

Qualitätskriterien für LED in der Allgemeinbeleuchtung

Bauzentrum München, 4. Juli 2018

Dr. Gert Wemmer

we lite

lighting design & consulting Landshut

LEDs (Light Emitting Diodes)

1956 Erfindung

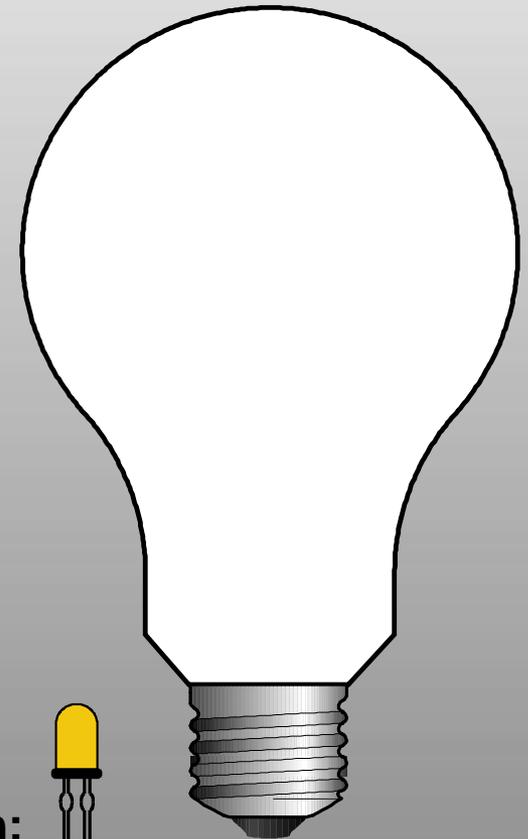
1970 Beginn der industriellen Nutzung

LEDs, die gelb, rot und grün leuchten, sind schon lange im Einsatz, z.B. zur Beleuchtung von Ampelanlagen, von Displays im Automobil und in Stereoanlagen

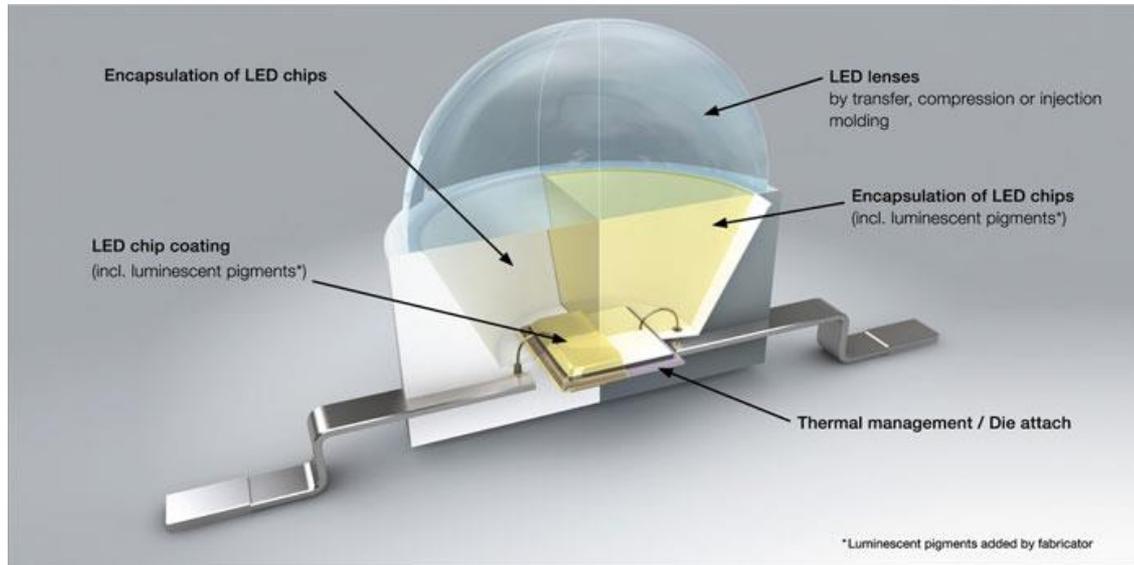
Vorteile und Trends

- **20 – 30% der Energie werden in Licht umgewandelt**
- **Bis zu 100.000 Stunden Lebensdauer ???**
- **sehr hohe Stoßfestigkeit**

Ein Größenvergleich:



Funktionsweise der weißen LED



Quelle Wacker

Funktionsweise:

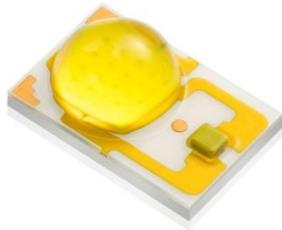
Im Positiv-Negativ (P-N) Übergang setzt die Halbleiterverbindung Galliumnitrid elektrische Energie direkt in blaues Licht um.

Das blaue Diodenlicht trifft auf Leuchtstoffpartikel, die es in gelbes Licht verwandeln.

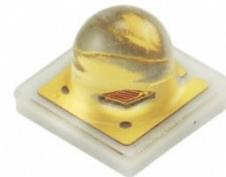
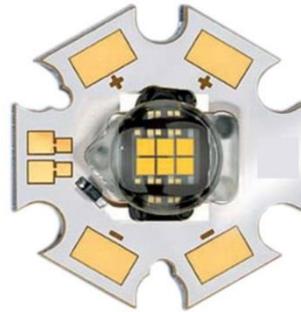
Die Mischung dieser Lichtfarben blau und gelb ergibt die gewünschte Lichtfarbe weiß, die in der Allgemeinbeleuchtung eingesetzt wird.

Häufige LED Arten und Formen (COB)

In der Allgemeinbeleuchtung



Quelle Philips



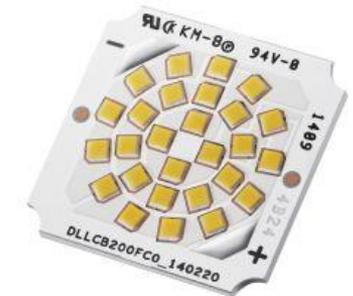
Quelle OSRAM



Quelle Cree



Quelle Nichia



Quelle Samsung

Was muss gutes Licht können?

