

Lichttechnik



**Technische Leuchten
Rudolf von Prusky GmbH**

Heidfeld 2
D-33142 Büren

Telefon: +49 (0)2951 9900-0
Telefax: +49 (0)2951 9900-99
E-Mail: info@rvp-licht.de
Internet: <http://www.rvp-licht.de>

RvP Technische Leuchten ist ein Unternehmen von:
Rudolf von Prusky GmbH
Goethestraße 8
D-33330 Gütersloh

Nettonutzlichtstrom ($\Phi_{use\ netto}$):

Der Lichtstrom (Einheit Lumen (Lm)) bezeichnet die in alle Richtungen pro Sekunde abgestrahlte gesamte Lichtleistung.

Der Nettonutzlichtstrom ist der Lichtstrom eines Leuchtmittels abzüglich Lichtleistungsverluste durch z.B. bei einer Leuchte verwendete Leuchtenabdeckung, Filter etc., also die real nutzbare Lichtleistung.

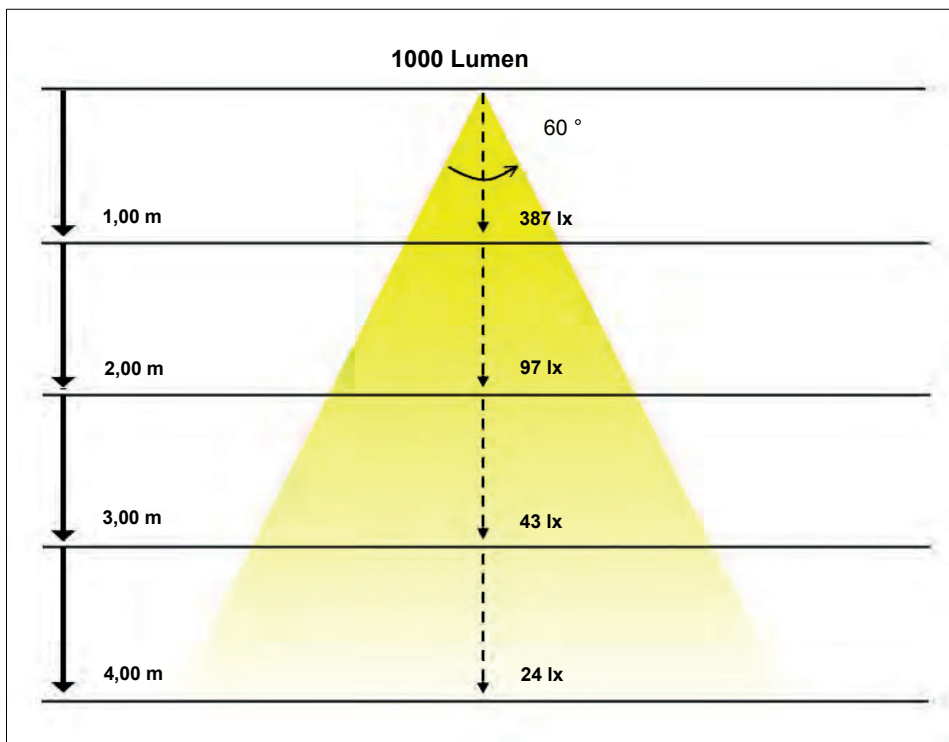
Beleuchtungsstärke:

Die Beleuchtungsstärke (Einheit Lux (Lx)) ist ein Maß für das auf eine Fläche auftreffende Licht.

Sie nimmt gemäß dem photometrischem Abstandsgesetz im Verhältnis $1/r^2$ ab (r = Entfernung der Lichtquelle von der beleuchteten Fläche).

Im Verhältnis zum Lichtstrom gilt: $1\text{ Lx} = 1\text{ Lm}/\text{m}^2$.

Beleuchtungsstärkediagramm:



Lichtstärke:

Die Lichtstärke (Einheit Candela (cd)) ist die in einem Raumwinkel abgestrahlte Lichtintensität.

Die Berechnung des dreidimensionalen Abbildes der Lichtwirkung erfolgt anhand des sogenannten Steradianen (Einheit sr).

Mittels der Lichtstärke können somit auch für größere Abstrahlwinkel ($\geq 180^\circ$) Kennziffern zur räumlichen Lichtwirkung einer Leuchte ermittelt werden.

Leuchtdichte:

Die Leuchtdichte (Einheit cd/m^2) liefert eine detaillierte orts- und richtungsabhängige Information über die räumliche Intensität des von einer Lichtquelle abgegebenen Lichtstroms.

Die Leuchtdichte einer Fläche bestimmt, mit welcher Flächenhelligkeit das Auge die Fläche wahrnimmt und hat daher von allen photometrischen Größen den unmittelbarsten Bezug zur optischen Sinneswahrnehmung.

Die Leuchtdichte beschreibt die Helligkeit von ausgedehnten, flächenhaften Lichtquellen. Für die Beschreibung der Helligkeit von punktförmigen Lichtquellen ist die Lichtstärke besser geeignet.

