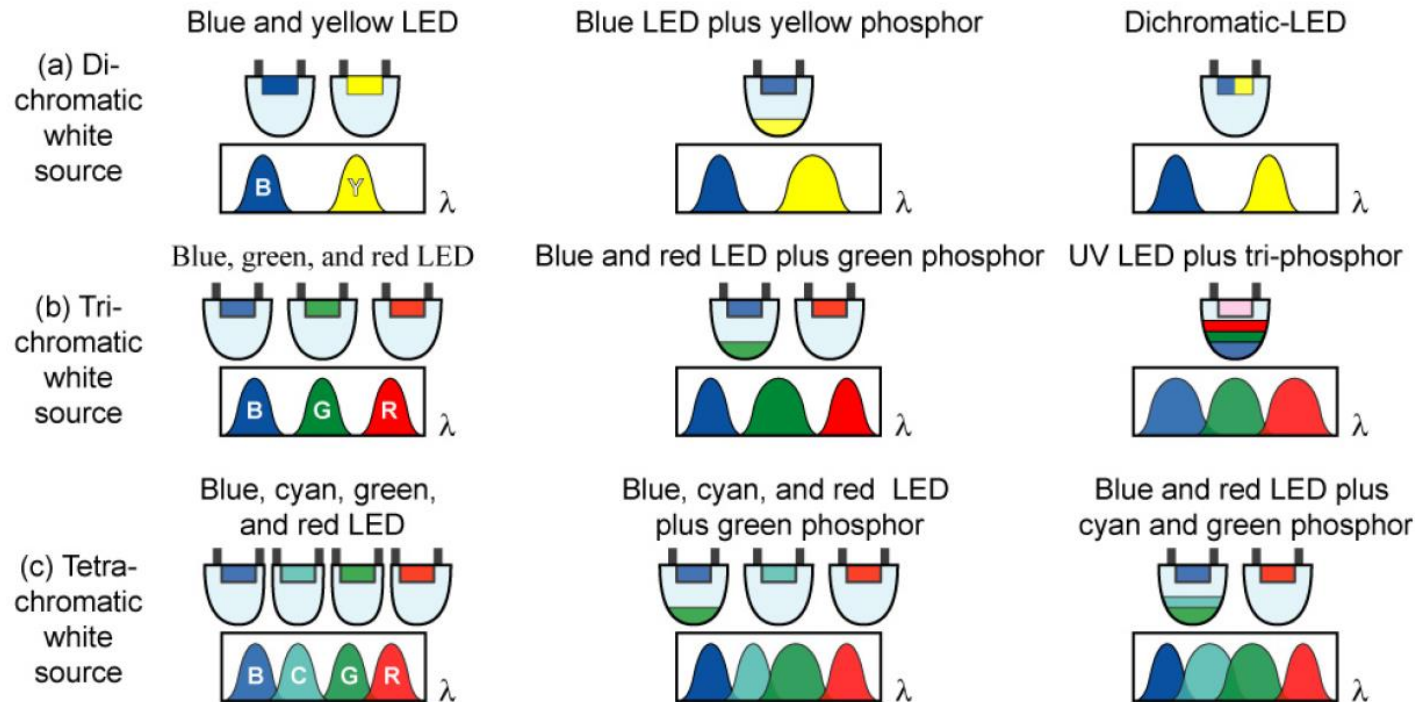


- I. Einleitung
- II. Optik in Halbleiterbauelementen
- III. Herstellungstechnologien
- IV. Halbleiterleuchtdioden
 - IV.1 Elektrisches Verhalten
 - IV.2 Emissionseigenschaften von LEDs
 - IV.3 Effizienzen
 - IV.4 Auskoppelverluste
 - IV.5 Erhöhung der Auskoppelleffizienz
 - IV.6 Weisse LEDs
 - IV.7 Thermomanagement
 - IV.8. Elektrischer Betrieb
 - IV.9 LED-Retrofits



- Di-chromatic with phosphor: Commercial success but limited color rendering ability (CRI < 80)
- Phosphor-based approaches: Excellent color stability
- Phosphor-based approaches: *Stokes-shift* energy loss unavoidable
- Tri-chromatic LED-based approaches

- There are different types of converters: Dyes, polymers, phosphors, and semiconductors
- **Phosphor** converters are most common type of converter
- Ce-doped YAG (yttrium aluminum garnet) is a common type of converter
- Phosphor-based white light emitters are very stable (no temperature dependence)
- Semiconductors and dyes have been used as converters but are not very common

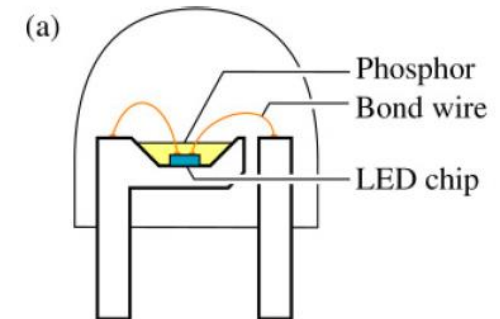
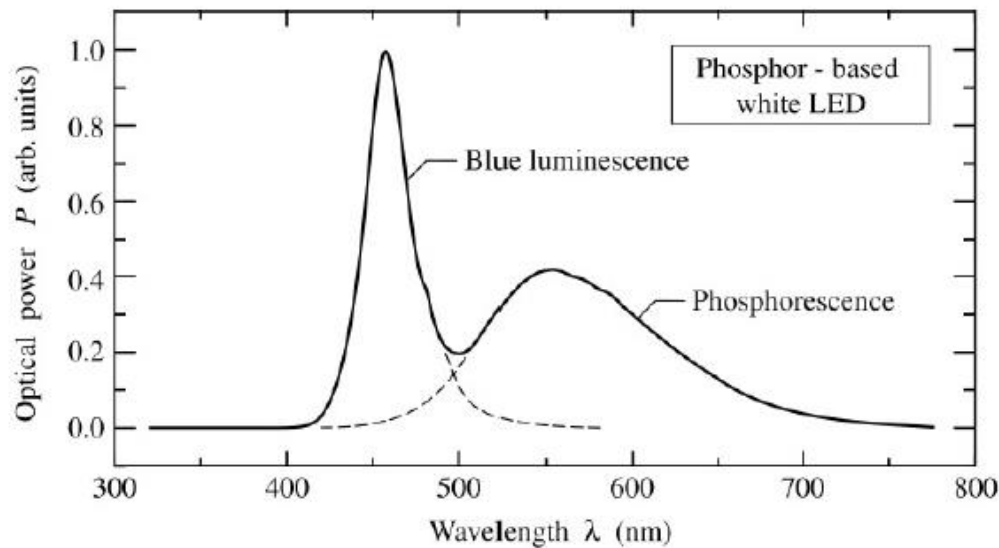
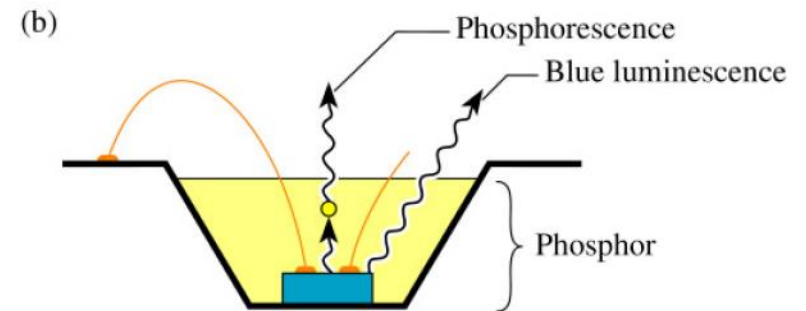
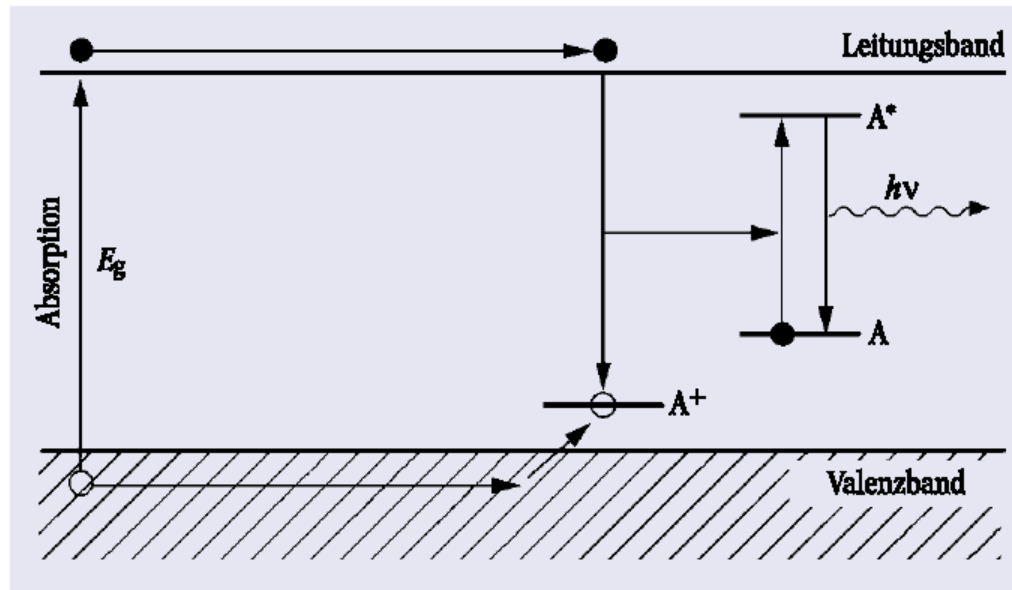


Fig. 12.6. Emission spectrum of a commercial phosphor-based white LED manufactured by the Nichia Chemical Industries Corporation (Anan, Tokushima, Japan).

- These white LEDs have bluish tint and high color temperature



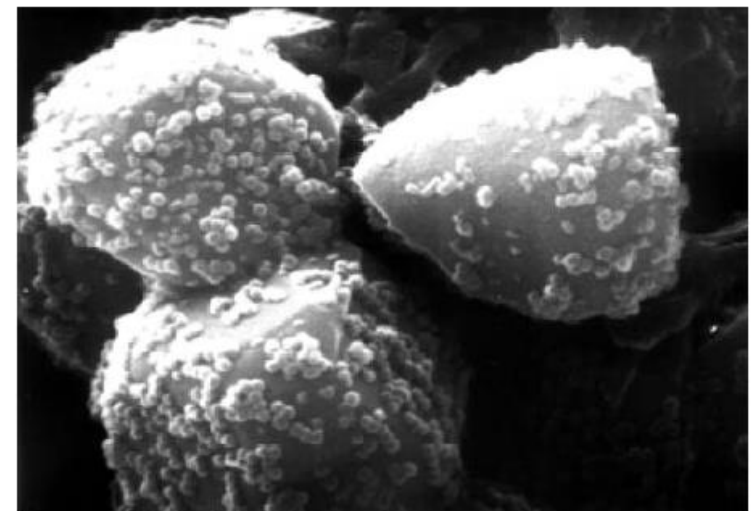
Leuchtstoffe



Prinzip eines
anorganischen
Leuchtstoffes

*REM-Aufnahme von
Leuchtstoffpartikeln
für Kathodenstrahl-
röhren*

Abb. 3:
Leuchtstoffe für
Kathodenstrahl-
röhren werden aus
verschiedenen
Gründen mit Oxi-
den beschichtet.
Die Aufnahme mit
dem Rasterelektro-
nenmikroskop
zeigt ca. 6 μm
große Leuchtstoff-
partikel
(ZnS:Cu,Al,Au),
die mit ca. 100 nm
großen SiO_2 -Teil-
chen bedeckt sind.



