



## Chancen und Grenzen der LED- Technik in der Industriebeleuchtung Update 2015

Dipl.-Phys. Alexander Nowak; Licht Minus Strom GmbH

Abendforum Licht für Wandel - Lichtkultur ist Energiekultur  
22.10.2015 Bauzentrum München

**LICHT**  **STROM**

Licht Minus Strom GmbH

**LICHT**  **STROM**

- Seit 1998 tätig für Energieversorger und Contractinganbieter bei Energiespar-Projekten
- Kunden in Industrie, Logistik, Handel, Öffentlicher Hand
- Leistungen: Beratung, Analysen, Konzeption; komplette Umsetzung mit Partnerfirmen
- Dozent bei der IHK für Europäische Energiemanager seit 2003
- Autor im "Handbuch Energieberatung" des Bundesanzeiger-Verlags, Kapitel Beleuchtung (Neuaufgabe 2014)
- Entwicklung und Vermarktung energiesparender Produkte
  - hocheffiziente Leuchtstofflampe-technik
  - Präsenzmelder
  - LED-Technik

## Referenzen (Auszug)

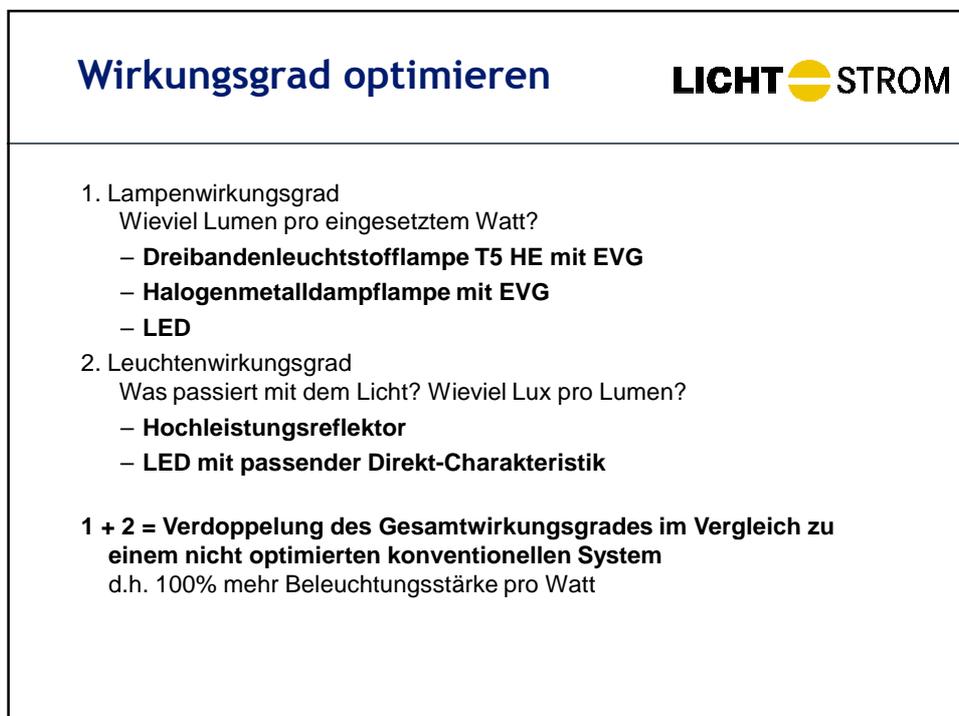
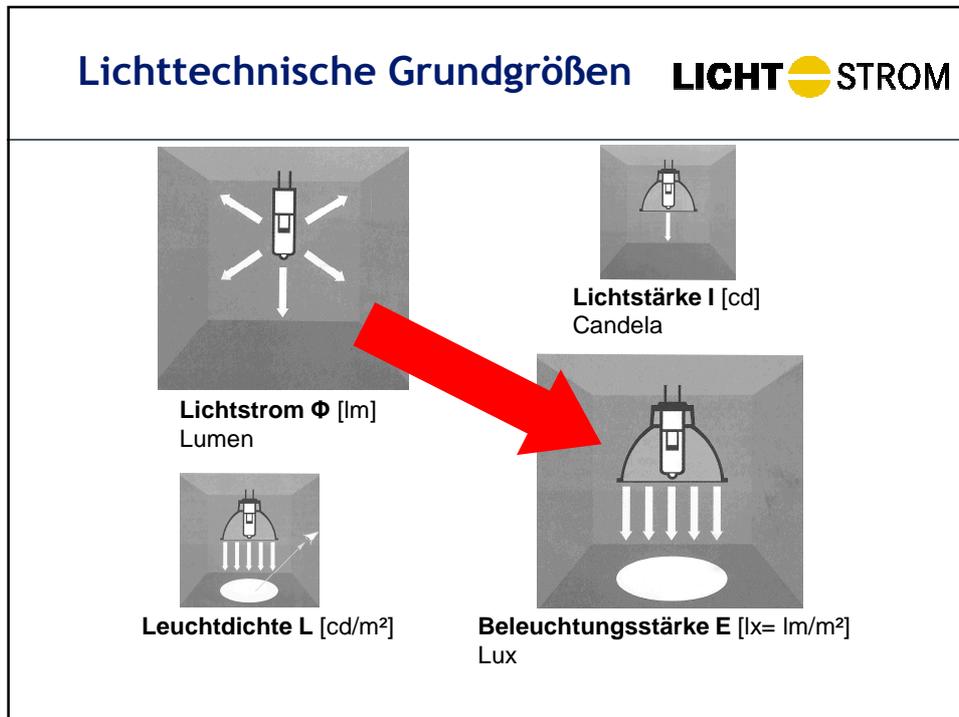
**LICHT**  **STROM**

