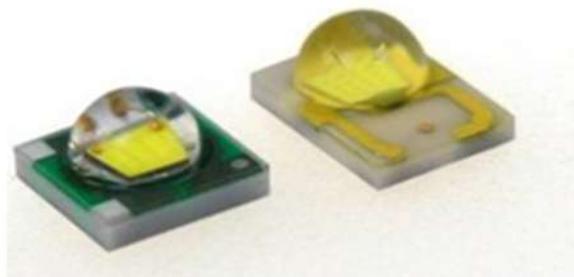


# Willkommen zum Vortrag „Gehört der LED die Zukunft ?„ LED-Technik leicht verständlich.



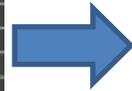
Tom Reichelt, 09.12.11  
[www.ledclusive.de](http://www.ledclusive.de)



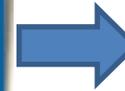
# Vorstellung: Tom Reichelt



1982-1985



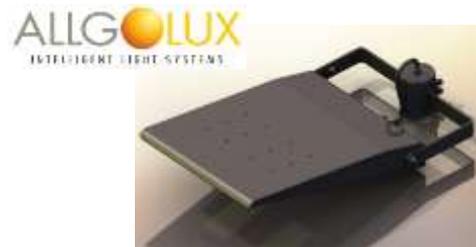
1987-1991



1991-2008



Seit 2008  
Projektmanagement  
Dienstleistungen



Seit 2009  
LED-Straßenleuchten  
Fa. Allgolux GmbH  
Kisslegg/Allgäu



Seit 2010  
exklusive LED-Lösungen

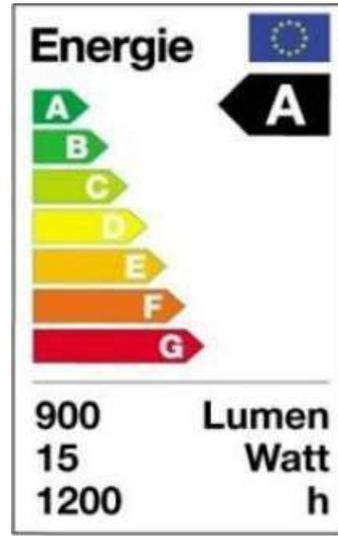
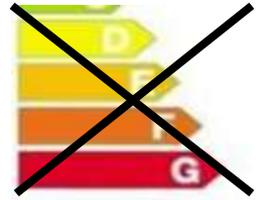
- Vorstellung
- EU-Verordnung und Alternativen
- Kenngrößen von Leuchtmitteln
- LED-Technik
- Vorteile der LED-Technik
- Einsatzmöglichkeiten der LED-Technik und Grenzen
- Wirtschaftlichkeitsbetrachtung
- Stolperfallen
- Fazit – Zusammenfassung
- Live – Demo, Diskussion

## Heute: EU-Verordnung 244/2009

### Die Verbannung der Glühlampe/Glühbirne/Allgebrauchslampe



Für diese Leistungsklassen



Diese Grafik stellt den Prozess vereinfacht dar. Die tatsächlichen Anforderungen der Verordnung sind detaillierter und basieren auf anderen Lampen-Parametern. Eine umfangreichere Präsentation ist unter Punkt I.2 der FAQ für Fachleute unter „Fachlicher Hintergrund“ erhältlich.

Quelle: [http://ec.europa.eu/energy/lumen/faq/index\\_de.htm](http://ec.europa.eu/energy/lumen/faq/index_de.htm)



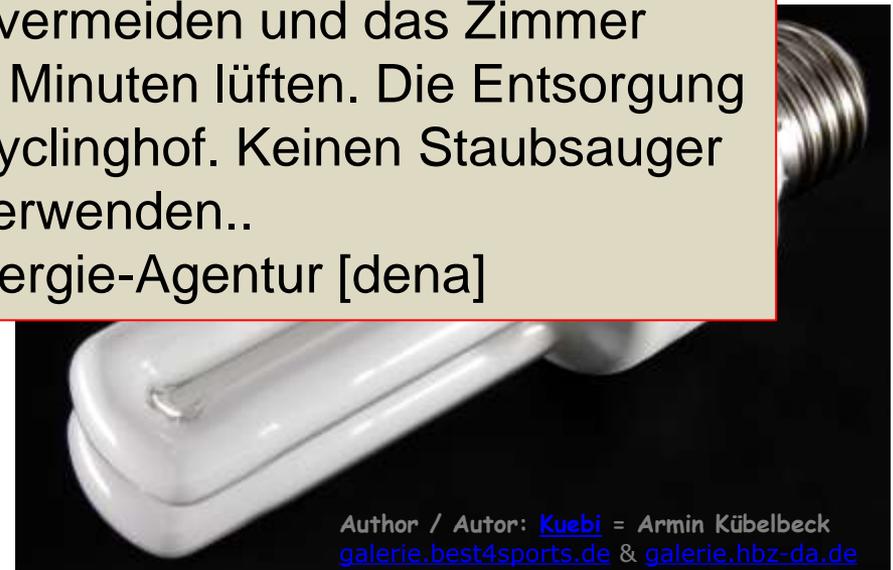
Halogen-Xenon-Glühlampe  
Energieeffizienzklasse C

## Was tun, wenn eine Energiesparlampe zerbricht?

Die Bruchstücke sollten vorsichtig mit einem feuchten Papiertuch aufgenommen und in einer Tüte oder einem Einmachglas luftdicht verschlossen werden. Hautkontakt vermeiden und das Zimmer mindestens 20 bis 30 Minuten lüften. Die Entsorgung erfolgt bei einem Recyclinghof. Keinen Staubsauger für die Bruchstücke verwenden..  
(Quelle: Deutsche Energie-Agentur [dena])



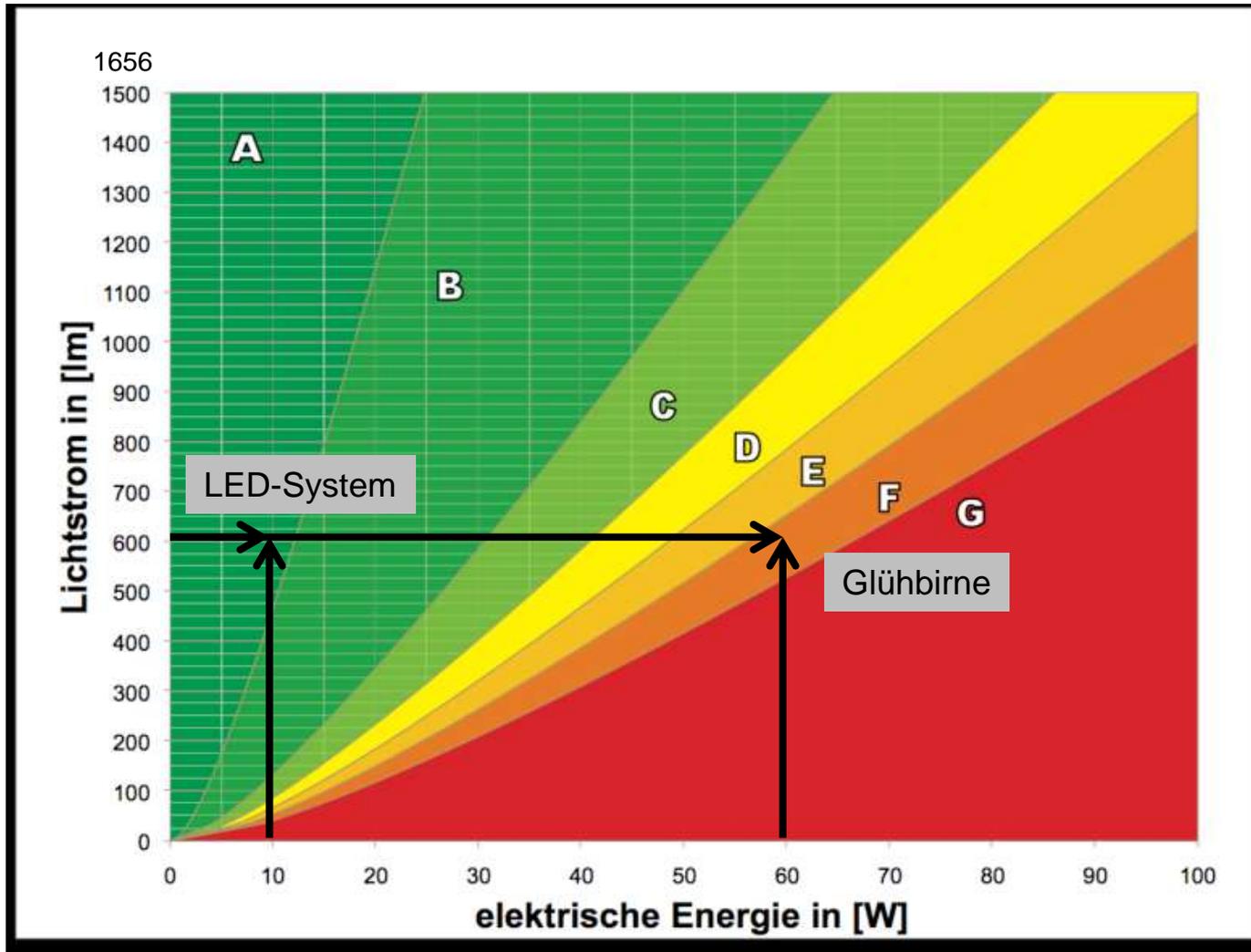
Made and Uploaded on de:WP  
by [de>User:Anton](#)



Author / Autor: [Kuebi](#) = Armin Kübelbeck  
[galerie.best4sports.de](#) & [galerie.hbz-da.de](#)

# Energieeffizienzklassen

# LED

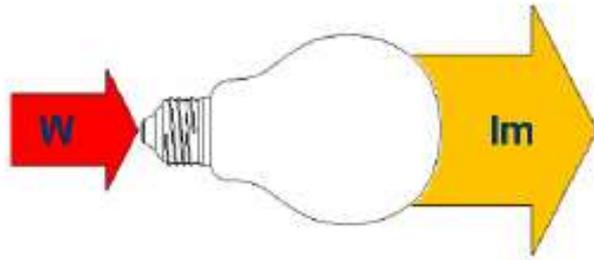


[http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Energieeffizienz\\_100W.png&filetimestamp=20110218074759](http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Datei:Energieeffizienz_100W.png&filetimestamp=20110218074759)

- LED-Lampen sind langlebiger als Energiesparlampen
- Sie stellen derzeit noch keine vollwertige Alternative dar „Teures Dekor“
- Schlechte Konsumentenerfahrungen
  - Von 90 Erfahrungsberichten, die uns unsere Leserinnen und Leser im Frühjahr 2009 zusandten, waren 70 negativ; nur 7 waren positiv, 13 konnten als neutral gewertet werden.
- LEDs sind derzeit noch zu teuer, ihre Helligkeit lässt sehr zu wünschen übrig.
  - So braucht man als Ersatz für eine klassische 60-Watt-Birne 3 bis 10 LED-Lampen – zum Preis von je 20 bis 40 Euro.
- Stiftung Warentest: „Viele Lampen leuchten schwach oder nicht sehr lange...“
  - **Sie holen auf**
  - **LED-Lampen machen aus wenig Strom viel Licht. Sie gelten als Leuchten der Zukunft. Heute sind sie noch teuer.**
  - **Funzeliges Licht**
    - Eine angenehmere Lichtfarbe schafft die Liquid LED-Lampe. Mit ihren rund 3 100 Kelvin leuchtet sie wie Halogenlampen. **Die aufgenommenen 3,3 Watt setzt sie nur zu 34 L/W um. Das können die meisten Energiesparlampen besser. Außerdem bringt sie nicht die versprochenen 210 Lumen, sondern nur die Hälfte. Damit kann sie - anders als versprochen - nicht einmal eine 25 Watt-Glühlampe ersetzen.**
    - „Norma verkauft diese Woche LED-Lampen zwischen 4,99 Euro und 14,99 Euro. Im Vergleich zu Marken-LEDs ist das ein niedriger Preis. **Doch die Norma-LEDs bringen nicht die gewünschte Helligkeit. Glühlampen können sie kaum ersetzen.** Darüber hinaus **werben sie mit falschen Angaben zu Lichtstrom und Leistungsaufnahme.** Die Farbwiedergabe ist schlecht und die Lichtfarbe der i-Glow-Lampen entspricht kühlem Tageslichtweiß. Die Liquid-LED-Lampe leuchtet größtenteils in eine Richtung, obwohl sie nicht so aussieht. Ratsamer wäre der Kauf guter Energiesparlampen oder LED-Lampen.“