.... sind eine Wissenschaft für sich

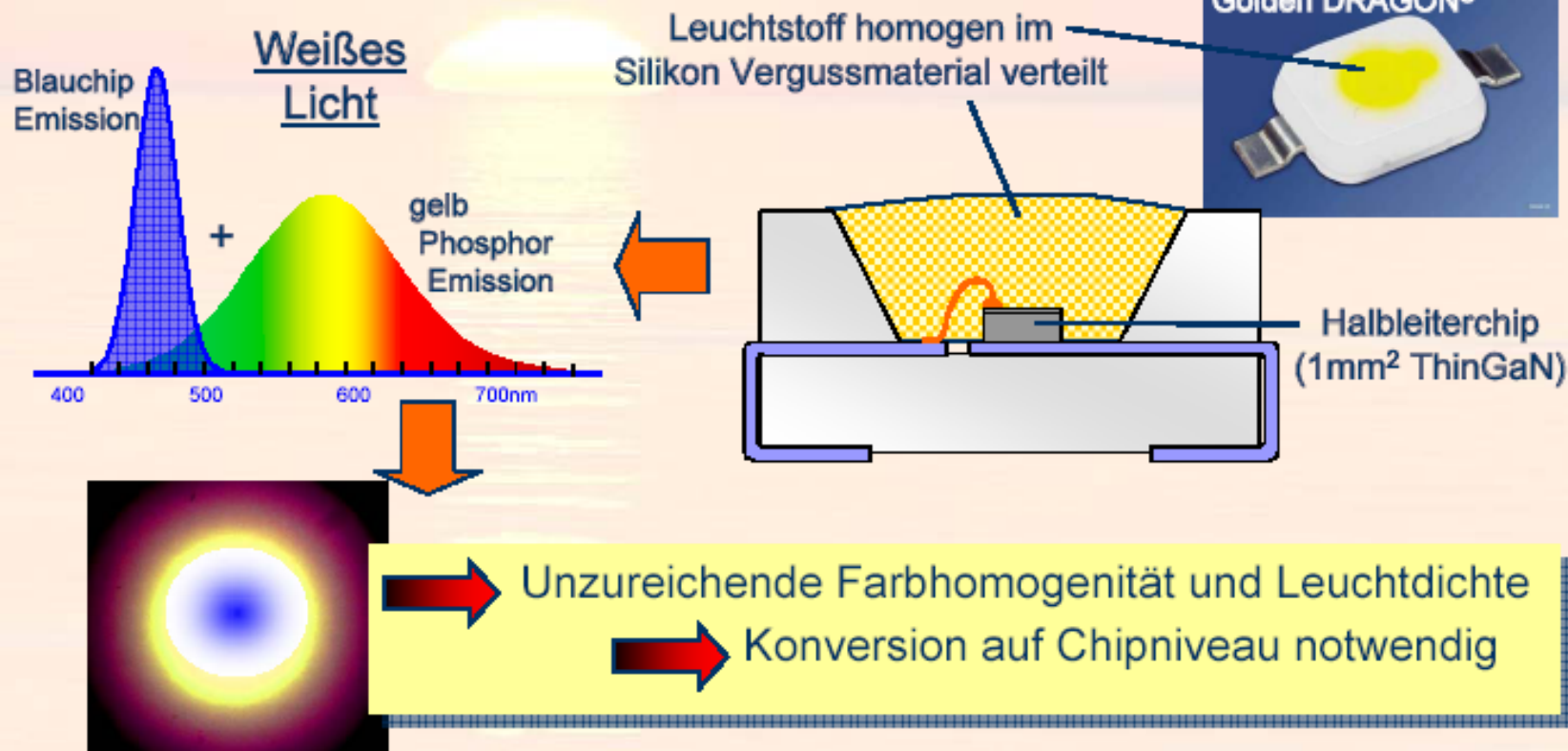
OE 6.6
SS 2016

Tabelle: Übersicht zu potentiellen Konversionsleuchtstoffen für LEDs

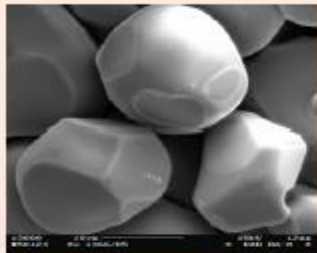
Konversionsleuchtstoff für LED	Aktivator	Emissionsfarbe	Anregungsbereich (nm)
$\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$	Ce	gelb	470
SrGa_2S_4	Eu^{2+}	grün	460
$(\text{Sr}, \text{Ca})\text{S}$	Eu^{2+}	rot	450
$\text{Sr}_2\text{Si}_5\text{N}_8$	Eu^{2+}	rot	400
SrAl_2O_4	Eu^{2+}	grün	400
$\text{Sr}_2\text{P}_2\text{O}_7$	$\text{Eu}^{2+}, \text{Mn}^{2+}$	grün-gelb	400
$\text{Sr}_4\text{Al}_{14}\text{O}_{25}$	Eu^{2+}	blau-grün	400
ZnS	Ag	blau	400
$(\text{Zn}, \text{Cd})\text{S}$	Cu, Al	grün	<400
$\text{Gd}_2\text{O}_2\text{S}$	Eu^{3+}	rot	380
$\text{Sr}_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}$	Eu^{2+}	blau	375
$\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}$	Eu^{2+}	blau	375
$\text{YBO}_3, \text{Y}_2\text{SiO}_5$	$\text{Ce}^{3+}, \text{Tb}^{3+}$	grün	350

ThinGaN Technologie und Leuchtstoffe für weiße LEDs und „Color on Demand“

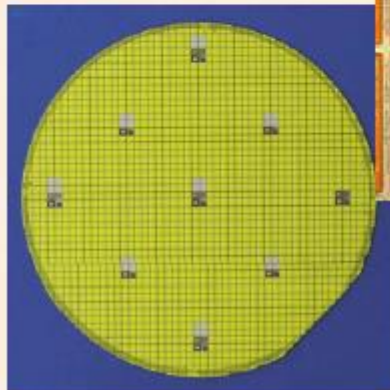
Standard Licht Konversion im Volumenverguss



Chip Level Conversion (CLC) für weiße LEDs und „Color on Demand“ LEDs



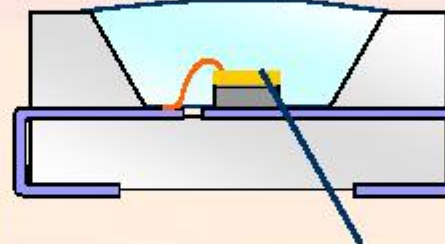
YAG:Ce Leuchtstoff
Partikel



1mm² ThinGaN Wafer
mit 20 µm CLC Schicht



klarer Silikon Verguss



> 50 lm @ 350 mA



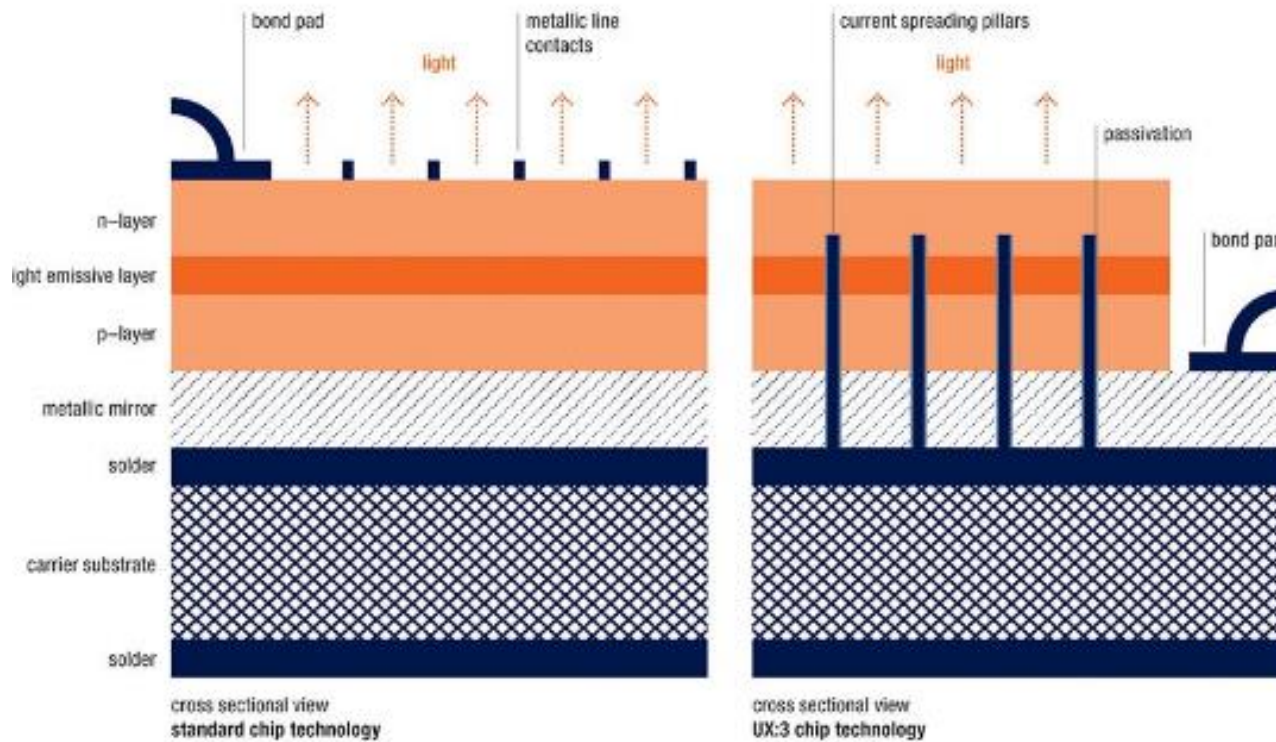
CLC Schicht (Leuchtstoff + Silikon)
auf Oberflächenemitter (1mm² ThinGaN Chip)

- ⇒ exzellente Farbhomogenität
- ⇒ hohe Leuchtdichte
- ⇒ perfekt geeignet für opt. Systeme

Vermeidung der Abschattung durch Kontakte

OE 6.9
SS 2016

Osram Opto Semiconductors — UX:3 chip technology



Source: Osram Opto Semiconductors

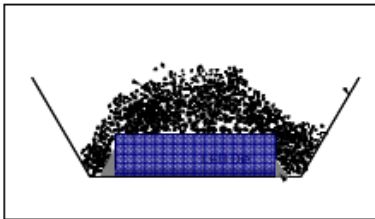
Quelle: G. Slomski, Philips

PHILIPS

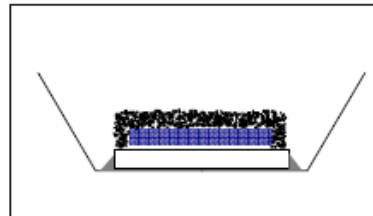
LUMILEDS
LIGHTS • ENERGY • SOLUTIONS • SERVICES

Phosphor Conversion

Klassisches Verfahren



Conformal Coating

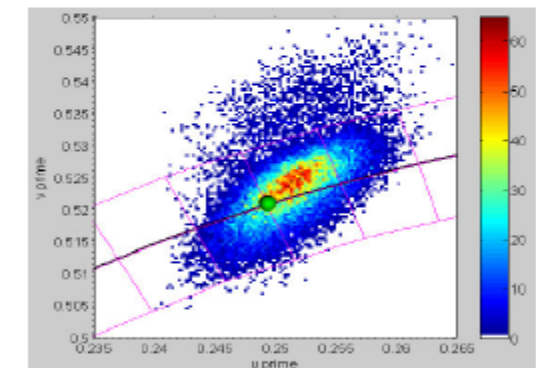
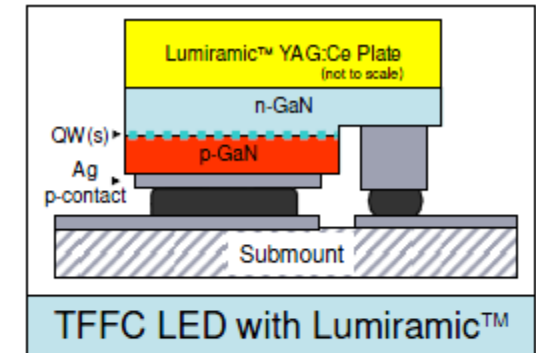
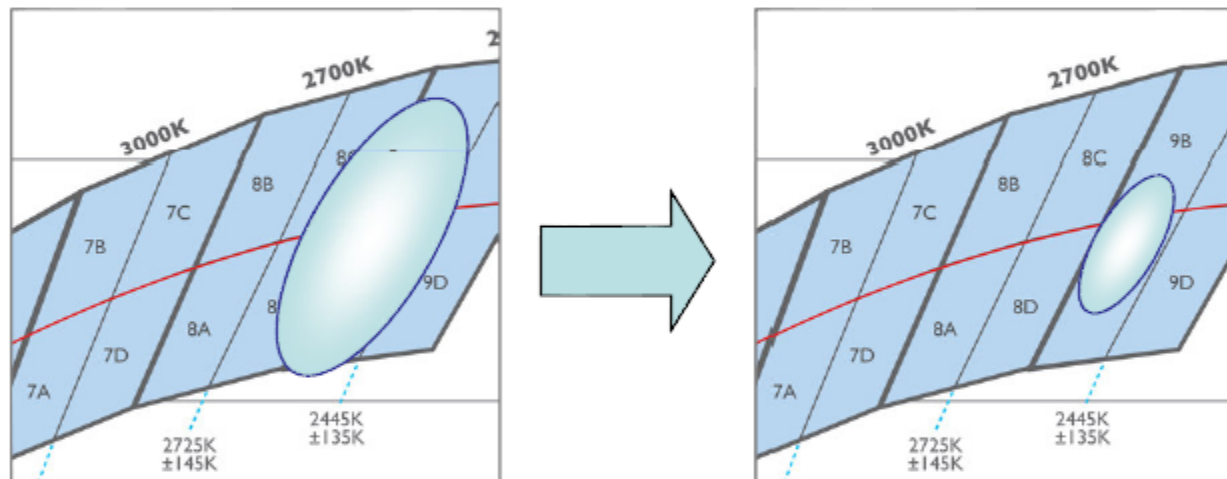


Lumiramic



The top-three LED companies in 2007 in terms of total revenues for packaged LEDs were **Nichia** (24% of the market), **Osram Opto** (10.5%) and **Lumileds/ Philips** (6.5%), according to ISM. These three companies have been well established as the top three for several years now. Although full data for 2008 was not available as IMS published its report, it is believed that the top-three rankings will be the same for 2008.

