

Vortrag energienetz-zug

# Energieeffiziente Beleuchtung

Martin Stalder

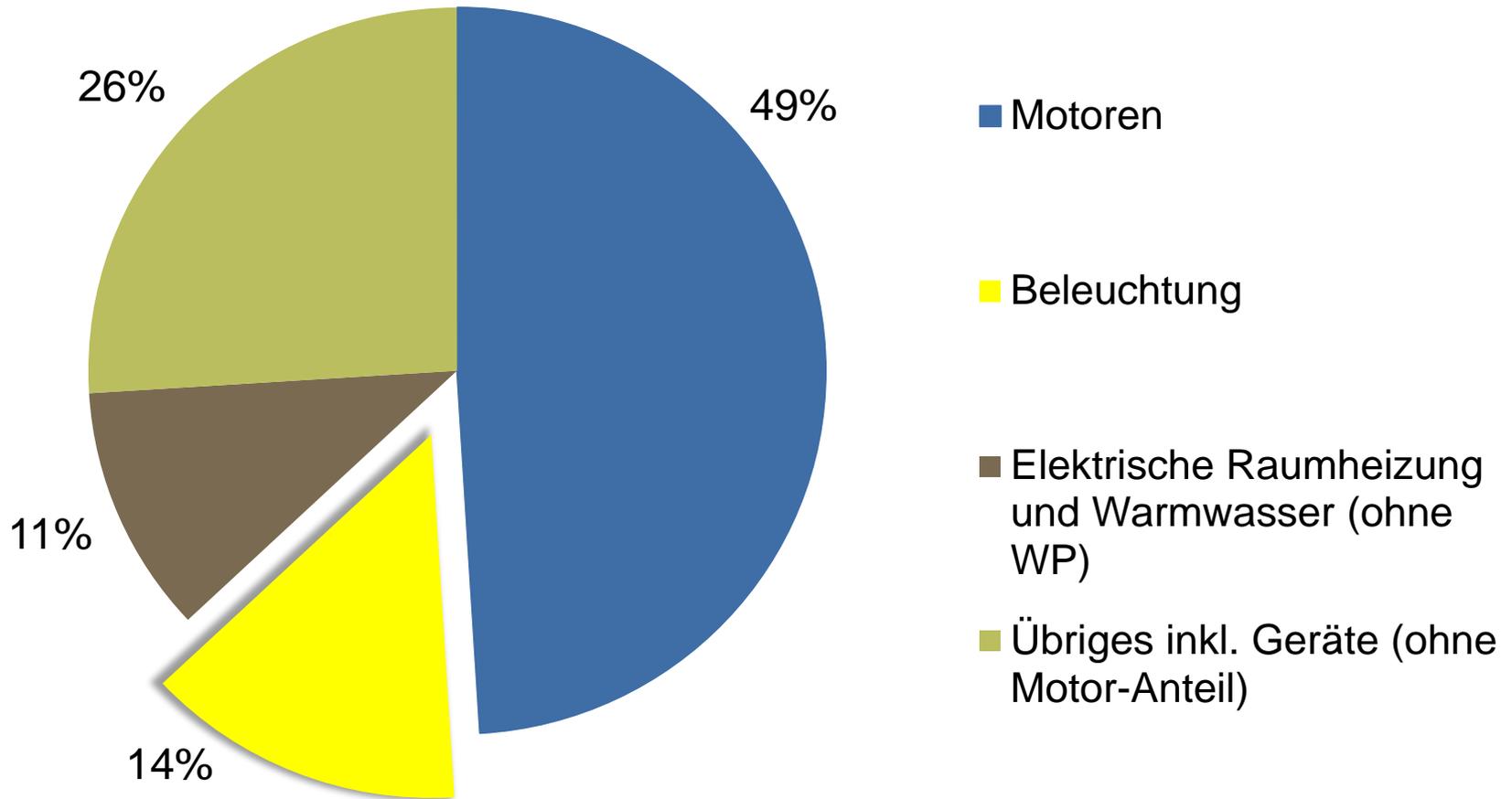
Martin Stalder Ing. Büro für Energie und Informatik

Zug, 17. Januar 2019

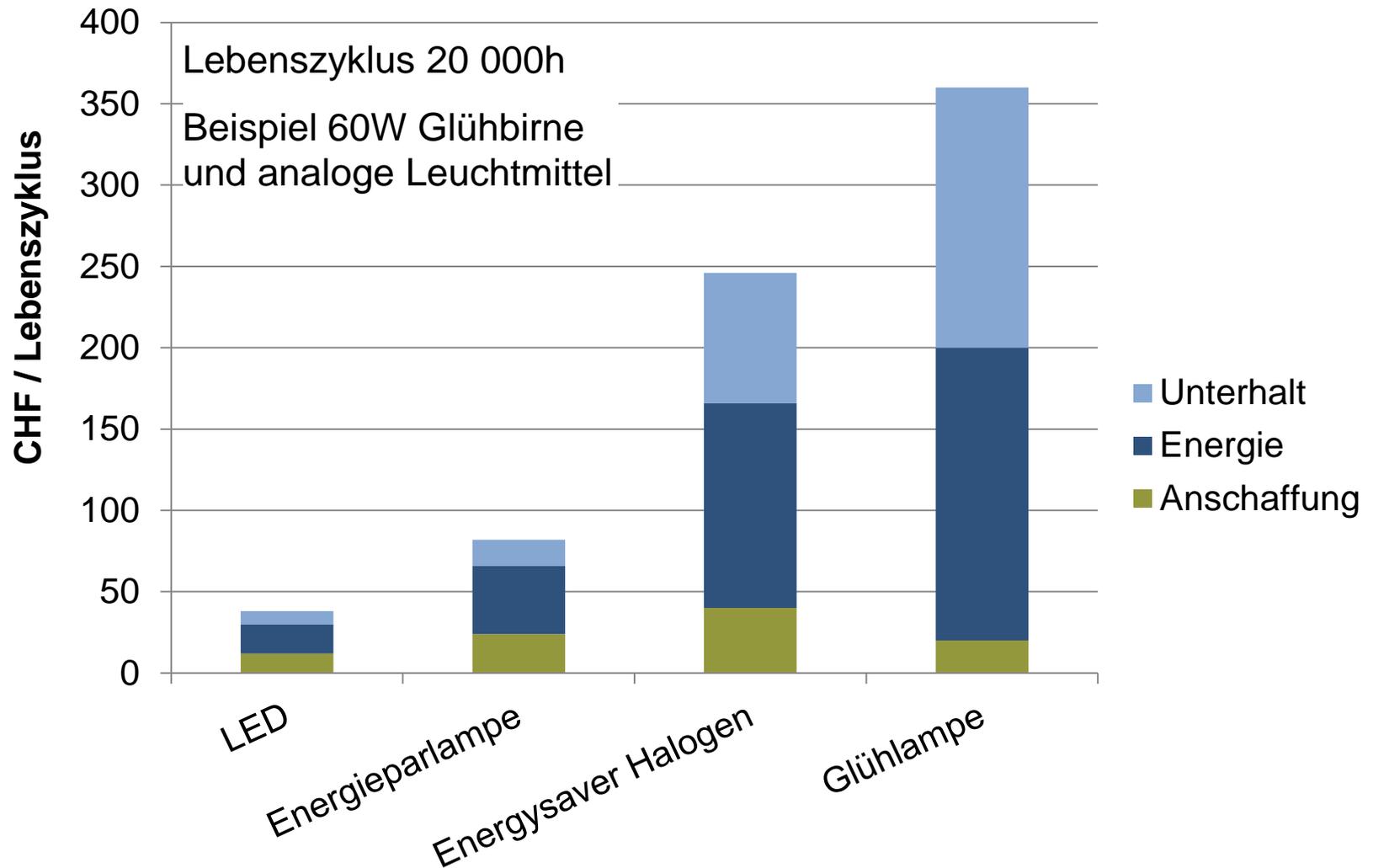
- Erfahrungen beim Einsatz von LED Retrofit
- Hilfsmittel für Planung von Beleuchtungsmassnahmen
- Trends Beleuchtungssteuerung und Beleuchtungsvernetzung
- «Rebound Effekt» bei LED Leuchten
- Vereinfachter Energienachweis als Kontrolle für Beleuchtungseffizienz