Gutes ist auf die Sehaufgabe/Tätigkeit abgestimmt

- Grundbeleuchtung für allgemeine Raumausleuchtung
- Gerichtetes Licht für Akzente
- Dekoratives Licht für stimmungsvolles Ambiente

Gutes Licht ist energieeffizient

- geringe Stromkosten, geringe CO2 Emission
- Synergie mit Tageslichtnutzung

Gute Licht ist nachhaltig

- Lange Lebensdauer
- Geringe Wartung

Gute Licht löst individuelle Bedürfnisse

- Individuelle Steuerung
- Automatische Lichtregelung

Lichtqualität ist messbar!

Lichtstrom Φ

Elektrische Leistung W

Lichtausbeute η [lm/W]

Lichtstärke I

Lichtfarbe K

Farbwiedergabe CRI

Lebensdauer h

Qualitätskriterium Lichtausbeute

- Lichtausbeute in Lumen/Watt [lm/W]
- Gibt an „wieviel Licht“ man pro aufgenommener elektrischer Leistung erhält
- Lichtausbeute ist also ein Maß für Effizienz von Lichtquellen und Leuchten und macht Lichtsysteme vergleichbar

Beispiel für Lichtausbeuten



LED Chip
150 lm/W

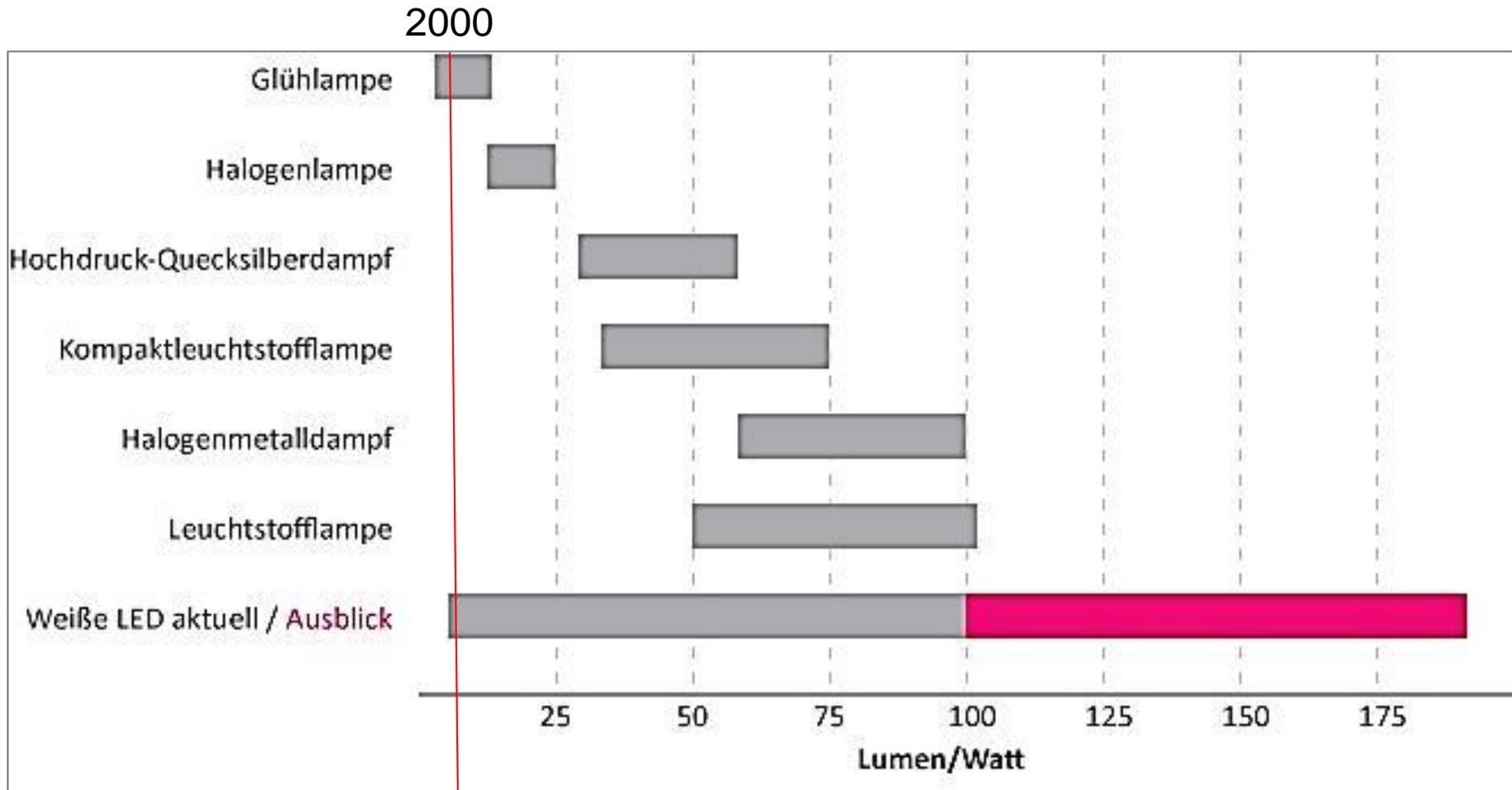


Verlust durch Optik 10%
135 lm/W

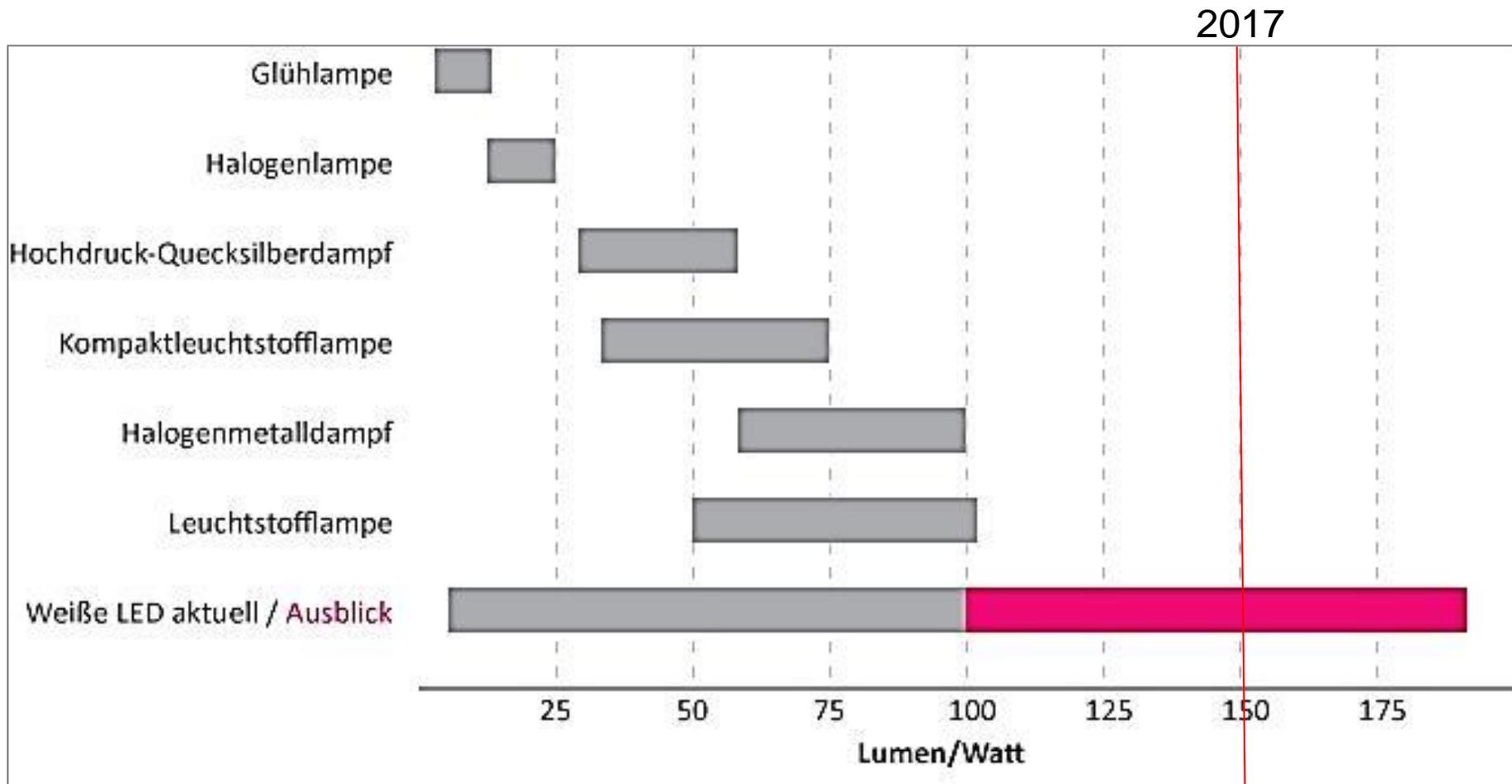


Verlust durch Treiber 10%
131 lm/W

Lichtausbeuten von Lichtquellen



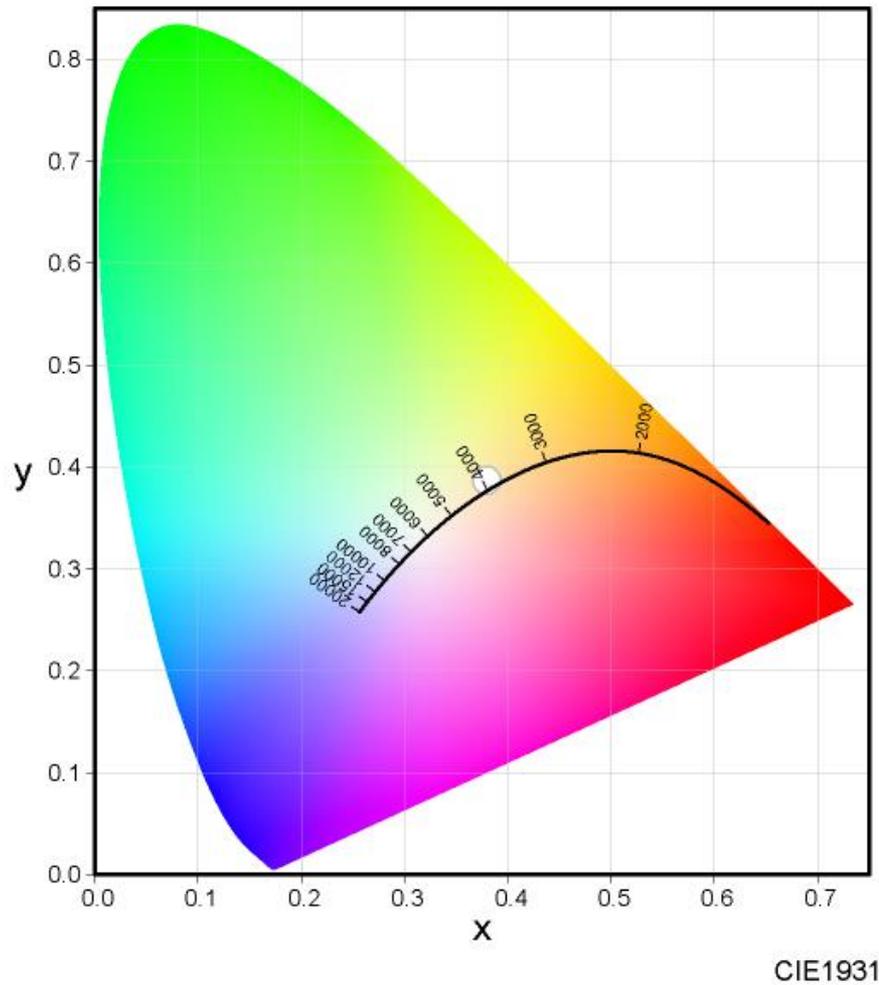
Lichtausbeuten von Lichtquellen



Qualitätskriterium Farbtemperatur

Lichtfarbe	Farbtemperatur [K]	Anwendung
Extra warmweiß	2700 – 2800	Wohnraum, gemütlich, Licht wie Glühlampe
warmweiß	3000	Wohnbereich, Licht wie Halogenleuchte
Neutralweiß (cool white)	4000	Funktionslicht Büro, Gewerbe, Industrie
Tageslichtweiß (daylight)	5400	Manche Arbeitsbereiche in Büro, Gewerbe, Industrie
Tageslichtweiß (skywhite)	8000	HCL: Anregendes Tageslicht in Industrie, Schulen...

