



Lichtquellen



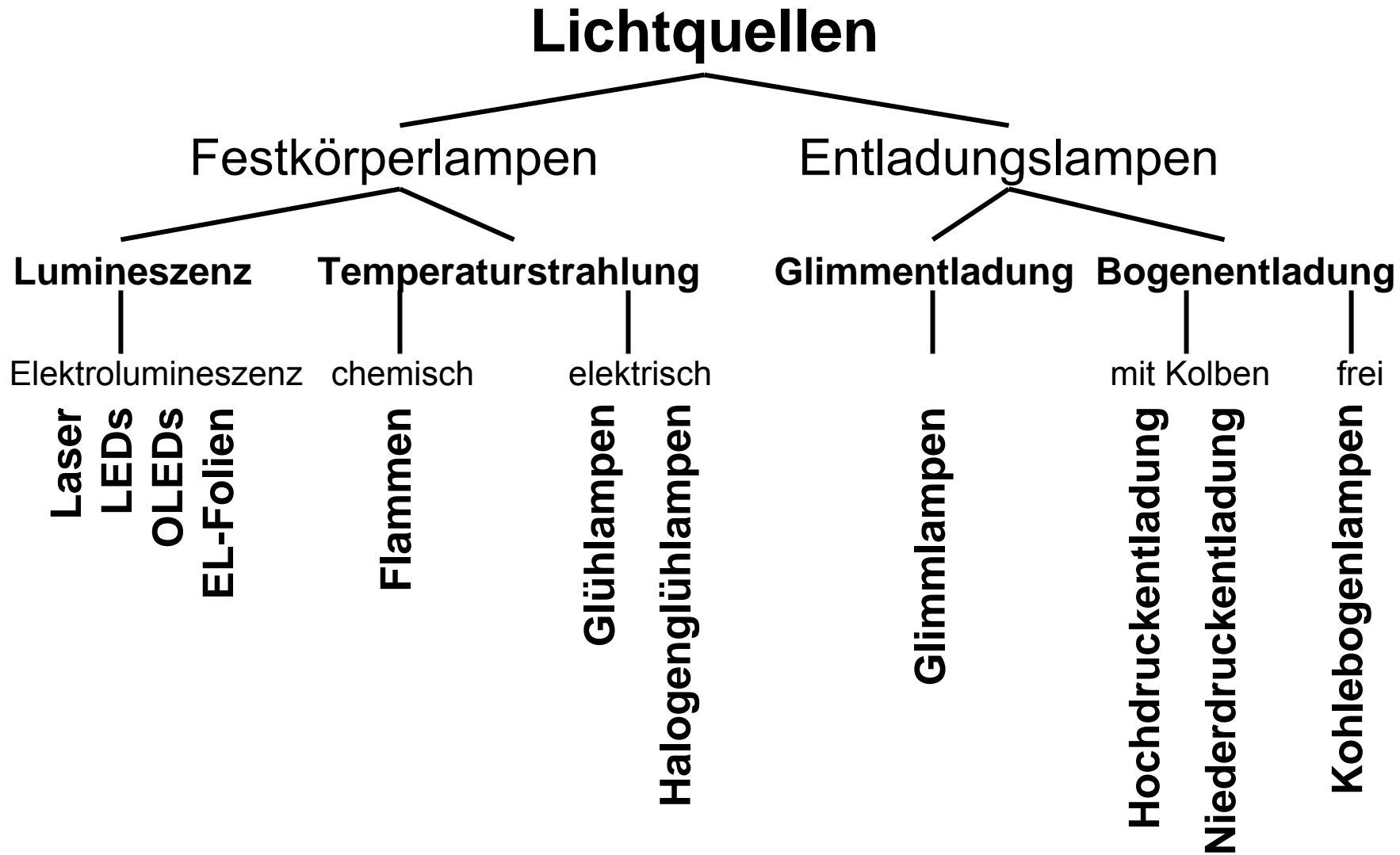
Karl Manz

Karsten Klinger

Wintersemester 2007/2008

Lichtquellen und deren Betrieb

- Physikalische Grundlagen
 - Temperaturstrahler
 - Gasentladung
 - Elektrolumineszenz
- Betriebs- und Steuergeräte
- Lichtausbeute
- Wirkungsgrade



Lichtquellen in der Innenbeleuchtung

- **Glühlampen**
Wandleuchten, Deckenleuchten, Pendelleuchten, Strahler
- **Halogenglühlampen**
Wandleuchten, Deckenleuchten, Fluter, Wall Washer, Scheinwerfer
- **Niederdruckentladungslampen**
Langfeldleuchten, Bildschirmarbeitsplatzleuchten (BAP)
- **Hochdruckentladungslampen HQI, HQL, HBO, NAV**
Scheinwerfer, Fluter
- **LEDs**
Akzentbeleuchtung, Notlicht, Ambientes Licht, Leuchten
- **EL-Folien**
Notlicht

Lichtquellen in der Außenbeleuchtung

- **Glühlampen**
Markierungslicht, niedere Wegbeleuchtung
- **Halogenglühlampen**
Fluter, Scheinwerfer
- **Niederdruckentladungslampen**
Straßenbeleuchtung, Werbeschilder
- **Hochdruckentladungslampen**
Fluter, Scheinwerfer, Fußgängerwegbeleuchtung, Straßenbeleuchtung
- **LEDs**
Werbeschilder, Wegmarkierung, Unterwasserbeleuchtung
- **EL-Folien**
Werbeschilder

Lichtquellen im Fahrzeug

- **Glühlampen**
Innenraumbelichtung, Armaturenbelichtung, Leuchten
- **Halogenglühlampen**
Scheinwerfer
- **Niederdruckentladungslampen**
Mittlere hochgesetzte Bremsleuchte
- **Hochdruckentladungslampen „Xenon- oder HID-Lampen“**
Scheinwerfer
- **LEDs**
Innenraumbelichtung, Armaturenbelichtung, Leuchten, Scheinwerfer
- **EL-Folien**
Armaturenbrettbelichtung, Ambiente Innenbeleuchtung, Dachhimmel

Leuchtenspezifizierung

25° ($\pm 1^\circ\text{C}$)

Betrieb

Umgebungstemperatur: 18...23°C (typisch)

Leuchtentemperatur abhängig von Einbauort

- Klimaleuchte
- Deckenleuchte
- Abgependelte Leuchte

Temperaturbereiche Außenbeleuchtung

Leuchtenspezifizierung

25° ($\pm 1^\circ\text{C}$)

Betrieb

-20...+55°C

Besonderheiten

- Leuchtstofflampen an Temperaturbereich anpassbar
- LEDs bei tieferen Temperaturen effektiver
- Temperaturstrahler weitgehend temperaturunempfindlich
- Thermoleuchten
- Heizbare Leuchten

