



## **LED-Technologie verstehen**

LED-Leitfaden

# GRUNDLAGEN

## LED



Leuchtdioden in bunten Kunststoffgehäusen

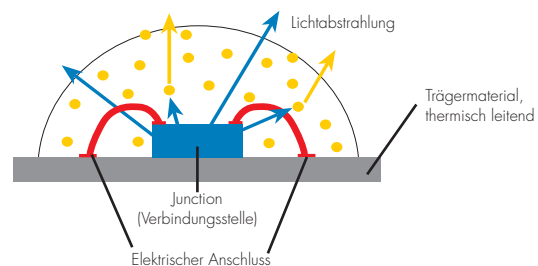
**Der Einzug der LED in die Welt des Lichts ist unaufhaltsam. In Deutschland beträgt der LED-Anteil bei Neuanlagen an der Innenraumbelichtung bereits mehr als 20 %. Bei der Außenbeleuchtung schon über 40 %. Die Vorteile der LED sind mannigfaltig. Unsicherheiten im Wissen um das Thema LED führen jedoch häufig zu fehlerhaften bzw. falschen Entscheidungen.**

**Mit dieser Broschüre möchten wir Ihnen auf leicht verständliche Weise einen Leitfaden an die Hand geben, der Ihnen zeigt, worauf zu achten ist, damit die richtigen Entscheidungen getroffen werden können.**

### ■ WAS IST EINE LED?

Die LED (Licht emittierende Diode) ist ein Halbleiter-Bauelement, das Strom nur in eine Richtung passieren lässt. Fließt Strom in Durchlassrichtung, so gibt die LED, in Abhängigkeit vom Halbleitermaterial und der Dotierung (Einbringung von "Fremdatomen"), Lichtstrahlung ab.

Prinzip-Darstellung einer weißen LED



### ■ SMD ODER COB?

#### **SMD (Surface-Mounted Device)**

Die LED wird direkt auf die Leiterplatte gelötet. Im Gegensatz zur Bestückung mit "bedrahteten Bauelementen" erfordert die SMD-Technologie einen geringeren Platzbedarf und ermöglichen eine bessere thermische Anbindung.



SMD LED-Modul  
(einzelne Lichtpunkte)



LUGA Shop COB LED-Modul



LUGA Shop Modul COB 2000 – 5500 lm



LEDLine Flex RGB und monochrom

### COB (Chip-on-Board)

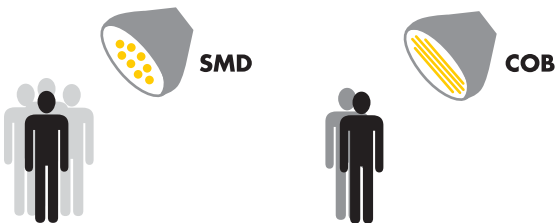
Die ungehüsten ("nackten") Halbleiter werden direkt auf das Substrat (Trägermaterial) aufgetragen. Mit diesem Verfahren lässt sich ein Vielfaches der "Packungsdichte", im Vergleich zur SMD-Technologie, erzielen. Der enorme lichttechnische Vorteil der COB-Module liegt in der Homogenität der Lichtabstrahlung. Somit wird ein konsistenter Lichtkegel und keine Einzellichtpunkte erzielt. Wird zudem als Trägermaterial Keramik verwendet, ist die Voraussetzung für eine optimale Kühlung gegeben, die zur Steigerung der Effizienz und der Lebensdauer beiträgt.



COB LED-Modul  
(hohe Packungsdichte,  
homogene Lichtabstrahlung)

### ■ LICHTABSTRAHLUNG

Durch die homogene Lichtabstrahlung werden bei der COB-Technologie keine Einzellichtpunkte sichtbar, ebenso keine Schattenränder (Multi-Shadowing).



Klare Konturen durch homogene Lichtabstrahlung mit COB-Technologie

### ■ VORTEILE DER LUGA LED-TECHNOLOGIE AUF BASIS COB-KERAMIK

#### Lebensdauer, Ausfallrate und Lichtstromrückgang

Die Qualität eines LED-Moduls wird u.a. durch die Ausfallrate und den Lichtstromrückgang während der Lebensdauer bestimmt.

### Ausfallrate (totaler, plötzlicher Lichtstromverlust):

Unter der Ausfallrate von LED-Modulen versteht man den prozentualen Anteil von LED-Modulen, die kein Licht mehr abgeben. Die übliche Ausfallrate bei LED-Modulen liegt bei 0,2 % pro 1.000 Stunden. Das heißt, nach 50.000 Stunden dürfen bis zu 10 % der Module ausgefallen sein. Die Ausfallrate wird mit **C<sub>Z</sub>** bezeichnet.