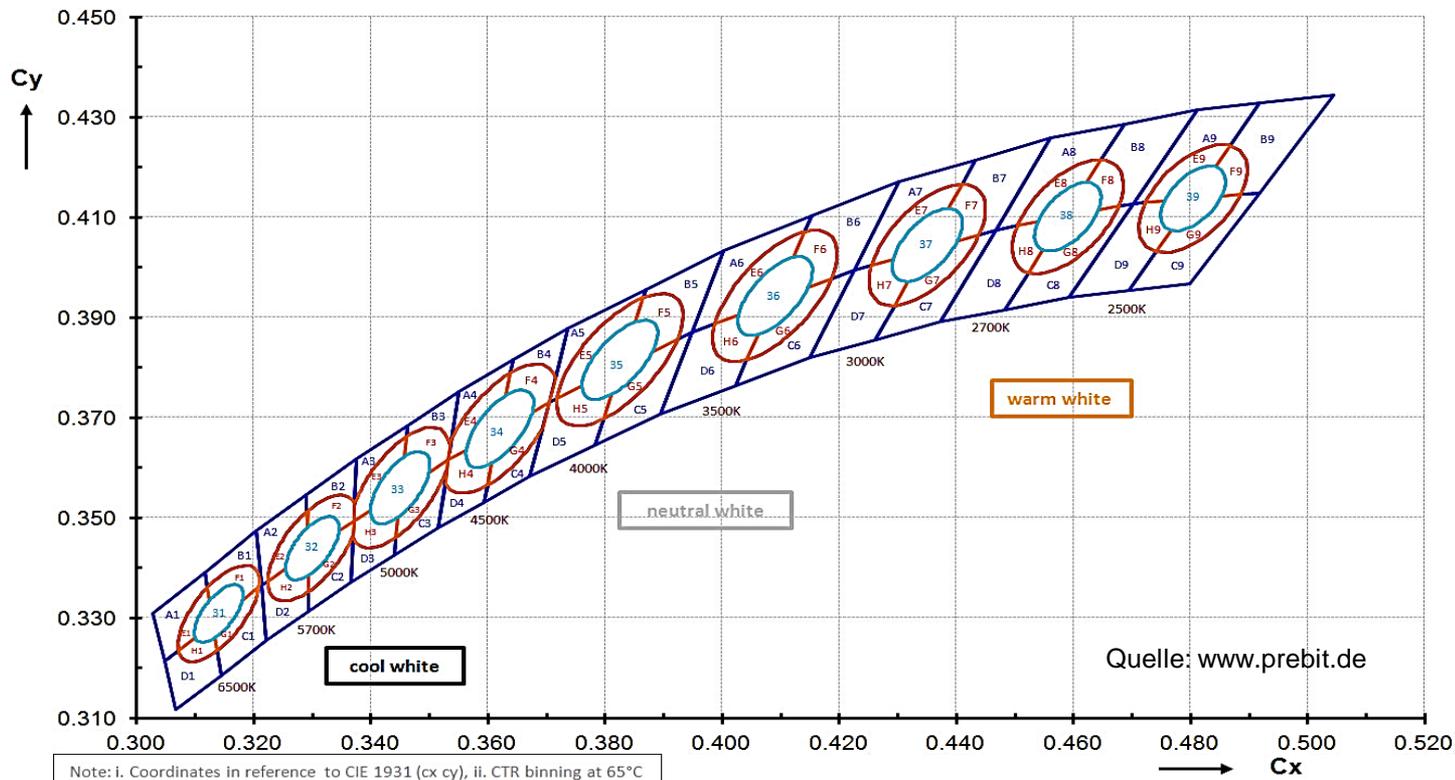
Die CIE Farbtafel mit Planck'scher Kurve



