



**Universität
Zürich** ^{UZH}

Direktion Immobilien und Betrieb

LED energieeffizient einsetzen.

**Martin Stalder
Fachstelle Energie
Universität Zürich**



**Universität
Zürich** ^{UZH}

Direktion Immobilien und Betrieb

Heute Abend

**Erfahrungen und Erkenntnisse in Beleuchtungsprojekten an der UZH
Martin Stalder, Universität Zürich**

**Fördergelder für Beleuchtungsprojekte, Beispiel konkrete Umsetzung
Giordano Pauli, Savenergy**



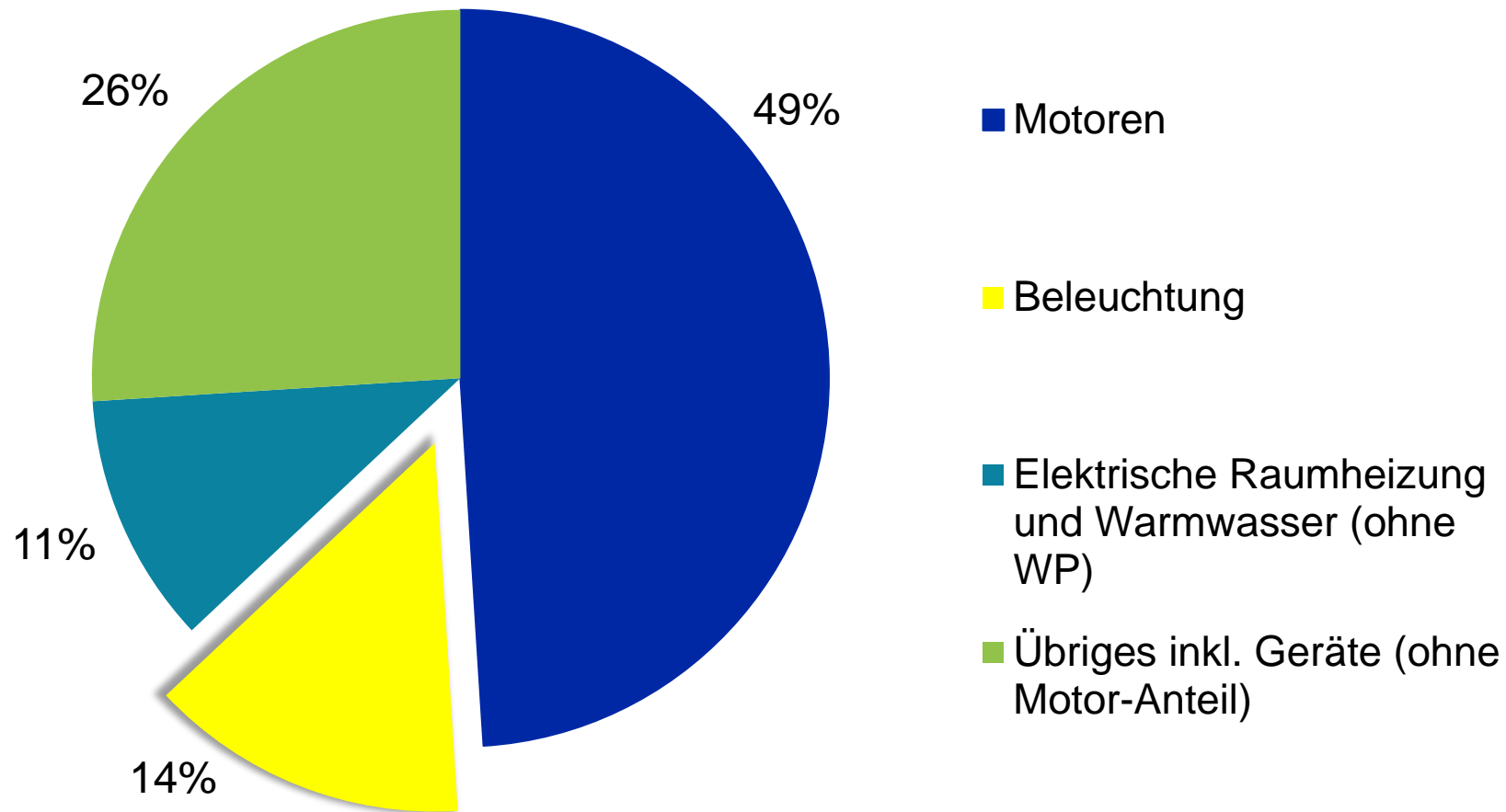
Inhalt

- 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

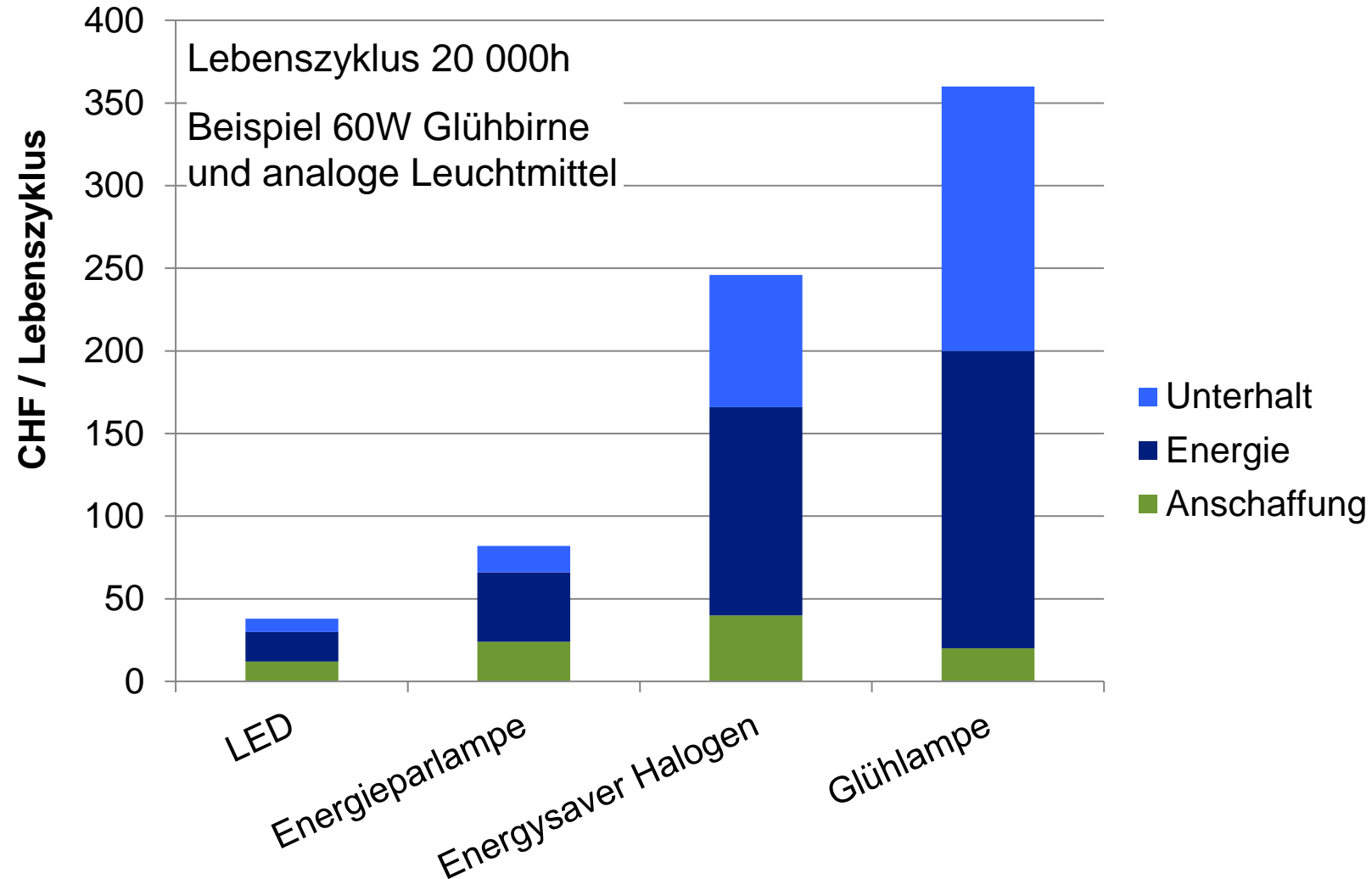
Anteil Elektroverbrauch nach Verbrauchstyp



