

# LED – die Zukunft energieeffizienter Beleuchtung



***Hera***<sup>®</sup>  
Alles was Licht ist.



Die Leuchtdiode (LED) ist nicht nur eine der energieeffizientesten Lampen, sie setzt auch gern Akzente im Lichtdesign.

Die LED ist ein Halbleiter-Kristall, der durch Stromfluss zum Leuchten angeregt wird. Ein wenige Millimeter kleiner Kristall sitzt auf einem Reflektor, der das Licht punktgenau leitet. Der Reflektor mit dem Kristall ist auf einem Träger befestigt, der die elektrischen Kontakte enthält. Der Träger mit dem Kristall und Reflektor ist in Epoxyharz eingegossen.

LEDs erzeugen Licht in Farben, die vom Kristall-Material abhängen. Z.B. weißes Licht wird erzeugt, indem eine blaustrahlende Diode mit einem Leuchtstoff in weißes Licht verwandelt wird.

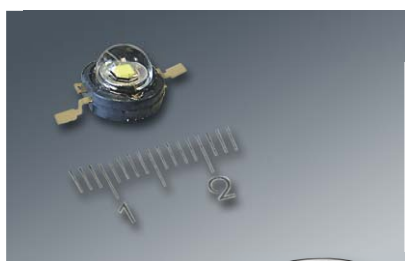
## LED-Bauformen



Die T-Type LED ist die ursprüngliche Bauform. Weil die Wärme bei dem geschlossenen Gehäuse schlecht abgeführt werden kann, ist sie nicht für hohe Lichtleistungen, sondern nur als Signal-/Bereitschaftsanzeige geeignet.



Bei der SMD Bauform „Surface Mounted Device“ wird das Bauteil direkt auf die Leiterplatte geklebt. Hier gibt es die unterschiedlichsten Leistungsbereiche. Bei vielen LEDs mit kleinen Einzelströmen können die Vorwiderstände mit in der Leuchte untergebracht werden, und diese können in Parallelschaltung (wie bei Halogenleuchten) an LED-Trafos mit Konstantspannung angeschlossen werden.



Bei der SMD Bauform einzelner LEDs mit hohen Leistungen (hier ein Beispiel einer Leuchten-Entwicklung von 2003 mit einer Energieeffizienz von ca. 50lm/W) müssen die Leuchten als Serienschaltung (nicht verwendete Steckplätze müssen mit Kurzschlusssteckern bestückt werden) an LED-Trafos mit Konstantstrom angeschlossen werden.

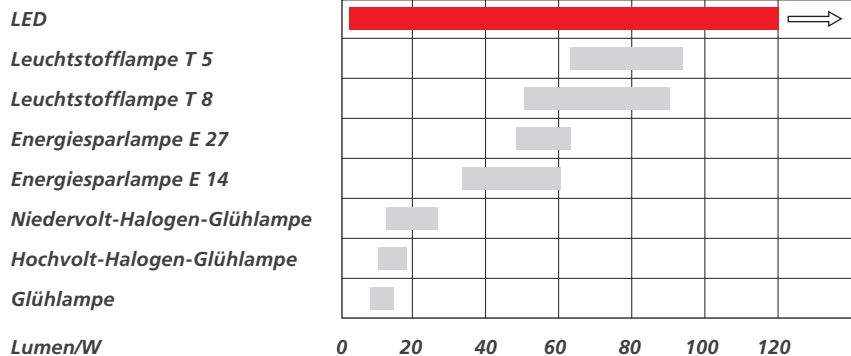


Bei den neuen High Power LEDs in SMD Bauform (hier ein Beispiel einer Leuchten-Entwicklung von 2008 mit einer Energieeffizienz von 80 bis 100lm/W) müssen die Leuchten auch als Serienschaltung (nicht verwendete Steckplätze müssen mit Kurzschlusssteckern bestückt werden) an LED-Trafos mit Konstantstrom angeschlossen werden.

# Energieeffizienz

Die Effizienz der LEDs wird ständig verbessert. Z. Zt. haben die besten Power-LEDs eine Effizienz von 120 Lm/W. Wir gehen davon aus, dass die Lichtausbeute weißer LEDs in den nächsten Jahren noch weiter gesteigert werden kann. Damit werden LEDs in Zukunft auch für die Allgemeinbeleuchtung immer attraktiver. Die große Bandbreite bei den LEDs erstreckt sich von den kleinen Signal-/Bereitschaftsanzeigen bis zu den neuesten High-Power-LEDs.