Lichtausbeute:

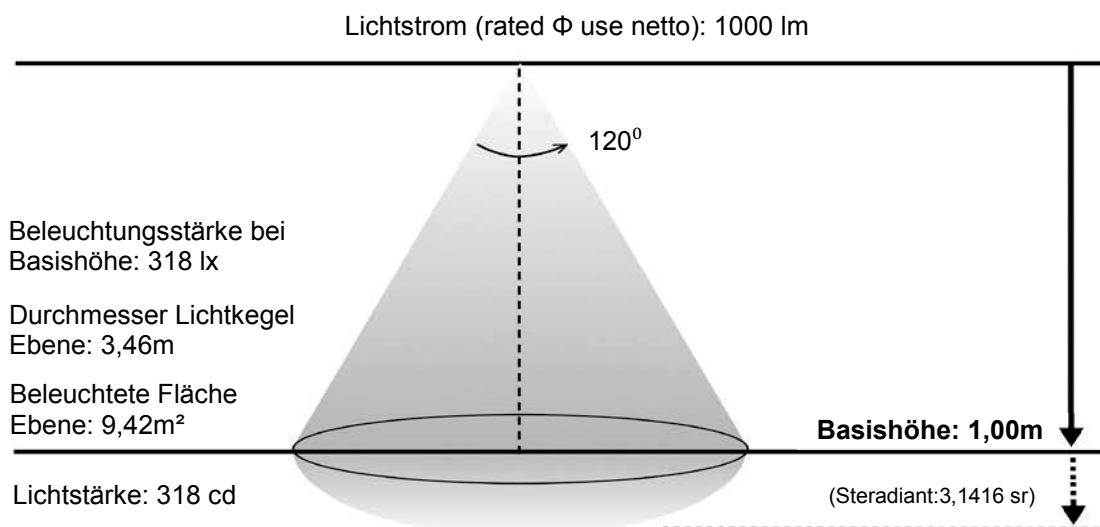
Die Lichtausbeute (Einheit Lumen/Watt (lm/W)), oft auch mit dem Begriff „Effizienz“ bezeichnet, ist das Verhältnis des Nettonutzlichtstroms zur elektrischen Leistungsaufnahme.

Je höher der Wert Lumen pro Watt, desto energieeffizienter das Leuchtmittel.

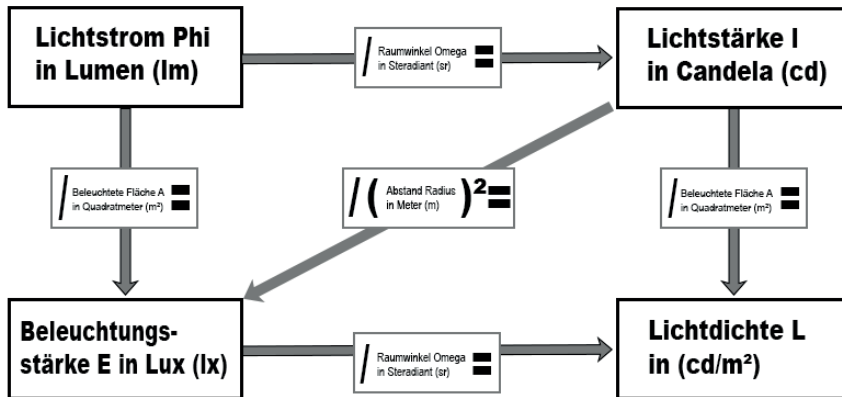
Beleuchtete Fläche:

In Abhängigkeit von dem Abstrahlwinkel eines Leuchtmittels sind ausgehend vom emittierten Lichtstrom zwei Methoden zur Berechnung der auf eine „beleuchteten Fläche“ wirkende Lichtintensität möglich:

1. Beleuchtungsstärke auf eine ebene kreisförmige Fläche (0° - 179°)
2. Lichtstärke auf der Oberfläche eines kreisförmigen Kugelsegments (0° - 360°)



Umrechnungsschema Lichtkennziffern:



Lichtverteilungskurve und Halbwertswinkel:

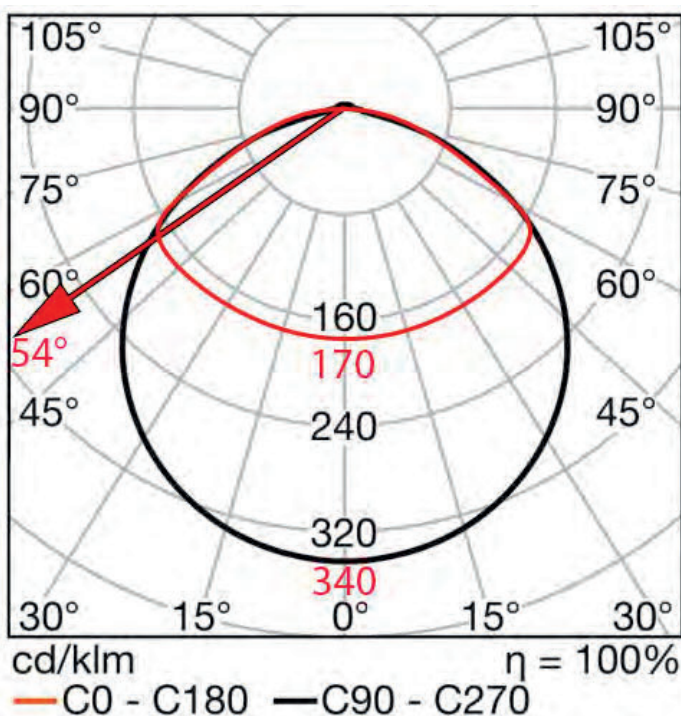
Die Lichtverteilungskurve stellt die räumliche Verteilung der Lichtstärke dar.

Mittels dieser dreidimensionalen Lichtmessung wird der sogenannte Halbwertswinkel ermittelt, wobei 0° der Punkt senkrecht unter der Lichtquelle ist.

Die Bemessungsspitzenlichtstärke ist in Abgrenzung zur Lichtstärke der an diesem Punkt gemessene Maximalwert.