In Nichtwohngebäuden kann der Anteil für die Beleuchtung wesentlich mehr ausmachen. Ohne weiteres bis zu 50%!



Lebenszykluskosten verschiedener Leuchtmittel

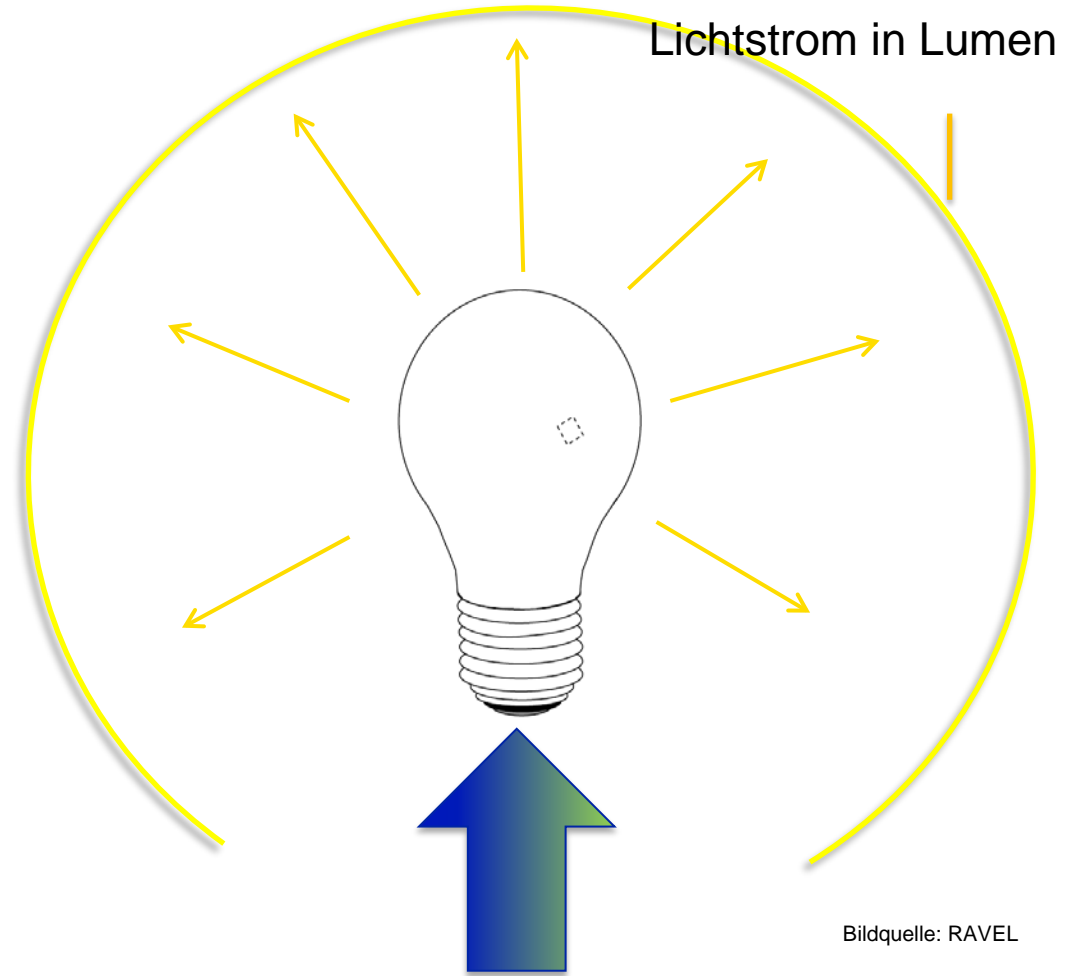


Lichtausbeute

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)