# Anteil Beleuchtung am Elektroverbrauch

## Anteil Elektroverbrauch nach Verbrauchstyp



# Lebenszykluskosten verschiedener Leuchtmittel

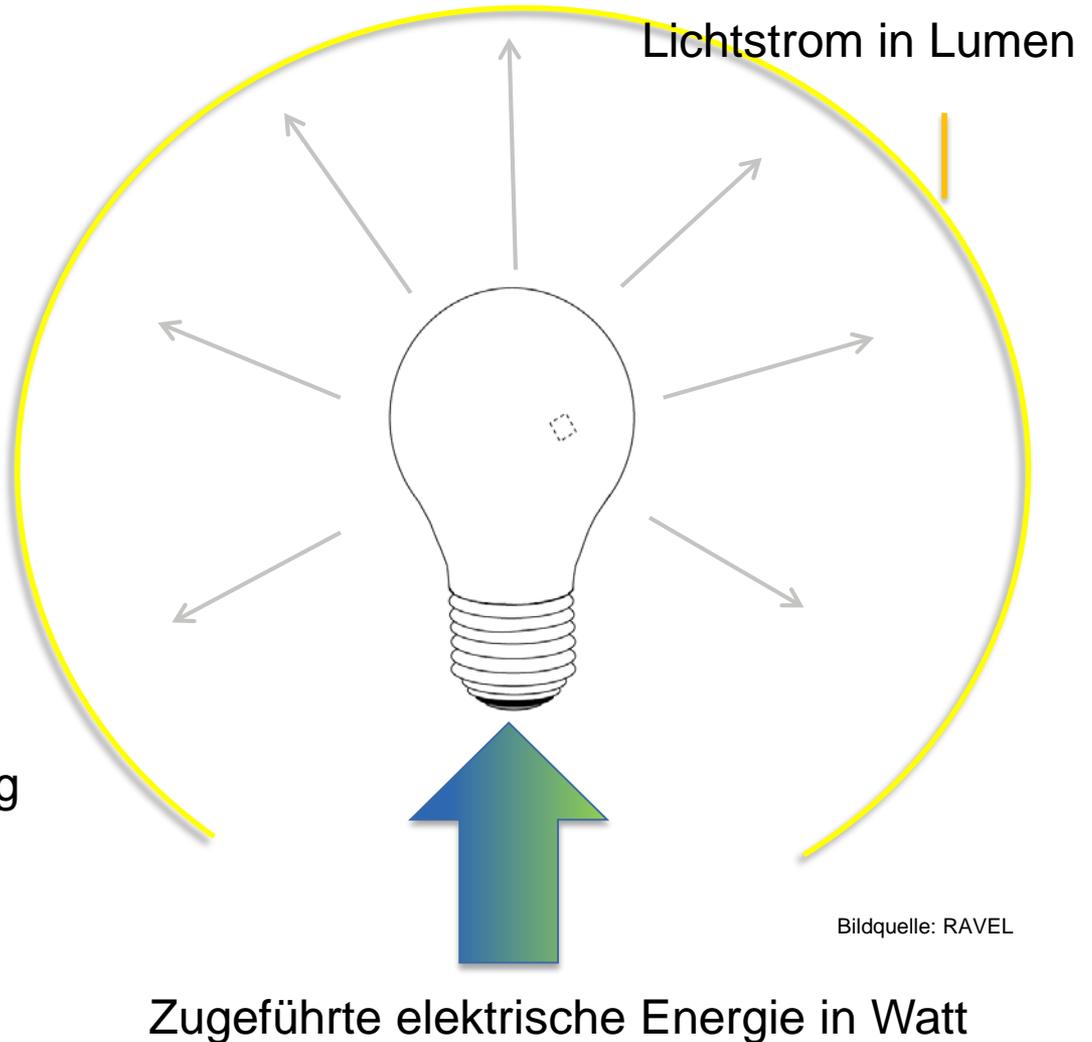


# Lichtausbeute

Kennzahl, wie gut eine Lichtquelle elektrische Energie in Lichtstrom umsetzen kann.

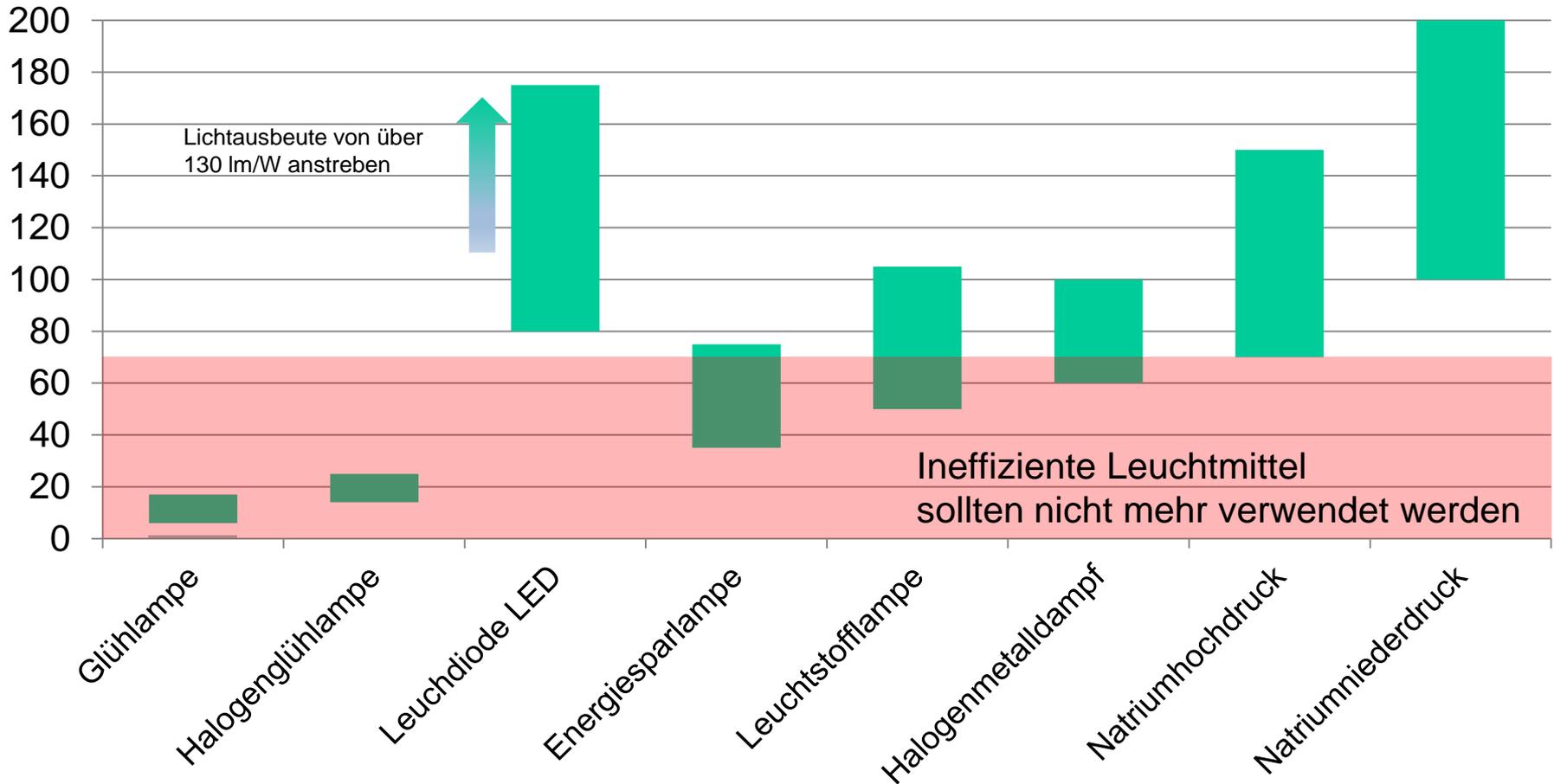
Einheit: Lumen pro Watt  
[lm/W]