- Lumiramic-Technologie LUXEON Rebel
 - Erhöhte Farbkonsistenz um Faktor 4
 - Uebertrifft CFL-Technologie (5/6 Mac Adams)



- Ziel
 - Konsistenter Weisspunkt < 3 Mac Adams Ellipsen
 - Eliminierung Farbort-Binning
 - Selektionsnaehe an Betriebsbedingungen (Toleranzen, Parameter)

- I. Einleitung
- II. Optik in Halbleiterbauelementen
- III. Herstellungstechnologien
- IV. Halbleiterleuchtdioden
 - IV.1 Elektrisches Verhalten
 - IV.2 Emissionseigenschaften von LEDs
 - IV.3 Effizienzen
 - IV.4 Auskoppelverluste
 - IV.5 Erhöhung der Auskoppelleffizienz
 - IV.6 Weisse LEDs
 - IV.7 Thermomanagement
 - IV.8 Elektrischer Betrieb
 - IV.9 LED-Retrofits

Leistungsbilanz einer Hochleistungs-LED

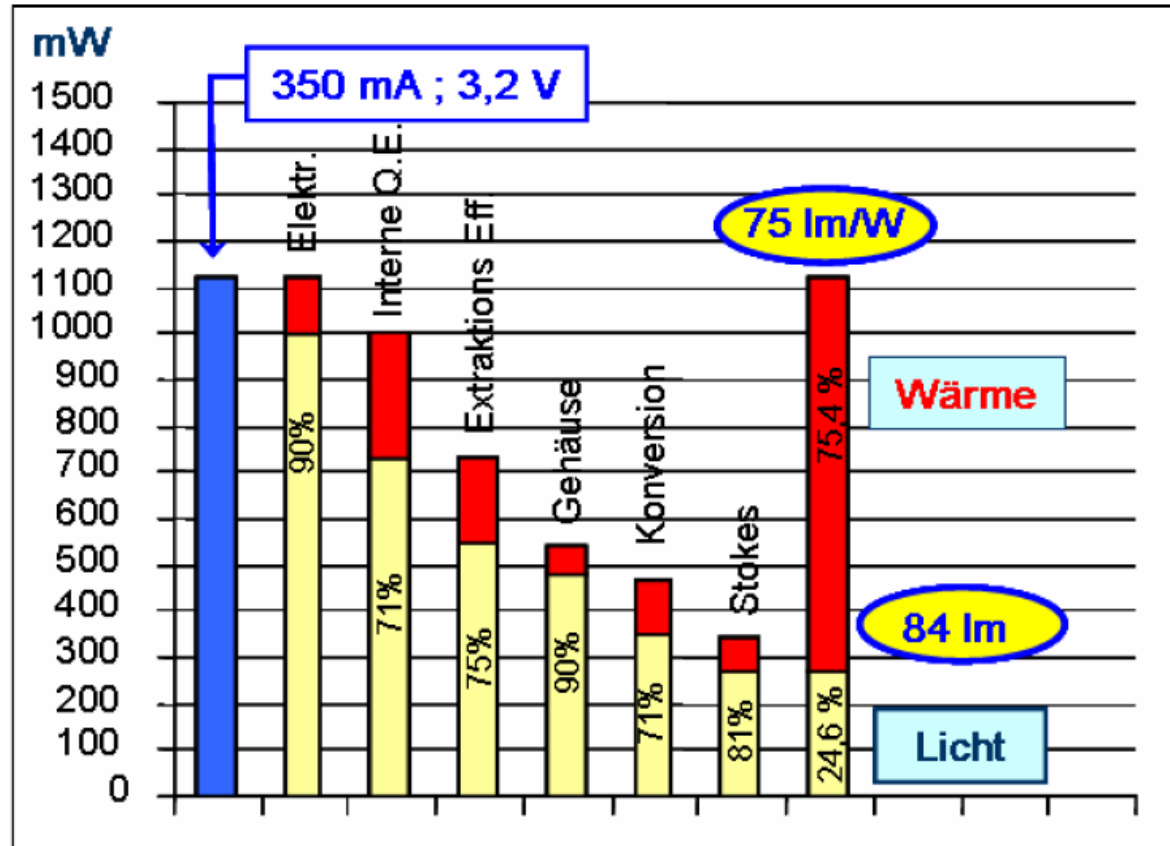


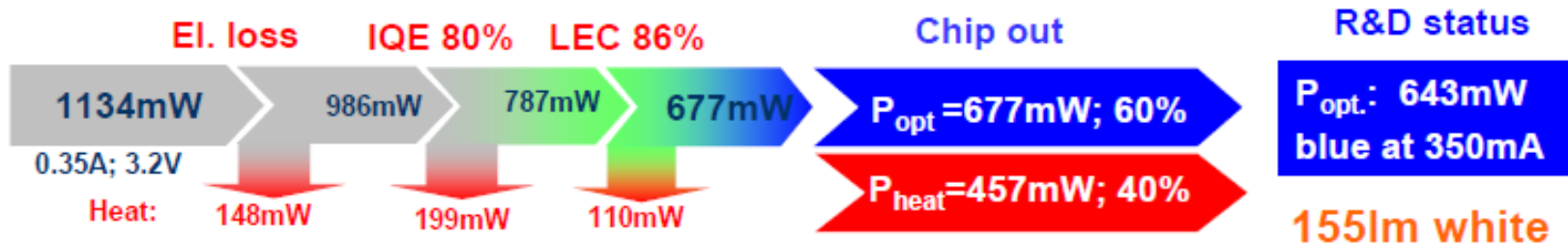
Abb 19: Leistungsbilanz einer Weißdiode mit einem Chip von 1mm^2 Größe

Quelle: N. Stath,
Osram OS

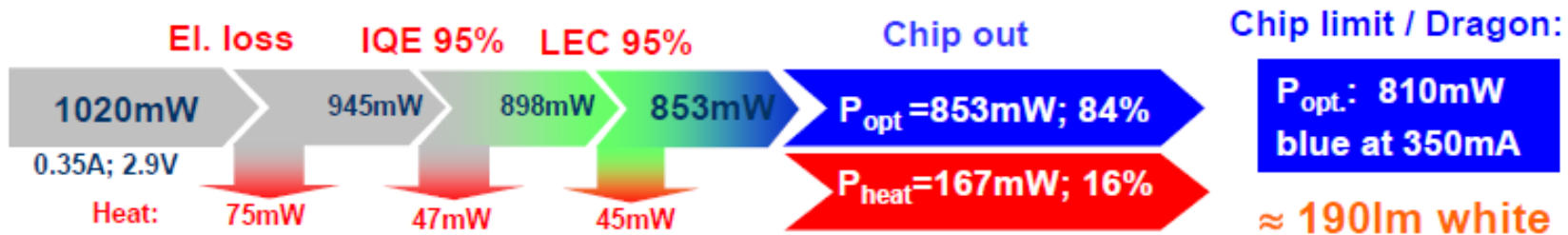
Electrical and Optical Power Flow

Current Status and Optimization limit

R&D status:

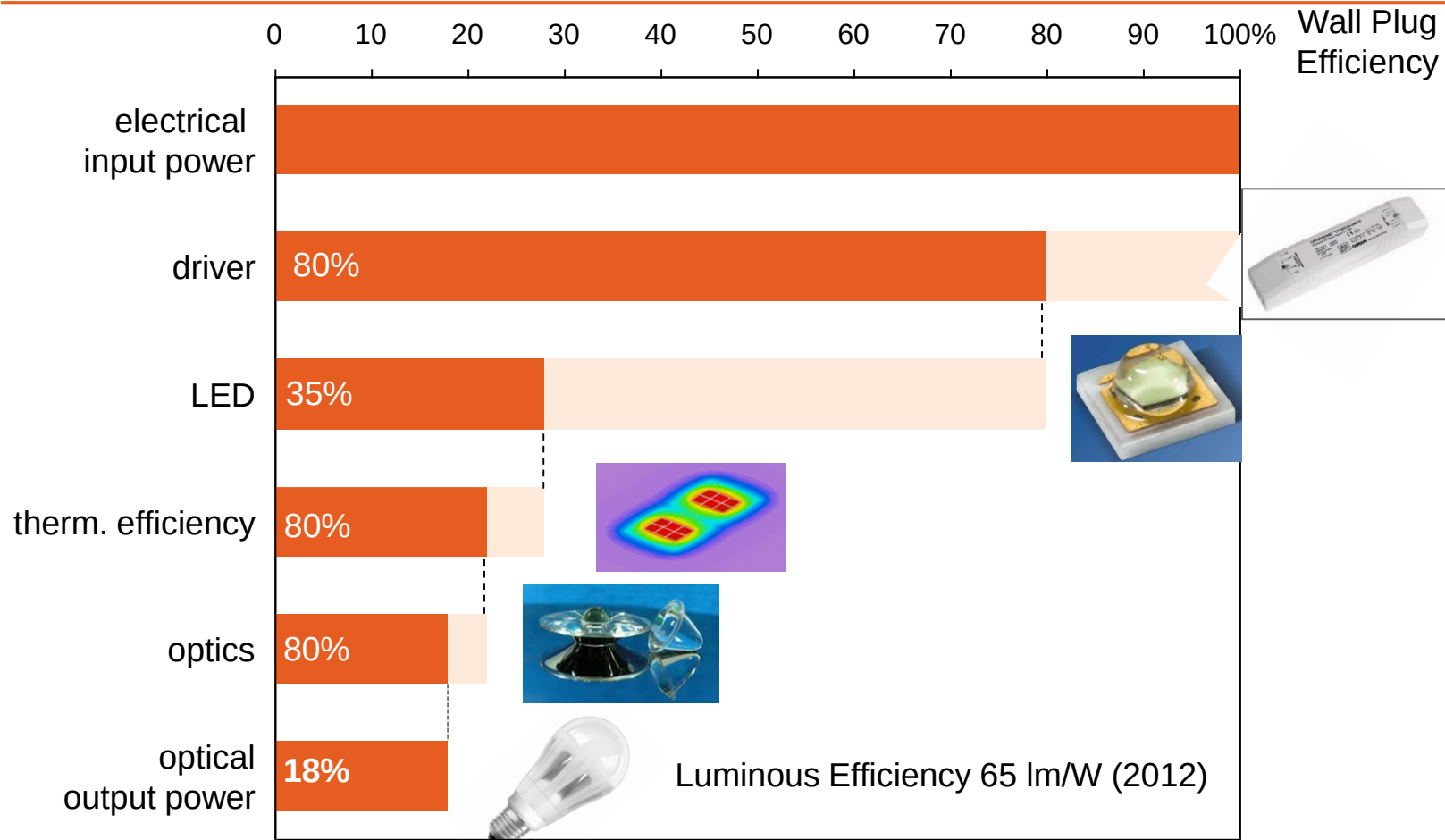


Chip optimization limit:



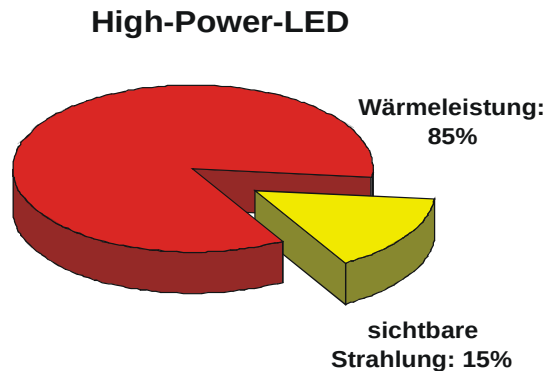
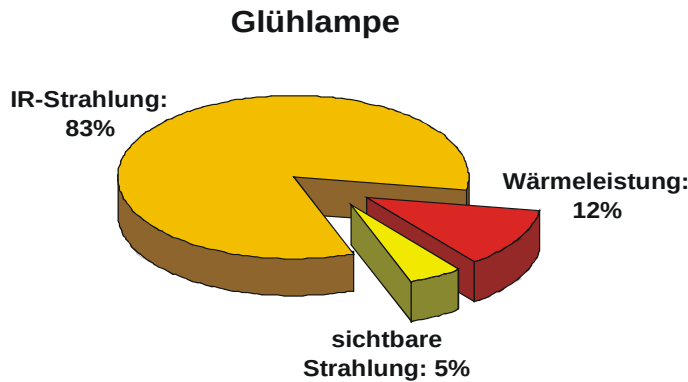
➤ Limit for 1mm chip at about 180-190lm at 350mA

Energy Efficiency of LED Light Sources



The LED is the biggest lever for efficiency!

Warum ist Thermomanagement notwendig?



Stand: 2007

Effizienz der LED > Effizienz der Glühlampe
aber: Verlustleistung nur in Form von Joulescher Wärme im Material, während die Glühlampe IR-Strahlung aussendet

hohe Leistungsdichte durch kleine Fläche

Vergleich mit Kochplatte(1,5 kW, Radius 7.5 cm):

$$\text{Leistungsdichte}_{\text{Kochplatte}} = \frac{1500\text{W}}{\pi(7.5\text{cm})^2} \approx 8.4\text{Wcm}^{-2}$$

$$\text{Leistungsdichte}_{\text{LED}} = \frac{1.1\text{W} \cdot 75\%}{(0.1\text{cm})^2} = 82.5\text{Wcm}^{-2}$$