## Energieeffizienz im Vergleich



# Alterung und Lebensdauer

Die Lichtstärke einer unter konstanten Bedingungen betriebenen Lumineszenzdiode nimmt kontinuierlich ab. Die durchschnittliche Lebensdauer von LEDs ist sehr hoch. Das Ende der Lebensdauer einer LED heißt nicht, dass die LED ausfällt, sondern die Helligkeit sich auf 70% bzw. auf 50% (je nach Hersteller) der Anfangshelligkeit (neue LED) verringert. Die Lebensdauer von LEDs wird stark verringert durch zu hohe Ströme und zu hohe Temperaturen. Totalausfälle sind sehr selten. Sie treten meist nur bei Überlastung und Fehlanchluss auf.

Bei LEDs, die nur zu Signalzwecken, z.B. als Bereitschaftsanzeige beim Fernseher (Stand-By) eingesetzt werden, können Lebensdauern von über 100.000 Stunden (das entspricht 11½ Jahren ununterbrochener Leuchtdauer) erreicht werden. Eine LED, die zwischenzeitlich ganz ausgeschaltet wird, regeneriert sich in der Pause wieder, so dass

sich die Lebensdauer verlängert. Sie gehört heute schon zu den wirtschaftlichsten Leuchtmitteln, da Service-Einsätze und Lampenaustausch nicht erforderlich sind. Die Konstruktion der Leuchte mit der Möglichkeit, die Chiptemperatur der LED abzuführen und damit niedrig zu halten, ist entscheidend für die Lebensdauer der

Leuchte. D.h. mit gleichen LEDs wird die Lebensdauer der Leuchte erst durch die Konstruktion, vor allem der Anbringung von Kühlflächen, bestimmt.

Lebensdauer verschiedener Leuchtmittel	
Glühlampe E14 / E27	ca. 1.000 h
Halogen Niedervolt (no name)	500 - 2.000 h
Halogen Niedervolt (Markenprodukt)	2.000 - 4.000 h
T5 (Ø16mm) Leuchtstofflampe (6-13W)	ca. 7.000 h
T2 (Ø 7mm) Leuchtstofflampe	ca. 8.000 h
T8 (Ø26mm) Leuchtstofflampe KVG	ca. 13.000 h
Energiesparlampen	4.000 - 19.000 h
T8 (Ø26mm) Leuchtstofflampe EVG	ca. 20.000 h
T5 (Ø16mm) Leuchtstofflampe (14-80W)	ca. 24.000 h
LED (je nach Bauart, Ansteuerung, Kühlung...)	10.000 - 100.000 h und mehr

Je kälter die Umgebung ist,  
um so effizienter ist die LED.



## Temperaturen

### Am Chip

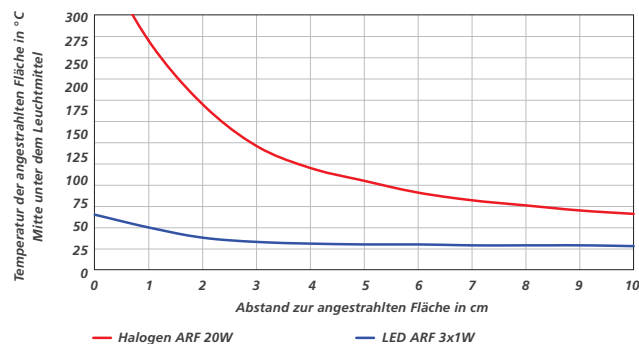
Die Lebensdauer von LEDs wird stark verringert durch zu hohe Ströme und zu hohe Temperaturen am Chip. Ohne Kühlkörper würde die Chiptemperatur bis zu 200° C ansteigen und die LED wäre innerhalb weniger Minuten defekt.

Temperaturen am Chip	
ARF, EH24, Flex	ca. 80° C
Eye	ca. 70° C
Stick/Twin-Stick	ca. 60° C
FlatLight	ca. 40° C

### Im Strahlengang

LEDs entwickeln keine Wärme in der Strahlung, darum sind sie besonders geeignet zur Bestrahlung wärmeempfindlicher Objekte, wie z.B. Lebensmittel.