**Achtung!**  
Bei der Beurteilung der Lichtausbeute immer Leistung des Vorschaltgeräts berücksichtigen  
(Systemleistung)



# Lichtausbeute (Energieeffizienz) von Lampen/Leuchten

Lichtausbeute in lm/W



Quelle: energie-bewusstsein.de und S:A:F:E

Martin Stalder  
Ing. Büro für Energietechnik  
Engelgasse 22, 8911 Rifferswil

## Leuchten-Lichtausbeute

Wichtiger Faktor für effiziente Beleuchtung

**Anforderung:**  
**> 125 lm/Watt**

## Beispiel Datenblatt

Fabrikat: Philips Lighting

**TPS642 1xTL5-35W HFP D8-VH**

Länge: 1552 mm, Breite: 146 mm, Höhe: 45 mm

Wirkungsgrad:	96%
Leuchten-Lichtausbeute:	<b>81.23 lm/W</b> (B63, ↓ 70.1% ↑ 29.9%)
CIE Flux Codes	78 100 100 70 96
tot. Systemleistung:	39 W

Bestückung:	1 x TL5-35W/840
tot. Lichtstrom:	3300 lm
Lichtstrom bei Notbeleuchtung:	-----

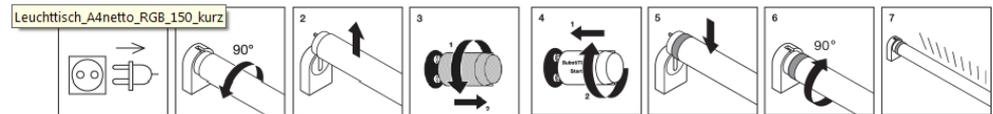


# LED Tubes, Halbierung der Leistung



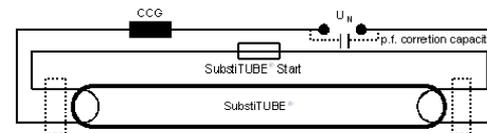
## Produktvorteile

- Kein Durchhängen dank Glastechnik
- Einfacher, schneller und sicherer Lampenaustausch ohne Umverdrahtung
- Energieeinsparung von bis zu 63 % (gegenüber T8-Leuchtstofflampe am KVG)
- Volle Helligkeit ohne Aufwärmphase, deswegen ideal geeignet in Kombination mit Sensorik
- Sehr hohe Schaltfestigkeit
- Auch geeignet für den Betrieb bei niedrigen Temperaturen
- Hoher Lichtstrom für anspruchsvolle Beleuchtungsaufgaben
- Splitterschutz dank spezieller PET-Beschichtung
- Unterstützen bei der Umsetzung der HACCP-Konzepte von der Produktion bis hin zur Warenpräsentation

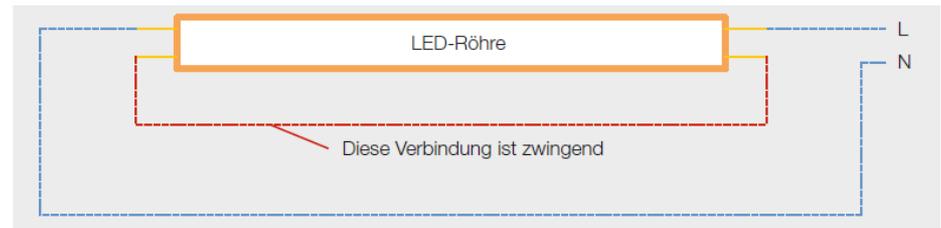


Günstige Retrofit Massnahme für  
FL Leuchten mit KVG und VVG

oder durch Entfernung des EVG



Schaltbild einer nachgerüsteten KVG-Leuchte



# Strategien für Einsatz von LED Retrofit Lampen

## «quick and dirty»

(nur Ersatz durch LED Lampe)

### Vorteile:

- Kostengünstig
- einfach Umsetzbar
- Umrüstung bei Lampenersatz möglich

### Nachteile:

- «nutzloses» Betriebsgerät läuft mit (Verluste, vorzeitiger Ausfall)
- Betriebsgeräte teilweise nicht kompatibel

### empfohlen bei:

- absehbarer Erneuerung der Beleuchtung
- evtl. bei Mietobjekt

## «Direktverdrahtung»

(Ausbau Betriebsgerät und Direktanschluss 230V)

### Vorteile:

- funktioniert immer
- nachhaltige Installation
- offen für Neuentwicklungen (z.B. LEDcity, Interact pro)

### Nachteile:

- Elektrofachmann notwendig (Ausbau, Umverdrahtung, Abnahme)
- teurer (ca. CHF 20 – 35 pro Leuchte)

### Zu beachten:

- ESTI Sicherheitsanforderungen

### empfohlen bei:

- langfristiger Nutzung der bestehenden Leuchten
- einfache Neuanlagen (z.B. Parkhaus)

# Wirtschaftlichkeit von LED Tubes

## Kosteneinsparung effiziente Leuchtmittel

Massnahme: Ersatz von T8 FL-Röhren durch T8 LED Röhren

Mittlerer Elektrizitätstarif 16 Rp./kWh

bestehendes Leuchtmittel: **FL T8 36W EVG**  
 Kosten: 3 Fr.  
 Lebensdauer: 15'000 h  
 Leistungsaufnahme: 40 W

neues Leuchtmittel: **LED Röhre 120cm**  
 Kosten: 20 Fr.  
 Lebensdauer: 50'000 h  
 Leistungsaufnahme: 17 W

Beetrachtung über 50'000 Betriebsstunden

**FL T8 36W EVG**  
 Energieverbrauch: 2000 kWh  
 Leuchtmittelkosten: 10 Fr.  
 Energiekosten: 320 Fr.  
**Kosten Total: 330 Fr.**

**LED Röhre 120cm**  
 Energieverbrauch: 850 kWh  
**Einsparung: 1150 kWh**  
 Leuchtmittelkosten: 20 Fr.  
 Energiekosten: 136 Fr.  
**Kosten Total: 156 Fr.**  
**Einsparung: 174 Fr.**

---

Einsparung Energiekosten 184 CHF  
 Betriebsstunden 3'000 h/a  
 Lebensdauer 16.7 Jahre  
 Einsparung Energiekosten 11.0 CHF/a  
**Payback 1.8**

# Vorgehen Planung retrofit LED Massnahmen

- Testinstallation (z.B. 1 Raum)
  - Beurteilung Ausleuchtung
  - Beurteilung Lichtqualität
  - Testen Kompatibilität
- Pilot (z.B. 1 Geschoss)
  - 1 bis 2 Monate Betriebserfahrung
  - Akzeptanz
- Roll (ganzes Gebäude)

Achtung:

Auf Qualität setzen.

