

Einsparpotenziale durch Energieeffiziente Beleuchtung

- Grundlagen**
- Einsparpotenziale**
- LED-Einsatzmöglichkeiten**

- Dipl.Ing. Wolfgang Buttner
- FH München - Maschinenbau
- Schwerpunkt Energietechnik
- Lichttechnik seit 1993
- IB Effiziente LichtSysteme, Landsberg
- Berater, Planer, Contractor
- Energieberater für KMU
(zugelassen bei der KfW)



Wir bieten ausgezeichnete Lösungen

2000 **Energie**
Münchener Umweltpreis

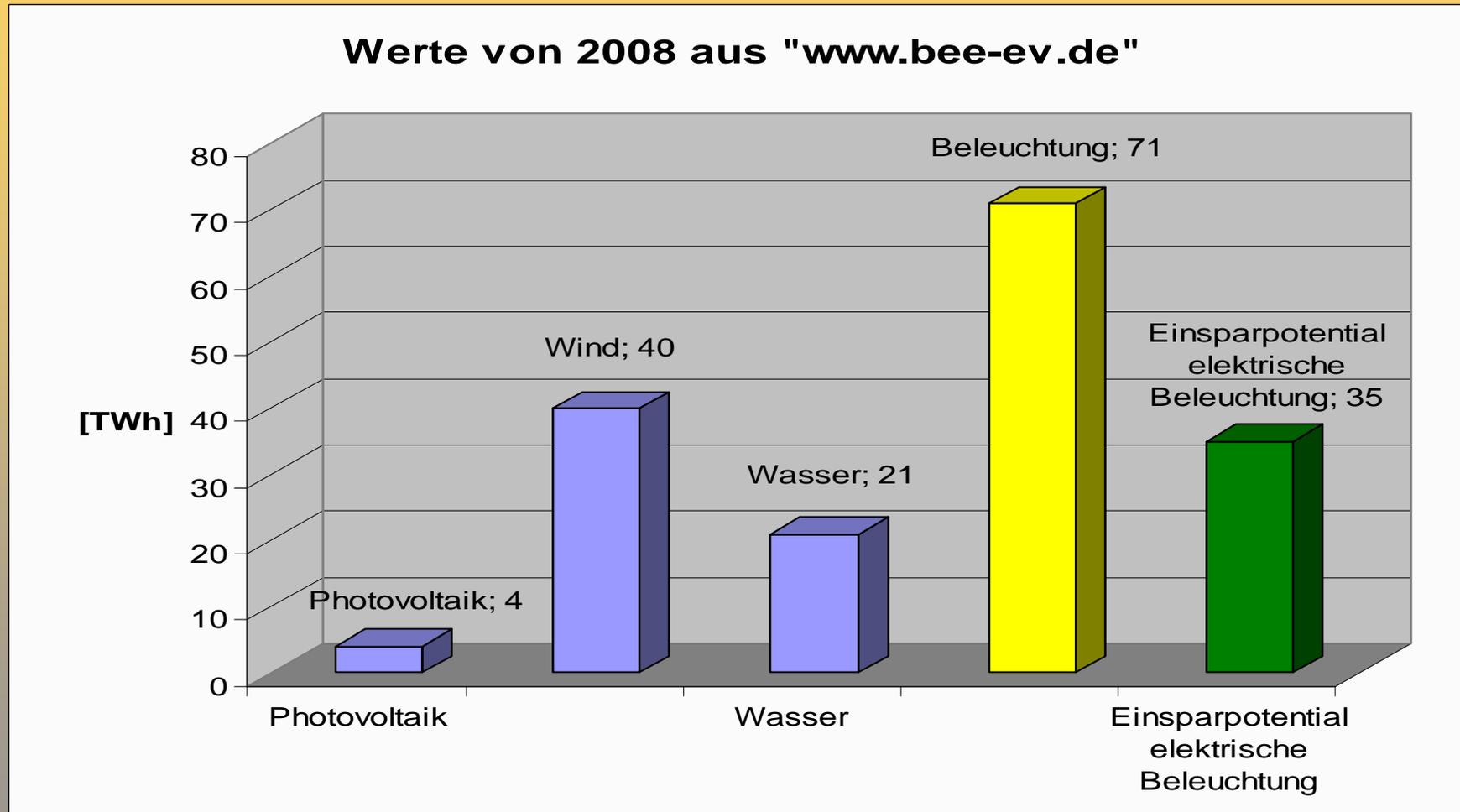
Effiziente LichtSysteme - ELS®

www.lichtsysteme.de

www.buttner.name

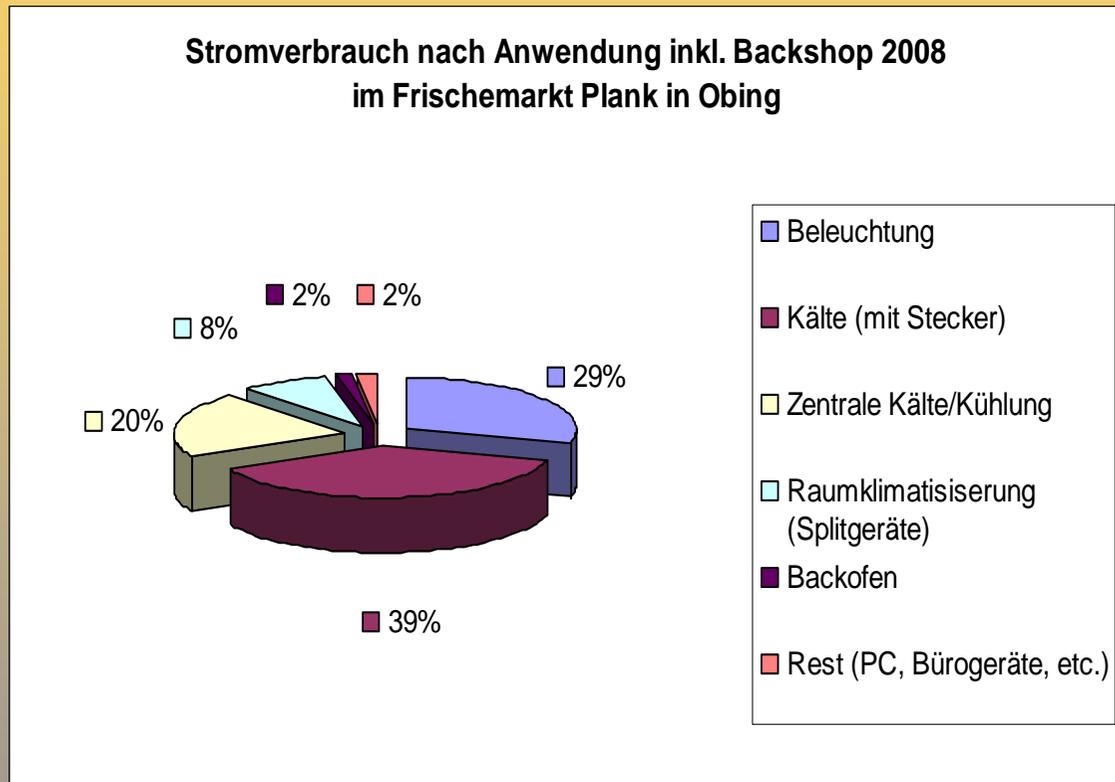
Die Größenordnung in Deutschland

- Klimaschutz = Erneuerbare + Effizienz



Beispiel : Supermarkt (300 MWh p.a.)