Trend: Höhere LED-Temperaturen

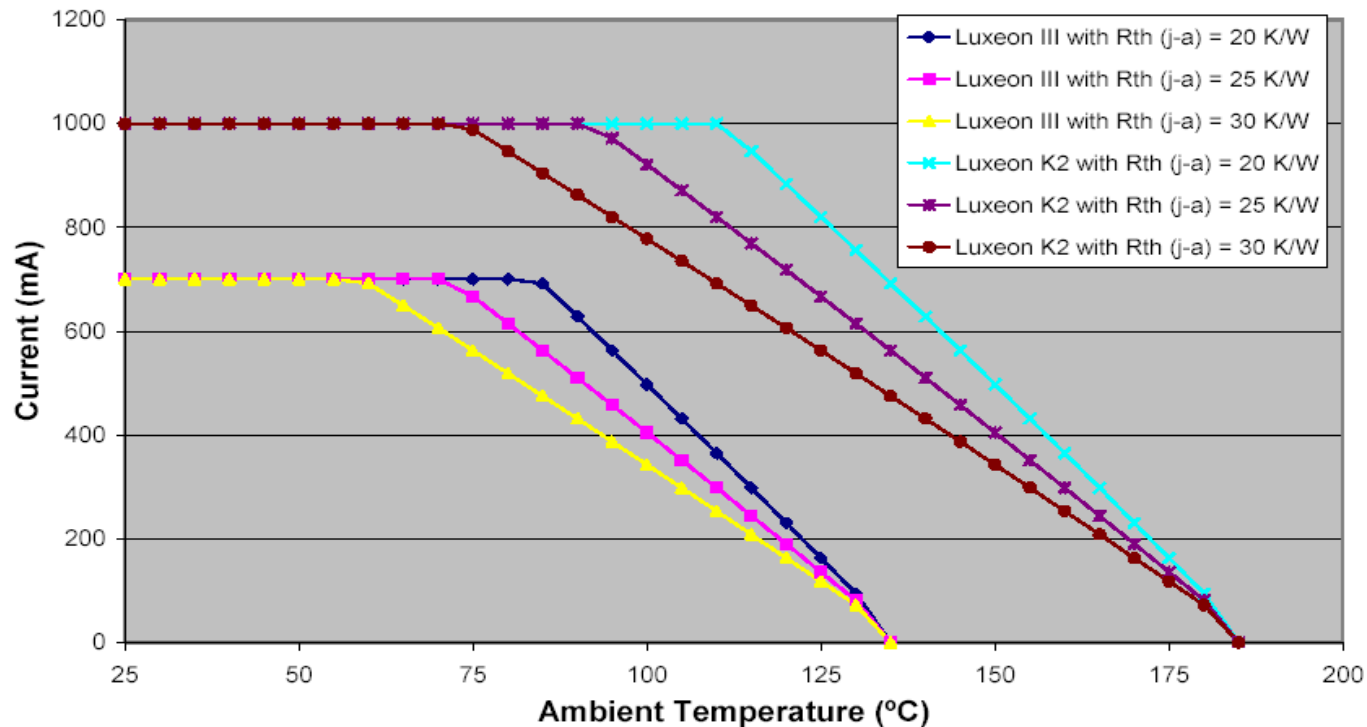


Figure 3: *Current derating curves for Luxeon III and Luxeon K2. Note that at all ambient temperatures the Luxeon K2, due to better thermal performance, can be driven at higher current and power levels, resulting in more useable light.*

Quelle: Lumileds

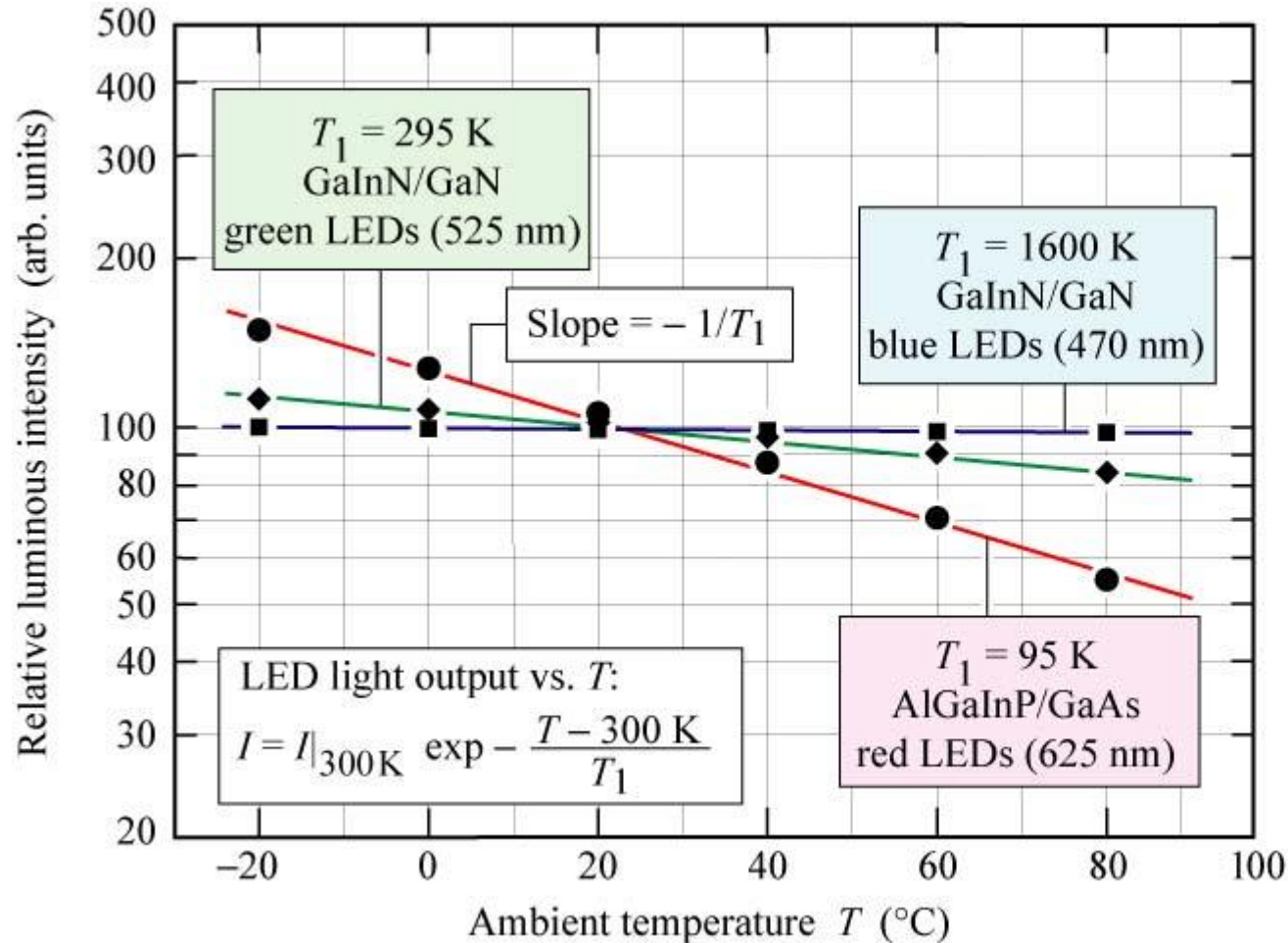
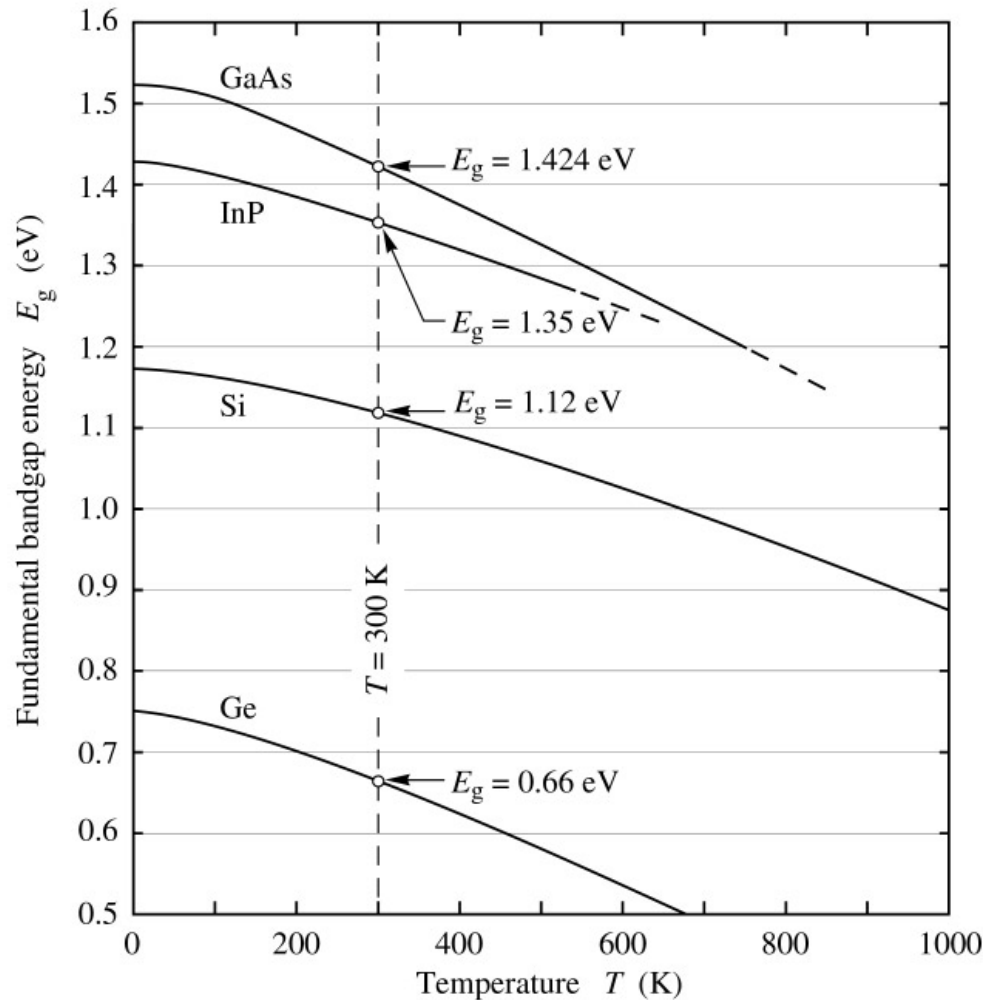


Fig. 5.7. Characteristic temperature T_1 of GaInN/GaN blue, GaInN/GaN green, and AlGaInP/GaAs red LEDs near room temperature (after data from Toyoda Gosei Corp., 2000). More recent data (Toyoda Gosei Corp., 2004) shows the following values for T_1 : Blue GaInN LED, 460 nm, $T_1 = 1600$ K; Cyan GaInN LED, 505 nm, $T_1 = 832$ K; Green GaInN LED, 525 nm, $T_1 = 341$ K; Red AlGaInP LED, 625 nm, $T_1 = 199$ K.

E. F. Schubert
Light-Emitting Diodes (Cambridge Univ. Press)
www.LightEmittingDiodes.org

- rote LEDs sind temperaturempfindlicher als blaue

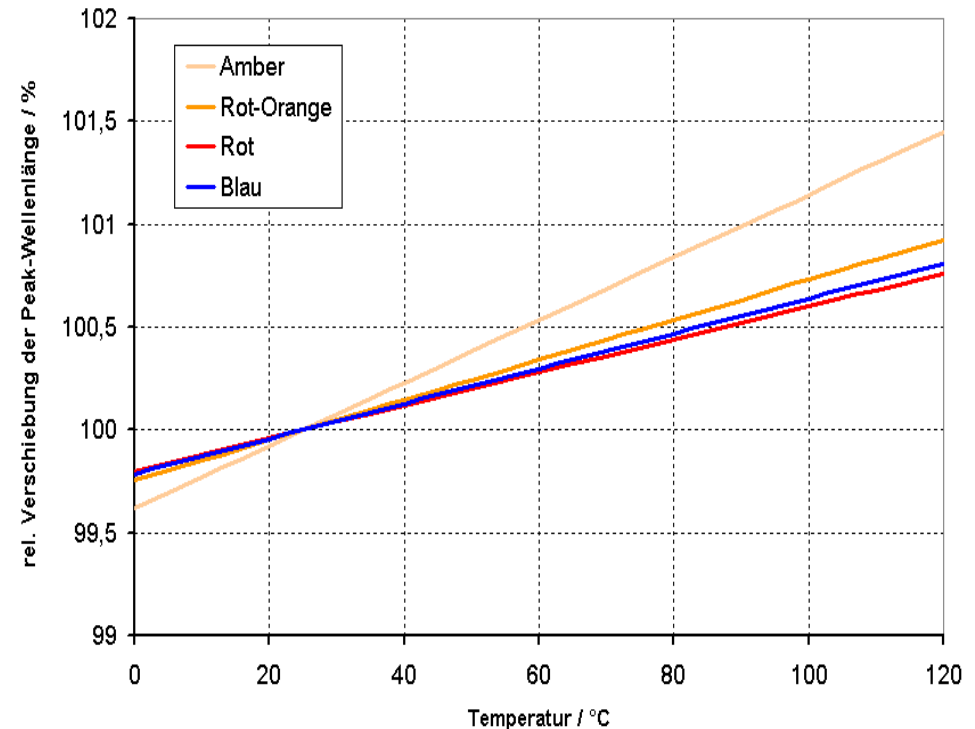
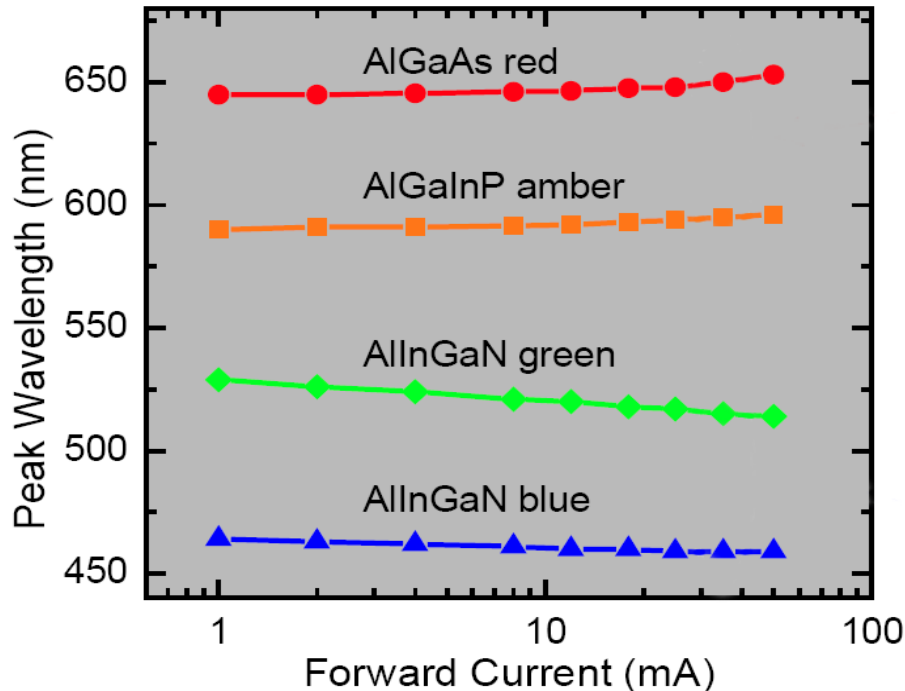
T-Abhängigkeit der Bandlücke verschiedener Halbleiter