→ 5 Jahre Garantie

→ Hohe Lichtausbeute (State of the Art 27.3.19 > 160 lm/W bei 4000k)

# Hilfsmittel für Quantifizierung von Beleuchtungsmaßnahmen

Uni Zürich Aufnahme/Massnahmen Beleuchtung										Übersicht									
Gebäude: <b>STB</b>		Tarif: <b>ZH-NNB1 / FP2019</b>		HT: <b>0.173 CHF/kWh</b>		NT: <b>0.134 CHF/kWh</b>		Leistg.: <b>129.24 CHF/kW a (inkl. MWST)</b>		001									
Raumtyp: <b>Büro STB-J</b>		Sia Kat.: <b>3.1 Einzel-, Gruppenbüro</b>		<b>Istzustand</b>			<b>Massnahmen</b>			<b>Bezeichnung Massnahme</b> Ersatz der T5 FL durch LED Tube T5 Bemerkungen: Keine Anpassung der Installation notwendig Gemessene Beleuchtungsstärken Testinstallation 400 bis 800 Lux									
Referenzraum 1 <b>STB-J-420</b>		Nettofläche: <b>24.6 m²</b>		<b>Leuchtentyp 1</b>			<b>Leuchtentyp 1</b>												
Leuchtentyp 1: <b>4 Stk.</b>		Leuchtentyp 2: <b>0 Stk.</b>		Vorschaltgerät <b>FL T5 1149mm</b>			Vorschaltgerät <b>LED Tube T5 HE</b>												
Referenzraum 2 <b>STB-J-421</b>		Nettofläche: <b>13.6 m²</b>		Lampen pro. Leuchte <b>2 Stk.</b>			Lampen pro. Leuchte <b>2 Stk.</b>												
Leuchtentyp 1: <b>2 Stk.</b>		Leuchtentyp 2: <b>0 Stk.</b>		Systemleistung <b>100%</b> gedimmt			Systemleistung <b>100%</b> gedimmt			<b>Einsparung</b> pro Leuchte <b>77 kWh/a</b> Kosten pro Leuchte (inkl. MWST) <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th>Material</th> <th>Arbeit</th> <th>Total</th> </tr> <tr> <td>53.83 CHF/Le</td> <td>16.16 CHF/Le</td> <td>69.99 CHF/Le</td> </tr> <tr> <td colspan="2"><b>Payback:</b></td> <td><b>4.2 Jahre</b></td> </tr> </table>	Material	Arbeit	Total	53.83 CHF/Le	16.16 CHF/Le	69.99 CHF/Le	<b>Payback:</b>		<b>4.2 Jahre</b>
Material	Arbeit	Total																	
53.83 CHF/Le	16.16 CHF/Le	69.99 CHF/Le																	
<b>Payback:</b>		<b>4.2 Jahre</b>																	
Nettofläche Gebäude mit Raumtyp Büro STB-J: <b>522 m²</b>		Systemleistung (pro Leuchte) <b>62.2 W</b>			Systemleistung (pro Leuchte) <b>36.5 W</b>			Betriebsstunden											
Referenzwert (Leuchten pro m² [Le/m²])		Betriebsstunden			Betriebsstunden			Betriebsstunden											
Leuchtentyp 1: <b>0.157 Le/m²</b>		Leuchtentyp 2: <b>0.000 Le/m²</b>			Mo-Fr			Mo-Fr											
Total Leuchten: <b>82 Stk.</b>		Total Leuchten: <b>0 Stk.</b>			Sa			Sa											
Total Lampen: <b>164 Stk.</b>		Total Lampen: <b>0 Stk.</b>			So und Feiertage			So und Feiertage											
<b>Kennwerte Massnahmen für Raumtyp. Büro STB-J</b>		Total h/a			Total h/a			Total h/a											
Investition: <b>5'739 CHF</b>		Einsparung: <b>1'361 CHF/a</b>			Total kWh/a Leuchte			Total kWh/a Leuchte											
Payback: <b>4.2 Jahre</b>		Payback: <b>6'314 kWh/a</b>			Energiekosten pro Leuchte			Energiekosten pro Leuchte											
Spezifische Leistung:		Grenzw. <b>12.5</b> Zielwert <b>8.1</b> Ist <b>9.8</b> saniert <b>5.7</b> W/m²			Energie: <b>187 kWh/a</b> HT <b>32.2</b>			Energie: <b>110 kWh/a</b> HT <b>18.9</b>											
					Spez Leistg: <b>9.8 W/m²</b> NT <b>0.0</b>			Spez Leistg: <b>5.7 W/m²</b> NT <b>0.0</b>											
					<b>Total Kosten: 40.2 CHF/a</b> Leistg. <b>8.0</b>			<b>Total Kosten: 23.6 CHF/a</b> Leistg. <b>4.7</b>											
		<b>Leuchtentyp 2</b>			<b>Leuchtentyp 2</b>			<b>Leuchtentyp 2</b>			<b>Bezeichnung Massnahme</b> Bemerkungen:								
		Vorschaltgerät			Vorschaltgerät			Vorschaltgerät											
		Lampen pro. Leuchte <b>1 Stk.</b>			Lampen pro. Leuchte <b>1 Stk.</b>			Lampen pro. Leuchte <b>1 Stk.</b>											
		Systemleistung <b>100%</b> gedimmt			Systemleistung <b>100%</b> gedimmt			Systemleistung <b>100%</b> gedimmt											
Systemleistung (pro Leuchte) <b>W</b>			Systemleistung (pro Leuchte) <b>W</b>			Systemleistung (pro Leuchte) <b>W</b>			Betriebsstunden										
Betriebsstunden			Betriebsstunden			Betriebsstunden			Betriebsstunden										
Mo-Fr			Mo-Fr			Mo-Fr			Mo-Fr										
Sa			Sa			Sa			Sa										
So und Feiertage			So und Feiertage			So und Feiertage			So und Feiertage										
Total h/a			Total h/a			Total h/a			Total h/a										
Total kWh/a Leuchte			Total kWh/a Leuchte			Total kWh/a Leuchte			Total kWh/a Leuchte										
Energiekosten pro Leuchte			Energiekosten pro Leuchte			Energiekosten pro Leuchte			Energiekosten pro Leuchte										
Energie: <b>0 kWh/a</b> HT <b>0.0</b>			Energie: <b>0 kWh/a</b> HT <b>0.0</b>			Energie: <b>0 kWh/a</b> HT <b>0.0</b>			Energie: <b>0 kWh/a</b> HT <b>0.0</b>										
Spez Leistg: <b>0.0 W/m²</b> NT <b>0.0</b>			Spez Leistg: <b>0.0 W/m²</b> NT <b>0.0</b>			Spez Leistg: <b>0.0 W/m²</b> NT <b>0.0</b>			Spez Leistg: <b>0.0 W/m²</b> NT <b>0.0</b>										
<b>Total Kosten: 0.0 CHF/a</b> Leistg. <b>0.0</b>			<b>Total Kosten: 0.0 CHF/a</b> Leistg. <b>0.0</b>			<b>Total Kosten: 0.0 CHF/a</b> Leistg. <b>0.0</b>			<b>Total Kosten: 0.0 CHF/a</b> Leistg. <b>0.0</b>										
						Gesamt Energie: <b>0 kWh/a</b> HT <b>0.0</b>			Gesamt Energie: <b>0 kWh/a</b> HT <b>0.0</b>										
						Spez Leistg: <b>0.0 W/m²</b> NT <b>0.0</b>			Spez Leistg: <b>0.0 W/m²</b> NT <b>0.0</b>										
						<b>Kosten: 0.0 CHF/a</b> Leistg. <b>0.0</b>			<b>Kosten: 0.0 CHF/a</b> Leistg. <b>0.0</b>										
						pro Leuchte <b>0 kWh/a</b>			pro Leuchte <b>0 kWh/a</b>										
						Material <b>0.00 CHF/Le</b>			Material <b>0.00 CHF/Le</b>										
						Arbeit <b>0.00 CHF/Le</b>			Arbeit <b>0.00 CHF/Le</b>										
						Total <b>0.00 CHF/Le</b>			Total <b>0.00 CHF/Le</b>										
						<b>Payback: -- Jahre</b>			<b>Payback: -- Jahre</b>										





