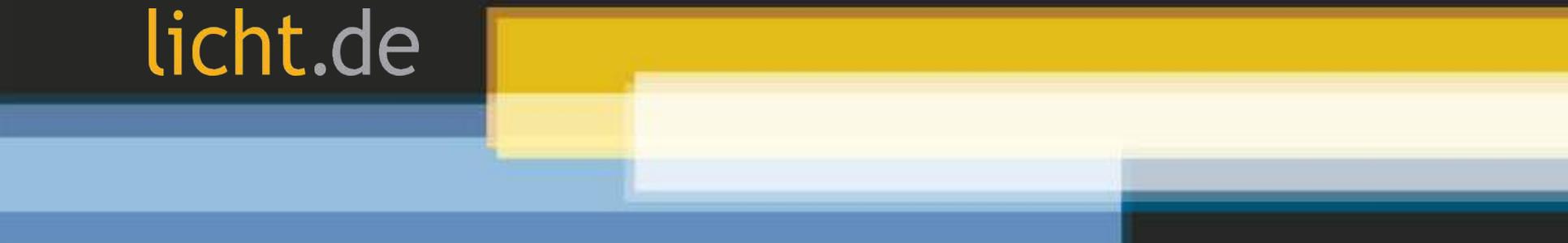


licht.de



LED: Grundlagen – Applikation – Wirkung

LEDs für alle Fälle



LEDs für mehr Lichtqualität und Design

Gute Farbwiedergabe

Optimale Steuerbarkeit

- Stufenlos dimmbar
- Smart steuerbar
- Lichtszenen

Lichtgestaltung

- Anpassbare Lichtfarbe (Warmweiß, Neutralweiß, Tageslichtweiß)
- Farbige Licht
- Gerichtetes, leicht zu lenkendes Licht
- Mehr planerische Freiheit, flexibles Design



© licht.de

LEDs: sparsam und umweltfreundlich



© 123rf.de

Hohe Effizienz

- Weniger Stromverbrauch = weniger CO₂-Emissionen

Lange Lebensdauer

- Hochleistungs-LEDs erreichen eine Lebensdauer von 50.000 Stunden und mehr
- Niedriger Wartungsaufwand

Frei von UV- und Infrarotlicht

- LED-Technik schont Insekten und empfindliche Materialien

Quecksilberfrei und recyclingfähig

Vorteile auf einen Blick

Effizienz

- Hohe Effizienz
- Geringer Stromverbrauch

Technologie

- Stufenlos dimmbar
- Smart steuerbar
- Stoß- und vibrationsfest

Kosten

- Geringere Energiekosten
- Geringere Wartungskosten

Lichtqualität

- Gute Farbwiedergabe
- Gerichtetes, leicht zu lenkendes Licht



Lichtgestaltung

- In der Lichtfarbe anpassbares Licht (Warmweiß, Kaltweiß, etc.)
- Farbiges Licht
- Steuern ohne Qualitätsverluste
- Gerichtetes, leicht zu lenkendes Licht
- Mehr Flexibilität und planerische Freiheit
- Lichtszenen sind einfach programmier- und abrufbar

Umwelt

- Ohne Quecksilber und andere gesundheitsgefährdende Stoffe
- Einfache Entsorgung
- Geringe CO₂-Emissionen
- Keine UV- und Infrarotstrahlung
- Geringer Insektenanflug bei Außenbeleuchtung

Vorteil Design

- Kompakte Bauformen für flexibles Design
- Große Gestaltungsfreiheit und Formenvielfalt

Langlebigkeit

- Lebensdauer von 20.000 bis 50.000 Stunden und mehr
- Geringer Wartungsaufwand
- Seltener Totalausfall

© licht.de

LEDs für Stadt und Straße



Nächtliche Beleuchtung

- gibt Sicherheit
- erhöht Attraktivität der Kommune
- schafft Image

Vorteile der LED-Beleuchtung

- Beleuchtung nach DIN EN 13201
- Homogenes Licht
- Lange Lebensdauer, hohe Effizienz
- Exakte Lichtlenkung ohne Streulicht
- Einfache Steuerung