Temperaturbereiche Fahrzeug

Maximale Betriebstemperaturen im Fahrzeug

- Heckleuchten +55°C
- S3 Bremsleuchte und spezielle Heckleuchten +80°C
- Elektronik in Motornähe (zB: Xenon-Steuergerät) +105°C

Temperaturbereiche

- Erweiterter Temperaturbereich -40°C bis +85°C
- Betriebstemperatur -30°C bis +70°C
- Innenraum -20°C bis +65°C (+100°C)

Klimatest

In stromlosem Zustand, bei 95% Luftfeuchtigkeit

- 12 Stunden bei 25°C, dann 12h bei 55°C 6 Tage am Stück

Quellen: BMW, DaimlerChrysler, Harman Becker Automotive Systems, Hella, Lumileds

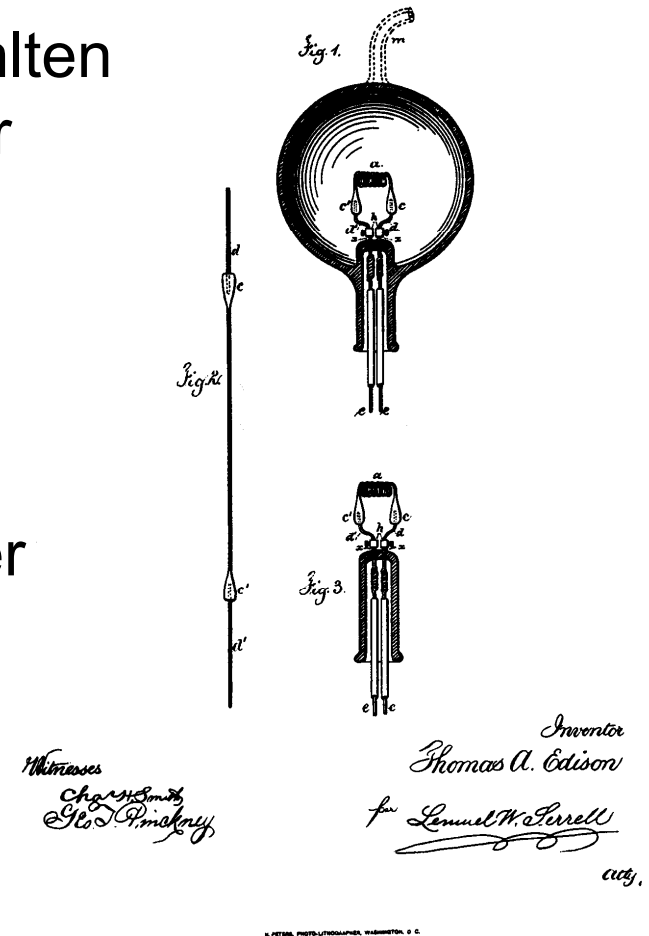
Glühlampen

Kohlenstoff-Faden-Glühlampen

1854: Conrad Goebel baut aus verkohlten Bambusfasern und einer luftleer gepumpten Glasampulle eine Glühlampe, die 200 Stunden leuchtet.

1879: Thomas Alva Edison baut aus verkohlten Bambusfasern, die er mit Kohlenwasserstoff elastisch und haltbar macht, eine Glühlampe, die bis zu 2.000 Stunden leuchtet.

T. A. EDISON.
Electric-Lamp.
No. 223,898. Patented Jan. 27, 1880.



Schwarzer Strahler

Strahlungsenergie

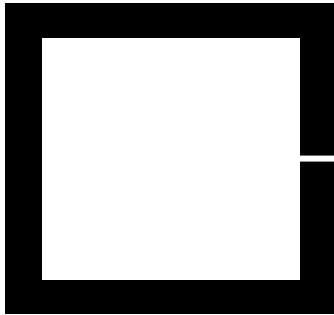
$$E = h \cdot \nu$$

Mit: Planck'sches Wirkungsquantum $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Js
Frequenz der Strahlung ν

Schwarze Fläche

Absorbiert alle auftreffende Strahlung jeder Frequenz

Schwarzer Strahler



Schwarze Strahlung = Hohlraumstrahlung

Planck-Gesetz

Strahlung des Schwarzen Strahlers:

$$\frac{dI}{d\lambda} = \frac{c_1}{\lambda^5} \frac{1}{e^{c_2 / \lambda T} - 1}$$

$$c_1 = 2hc^2$$

$$c_2 = \frac{hc}{k}$$

Mit: Boltzmann-Konstante $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J / K}$

Temperatur des Strahlers T

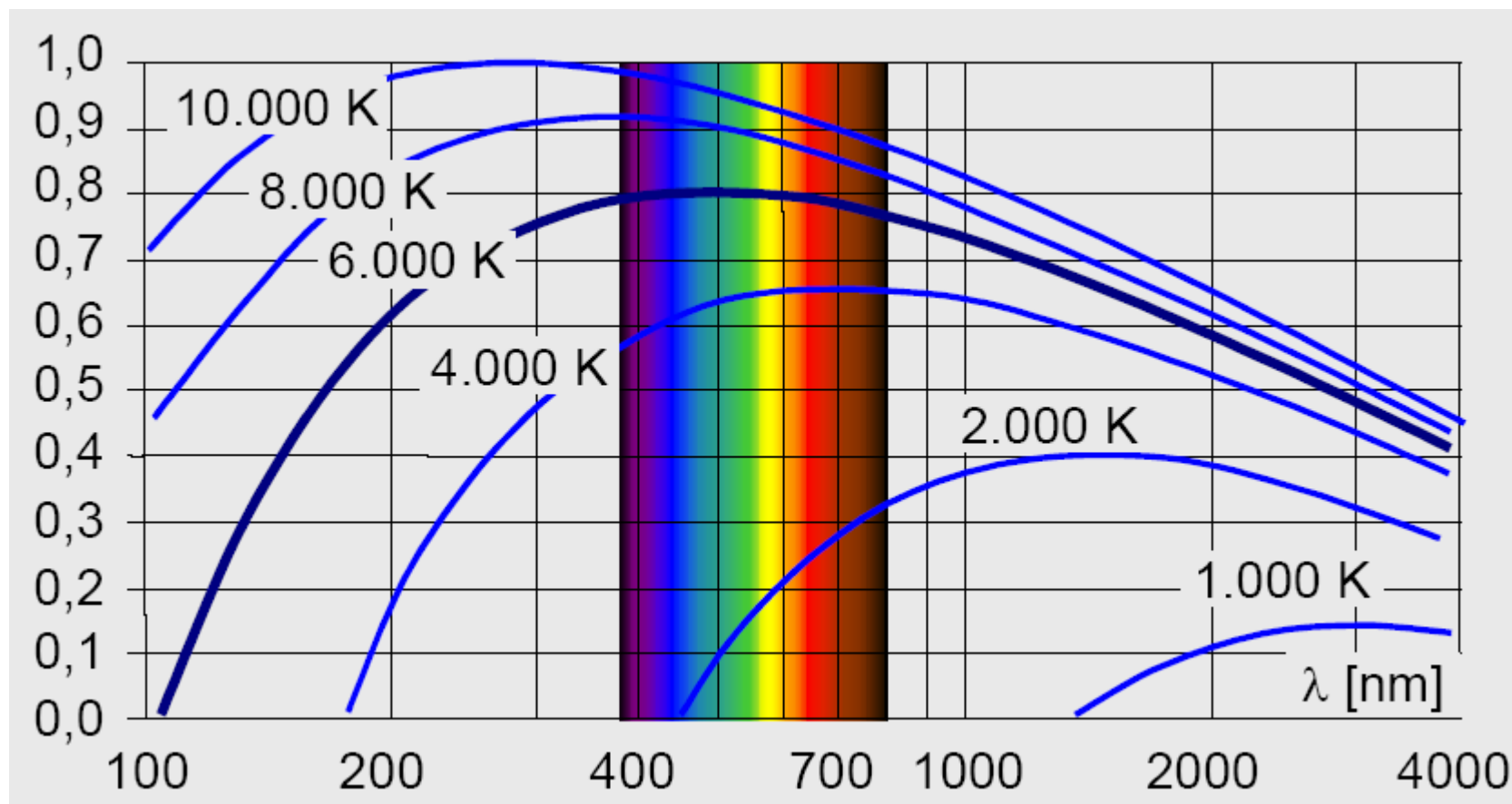
Lichtgeschwindigkeit $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m / s}$