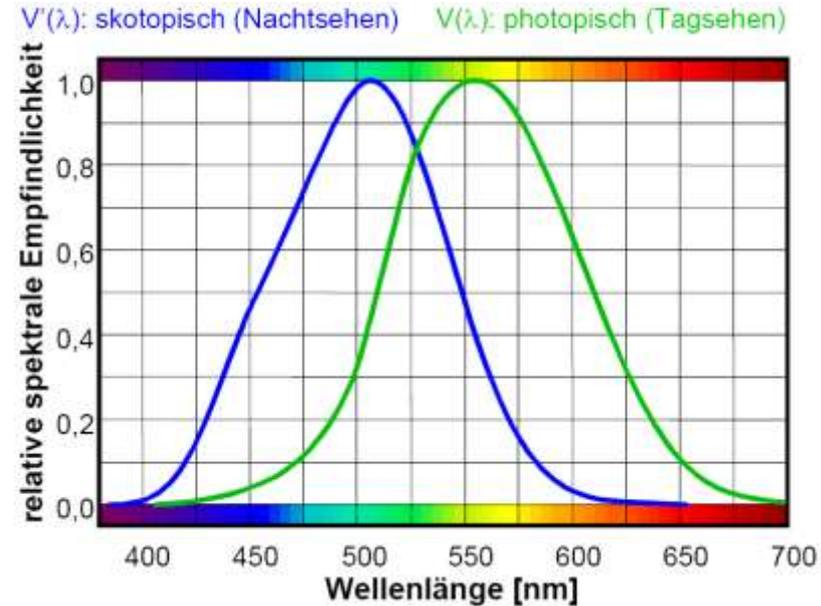
# Energie-Effizienz → Lichtausbeute

# LED



Watt (elektr. Einheit)

Lumen (Lichteinheit)



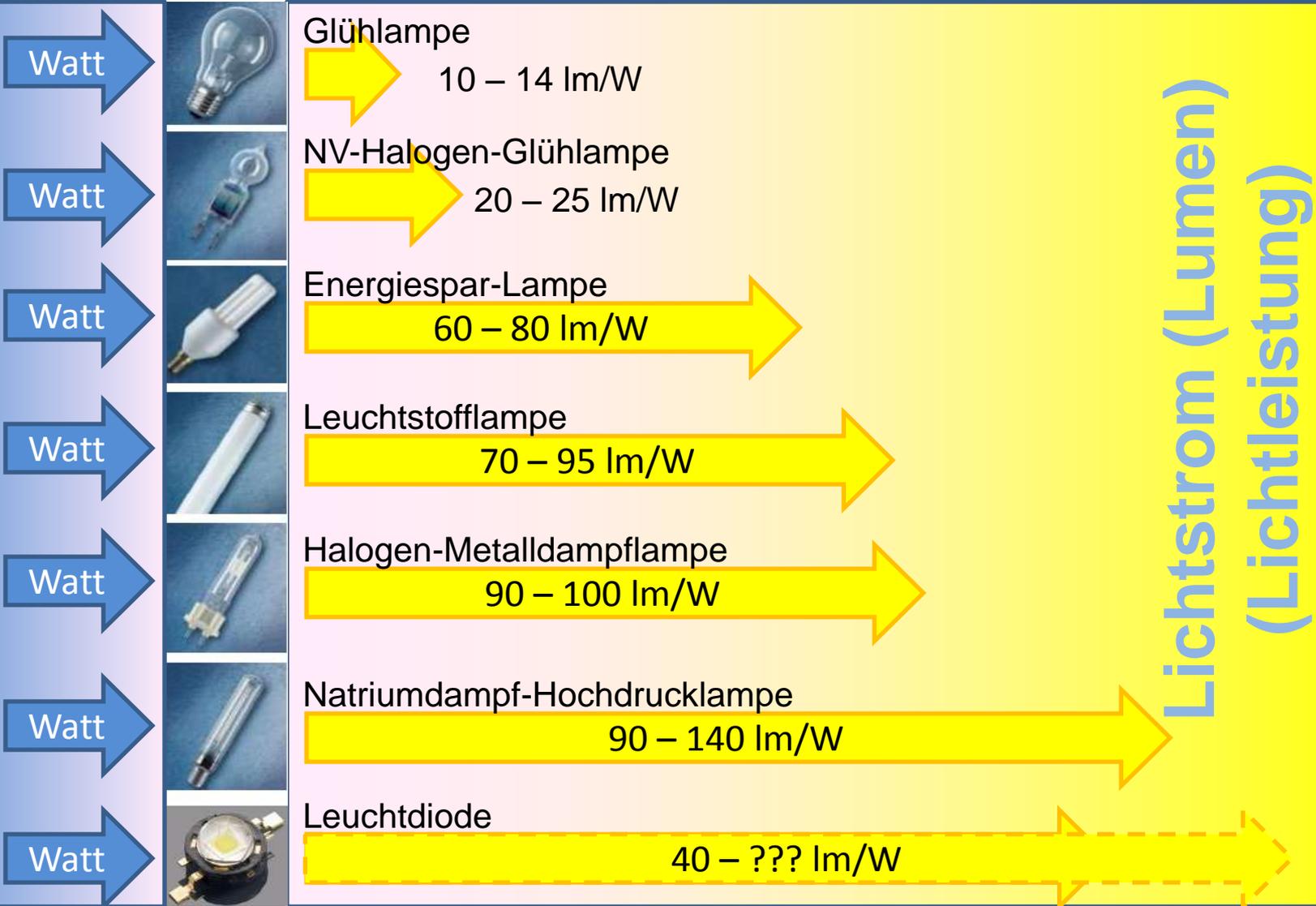
- **Lichtausbeute** beschreibt die **Energieeffizienz** (Wirkungsgrad) einer Lichtquelle
- Ist definiert als das **Verhältnis** der Menge des **abgestrahlten Lichtstroms** ( $\Phi$  in lm) zur eingesetzten **elektrischen Energie** (P in W)
- Einheit der Lichtausbeute  $\eta$  ist „**lm/W**“

$$\eta = \frac{\Phi}{P}$$

# Vergleich Wirkungsgrad

# LED

Elektrische Leistung



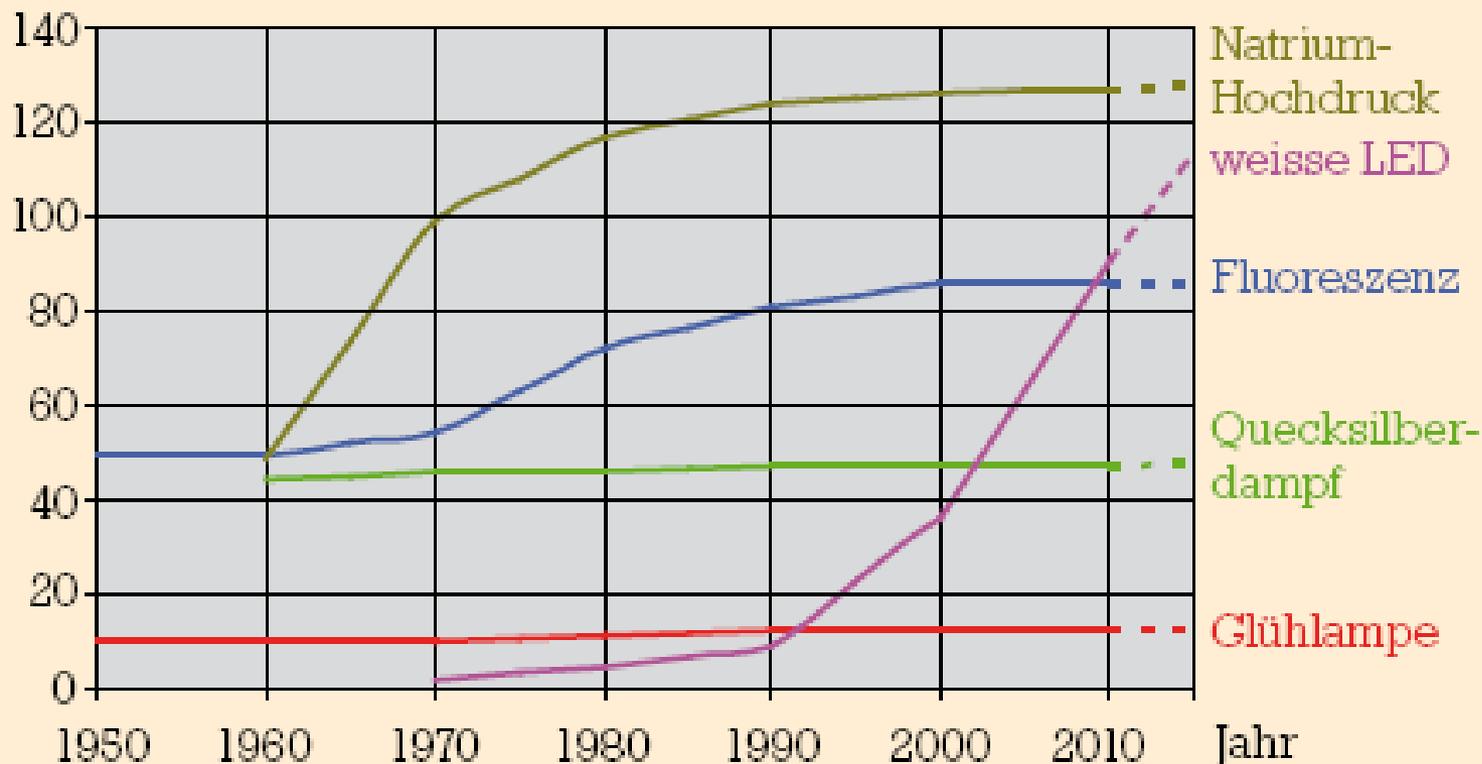
Lichtstrom (Lumen)  
(Lichtleistung)

# Entwicklung Lichtausbeute

# LED

## Entwicklung der Leuchtmittel

Lichtausbeute [Lumen pro Watt]



# NUMO 5W LED = 40 W Glühlampe

# LED

## BIOLEDEX® NUMO 5W E27 LED Birne 400 Lumen Warmweiss

Artikeldatenblatt drucken 

Lieferzeit:    Artikel am Lager

Art.Nr.: B27-8071-544



LED

Serie

Sockel

Lichtfarbe

Abstrahlwinkel

Lichtstärke

Farbtemperatur

Spannung

Abmessungen

Verbrauch

Betriebsdauer

Zertifikat

Umweltschonende  
Retrofit LED Leuchtmittel

NUMO

E27

Warmweiss

ca. 360°

ca. 400 Lumen

ca. 3000 K

Typ. 230V / max. 240V

Ø 39 mm x 110 mm

ca. 5,0 Watt

~ 50.000 Std.