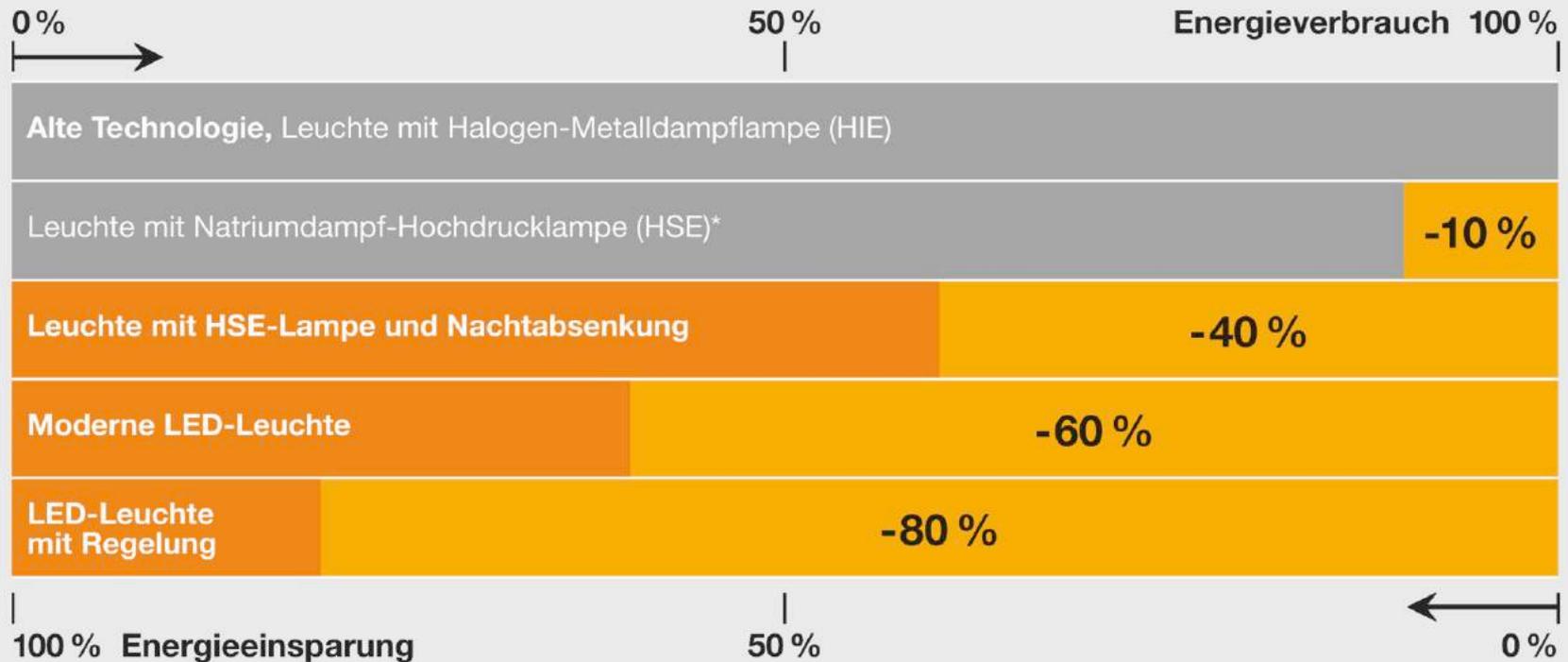
- Beleuchtungsqualität gewinnen
- Energie und Kosten sparen

© licht.de

Hohes Sparpotenzial

Einsparpotenzial
80 %

Sparpotenziale Außenbeleuchtung



* HSE-Lampe mit höherer Effizienz (Lumen/Watt) gegenüber HIE-Lampe.

© licht.de

Innenbeleuchtung am Beispiel Büro



Tipp: Human Centric Lighting

- 1 Mitarbeiter fühlen sich wacher und sind leistungsfähiger
- 2 Bessere Konzentration

LEDs werden in nahezu allen Anwendungen der Innenbeleuchtung erfolgreich eingesetzt.