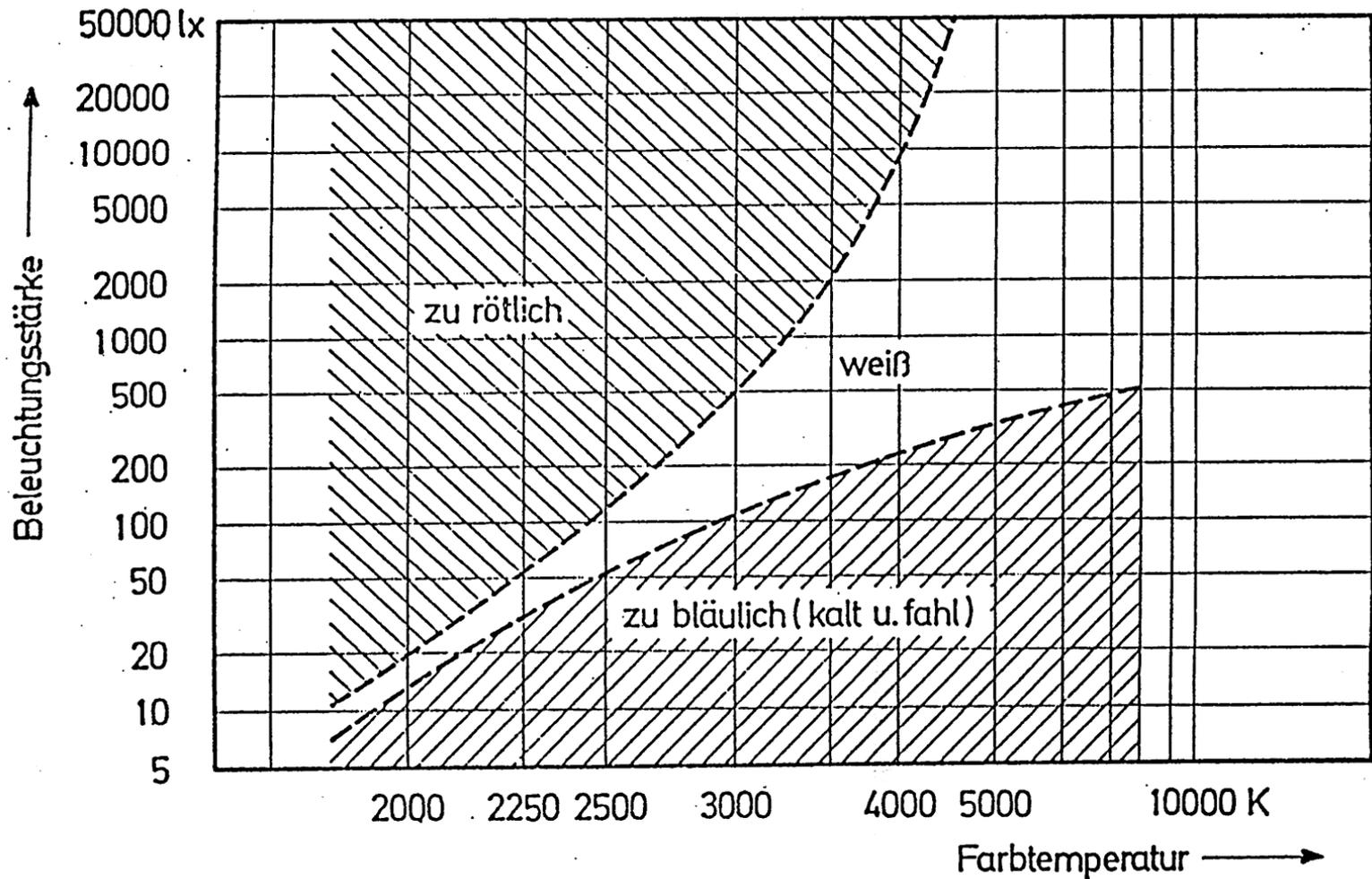
Einteilung von LEDs nach Farbtemperatur

Binning: Um Unterschiede in der Farbtemperatur zu minimieren, werden LEDs in sog. ANSI Binning Klassen sortiert.

Eine weitere Minimierung ist die Einteilung in “MacAdam Ellipsen” und SDMC Einheiten (Standard Deviation od Colour Matching / Schwellenwert) Farbtemperaturabweichungen von 3 SDMC sind gut.



Lichtfarbe und Komfortlevel



Qualitätskriterium Farbwiedergabe



Optimal: Index $R_a = 100$

- Eine Bewertung der Farbwiedergabe erfolgt durch den allgemeinen Farbwiedergabeindex R_a . (CRI = Colour Rendering Index)
- Er ist von häufig vorkommenden Testfarben abgeleitet und gibt an, wie natürlich Farben wiedergegeben werden.
- Generell gilt: Je niedriger der Index, desto mangelhafter werden die Körperfarben beleuchteter Gegenstände wiedergegeben.
- Der Farbwiedergabe-Index von $R_a = 100$ ist optimal; in Innenräumen sollte der R_a -Index nicht unter 80 liegen.

Qualitätskriterium Farbwiedergabe



Farbwiedergabeindex <70

Farbwiedergabeindex >80

Quelle: ksk elektro

R _a -Skala	R _a -Bereich	Beispiele typischer Lampen
100	90 und höher	Leuchtstofflampen „de Luxe“, Glühlampen, Halogenlampen
90	80 bis 89	Dreibanden- und Kompaktleuchtstofflampen, Energiesparlampen
80	70 bis 79	Standard-Leuchtstofflampen tageslichtweiß
70	60 bis 69	Standard-Leuchtstofflampen hellweiß, Metall-Halogenlampe
60	50 bis 59	Standard-Leuchtstofflampen Warmton, Quecksilberdampf-Hochdrucklampen
50	40 bis 49	Standard-Leuchtstofflampen Warmton, Quecksilberdampf-Hochdrucklampen
40	30 bis 39	Natriumdampf-Hochdrucklampen
30	20 bis 29	Natriumdampf-Hochdrucklampen
20	10 bis 19	Natriumdampf-Hochdrucklampen
10	unter 20	Natriumdampf-Niederdrucklampen (monochrom)

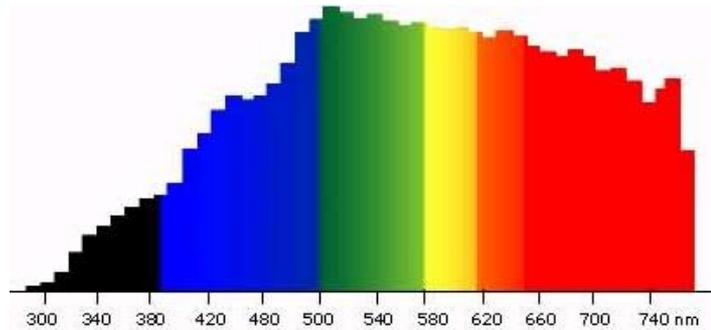
Farbwiedergabe-Index

LED

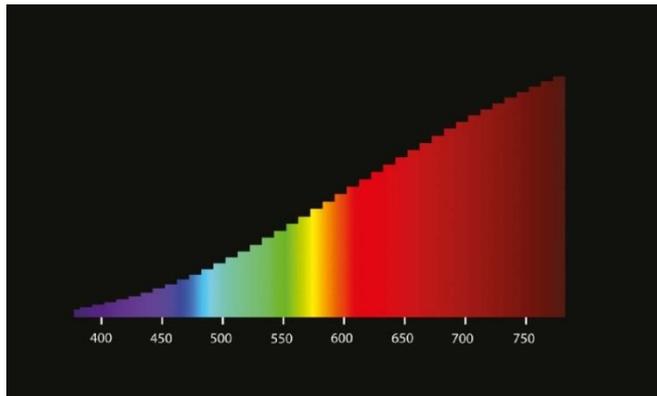
Wohin gehört die LED?