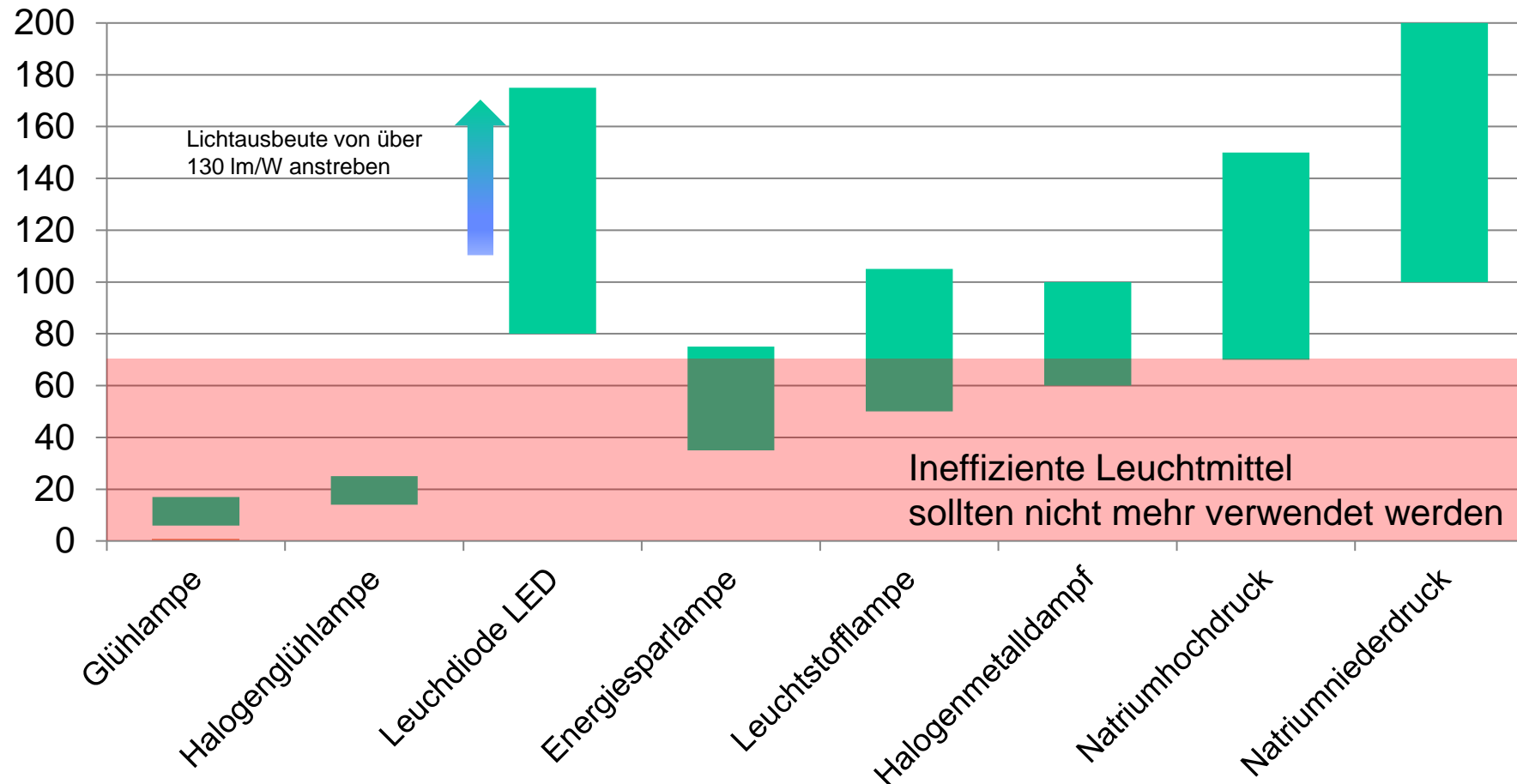
Bildquelle: RAVEL

Zugeführte elektrische Energie in Watt



Lichtausbeute (Energieeffizienz) von Lampen/Leuchten

Lichtausbeute in lm/W





Neue Ökodesign Richtlinie bedeutet das Aus für T8 ab 1.9.2023



EUROPÄISCHE
KOMMISSION

Brüssel, den 1.10.2019

C(2019) 2121 final

ANNEXES 1 to 6

ANHÄNGE

der

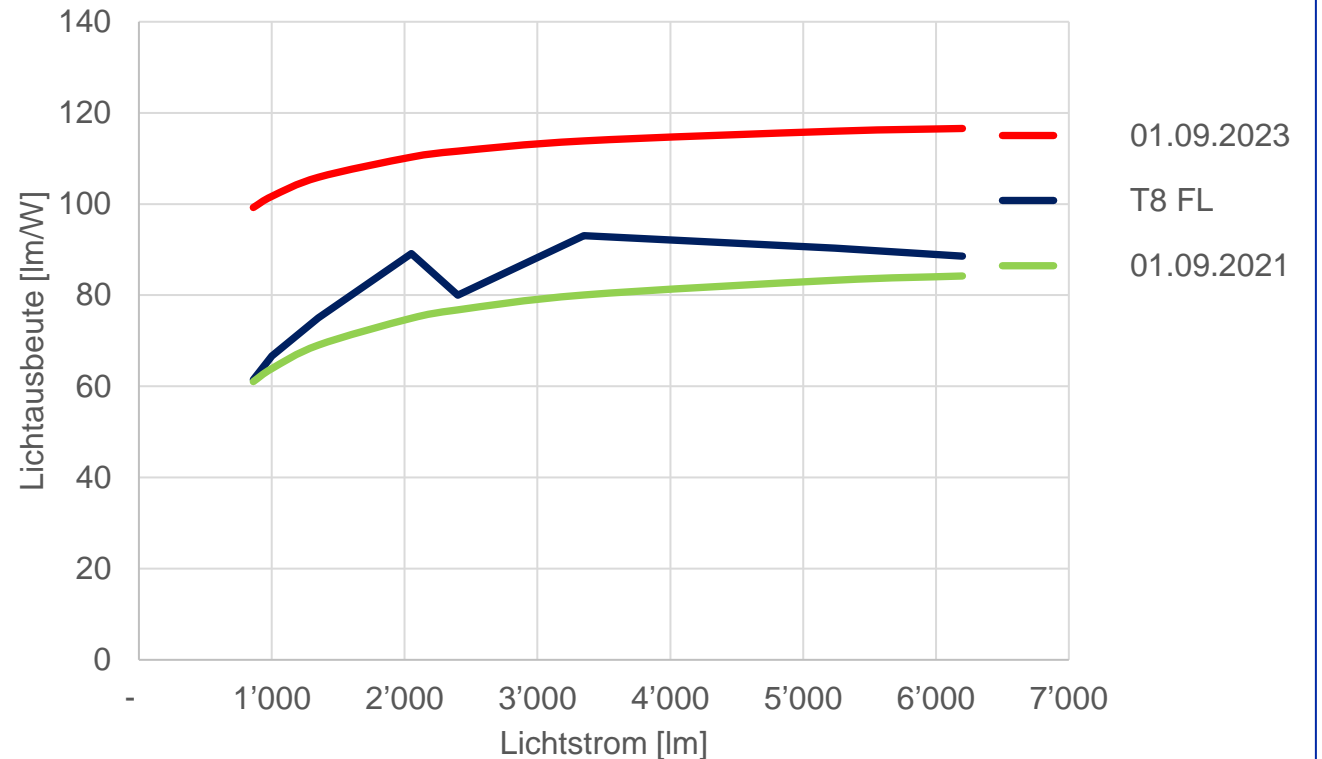
VERORDNUNG (EU) .../... DER KOMMISSION

zur Festlegung von Ökodesign-Anforderungen an Lichtquellen und separate Betriebsgeräte gemäß der Richtlinie 2009/125/EG des Europäischen Parlaments und des Rates

Tabelle 1 – Schwellen-Lichtausbeute (η) und Endverlustfaktor (L)

<u>Beschreibung der Lichtquelle</u>	η	L
	[lm/W]	[W]
LFL T5-HE	98,8	1,9
LFL T5-HO, $4000 \leq \Phi \leq 5000$ lm	83,0	1,9
LFL T5-HO, andere lm-Abgabe	79,0	1,9
FL T5, kreisförmig	79,0	1,9
FL T8 (einschl. FL T8 mit U-Form)	89,7	4,5
Ab dem 1. September 2023, für FL T8 600, 1200 oder 1500 mm	120,0	1,5