- Mehrere Standorte der Siemens AG  
Beleuchtungsoptimierung von > 7000 Leuchten
- Ebay Enterprise Logistikzentrum, Halle  
3000 Leuchten und 800 Bewegungsmelder
- Neukauf Südbayern, Zentrallager und Märkte  
Umrüstung von 4100 Leuchten auf T5-Technik
- Gebäudepool Landkreis Nürnberg,  
>2.500 Leuchten mit T5-Technik, Präsenzmelder
- MAN Johannesburg Südafrika  
Präsenzmelder für Hochregallager: 52m lang, 15m hoch
- Zalando Logistikzentrum, Mönchengladbach  
14.500 Leuchten T5 dimmbar und 4500 Bewegungsmelder

## Logistikzentrum Zalando

**LICHT**  **STROM**





## Wirkungsgrad optimieren

**LICHT**  **STROM**

Beispiel: Lichtband mit Blechreflektor, Leuchtstofflampen T8 2\*58 W mit KVG, Gesamtleistung ca. 142 W

Variante A:

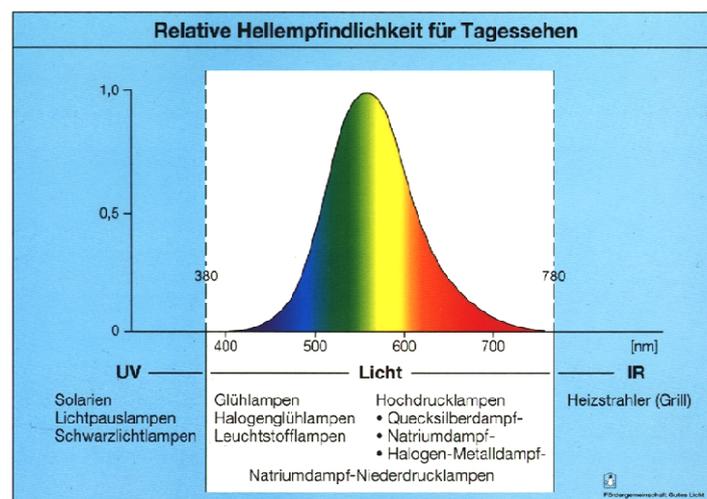
Lichtband neu, Aluminium-Reflektor, Leuchtstofflampe T5 1\*49 W, EVG  
Gesamtleistung 54 W  
ca. 80 € inklusive Montage

Variante B:

Lichtband neu, LED-System 40W  
Gesamtleistung 44 W  
ca. 150 € inkl. Montage

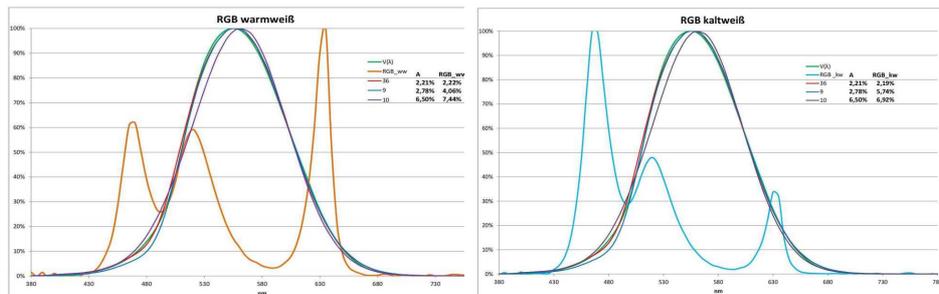
## Nicht jede Farbe ist gleichhell

**LICHT**  **STROM**



## Luxmeter und LED

**LICHT**  **STROM**



LED-Licht lässt sich genauso messen wie das Licht von Leuchtstofflampen, Hochdrucklampen oder sonstigen Lichtquellen.  
Der Fehler wird durch die Güte des Messgerätes bestimmt.

## Wartungsfaktor

**LICHT**  **STROM**

$$WF = LLF * LAF * (LWF * RWF)$$

WF      Wartungsfaktor

LLF    Lichtstromrückgang der Lampe (LED: L70 → 0,7 !)

LAF    Auswirkung von Lampenausfällen (LED: 1 ??)

LWF, RWF    Leuchten- oder Raumverschmutzung (LED: < 0,9)

WF=0,67: Standardwert (LED: 0,63)

WF=0,80: in sehr sauberen Räumen, Lampen mit geringer Lichtstromabnahme und Ausfallquote in häufig gereinigten und/oder wenig verschmutzenden Leuchten

WF=0,50: im Fall hoher Staubbelastung von Raum und Leuchten, seltener Leuchtenreinigung und erhöhter Lichtstromabnahme sowie Ausfallquote der eingesetzten Lampen

Planungsfaktor  $v = 1/WF$ , zB. 1,25 oder 1,5 (Standardwert) (LED: 1,6)

**LED** **LICHT**  **STROM**

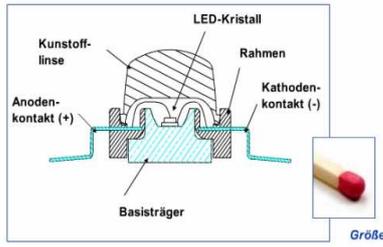
---

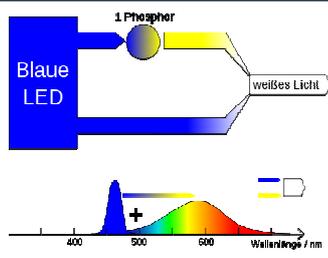
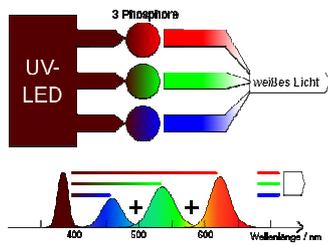
- Elektrische Lumineszenz mit Leuchtstoffen
- Wirkungsgrad > 150 lm/W (über 200 lm/W im Labor)
- Ra-Index 60 - 95
- Farbtemperatur 2500 - 6000 K
- kein UV-Anteil / „kaltes“ Licht
- schaltbar / dimmbar
- wärmeempfindlich
- Lebensdauer bis 100.000 h
- passende Betriebsgeräte
- noch teuer




**LED** **LICHT**  **STROM**

---



## Fragen für die Praxis

**LICHT**  **STROM**

- ? Welche **Lichtmenge** und **Lichtqualität**?
- ? Was ist mit der **Blendung**?
- ? Betriebspunkt der LED?  
Laborwerte versus Realbetrieb
- ? Echter **Wirkungsgrad**?
- ? **Alterung** der LED? Helligkeitsverlust, Farbkonstanz?
- ? **Nutzlebensdauer** von LED /Elektronik?
- ? Garantie? Service?
- ? **Preis**?