Planck – Konstante $h = 6,626 \cdot 10^{-34} \text{ W s}^2$

Spektrale Leistungsdichtedichte $\frac{dI}{d\lambda}$ (Intensität)

Ist bei gegebenen λ nur von der Temperatur abhängig.

Strahldichteverteilungskurve



Wellenlänge / [nm]

Stefan-Boltzmann-Gesetz

Die Integration der Plackkurve über die Wellenlänge ergibt die pro Fläche abgestrahlte Leistung.

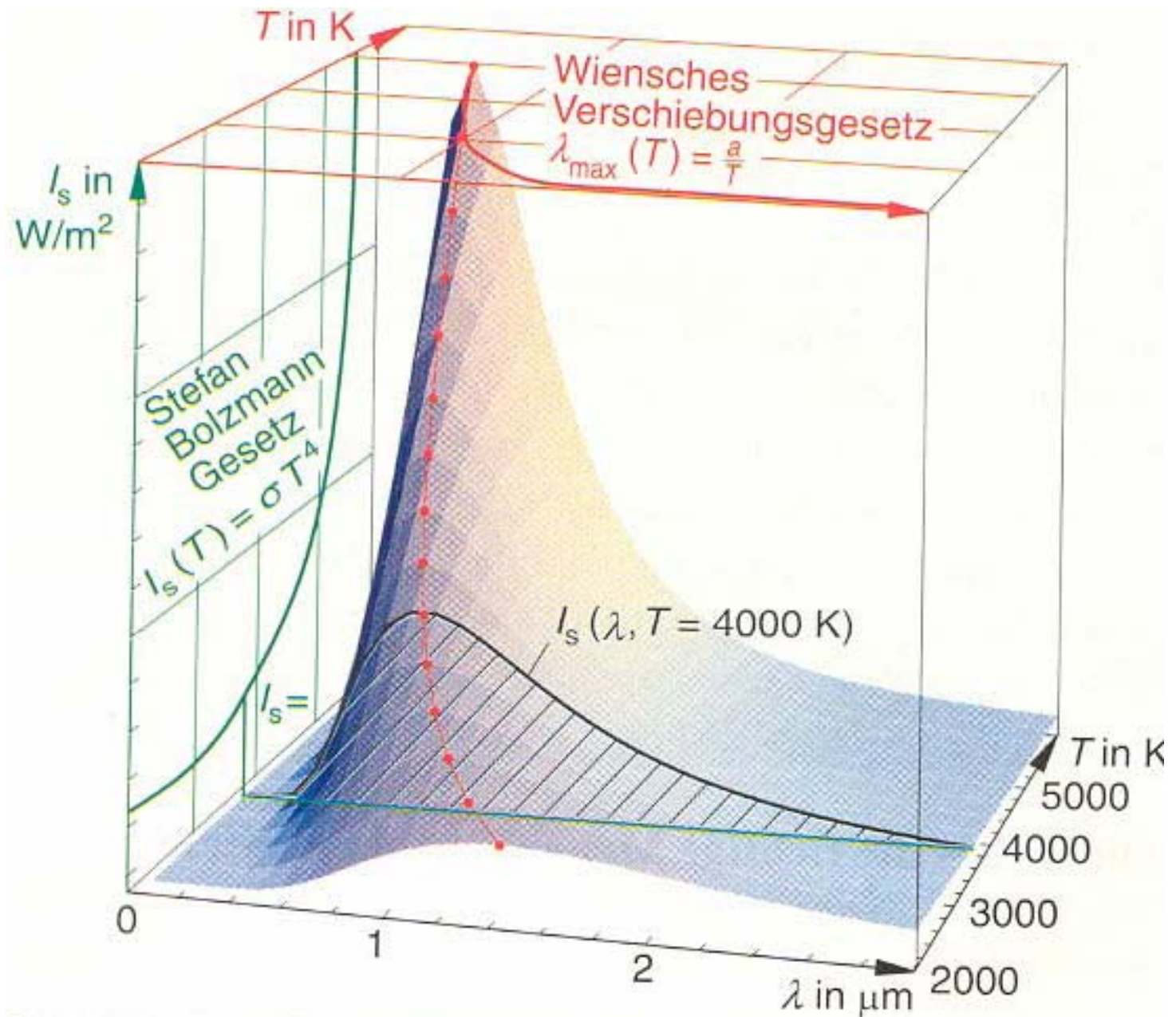
$$I = \int_0^{\infty} \frac{dI}{d\lambda} d\lambda = \sigma T^4$$

Stefan-Boltzmann Konstante $\sigma = 5,6703 \cdot 10^{-8} \text{ W / m}^2\text{K}^{-4}$

Mit der strahlenden Fläche dS ergibt sich die abgestrahlte Leistung dP zu $dp = dS \cdot I$.

Temperatur eines schwarzen Strahlers:

$$T = \sqrt[4]{\frac{P}{A\sigma}}$$



Wiensches Verschiebungsgesetz

Plancksches Strahlungsgesetz



Ableiten

Nullsetzen

Vereinfachen

Wiensches Verschiebungsgesetz:

$$\lambda_{\max} = (h c) / (5 k T)$$

$$\lambda_{\max} = 2,9 \cdot 10^{-3} \cdot 1/T \cdot \text{mK}$$

Mit: Frequenz mit dem Maximum der Strahldichte λ_{\max}
 Temperatur des Strahlers T
 Einheiten der Konstanten mK

Kirchhoffsches Gesetz:

$$\frac{dI}{d\lambda} = \varepsilon(\lambda, T) \frac{dI_{\text{schwarz}}}{d\lambda} \quad \varepsilon \leq 1$$

mit Kirchhoffschem Gesetz folgt: $\alpha(\lambda) = \varepsilon(\lambda)$

h.h. bei jeder Wellenlänge sind Absorptions- und Emissionsvermögen eines Körpers gleich.