# Warum nicht neue Leuchten mit LED Retrofit?

## LN HOUSING 1200 1xTUBE



### Produktvorteile

- Einfache und flexible Austauschbarkeit der T8 LED Retrofitlampen
- Kein Ausfallrisiko durch Vertauschen der Anschlüsse von LED Retrofitlampen
- Anschluss über die Rückseite oder per Durchverdrahtung
- Einfacher Anschluss dank Steckklemme
- Benötigt wenig Platz dank der kompakten Abmessungen



## DP HOUSING 1200 1x Lamp IP65

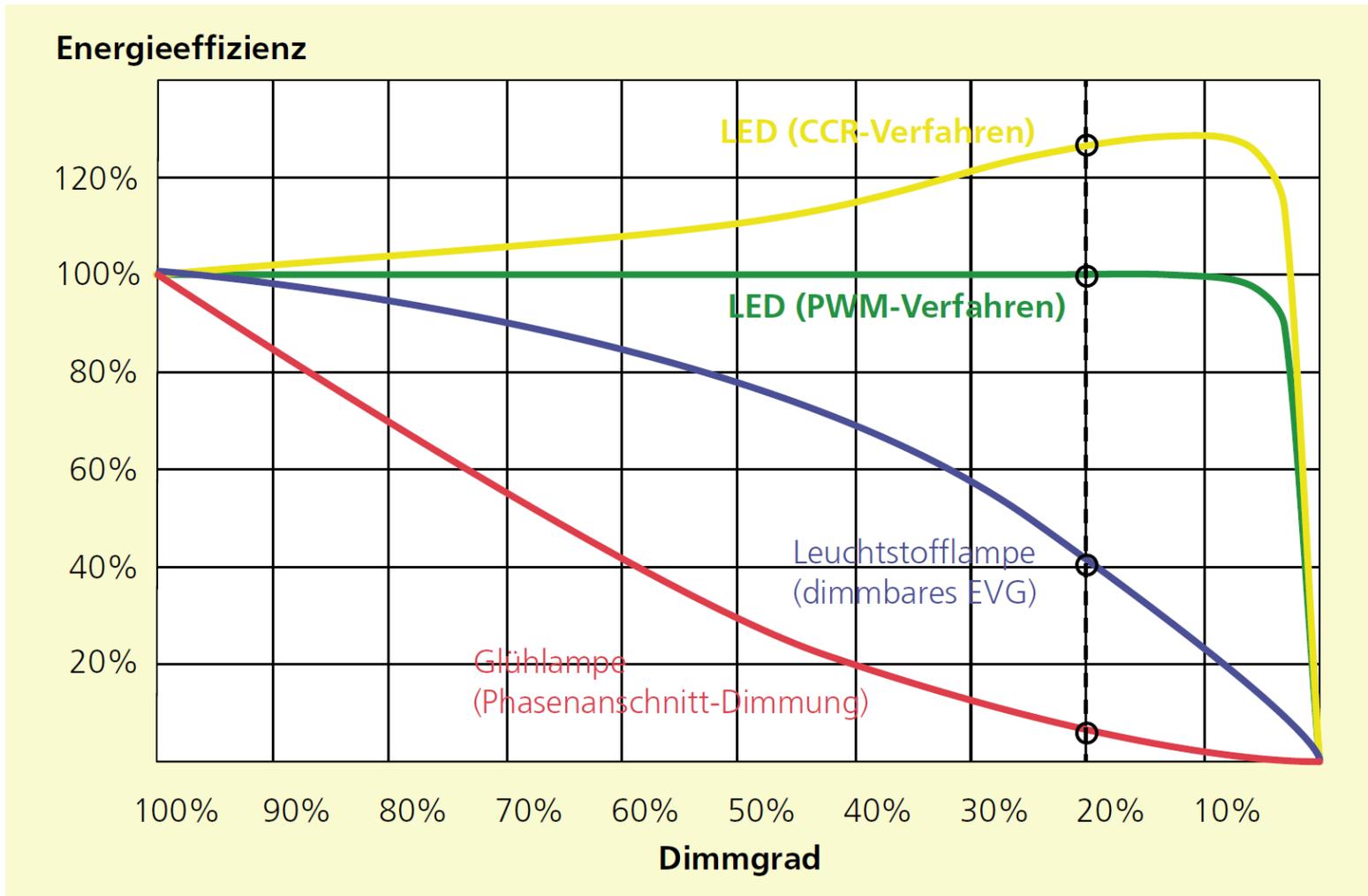


### Produktvorteile

- Vorverdrahtet für die einfache Installation von röhrenförmigen AC-LED-Lampen
- Langlebig: robuste, korrosionsbeständige Leuchtengehäuse
- Einfache und schnelle Installation
- 5 Jahre Garantie

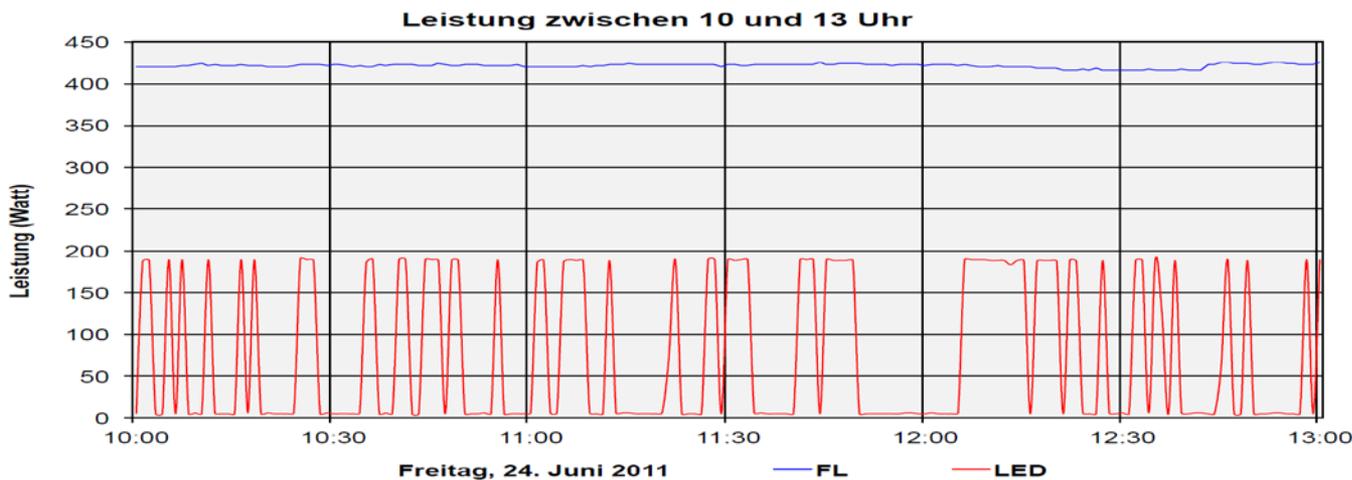
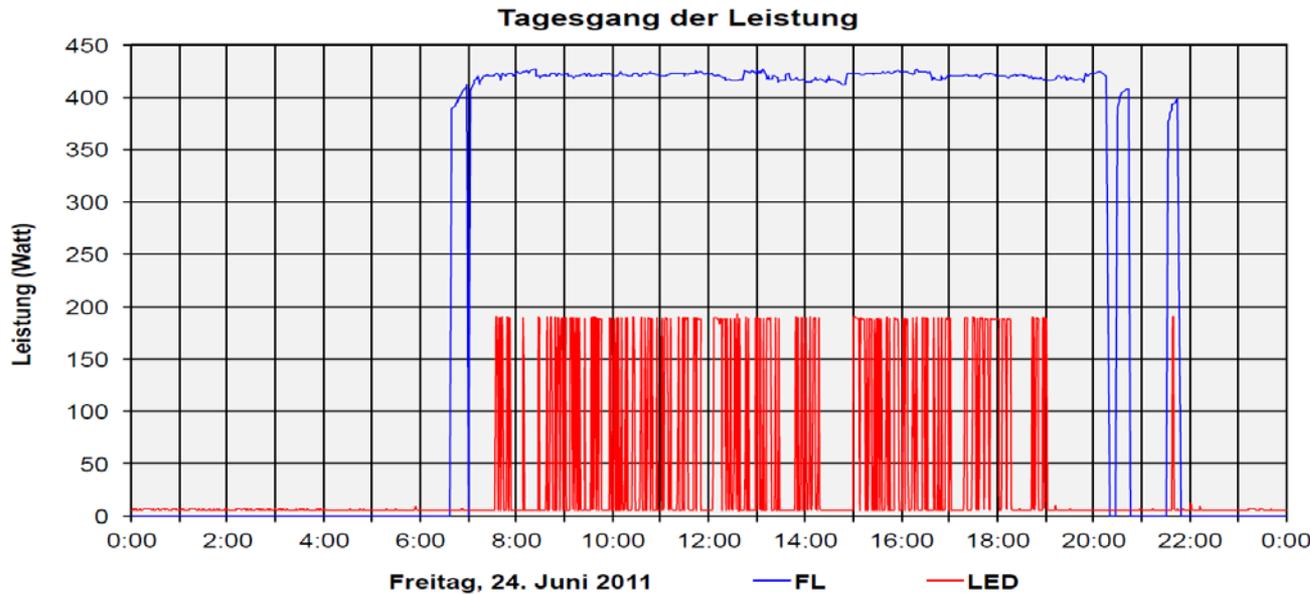