TÜV Rheinland geprüft

# „Watt soll ich denn nun kaufen?“

# LED

Farbtemperatur

Candela

Beleuchtungsstärke



Lumen

Lichtausbeute



Lichtstärke

Lichtfarbe

Lichtstrom



Abstrahlwinkel

Wirkungsgrad

Farbwiedergabeindex

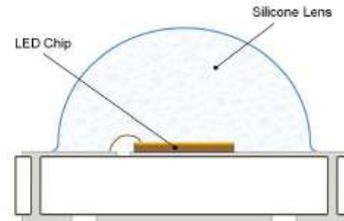
[www.LEDclusive.de](http://www.LEDclusive.de)

# Lebensdauerkurve einer Power-LED

# LED

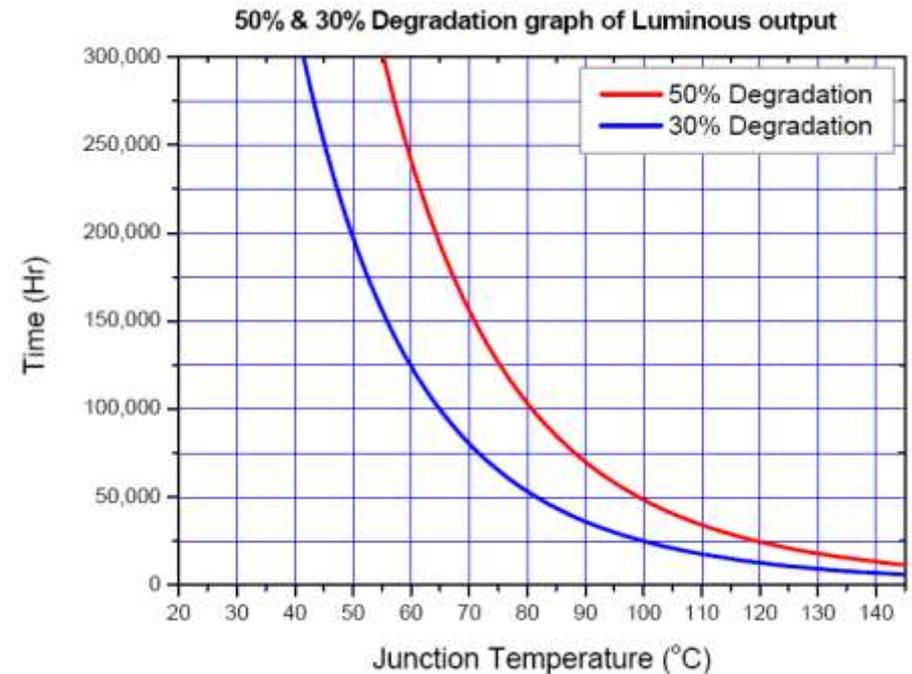
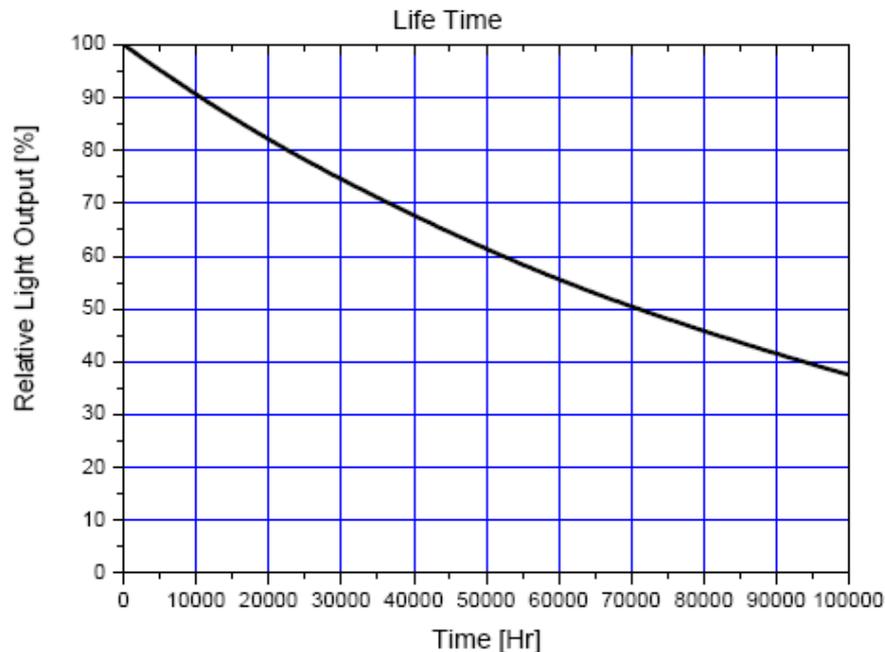
**Relative Lichtleistung  
in Abhängigkeit der  
Temperatur**

$T_j = \text{const.} = 90^\circ\text{C}$



**Lebensdauer in Abhängigkeit  
der Betriebstemperatur ( $T_j$ )**

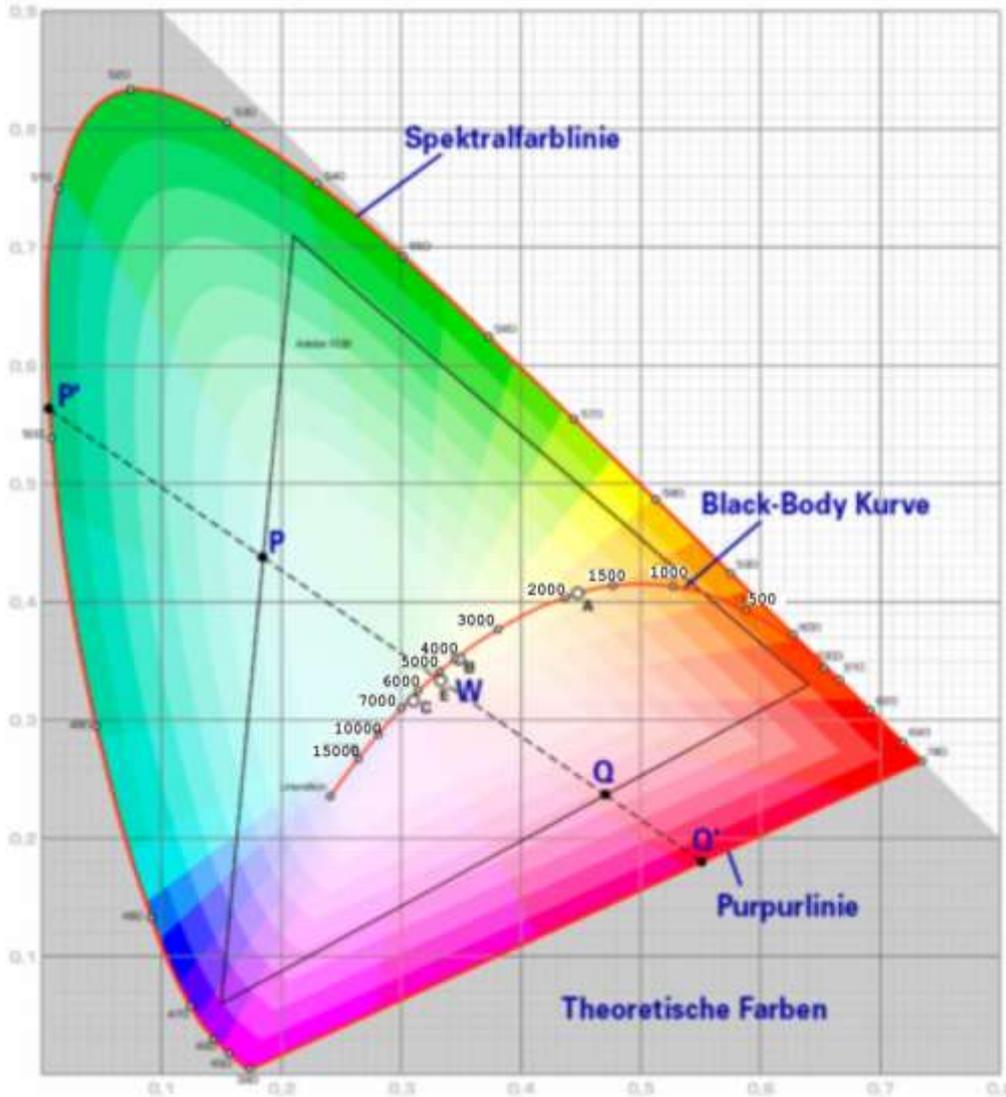
Degradation: 30% bzw. 50%



Quelle: Life Time Graph of Z-Power P4 @350mA (1W) – (Pure White Series)

# Farbtemperatur

# LED



## Lichtquellen

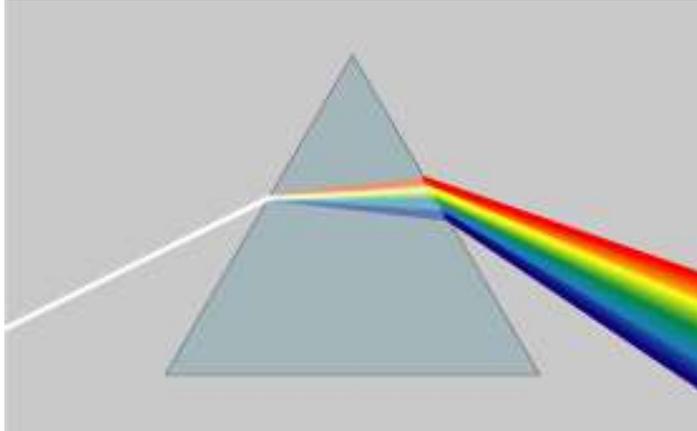
## Farbtemperatur

Rotglut (Grillkohle)	600 Kelvin
Kerze	1500 Kelvin
Natriumdampf Lampe	2000 Kelvin
Glühlampe (40 W)	2200 Kelvin
Glühlampe (100 W)	2800 Kelvin
Halogenlampe	3000 Kelvin
Abendsonne, späte Dämmerung	3500 Kelvin
Leuchtstofflampe (kalt)	4000 Kelvin
Xenon-Lichtbogenlampe	4700 Kelvin
<b>D50-Lampe (Standard für Druckereien)</b>	<b>5000 Kelvin</b>
Morgen- / Abendsonne	5000 Kelvin
Vormittags- / Nachmittagssonne	5500 Kelvin
Elektronblitzgerät	5500 Kelvin
Bewölkte Mittagssonne	5700 Kelvin
Bedeckter Himmel	7000 Kelvin
Nebel, Dunst	8000 Kelvin
Himmel, kurz vor/nach Sonnenaufgang / Sonnenuntergang	11000 Kelvin
Nördliches Himmelslicht	20000 Kelvin

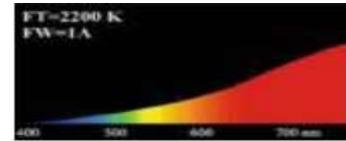
kalt-weiß    Neutral-weiß    Warm-weiß  
Tageslicht    Pur-weiß

# Lichtspektrum, Farbwiedergabeindex

# LED



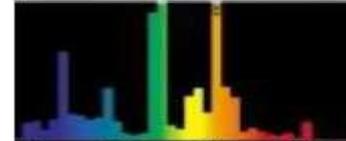
Farbspektrum durch Lichtbrechung



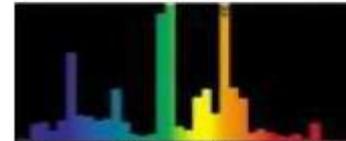
100



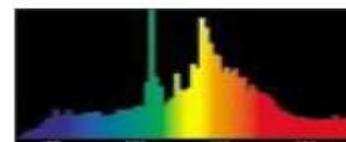
100



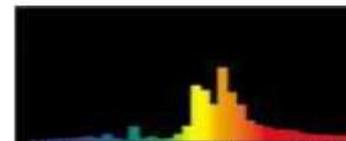
55 - 70



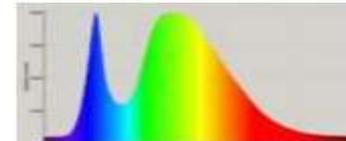
95



70 - 90



20 - 30



75 - 90

Farbwiedergabeindex  
(Ra; CRI)