- Hauptstromverbraucher ist Kälte
- Danach folgt Beleuchtung
- Einsparpotential bei der Beleuchtung 45% zuzüglich Klimatisierungseinsparung!
- Contracting-Ziel ist 150 MWh p.a.

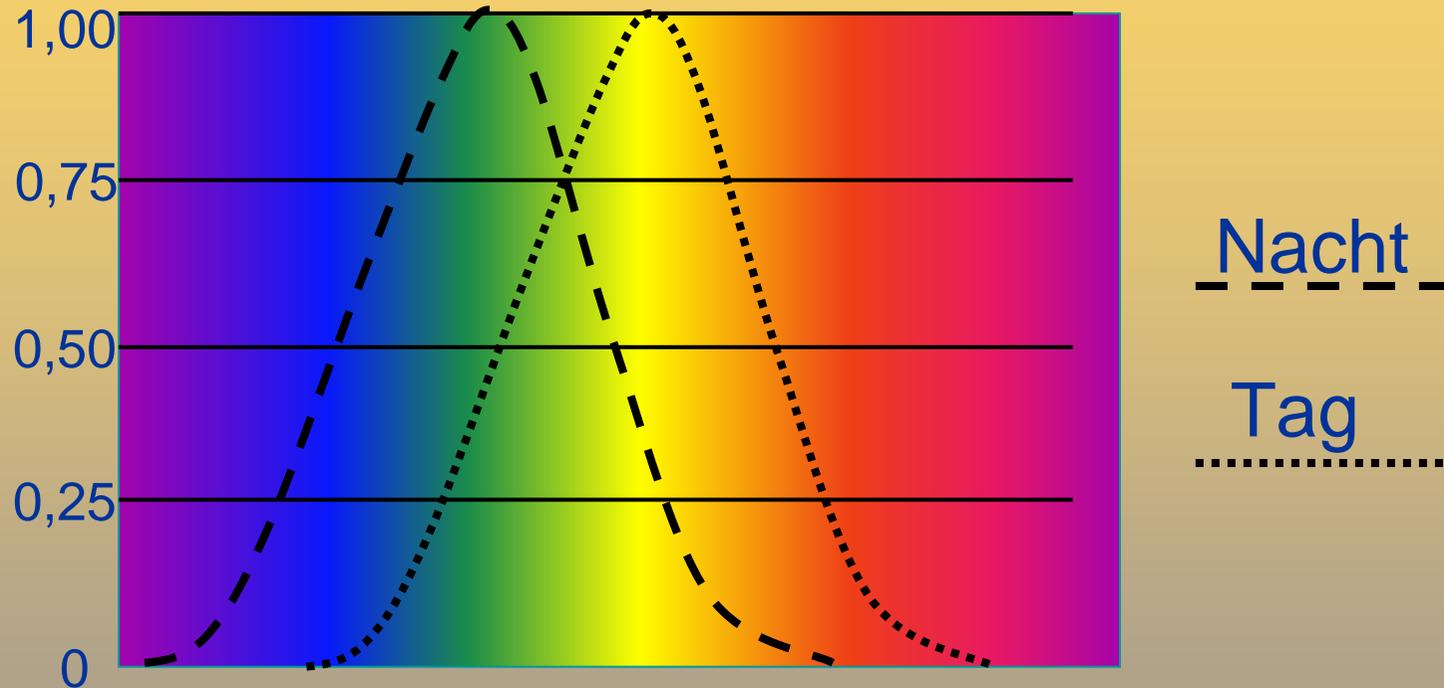


Kurzes Glossar

- Watt [W] elektrische Leistung P des Leuchtmittels (Lampe)
- Lumen [lm] Lichtstrom F ,
gesamte von der Lichtquelle abgegebene sichtbare Lichtleistung
- Lumen/Watt Lichtausbeute,
Maß für Energieeffizienz von Beleuchtungssystemen
- Candela [cd] Lichtstärke I , Lumen / Raumwinkel [lm/sr]
Maß für die Intensität des Lichts in einer bestimmten Richtung
- Lux [lx] Beleuchtungsstärke,
ist Lichtstrom, der auf einem m^2 Fläche auftrifft ($1lx = 1lm/m^2$)
- Lampe Leuchtmittel, emittiert Licht
- Leuchte anschlussfertiges Gerät zur Aufnahme von Lampen
- Kompaktleuchtstofflampe (KLL)
Leuchtstofflampe, deren Glasrohr mindestens 1mal gebogen wurde.
- Contracting : ein Vertragspartner (Contractor) übernimmt die Investition und das
Betreiberrisiko – die Refinanzierung geschieht über die Energieeinsparung

Physiologische Parameter

■ Relative Sehempfindlichkeit des Menschen



Nachts stärkere Blauempfindlichkeit
(Stäbchen-Sehen! MAX @ 507 nm)