# LED, hohe Effizienz beim Dimmen



Bildquelle: Licht im Haus

# LED und Beleuchtungssteuerung



## Beispiel Beleuchtung Korridor:

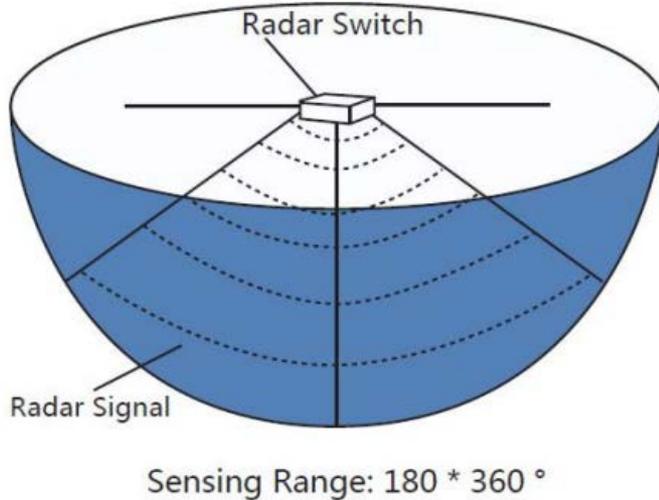
Hohe Schaltfestigkeit der LED erlaubt kürzere Nachlaufzeiten der Steuerung

Die LED Beleuchtung kann auf das notwendige Mass gedimmt werden.

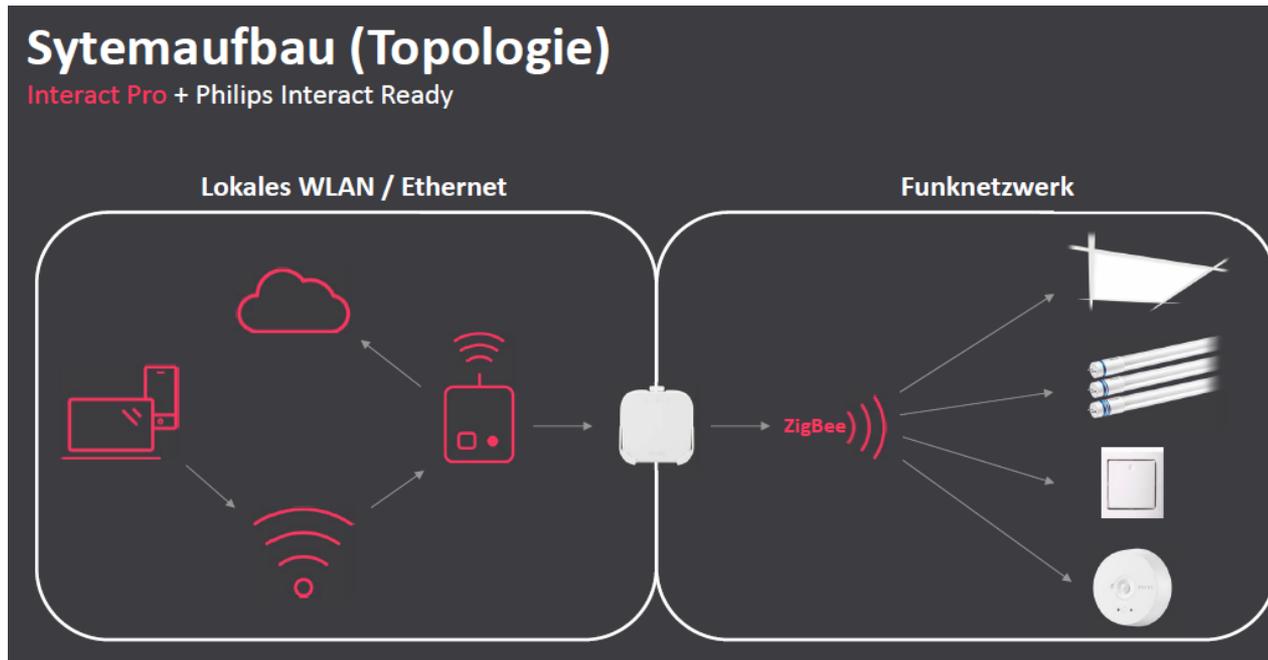
Einsparungen über 70% gegenüber Beleuchtung mit FL

Bildquelle: Stadt Zürich Fachstelle für Energie und Gebäudetechnik

# LED Röhren mit eigenem Bewegungssensor



# Trends: Interact



- Retrofit Leuchtmittel und Leuchten Interact ready erhältlich
- Steuerung über App (Smartphone) spezielle Schalter, Sensoren
- T8 LED Röhren dimmbar