Schwarzer Strahler: $\alpha = \varepsilon = 1$, unabhängig von λ

Grauer Strahler: $\alpha = \varepsilon < 1$, unabhängig von λ

Temperaturstrahler

Schwarzer Strahler

$$\alpha = 1$$

Grauer Strahler

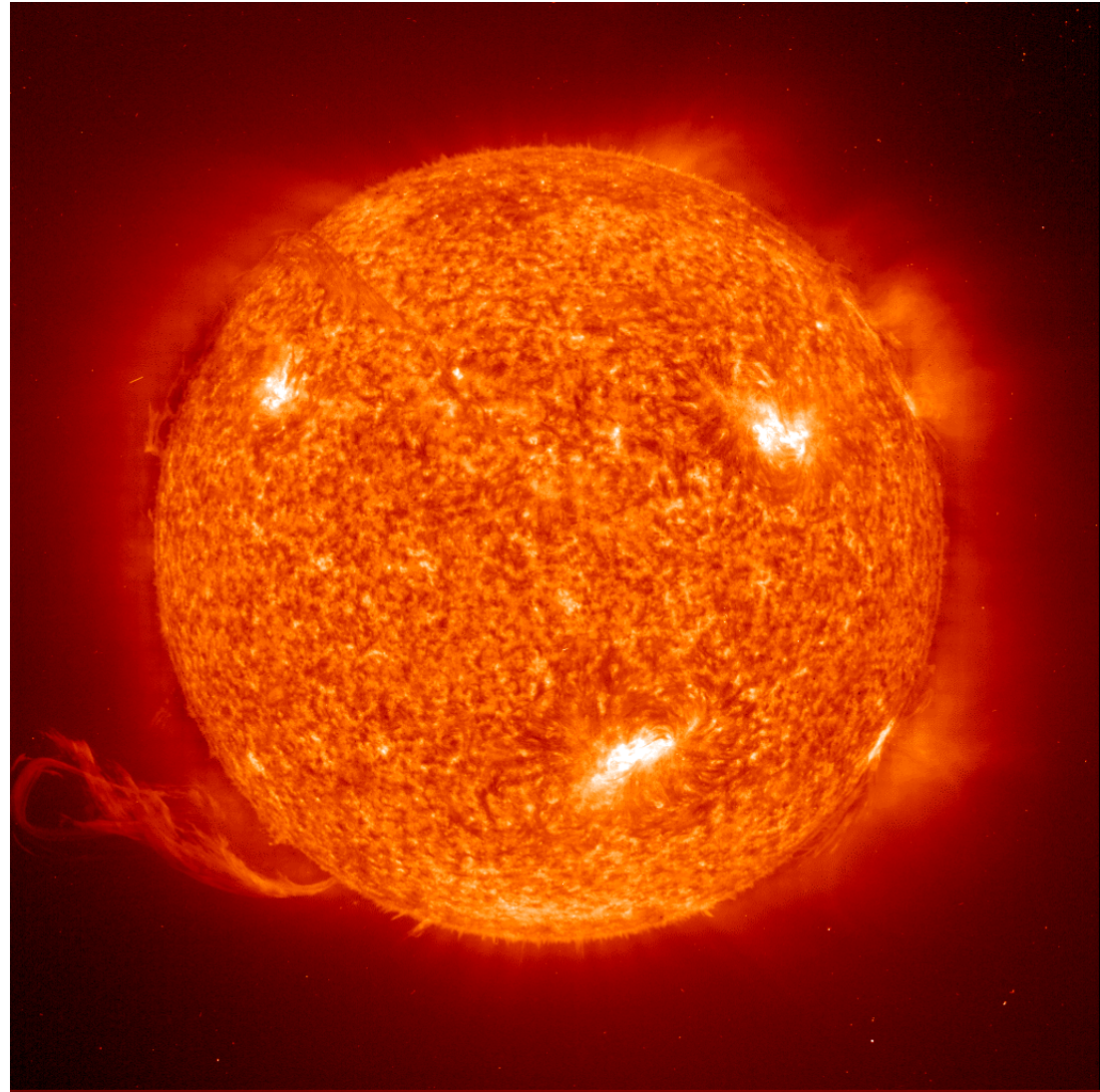
$$\alpha < 1$$

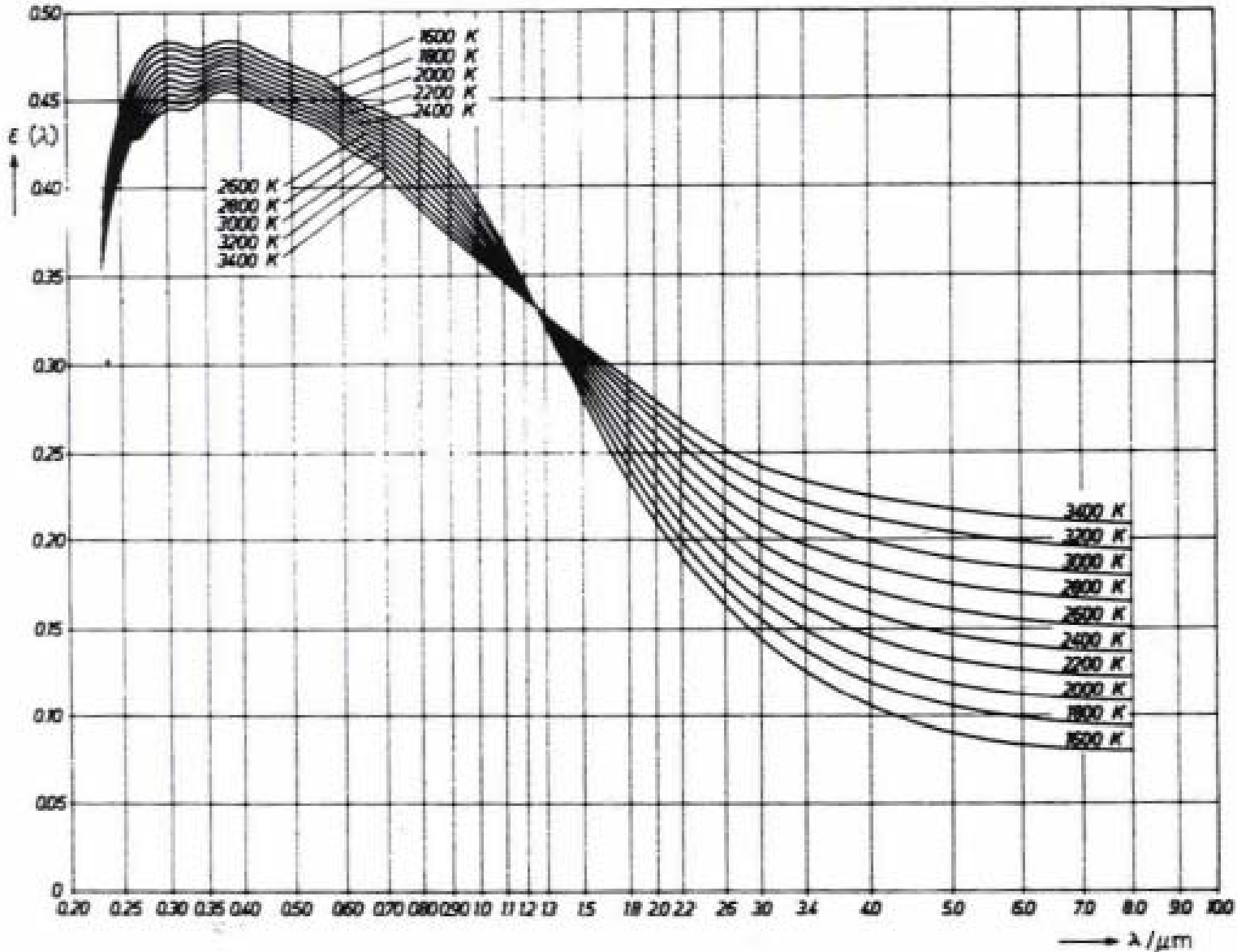
$$\alpha(\lambda) = \text{const.}$$

Selektiver Strahler

$$\alpha(\lambda) \neq \text{const.}$$