Der „Halbwertswinkel“ (auch als Halbstreuwinkel, Ausstrahlungswinkel oder Öffnungswinkel bezeichnet) ist definiert als Winkel zwischen zwei gedachten Geraden in einer Ebene durch die optische Strahlachse, wobei diese Geraden durch das Zentrum der Abschlussfront der Lampe und durch die Punkte gehen, bei welchen die Lichtstärke 50 % der Achslichtstärke aufweist; die Achslichtstärke ist der Wert der Lichtstärke, der auf der optischen Strahlachse gemessen wird.

Beispiel Halbwertswinkel 54°



Lichtfarbe / Farbtemperatur:

Die Lichtfarbe ist der direkte Farbeindruck der Lichtquelle angegeben als sog. Farbtemperatur (Einheit Kelvin (K)).

Strahlungsverteilungen, die dem schwarzen Strahler nahezu identisch sind, werden Farbtemperaturen zugeordnet. Diese entsprechen der emittierten Strahlung des Planckschen Strahlers bei der entsprechenden Temperatur K.

Weißlicht LED-Halbleiterelemente sind annähernd monochromatischer Strahler mit einer dominanten Wellenlänge, im Gegensatz von z.B. Temperaturstrahlern wie die Glühlampe.

Bei LED-Lichtquellen dient die Spezifikation der Lichtfarbe anhand der Farbtemperatur einer grundlegenden, mit +/- Toleranzen verbundenen, Klassifizierung des direkten Farbeindrucks.

So können LED's bei gleicher Farbtemperatur K optische Farbunterschiede aufweisen, da die Farborte im CIE Normfarbsystem dargestellt i.d.R. Abweichungen zur „idealen“ Schwarzkörperkurve aufweisen, welches mit der sog. Kennziffer "Delta uv" definiert ist.

Eine verbesserte Beurteilung der Farbkonsistenz von LED ist mit den sogenannten SDCM-Ellipsen möglich.

Eingeteilt wird die Lichtfarbe in drei Gruppen:

warmweiß (warm white) : <3.300 K

neutralweiß (white / neutral white): 3.300 - 5.300 K

kaltweiß/ tageslicht (cool white / daylight) : > 5.300 K

Bei uns im Programm finden Sie 3000 K, 4000 K, und 6500 K als Standard. Weitere Lichtfarben sind auf Anfrage lieferbar.

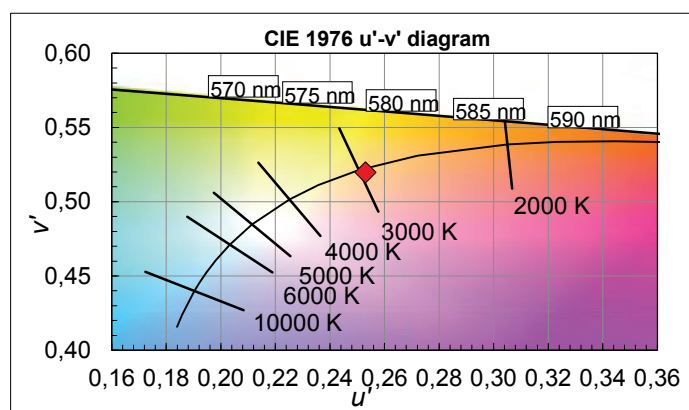
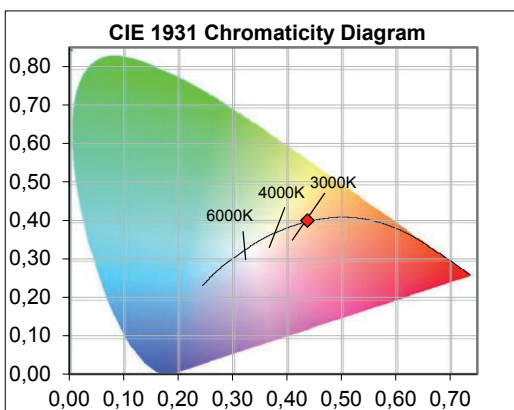
Farbort:

Das CIE-Normvalenzsystem (oder CIE-Normfarbsystem, Yxy-Farbraum) wurde von der CIE (Commission internationale de l'éclairage) definiert, um eine Relation zwischen der menschlichen Farbwahrnehmung und den physikalischen Ursachen des Farbeizes herzustellen.

Der CIE-Normfarbtafel von 1931 liegen Messwerte eines Normalbeobachters mit einem 2°-Sichtfeld zu Grunde (Der Farbort wird mit xy-Koordinaten angegeben).

Der CIE-Normfarbtafel von 1976 liegen Messwerte eines Normalbeobachter mit einem 10°-Sichtfeld zu Grunde (Der Farbort wird mit u' v'-Koordinaten angegeben).

Bis heute ist die CIE-Normfarbtafel von 1931 das meistverwendete Farbbeschreibungssystem.



Binning:

Bei den meisten LED-Chip Herstellern findet der Standard ANSI C78.377 mit Erweiterungen in SUB-Bins und Fine-Bins Anwendung. Die Firma RvP kann durch hausinterne Messungen eine Zuordnung der Farborte im BIN-Schema gängiger Hersteller ermitteln und herstellerübergreifend transferieren.

SDCM (Standard Deviation of Colour Matching):

LED's weisen herstellungsbedingt grundsätzlich Farbunterschiede auf, welche auch durch eine Sortierung der Produktionchargen (Binning) nicht ausgeschlossen werden können.

Die Standardabweichung des Farbabgleichs (SDCM) bietet durch eine in Stufen eingeteilte Farbwertabweichungsbewertung in Bezug auf einen Referenzfarbort die Möglichkeit einer guten Reduktion dieser Abweichungen.