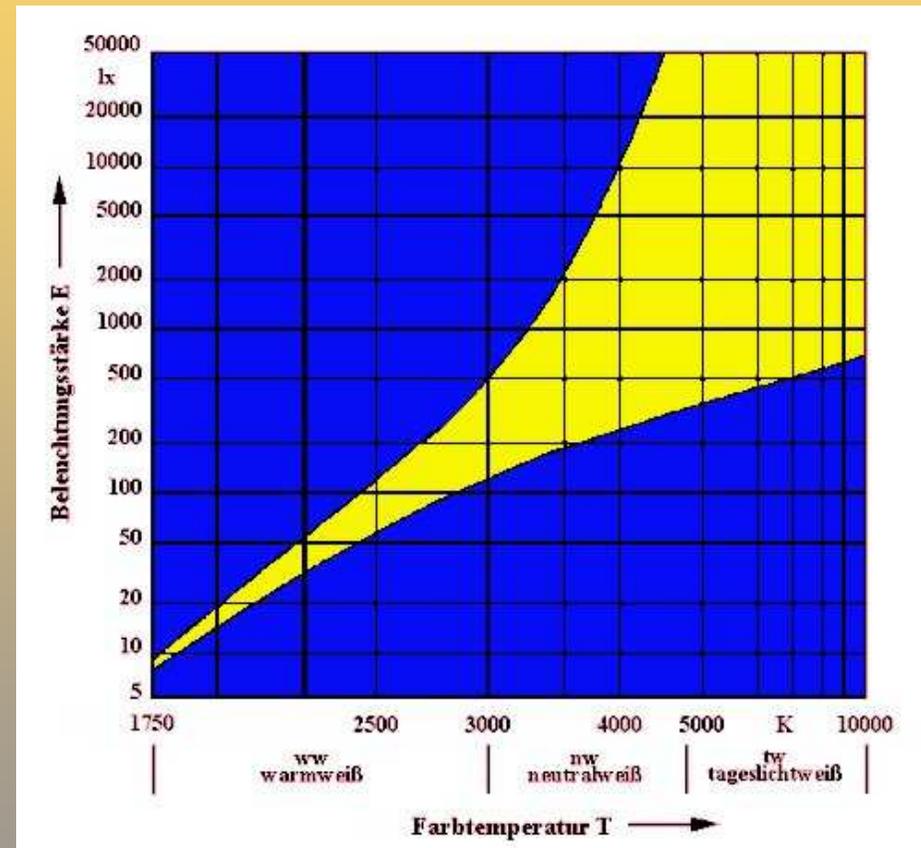
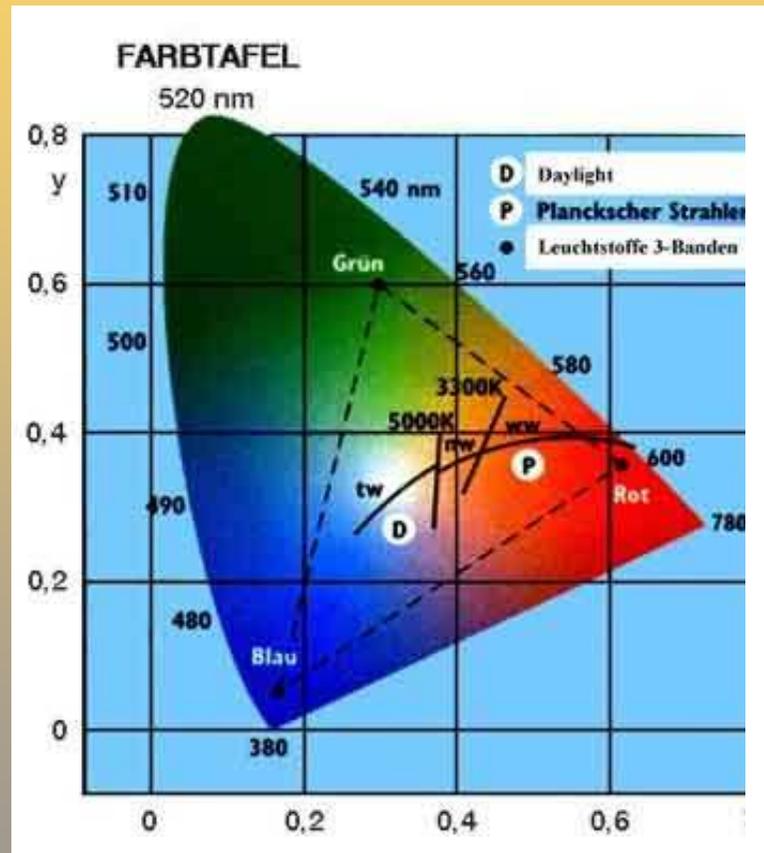
Tags Farbsehen
(Zapfen-Sehen mit Maximum bei 555 nm)
Die physiologischen Größen Lux und Lumen leiten sich hiervon ab.

Alle Luxmeter messen jedoch lm/m^2 !

Physiologische Parameter

■ Farbtemperatur und Behaglichkeit

Graphiken Philips

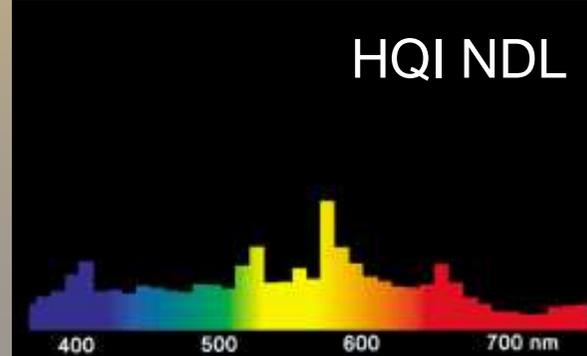
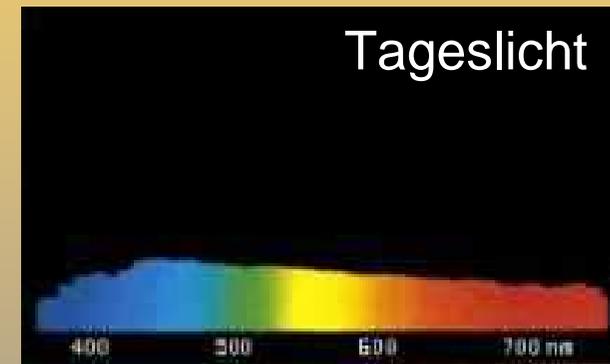
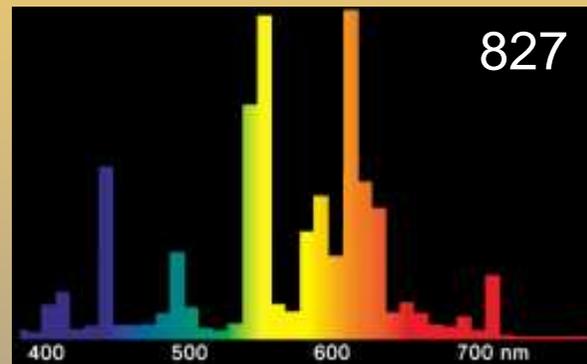
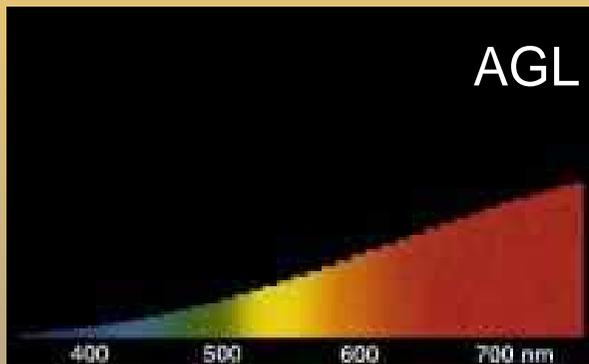
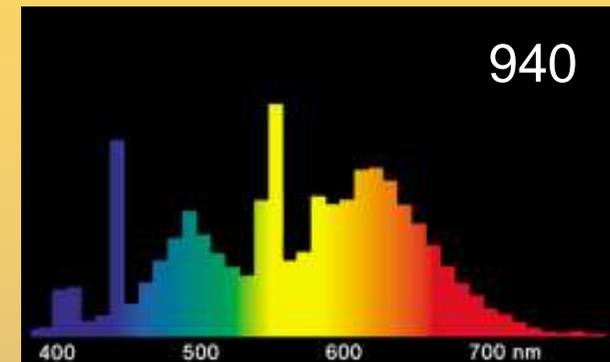
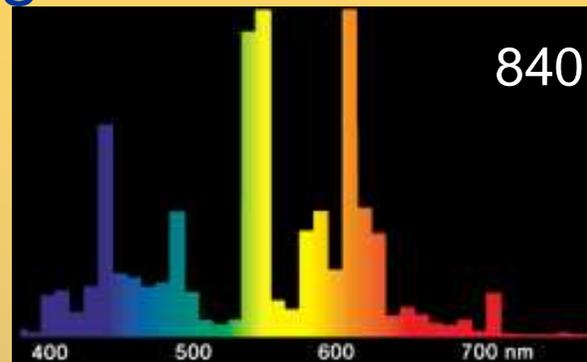
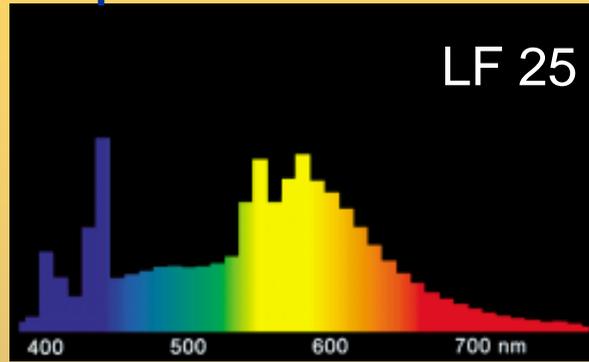