# Trends: Substutube Connected



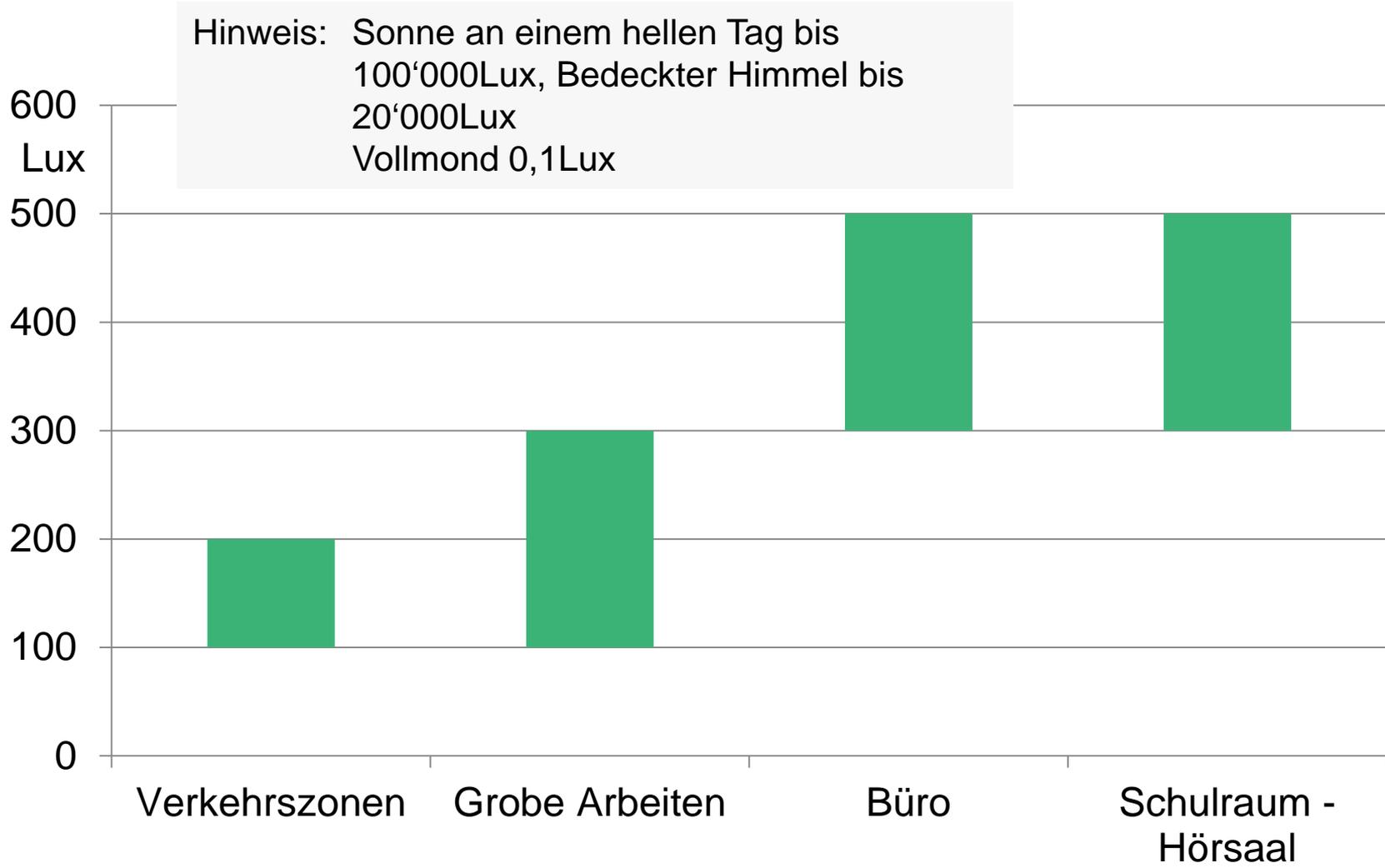
▶ SubstiTUBE Connected  
LED-Röhren für [...] [weiterlesen](#)



▶ SubstiTUBE Connected Sensor  
Stand-alone-Sensoren

- Einfaches und flexibles Verbinden von LED Röhren mit Präsenzmelder
- Erfassung Präsenz → 100% Licht
- Keine Präsenz → nach 5Sek bis 15 Min auf 20%

# Beleuchtungsstärken nach EU-Richtwerten



# LED nicht per se Energiesparend



## **Konventionell T5 FL**

Nennleistung 28 W + 3W EVG

Beispiel:

2 Baugleiche Leuchten

## **LED**

Nennleistung 28W

Einsparung 3W! Was läuft hier falsch?

Lösung: LED meist dimmbar (Dali Betriebsgerät)

→ Bei der Inbetriebnahme Leuchte auf das erforderliche Minimum Dimmen

# LED grosse Unterschiede in Effizienz und Wattage

## Vergleich verschiedener Leuchtenhersteller Ersatz T8 und T5

Hersteller	Leuchten Design	Länge [mm]	Systemleistung [W]	Lichtstrom [lm]	Lichtausbeute [lm/W]	Dimmbar	Leuchtentyp
Trilux	Luceos	1'457	37	6'500	176	ja	Pendelleuchte
Philips	Truelevel	1'480	11	1'900	173	ja	Anbauleuchte
Philips	Truelevel	1'480	17	2'900	169	ja	Pendelleuchte
Philips	Maxos LED	1'478	25	4'000	160	ja	Lichtbandsystem
Trilux	LED-Geräteträger für E-Line	1'475	53	8'300	157	ja	Lichtbandsystem
Philips	Trueline	1'409	12	1'900	153	ja	Anbauleuchte
Philips	Maxos LED	1'478	53	8'000	151	ja	Lichtbandsystem
Philips	Trueline	1'130	15	2'160	142	ja	Pendelleuchte
Regent	Traq LED	1'186	23	3'200	139	ja	System Lichtleiste
Regent	Traq LED	1'481	29	3'950	136	ja	System Lichtleiste
Regent	Traq LED	1'481	92	12'500	136	ja	System Lichtleiste
Philips	Truelevel	1'480	37	5'000	135	ja	Anbauleuchte
Ledvance	TruSys WIDE	1'534	54	7'200	135	nein	Lichtbandsystem
Zumtobel	Mirel	1'200	20	2'630	135	ja	Anbauleuchte

Philips	Ledinaire	1'200	36	3'200	89	nein	Anbauleuchte
Regent	Slash 2 LED	1'186	21	1'850	88	ja	Anbauleuchte
Zumtobel	Sloin	1'274	21	1'780	85	ja	Anbauleuchte
Regent	Purelite D C-LED	1'508	37	3'000	81	ja	Anbauleuchte
Regent	Purelite D C-LED	1'208	30	2'400	80	ja	Anbauleuchte
Tulux	Raster Leuchte	1'204	24	1'518	64	ja	Anbauleuchte

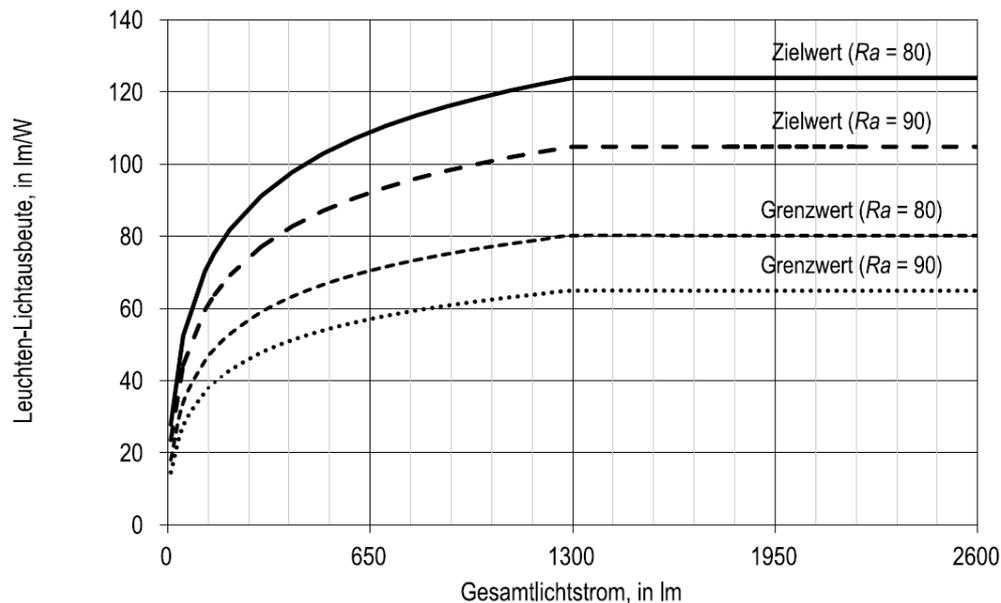
## Nachweis mit Einzelanforderungen

### 4.2.1 Voraussetzungen

Die Anwendung der Einzelanforderungen setzt Folgendes voraus:

- Die Wartungswerte der Beleuchtungsstärke in den Bereichen der Sehaufgabe und die Blendbegrenzung (UGR) müssen mindestens den Werten von SN EN 12464-1 entsprechen.
- Der Korrekturfaktor für den Sonnenschutz muss mindestens 1,4 betragen (vgl. 3.3.2.9).
- Die Reflexionsgrade des Raumes sollen mindestens der Standardkombination normal (vgl. 3.2.5.3) entsprechen.