Basis dieser Farbdifferenzklassifizierung ist die von David MacAdam im Jahre 1942 veröffentlichte Studie zur Übertragung experimenteller Farbvergleichs-Ergebnisse eines „normalsichtigen“ Durchschnittsmannes auf die CIE-Normfarbtafel von 1931.

Die daraus resultierenden Ellipsen dienen heute als Grenzwerte für vom menschlichen Auge optisch wahrnehmbare Farbunterschiede.

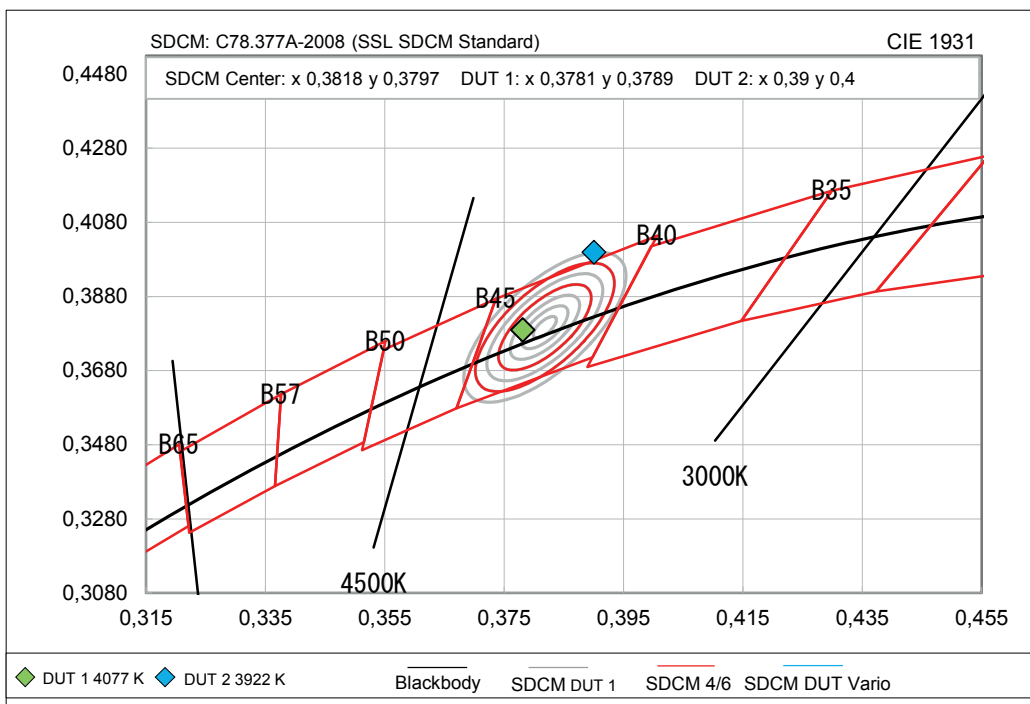
Hierbei gilt grundlegende Gruppierung:

SDCM ≤3: überdurchschnittlich gut; kaum/nicht wahrnehmbare Farbabweichung

SDCM ≤5: für die häufigsten Anwendungen ausreichend; sehr geringe Farbabweichungen

SDCM <6: Einzuhaltender Grenzwert gemäß EU-Verordnung 1194/2012 vom 12. Dezember 2012

Als Bezugsfarborte (Zentrum der MacAdam-Ellipsen) legt die Firma RvP den von überwiegend allen namenhaften Herstellern von SSL verwendeten Standard ANSI C78.377A-2008 zugrunde.



Farbwiedergabeindex:

Die Farbwiedergabe ist ein Maß für die Farbqualität.

Er stellt dar wie farbneutral angeleuchtete Objekte dem Beobachter erscheinen, wobei Sonnenlicht mit einem Höchstwert von Ra 100 eine ideale Farbwiedergabe repräsentiert.

Ra 80



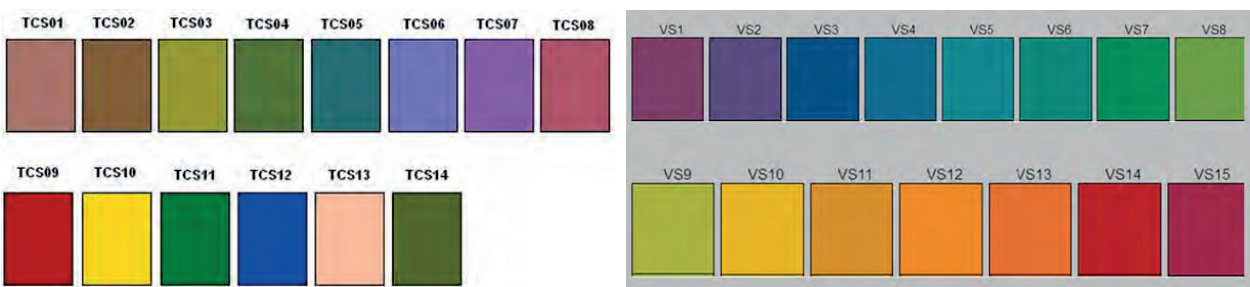
Ra 95



Das Verfahren zur Messung und Angabe von Farbwiedergabeeigenschaften von Lichtquellen ist im technischen Report CIE 13.3 – 1995 (korrigierte Version des Reports CIE 13.2-1974) standardisiert.

Die Ermittlung des Farbwiedergabeindex (CRI) resultiert dabei aus der Lichtmessung und theoretischen Berechnung der Remission von 15 Testfarben (TCS1-TCS14 und weiß) anhand von standardisiertem Referenzlicht (CIE Normlicht).