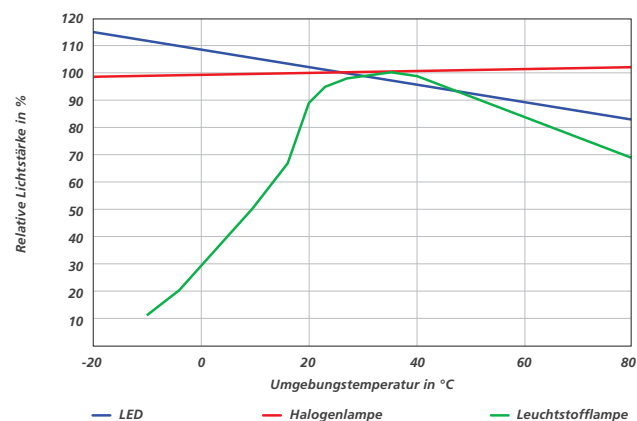
Temperaturvergleich auf angestrahlten Flächen



### In der Umgebung

Im Gegensatz zur Leuchtstofflampe erhöht sich bei niedrigen Umgebungstemperaturen die Lichtstärke der LED.

Lichtstärkenvergleich im Verhältnis zur Umgebungstemperatur



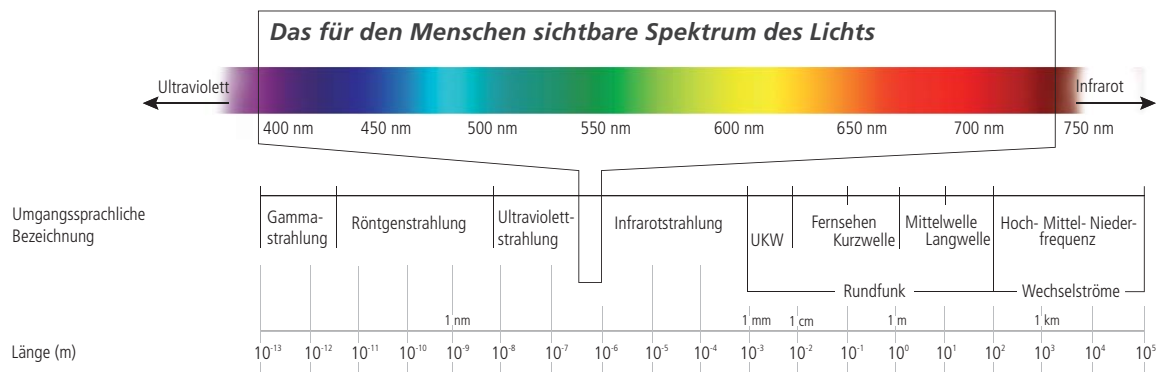
# Was ist eigentlich Licht

Zur Erklärung der meisten Phänomene lässt sich Licht als elektromagnetische Welle definieren. Unser Empfinden für Farbe und Helligkeit bezieht sich auf elektromagnetische Wellen, deren Frequenz im sichtbaren Bereich liegt. Wellen anderer Frequenzen haben keine Farbe. Sie werden mit Namen

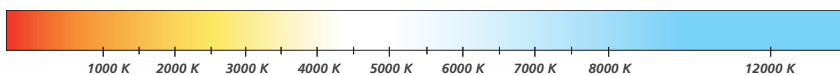
bezeichnet, die vor allem angeben, wozu sie verwendet werden.

Der gesamte Frequenzbereich der elektromagnetischen Wellen heißt elektromagnetisches Spektrum und erstreckt sich lückenlos von den energieärmsten, langen Wellen,

z.B. Radio, bis zu den energiereichsten, ultraharten Röntgenstrahlen und den Gammastrahlen der Atomkerne. Das Spektrum des sichtbaren Lichtes umfasst nur einen kleinen Bereich. Er liegt bei etwa 400 nm (violett) bis 750 nm (rot).