# Lichtspektrum, Farbwiedergabeindex

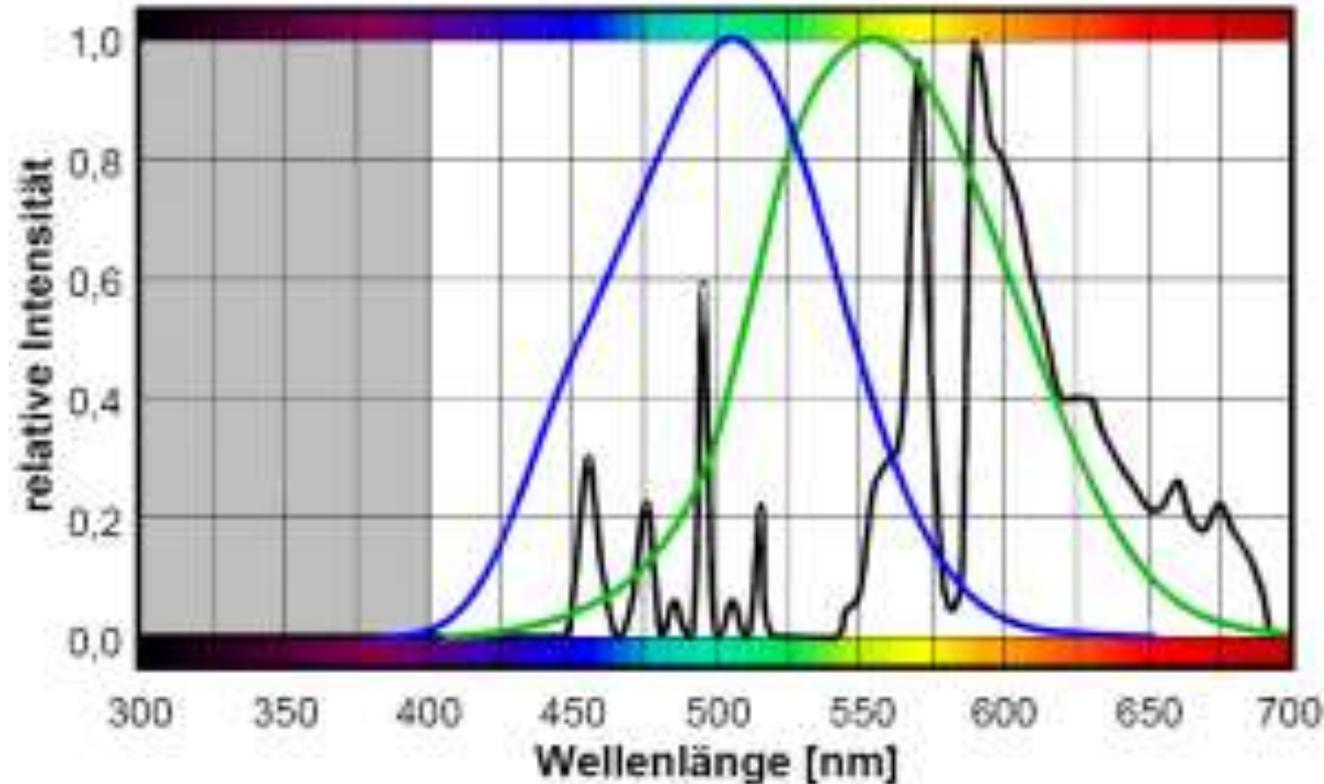
# LED



Mit freundlicher Unterstützung Kompetenzzentrum Licht ([www.k-licht.de](http://www.k-licht.de))

# Spektrum Natrium-Dampf Lampe

# LED



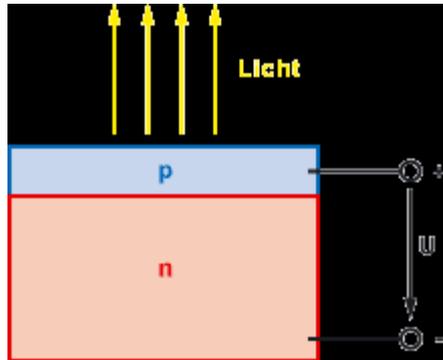
Gelbes Licht der Natriumdampfleuchte (NAV)  
lässt grüne oder blaue Objekte kaum erkennen !

Ra, CRI: ca. 20-30

Sicherheitsrisiko !!

# Funktionsweise einer LED

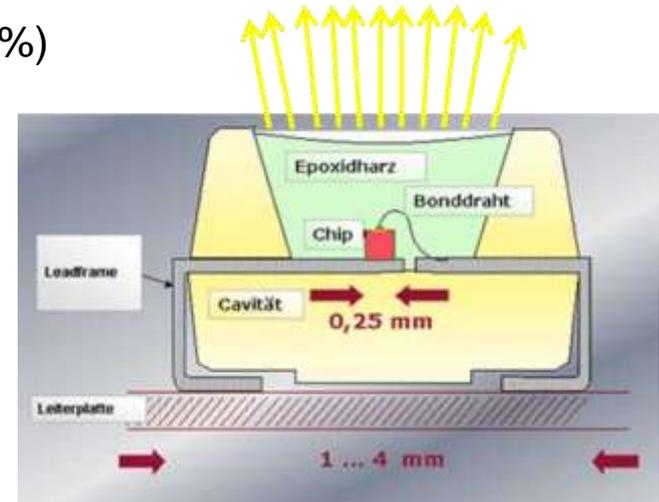
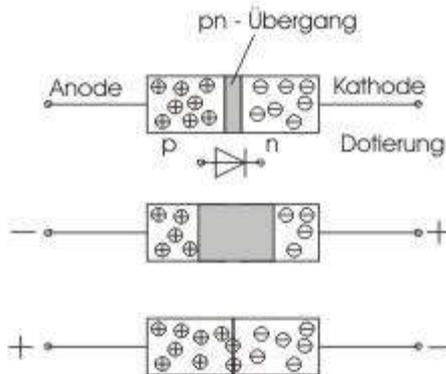
# LED



## Elektrolumineszenz

- Eine LED besteht aus zwei unterschiedlich gepolten Halbleitern.
- Bei Betrieb in Durchlassrichtung kommt es zu einer Rekombination von Elektronen mit Löchern.
- Die bei diesem Vorgang freiwerdende Energie wird als Lichtstrahlung abgegeben. (ca. 30%)

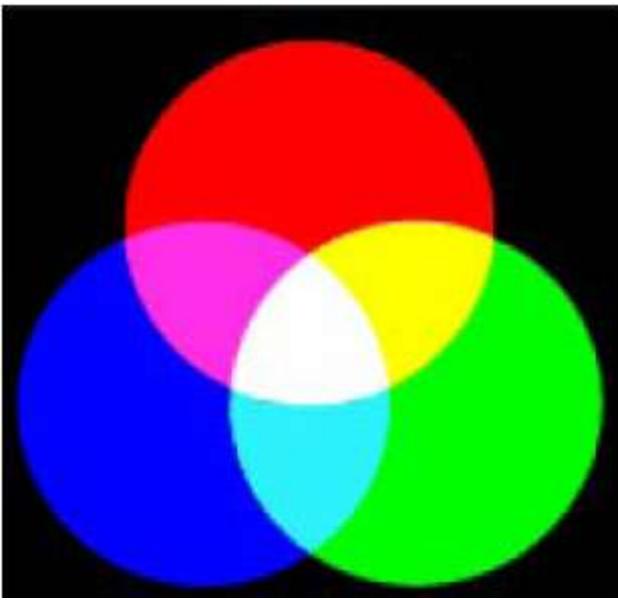
### Diode PN Übergang



- Galliumarsenid (GaAs)
- Galliumarsenidphosphid (GaAsP)
- Galliumphosphid (GaP)
- Aluminium-Indium-Gallium-Phosphat (AlInGaP) für Rot, Rot-Orange, Amber
- Indium-Gallium-Nitrogen (InGaN) für Grün, Cyan, **Blau**, (**Weiß**)
- GalliumNitrid (GaN) für Blau

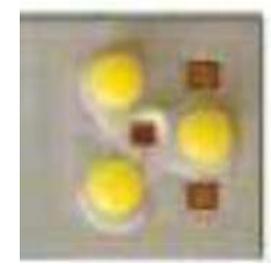
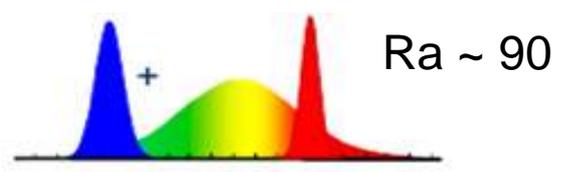
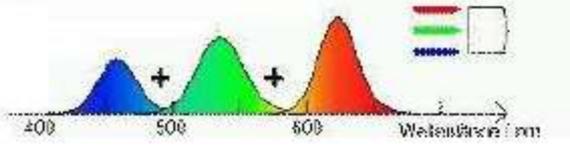
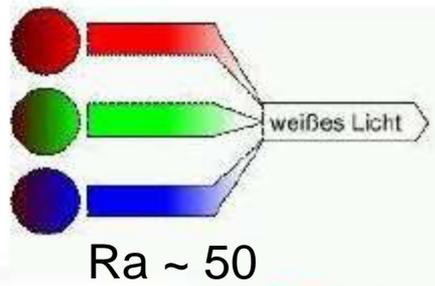
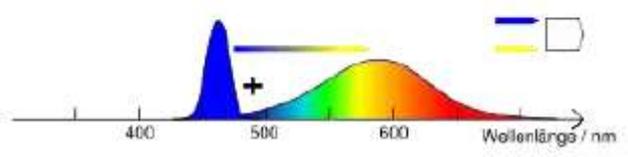
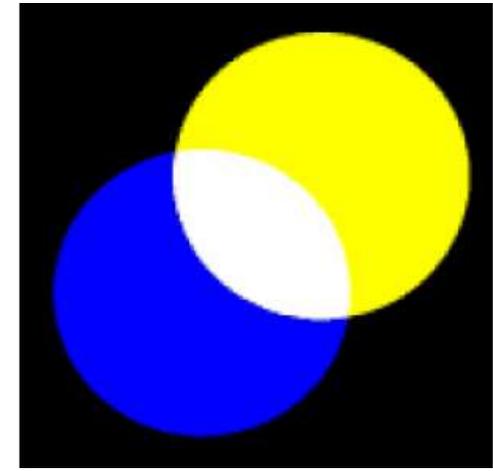
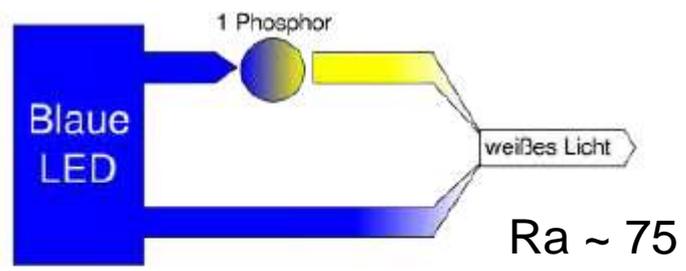
# Farbmischung

# LED

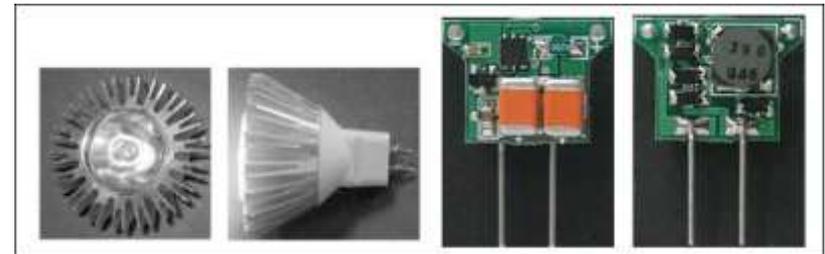


rot + grün + blau =  
 blau + gelb =  
 grün + magenta =  
 cyan + rot =

} **weiss**

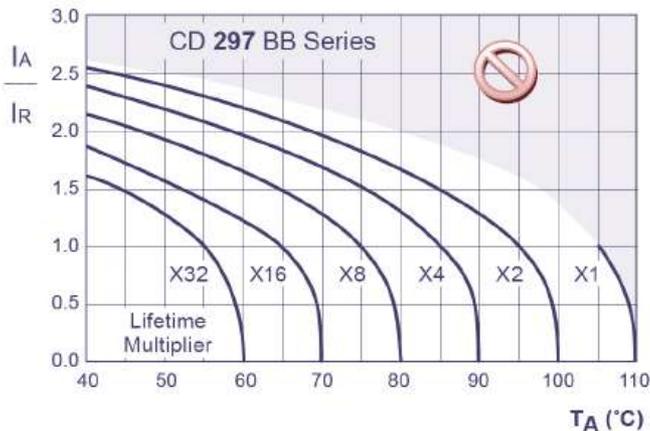
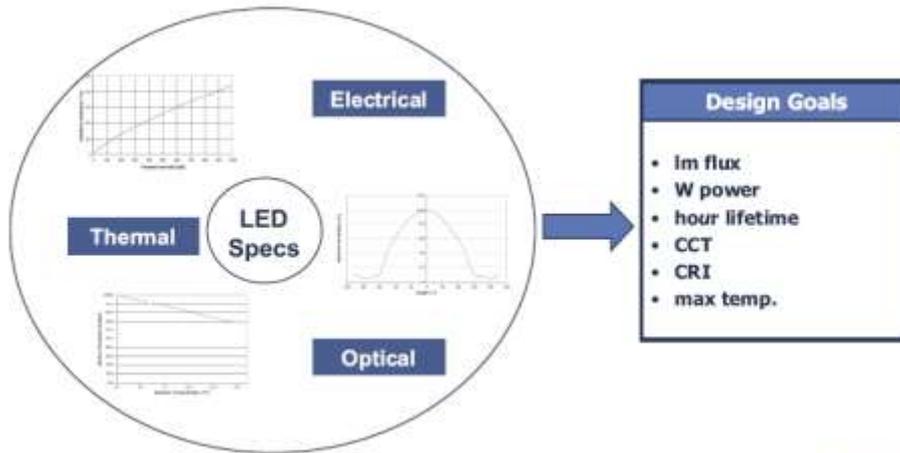


