniveau erforderlich, sollte dies mit Hilfe eines neutralen oder kühl-weißen Lichts erzeugt werden.
- **Farbschema der Inneneinrichtung.** Farben wie Rot und Orange erscheinen vorteilhaft bei warmweißem Licht, kühle Farben wie Blau und Grün erscheinen ein wenig satter bei einem kühlweißen Licht.


© Handwerkskammer Hildesheim-Süd-niedersachsen · Braunschweiger Str. 53 · 31134 Hildesheim

52

© Handwerkskammer Hildesheim-Süd-niedersachsen · Braunschweiger Str. 53 · 31134 Hildesheim

52

Handwerk  
> Bildung  
Beratung



Handwerkskammer  
Hildesheim-Süd-niedersachsen

Berufsbildungszentrum


Lichtfarben

Lichtfarben	Kurzzeichen für die Lichtfarbe	Bereich der absoluten Farbtemperatur T in K	Lampenbeispiele
Warmweiß	ww	unter 3300	Standard-Glühlampen, Halogen-Glühlampen, Leuchtstofflampen 827, 830 und 930
Neutralweiß	nw	3300 - 5300	Leuchtstofflampen 840 und 940 Quecksilberdampf-Hochdrucklampen
Tageslichtweiß	tw	über 5300	Leuchtstofflampen 860, 865 und 965

© Handwerkskammer Hildesheim-Süd-niedersachsen · Braunschweiger Str. 53 · 31134 Hildesheim

53

Handwerk  
> Bildung  
Beratung




Handwerkskammer  
Hildesheim-Süd-niedersachsen

Berufsbildungszentrum

# Farbtemperaturkennzeichnung von Entladungslampen

Typenbezeichnung: **9 4 0**



1. Ziffer Farbwiedergabestufe

9 = Farbwiedergabestufe 1A  
(Ra = 90 – 99%)

8 = Farbwiedergabestufe 1B  
(Ra = 80 – 89%)


2. + 3. Ziffer Farbtemperatur

X 100 = Farbtemperatur in K

z.B. 40 x 100 = 4000K

Lichtfarbe nw neutral-weiß

Typenbezeichnung: **8 2 7**




8 = Farbwiedergabestufe 1B  
(Ra = 80 – 89%)

z.B. 27 x 100 = 2700K

Lichtfarbe ww warm-weiß

Typenbezeichnung: **9 6 5**



9 = Farbwiedergabestufe 1A  
(Ra = 90 – 99%)

z.B. 65 x 100 = 6500K

Lichtfarbe tw tages-lichtweiß

© Handwerkskammer Hildesheim-Süd-niedersachsen · Braunschweiger Str. 53 · 31134 Hildesheim

54

## Blendungsbegrenzung

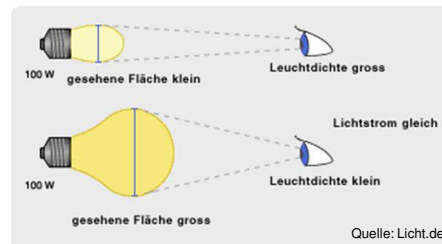
Blendung ist eine Beeinträchtigung des Sehens.

Indem die Sehleistung unmittelbar herabgesetzt wird oder indem durch die Blendung ein Unbehaglichkeitsgefühl hervorgerufen wird.

Die Blendung ist abhängig von der Leuchtdichte und Größe der Lichtquelle.

### Direktblendung

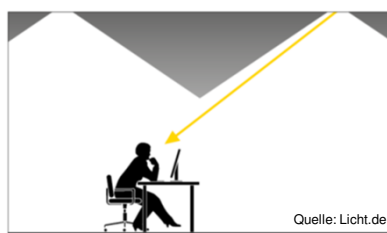
**Reflexblendung** wird durch störende Reflexe auf blanken Oberflächen verursacht.



Blendung kann durch die Auswahl und Anordnung der Leuchten reduziert werden.

## Direktblendung

Bei der Direktblendung ist die Blendlichtquelle im unmittelbaren Umfeld der Sehaufgabe direkt angeordnet.