# Lichtfarbe/Farbtemperatur



Lichtquelle	Farbtemperatur
Kerze	1.500 K
Glühlampe (40 W)	2.680 K
Glühlampe (100 W)	2.800 K
Halogenlampe	3.000 K
Leuchtstoffröhre (Warmweiß)	3.000 K
Leuchtstoffröhre (Kaltweiß)	4.000 K
Xenon-Lampe, Lichtbogen	4.500 - 5.000 K
Mittagssonne	5.500 - 5.800 K
Leuchtstoffröhre (Tageslicht)	5.600 - 7.000 K
Bedeckter Himmel	6.500 - 7.500 K
Blauer Himmel	8.000 - 12.000 K

Die Lichtfarbe wird in Kelvin (K) angegeben. Je niedriger der Kelvin-Wert, desto „wärmer“ das Licht. Von gelb über orange zu rot. Je höher der Kelvin-Wert, desto „kälter“ (bläulich wirkend) ist das Licht.

Die Farbtemperatur einer Lichtquelle ist die Temperatur, die ein Material, z.B. der Glühdraht einer Lampe oder die Glut beim Kaminfeuer haben müsste, damit dessen Licht denselben Farbeindruck erweckt wie die tatsächliche Lichtquelle.

$$1^{\circ}\text{C} = 273 \text{ K}$$

$$2700^{\circ}\text{C} = 2.973 \text{ K}$$

# Binnings (engl.: Klasseneinteilung): verschiedene „Weißtöne“ der LED

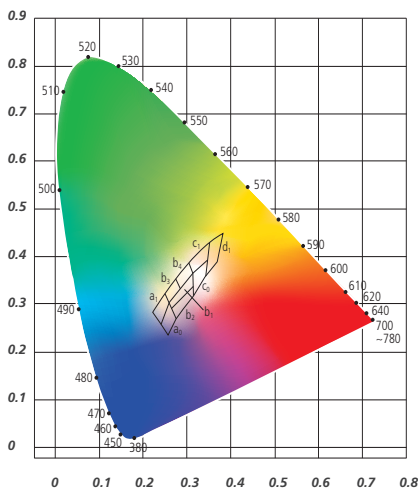
Bei weißen Hochleistungs-LEDs sind Fertigungstoleranzen durch kleinste Parameter-Schwankungen unvermeidlich. Um nicht nur Ausschuss zu produzieren, werden die LEDs sortiert und entsprechend ihren Farbwerten und Wirkungsgraden sortiert. Dementsprechend fallen alle in den gleichen Behälter (Bin), die ähnliche Werte

aufweisen. Je enger die Toleranzen gesetzt werden, um so höher ist die Qualität von Systemen, die aus mehr als einer LED bestehen.

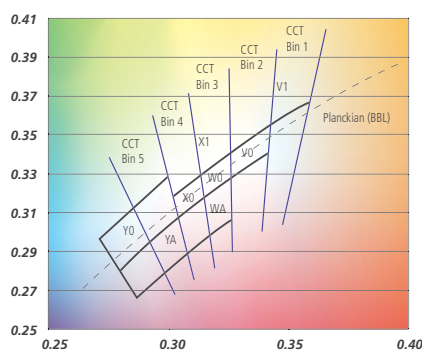
Momentan ist es noch nicht möglich, gezielt eine spezielle Farbtemperatur mit geringer Toleranz herzustellen.



**Normfarbtafel**



**Beispiel Binnings weißer LEDs**



Ein Binning enthält LEDs mit nahezu gleichen Farbwerten.

## Farbtemperaturen verschiedener LED-Leuchten von Hera

Produkt	Typ	Farbtemperatur
ARF, EH 24, Eye, Flexleuchte, Point, ON TOP, Futura Plus	Warmweiß	3.050 - 3.200 K
		3.200 - 3.450 K
	Kaltweiß	4.750 - 5.000 K
		5.000 - 5300 K
Stick, KB-12, Floor, EQ, ER, Q68, R68, DK 3, Vario	Warmweiß	3.100 - 3.500 K
		3.250 - 3.600 K
	Kaltweiß	5.150 - 5.650 K
		5.200 - 5.650 K

# Farbwiedergabe (Ra)

Die Farbwiedergabe ist ein wichtiges Qualitätsmerkmal von Licht.

Eine Lichtquelle, deren Licht alle Spektralfarben enthält, z. B. das Sonnenlicht, lässt die Farben der beleuchteten Gegenstände natürlich aussehen. Je nach Einsatzort und Sehaufgaben sollte künstliches Licht eine möglichst korrekte Farbwahrnehmung (wie bei natürlichem Tageslicht) gewährleisten. Der Maßstab dafür sind die Farbwiedergabe-Eigenschaften einer Lichtquelle, die in

Stufen des „allgemeinen Farbwiedergabe-Index“ Ra ausgedrückt werden. Eine Lichtquelle mit Ra = 100 zeigt alle Farben optimal. Je niedriger der Ra-Wert ist, desto weniger gut werden die Farben wiedergegeben.