- Gehäuse ggf. mit Glasabdeckung
- Reflektoren/Optiken
- Power-LEDs
- Leiterkarte für LED
- Kühlung (akt./pass.)
- LED-Treiber (VSG)
- Optionale Elektronik
  - Dimmer (Helligkeitsregelung, man./aut.)
  - Sensortechnik (Präsenzmeldung, Lichtsensorik)
  - Temperaturregelung
  - Degradationskompensation
  - Farbsteuerung (ggf. via Fernbedienung)

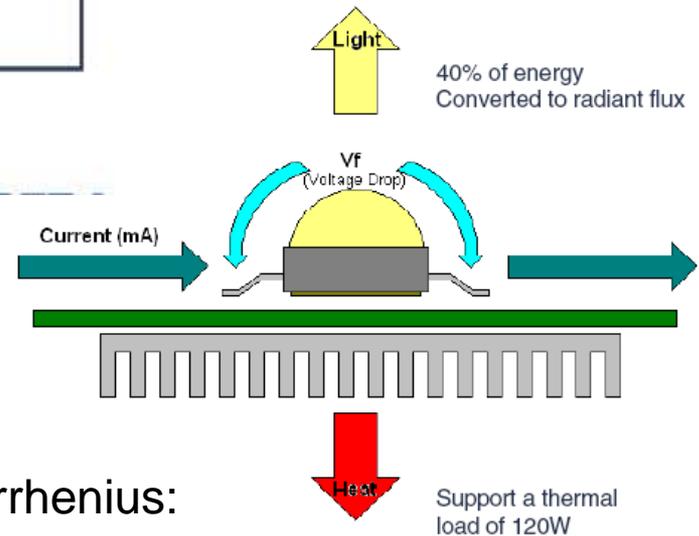


# Optimales LED-System

# LED



System to operate at less than 200W



Faustformel von Arrhenius:  
 Je 10 Kelvin Erhöhung  
 -> Halbierung der Lebensdauer

Quelle: Cree

# Formen von LED-Lampen (Retrofits)

# LED



# Look and feel

# LED



# LED-Leuchten

# LED

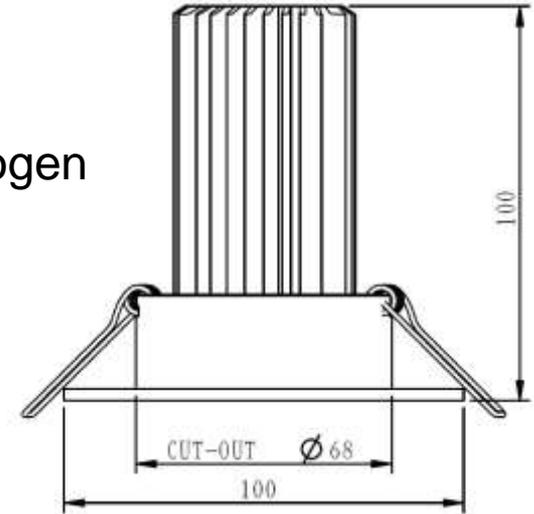
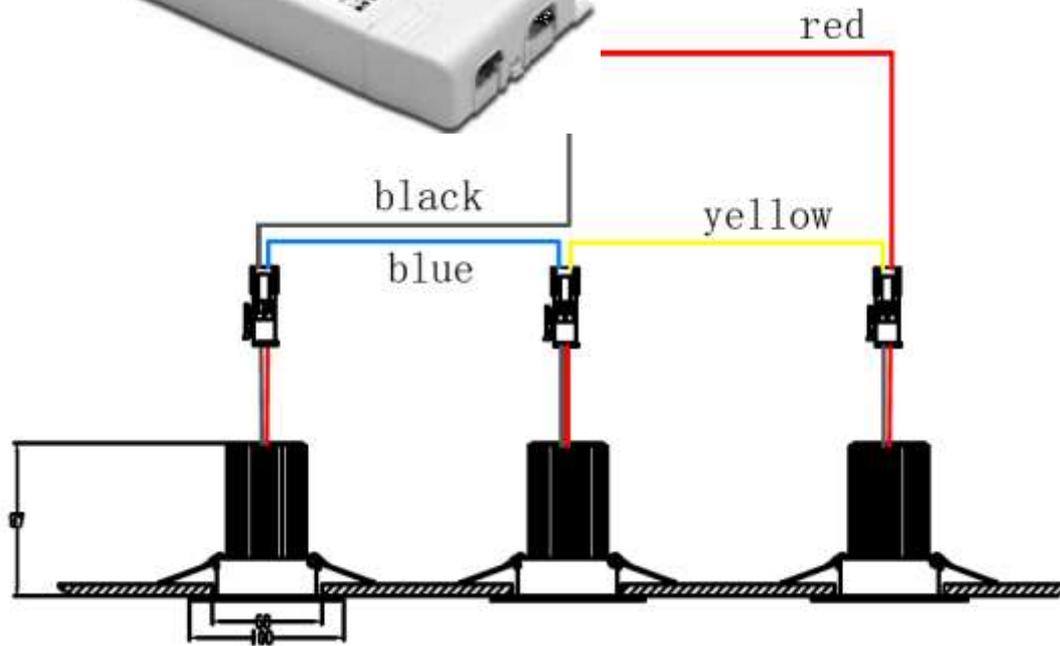


# Effizientes LED-System

# LED

## LED++ Profistrahler

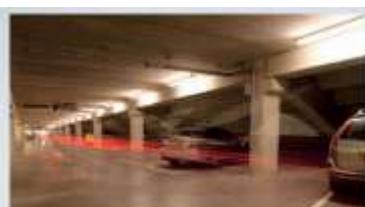
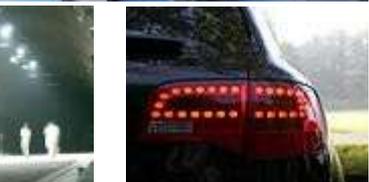
10W LED ersetzt 50W Halogen



# Anwendungsbereiche LED

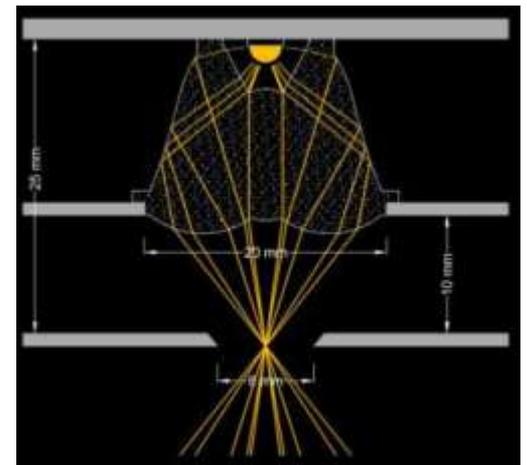
# LED

- Verkehrszonen (Flughäfen/Bahnhöfe)
- Industrie/Handwerk
- Büros (Computer/CAD)
- Sportstätten
- Gesundheit/Krankenhäuser
- Öffentliche Bereiche
- Verkaufsräume
- Parkbauten
- Notbeleuchtung
- Showroom/Objektbeleuchtung
- Straßenbeleuchtung
- Tunnelbeleuchtung
- Maschinen
- Bodenleuchten/Markierungen
- .....



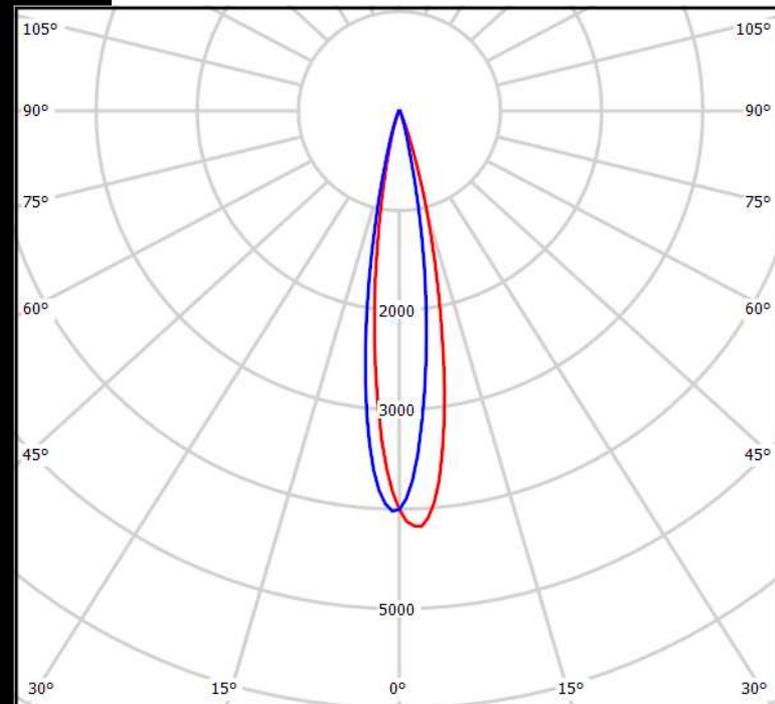
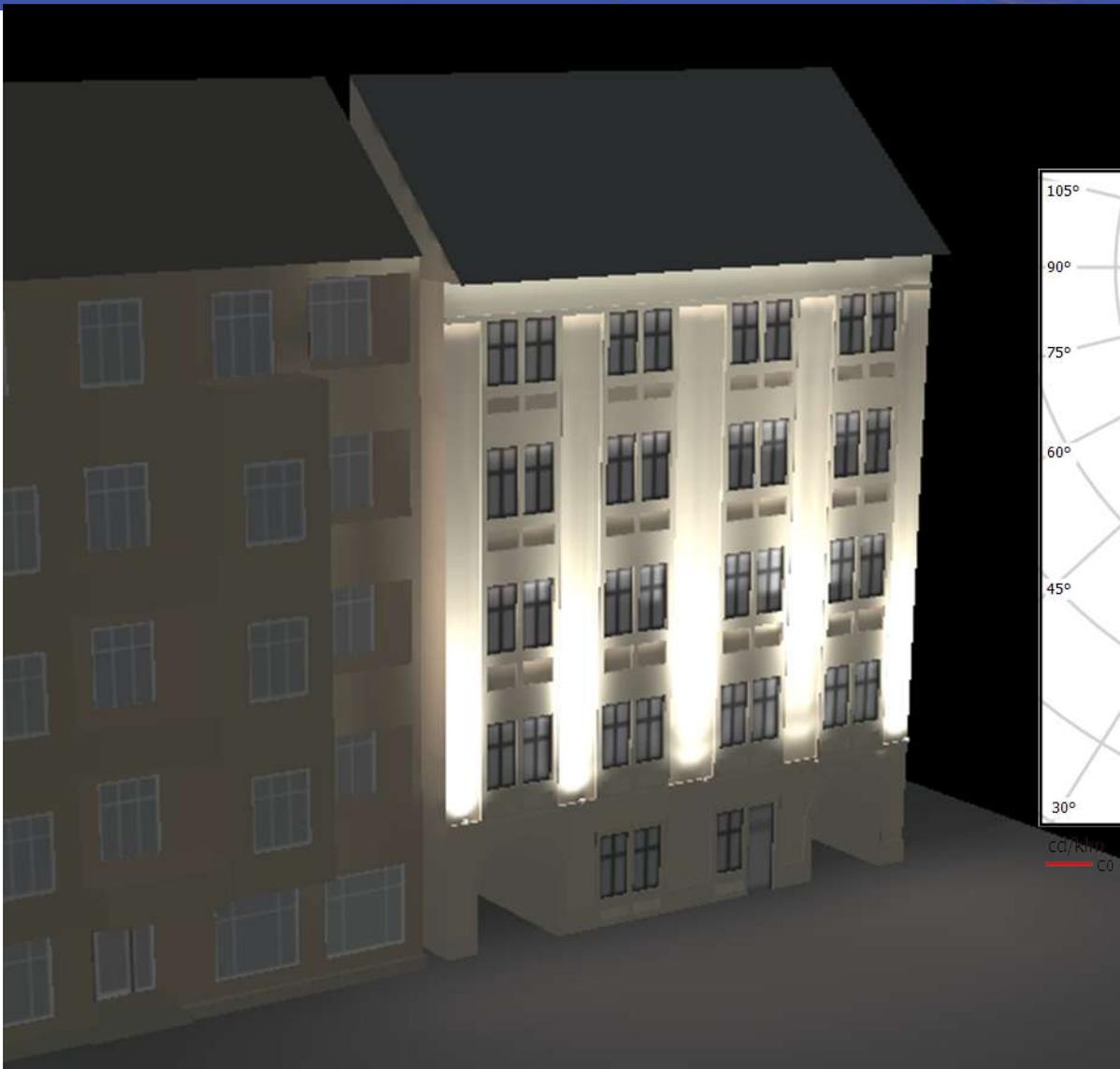
# Neue Ideen: Licht durch Löcher