### Lichtstromrückgang (auch Degradation = allmählicher Lichtstromrückgang):

Im Verlauf der Lebensdauer verlieren LED-Module, bedingt durch chemisch-physikalische Veränderungen, an "Leuchtkraft". Die Degradation über die Lebensdauer wird mit der Größe **L<sub>x</sub>** beschrieben. Die Größe **L<sub>x</sub>** gibt an, welcher Lichtstrom nach der Bemessungslebensdauer der LED-Module noch erreicht wird. Zum Beispiel L70 bei 50.000 Stunden heißt, dass nach 50.000 Stunden noch 70 % des Anfangslichtstroms erreicht werden.

Neben der Ausfallrate **C<sub>Z</sub>** steht auch der Fehleranteil **B<sub>Y</sub>** in unmittelbarem Zusammenhang mit der Bemessungslebensdauer **L<sub>x</sub>**. Die Größe **B<sub>Y</sub>** gibt den prozentualen Anteil der LED-Module an, die den Wert **L<sub>x</sub>** unterschreiten dürfen. Eine gängige Angabe ist B50. Danach dürfen 50 % der Module, zum Beispiel nach 50.000 Std., den Wert L70 unterschreiten.

Die Lebensdauer von LED-Modulen wird also unter Berücksichtigung des allmählichen (z. B. L70/B50) sowie des plötzlichen Lichtstromrückgangs (z. B. L0/C10) angegeben. Somit werden die Effekte der Alterung und des Totalausfalls eines LED-Moduls berücksichtigt.

Die **LUGA COB** LED-Module unterscheiden sich maßgeblich durch ihre exzellenten Werte. Mit **L90/B10** werden, nach 50.000 Std. noch 90 % des ursprünglichen Lichtstroms erreicht und nur 10 % der Module können den Wert L90 unterschreiten. Dieses extrem stabile Verhalten (L90/B10) der LUGA-Module führt bereits bei der Projektierung einer Beleuchtungsanlage zu Einspar-effekten, da Ausfallrate und Alterungsfaktor nahezu unbedeutend sind. Eine Kompensation des Lichtstromrückgangs bei Modulen mit stärkerer Degradation wird üblicherweise durch die Erhöhung der Modulanzahl bereits bei der Projektierung erzielt. Das hat jedoch zur Folge, dass der Energieverbrauch insgesamt angehoben wird.



## GRUNDLAGEN

### LED

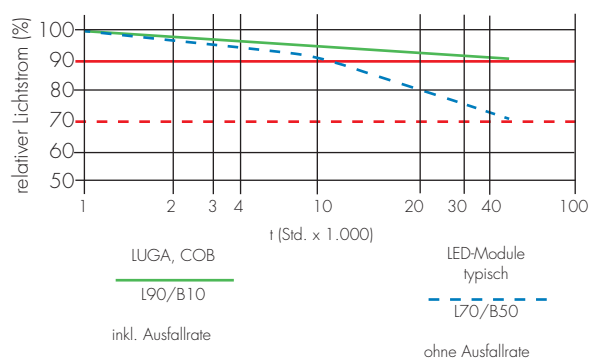


Diffusor für LUGA Line-Module



LUGA Line COB LED-Modul

Degradation nach 50.000 Std.



#### Lichtstrom

Der Lichtstrom in Lumen (lm) ist abhängig von der Höhe des Stroms im Betriebsgerät (Treiber). Gängige Treiberströme sind 350/500/700/1050 mA. Je höher der Treiberstrom, desto größer der Lichtstrom. Ebenso ist der Lichtstrom abhängig von der Lichtfarbe. Je "kälter" das Licht (hohe Farbtemperatur), desto größer der Lichtstrom. VS LUGA-Module erzielen bis zu 14.000 lm.