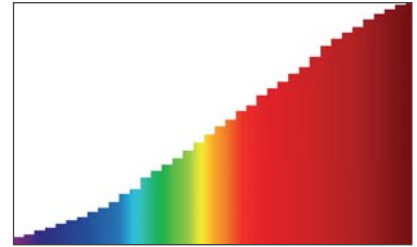
## Farbwiedergabe unterschiedlicher Lampen in Ra



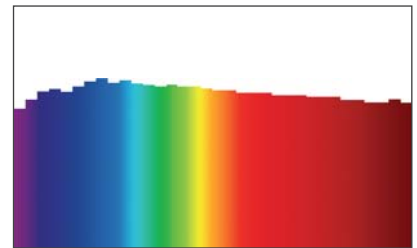
## Farbwiedergabestufen (Ra) verschiedener Lampen

Lampe	Farbwiedergabeindex
Halogenlampe	100
T5-Leuchtstofflampen	80 - 98
Kompaktleuchtstofflampen	80 - 90
LED – Leuchten ww (warm white)	80 - 90
LED – Leuchten cw (cool white)	70 - 80
T8-Leuchtstofflampen	50 – 60, selten auch 80
Quecksilberdampf-Hochdrucklampen (z.B. Straßenbeleuchtung)	40 - 59
Natriumdampf-Hochdrucklampen (z.B. Straßenbeleuchtung)	20 - 89
Natriumdampf-Niederdrucklampen (z.B. Tunnelbeleuchtung)	<20

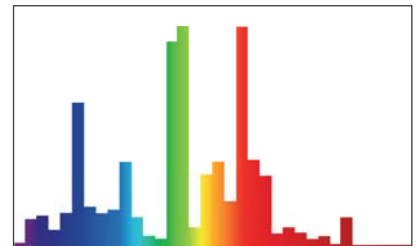
## Spektrale Strahlungsverteilung verschiedener Lichtquellen



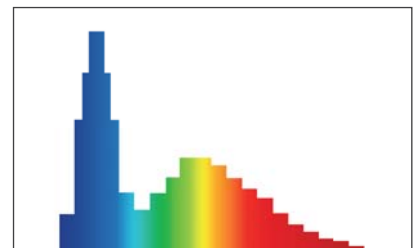
Halogen, Ra = 100



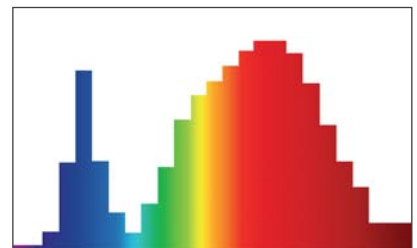
Sonnenlicht, Ra = 100



Leuchtstoff T5 cw, Ra = 80-89



LED cw, Ra = 70



LED ww, Ra = 90





*Je ausgewogener die roten, grünen und blauen Spektralanteile einer Lichtquelle sind, desto besser ist die Farbwiedergabe.*

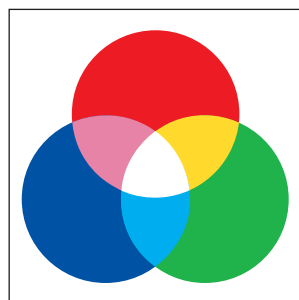
Je nach Sehaufgabe sollte das geeignete Leuchtmittel anhand der Farbwiedergabe ausgesucht werden. In grafischen Betrieben werden die höchsten Ansprüche an die Farbwiedergabetreue gestellt. Hier können nur Leuchtmittel mit einem Farbwiedergabeindex eingesetzt werden, der deutlich höher als 90 ist. Um gutes und entspanntes Sehen

zu gewährleisten, sollte jedoch auch in Büros und Werkstätten ein Farbwiedergabeindex von 80 nicht unterschritten werden. In Wohn- und Schlafräumen, wo farbliches Sehen nicht im Vordergrund steht, darf man die Farbwiedergabe getrost vernachlässigen und die Leuchtmittel entsprechend der zu erzeugenden Stimmung auswählen.