# LED



# Wallwasher-Optiken

# LED

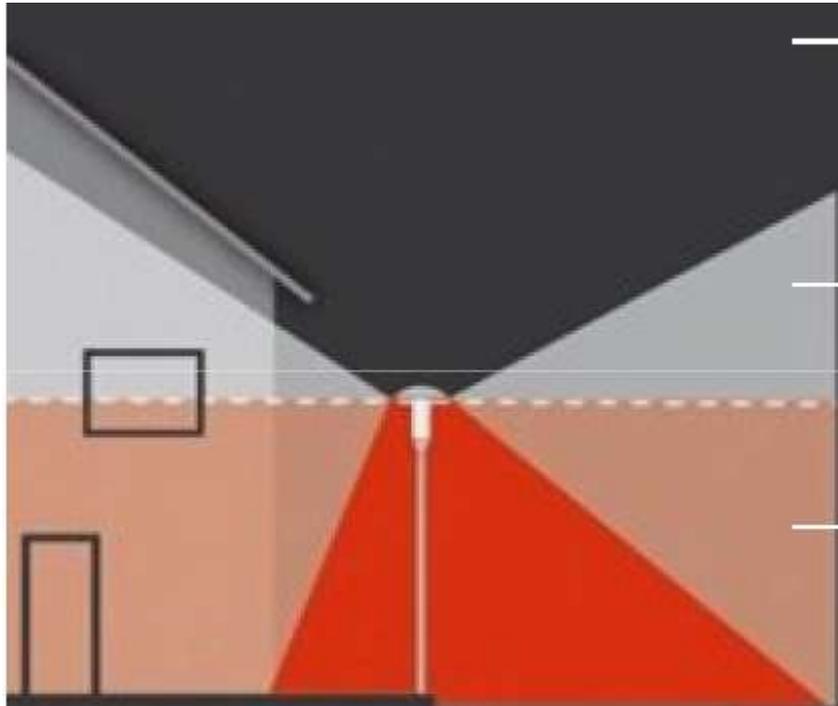


Cd/Klm  
— C0 - C180 — C90 - C270

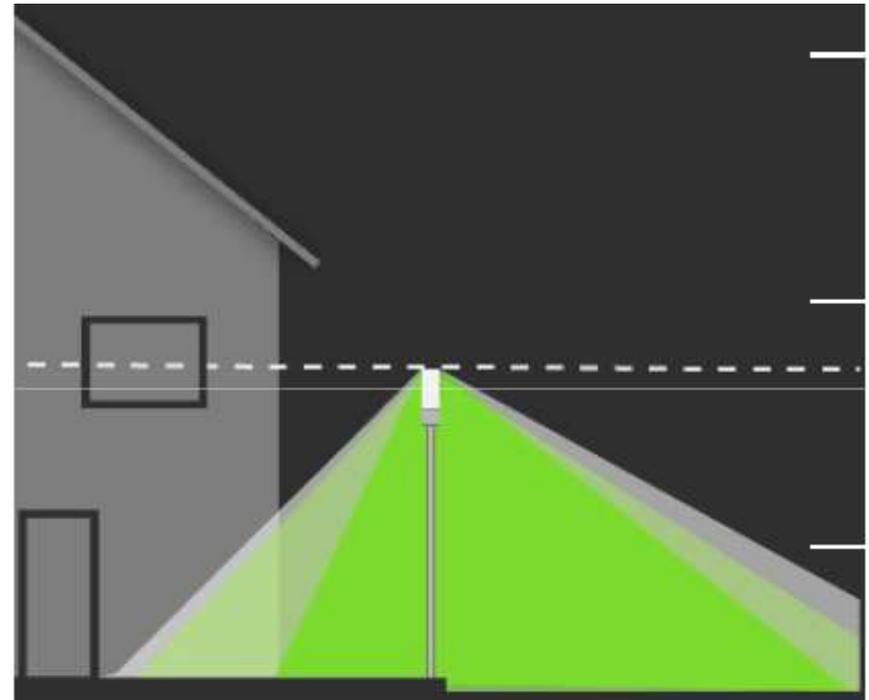
$\eta = 48\%$

# Licht effizienter Nutzen

# LED



Ca. 40 % genutzer Lichtstrom

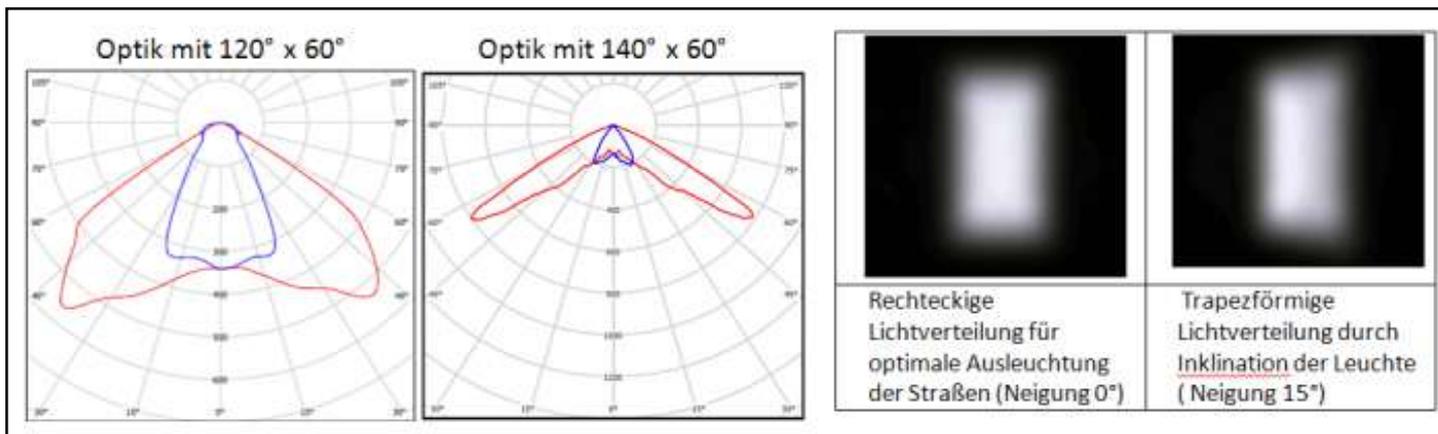
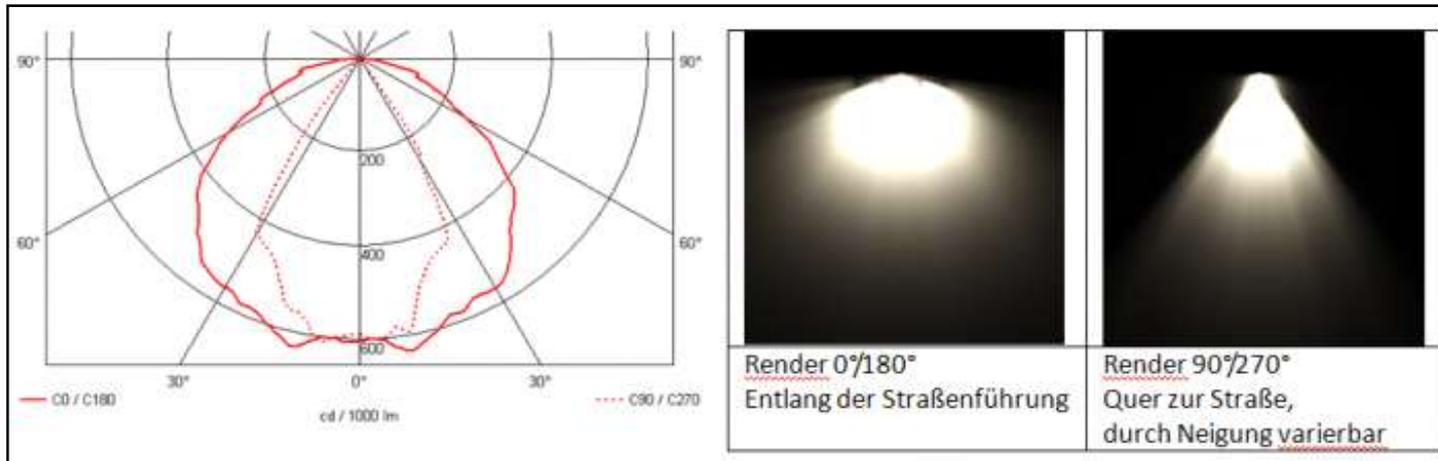


Ca. 40 % genutzer Lichtstrom

Licht, nur dort, wo es benötigt wird !!