Mit: Absorptionsgrad α





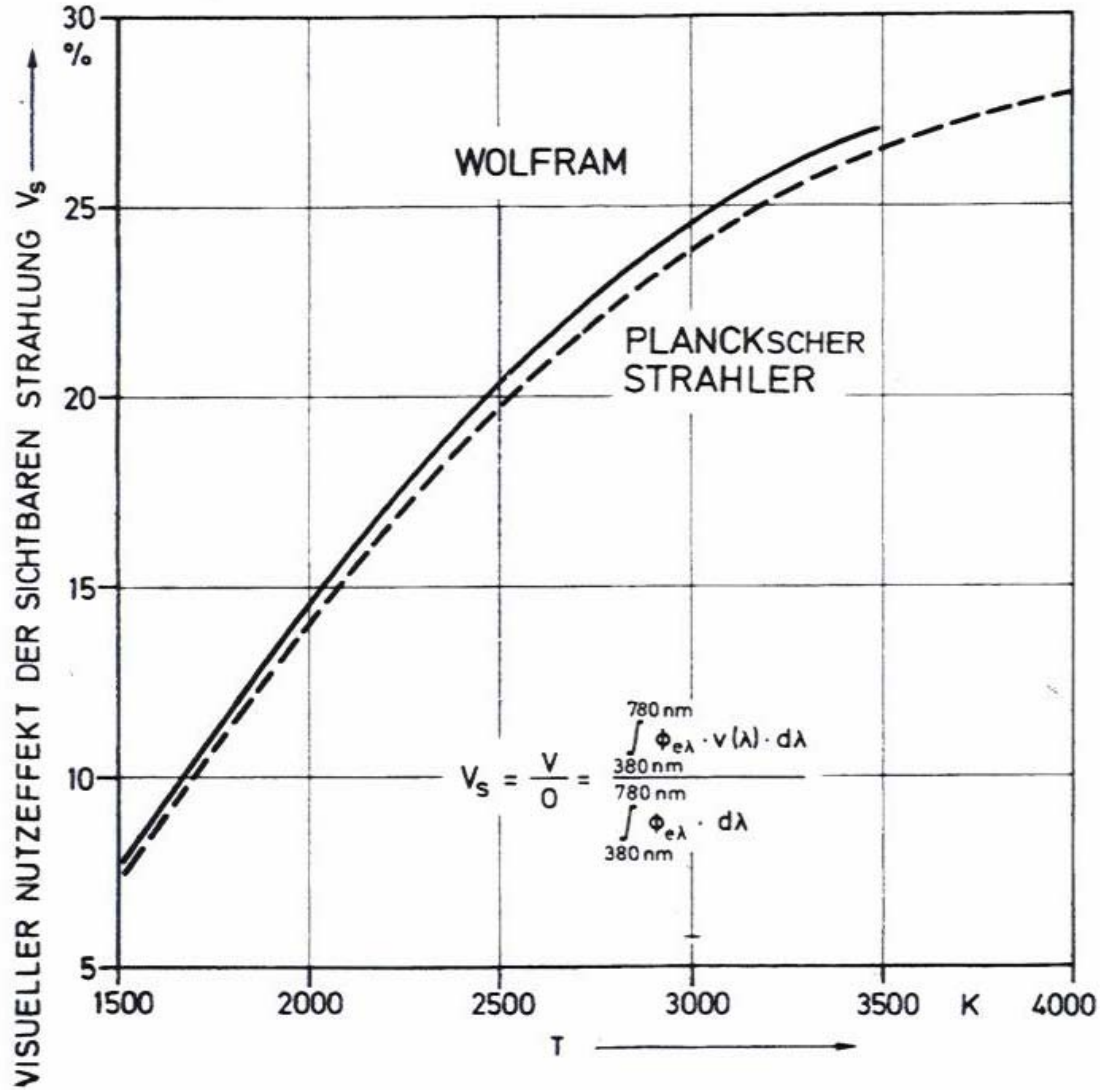


Bild 4.5:
 Temperaturverlauf
 des visuellen Nutz-
 effektes der sicht-
 baren Strahlung
 für Wolfram und
 den PLANCKschen
 Strahler

Temperatur eines Glühdrahtes

Leistung:

$$P = I^2 \cdot R$$

Widerstand:

$$R = \rho \frac{l}{D}$$

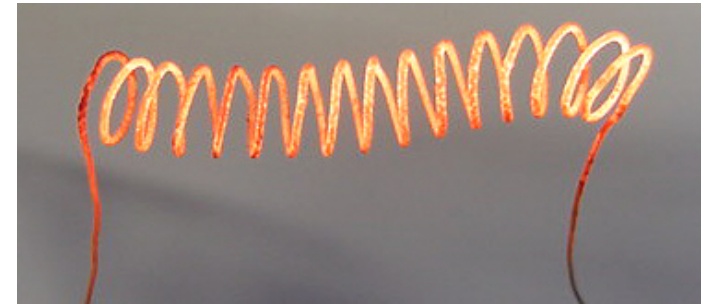
Mit: Drahtquerschnitt $D = \pi \cdot r^2$