Moderne Beleuchtung im Office

- ist ergonomisch und effizient
- bietet individuelle Einstellungsmöglichkeiten
- fördert Wohlbefinden

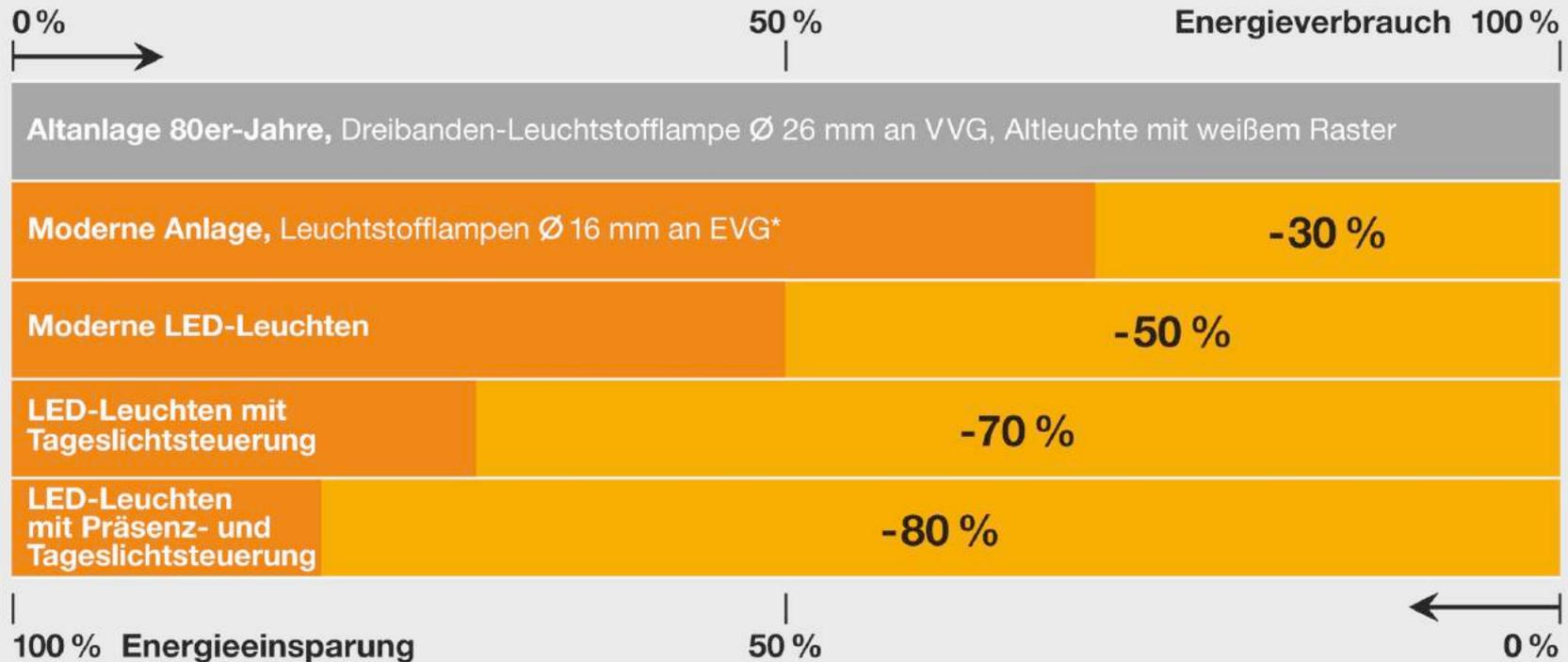
Vorteile beim Einsatz von LEDs

- hohe Effizienz
- lange Lebensdauer, wenig Wartungskosten
- einfache Integration in Steuersysteme für Lichtregelung nach Präsenz und Tageslicht
- Schwarmfunktion
- kompakte Bauformen

Besseres Licht, weniger Kosten

Einsparpotenzial
80 %

Sparpotenziale Innenbeleuchtung



Beispiel für 2-Achs-Büro

* Leuchtstofflampen mit geringer Verlustleistung, Leuchten mit moderner Lichtlenktechnik.

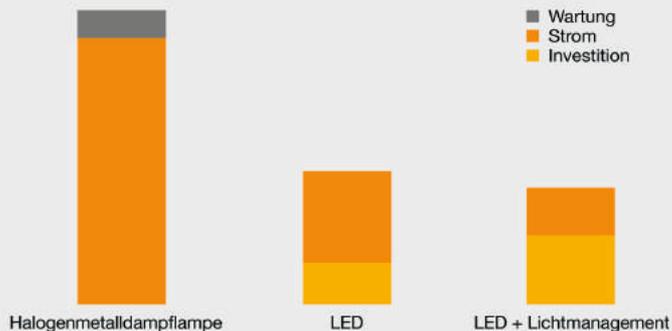
© licht.de

Rechenbeispiel Industriehalle



© licht.de

Beispielhafte Betrachtung der Beleuchtungskosten einer Industriehalle* über 10 Jahre



* Industriehalle 30 x 50 m / 300 Lux Beleuchtungsstärke / 3.000 Betriebsstunden jährlich.