„Behaglichkeitskurve“ nach Kruthoff

Einflußgröße Lichtfarbe

■ Spektralverteilungen

Grafiken OSRAM



Einflußgröße Farbtemperatur

- Farbtemperatur

Bilder General Electric



827 - warmweiß extra



830 warmweiß



835 weiß



840 hellweiß

3 bedeutende Erzeugungsprinzipien

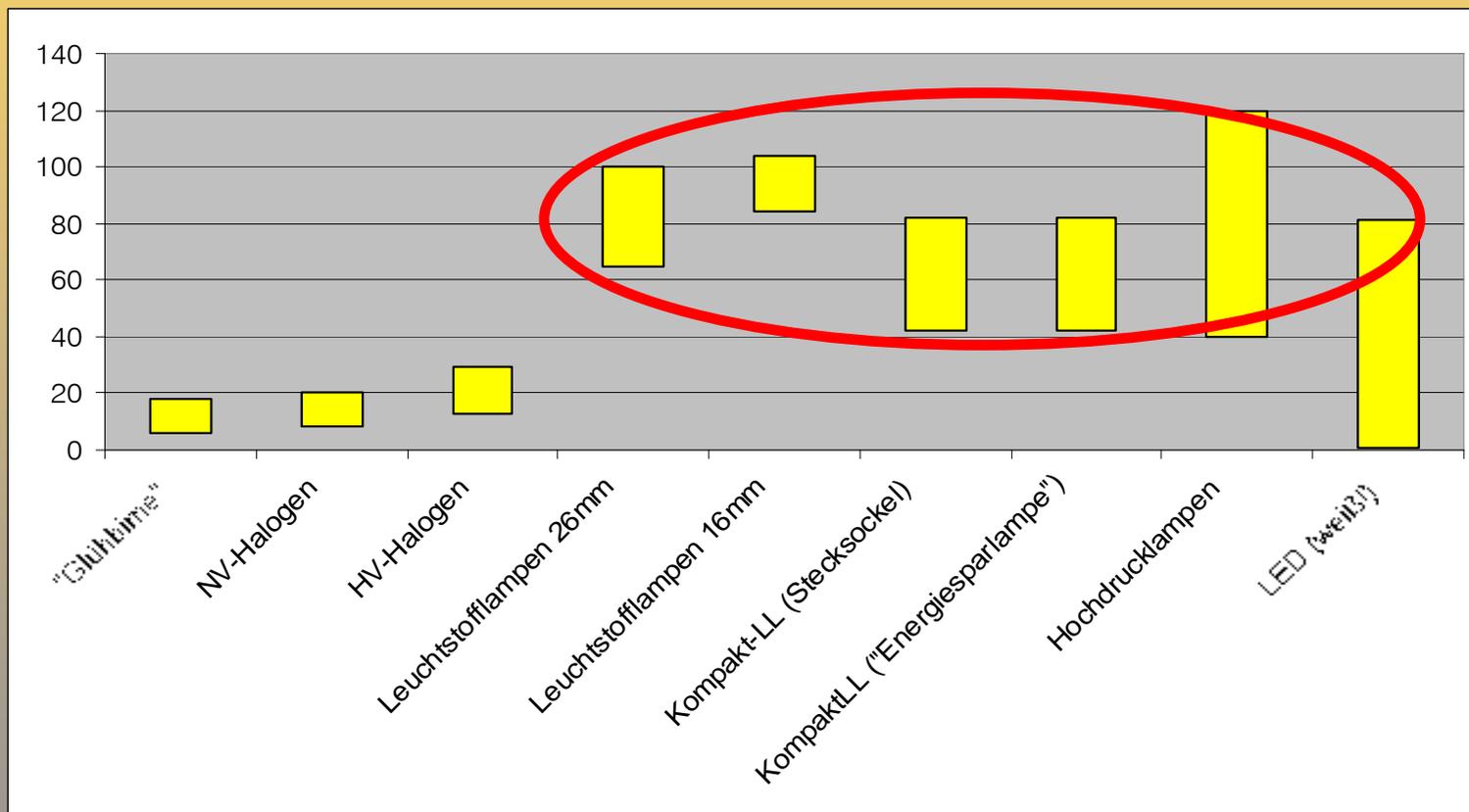
Funktionsweisen verschiedener Leuchtmittel

- Temperaturstrahler (Volksmund „Glühbirne“)
- Entladungslampen (Gas mit und ohne Hg)
- Halbleiter (LED)

Technischer Parameter: Effizienz in lm/W

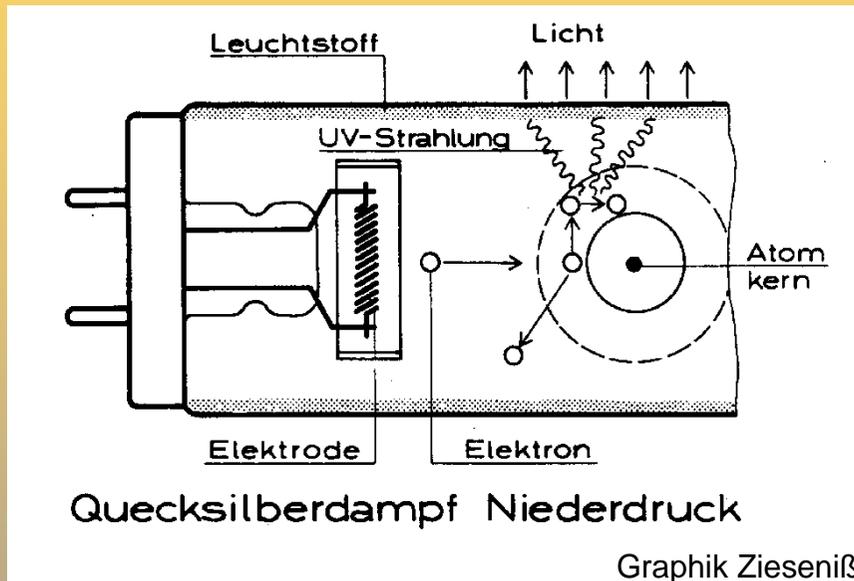
■ Effizienz verschiedener Leuchtmitteltypen

Lumen/Watt



Erzeugungsprinzip Gasentladung

■ Funktionsweise einer Entladungslampe



Leuchtstofflampen brauchen anders als Glühlampen eine Vorrichtung zur Begrenzung des fließenden Stromes. Dieses Vorschaltgerät kann ein induktives oder ein elektronisches sein. Außerdem benötigen Leuchtstofflampen eine Vorrichtung zum Start. Der bekannte Starter ist bei elektronischen VG integriert.