Ecodesign Anforderungen T8 Leuchtmittel

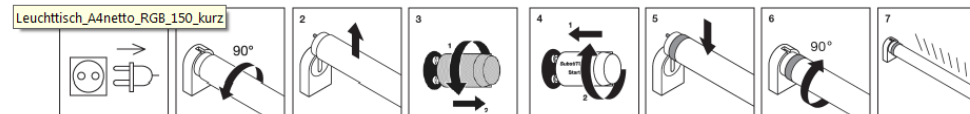


LED Tubes, Halbierung der Leistung



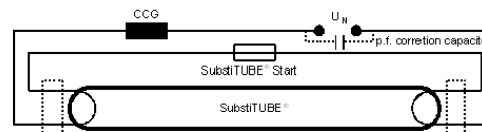
Produktvorteile

- 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

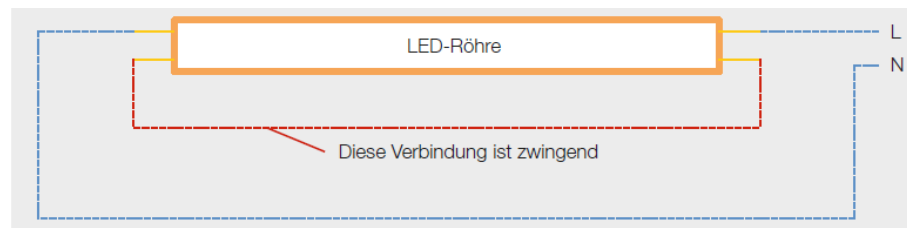


Günstige Retrofit Massnahme für
FL Leuchten mit KVG und VVG

oder durch Entfernung des EVG
(Umverdrahtung)



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 30 – 65 pro Leuchte)

Zu beachten:

- ESTI Sicherheitsanforderungen, Hinweisschild)
- Abnahme der umgebauten Leuchte (z.B. Sicherheitsnachweis)

empfohlen bei:

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

Merkblatt Eidgen. Starkstrominspektorat (ESTI) zur Umverdrahtung



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Starkstrominspektorat ESTI

Retrofit LED-Röhren

Sicherheitsanforderungen mit neuer Norm IEC 62776

Mit dem Erscheinen der ersten Edition der neuen Norm IEC 62776 vereinfachen sich für Importeure und Inverkehrbringer in der Schweiz die Anforderungen an das Inverkehrbringen von Retrofit LED-Röhren.



Bild 3 Richtig: Schema muss bei einer Umverdrahtung befolgt werden. Andere Arten von Verdrahtungen sind in der Schweiz verboten.

Flicker (meist) unsichtbares Flimmern des Lichts

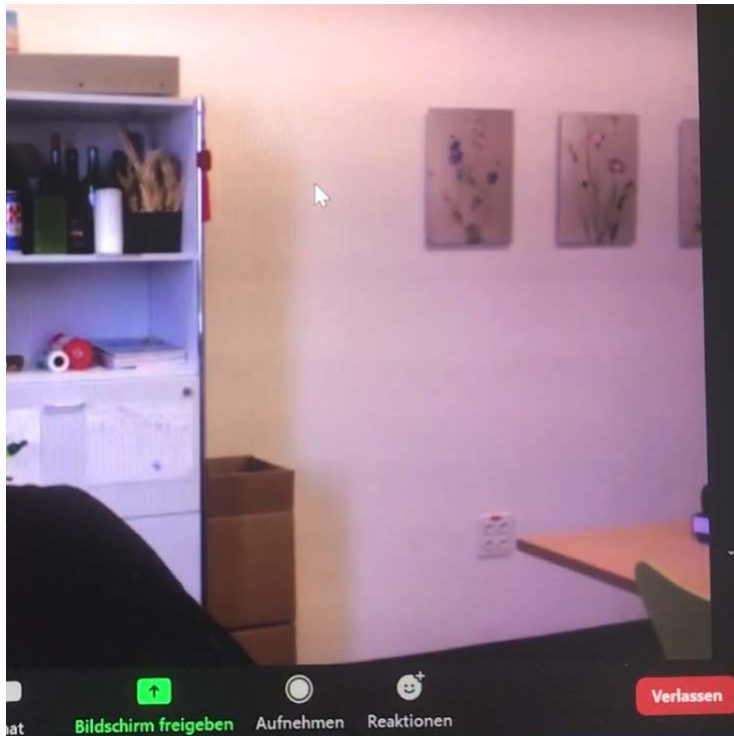


Unsichtbares Flimmern bei 100 Hz (doppelte Netzfrequenz) kann bei gewissen Personen z.B. Kopfweg, Müdigkeit etc. auslösen.

- Es gibt viele verschiedene Messmethoden und die Festlegung von Grenzwerten steht am Anfang
- Erste Grenzwerte in der EU treten September 2021 in kraft.
Neue Metrik
 $P_{stLM} < 1.0$ für Flicker bis 80 Hz (Sichtbarer Flicker)
 $SVM < 0.4$ für Flicker über 80 Hz (nicht bewusst wahrnehmbar)
- Weit verbreitetes Verfahren und jetzt bereits Zertifizierung möglich
IEEE 1789-2015 (Verfahren mit Frequenzbewertung)



Flicker störend bei Videokonferenzen





Wirtschaftlichkeit von LED Tubes

Payback

Nur Ersatz durch LED Lampe

→ ca. 2 bis 5 Jahre

Umbau der Leuchte und LED Lampe

→ ca. 3 bis 8 Jahre

Payback hängt ab von:

→ Leistungsreduktion durch LED

→ Jährliche Betriebsstunden

→ Kosten (Installation und Leuchtmittel)



Vorgehen Planung retrofit LED Massnahmen

- Testinstallation (z.B. 1 Raum)
 - Beurteilung Ausleuchtung, Leuchtdichte
 - Beurteilung Lichtqualität
 - Testen Kompatibilität

- Pilot (z.B. 1 Geschoss)
 - 1 bis 2 Monate Betriebserfahrung
 - Akzeptanz

- Roll Out (ganzes Gebäude)

Achtung:

Auf Qualität setzen.

- 5 Jahre Garantie
- Hohe Lichtausbeute (State of the Art 1.2.20 > 150 lm/W bei 4000k)
- Flickerarm oder Flickerfrei



Hilfsmittel für Quantifizierung von Beleuchtungsmassnahmen

Uni Zürich Aufnahme/Massnahmen Beleuchtung

[Übersicht](#)

Gebäude: **STB** Tarif: **ZH-NNB1 / FP2019** HT: 0.173 CHF/kWh NT: 0.134 CHF/kWh Leistg.: 129.24 CHF/kW a (inkl. MWST)

001

Raumtyp: Büro STB-J	Sia Kat.: 3.1 Einzel-, Gruppenbüro
Referenzraum 1 STB-J-420	Nettofläche: 24.6 m²
Leuchtentyp 1: 4 Stk.	Leuchtentyp 2: Stk.
Referenzraum 2 STB-J-421	Nettofläche: 13.6 m²
Leuchtentyp 1: 2 Stk.	Leuchtentyp 2: Stk.
Nettofläche Gebäude mit Raumtyp Büro STB-J: 522 m²	
Referenzwert (Leuchten pro m² [Le/m²])	
Leuchtentyp 1: 0.157 Le/m²	Leuchtentyp 2: 0.000 Le/m²
Total Leuchten: 82 Stk.	0 Stk.
Total Lampen: 164 Stk.	0 Stk.
Kennwerte Massnahmen für Raumtyp Büro STB-J	
Investition: 5'739 CHF	Einsparung: 1'361 CHF/a
Payback: 4.2 Jahre	6'314 kWh/a
Spezifische Leistung:	Grenzw. Zielwert Ist saniert
	12.5 8.1 9.8 5.7 W/m²