## Fragen für die Praxis

**LICHT**  **STROM**

### Welche **Lichtmenge** und **Lichtqualität**?

Lichtfarbe 840, aktueller LED-Chip, Stand 10/2015:

Herstellerangaben bei ca. 165 bis 170 Lumen / Watt

- Verluste durch Optik (Linse, Entblendung): > 10%

- Wirkungsgrad LED-Treiber eta = 85 bis 90 %

LED-Komplettsystem: ca. 125 bis 135 Lumen / Watt

~30 bis 40 % besser als Leuchtstofflampe oder HID!

## Fragen für die Praxis



### **Alterung der LED und Nutzlebensdauer?**

zB. Herstellerangabe: 50.000 h (L70/B50)

Nach 50.000 Stunden haben noch mindestens 50%  
der LED mehr als 70% des Ausgangslichtstroms  
Im schlimmsten Fall: nur 35% der Anfangsleistung!

Wir brauchen also mindestens L80/B20 oder besser  
Die Angabe einer Stundenzahl alleine ist wertlos.

## Fragen für die Praxis



### **Wirtschaftlichkeit**

- Anschaffungskosten LED mindestens Faktor 2
- Schlechter Wartungsfaktor macht höhere Überplanung erforderlich
- Anlagennutzlebensdauer geringer als mit konventioneller Technik
- Technisches Risiko ist höher

Sehr genaue Wirtschaftlichkeitsberechnung erforderlich  
Vorsicht: LED-Anbieter rechnen LED gerne "schön!"  
Vergleich mit T5 oder HID nicht vergessen !

## Anwendungsbeispiele LED

**LICHT**  **STROM**

- Hohe und schmale Räume  
→ LED-Hallenstrahler mit direktem Licht  
30 % bessere Effizienz ↔ 2- bis 3-facher Preis
- Nebenräume, Flure, Lager mit niedrigen Anforderungen  
→ LED-Retrofits, LED-Röhren  
Einsparung bis 70% ↔ oft weniger und schlechteres Licht
- Downlights, direktes Licht  
→ LED-Downlights, LED-Strahler  
gut geeignet, Einsparung 50% ↔ Gesamteinsparung gering  
ROI beim Austausch mäßig

## LED-Hallenstrahler

**LICHT**  **STROM**

- Für sehr hohe und / oder schmale Räume
- Vorteil der sehr direkten Lichtverteilung
- 10 bis 20 % bessere Effizienz  
als HQI und Leuchtstofflampen
- Preis 600 bis 1000 €
- Kühlung? Bis 300 W LED!
- Staub? Ablagerungen?
- Lichtstromkonstanz / Lebensdauer?
- Technisches Risiko



## LED Retrofit-Röhren

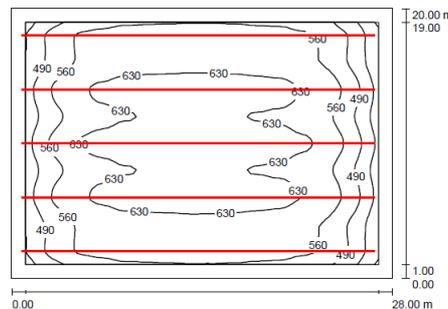


- Im Bestand nachrüstbar
- Potentiell hohe Einsparung
- Preis 30 bis 50 €



- Lichtqualität: Farbwiedergabe, Blendung
- In vielen Fällen deutlicher Helligkeitsverlust
- „Schönrechnung“ gegenüber Leuchtstofflampe
- Lichtstromkonstanz / Lebensdauer?
- Technisch sinnvoll?