Quelle: www.richtig-hell.at

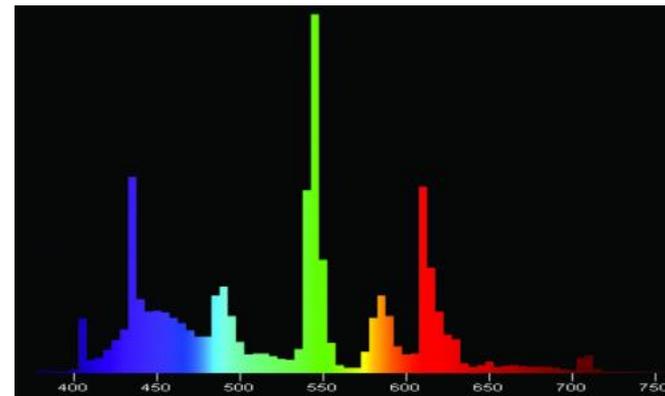
Spektren von Lichtquellen



natürliches Tageslicht

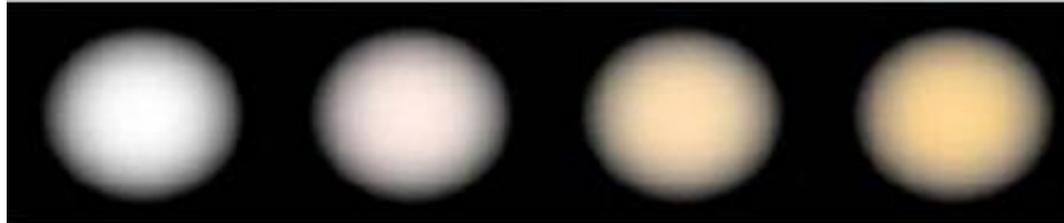


Glühlampe



Leuchtstofflampe

LED Lichtfarben und Spektren

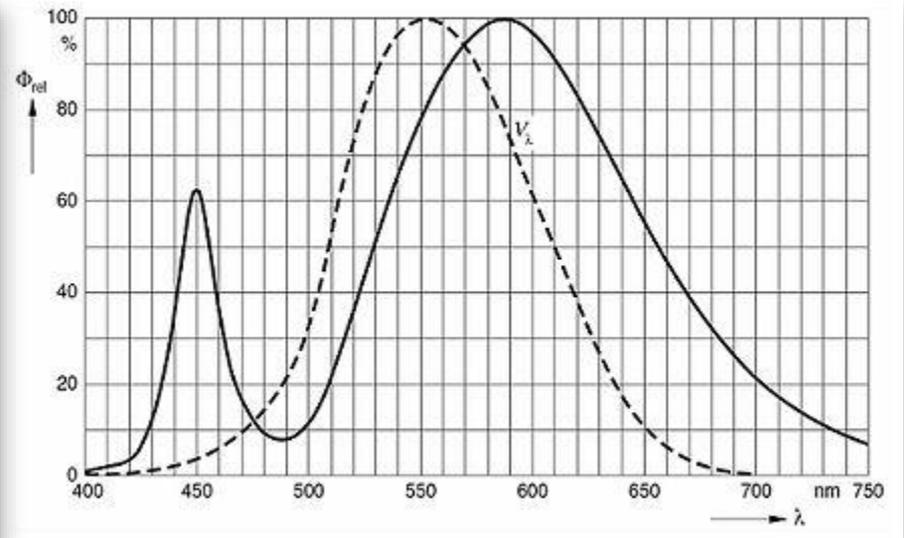
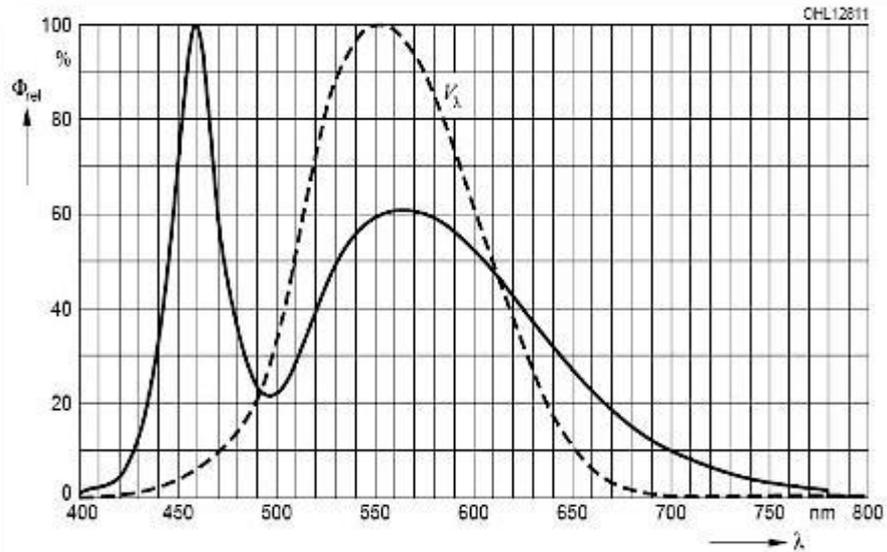