### Ursache

- nicht entblendete Leuchten
- Flächen mit großer Helligkeit

### Auswirkung

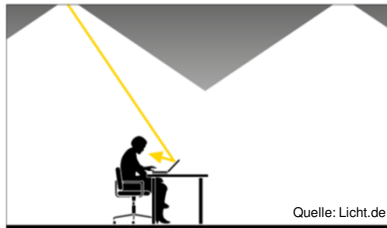
- nachlassende Konzentration
- Anstieg der Fehlerquote
- Ermüdung

### Abhilfe

- Leuchten mit begrenzten Leuchtdichten
- Ausrichtung der Leuchten

## Reflexblendung

Bei der Reflexblendung wird die Blendlichtquelle durch die Sehaufgabe oder deren Umfeld reflektiert. Dies kann z.B. beim Arbeiten mit Hochglanz-Papier entstehen oder auch am Bildschirm.



### Ursache

- spiegelnde Oberflächen
- falsche Leuchtenanordnung
- falsche Arbeitsplatzposition

### Auswirkung

- nachlassende Konzentration
- Anstieg der Fehlerquote
- Ermüdung

### Abhilfe

- Abstimmung von Leuchte und Arbeitsplatz
- indirekte Beleuchtung
- matte Oberflächen

## Begrenzung der Blendung

Es werden zwei Arten der Blendung unterschieden:

- die physiologische Blendung durch Herabsetzung der Sehleistung, wenn direkt in einen Scheinwerfer geblickt wird.  
Leuchtdichten von mehr als  $4000 \text{ cd/m}^2$  werden als störend empfunden.
- die psychologische Blendung, tritt bei längerem Aufenthalt in ungünstig beleuchteten Räumen auf und führt zu Wohlbefindlichkeitsstörungen und zu einer Verminderung der Leistungsfähigkeit.

Durch Blendung hervorgerufene Änderung der Blickrichtung und der Körperhaltung können kurzfristig Verspannungen und Kopfschmerzen, langfristig zu Haltungsschäden führen.

## Begrenzung der Blendung

In der DIN EN 12464 werden UGR-Werte zur Bewertung der Blendung angegeben. Die Direktblendung gilt als hinreichend begrenzt, wenn der vorgegebene UGR-Grenzwert nicht überschritten wird.

UGR-Grenzwerte die nicht überschritten werden dürfen

$\leq 16$  Technisches Zeichnen

$\leq 19$  Lesen, Schreiben, Schulen, Besprechungen, Arbeiten am Computer

$\leq 22$  Industrie und Handwerk

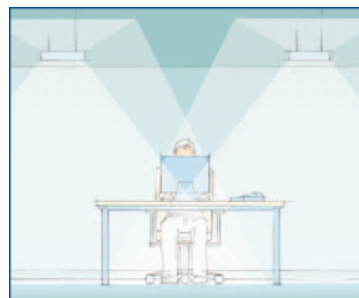
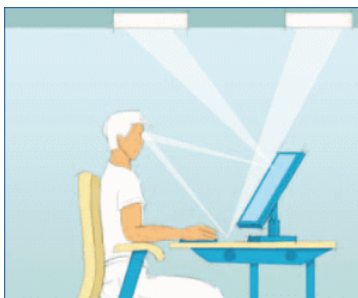
$\leq 25$  Grobe Arbeiten in der Industrie

$\leq 28$  Bahnsteige, Hallen

Leuchten, besonders Rasterleuchten, sollten möglichst in Hauptrichtung längs zum Betrachter angeordnet werden. Eine Anordnung in Querrichtung wird wesentlich leichter zu Direktblendungen des Betrachters führen.

## Begrenzung der Blendung

Grundsätzlich sollte die Lichtrichtung dem Tageslichteinfall angepasst sein. Eine wichtige Voraussetzung zur Vermeidung von Direktblendung ist hierbei die richtige Leuchtenanordnung.



Die winkelabhängige Reflexblendung kann durch günstige Anordnung auf ein Minimum verringert werden.

Der seitliche Lichteinfall verhindert die Spiegelung von glänzenden Flächen.

Die Leuchtenanordnung parallel zur Blickrichtung ist somit die optimale Lösung.

## Planung von Beleuchtungsanlagen

Zur Planung einer Beleuchtungsanlage sind folgende Unterlagen bzw. Angaben erforderlich:

- Grundriß- und Schnittpläne der Räume bzw. Raumabmessungen
- Deckensystem (Konstruktionsart und Deckenachismaß)
- Farben bzw. Reflexionsgrade von Decke, Wänden, Boden und Möbeln
- Möblierung oder Maschinenanordnung
- Raumnutzung und Sehaufgabe
- Lage von Arbeits- und Umgebungsbereichen
- Betriebsbedingungen wie z.B. Temperatur, Staub und Feuchtigkeit