Istzustand				
Leuchtentyp 1	FL T5 1149mm			
Vorschaltgerät	EVG			
Lampen pro. Leuchte	2 Stk.			
Systemleistung	100%	gedimmt		
(pro Leuchte)	62.2 W	W		
Betriebsstunden	h/Tg	HT	h/Tg	HT
Mo-Fr	12	100%		100%
Sa	0	100%	0	100%
So und Feiertage	0	0%	0	0%
Total h/a	3'000	3'000	0	0
Total kWh/a Leuchte	187	187	0	0
Energiekosten pro Leuchte CHF/a				
Energie:	187 kWh/a	HT	32.2	
Spez Leistg:	9.8 W/m²	NT	0.0	
Total Kosten:	40.2 CHF/a	Leistg.	8.0	

Leuchtentyp 2				
Vorschaltgerät				
Lampen pro. Leuchte	1 Stk.			
Systemleistung	100%	gedimmt		
(pro Leuchte)	W	W		
Betriebsstunden	h/Tg	HT	h/Tg	HT
Mo-Fr	10	100%		100%
Sa	0	100%	0	100%
So und Feiertage	0	0%	0	0%
Total h/a	2'500	2'500	0	0
Total kWh/a Leuchte	0	0	0	0
Energiekosten pro Leuchte CHF/a				
Energie:	0 kWh/a	HT	0.0	
Spez Leistg:	0.0 W/m²	NT	0.0	
Total Kosten:	0.0 CHF/a	Leistg.	0.0	

Massnahmen				
Leuchtentyp 1	LED Tube T5 HE			
Vorschaltgerät	EVG			
Lampen pro. Leuchte	2 Stk.			
Systemleistung	100%	gedimmt		
(pro Leuchte)	36.5 W	W		
Betriebsstunden	h/Tg	HT	h/Tg	HT
Mo-Fr	12	100%		100%
Sa	0	100%	0	100%
So und Feiertage	0	0%	0	0%
Total h/a	3'000	3'000	0	0
Total kWh/a Leuchte	110	110	0	0
Energiekosten pro Leuchte CHF/a				
Energie:	110 kWh/a	HT	18.9	
Spez Leistg:	5.7 W/m²	NT	0.0	
Total Kosten:	23.6 CHF/a	Leistg.	4.7	

Leuchtentyp 2				
Vorschaltgerät				
Lampen pro. Leuchte	1 Stk.			
Systemleistung	100%	gedimmt		
(pro Leuchte)	W	W		
Betriebsstunden	h/Tg	HT	h/Tg	HT
Mo-Fr	10	100%		100%
Sa	0	100%	0	100%
So und Feiertage	0	0%	0	0%
Total h/a	2'500	2'500	0	0
Total kWh/a Leuchte	0	0	0	0
Energiekosten pro Leuchte CHF/a				
Gesamt Energie:	0 kWh/a	HT	0.0	
Spez Leistg:	0.0 W/m²	NT	0.0	
Kosten:	0.0 CHF/a	Leistg.	0.0	

Bezeichnung Massnahme			
Ersatz der T5 FL durch LED Tube T5			
Bemerkungen:			
Keine Anpassung der Installation notwendig			
Gemessene Beleuchtungsstärken Testinstallation 400 bis 800 Lux			
Einsparung			
pro Leuchte	Kosten pro Leuchte (inkl. MWST)		
77 kWh/a	Material	Arbeit	Total
	53.83 CHF/Le	16.16 CHF/Le	69.99 CHF/Le
16.60 CHF/a	Payback:		4.2 Jahre

Bezeichnung Massnahme			
Bemerkungen:			
Einsparung			
pro Leuchte	Kosten pro Leuchte		
0 kWh/a	Material	Arbeit	Total
	0.00 CHF/Le	0.00 CHF/Le	0.00 CHF/Le
0.00 CHF/a	Payback:		-- Jahre



Warum nicht neue T8 Leuchten mit LED Retrofit?

LN HOUSING 1200 1xTUBE

COMING
SOON



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

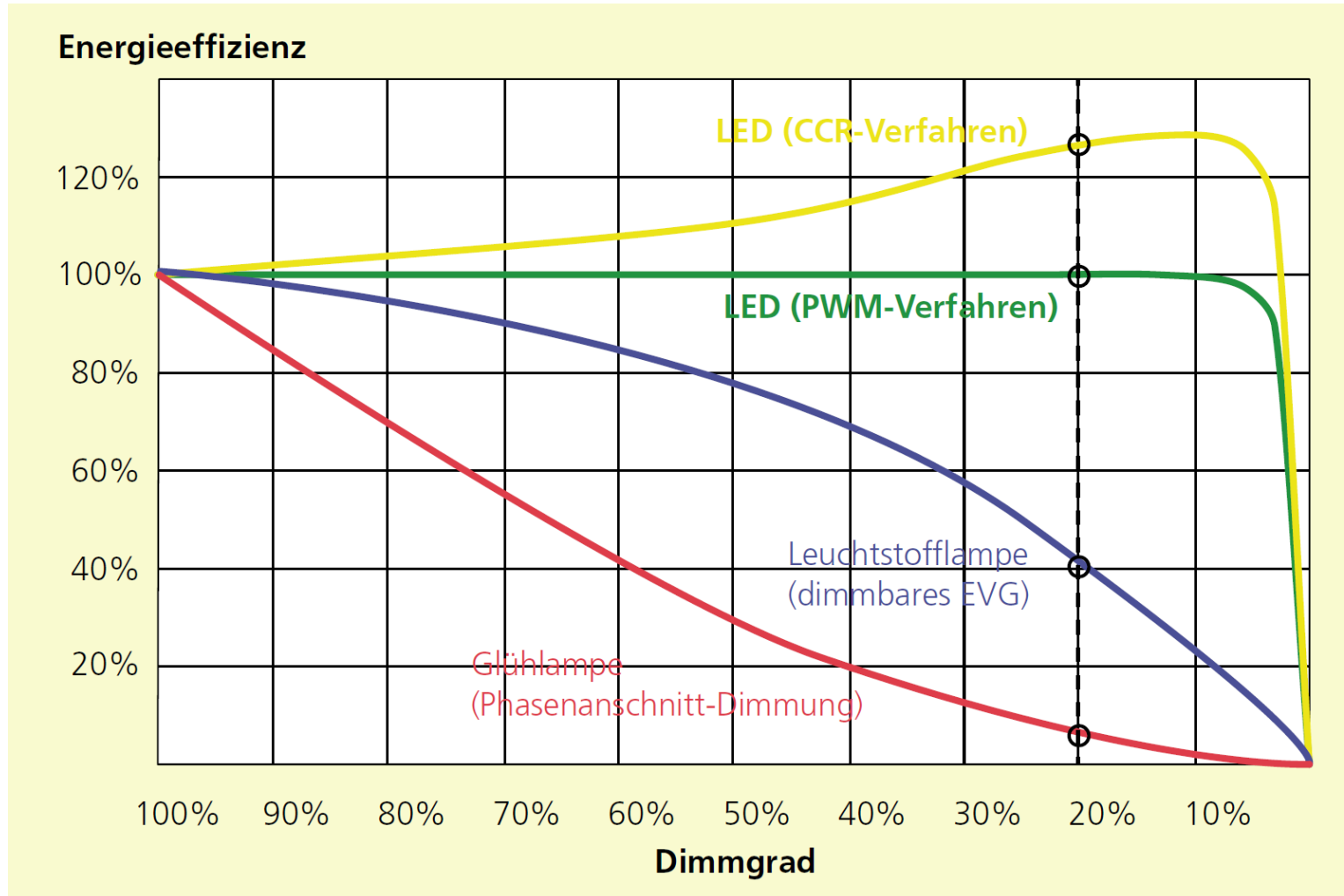
- Vorverdrahtet für die einfache Installation von röhrenförmigen AC-LED-Lampen
- Langlebig: robuste, korrosionsbeständige Leuchtengehäuse
- Einfache und schnelle Installation
- 5 Jahre Garantie