Neben der am häufigsten verwendeten Methode Color Rendering Index (Kennziffer CRI) existiert zur Quantifizierung der Farbwiedergabe der sogenannte Color Quality Scale (CQS), welcher Berechnungen anhand 15 anderen standardisierten Testfarben (VS1 – VS15) durchführt.



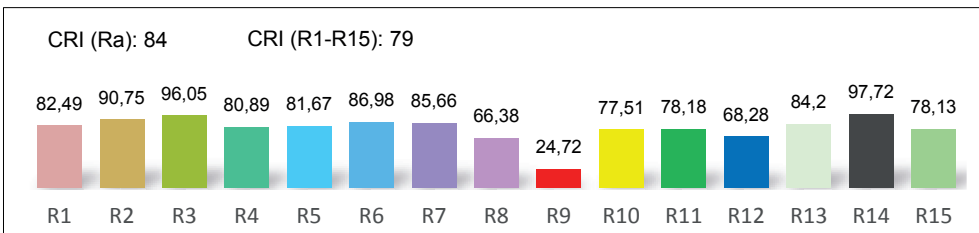
Die arithmetischen Mittelwerte der verschiedenen Kennziffern definieren sich gemäß CIE:

Qa: Color Quality Scale VS1 – VS15

CRI (Ra): Color Rendering Index TCS01-TSC08

CRI (R1-R15): Color Rendering Index TCS01-TSC14 + weiß

RvP stellt durch hausinterne Messungen Informationen zum Color Rendering Index zur Verfügung:



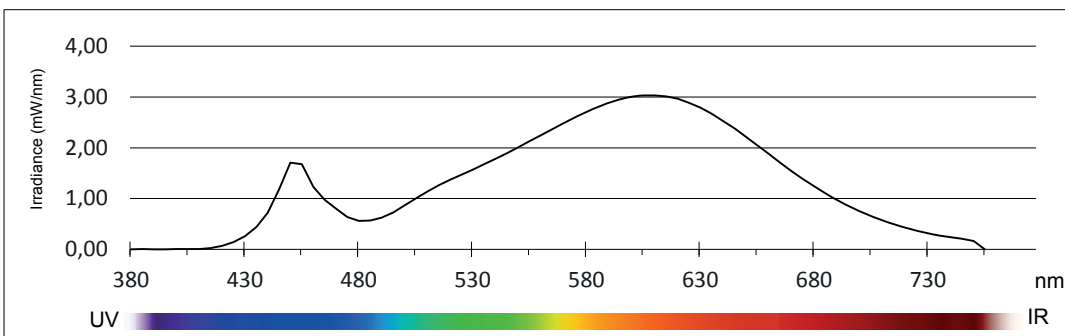
Bei LED-Lichtquellen ist bedingt durch die Technologie generell ein verminderter R9-Wert gegeben, sprich der rötliche Anteil des Farbwiedergabeeindrucks von Objekten ist reduziert.

Dieser Wert kann aufgrund der standardisierten Berechnungsgrundlagen auch einen negativen Wert annehmen.

Für spezielle Anwendungen ist durch, von Standardprodukten abweichenden, modifiziertem Einsatz geeigneter LED-Halbleiterelementen auch eine optimierte Farbwiedergabe von Rot möglich.

Gerne informieren wir Sie hierzu im Detail.

Spektrale Strahlungsverteilung:



Die Spektralverteilung stellt die Strahlungsintensität der elektromagnetischen Strahlung dar, welche vom menschlichen Auge wahrgenommen wird (das sichtbare Licht liegt im Bereich von 380 nm (violett) bis 780 nm (rot)).

Die Hellempfindung des menschlichen Auges ist dabei von den Wellenlängenbereichen abhängig.

So empfindet das Auge die Wellenlänge 555 nm (gelbgrün) am hellsten. Eine starke Strahlung im Blau oder Rotbereich wird vom Auge als weniger hell empfunden.

Diese Eigenschaft der menschlichen Wahrnehmung wird bei Helligkeitsmessungen (Lux) durch eine ähnliche spektrale Verteilung der Hellempfindlichkeit bei den Messgerätesensoren berücksichtigt.

LED's erzeugen annähernd monochromatisches Licht, wobei die Lichtfarbe (Dominante Wellenlänge) durch den eingesetzten Halbleiter bestimmt wird.

Weißer LED's basieren auf blauen Halbleiterelementen, deren Strahlungsenergie mit dem Photolumineszenz-Verfahren in energieärmeres gelbes Licht umgewandelt werden.

Entsprechend sind bei der Spektralverteilung von weißen LED's die typischen „Blue peaks“ im Wellenlängenbereich um 450nm erkennbar.

Color Peak / Dominante Wellenlänge

Der Color Peak ist die Wellenlänge, bei der eine Lampe die meiste Energie abstrahlt.

Bei warmweißen LED-Lampen liegt die höchste Spitze meist im Orange-Bereich um 600 Nanometer.

Daneben gibt es einen sog. "dominanten Farbmesswert" (Dominante Wellenlänge), der den vorherrschenden Lichteindruck beschreibt und bei warmweißen Leuchtmitteln häufig in der Gelb-Region um 580 nm zu finden ist.

Bei kaltweißen LED-Lampen verschieben sich diese Werte hin zu kleineren Wellenlängen in Richtung Blau.