Farb-
temperatur
6500K

Farb-
temperatur
4700K

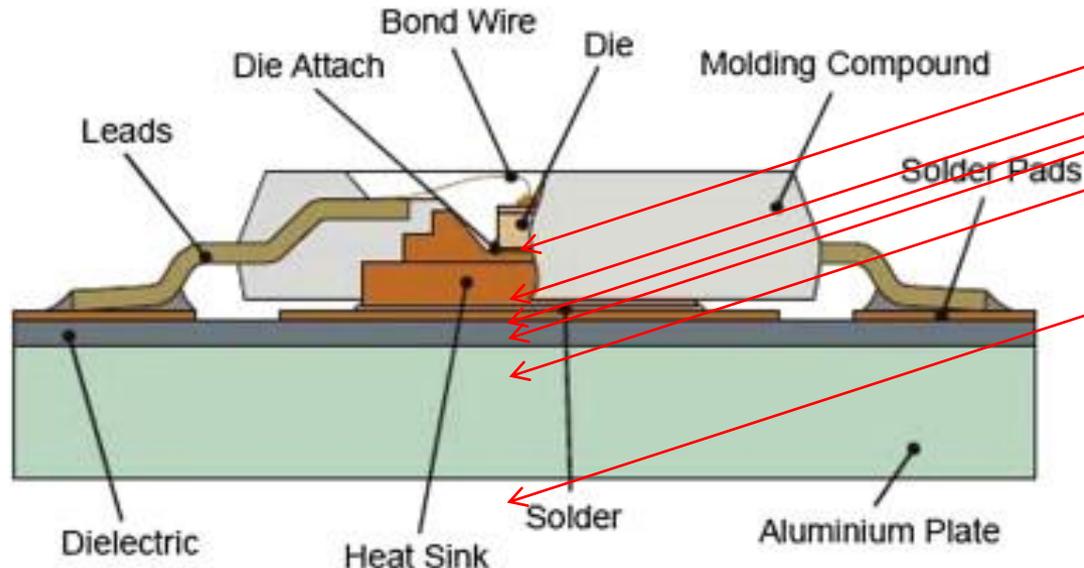
Farb-
temperatur
3300K

Farb-
temperatur
2700K



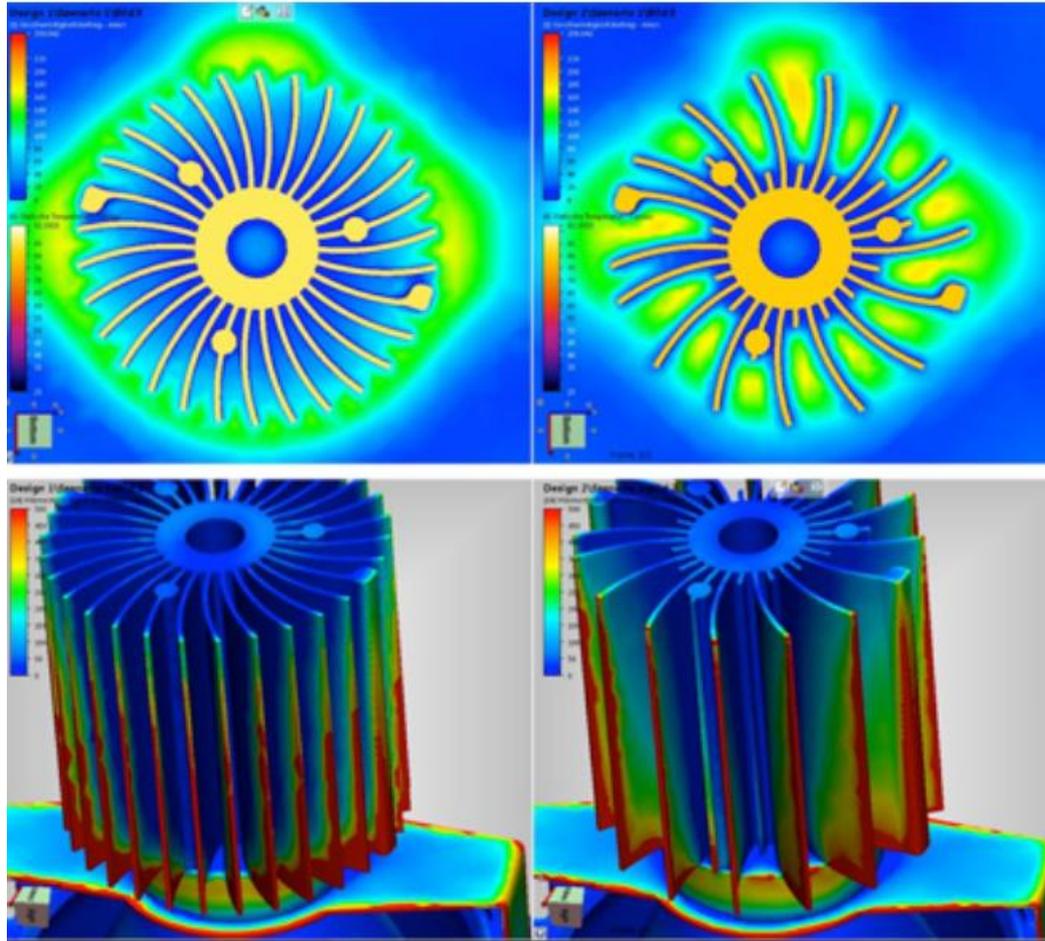
Qualitätskriterium Wärmemanagement

- ☑ Die Lebensdauer und die Effizienz bei Betrieb wird im Wesentlichen durch die Temperatur der LEDs beeinflusst!
- ☑ Abnahme des Lichtstroms und Farbverschiebung durch Erwärmung des LED-Chips
- ☑ Wärme wird nicht abgestrahlt und muss daher über das gesamte LED Systems über Wärmeleitung abgeführt werden. Der **thermische Widerstand** bestimmt den Grad der
- ☑ Man unterscheidet (irreversible) **Langzeitdegradation** Lebensdauer und **reversible Degradation** „kalte und warme Lumen“



Quelle: www.sciencedirect.com

Wärmeableitung im Kühlkörper



Das Bild zeigt eine Wärmeaufnahme der Thermosimulationssoftware von WILA.

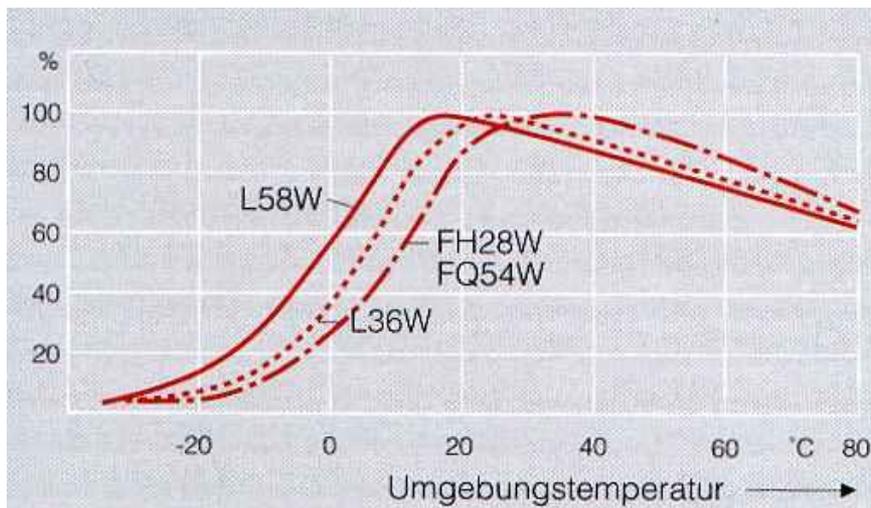
Quelle WILA

Lichtstrom und Temperatur

Abhängigkeit des Lichtstroms von der Umgebungstemperatur hat Auswirkung auf den Leuchtenbetriebswirkungsgrad η_{LB}