© licht.de

Rendite
5-10 %

Basis der Berechnung

- 4.000 Nutzungsstunden/Jahr
Strompreis 0,18 €/kWh = 0,72 €
- Austausch veralteter Hallenpendelleuchten (250 Watt/Systemleistung 274 Watt)
Verbrauch ca. 110 Watt
= *jährliche Einsparung pro Leuchte 120 €*
- Unter Berücksichtigung der Lebenszykluskosten über 10 Jahre = **500 € pro Leuchte**

LEDs und Qualitätsmerkmale

Nur **LED-Produkte guter Qualität** können die Vorteile gegenüber anderen Lichtquellen voll nutzen. Sie bieten:

- optimale Lichtqualität
- hohe Lichtausbeute
- lange Lebensdauer
- elektrische Sicherheit

Wichtige Qualitätsmerkmale

- **einheitliche Lichtfarben** und **homogene Helligkeit**
- LEDs sind komfortabel **dimmbar**
- **effektives Thermomanagement**

Sicherheit

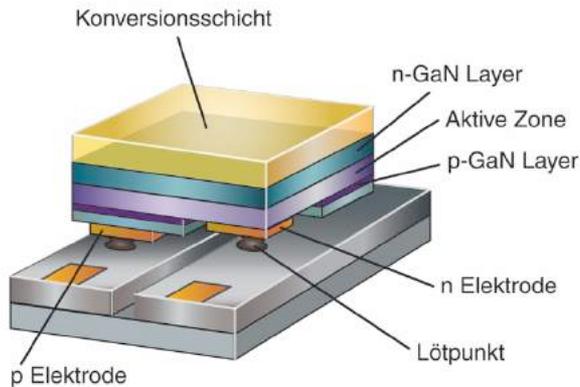
Ebenso wie andere Lichtquellen sind LEDs bei ordnungsgemäÙem Einsatz unkritisch; der direkte Blick in die Lichtquelle ist zu vermeiden.



© licht.de

Die Lichtquelle LED

LED-Chip Architektur



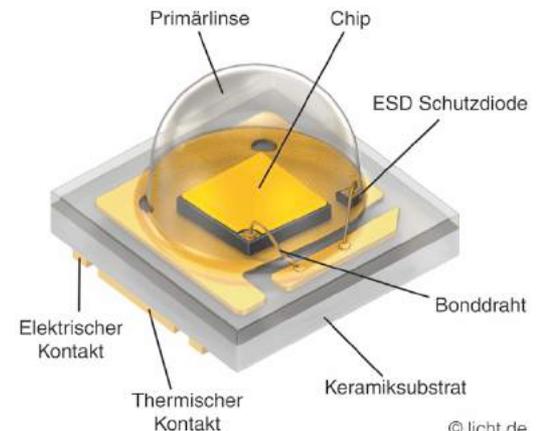
© licht.de

LEDs sind winzige (ca. 1 mm) Elektronik-Chips aus speziellen Halbleiter-Kristallen (pn-Halbleiterdiode)

Unter Strom beginnt der Chip zu leuchten – er „emittiert“ Licht nahezu punktförmig (= *Elektrolumineszenz*)

- Ein Chip besteht aus mehreren Halbleiterschichten (epitaxy layer) und Anschlusselementen
- Er wird in ein Gehäuse eingebaut = Package
- Package nimmt weitere Teile auf: Schutzschaltungen, Linsen und Elemente zur Wärmeabfuhr
- Package und Chip(s) werden LED genannt

Aufbau einer LED



© licht.de

Farben aus dem Halbleiter

Das Halbleitermaterial bestimmt Wellenlänge und Lichtfarbe: Rot, Grün, Gelb und Blau

Weißes Licht

1 Lumineszenzkonversion

- Eine gelbe Phosphor-Leuchtschicht wird oberhalb eines blauen LED-Chips aufgedampft und wandelt einen Teil des blauen in weißes Licht.
- Gute Lichtausbeute und Farbwiedergabe $\geq R_a 90$

2 RGB-Farbmischung (Rot, Grün, Blau)

- Weißes Licht wird durch Mischung von farbigem Licht unterschiedlicher Wellenlänge erzeugt.
- Farbwiedergabe nur $R_a 70$ bis 80
- Für bessere Farbwiedergabe werden RGB-Module mit weißen LEDs gemischt.