#### EFFIZIENZ

Mit Effizienz wird das Verhältnis von Lichtstrom  $L$  in Lumen (lm) zur eingesetzten elektrischen Leistung  $P$  in Watt (W) bezeichnet. Zu beachten ist, dass bei der Leistung die Systemleistung (Leuchtmittel plus Betriebsgerät) und bei dem Lichtstrom die "warmen Lumen" (Lichtstrom bei Betriebstemperatur) herangezogen werden. Eine optimierte Systemlösung bieten dabei aufeinander abgestimmte Komponenten. Kenngrößen der einzelnen Komponenten helfen dabei die richtige Auswahl zu treffen. Die Kenngrößen der LED-Treiber sind in erster Linie der Effizienzfaktor und der Leistungsfaktor. Dabei sollte die Effizienz  $> 0,85$  und der Leistungsfaktor für Geräte mit einer Anschlussleistung  $> 25$  W bei  $0,9$  liegen. die LUGA COB-Module erreichen inzwischen eine Lichtausbeute von bis zu  $153$  lm/W.



LED-Module für die Industriebeleuchtung



Vergleich:  
Farbwiedergabewert ~80/>85

Vergleich LED-Module zu Leuchtstofflampen (adäquate Lichtströme)

Leuchtstofflampen T8* Lichtfarbe 830 = 3000 K			LED-Modul LUGA Line 3000 K				
Leistung	Lichtstrom	Effizienz	Treiber	Anzahl Module	Leistung	Lichtstrom	Effizienz
W	lm	lm/W	mA		W	lm	lm/W
18	1350	75	350	2	10,1	1414	140
36	3350	93	500	3	22,8	2967	130
58	5200	90	700	4	44,9	5344	119

\* Lampendaten ohne Betriebsgerät

Vergleich der Systemleistung von LED-Modulen zu Leuchtstofflampen jeweils mit Betriebsgerät (adäquate Lichtströme)

Systemleistung Lampe plus Vorschalt- gerät*			Systemleistung LED-Modul plus Treiber**				
Leistung	Lichtstrom	Effizienz	Treiber	Anzahl Module	Leistung	Lichtstrom	Effizienz
W	lm	lm/W	mA		W	lm	lm/W
19,5	1350	69,2	350	2	11,4	1414	124
34,5	3350	97,1	500	3	25,7	2967	115
55	5200	94,5	700	4	50,6	5344	106

\* Daten für Betrieb mit EVG \*\* Beispiel für Konstantstromtreiber bis 2 x 40 W

## ■ LICHTFARBE

Angaben in Kelvin (Farbtemperatur), z. B.

- ⇒ 3000 K für Warmweiß
- ⇒ 4000 K für Neutralweiß
- ⇒ 5000 K für Kaltweiß

Diese Einteilung ist festgeschrieben im "Photometrik-Code" und gilt für LEDs in gleichem Maße wie für Leuchtstofflampen.

Beispiel: 830 steht für 8 = Farbwiedergabeindex (CRI) > 80, 30 = 3000 K. Wenn der Einsatz von "kälteren" Lichtfarben möglich ist, kann die Effizienz einer Beleuchtungsanlage weiter gesteigert werden.

## ■ FARBWIEDERGABE

Zur Berechnung des Farbwiedergabeindex CRI sind 14 Testfarben definiert. Zur Berechnung des allgemeinen Farbwiedergabeindex  $R_a$  werden allerdings nur die ersten acht Testfarben herangezogen.

CRI-Testfarben nach DIN 6169

R1	Altrosa		R9	Rot gesättigt	
R2	Senfgeb		R10	Gelb gesättigt	
R3	Gelbgrün		R11	Grün gesättigt	
R4	Hellgrün		R12	Blau gesättigt	
R5	Türkisblau		R13	Rosa (Hautfarbe)	
R6	Himmelblau		R14	Blattgrün	
R7	Asterviolett				
R8	Flieđerviolett				

## Colour Rendering Index, CRI > 80

Dieser Wert repräsentiert einen Durchschnittswert, d. h. bei gleichem CRI können Abweichungen bei den einzelnen Farben Ri vorhanden sein. Je nach Sehaufgabe (Farberkennung bei Textilien, Büroätigkeit, Arbeiten in einer Schaltwarte) sind die Anforderungen an die Farbwiedergabe sehr unterschiedlich. Sind keine besonderen Bedingungen an die Farbwiedergabe gestellt, kann das zu Gunsten der Effizienz genutzt werden, da mit sinkendem CRI-Wert die Lichtausbeute steigt.