Bauart

Verluste

Preis

Komfort

Lebensdauer

KVG: Konventionelles Vorschaltgerät

Hoch

Gering

Gering

> 100.000h

VVG: Verlustarmes Vorschaltgerät

Mittel

Mittel

Gering

> 100.000h

EVG: Elektronisches Vorschaltgerät

Gering

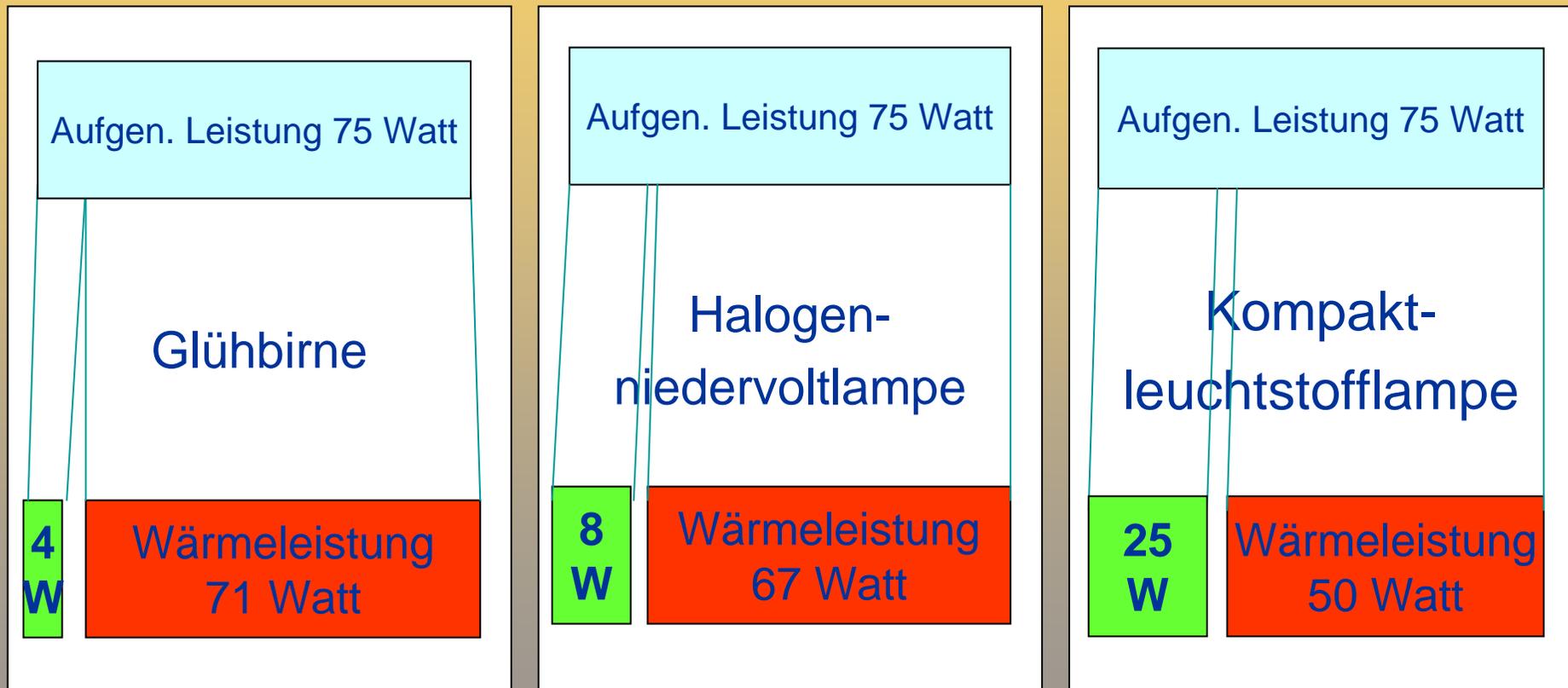
Hoch

Hoch

ca. 50.000h

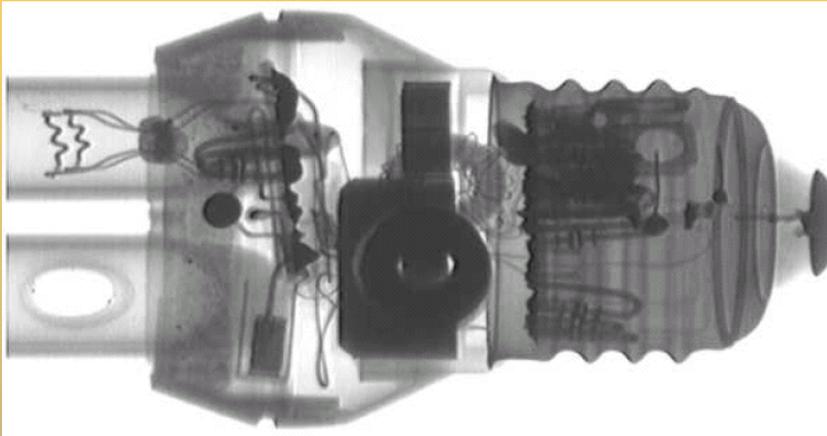
Lichtausbeuten im Vergleich (Beispiel)

- Energiebilanz einer 75 Watt Glühbirne
- Energiebilanz einer 75 Watt Halogenniedervoltlampe
- Energiebilanz einer 75 Watt CFL (70 W + 5 W EVG)



Definition „Energie-Sparlampe“

Bislang Kompaktleuchtstofflampen (mit E27, E14)



Der digitale Röntgenscanner EZ40 lieferte diese (in Auflösung und Graustufen reduzierte) Innenansicht einer Energiesparlampe. Mit freundlicher Genehmigung durch ntbxray.com.



Ab 1. 9. 2010 dürfen nur noch solche Lampen als „Energiesparlampen“ bezeichnet werden, die bestimmte Effizienzanforderungen erfüllen: Erforderlich ist, daß die Leistungsaufnahme der Lampe bei gleicher Lichtleistung um mindestens 75 v.H. niedriger ist als bei einer Standardglühlampe. Dies schließt alle Halogenleuchtstofflampen^[39] und bei den Kompaktleuchtstofflampen sowie LED-Lampen die weniger effizienten aus.