Tageslichtweiße LEDs sind effizienter, warmweiße haben eine bessere Farbwiedergabe.



© licht.de

warmweiß (ww)
2.700 – 3.300 Kelvin

neutralweiß (nw)
3.300 – 5.300 Kelvin

tageslichtweiß (tw)
über 5.300 Kelvin

◀ wohnliches Licht

funktionales Licht ▶

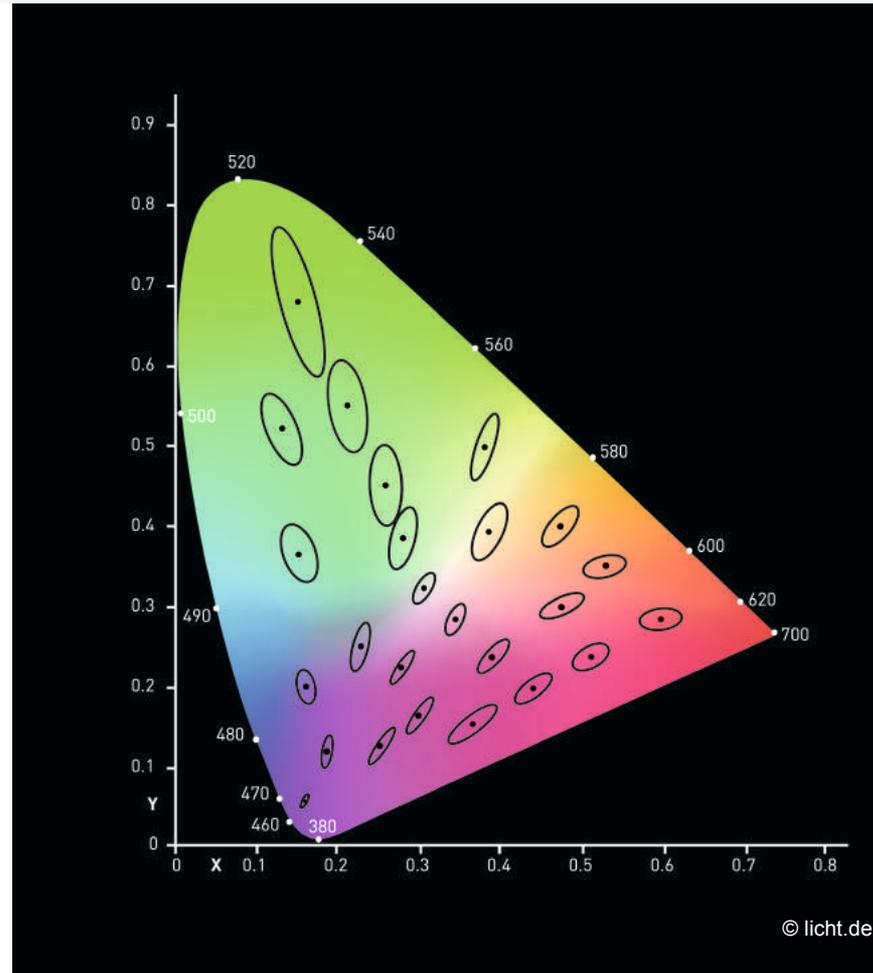
Binning für konstante Lichtqualität

LEDs unterliegen Streuungen bei:

- Lichtfarbe
- Lichtstrom
- Flussspannung

Für gleiches Helligkeitsniveau und einheitliche Lichtfarbe müssen **LEDs einer Charge sortiert** werden: Sie werden dafür in „Bins“ (Behälter) eingeteilt.

Farbabweichungen werden mithilfe von **MacAdam-Ellipsen** in der **CIE-Farbtafel** beschrieben.



➤ Je enger das Binning, desto hochwertiger die LED

Dimmen



- LEDs können komfortabel **gedimmt** werden
- Beim Dimmen ändert sich die Lichtfarbe nicht
- Kühlweiße und warmweiße LEDs kombiniert, ermöglichen **dim to warm**

Stromdimmung

Das Absenken der Amplitude des Vorwärtsstroms führt zur Reduktion des Lichtstroms (flimmerfrei).