Normlicht / Planckscher Strahler:

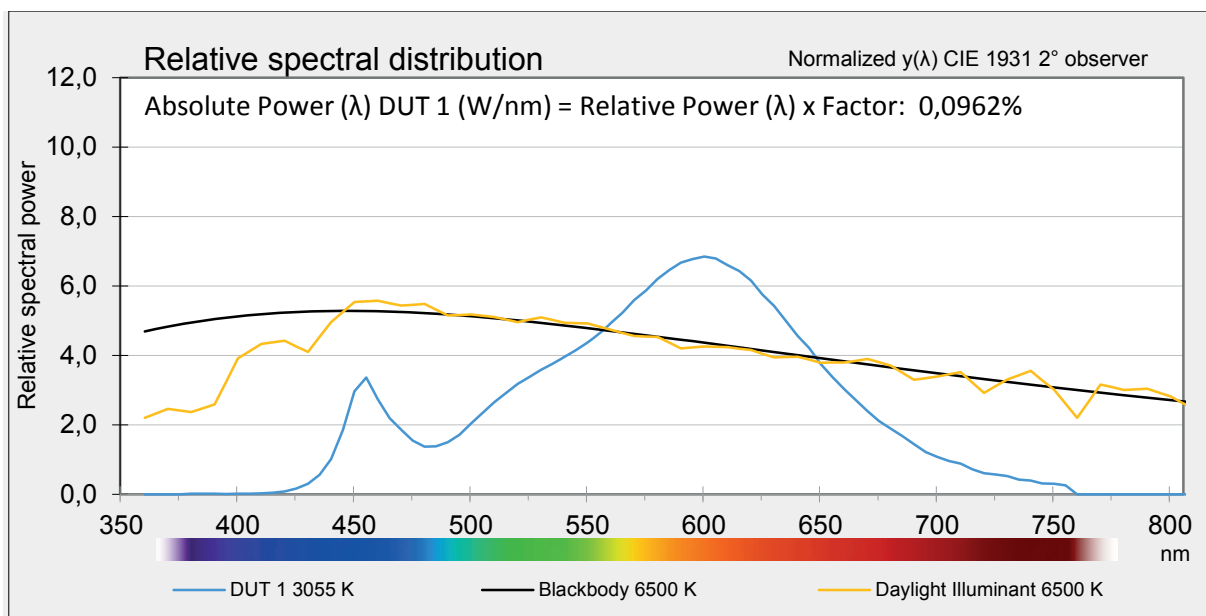
Als Normlicht bezeichnet man die durch das CIE-Normvalenzsystem genormten spektralen Strahlungsverteilungskurven charakteristischer Strahler wie u.a. Normlicht A (Planckscher Strahler im Vakuum bei 2856 K), D55 (Lichtspektrum ähnlich dem von direktem Sonnenlicht) oder D65 (entspricht in etwa Tageslicht mit einem grau verhangenen Himmel) .

Strahlungsverteilungen, die dem Schwarzkörperstrahler nahezu identisch sind, können einer entsprechenden Farbtemperatur (Kelvin) zugeordnet werden.

Das Normlicht D65 entspricht einer Farbtemperatur von 6504 Kelvin; existiert exakt nur als theoretische Verteilungskurve. Es kann jedoch mit Xenonlampen angenähert werden. Sie stellt die wichtigste Bezugslichtart in der Farbmetrik dar.

Für die Simulation von Tageslicht hat sich in der Industrie die Normlichtart D65 etabliert.

RvP stellt Informationen zur Spektralverteilung in Relation zu CIE Normlicht (z.B. D65, Blackbody etc.) zur Verfügung:



Degradation:

Die Degradation bezeichnet den Helligkeitsverlust in Bezug auf die Betriebsstunden eines Leuchtmittels in Abhängigkeit von bestimmten Einsatzbedingungen.

LED-Chips verlieren mit jeder Betriebsstunde ein wenig von ihrer ursprünglichen Helligkeit.

Physikalisch bedingt leuchten LED's bei niedrigen Temperaturen heller.

Mit zunehmenden Umgebungstemperaturen "degradiert" der Lichtstrom einer LED überproportional.

RvP verwendet für seine Kunden zur vereinfachten Vergleichbarkeit von Lebensdauerangaben den am gängigsten verwendeten Restlichtstromwert L70.

Lampenlebensdauerangaben bei RvP sind die nominelle Zahl der Leuchtstunden (Betriebsstunden) bei welcher noch mindestens 70% des maximalen Lichtstroms im Neuzustand erreicht werden.

Zur Ermittlung und Darstellung von verlässlichen interpolierten Lebensdauerangaben verwendet RvP bei Vorliegen verwendbarer LM80-Reporte der LED-Chip Hersteller das Extrapolationsverfahren gemäß IES TM-21.

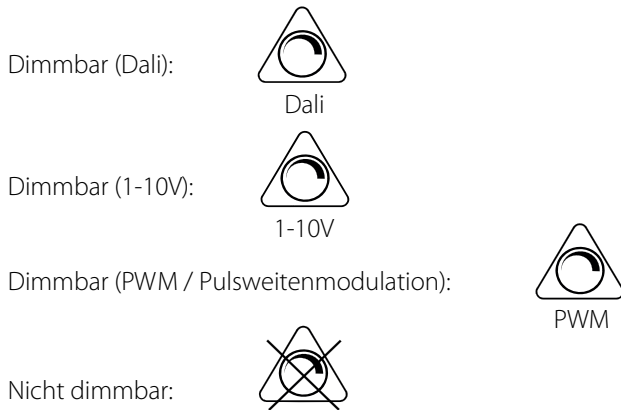
Nennlebensdauer:

RvP L70B50

„Lampenlebensdauer“ bezeichnet die nominelle Betriebszeit nach der der Anteil der noch funktionierenden Lampen an der Gesamtzahl der Lampen unter bestimmten Bedingungen und bei bestimmter Schaltfrequenz dem Lampenlebensdauerfaktor (RvP: L70) entspricht.