	$E_g(0K)$	$\alpha (10^{-4} \frac{eV}{K})$	$\beta (K)$
GaAs	1.519	5.41	204
InP	1.425	4.50	327
Si	1.170	4.73	636
Ge	0.744	4.77	235

Fig. 4.14. Fundamental bandgap energy of GaAs, InP, Si, and Ge as a function of temperature. The bandgap energy is approximated by a parabolic equation with the fitting parameters α and β .

$$\lambda_{\text{peak}} = f(T)$$



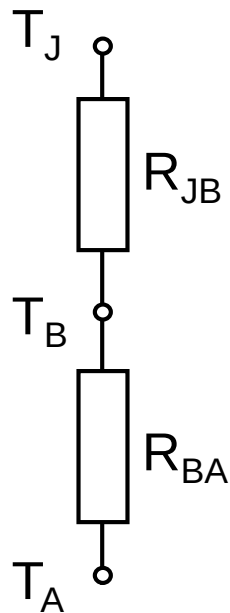
- Drift der Emissionswellenlänge durch Temperaturerhöhung

- aufgrund der großen Sensitivität des Auges für Farbortänderungen ein Problem bei vielen Anwendungen, bei denen die LED nicht immer mit der gleichen Temperatur betrieben wird

Beispiel: Temperaturen in LED-Modulen

OE 6.21
SS 2016

Luxeon 1W Emitter bei $T_A = 25^\circ\text{C}$



$$I = 350 \text{ mA}$$

$$U = 3,4 \text{ V}$$

$$P_{\text{elektr}} = U \cdot I = 1,19 \text{ W}$$

$$P_{\text{th,LED}} = 1,19 \text{ W} \cdot 0,85 = 1,01 \text{ W}$$

$$T_B = 60^\circ\text{C}$$

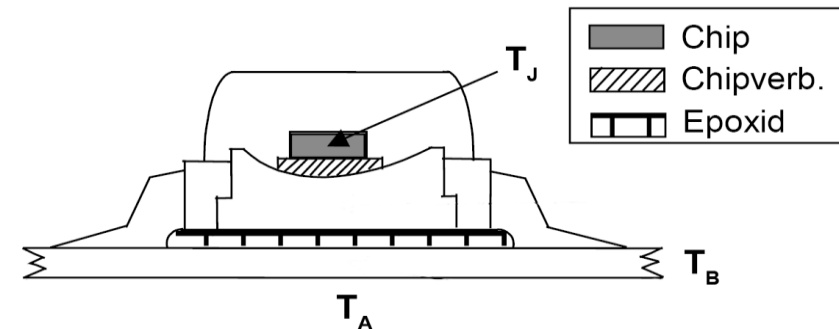
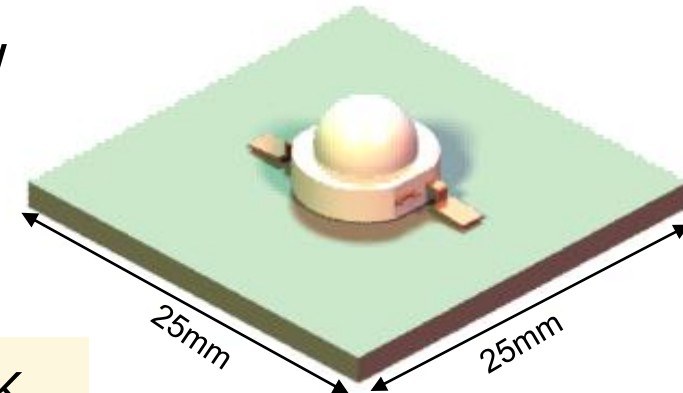
$$\begin{aligned} R_{\text{th,system}} &= R_{\text{JB}} + R_{\text{BA}} = R_{\text{JB}} + \Delta T / P_{\text{th,LED}} \\ &= 15 \text{ K/W} + 35 \text{ K} / 1,01 \text{ W} \\ &= 15 \text{ K/W} + 34,6 \text{ K/W} \\ &= 49,6 \text{ K/W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_J &= T_A + P_{\text{th,LED}} \cdot R_{\text{th,system}} \\ &= 25^\circ\text{C} + 50,2 \text{ K} \\ &= 75,2^\circ\text{C} \end{aligned}$$

$$R_{\text{JB}} = 15 \text{ K/W}$$

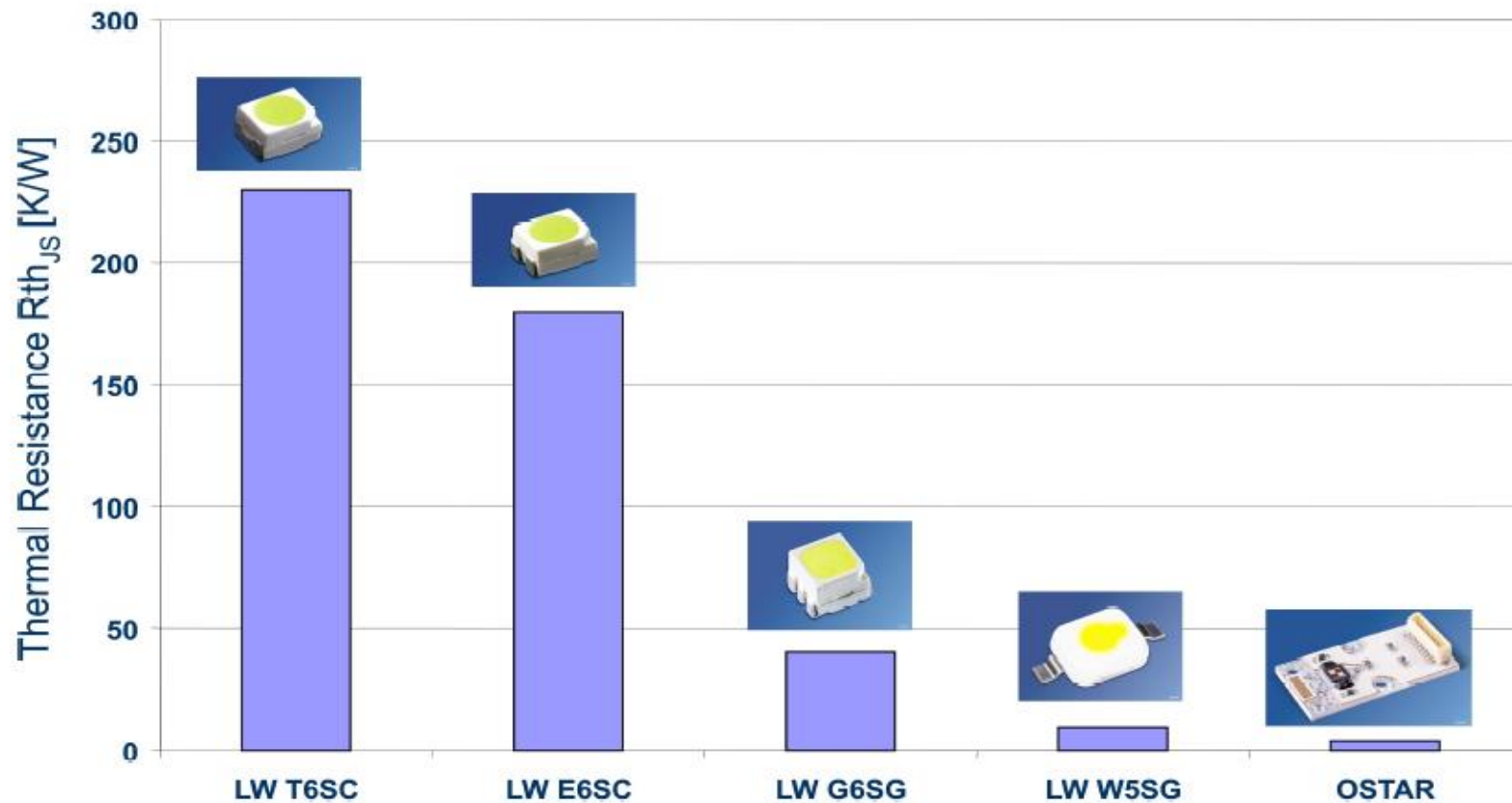
$$\eta = 15\%$$

$$\Rightarrow \Delta T = 35 \text{ K}$$



Reduktion des thermischen Widerstandes

OE 6.22
SS 2016



Verschiedene LEDs



Seoul P7 Emitter



Luxeon K2 mit TFFC

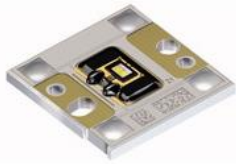
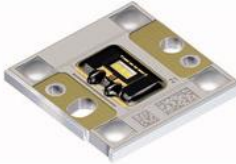
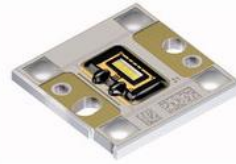
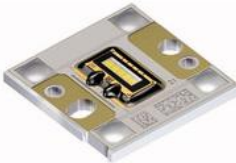
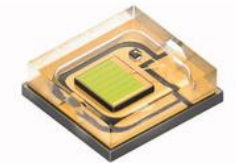
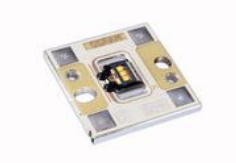


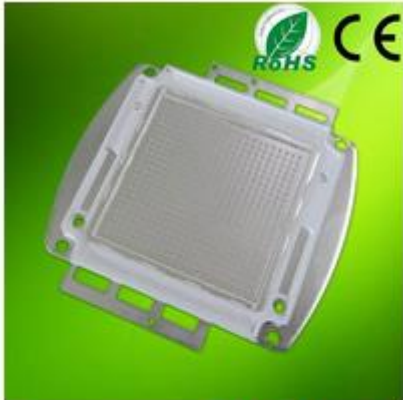
**Osram Ostar LE UW E3B,
1120lm**



Luxeon REBEL

Related Product Groups

 ▶ LE UW U1A2 01 OSRAM OSTAR Headlamp Pro; compact light source in multi chip	 ▶ LE UW U1A3 01 OSRAM OSTAR Headlamp Pro; compact light source in multi chip	 ▶ LE UW U1A4 01 OSRAM OSTAR Headlamp Pro; compact light source in multi chip
 ▶ LE UW U1A5 01 OSRAM OSTAR Headlamp Pro; compact light source in multi chip	 ▶ LE UW Q9WP Compact light source in SMT technology, glass window on top	 ▶ LE UW D1W1 01 OSRAM OSTAR Headlamp without optics, ultra white ThinGaN, chip
 ▶ LE UW D1W2 01 OSRAM OSTAR Headlamp without optics, ultra white ThinGaN, chip	 ▶ LE UW D1W3 01 OSRAM OSTAR Headlamp without optics, ultra white ThinGaN, chip	 ▶ LE UW D1W4 01 OSRAM OSTAR Headlamp without optics, ultra white ThinGaN, chip



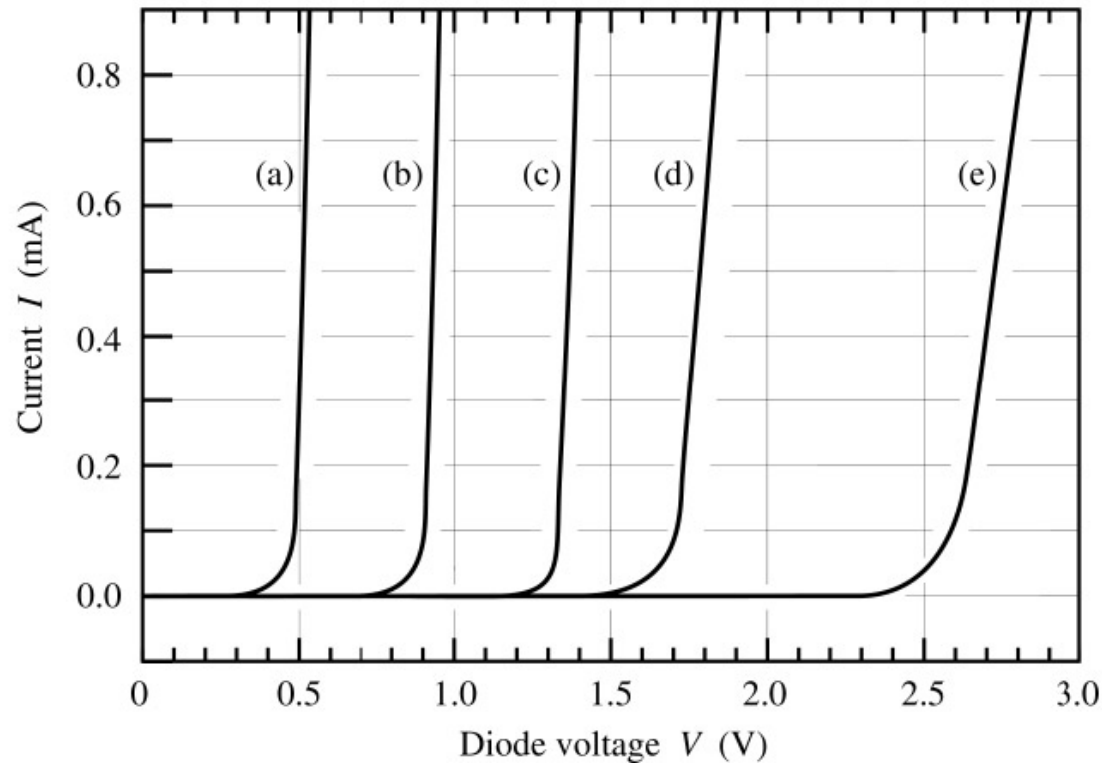
China Supplier 200w High Power LED Chip
Dongguan Hongke Lighting Co., Ltd.