FL T8, T5

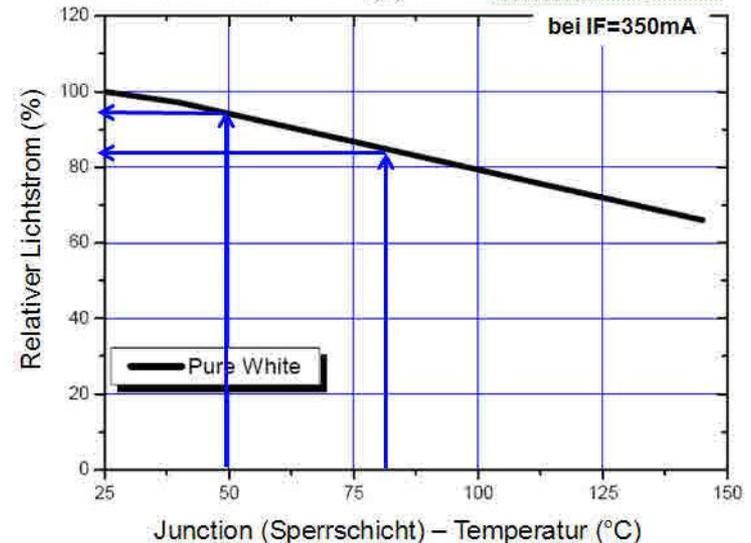
Relativer Lichtstrom in Abhängigkeit von der Umgebungstemperatur



Quelle: www.osram.de

LED

Relativer Lichtstrom in Abhängigkeit von der Junction - Temperatur



Qualitätskriterium Lebensdauer

Die Lebensdauer einer LED wird in Stunden angegeben

Typische Lebensdauer

50.000 h und darüber für hochwertige LED Leuchten

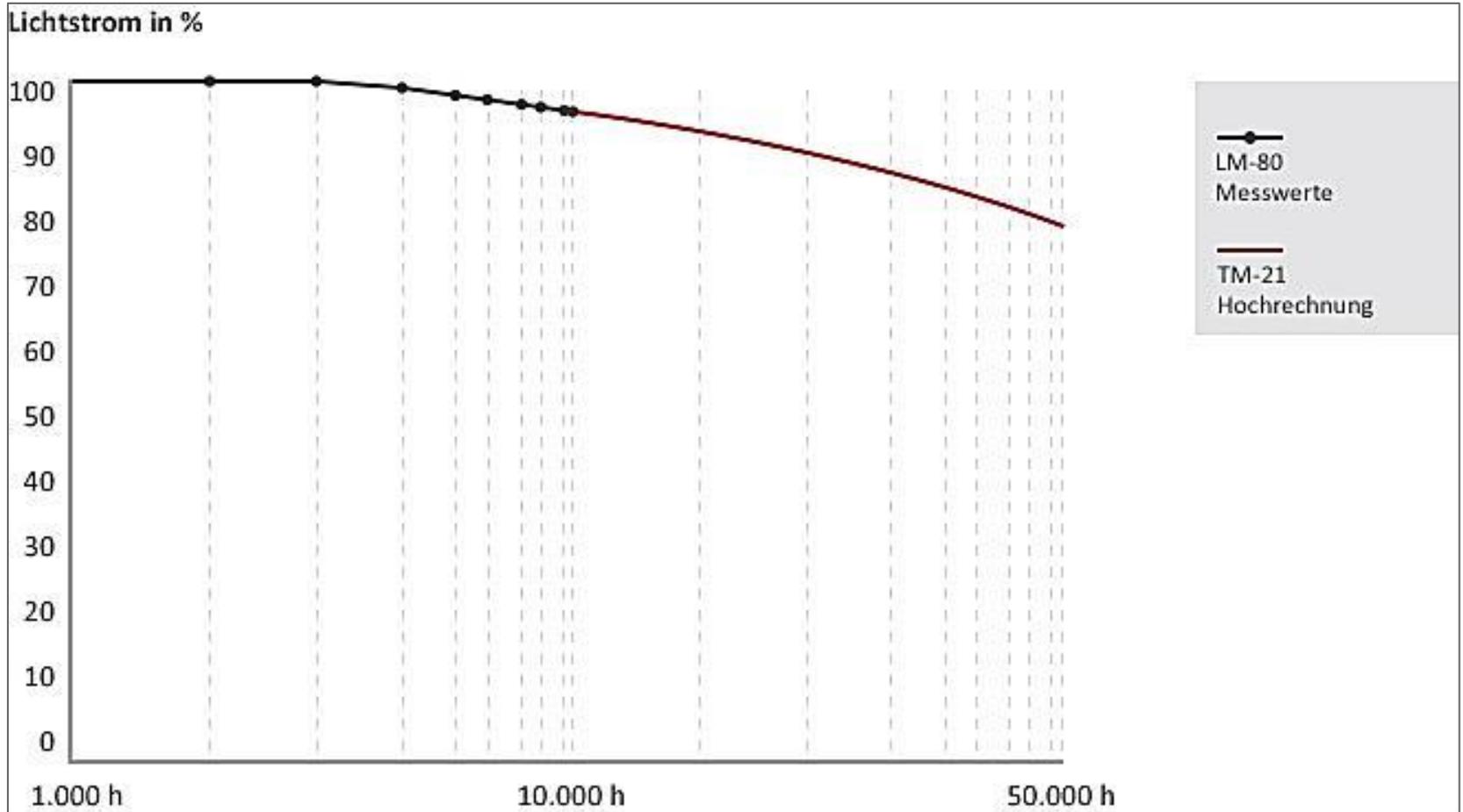
15.000 – 25.000 h für sog. „Retrofit“- Lampen

Die Lebensdauer besteht aus zwei Komponenten

1. Lichtstromrückgang über die Zeit (LxBy)
2. Totalausfall (LoCy)

Was bedeutet 50.000 h /L70 B10?

Lebensdauerangaben von LED



Quelle WILA

Qualitätskriterium Lebensdauer

Immer auf die Angaben achten! Was bedeutet 50.000 h Lebensdauer?

Lebensdauerangaben LxBy, dabei ist L der Lichtstromrückgang und B der LED-Anteil mit weniger Lichtstrom als angegeben.

Beispiel 50.000 h, L70/B10 d.h.

- nach 50.000 h hat ein Modul/ eine Anlage noch 70% des Anfangslichtstromes (L70) und 10% der LEDs/Leuchten haben weniger als 70 % des Anfangslichtstromes (B10)



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