PWM-Dimmung

Reduktion des Mittelwertes des Vorwärtsstroms = **Puls-Weiten-Modulation** (flimmern)

Lebensdauer

Hochleistungs-LEDs (Module und Bauteile) haben eine extrem **lange Lebensdauer**: 50.000 Std. und mehr.

- LEDs fallen nicht aus, ihre Lichtintensität nimmt ab (= Degradation)
- Die Lebensdauer (L) muss für jede Anwendung definiert werden
- Sinkt der Lichtstrom auf z. B. 70 % des ursprünglichen Wertes, ist das Ende der Lebensdauer erreicht = L_{70}

Innere und äußere Faktoren mit Einfluss auf die Lebensdauer



© licht.de

Die Lebensdauer hängt von der Betriebs- und Umgebungstemperatur ab.

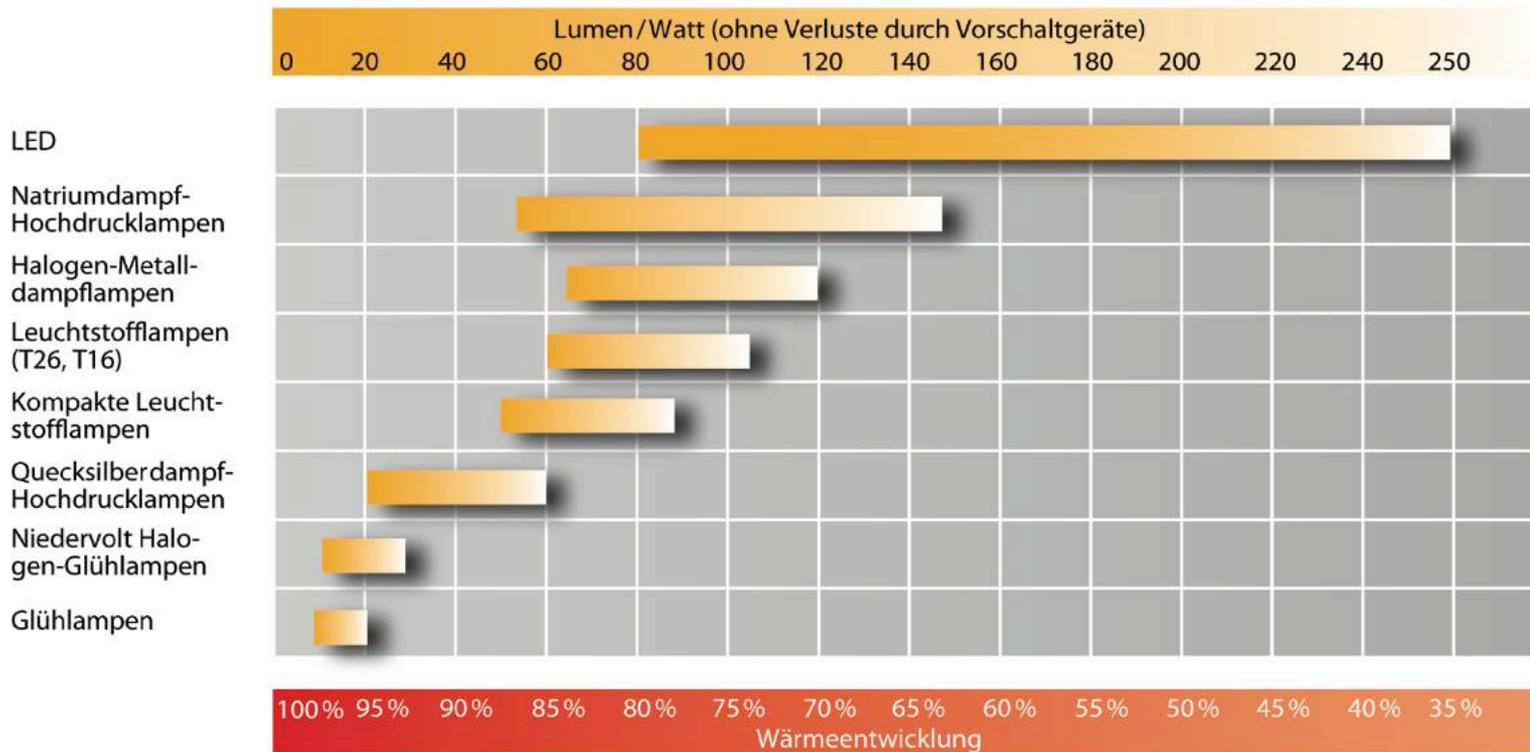
Wichtig: optimale Wärmeleitung (Kühlkörper)