## ■ FARBTOLERANZ

MacAdam-Ellipsen dienen zur Bestimmung von visuellen Farbabweichungen. Sie stellen die Flächen im Farbdiaagramm dar, bei denen die Vergleichsfarben, um einen Bezugsfarbton herum, mit gleichem Abstand wahrgenommen werden (MacAdam: amerik. Physiker). Bis zu 3 MacAdam sind Farbtoleranzen praktisch nicht zu erkennen. Bei größeren Abweichungen werden Farbunterschiede sichtbar, die sich im Verlauf der Lebensdauer noch verstärken können. Gut zu erkennen ist, dass die MacAdam-Ellipsen im grünen und gelben Bereich des CIE-Farbraums (siehe Seite 6) deutlich größer als im blauen oder violetten Bereich sind. Dieser Effekt zeigt, dass das menschliche Auge Farbdifferenzen bei grünen LEDs weniger bemerkt als bei blauen LEDs.

# GRUNDLAGEN

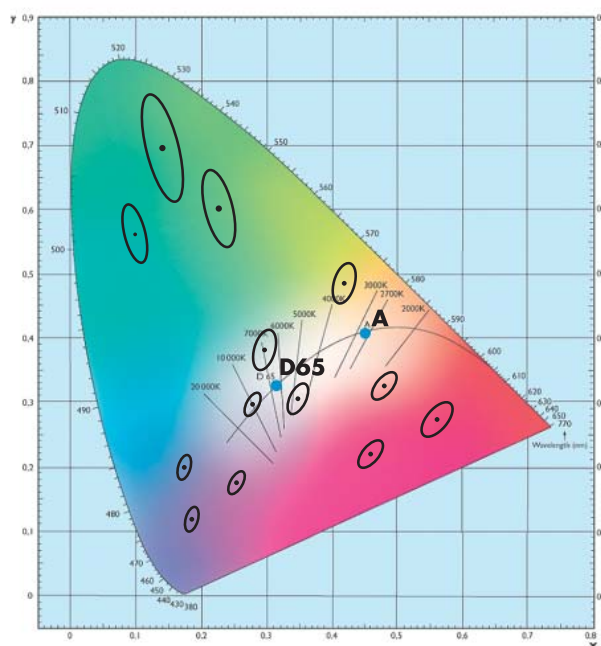
## LED



VS LUGA Shop



MClass High Bay LED-Modul



McAdam-Ellipsen (zur besseren Erkennung 10-fach vergrößert)

A: Glühlampe mit 2856 K

D65: Tageslichtphase mit Farbtemperatur von 6500 K

### ■ BINNING

Fertigungsbedingt können durch kleinste Toleranzen bei LEDs Abweichungen des Lichtstroms und der Farbtemperatur hervorgerufen werden. Um diese Abweichungen in Grenzen zu halten, werden die LEDs in Toleranzklassen eingeteilt (Binning). Somit hängt die Qualität unmittelbar von den festgelegten Toleranzgrenzen ab.

### ■ THERMISCHES MANAGEMENT

Sowohl die Lichtausbeute wie auch die Lebensdauer eines LED-Moduls hängen entscheidend vom Thermomanagement ab. Der gezielte Einsatz von Kühlkörpern leistet einen grundlegenden Beitrag zum Thermomanagement. Detaillierte Informationen hierzu erhalten Sie auf unserer website [www.vossloh-schwabe.com](http://www.vossloh-schwabe.com) unter "Produkte -> Hinweise -> Thermal Management Guide".



**Lichtsteuerungssystem LiCS**

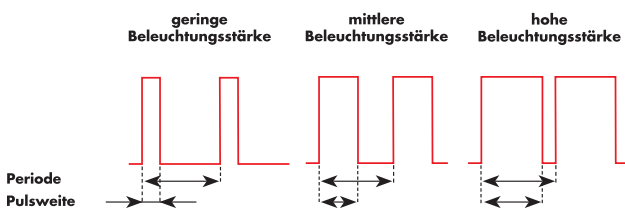


**LED-Module mit Treibern**

## ■ LICHTSTEUERUNG

Grundsätzlich lassen sich LEDs dimmen. Als gängige Technologie hat sich die Pulsweitenmodulation (PWM) etabliert. Für die bekannten Lichtsteuerungssignale 1–10 V, DALI, DMX sind Schnittstellen zur Umsetzung in ein PWM-Signal erhältlich bzw. werden integrierte Geräte angeboten.