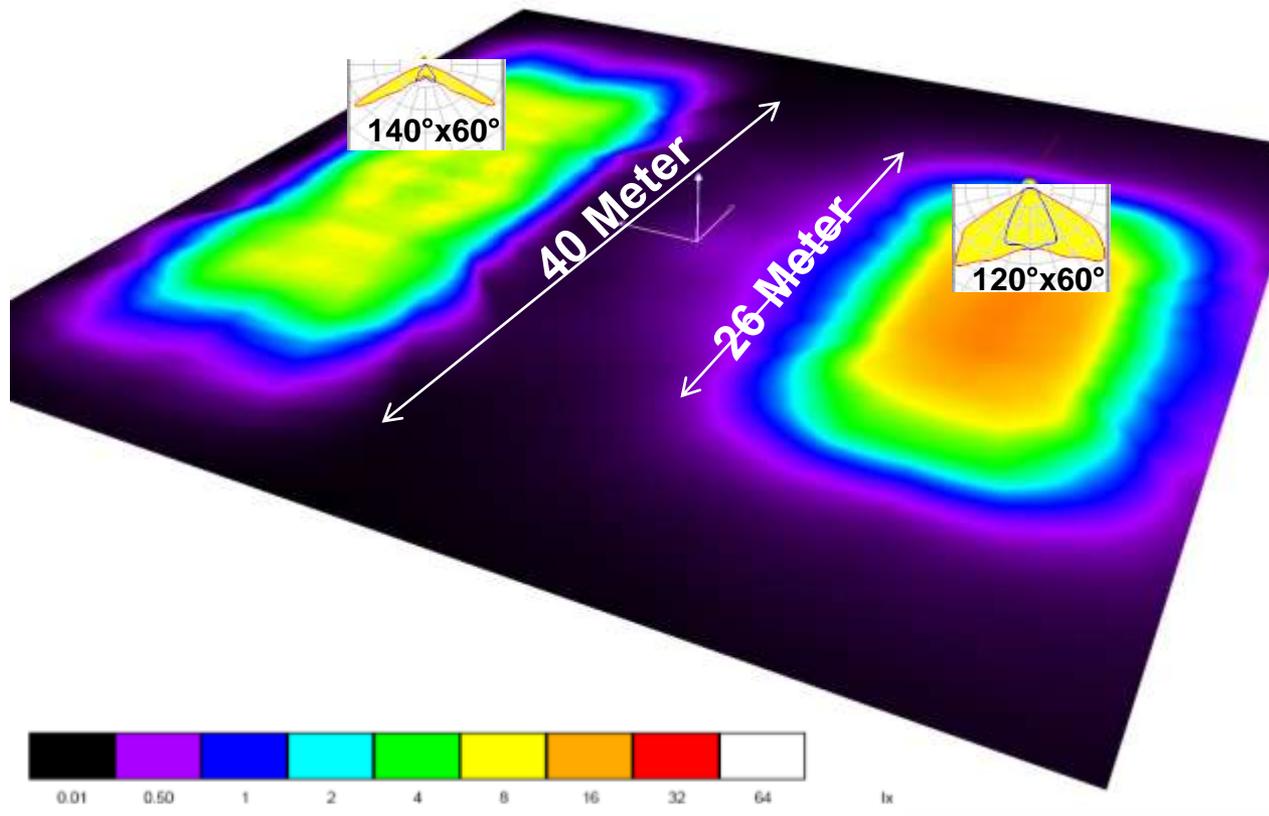
# Abstrahlwinkel/Lichtverteilung

# LED



# Lichtverteilung der neuen Jupiterserie II

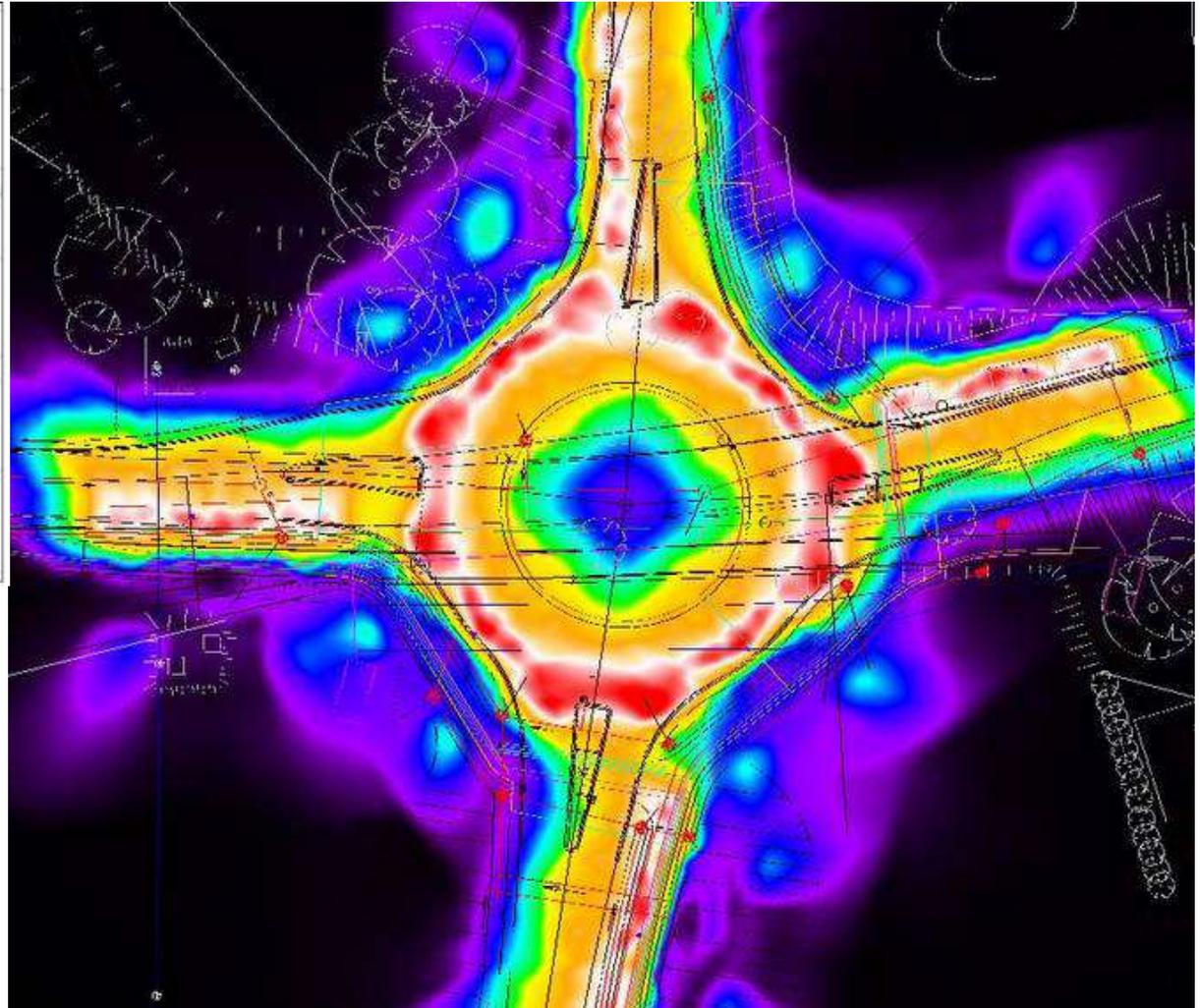
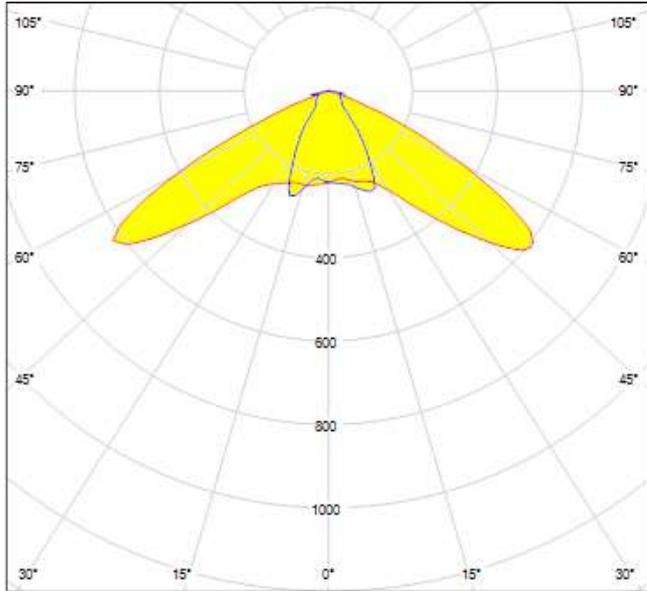
# LED



Daten:

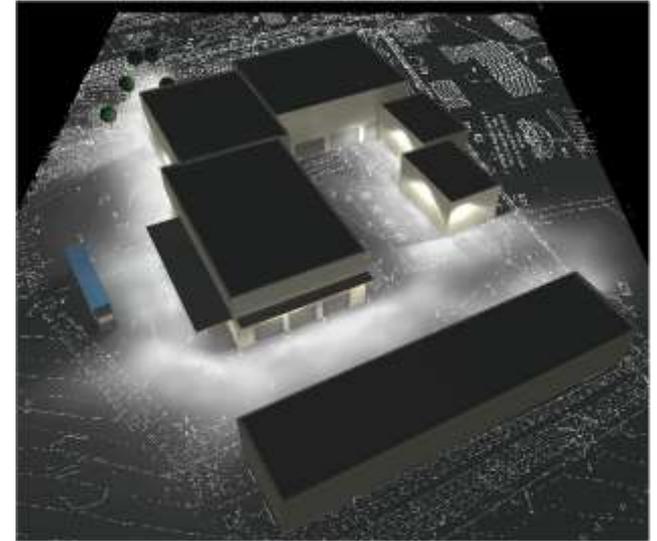
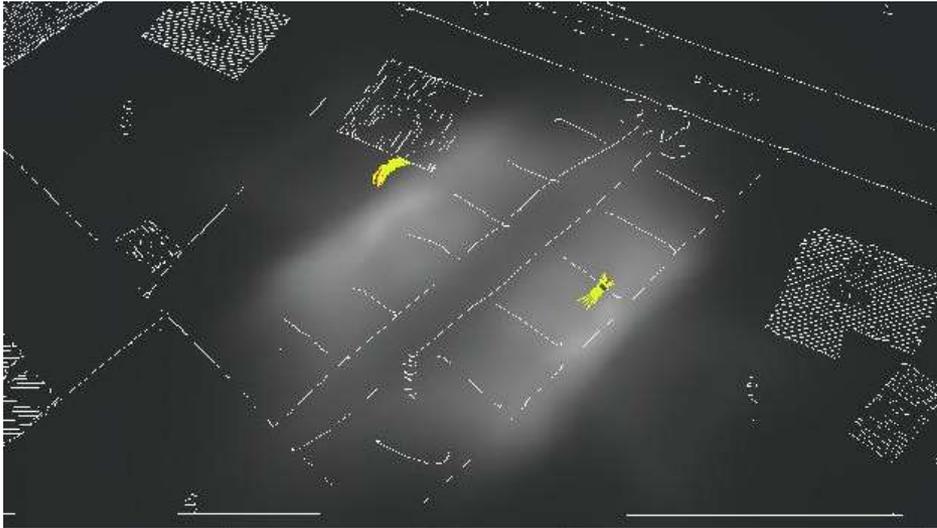
Masthöhe 8m,  
Jede Leuchte: 5280 lm,  
Systemleistung: 69W  
Realisierung durch  
Hochwertige Optikmodule

[www.LEDclusive.de](http://www.LEDclusive.de)



# Parkplatz/Straßenbeleuchtung

# LED



# Spar-Beispiel im Hotel-Flur

# LED



Glühbirne  
40 W  
30 Lux

LED  
5 W  
28 Lux

# Sparen mit LED Lampen

# LED

**Lebensdauer einer Glühlampe:**  
**Durchschnittlich ca. 1000 Std**

= 200 Tage a 5 Std

= 100 Tage a 10 Std.

in Hotels/Restaurants bei 10 Std/täglich

→ 3 x jährlich Gluhlampenwechseln,

Materialkosten: 3 x 1€ + Personalaufwand

→ Materialkosten (30 Glühbirnen)

in 10 Jahren: **30 €**



**Glühbirnen 40W**

**Stromkosten:**

30.000 Std. x 40W x 17ct/kWh

→ **204 €**

**Gesamtkosten: 225 €**

**Lebensdauer einer LED - Lampe:**  
**30.000 Std** (bis zu 50.000 Std)

= 3000 Tage a 10 Std

= ca. 10 Jahre a 10 Std.

→ Materialkosten (1 LED Lampe) : **21 €**



**LED Lampe 5W**

**Stromkosten:**

30.000 Std. x 5W x 17ct/kWh

→ **25,5 €**

**Gesamtkosten: 46,5 €**

**Einsparung: Gesamt 180 € -> je Jahr 18 €**

**Garantie 2 Jahre !!**

# Sparen mit LED Lampen

# LED

## Lebensdauer einer Glühlampe: Durchschnittlich ca. 1000 Std

= 200 Tage a 5 Std

= 100 Tage a 10 Std.

in Hotels/Restaurants bei 10 Std/täglich

→ 3 x jährlich Gluhlampenwechseln,

Materialkosten: 3 x 1€ + Personalaufwand

→ Materialkosten (30 Glühbirnen)

in 10 Jahren: **30 €**



## Glühbirnen 60W

### Stromkosten:

30.000 Std. x 60W x 17ct/kWh

→ **306 €**

**Gesamtkosten: 336 €**

## Lebensdauer einer LED - Lampe:

**30.000 Std** (bis zu 50.000 Std)

= 3000 Tage a 10 Std

= ca. 10 Jahre a 10 Std.