Neue Leuchten mit LED-Tubes
an der ZHAW Wädenswil

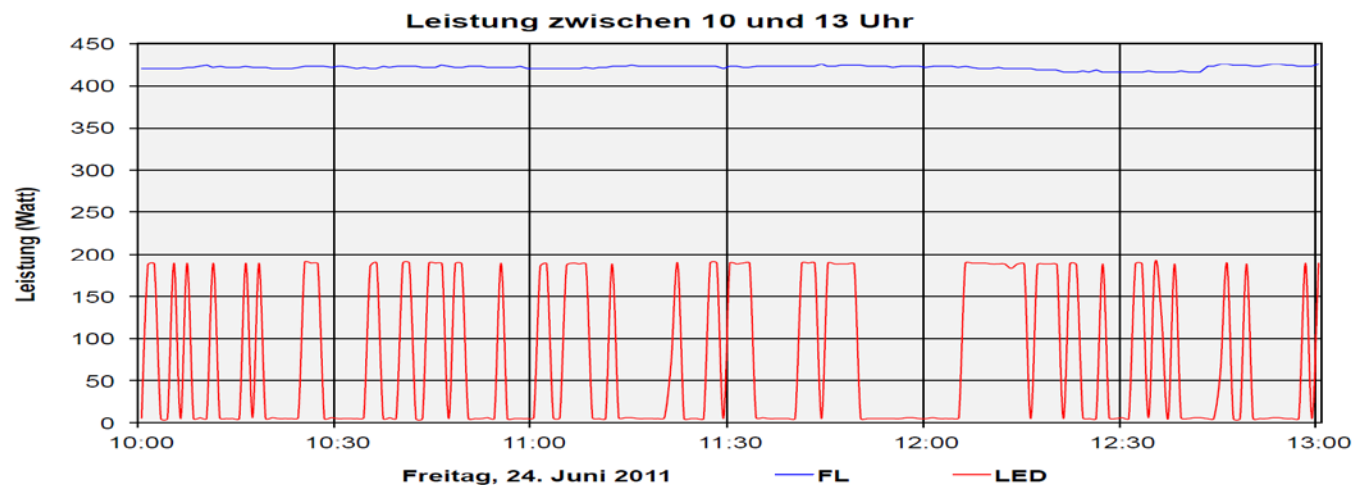
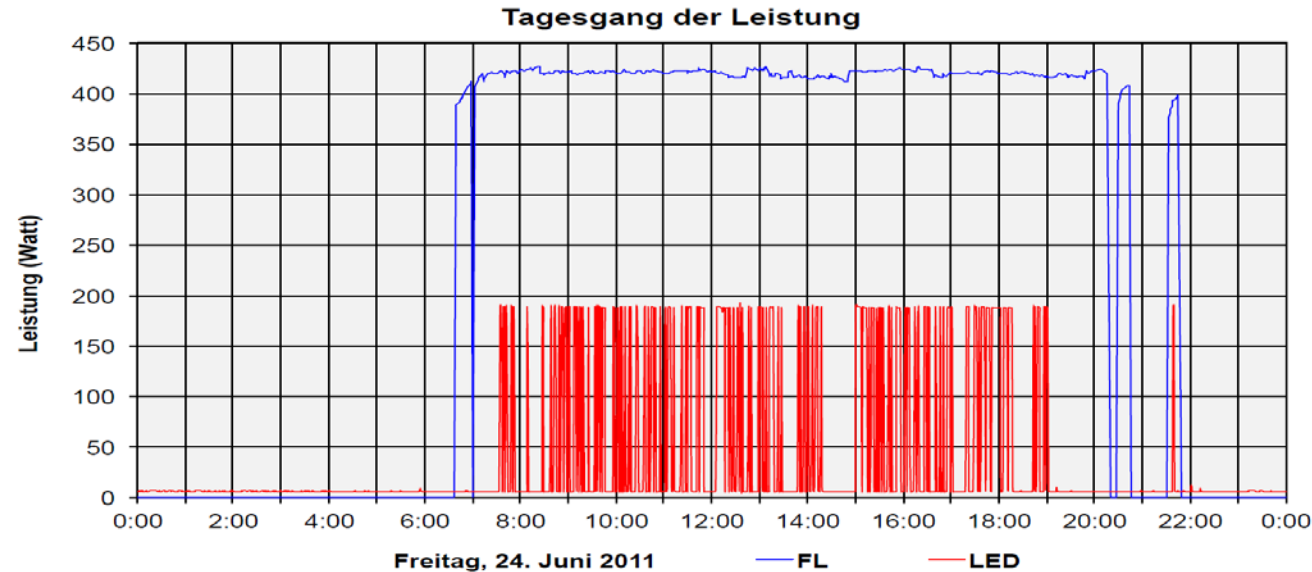


LED, hohe Effizienz beim Dimmen





LED und Beleuchtungssteuerung



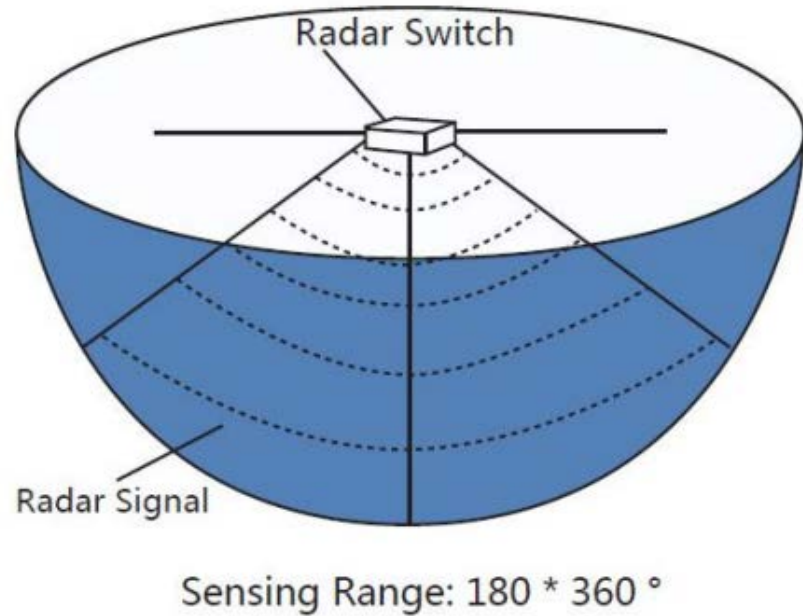
Beispiel Beleuchtung Korridor:

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

Trends: LED Röhren mit eigenem Bewegungssensor





Halbautonom LED-Röhre mit Bewegungsmelder

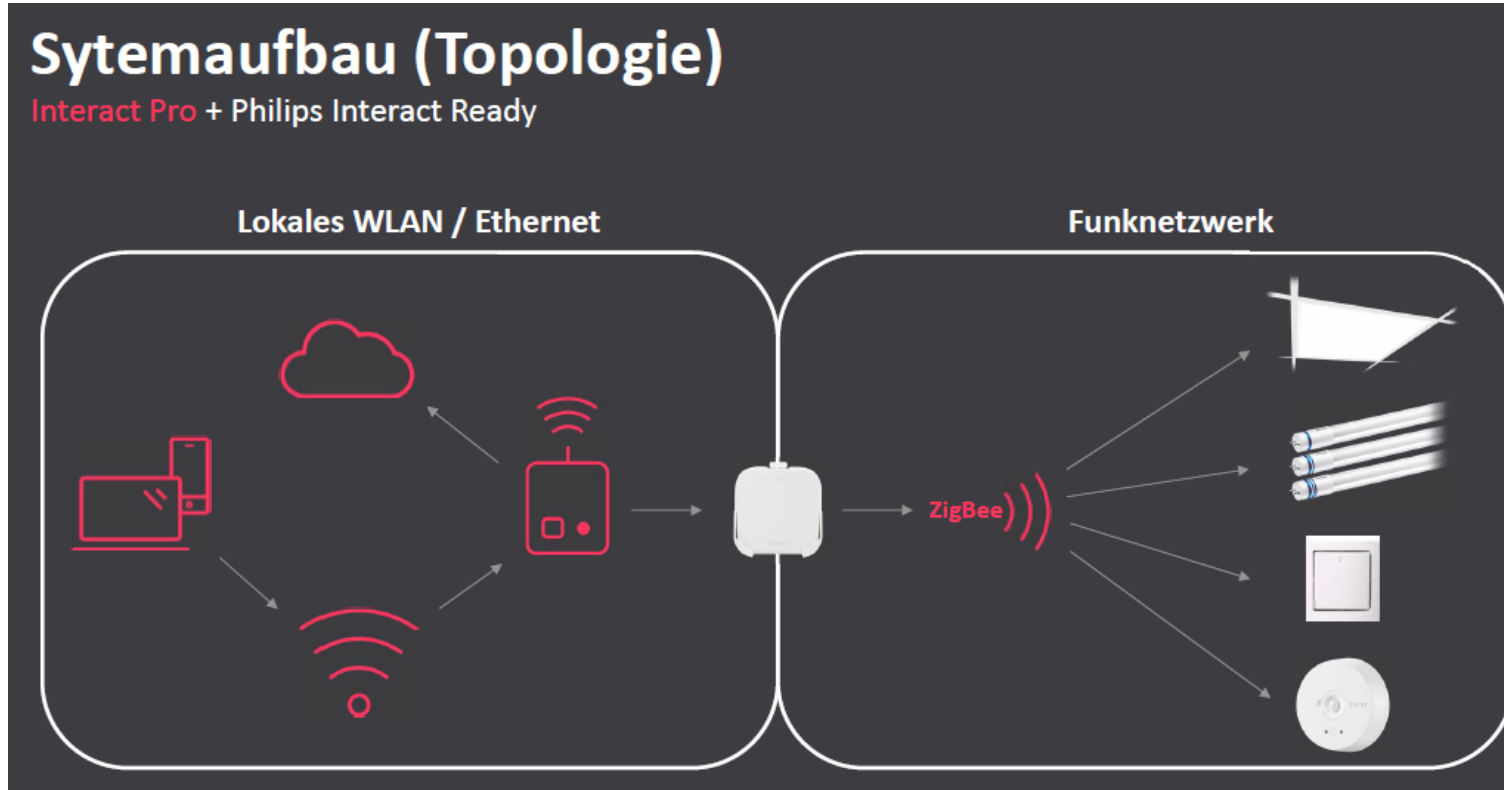




Autonome LED-Röhre, „Schwarmlicht“



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](#)



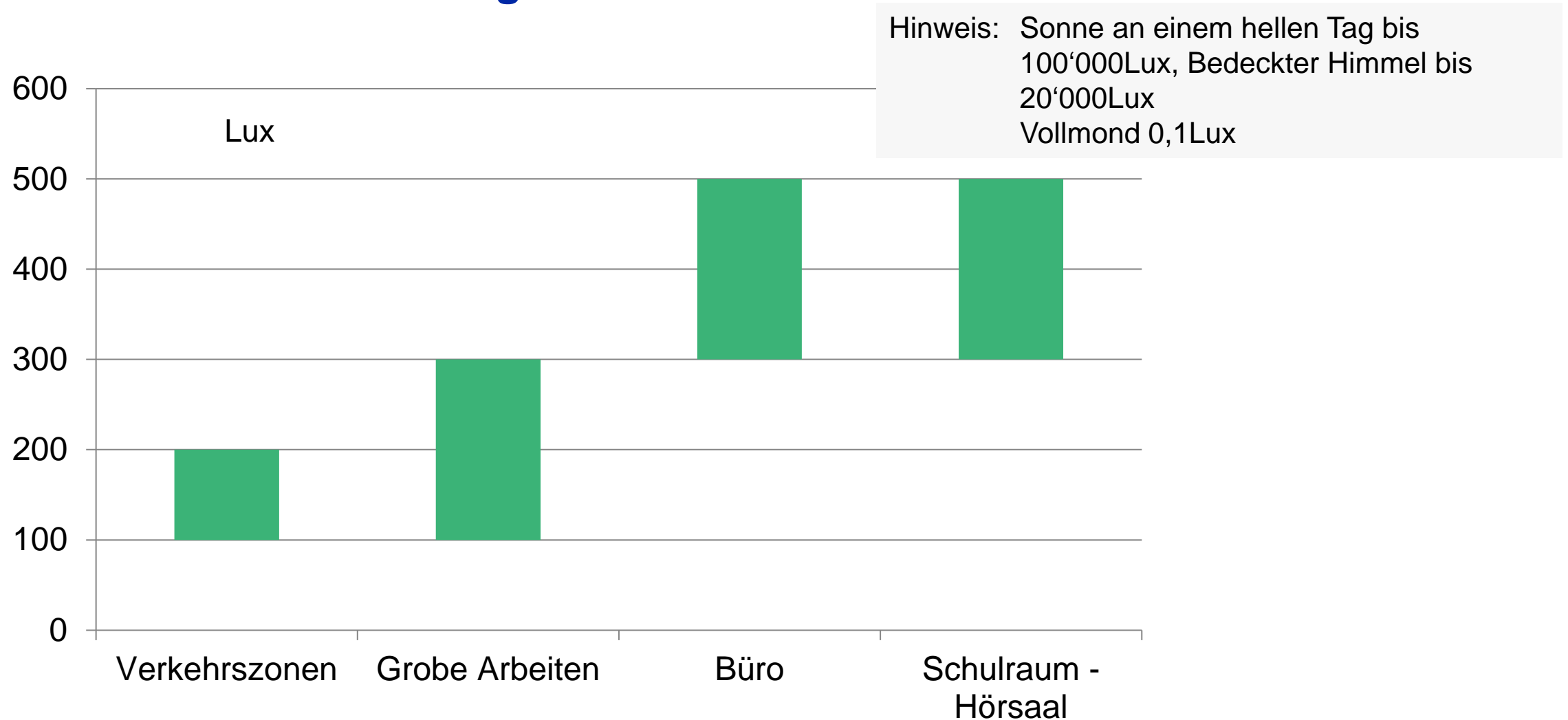
▶ **SubstiTUBE Connected Sensor**
Stand-alone-Sensoren