Halle 1; Lichtband mit 2\*LED Osram Substitube / Zusammenfassung



Raumhöhe: 5.000 m, Montagehöhe: 4.000 m, Wartungsfaktor: 0.63

Werte in Lux, Maßstab 1:257

Fläche	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$g_1$
Nutzebene	/	584	346	674	0.593
Boden	20	526	249	639	0.473
Decke	70	189	121	241	0.639
Wände (4)	50	350	164	523	/

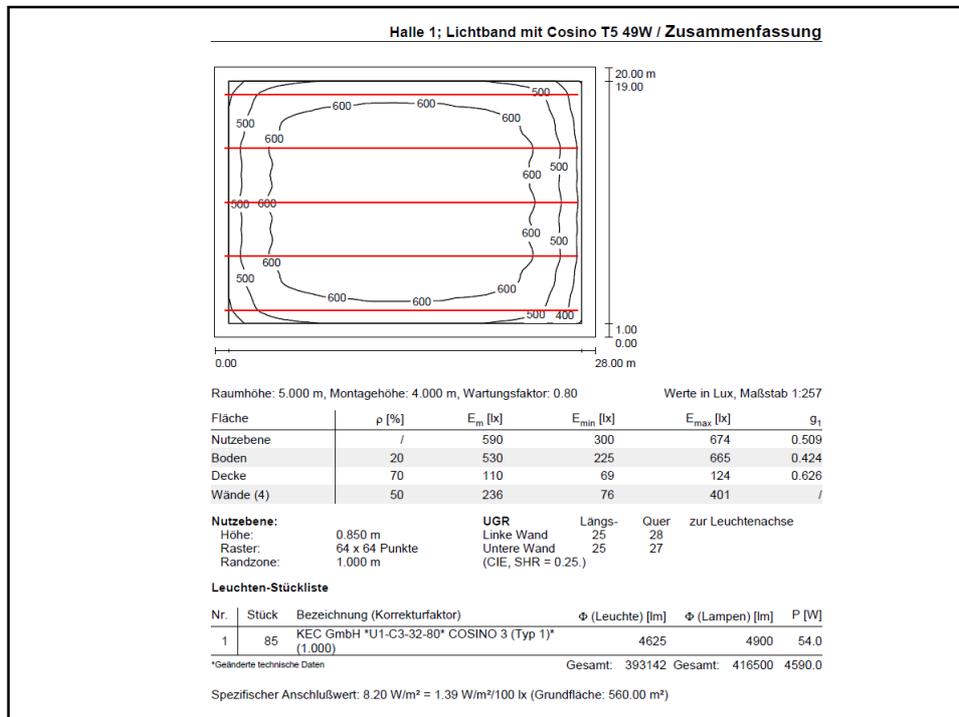
**Nutzebene:**

Höhe: 0.850 m  
 Raster: 64 x 64 Punkte  
 Randzone: 1.000 m

**Leuchten-Stückliste**

Nr.	Stück	Bezeichnung (Korrekturfaktor)	$\Phi$ (Leuchte) [lm]	$\Phi$ (Lampen) [lm]	P [W]
1	170	Osram ST8-HA5-330-840 (1.000)	3298	3300	30.0
Gesamt:			560740	561000	5100.0

Spezifischer Anschlusswert:  $9.11 \text{ W/m}^2 = 1.56 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Grundfläche: 560.00 m<sup>2</sup>)



## LED Downlights

**LICHT** **STROM**

- bei kleinen Leistungen problemlos
- 30 bis 50% Einsparung
- Preis um 100 €

- Bei höheren Leistungen:  
Achtung Wärmestau!
- Evtl. Anpassung der Decke
- Auf Lichtqualität achten
- Qualität von LED und Treiber?
- Absolute Einsparung gering



## Fazit

**LICHT**  **STROM**

- ? Welche **Lichtmenge** und **Lichtqualität**?
- ? Was ist mit der **Blendung**?
- ? Betriebspunkt der LED?  
Laborwerte versus Realbetrieb
- ? Echter **Wirkungsgrad**?
- ? **Alterung** der LED?  
Helligkeitsverlust, Farbkonstanz?
- ? **Lebensdauer** von LED / Elektronik?
- ? Garantie? Service?
- ? **Preis**?



**LED: Technik der (nahen) Zukunft**