Induktionsprinzip

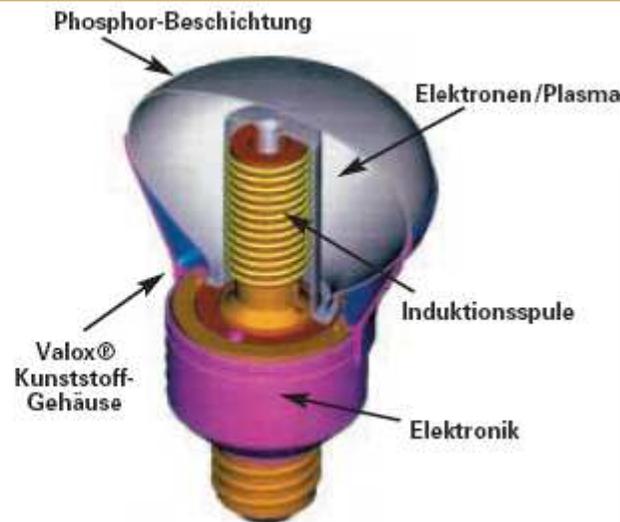
Kompaktleuchtstofflampen ohne Kathoden

Eine Besonderheit stellen Induktionslampen wie die Osram Endura, Philips QL oder die GE Genura dar. Sie teilen das Funktionsprinzip, unterscheiden sich aber in Bauform und Anwendungszweck. Hauptvorteil dieses Lampentyps ist die **außerordentlich hohe Schaltfestigkeit**. Die Genura hat als einzige Induktionslampe einen E27 Sockel, was sie leicht einsetzbar macht. Ein weiterer Vorteil ist die **direkte Erzeugung von gerichtetem Licht** !



Wie funktioniert die Genura™ ?

Im Lampensockel befindet sich eine niederfrequente Elektronik die über eine Induktionsspule kurzwellige Hochfrequenzstrahlung (ionisiertes Gas -Plasma-) erzeugt. Dieses ionisierte Gas erzeugt für das menschliche Auge nicht sichtbare UV-Strahlung. Genau wie bei herkömmlichen Leuchtstofflampen wird diese UV-Strahlung, durch eine Phosphorbeschichtung, in sichtbares Licht umgewandelt.



T5 oder T8 ?

T5 ist nicht per se effizienter!

(Hängt ab von Faktoren wie Umgebungstemperatur und Leuchtenbetriebswirkungsgrad ...)

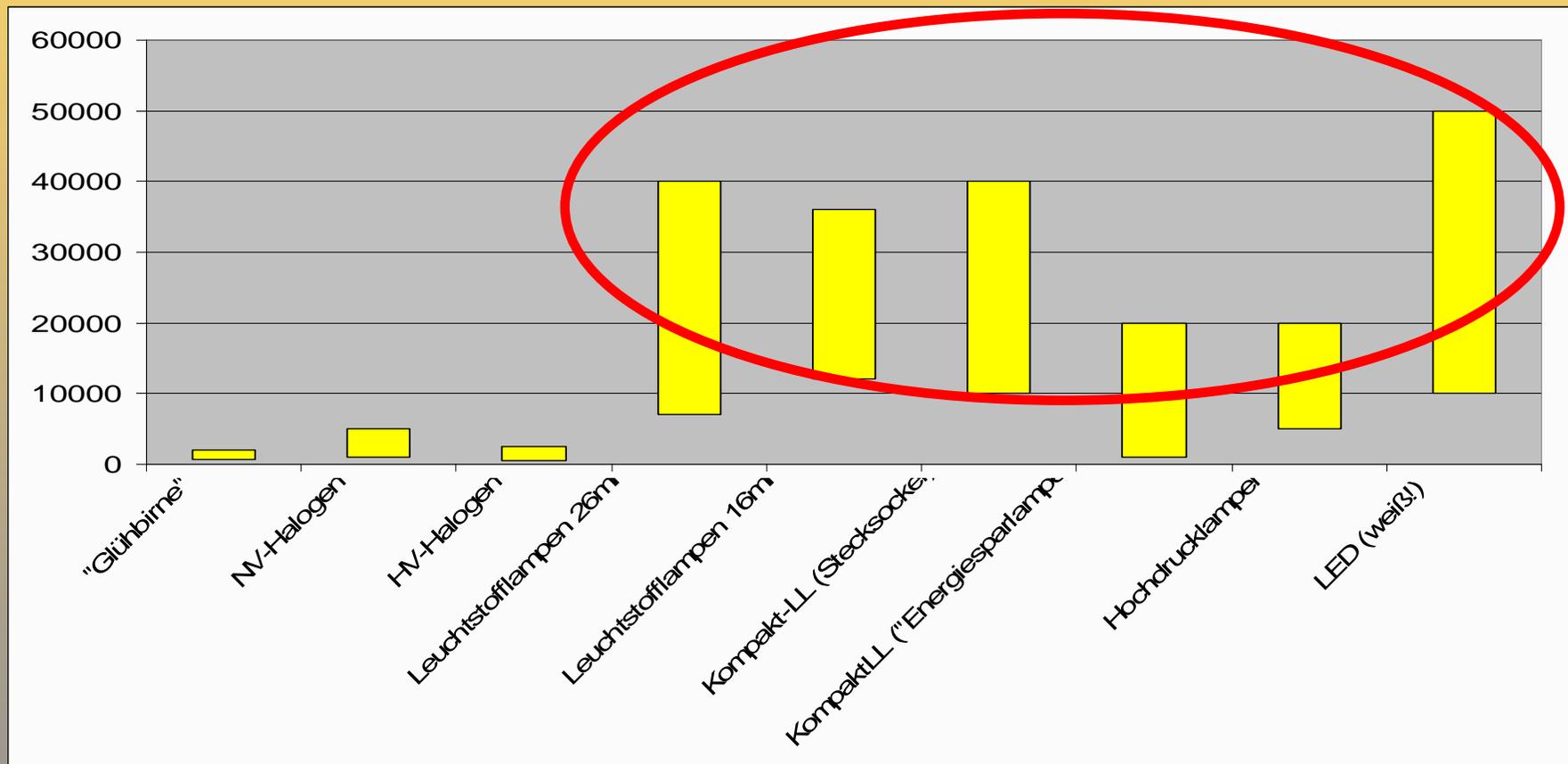
Systemlichtausbeuten von T5 - Lampen in lm/W (lumen pro Watt) bei 25 / 35°C

(gerechnet für EVG-Verluste mit 2-5 Watt durchschnittlich - hängt auch vom Hersteller ab)

	T5 HE (high efficiency)		T5 HO (high output)			T8
aufgenommene HF-Leistung in W	14	35	24	49	80	50
Systemleistung in Watt	16	38	27	54	85	55
Lichtstrom in lumen bei 35°	1350	3650	2000	4900	7000	
Systemlichtausbeute bei 35°	84	96	74	91	82	
Lichtstrom in lumen bei 25°	1200	3300	1750	4300	6150	5000
Systemlichtausbeute bei 25°	75	87	65	80	72	91