Dimmbarkeit von Leuchten und Leuchtmittel:

Leuchten und Leuchtmittel von RvP sind ausdrücklich als "dimmbare bzw. nicht dimmbare" gekennzeichnet, wobei über die Art der Dimmung mittels Piktogramm informiert wird:



Bei der Wahl des richtigen Dimmers ist daher darauf zu achten, welche Last (Leuchtmittel) damit gedimmt werden soll.

Die dimmbare Last ist üblicherweise auf den Dimmern wie folgt gekennzeichnet:

- Ohmsche Lasten „**R**“ (z.B.: Glühlampe)
- induktive Lasten „**L**“ (z.B.: magnetische Trafos mit Spule wie Niedervolt-Lampen)
- kapazitive Lasten „**C**“ (z.B.: elektronische Trafos bei Niedervolt Lampen)

Varianten der Dimmoptionen unterschiedlicher Betriebsgeräte und Leuchtmittel:

- Betriebsgeräte (für Leuchtstofflampen, LED etc.) mit speziell vorgesehenen Schnittstellen (Dali oder 1-10V) ermöglichen eine einfachste und technisch optimale Dimmung angeschlossener Verbraucher.
- Glüh- und Hochvolt-Halogenlampen (230 V) sowie konventionelle Transformatoren können mit einer Phasenanschnittsteuerung gedimmt werden.
- Niedervolt-Halogen-Lampen (12V) mit elektronischem Trafo sind normalerweise mittels Phasen**AB**schnittdimmer dimmbar
- Niedervolt-Halogen-Lampen (12V) mit konventionellem Trafo sind normalerweise mittels Phasen**AN**schnittdimmer dimmbar
- Leuchtstofflampen lassen sich in der Regel nicht dimmen. Dies ist nur durch den Einsatz von EVG's (elektronisches Vorschaltgerät) mit entsprechender Schnittstelle möglich (Dali oder 1-10V).
- Energiesparleuchten lassen sich in der Regel nicht dimmen, da sich hier die Dimm-Technologie nicht durchgesetzt hat.
- LED-Hochvolt-Leuchten und LED-Hochvolt Leuchtmittel (230 V). Generell gelten diese als nicht dimmbar. Sofern eine Dimmbarkeit möglich ist, sind verwendbare Dimmer speziell angegeben. (Phasen**AN**schnitt- oder Phasen**AB**schnittdimmer)
- LED-Module im Betrieb eines Konstantspannungs-Schaltkreises: Eine Dimmung ist mittels PWM (Pulsweitenmodulation) möglich
- LED-Module im Konstantstrom-Betrieb: Eine analoge Stromdimmung wird nicht empfohlen; durch Einsatz von Betriebsgeräten mit entsprechender Schnittstelle (Dali oder 1-10V) ist eine Dimmsteuerung realisierbar. Auf Anfrage lieferbar sind ebenfalls Systeme bestehend aus Betriebsgeräten und kompatiblen Phasen**AB**schnittdimmer.

Bei den zur Realisierung einer Dimmsteuerung eingesetzten Geräte ist zu beachten, dass die Mindestlast des eingesetzten Dimmers nicht höher sein darf als die Leistungsaufnahme der damit gesteuerten Verbraucher.

Funkfrequenzen:

433 MHz:

Das 433-MHz-Frequenzband (Frequenzbereich 433,05 bis 434,79 MHz) ist das weltweit am meisten genutzte Band. Die Sendedauer von Funksendern ist bei einer Sendeleistung von 1 mW nicht begrenzt, so dass ein Dauersenden möglich ist. Bei höheren Sendeleistungen (10 mW) gilt ein »Duty-cycle« (zeitliche Begrenzung der Sendedauer) von 10%, um Störungen in diesem Frequenzband zu minimieren.

868 MHz:

Das harmonisierte »Europa-Frequenzband « 868 MHz ist mit seiner Unterteilung in viele Subbänder mit unterschiedlichem »Duty-cycle« ideal für anspruchsvollere Aufgaben. Geringere Störeinflüsse ermöglichen eine größere Reichweite und eine höhere Verfügbarkeit.

315, 345, 426 und 915 MHz:

Diese Frequenzen kommen hauptsächlich in Amerika und teilweise in Asien (Japan, Hongkong) zum Einsatz. Sie sind in Europa nicht zugelassen.

2.4 GHz:

Das weltweit freigegebene 2,4-GHz-Band wird für lokale Funknetzwerke im IT-Bereich (Wireless LAN, Bluetooth) sowie für Bild- und Audioübertragungen genutzt und findet auch zunehmend Anwendung bei der funktechnischen Vernetzung von Heimgeräten.

Sicherheitshinweise LED-Module

Bei dem Handling und der Montage von LED-Modulen sind technologiebezogene Kriterien zu berücksichtigen, welche den sicheren Betrieb und eine optimale Performance der LED-Module gewährleisten.