Die Farbwiedergabe wird im Handel auch absichtlich verändert, um z. B. Fleischwaren appetitlich rot erscheinen zu lassen. Schlechte Farbwiedergabe kann aber auch unbeabsichtigt dazu führen, dass Produkte wie z. B. Textilien im Geschäft anders aussehen als bei Tageslicht.



Fast alle weißen LEDs sind in der Praxis blaue LEDs mit Lumineszenzfarbstoff, z.B. Phosphor (gelb). Bei 99% aller LEDs für Beleuchtungszwecke wird diese Verfahrensweise gewählt. Sie ist relativ einfach in der Herstellung, und es ergibt sich eine Farbwiedergabe von 70 -90 Ra (je nach Lichtfarbe).



Bei LEDs, die für spezielle Anwendungen z.B. im Medizinbereich hergestellt werden, verwendet man eine Farbmischung durch RGB. Hier werden 3 verschiedene LED-Chips in einem Gehäuse vereint (rot-grün-blau =

weiß). Das Ergebnis ist auch ein weißes Licht. Hier spricht man von additiver Farbmischung. Der Aufwand hierfür ist höher, jedoch ist die Farbwiedergabe auch besser. Sie liegt bei ca. Ra 95.

# Vorteile von LEDs

## Vorteile von LEDs

- hoher Wirkungsgrad = geringer Energieverbrauch
- geringe Wärmeentwicklung
- sehr lange Lebensdauer (keine Wartungskosten)
- kleine Abmaße/Bauformen
- stoß- und vibrationsfest
- kleine Spannungen (Schutzkleinspannung)
- kein UV-Lichtanteil/kein „Ausbleichen“ der angestrahlten Objekte
- keine IR-Strahlung/keine Erwärmung der angestrahlten Objekte
- kein Flackern

## Nachteile von LEDs

- relativ hohe Stückkosten
- LEDs müssen für bestimmte Anwendungen farblich selektiert werden (siehe Binning)
- Farbwiedergabe kaltweißer LEDs ist nicht für alle Anwendungen ausreichend

# Einsatzgebiete der LEDs – Beispiele

## • UV-freie Strahlung

Museums- und Vitrinenbeleuchtung  
Bilderleuchten  
Kühlthekenbeleuchtung  
Medizinische Leuchten

## • Erschütterungsunempfindlich

Automobile  
Fahrradleuchten  
Arbeitsleuchten  
LKWs  
Wohnmobile  
Boote

## • miniaturisiert – wenig Wärme

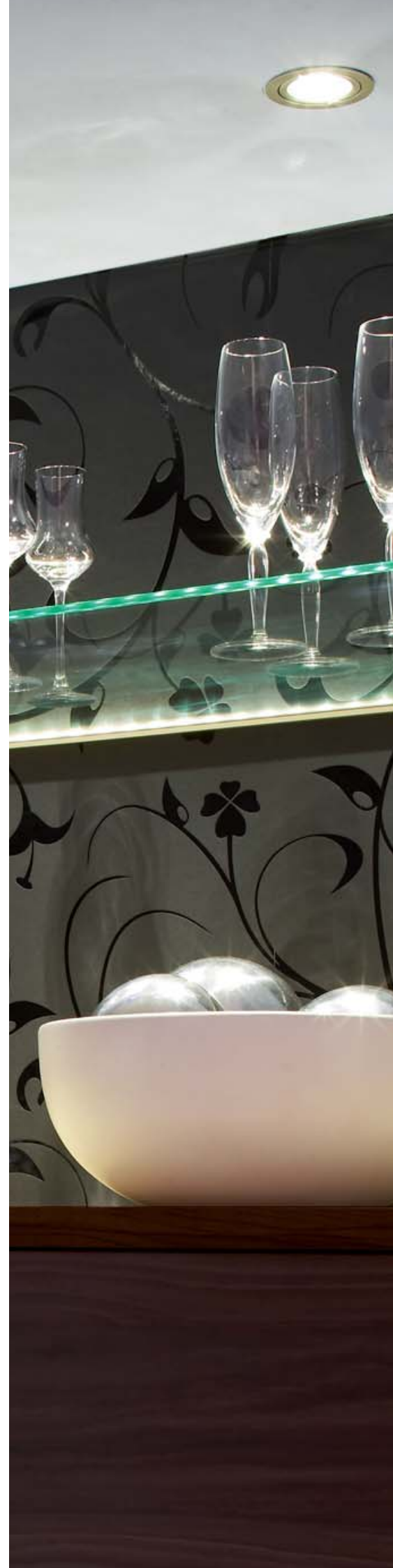
Möbelleuchten  
Orientierungsleuchten  
Displays

## • Farbmischung der LEDs

Stimmungsleuchten  
Gastronomie  
Wellness

## • hohe Lebensdauer

Not- und Hinweisleuchten  
Signalleuchten



Besondere Leuchten  
benötigen auch  
besondere Trafos.