übliche Lebensdauern bei Markenware

Stunden

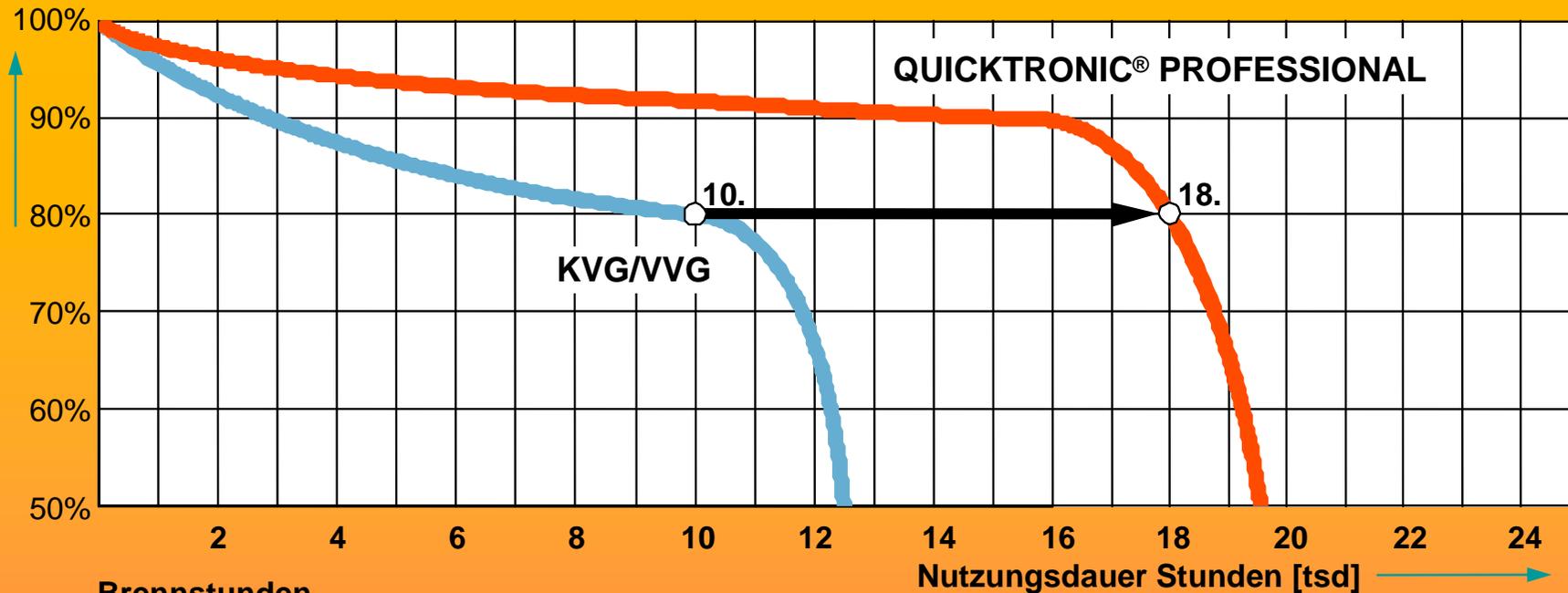


Einflußgröße Vorschaltgerät

■ Vorschaltgeräte + Lebensdauer

Graphik OSRAM

rel. Anlagenlichtstrom



Brennstunden

Erhöhung der Lampennutzbrenndauer (80 % des Anlagenlichtstromes) von
10.000 Stunden auf 18.000 Stunden

im IEC-3 Std.-Schaltrhythmus (165 Min. Ein/15 Min. Aus)

BLMK 13030F471 D 05/99

Zur Qualität von „Sparlampen“

Adobe Acrobat Professional - [OSRAM DULUX INTELLIGENT FACILITY english July 2009.pdf]

Technical Information
Integrated compact fluorescent lamp

OSRAM DULUX® INTELLIGENT FACILITY

Advantages

- DULUX INTELLIGENT FACILITY with E27/E14 base for direct replacement of incandescent lamps
- Pleasant natural Warm Comfort Light
- Up to 80% lower energy consumption compared to similar conventional light bulbs
- Average lifetime up to 20000h
- Quick light technology
- “Heavy duty” switching capability
- DC voltage compatible 176 to 310V
- Suitable for emergency lighting systems (198 to 254V)



Common characteristics

Average lifetime	Switching cycles (8s on, 10s off)	Energy efficiency	Starting time	Colour rendering index
20000h	unlimited	A	<0,5s	>80

Operating temperature	Power factor	Mercury max.	Lumen maintenance 2000h	Lumen maintenance end of life
-30°C to 50°C	λ>0,5	3,0mg	>85%	>65%

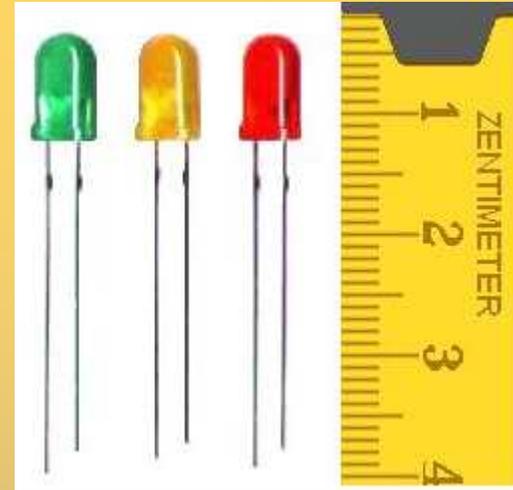
Range

Type reference	Power	Voltage	Base	Luminous flux	Warm up for 60% light	Colour temperature
DINT FCY 10W/825 E14	10W	220-240V	E14	580lm	20s	2500K
DINT FCY 10W/825 E27	10W	220-240V	E27	580lm	20s	2500K
DINT FCY 14W/825 E27	14W	220-240V	E27	800lm	20s	2500K
DINT FCY 14W/825 B22d	14W	220-240V	B22d	800lm	20s	2500K
DINT FCY 18W/825 E27	18W	220-240V	E27	1050lm	20s	2500K

Type reference	Length l max.	Diameter d max.	Efficacy	Weight max.	Lamp current effective
DINT FCY 10W/825 E14	129mm	45mm	58lm/W	64g	80mA
DINT FCY 10W/825 E27	120mm	45mm	58lm/W	64g	80mA
DINT FCY 14W/825 E27	126mm	45mm	57lm/W	71g	110mA
DINT FCY 14W/825 B22d	126mm	45mm	57lm/W	71g	110mA
DINT FCY 18W/825 E27	140mm	45mm	58lm/W	74g	145mA

20.000 Stunden
– d.h. länger als
20 Jahre im
Haushalt !
Baumarktware
(„Eco-
Versionen“)
halten
manchmal nur
wenige 100
Stunden !

RGB-LED



Diskrete und SMD-Halbleiterdioden zur Erzeugung von einfarbigem Licht

weißes Licht kann sowohl über RGB-Mischung, als auch über Leuchtstoffe aus blauem Licht erzeugt werden!