© licht.de

Lichtausbeute und Effizienz

Effizienz und Wärmeentwicklung der Lichtquellen



© licht.de

Qualität und Effizienz werden immer besser: 250 lm/W sind in einigen Anwendungen schon realistisch und die Entwicklung geht weiter ...

Die LED-Leuchte – ein Lichtsystem

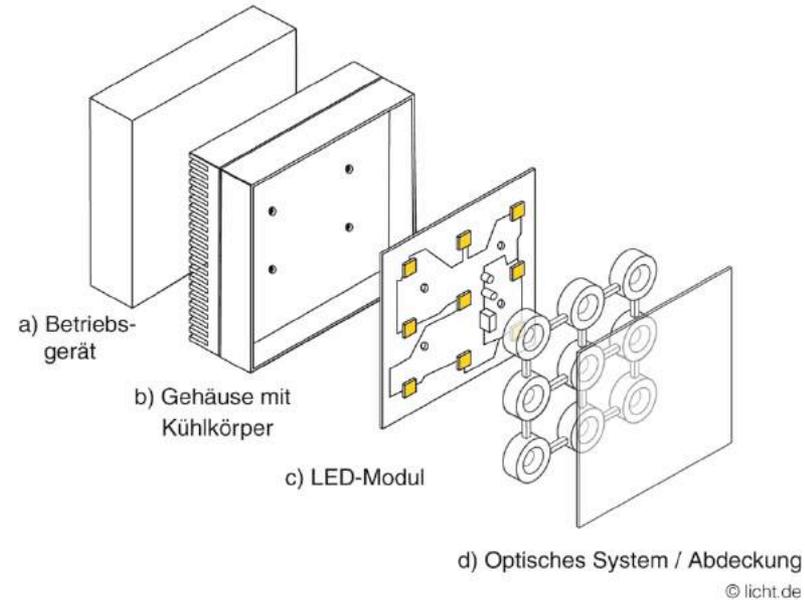
Maximale Effizienz durch

- hochwertige Komponenten
- optimal abgestimmte Ansteuerung, thermisches und optisches Design auf kleinstem Raum

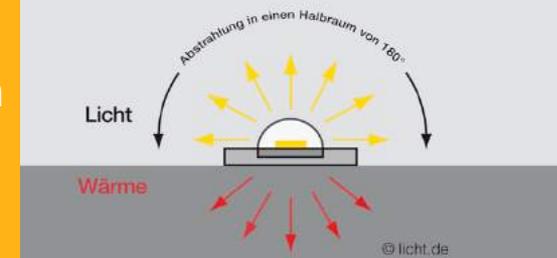
Langlebigkeit und Austausch

- Nahezu wartungsfrei / Modulwechsel durch Hersteller oder Fachkraft oft möglich
- Beispiel für Langlebigkeit: Ein Office mit ca. 2.000 Std. Nutzungsdauer / Jahr bei Lebensdauer 50.000 Std. = **25 Jahre**

Beispielhafter Aufbau einer LED-Leuchte



Effiziente Leuchten: Strahlt das Licht in einem Halbraum von 180 Grad, wird Wärme in die andere Richtung abgeleitet.



LED-Module

LED-Module

- Lichtquellen aus Platinen, die mit Einzel-LEDs bestückt sind
- Vorschaltgerät zum Betrieb notwendig

Ausgangsbasis sind die Bautypen



- Low- und Midpower-LED



- High-Power-LEDs



- Multi-Chip-LEDs

→ Anforderungen an technische Sicherheit, Zuverlässigkeit und Performanz sind in der **EU-Verordnung 1194/2012** sowie **DIN EN 62031** und **DIN EN 62717** beschrieben.