- Die Installation von LED Modulen (mit Netzgerät) darf nur unter Beachtung aller gültigen Vorschriften und Normen durch eine zugelassene Elektrofachkraft erfolgen.
- Die Bauteile auf den LED-Modulen dürfen nicht mechanisch belastet werden.
- Die Leiterbahnen auf den Platinen dürfen durch die Montage nicht beschädigt oder unterbrochen werden.
- Bei Überschreiten der maximalen Temperaturgrenzwerte (T_a und T_c) wird die Lebensdauer des Modules stark reduziert bzw. das Modul zerstört.
- Das Überschreiten der maximalen Betriebsspannung führt zu einer Überlastung der LED-Halbleiterelemente. Diese kann zu einer starken Reduzierung der Lebensdauer bis zur Zerstörung des LED Modules führen.
- Polung beachten! Das Modul kann bei Verpolung zerstört werden.
- Beachten Sie die maximale Leistung der Ihnen zur Verfügung stehenden Stromversorgung.
- Elektronische Betriebsgeräte besitzen eine sogenannte Mindestlast. Eine Unterschreitung dieser erforderlichen Wirkleistung durch angeschlossene Verbraucher kann zur Fehlfunktion führen.
- LED-Module sind entweder zum Betrieb mit Konstantstrom oder mit Konstantspannung ausgelegt. Die Betriebsgeräte und der elektrische Anschluß müssen unbedingt dem elektrischen Betriebssystem des jeweiligen LED-Modul entsprechen.
- LED-Module sind als Halbleiterbauelemente gegen Überspannungen zu schützen. In der Regel sind LED-Beleuchtungskomponenten mit einem Überspannungsschutz versehen. Da jedoch bei dem Handling/der Montage sehr hohe Spannungsspitzen auftreten können sind unbedingt die gängigen ESD-Schutzmaßnahmen zu beachten. Eine Beschädigung und der Ausfall der Komponenten können auch nach längerer Betriebszeit auftreten.

Energieeffizienzklasse:

Seit dem 1. September 2013 gilt in der EU eine Informationspflicht gegenüber Endverbrauchern zur Energieeffizienz von u.a. Leuchten und Leuchtmittel.

Die Einstufung der Energieeffizienzklasse innerhalb der "Ökolabel"-Staffelung von E ("sehr hoher Energieverbrauch") bis A++ (sehr sparsam) erfolgt über den sogenannten "Energieeffizienzindex" (EEI).

Dieser berechnet sich anhand des "Nettonutzlichtstroms" und des "Bemessungswertes der Leistungsaufnahme".

Berechnung der Energieeffizienzklasse:

EEI Energieeffizienzindex (Energieeffizienzklasse) = P_{cor} / P_{ref}

P_{cor} berechnet sich, wie folgt:

- Besitzt eine LED Lampe ein internes Netzteil, so gilt: $P_{cor} = P_{rated}$
- Besitzt eine LED Lampe ein externes Netzteil, so gilt: $P_{cor} = P_{rated} \times 1,1$

P_{rated} = Leistungsaufnahme eines LED Leuchtmittels

P_{ref} ist abhängig vom Lichtstrom der LED Lampe. Berechnung wie folgt:

- Der Lichtstrom Φ_{use} der LED Lampe ist kleiner als 1300lm (Lumen): $P_{ref} = 0,88 \times \sqrt{\Phi_{use}} + 0,049 \times \Phi_{use}$
- Der Lichtstrom Φ_{use} der LED Lampe ist größer als 1300lm (Lumen): $P_{ref} = 0,07341 \times \Phi_{use}$

Der ermittelte EEI-Wert (P_{cor} / P_{ref}) der Gleichung entspricht einer bestimmten Energieeffizienzklasse.

Anhand der folgenden Tabelle kann mittels des Energieeffizienz-Index die Energieeffizienzklasse ermittelt werden:

Energieeffizienzklasse	Energieeffizienz-Index (EEI) für Lampen mit ungebündeltem Licht (Abstrahlwinkel $\geq 90^\circ$)	Energieeffizienzindex (EEI) für Lampen mit gebündeltem Licht (Abstrahlwinkel $< 90^\circ$)
A++ (höchste Effizienz)	$EEI \leq 0,11$	$EEI \leq 0,13$
A+	$0,11 < EEI \leq 0,17$	$0,13 < EEI \leq 0,18$
A	$0,17 < EEI \leq 0,24$	$0,18 < EEI \leq 0,40$
B	$0,24 < EEI \leq 0,60$	$0,40 < EEI \leq 0,95$
C	$0,60 < EEI \leq 0,80$	$0,95 < EEI \leq 1,20$
D	$0,80 < EEI \leq 0,95$	$1,20 < EEI \leq 1,75$
E (geringste Effizienz)	$EEI > 0,95$	$> 1,75$

Beispielrechnung für LED-Stripe Basis Eco-S 6.500K Länge 1.000mm:

$$P_{cor} = 4,6 \times 1,1 = 5,06$$

$$P_{ref} = 0,88 \times \sqrt{453\text{lm}} + 0,049 \times 453\text{lm} = 18,729 + 22,197 = 40,926$$

$$EEI \text{ Energieeffizienzindex (Energieeffizienzklasse)} = P_{cor} / P_{ref} = 5,06 / 40,926 = 0,123$$

Mit einem Abstrahlwinkel von 120° (typisch für Standard-LED-Chips) ergibt sich gemäß Tabelle eine Energieeffizienzklasse von **A+**

Betriebsgeräte für LED

Um LED-Module sicher und zuverlässig zu betreiben ist es absolut notwendig ein elektronisch stabilisiertes Betriebsgerät zu verwenden, das gegen Kurzschluß, Überlast und Übertemperatur schützt.

Achten Sie auf das Prüfzeichen eines unabhängigen berechtigten Prüfinstitutes.

Betriebsgeräte, mit denen LED oder LED Module betrieben werden, müssen das CE-Zeichen tragen. Die Konformität des Betriebsgerätes mit europäischen Standards wird mit diesem Zeichen durch den Hersteller zugesichert.

Bei Konformitätsbewertungen von LED-Treibern werden u.a. folgende Normen zugrunde gelegt:

EN 55015, EN 61547, EN 61000-3-2, EN 61000-3-3, EN 61347-1, EN 61347-2-13, EN 62384