Drahtoberfläche $A = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot l$

spezifischer Widerstand ρ

Temperatur eines Drahtes:

$$T = \sqrt[4]{\frac{I^2 \rho}{2\pi^2 r^3 \sigma}}$$



Temperatur eines Wolframdrahtes

Draht

Durchmesser $d = 0,1 \text{ mm}$ ($r = 0,05 \cdot 10^{-3} \text{ m}$)

Länge $l = 1 \text{ m}$

Strom $I = 1 \text{ A}$

Material Wolfram ($\rho \approx 100 \cdot 10^{-8} \Omega \text{ m}$ bei 1000 K)

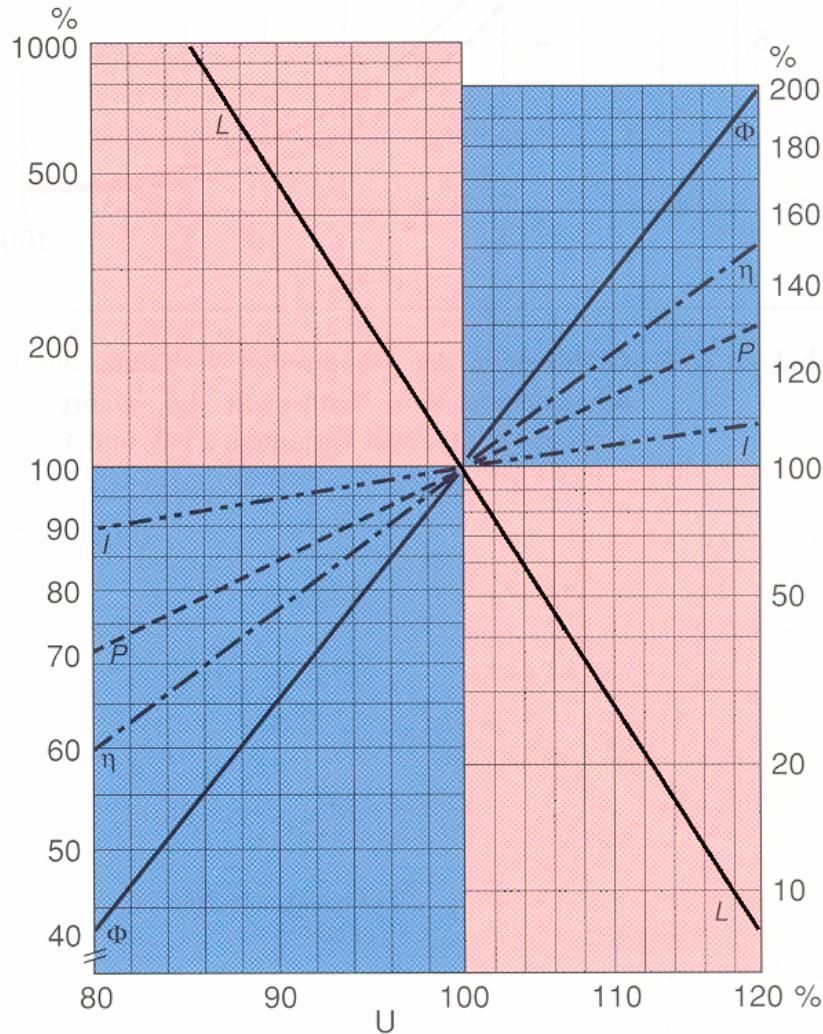
Temperatur des Wolframdrahtes:

$$T = 1635 \text{ K}$$

Sonnenoberfläche:

$$T = 5780 \text{ K}$$

Kennlinien von Glühlampen



- L : Lebensdauer
- U : Elektrische Spannung
- I : Elektrischer Strom
- P : Elektrische Leistung
- Φ : Lichtstrom
- η : Lichtausbeute (lm/W)

$$(I/I_0) = (U/U_0)^{0,6}$$

$$(P/P_0) = (U/U_0)^{1,6}$$

$$(\eta/\eta_0) = (U/U_0)^{1,4}$$

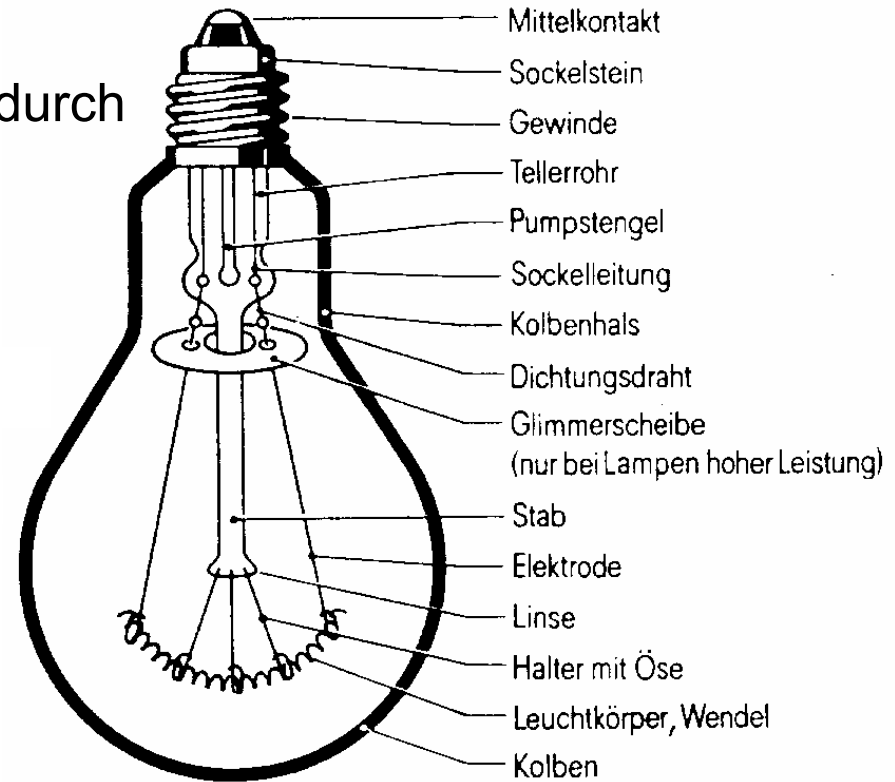
$$(L/L_0) = (U/U_0)^{-14}$$

$$(\Phi/\Phi_0) = (U/U_0)^{3,0} *$$

*) Exponent variiert je Lampenkategorie, Leistung, etc. zwischen 3.0 und 3.8

Glühlampen: Aufbau

- Lichterzeugung durch glühenden Wolframdraht (2800 K)
- Abdampfen der Wolframatome wird verhindert durch:
 - Stickstoff-Argon-Gemisch
- Wärmeverluste werden verringert durch
 - Wendelung
(Wendelung verringert den Wärmeübergang aufgrund von Konvektion)