© licht.de



© licht.de



© licht.de



© licht.de

LED-Lichtquellen

LED-Lampen (= Retrofits) als spezielle Modul-Variante

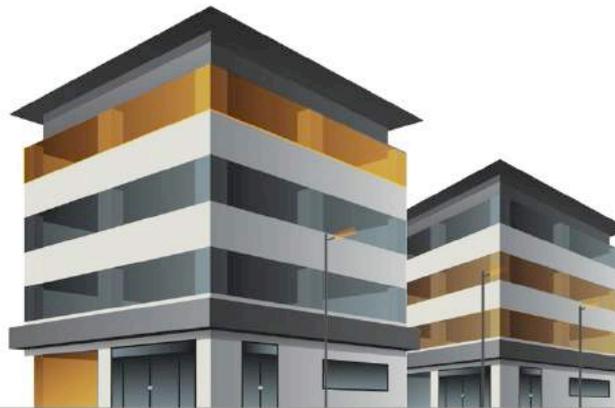
- tragen Steck- oder Schraubsockel
- ersetzen Glüh-, Halogenlampen oder stabförmige Leuchtstofflampen
- sind eine energiesparende Alternative
- LED-Lampen erreichen nicht die Lebensdauer einer LED-Leuchte oder eines kompletten LED-Moduls

Flexible LED-Stripes sind eine Sonderform und eignen sich besonders für die dekorative Beleuchtung.



Lichtmanagement mit LEDs

Steuerungssysteme heute

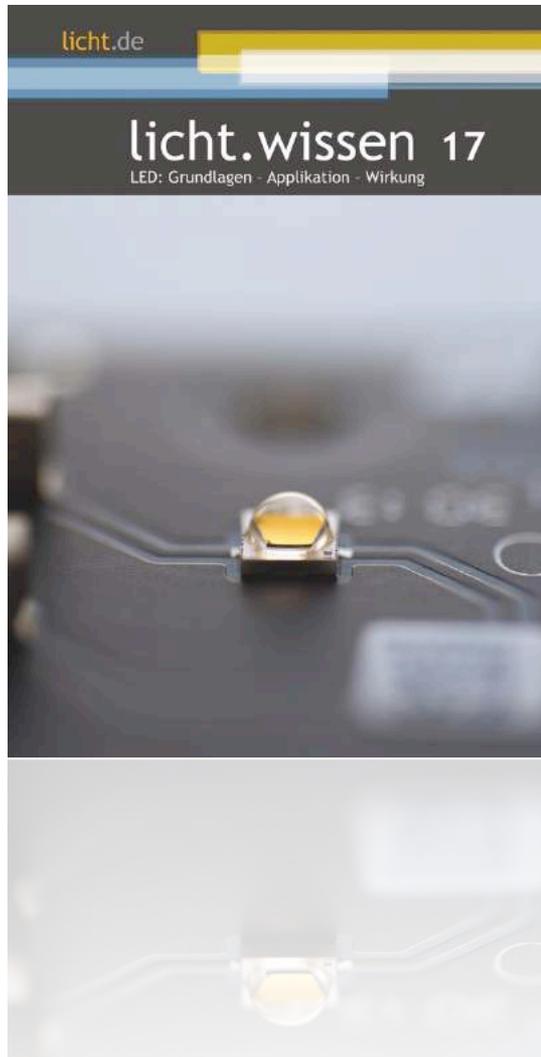


© licht.de

LEDs sind für den Einsatz in intelligenten Lichtsteuerungen prädestiniert,

- sie erweitern die Möglichkeiten der Lichtgestaltung und
- sparen mit Tageslicht und Präsenzerfassung Energie.

Weitere Informationen



Mehr zum Thema finden Sie

- auf 56 Seiten in Heft licht.wissen 17:
„LED: Grundlagen – Applikation – Wirkung“
- Das Heft kann bestellt werden bei licht.de:
licht.de@zvei.org
- Diese und andere Ausgaben der Schriftenreihe
licht.wissen gibt es auch als kostenlosen Download
unter **www.licht.de/lichtwissen**

licht.de



Herausgeber

licht.de
Lyoner Straße 9
60528 Frankfurt am Main
licht.de@zvei.org
www.licht.de

© **licht.de**

Jegliche Bearbeitung, Verwertung, Vervielfältigung, Ausstellung und Verbreitung des Werkes sowie einzelner Teile daraus (insbesondere Bilder und Grafiken) bedarf der vorherigen Zustimmung von licht.de als Urheber. Ausgenommen sind einzelne Kopien für den persönlichen, nicht-kommerziellen Gebrauch.