## Betrieb von LEDs/Trafos

### Es ist nicht möglich, LED-Leuchten an Standard-Halogentrafos anzuschließen.

Alle LED-Typen werden generell mit konstantem Strom versorgt:

Chip/SMD LED	10 ... 30 mA
3mm/5mm LED	10 ... 50 mA
Power LED	350 ... 1500 mA

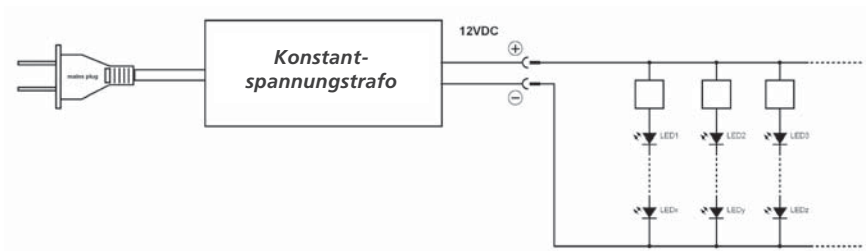
Es gibt zwei verschiedene Möglichkeiten, dieses zu realisieren – als Parallel- und Reihenschaltung.

### Parallelschaltung

#### Konstantspannung-Trafo: 12VDC/24VDC für LED

- Parallelschaltung der Leuchten wie bei Halogenleuchten
- Der Regler bzw. die Vorwiderstände befinden sich mit in der Leuchte

- Wird verwendet bei vielen LEDs mit kleinen Einzelströmen
- Bei Hera z.B. folgende LED-Leuchten: Stick, Floor, KB12, EQ, ER, Q68 und R68



### Reihenschaltung

#### Konstantstrom-Trafo: 350mA

- Serienschaltung der Leuchten (nicht verwendete Steckplätze müssen mit Kurzschlusssteckern bestückt werden)
- Der Regler bzw. die Vorwiderstände

können nicht in der Leuchte untergebracht werden, weil aufgrund des hohen Stromes dieser gekühlt werden müsste (Platzproblem).

- Wird verwendet bei wenigen Power LEDs mit hohen Betriebsströmen

- Bei Hera z.B. folgende LED-Leuchten: ARF, EH 24, Eye, Flexleuchte, Point, ON TOP



## Dimmen von LEDs

Es gibt Trafos, die gedimmt werden können. Allerdings ist dieses nicht so einfach wie beim Halogentrafo über Phasen- oder -abschnittdimmer möglich. Die dimmbaren LED-Trafos haben zwei weitere Steuerleitungen für einen 1-10V Eingang. An diese Steuerleitung kann man jetzt als einfachste Variante direkt einen Drehregler (Poti) anschließen, wobei dann aber darüber

nur die Helligkeit veränderbar ist und man zusätzlich einen Ein-/Auswiderstand für die Primärleitung benötigt. Die komfortablere Lösung ist der Anschluss z.B. an einen speziellen 1-10V Unterputzdimmer, wobei dann die Steuerleitungen und die 230V Leitungen verlegt werden müssen.

Noch einfacher sind die Funk-Dimmer von Hera zu installieren. Der Funkcontroller ist schon am Trafo montiert und die Fernbedienung in Edelstahl-optik kann bei Bedarf mit der Wandhalterung flexibel platziert werden.



***Hera***<sup>®</sup>

**Hera GmbH & Co. KG**  
Dieselstraße 9 · D-32130 Enger  
Postfach 440 · D-32124 Enger  
Telefon: +49 (0) 5224 911-0  
Telefax: +49 (0) 5224 911-215  
mail@hera-online.de  
www.hera-online.de

Änderungen vorbehalten  
Stand 03/2010