Pulsweitenmodulation (PWM)



## ■ NORMEN UND RICHTLINIEN

### Sicherheit:

- LED-Module für Allgemeinbeleuchtung  
DIN EN 62031 (VDE 0715-5)  
Hier sind die Anforderungen an die Sicherheit sowie Übereinstimmungsbedingungen und Prüfverfahren für LED-Module, mit und ohne eingebautem Betriebsgerät, festgelegt.
- LED-Betriebsgeräte  
IEC 61347-1 und IEC 61347-2-13  
Hier sind die Anforderungen an die Sicherheit von Betriebsgeräten für LED-Module definiert.
- Einheitliche Sprachregelung für die LED-Technologie  
IEC 62504 (CDV Stadium)  
Hier sind einheitlich Begriffe und Definitionen wiedergegeben, die dafür Sorge tragen sollen, dass in der LED-Technologie eine gleichartige Beurteilung auf der Grundlage eines einheitlichen Verständnisses erfolgen kann.

### Arbeitsweise:

IEC/PAS 62717 (LED-Module) und IEC 62384 (LED Betriebsgeräte)

Lichttechnische Vorgaben sind in den technischen Fachausschüssen der CIE erarbeitet worden:

- Standards für LED Intensitäts-Messungen TC2-46 CIE/ISO
- Messung der optischen Eigenschaften von LED-Clustern und Arrays TC2-50

- Messung der Strahlung und Leuchtdichte von LEDs TC2-58
- Optische Messung von High-Power LEDs TC2-63
- Schnellprüfverfahren für LEDs TC2-64

### Photobiologische Sicherheit von Lampen und Lampensystemen:

IEC 62471, DIN EN 62471 (VDE 0837-471)

Diese internationale Norm, die in Europa unter der Niederspannungsrichtlinie für Sicherheit geführt wird, beschreibt, auf welche Weise Lichtquellen, also auch LEDs, LED-Module und LED-Leuchten, gemessen und bewertet werden.

## ■ ZHAGA

Angesichts der weiterhin raschen Fortschritte in der LED-Technologie soll Zhaga, ein internationales Konsortium der Beleuchtungsindustrie, die Austauschbarkeit von Produkten verschiedener Hersteller ermöglichen. Die Austauschbarkeit wird durch die Definition von Schnittstellen für eine Vielzahl anwendungsspezifischer Light-Engines (Kombination LED-Module und Betriebsgeräte) erreicht. Zhaga-Spezifikationen decken die physischen Dimensionen sowie die photometrischen, elektrischen und thermischen Parameter von LED-Light-Engines (LLE) ab.


### ■ LED-SYSTEME VON VOSSLOH-SCHWABE – DIE VORTEILE AUF EINEN BLICK

- Modernste COB-Technologie (homogene Lichtabstrahlung, verbessertes Temperaturverhalten)
- Lange Lebensdauer (50.000 Std.)
- Hervorragende Lichtausbeute
- Minimaler Lichtstromrückgang und sehr geringe Ausfallrate (L90/B10)
- Hohe Farbwiedergabe (CRI  $R_a > 90$ )
- Geringe Farbtoleranz
- Treiber mit minimalen Verlusten und thermischer Abschaltung
- Auf die LED-Module abgestimmte Halter und Optiken wie z. B. Linsen

Noch mehr Effizienz und Komfort bietet der Einsatz von Lichtsteuerungssystemen (LiCS) für den Innen- und Außenbereich.

**Unseren hohen Qualitätsanspruch dokumentieren wir durch eine freiwillige 5-Jahres-Garantie.**





Wenn irgendwo auf der Welt eine Leuchte eingeschaltet wird, leistet Vossloh-Schwabe einen entscheidenden Beitrag dazu, dass alles reibungslos funktioniert.

Mit Hauptsitz in Deutschland, ist Vossloh-Schwabe seit 2002 Teil des global agierenden Panasonic-Konzerns und gilt als Technologieführer im Lichtsektor. Die Qualität und die Leistungsfähigkeit der Produkte begründen diesen Erfolg.

Das Produktportfolio umfasst die gesamte Palette lichttechnischer Bauteile von LED-Systemen mit optimal darauf abgestimmten Betriebsgeräten, OLEDs und modernen Steuerungssystemen (LiCS) sowie elektronische und magnetische Vorschaltgeräte und Fassungen.

A member of the Panasonic group **Panasonic**

## Vossloh-Schwabe Deutschland GmbH

Hohe Steinert 8 · 58509 Lüdenscheid  
Telefon +49 (0) 23 51/10 10 · Telefax +49 (0) 23 51/10 12 17  
[www.vossloh-schwabe.com](http://www.vossloh-schwabe.com)

**VS** LIGHTING  
SOLUTIONS

All rights reserved © Vossloh-Schwabe  
Technische Änderungen erfolgen ohne Benachrichtigung  
LED-Leitfaden DE 03/2014