→ Materialkosten (1 LED Lampe) : **31 €**



## LED Lampe 10W

### Stromkosten:

30.000 Std. x 10W x 17ct/kWh

→ **51 €**

**Gesamtkosten: 82 €**

Einsparung: Gesamt 254€ -> **je Jahr 25,4€**

**Garantie 2 Jahre !!**

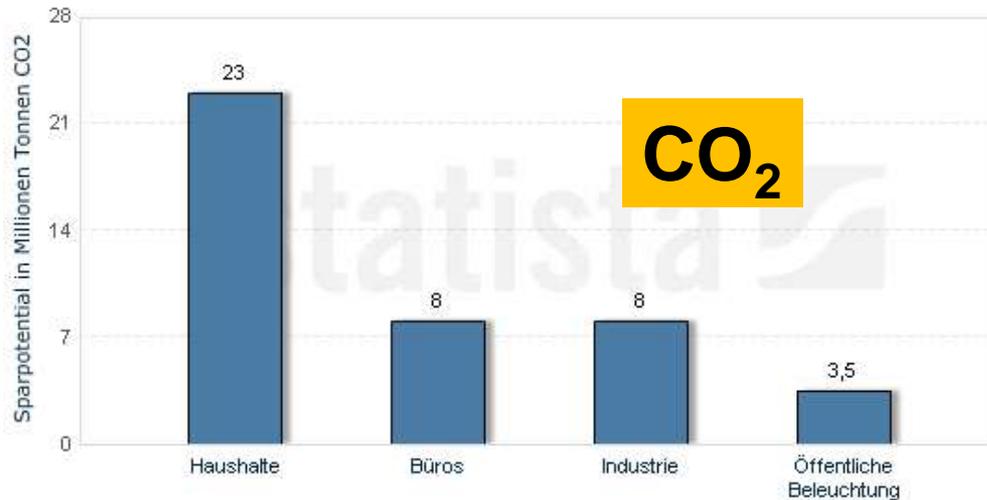
# Wirtschaftlichkeitsberechnung ☺

# LED

Amortisationsrechnung für 5W LED gegenüber 40W Glühbirne			
Leuchtdauer h/Tag	10	Stück	20
Tage/Jahr	365	Arbeitslohn Wartung €/Std.	
Leuchtdauer h/Jahr	3.650		
€/kwh	0,17 €		
<b>Konventionelles Leuchtmittel</b>		<b>LED</b>	
Watt herkömmlich	40	Watt LED	5
EK / St. herkömmlich	1,00 €	EK /St. LED	22,99 €
Einmalige Anschaffungskosten	20,00 €	Einmalige Anschaffungskosten	459,80 €
<b>Energiebetrachtung</b>		<b>Energiebetrachtung</b>	
kwh/Jahr	2.920	kwh/Jahr	365
<b>Stromkosten/Jahr</b>	<b>484,72 €</b>	<b>Stromkosten/Jahr</b>	<b>60,59 €</b>
<b>Wartung</b>		<b>Wartung</b>	
durchschnittliche Lebensdauer in Std	3.000	durchschnittliche Lebensdauer in Std	20.000
durchschnittliche Lebensdauer in <b>Monaten</b> auf oben basierender täglichen Leuchtdauer	<b>9,86</b>	durchschnittliche Lebensdauer in <b>Jahren</b> auf oben basierender täglichen Leuchtdauer	<b>5,48</b>
Ersatzbedarf pro Anlage im Jahr in St.	24	Ersatzbedarf pro Anlage im Jahr in St.	0
Ersatzkosten pro Jahr	24,33 €	Ersatzkosten pro Jahr	0,00 €
Wartungsstd. pro Jahr		Wartungsstd. pro Jahr	
Werklohn für Wartung	0,00 €	Werklohn für Wartung	0,00 €
<b>Wartungskosten/Jahr</b>	<b>24,33 €</b>	<b>Wartungskosten/Jahr</b>	<b>0,00 €</b>
<b>Gesamtkosten/Jahr</b>	<b>509,05 €</b>	<b>Gesamtkosten/Jahr</b>	<b>60,59 €</b>
		<b>Ersparnis bei LED Unterhalt/Jahr</b>	<b>448,46 €</b>
		<b>Amortisation in Jahren</b>	<b>1,03</b>

# Einsparpotenzial LED-Lampen

# LED



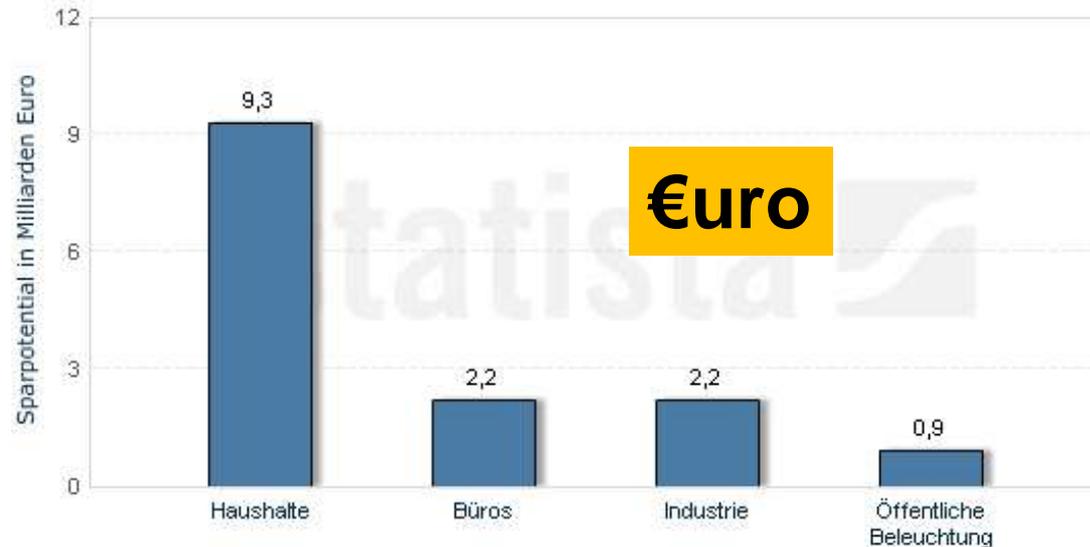
## Umwelt:

Geschätztes jährliches CO<sub>2</sub>-Einsparpotential mit LED-Lampen in der EU nach ausgewählten Bereichen in Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>

1 kWh = 0,598 kg CO<sub>2</sub>

## Geldbeutel:

Geschätztes jährliches Sparpotential mit LED-Lampen in der EU nach ausgewählten Bereichen in Milliarden Euro



© Statista 2010 powered by [IBM SPSS](#)  
Quelle: [McKinsey](#)

- Effizientes Leuchtmittel
- Aufgrund kleiner Baugröße, neue Anwendungsgebiete
- Problemlos dimmbar und schaltbar (PWM)
- Sehr hohe Lebensdauer
- In allen Lichtfarben verfügbar (Photobiologische Effekte)
- Wartungsfrei
- Kein Sondermüll, kein Quecksilber
- Gute Farbwiedergabe
- Gerichtetes Licht
- Stoß- und vibrationsfest
- Keine UV/IR-Strahlung (Museen, Schaufenster, Objektbeleuchtung, Metzger)

..aber: Sie mögen keine Wärme

## Kosten für die Herstellung: Die LED-Lampe im Vergleich zur Glühlampe

- Im Verbrauch sind die [LED Lampen](#) durchschnittlich um 80% sparsamer als die traditionelle Glühbirne.
- Laut einer Osram-Studie sind LEDs auch in der Herstellung primärenergetechnisch sparsamer.
- Zusammenfassung zum Artikel der Süddeutschen Zeitung: [LED-Lampen Vergleich](#)

Vergleich	Glühlampen 40W	LED-Lampe 8W
Anzahl	25 Glühlampen	1 LED Lampe
Betriebsstunden	25 * 1000 Std	25.000 Std.
Primärenergie für Herstellung	15 KWh	10 – 13 KWh
Energieverbrauch im Betrieb	3290 KWh	658 KWh
Energieverbrauch Gesamt “von der Wiege bis zur Bahre“	3305 KWh	668 KWh
Einsparung		<b>79,8 %</b>

Art des Raumes / der Tätigkeit	Nennbeleuchtungsstärke in Lux	Lichtfarbe
Empfangsräume	100	ww,nw
Sitzungs- und Besprechungszimmer	300	ww,nw
Technisches Zeichnen	750	ww,nw
Großraumbüros (mittlere Reflexion)	1.000	ww,nw
Optiker- und Uhrenmacherwerkstatt	1.500	ww,nw,tw
OP-Räume im Krankenhaus	20.000-120.000	nw

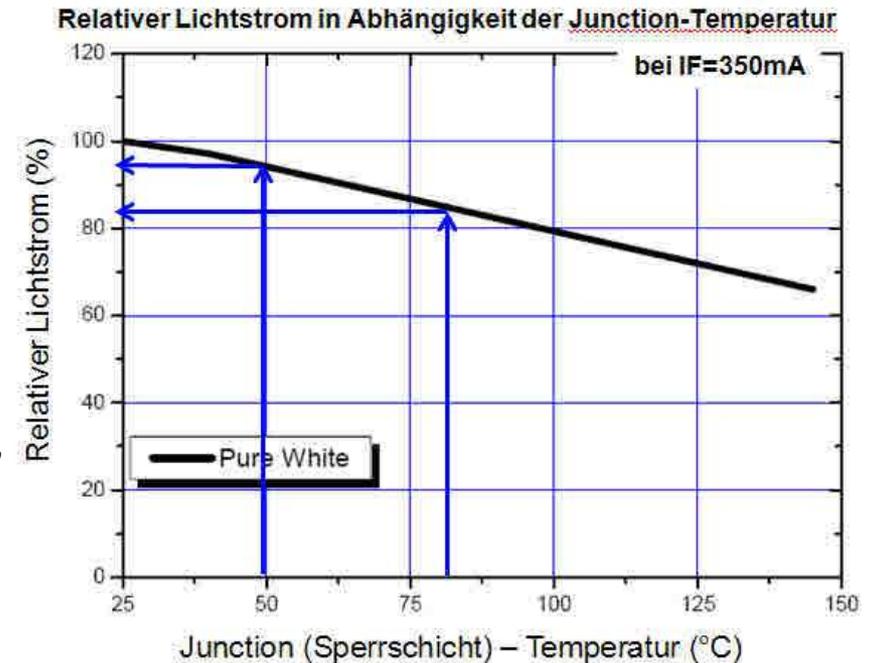
## Datenblattwerte oft nicht vergleichbar

- Lichtstrom ist Temperaturabhängigkeit
- Lichtstrom LED bzw. Lampe ungleich Leuchte  
Verluste durch Optiken/Glas
- Lebensdauer – LEDs halten ewig, aber .... LED-Treiber ??
- Betriebsbedingungen/Einbauort
- Weitere Infos siehe Webseiten

[www.led-profi.org](http://www.led-profi.org)

[www.allgolux.de](http://www.allgolux.de)

[www.ledclusive.de/blog](http://www.ledclusive.de/blog)



Eine 100lm-LED im 1-Watt Betrieb resultiert zu 54 lm/W Gesamteffizient

# Auch aufgepasst !

# LED

- Vorsicht bei elektronischen Trafos. Diese benötigen oft eine Mindestlast
- 3 \* 1W besser als 1 \* 3W
- Dimmbarkeit.. Nur die wenigsten, dann aber teurer. Kompatibilität !
- LED-Tubes: Einsparung sehr von Anwendung abhängig.



- LED Leuchten heute – Viel Phantasie ! Neue Freiheiten im Design.
  - LED Lösungen haben technische die Anforderungen der Allgemeinbeleuchtungssegmente erreicht.
  - Vorsicht bei Vergleich von Leistungsdaten  
Derzeit kein einheitliches Vorgehen der Hersteller bei Angabe von Leistungsdaten  
( Brutto-bzw. Netto-Lichtstrom, Systemlichtausbeute, Lebensdauer, ...)
  - Lebensdauer stark abhängig von der Anwendung  
Die System Zuverlässigkeit umfasst alle Komponenten
  - Im Markt vielfach umworbene >100 lm/W sind Theoriewerte und im Leuchtensystem heute noch nicht erreichbar.
  - Ra >> 90 noch eine techn. Herausforderung
  - Mech. u. wärmetechnische Probleme bei höheren LED-Leistungen (> 10W)
  - **Faustformeln für Retrofits (< 10W)**  
 $(\text{Watt})_{\text{LED}} = (\text{Watt})_{\text{Glühbirne}} / 7 \quad [-85\%]$   
 $(\text{Watt})_{\text{LED}} = (\text{Watt})_{\text{Halogen}} / 4 \quad [-75\%]$
- > 10W LED-Leistung → LED-Leuchte

„Erleuchtung“

LED



**VIELEN DANK  
FÜR IHRE  
AUFMERKSAMKEIT**

Tom Reichelt

[www.ledclusive.de](http://www.ledclusive.de)

[www.allgolux.de](http://www.allgolux.de)

[www.led-profi.org](http://www.led-profi.org)

[www.pyramid-projects.com](http://www.pyramid-projects.com)