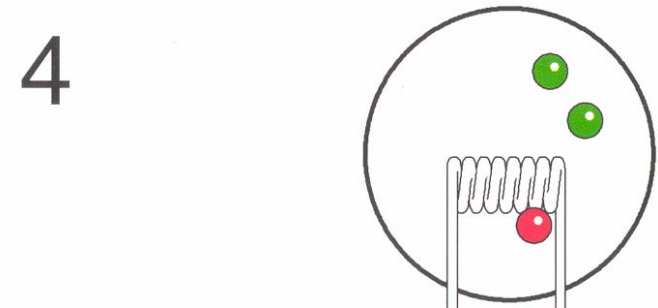
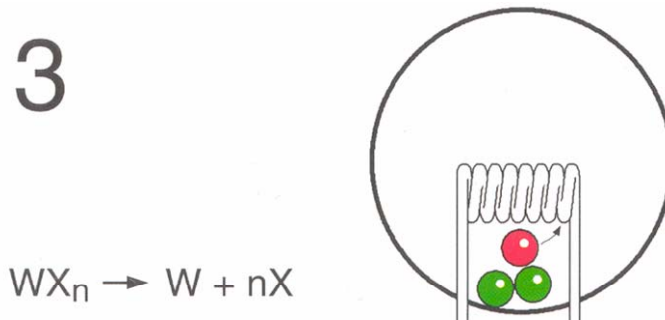
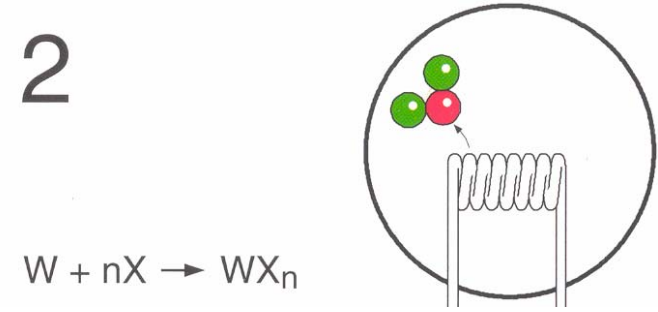
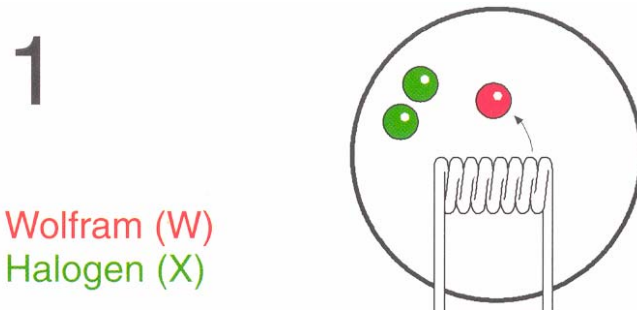


Halogenglühlampen

Halogenkreisprozess

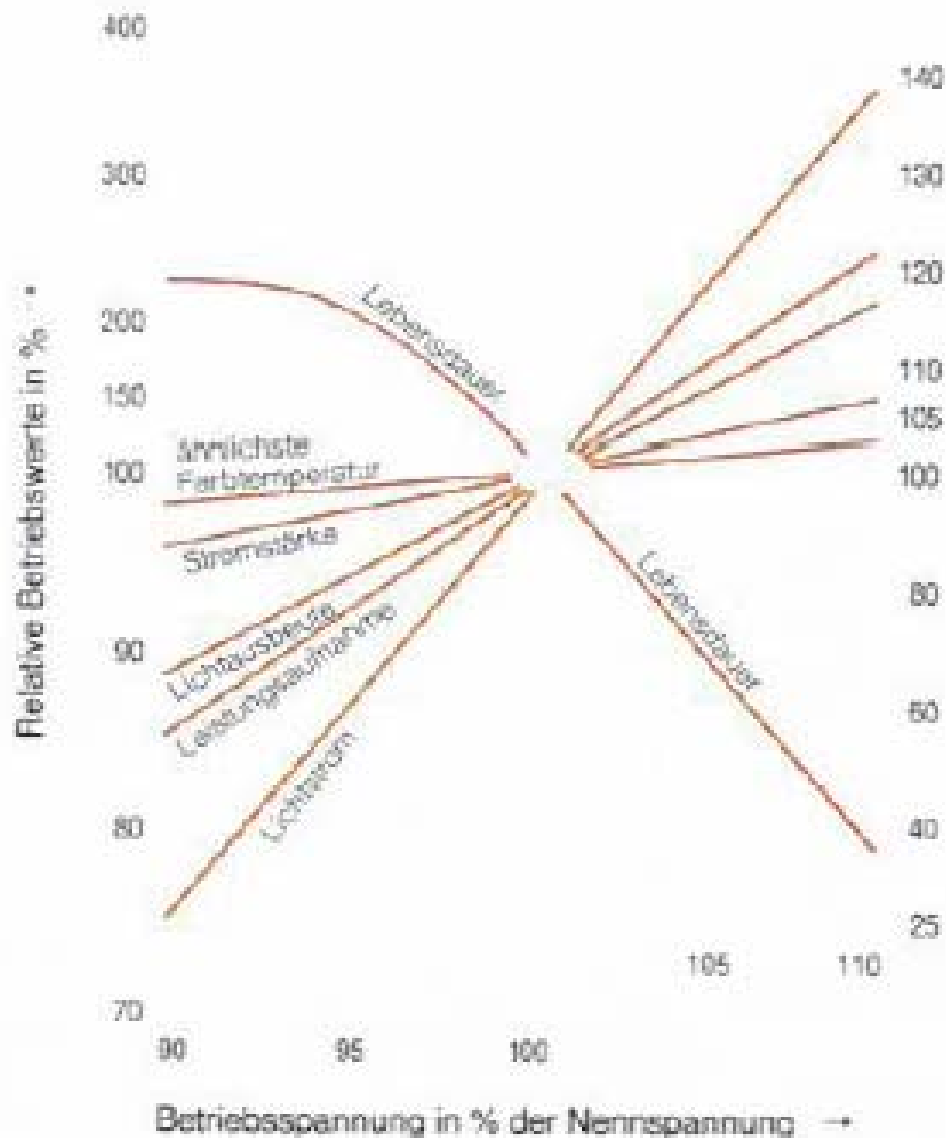
- Längere Lebensdauer
- Höhere Lichtausbeute
- Kleinere Bauform