Bildquelle: Ledvance

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



Richtwerte Beleuchtungsstärken



LED nicht per se Energiesparend



Beispiel:

2 Baugleiche Leuchten

Konventionell T5 FL

Nennleistung 28 W + 3W EVG

LED

Nennleistung 28W

Einsparung 3W! Was läuft hier falsch?

Lösung: LED meist dimmbar (Dali Betriebsgerät)

→ Bei der Inbetriebnahme Leuchte auf das erforderliche Minimum Dimmen (Beleuchtungsstärke)



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



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

Nachweis mit Einzelanforderungen

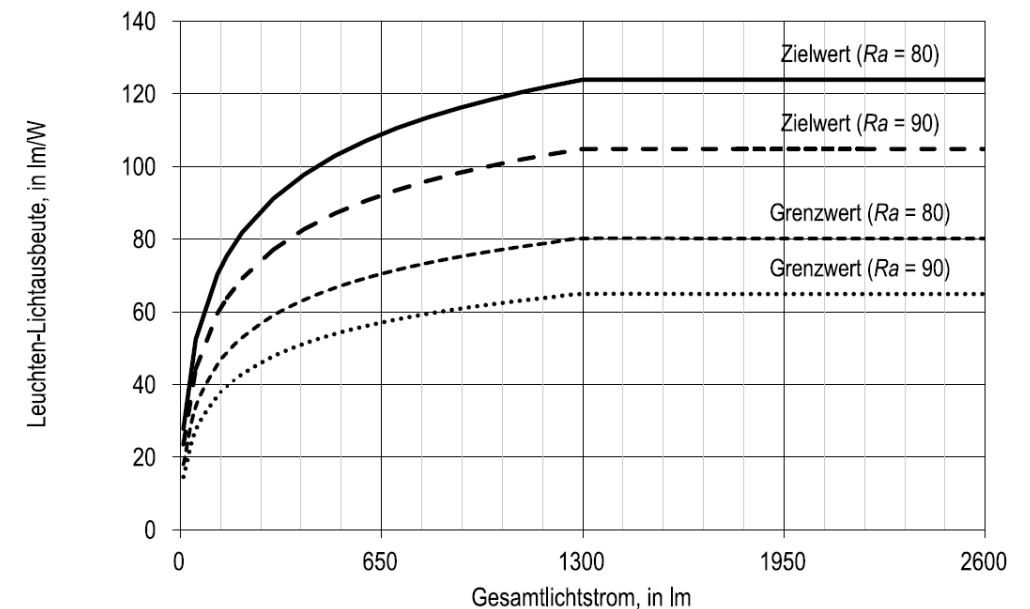
4.2.1 Voraussetzungen

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.

Wir verlangen eine Leuchten-Lichtausbeute von mindestens 125 lm/W

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





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 ²		Volllaststunden h		spezif. Elektrizitätsbedarf kWh/m ²	
		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	9,8	6,4	1700	650	16,7	6,0

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



Nachweis mit Einzelanforderungen, Tool der Kantone

	A	B	C	D	E	F	G	H	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T					
1	EN-111a										Nachweis erfüllt					V 1.00							
2	Beleuchtungsnachweis Einzelanforderung gemäss SIA 387/4																			Gültig bis 31.12.2018			
3																							
4	Projektbezeichnung:		Beispiel Präsentation																				
5																							
6	Bearbeitet durch:																						
7	Datum / Revisionen:		15.10.2018																				
8	Status:		Data / Revisione:																				
9																							
10	Zusammenstellung / Ergebnis:																						
11	Summe aller Nettogeschossflächen		① Summe aus Spalte C																2'720 m ²				
12	Summe der elektrischen Leistungen		② Summe aus Spalte T																26'050 W				
13	Projektwert Beleuchtung		③ = ②/①																9.58 W/m ²				
14	Anforderung Beleuchtung		④ flächengewichteter Mittelwert																9.89 W/m ²				
15	Anforderung eingehalten?		Prüfung: ③ kleiner gleich ④																erfüllt				
16																							
17	Bestimmung Nettogeschossfläche und einzuhaltende Anforderung																						
18																							
19	Raum/Räume		① Automatische Steuerung		Nutzung gemäss SIA 2024		Steuerungs-		installierte		④		Summe		Leuchten-Typ /								
20	Nr.	Bezeichnung	Flächen	nach Präsenz	nach Tageslicht	Nr.	Bezeichnung	punkte ge-	Steuere-	Anforderung	P _V	P _{el}	Leuchten pro Nutzung		Anzahl	Leistung	②						
21			m ²	0 = Nein; 1 = Ja			(siehe Blatt "Tab-387-4")	mäss Norm	rung	W/m ²	W	W	Nr.	Stück	W/Stk.	P _{el}	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	0	3.1	Einzel-, Gruppenbüro	2	1	10.3	25'750		1.3	Downlight	20	21.0	420						
25	4	Velogarderober	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						

Bemerkungen/Begründungen für Abweichungen etc.:

- Beilagen:
- Pläne mit Angaben zum Beleuchtungskonzept (A3/A4)
 - Pläne mit Angaben zur Nettogeschossfläche (A3/A4)
 - Leuchtdatenblätter



Alle Faktoren einer Beleuchtung optimieren!

Gesamt-Energieeffizienz einer Beleuchtung =

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



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



Literatur, weitergehende Informationen

Literatur Beleuchtung

www.energiewissen.ch

RAVEL Handbücher zum Thema
Beleuchtung

www.beleuchtungssteuerung.ch

Leitfaden Beleuchtungssteuerung
Forschungsbericht Solar Funk
Präsenzmelder

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

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