(Bis hin zu Farbwiedergabe 1A)

Wirtschaftlichkeit am Beispiel einer Kapitalverzinsung

Wirtschaftlichkeitsvergleich und Renditeberechnung

Kaltlichtspiegellampen HNV gegen LED von Philips
Parameter sind variierbar

	HNV 35W	LED 7W *
System-Leistungsaufnahme [W]	37	7
Brennstunden p.a.	2800	2800
elektrische Arbeit p.a. [kWh]	103,6	19,6
Preis pro kWh	0,18	0,18
Stromkosten-Einsparung p.a.	-	15,12 €
Nutzlebensdauer Lampe [Bh]	2000	40.000
Lampenkosten	2,00 €	30,00 €
Lampenwechselkosten	10,00 €	10,00 €
Betriebskosten p.a.	35,45 €	6,33 €
Investition		28,00 €
Gesamteinsparung p.a.	--	29,12 €
<u>Kapitalverzinsung</u>		104%



NB: Damit Contracting funktioniert, sollte die Kapitalverzinsung 2stellig sein.

LEDs haben „Eigenheiten“

- Empfindlich auf Hitze
- Empfindlich auf Feuchte
- Effizienz sinkt mit steigender Temperatur
- Farbwiedergabe extrem unterschiedlich
- Perfekt geeignet für die Erzeugung von monochromem Licht
- „Binning“ -> Klasseneinteilung
- Alterungsprozesse (Lichtstrom/Farbverschiebung)
- Lumenpaket (Lichtstrom) nicht beliebig hoch
- Sie werden daher nie alle anderen Leuchtmittel ersetzen

Alternativen zu T8-LL

■ T5-Lampen mit EVG-Adapter und Reflektor

Beispiel 35 W statt 58 W bei ED = 4000 h/a

Vergleich	T8	T5
✓ Leistung	71	39
✓ kWh p.a.	284	156

*.. oder inzwischen LED-
Linien-Lampe bis 3300 lm*



Quelle: www.conrad.de

s.a. ->http://www.energieverbraucher.de/de/Licht/T5_statt_T8/site__553/

Beispiele für Lösungen

■ Update vorhandener Leuchten

Umrüstung von Flur-Leuchten

36 Watt statt 71 Watt

Bei ED = 4000 h pro Jahr

✓ - 140 kWh Einsparung
pro Leuchte



Für die Fachhochschule in München hat sich der Umbau der Leuchten innerhalb von 2 Jahren gerechnet.

Was macht man mit HQL-Lampen ?

Beispiel : Fa. Schönenberger, Landsberg



- 6000 m² Halle
- *Alt:*
- 128 Stück HQL 400 W
- *Neu:*
- 90 Stück CPO 140 W

Stromverbrauch Hallenbeleuchtung (+Parkplatz) Fa.Schönenberger für 3 Systeme im Vergleich

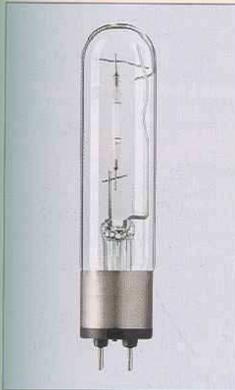
	Systemleistungsaufnahme pro Leuchte [W]	ED [h/a]	kWh/a	Leuchtenzahl	kWh/a	Strompreis	€/a	Einsparung/a
HQL 400 W	465	2500	1163	120	139500	0,1	13.950€	
T5 4-flammig 54 W HO	223	2500	558	120	66900	0,1	6.690€	7.260€
Philips Cosmo White	152,5	2500	381	90	34313	0,1	3.431€	10.519€

*Umbaukosten pro Leuchte < 300 €
 Beleuchtungsstärke verdoppelt
 somit Faktor 6 an Effizienzverbesserung!*

Beispiel Obing : „SDW-T“- Lampen mit 10 kW Anschlußleistung ->CDM PAR30

- Lichtfarbe 825 (= 2500 K)

Hochdruck-Natriumdampf-Lampen MASTER SDW-T White SON



Lampe:

- Hochdruck-Natriumdampf-Lampen mit Keramikbrenner in einem klaren Außenkolben und einem farbstabilen Betriebsintervall von 10000 Stunden

Eigenschaften:

- Zentrierter Lampensockel
- Entladungsrohr enthält Natrium-Quecksilber Amalgam und Xenon Zündgas
- Beliebige Brennstellung

Vorteile:

- Außergewöhnliche Helligkeit und Farbwiedergabe ($R_a > 80$) vor allem warmer Farben wie rot und gelb
- Betrieb in offenen Leuchten

Anwendungen:

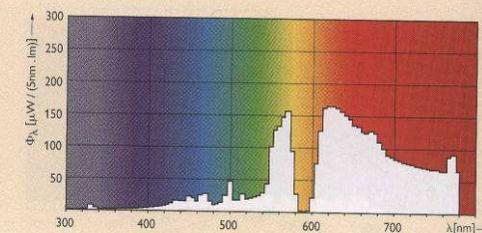
- Beleuchtung von Verkaufsräumen, allgemeine gewerbliche Beleuchtung in Downlights und dekorative Außenbeleuchtung, sehr gut für Fleischtheken geeignet

Vorschaltgerät:

- Betrieb mit Vorschaltgerät und CSLS-Controller (Zünd- und Spannungsstabilisator)

Bilder: Philips

MASTER WHITE SON SDW-T



Typ	Kommerzieller Produktname				Lichtstrom (KVG) (lm)	Farbtemperatur (K)
	Leistung / Lichtfarbe	Sockel	Verpackung	Unterpackung		
MASTER SDW-T	35W/825	PG12-1	SLV	12	1300	2500
MASTER SDW-T	50W/825	PG12-1	SLV	12	2300	2500
MASTER SDW-T	100W/825	PG12-1	SLV	12	5000	2550

- weite Verbreitung in Bäckereien und Metzgereien
- Leuchtmittel gibt es nur von Philips / Bära
- Lichtausbeute weniger als 42 Lumen pro Watt am KVG!
- hohe Farbsättigung bei rot/braun-Tönen
- SDW-T Technik ist veraltet

Verluste vermeiden

- Bei der Umwandlung von elektrischer Energie im **Leuchtmittel** in Abstrahlung im Bereich des sichtbaren Lichts.
 - Verbesserungen bis zu Faktor 8 möglich.
- Umwandlungsverluste in **Vorschaltgeräten** und Transformatoren
 - Verbesserungen bis Faktor 3 möglich
- Konstruktionsbedingte Verluste in der **Leuchte**
 - Verbesserungen des Leuchtenbetriebswirkungsgrades bis Faktor 3
- Verluste durch schlechte **Raumwirkungsgrade**
 - Erhebliches Potential durch Wahl geeigneterer Farben
- Verluste durch konkurrieren mit der Sonne
 - Erhebliches Potential durch tageslichtabhängige Regelung
- Verluste durch Beleuchtung leerer Räume
 - Beachtliches Potential durch Einsatz geeigneter Sensoren

**Danke
für Ihre
Aufmerksamkeit**