US \$55-83 / Piece
1 Piece (Min. Order)

[Contact Supplier](#)

Quelle: alibaba.com

- I. Einleitung
- II. Optik in Halbleiterbauelementen
- III. Herstellungstechnologien
- IV. Halbleiterleuchtdioden
 - IV.1 Elektrisches Verhalten
 - IV.2 Emissionseigenschaften von LEDs
 - IV.3 Effizienzen
 - IV.4 Auskoppelverluste
 - IV.5 Erhöhung der Auskoppelleffizienz
 - IV.6 Weisse LEDs
 - IV.7 Thermomanagement
 - IV.8 Elektrischer Betrieb
 - IV.9 LED-Retrofits



$T = 300 \text{ K}$

- (a) Ge $E_g \approx 0.7 \text{ eV}$
- (b) Si $E_g \approx 1.1 \text{ eV}$
- (c) GaAs $E_g \approx 1.4 \text{ eV}$
- (d) GaAsP $E_g \approx 2.0 \text{ eV}$
- (e) GaInN $E_g \approx 2.9 \text{ eV}$

Fig. 4.2. Room temperature current - voltage characteristics of p-n junctions made of different semiconductors.

Quelle: E. F.Schubert

Die Kennlinie (Einsatzspannung) wird maßgeblich von der Bandlücke des verwendeten Halbleitermaterials bestimmt.

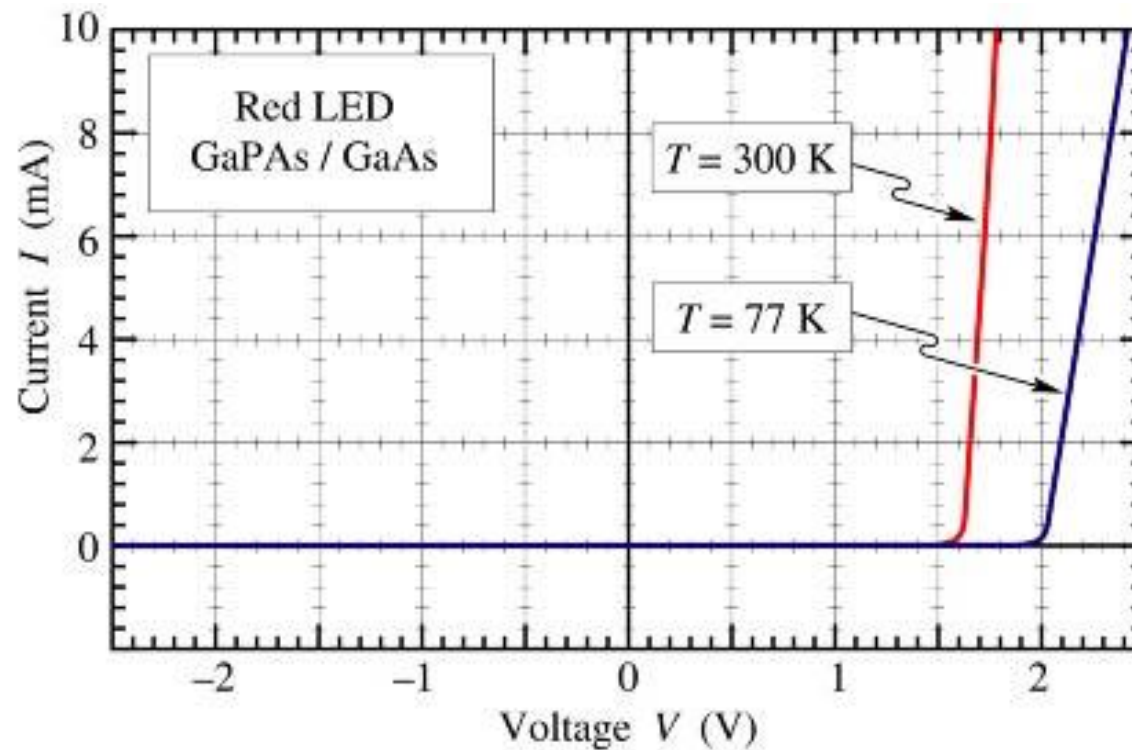


Fig. 3.14. Current-voltage characteristic of a GaAsP / GaAs LED emitting in the red part of the visible spectrum, measured at 77 K and 300 K. The threshold voltages are 2.0 V and 1.6 V, at 77 K and 300 K respectively.

-Aufgrund ihrer steilen Kennlinie müssen die LEDs mit einer Strombegrenzung betrieben werden.

-Im einfachsten Fall: Serienwiderstand einbauen.

$$U - I_L R_S = U_L$$

Bsp: $U = 1.75 \text{ V}$

- Arbeitspunkt wird
durch Wahl von R_S
festgelegt

- kompensiert teilweise
Temperaturschwankungen

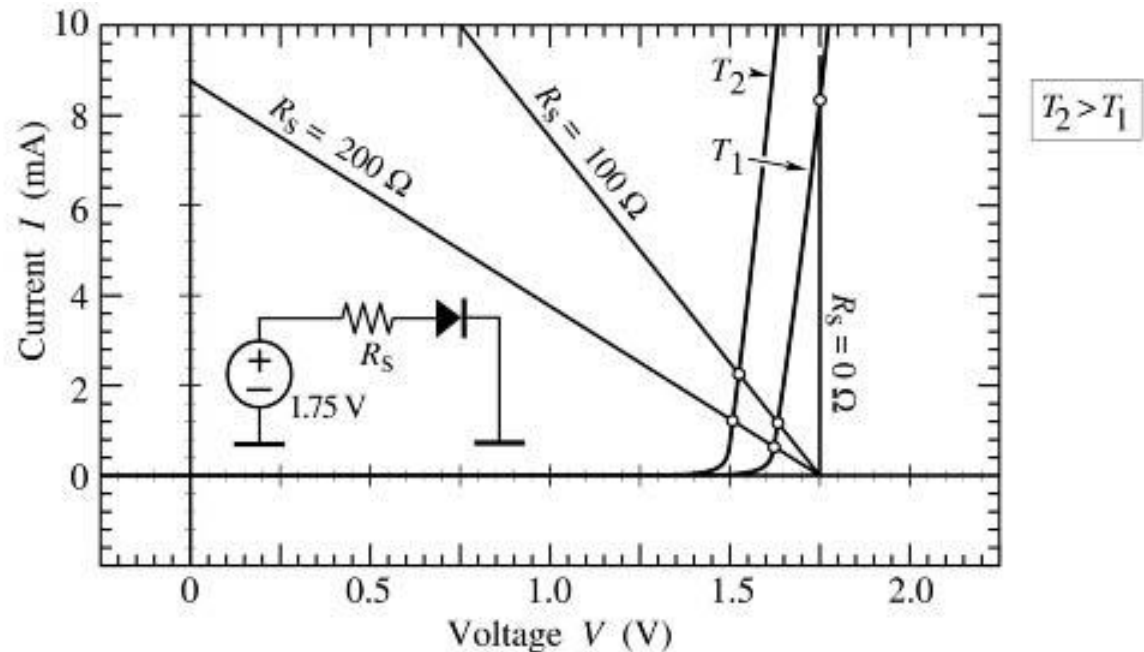


Fig. 3.15. Illustration of an LED drive circuit with series resistance R_S . The intersection between the diode I-Vs and the load lines are the points of operation. Inspection of the figure reveals that the choice of the series resistance results in an increased diode current at high temperatures, thus allowing for compensation of the lower LED radiative efficiency.

$$U - I_L R_S = U_L$$

Bsp: $U = 1.75 \text{ V}$

- Arbeitspunkt wird
durch Wahl von R_S
festgelegt

- kompensiert teilweise
Temperaturschwankungen

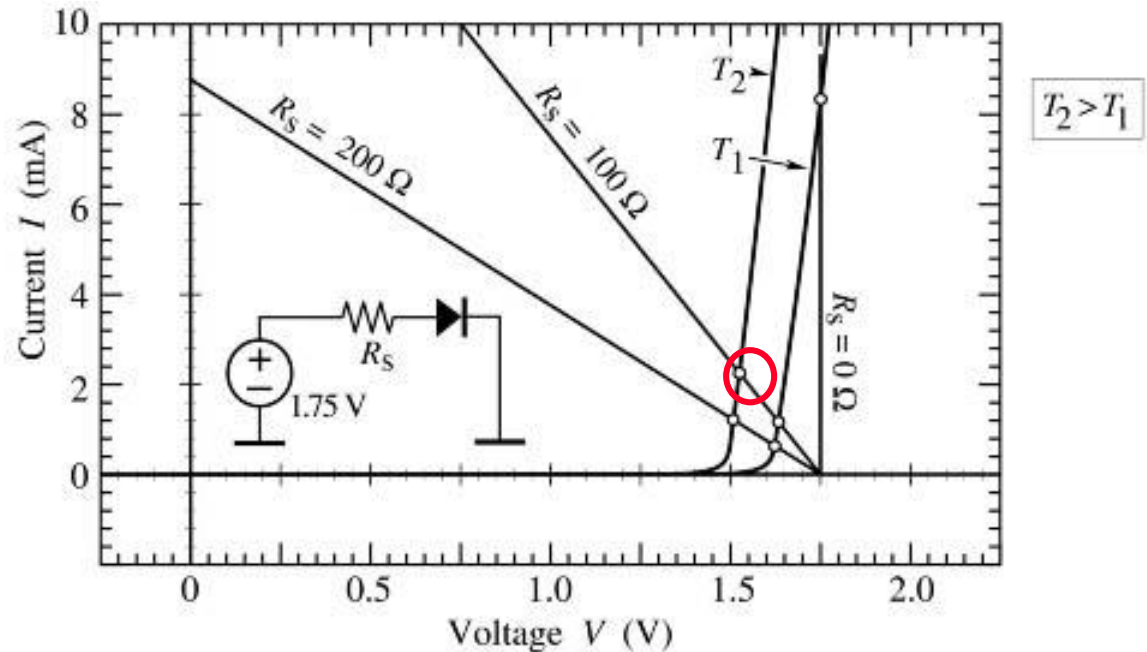


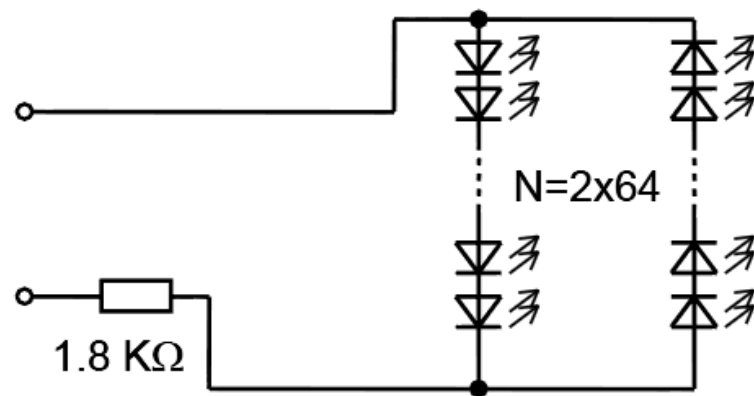
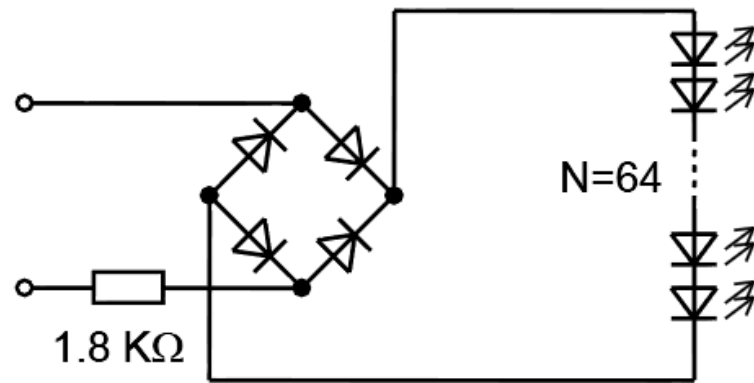
Fig. 3.15. Illustration of an LED drive circuit with series resistance R_S . The intersection between the diode I-Vs and the load lines are the points of operation. Inspection of the figure reveals that the choice of the series resistance results in an increased diode current at high temperatures, thus allowing for compensation of the lower LED radiative efficiency.

aber: Verlustleistung im Widerstand:

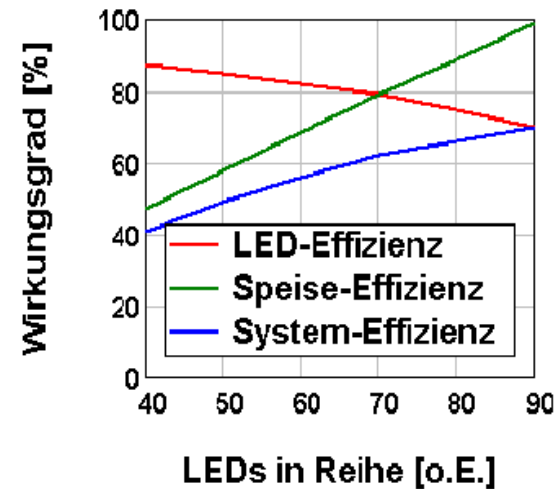
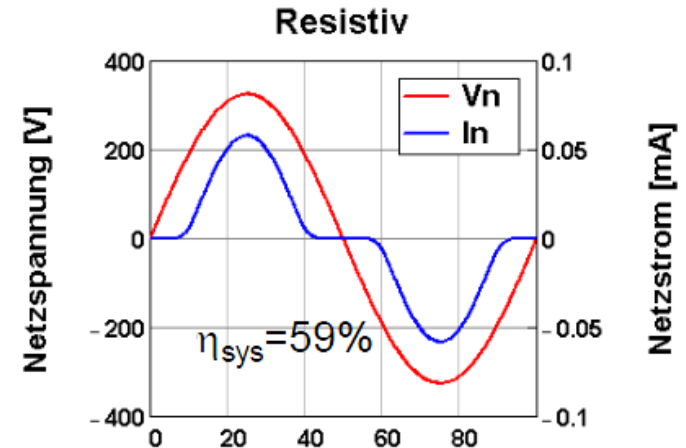
$$P = 0.2 \text{ V} * 2.1 \text{ mA} = 0.4 \text{ mW}$$

$$P_{\text{Diode}} = 1.55 \text{ V} * 2.1 \text{ mA} = 3.25 \text{ mW}$$

Resistiv ($P_{LED} = 5 \text{ W}$, 230V)



(bei doppelter LED-Fläche)



Ohmsche Verluste im Serienwiderstand werden insbesondere bei Leistungs-LEDs relevant.