Figur.3 Grenz- und Zielwerte für die Leuchten-Lichtausbeute  $\eta_{v,Lo}$  in lm/W



Quelle: SIA 387/4

# Neue SIA 387/4 «Elektrizität in Gebäuden – Beleuchtung»

## Nachweis mit Einzelanforderungen

### 4.2.3 Anforderungen an die Beleuchtungssteuerung

Bei der Beleuchtungssteuerung nach Tageslicht soll vorzugsweise der Funktionstyp *Konstantlichtregelung*, *automatische Ein/Aus-Schaltung* oder *automatische Aus-Schaltung* und bei der Beleuchtungssteuerung nach Präsenz der Funktionstyp *automatische Ein/Aus-Schaltung* oder *automatische Aus-Schaltung* gewählt werden, ausser in Nutzungen mit dauernder Präsenz oder mit sensiblen Nutzern (vgl. 3.3.3.2).

Tabelle 13. Typische Grenz- und Zielwerte für die spezifische elektrische Leistung  $p_L$ , die Volllaststundenzahl  $t_L$  (gerundet auf 50h) und den jährlichen spezifischen Elektrizitätsbedarf Beleuchtung  $E_L$

Nr.	Raumnutzung	spezif. Leistung W/m <sup>2</sup>		Volllaststunden h		spezif. Elektrizitätsbedarf kWh/m <sup>2</sup>	
		für Grenz-wert	für Ziel-wert	für Grenz-wert	für Ziel-wert	Grenz-wert	Zielwert
2.1	Hotelzimmer	7,7	5,0	650	450	5,0	2,2
2.2	Empfang, Lobby	6,6	4,3	3750	2750	24,8	11,8
3.1	Einzel-, Gruppenbüro	12,5	8,1	1400	350	17,5	2,8
3.2	Grossraumbüro	9,8	6,4	1950	1100	19,2	7,0
3.3	Sitzungszimmer	12,5	8,1	750	200	9,4	1,6
3.4	Schalterhalle, Empfang	7,1	4,6	1200	450	8,5	2,1
4.1	Schulzimmer	11,0	7,2	1300	450	14,4	3,2
4.2	Lehrerzimmer	7,5	4,9	1150	250	8,6	1,2
4.3	Bibliothek	5,9	3,8	1350	550	8,0	2,1
4.4	Büro	8,8	6,4	1700	650	16,7	6,0

Neben der Anforderungen an die Leuchten Lichtausbeute sind auch die **Zielwerte** der **spezifischen Leistung** anzustreben

Quelle: SIA 387/4

# Neue SIA 387/4 «Elektrizität in Gebäuden – Beleuchtung»

## Nachweis mit Einzelanforderungen, Tool der Kantone

	A	B	C	D	E	F	G	H	K	L	M	N	C	P	Q	R	S	T					
1	<b>EN-111a</b>											Nachweis erfüllt			V 1.00								
2	<b>Beleuchtungsnachweis Einzelanforderung gemäss SIA 387/4</b>														Gültig bis 31.12.2018								
3																							
4	Projektbezeichnung:		Beispiel Präsentation																				
5																							
6	Bereitet durch:																						
7	Datum / Revisionen:		15.10.2018																				
8	Status:		Data / Revisione:																				
9																							
10	<b>Zusammenstellung / Ergebnis:</b>																						
11	Summe aller Nettogeschossflächen		① Summe aus Spalte C		2'720		m <sup>2</sup>																
12	Summe der elektrischen Leistungen		② Summe aus Spalte T		26'050		W																
13	Projektwert Beleuchtung		③ = ②/①		9.58		W/m <sup>2</sup>																
14	Anforderung Beleuchtung		④ flächengewichteter Mittelwert		9.89		W/m <sup>2</sup>																
15	Anforderung eingehalten?		Prüfung: ③ kleiner gleich ④		erfüllt																		
16																							
17	<b>Bestimmung Nettogeschossfläche und einzuhaltende Anforderung</b>											<b>Leistung Leuchten, Projektwert</b>											
18			① Automatische Steuerung				Steuerungs-		installierte		④		Summe		Leuchten-Typ /			Anzahl		Leistung		③	
19	Raum/Räume		nach		Nutzung gemäss SIA 2024		punkte ge-		Steu-		Anforderung		Anforderung		Leuchten pro Nutzung			Leuchten		pro		P <sub>el</sub>	
20	Nr.		Präsenz		(siehe Blatt "Tab-387-4")		mass Norm		rung		P <sub>v</sub>		P <sub>el</sub>		Nr.			Stück		W/Stk.		W	
21			0 = Nein; 1 = Ja								W/m <sup>2</sup>		W										
22	1	Empfang	100		2.2	Empfang, Lobby	0	0			6.6	660	1.1	Bürostehleuchten	250	100.0	25'000						
23	2	Gang	100	1	12.1	Verkehrsfläche	1	1			3.5	350	1.2	Empfangleuchten	10	60.0	600						
24	3	Büro	2'500	1	3.1	Einzel-, Gruppenbüro	2	1			10.3	25'750	1.3	Downlight	20	21.0	420						
25	4	Velogarderobe	12	1	12.10	Wasch- und Trockenraum	1	1			8.5	102	2	SES LED Einbauspot NERO Kompakt	2	7.5	15						
26	5	Computerraum	8		12.12	Serverraum	0	0			3.3	26	3	SES LED Einbauspot NERO Kompakt	2	7.5	15						
27	6						0	0			0.0	0					0						
28	7						0	0			0.0	0					0						
29	8						0	0			0.0	0					0						
30	9						0	0			0.0	0					0						
31	10						0	0			0.0	0					0						

Quelle: SIA 387/4

# Alle Faktoren einer Beleuchtung optimieren!

Gesamt-Energieeffizienz einer Beleuchtung =

Lampe x Leuchte x Raumgestaltung x Tageslicht x (Benutzerverhalten) x Steuerung



**Nur wenn alle Elemente optimiert sind, erreicht man eine hohe Energieeffizienz!**

Da noch andere Einflussfaktoren wie Blendung, Farbwiedergabe, Raumeindruck, Ergonomie usw. eine Rolle spielen, ist für die optimale Wahl des Beleuchtungskonzepts meistens eine **Nutzwertanalyse** durchzuführen.

Beispiel Nutzwertanalyse:

RAVEL „Zeitgemässe Beleuchtung von Industriebauten“

# Literatur, weitergehende Informationen

## Literatur Beleuchtung

[www.energiewissen.ch](http://www.energiewissen.ch)

**RAVEL** Handbücher zum Thema  
Beleuchtung

[www.beleuchtungssteuerung.ch](http://www.beleuchtungssteuerung.ch)

Leitfaden Beleuchtungssteuerung  
Forschungsbericht Solar Funk  
Präsenzmelder

[www.relux.ch](http://www.relux.ch)

**ReluxSuite**, das kostenlose Softwarepaket  
für Licht- und Sensorplaner  
**ReluxEnergy**, Berechnungs- und  
Nachweistool für Beleuchtung gemäss der  
SIA-Norm 380/4.

[www.toplicht.ch](http://www.toplicht.ch)

Diverse Ratgeber und aktuelle  
Informationen LED. Gute Übersicht über  
verschiedene Leuchtmittel