- Betrieb mit elektronischen Vorschaltgeräten (Schaltnetzteil) zur Spannungsaufbereitung und geregelter Bestromung
- Dimmung durch geregelten Konstantstrom oder Pulsweitenmodulation
- Leistungsfaktorkorrektur (Blindleistungskompensation) zur Normerfüllung bei größeren Wattagen ($> 25 \text{ W}$)

- Dimmbarkeit über Pulsweitenmodulation (PWM)
- Auge mittelt über die Pulse und es wird eine mittlere Helligkeitseindruck wahrgenommen
- dadurch stabiler Farbort (LED kommt jeweils während des Pulses ins thermische Gleichgewicht)

→Regelung durch Microcontroller

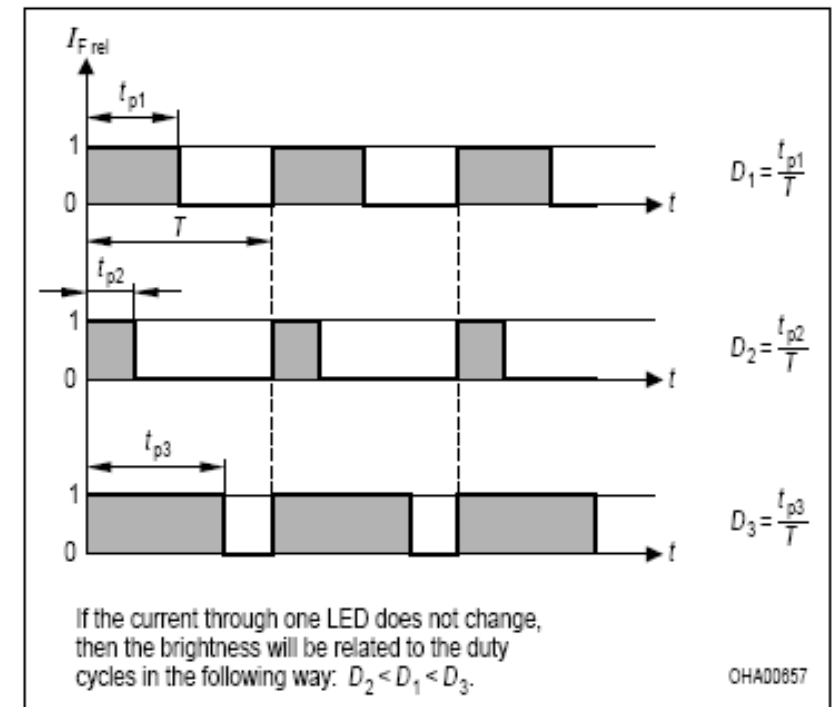


Figure 10 – PWM

Beispiel: Geregelte Weisslichterzeugung in einer MultiLED



Fig. 1: 6-lead MultiLED LATB G66x

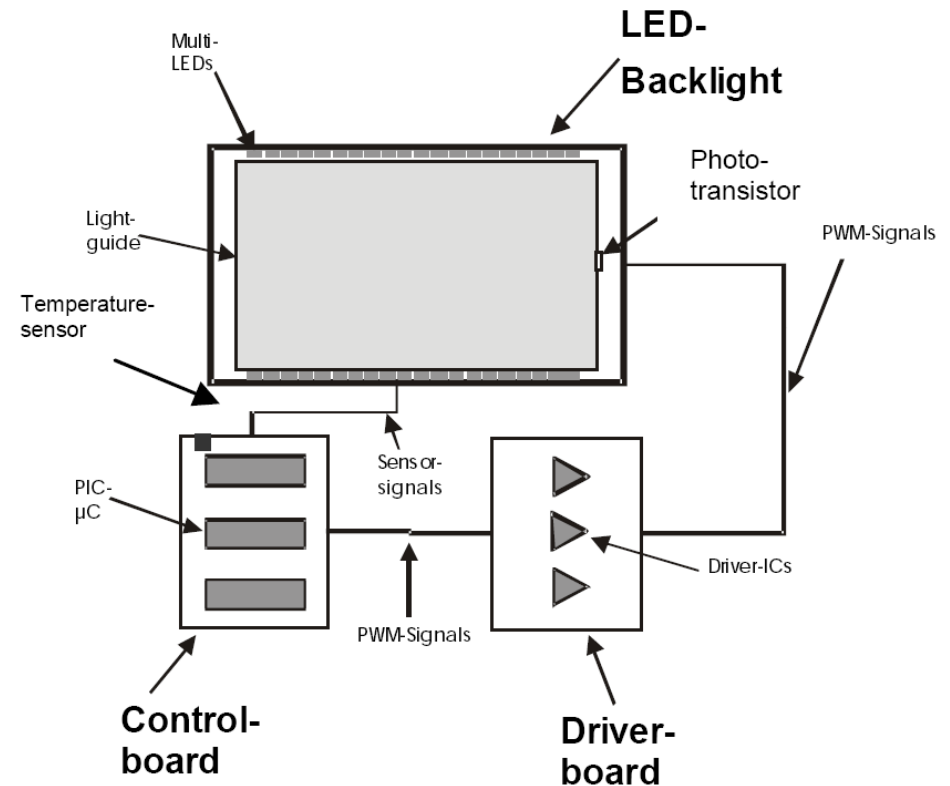
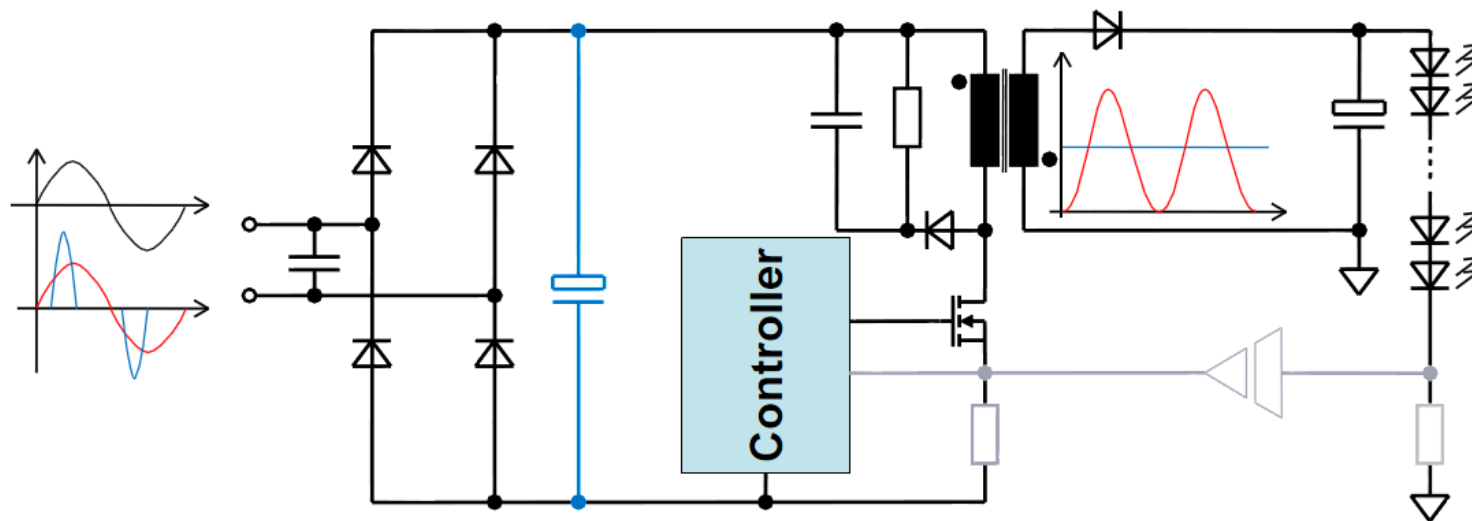


Fig. 6: Hardware construction for white point stabilization

- Microcontroller erhält Temperatur und optische Ausgangsleistung als Input
- Kompensation von Farb- und Lichtstromdrift durch Temperatur und Alterung

Netzgespeicherter Sperrwandler

z.B. für kurze LED-Ketten, ggfs. auch Leistungsfaktorkorrektur



Ohne Eingangselko

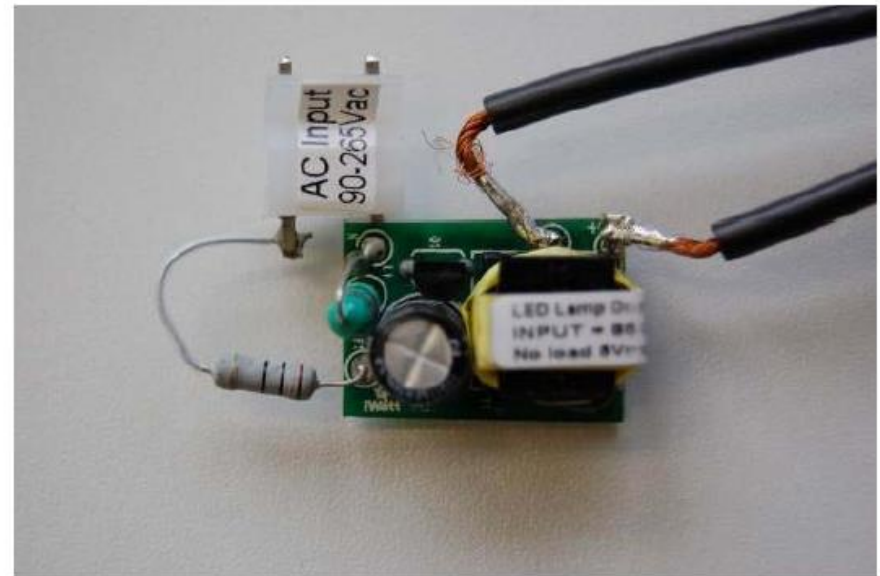
- Reduzierte LED-Effizienz ($\eta_N = 92\%$)
- Optimaler Leistungsfaktor ($P > 25/7 \text{ W}$)
- Flicker

Mit Eingangselko

- Optimale LED Effizienz
- Schlechter Leistungsfaktor ($P < 25/7 \text{ W}$)
- Konstante Helligkeit

Beispiel: Elektronisches Vorschaltgerät für Netzbetrieb

- Sperrwandler
- $V_{\text{LED}} = 2.7 \text{ V}$
- $P_{\text{LED}} = 2.6 \text{ W}$
- $V = 230 \text{ V}$
- $\eta = 79\%$
- $\lambda = 0.61$
- $\text{THD} = 125\%$



Quelle: Philips

- I. Einleitung
- II. Optik in Halbleiterbauelementen
- III. Herstellungstechnologien
- IV. Halbleiterleuchtdioden
 - IV.1 Elektrisches Verhalten
 - IV.2 Emissionseigenschaften von LEDs
 - IV.3 Effizienzen
 - IV.4 Auskoppelverluste
 - IV.5 Erhöhung der Auskoppelleffizienz
 - IV.6 Weisse LEDs
 - IV.7 Thermomanagement
 - IV.8 Elektrischer Betrieb
 - IV.9 LED-Retrofits



Philips Master E27, PAR38, 16 Watt
Ersatz für 80W Halogen
Arbeitsspannung: 230V
62,99 €

LED LEUCHTEN | Osram LED Lampen



OSRAM LED Birne, E27, 8 Watt

Osram 1W LED x 6
Arbeitsspannung: 100 - 240V
Stoß- und Vibrationsfest

36,99 €

inkl. MwSt zzgl. [Versand](#)

Artikel Nr.: 9422171

■ **Nicht verfügbar**

(Lieferzeiten von mehr als 8 Wochen sind zu erwarten)

1. warm weiss 36,99 €

2. Menge

3. [In den Warenkorb Legen](#)

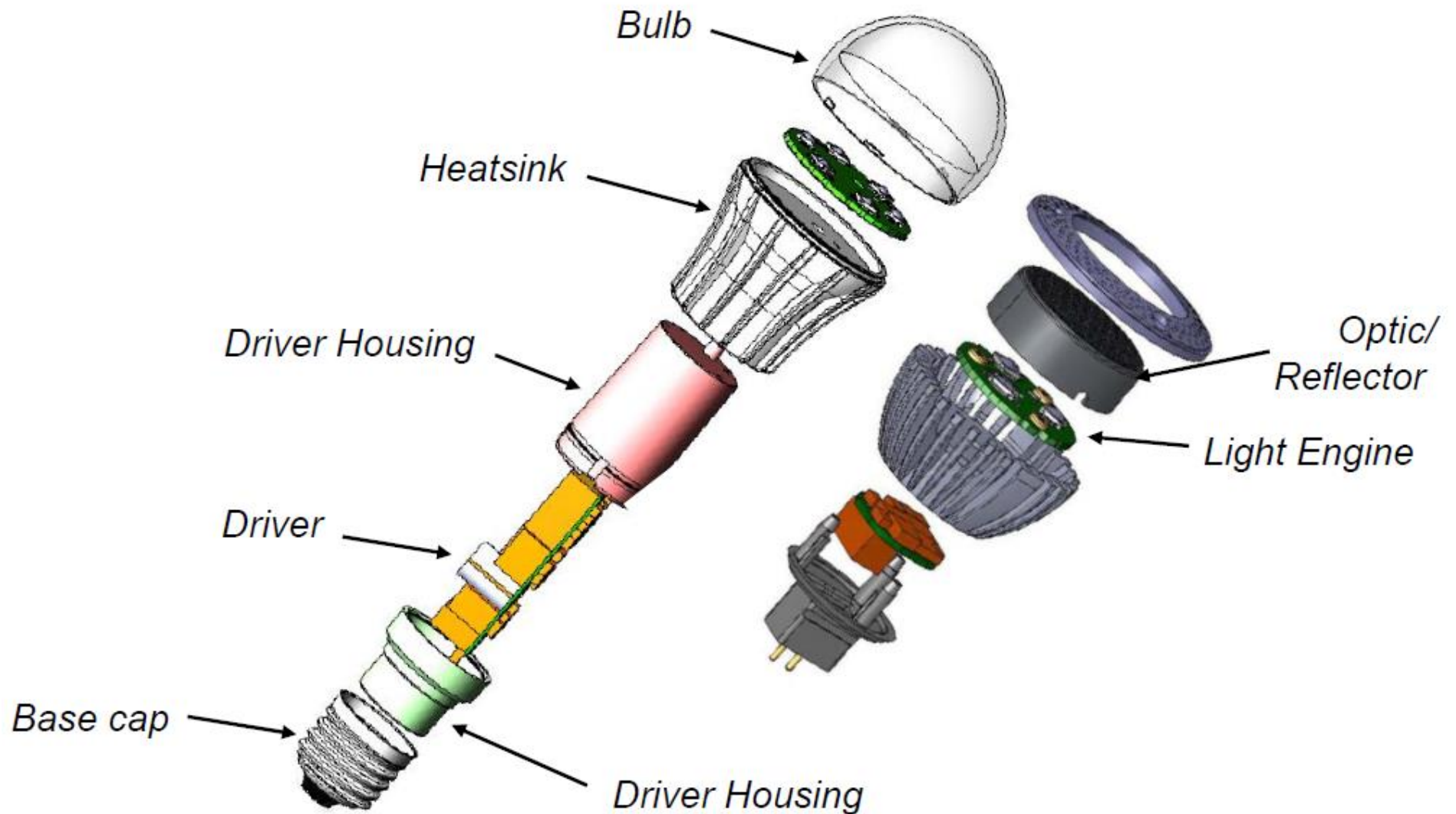
[WEITERSAGEN](#)

Produktbeschreibung

Die OSRAM LED Birne ist der Perfekte Ersatz für die herkömmliche 40 Watt Glühlampe und beeindruckt Sie durch den geringen Energieverbrauch und satte Farben. Mit dieser LED Birne ist für eine angenehme Raumatmosphäre gesorgt. Mit gerade mal 8 Watt Leistungsaufnahme ist diese OSRAM LED Birne vergleichbar mit einer 40 W Glühbirne.

Spezifikation

Größenangaben:	113 x 55 mm
LED Typ:	High-power 1W
Sockeltyp:	E27
Leistungsaufnahme	8.3W
Arbeitsspannung:	100 - 240V
IP Schutzart:	keine
Intensität:	
345 Lumen	



Quelle: Osram OS

LED LEUCHTEN | Philips LED Lampen



Philips LED Birne E27, 17W, 230V

17W, 230V
Dimmbar
300° Ausstrahlungswinkel
25000 Stunden Lebensdauer

64.90 €

inkl. 19% MwSt zzgl. [Versand](#)

Artikel Nr.: 9434191

■ **Sofort lieferbar**

1. warm weiss 64,90 €

2. Menge

3. **In den Warenkorb legen**



0 Kommentar - [Kommentar hinzufügen](#)

WEITERSAGEN ...

	η_{LED}	$\times$	$\eta_{Elec. Driver}$	$\times$	η_{Optic}	$= \eta_{LED-lamp}$
	• IQE (Chip interne Verluste) • ohmsche Verluste • Konversion • LED Package		• ohmsche Verluste • Treibertopologie • Komponenten • Dimming		• Absorption • Reflektion durch Linsen, Kolben, etc.	
TODAY	85 lm/W		70 – 85 %		80 - 90%	50-65 lm/W
POTENTIAL	130 lm/W		90 – 93 %		92%	112 lm/W

➔ **Verbesserungspotential:** LED/LED package, Treiberkonzepte, Materialien für Heatsink und Optik



LEDON LED Lamp A65 10W E27 DIM

The new highlight in the LEDON LED product range



At last it's here: The highlight of the LEDON product range. Unbeatable in terms of efficiency and luminous flux (600 lm), the new 10 W LED lamp from LEDON is much more than just a capable replacement for incandescent lamps up to 60 Watt.

- Replacement for incandescent lamps up to 60 Watt
- Luminous flux 600 lumen
- Energy consumption 10 Watt, dimmable
- E27 socket

Available from summer 2011

[▶ DATA SHEET \(PDF, 454 KB\)](#)

Product Details

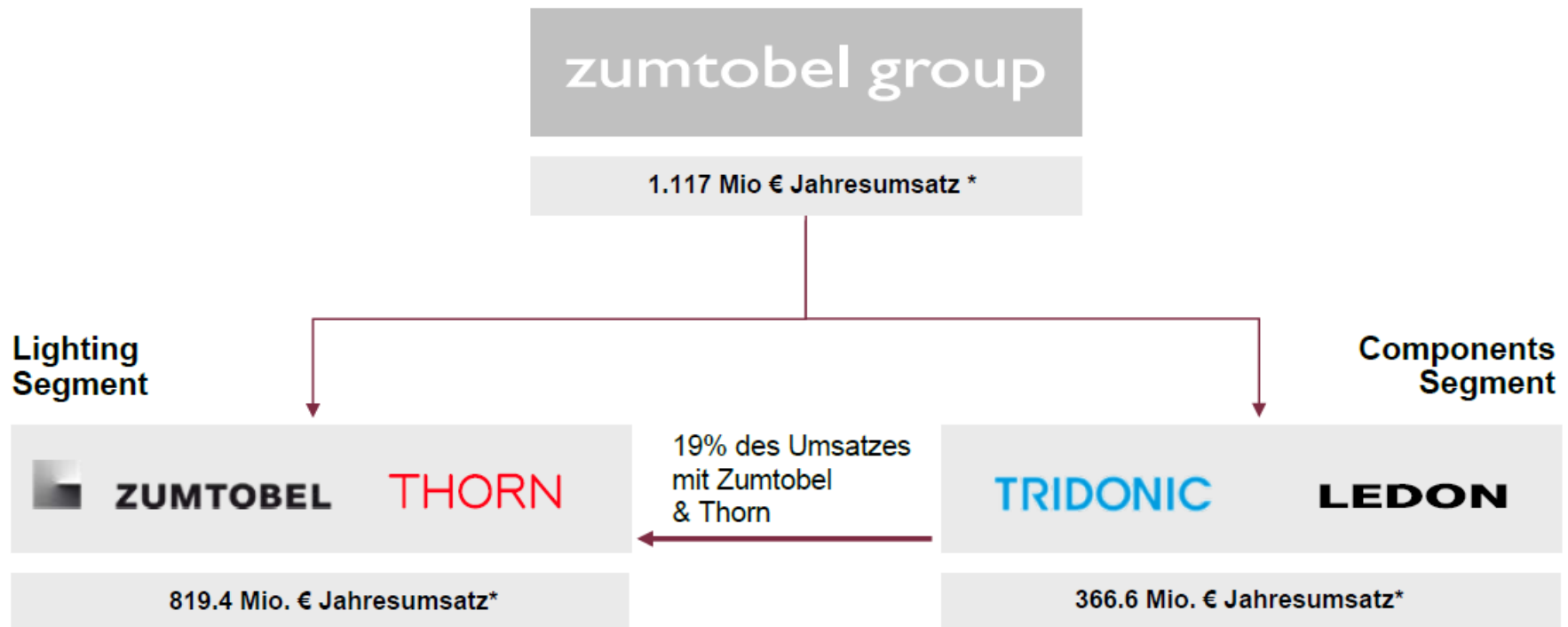
- Warm white colour (2 700 K)
- Excellent Colour Rendering Index (CRI = 90)
- High Luminous Efficacy (60 lm/W)
- Extreme long lifetime (25 years, with app. 2.7 h/day)

Product Characteristics

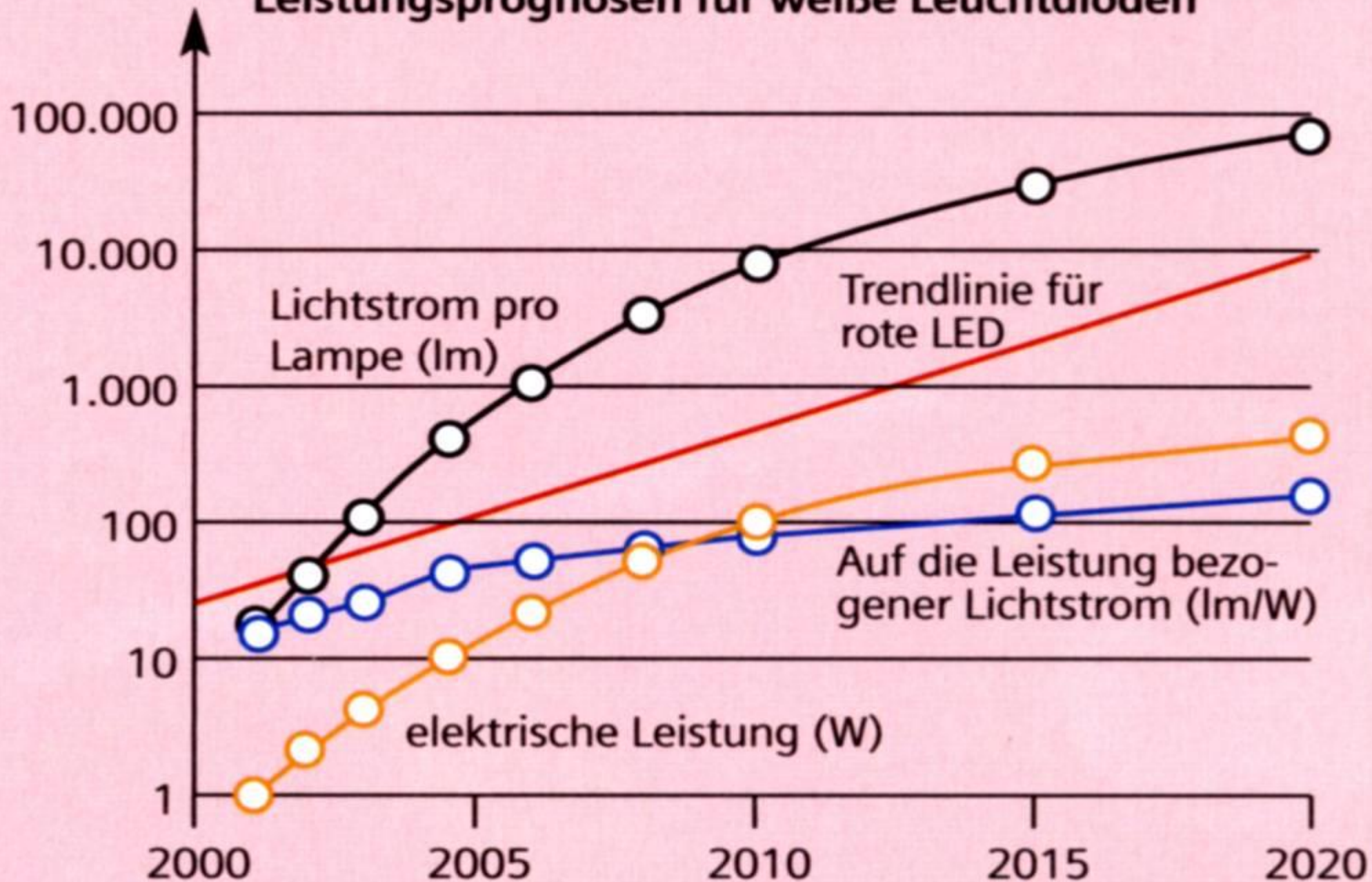
- Low energy consumption: Up to 85% savings
- 100% luminosity immediately after powering up
- Wear free on/off
- Best light quality by using innovative technology
- Mercury free and zero UV-radiation

Aufteilung des Geschäfts in zwei Segmente

Optimale Marktausschöpfung durch Mehrmarkenstrategie



Leistungsprognosen für weiße Leuchtdioden



	LED	CFL	Incandescent
Light bulb projected lifespan	50,000 hours	10,000 hours	1,200 hours
Watts per bulb (equiv. 60 watts)	10	14	60
Cost per bulb	\$35.95	\$3.95	\$1.25
KWh of electricity used over 50,000 hours	500	700	3000
Cost of electricity (@ 0.10per KWh)	\$50	\$70	\$300
Bulbs needed for 50k hours of use	1	5	42
Equivalent 50k hours bulb expense	\$35.95	\$19.75	\$52.50
Total cost for 50k hours	\$85.75	\$89.75	\$352.50

Source: www.eartheasy.com

Lichtleistung und Kosten

Quelle: Siemens (ca. 2004)

OE 6.45
SS 2016