Wendeltemperatur ca. 3000 K
 Glastemperatur ca. 470 K



Quelle: Handbuch für Beleuchtung

Kennlinien von Halogen-Glühlampen



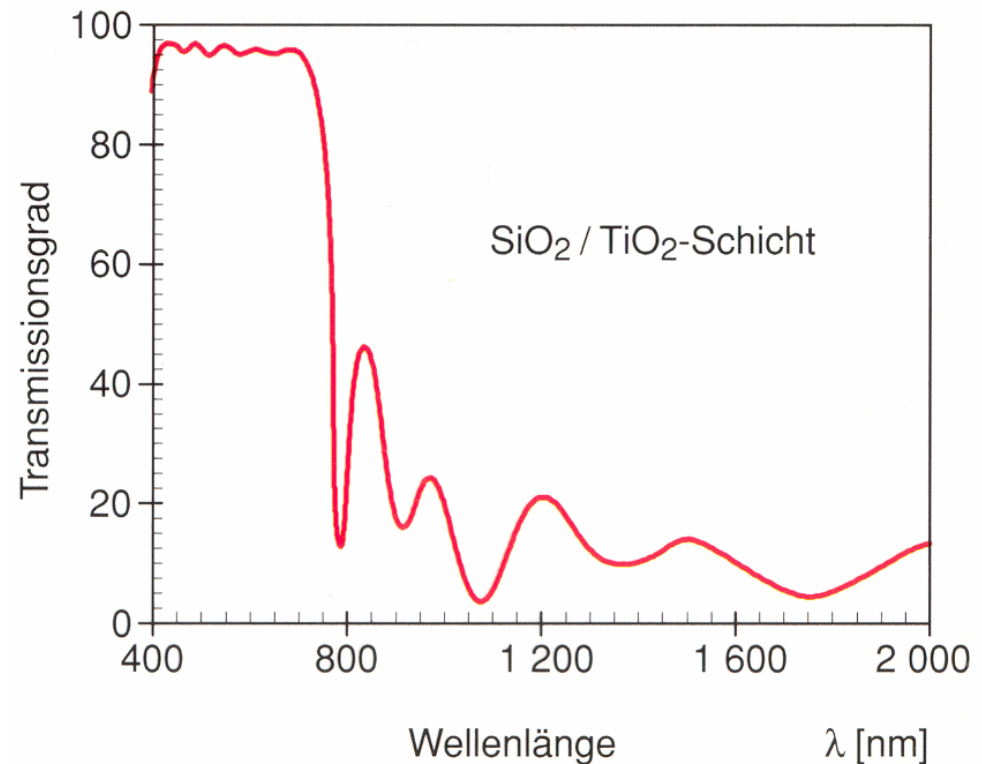
- L** : Lebensdauer
- U** : Elektrische Spannung
- I** : Elektrischer Strom
- P** : Elektrische Leistung
- Φ** : Lichtstrom
- η** : Lichtausbeute (lm/W)

$$\left[\frac{U}{U_0} \right]^{3.15} = \frac{\Phi}{\Phi_0}$$

Halogenglühlampen mit IR-Reflexschicht

IR-Reflexschicht

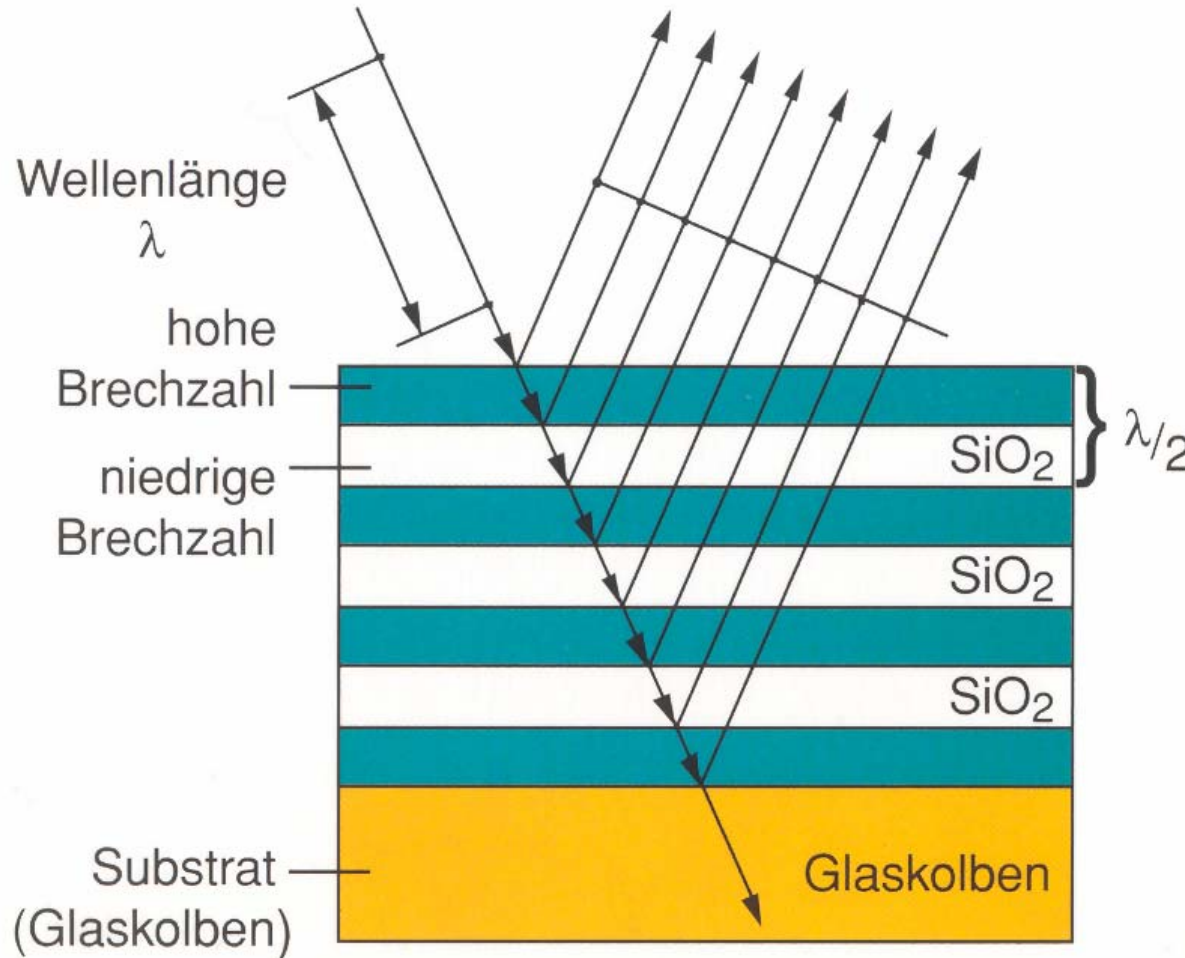
- Höhere Wendeltemperatur
- Geringere Temperaturabstrahlung
- Größerer Wirkungsgrad



Quelle: Handbuch für Beleuchtung

IRC-Halogenglühlampen

IR-Reflexschicht durch $\lambda/2$ -Dünnschichttechnologie realisiert.



DECOSTAR IRC

Dichroitische Reflektorlampe mit IR reflektierender Beschichtung

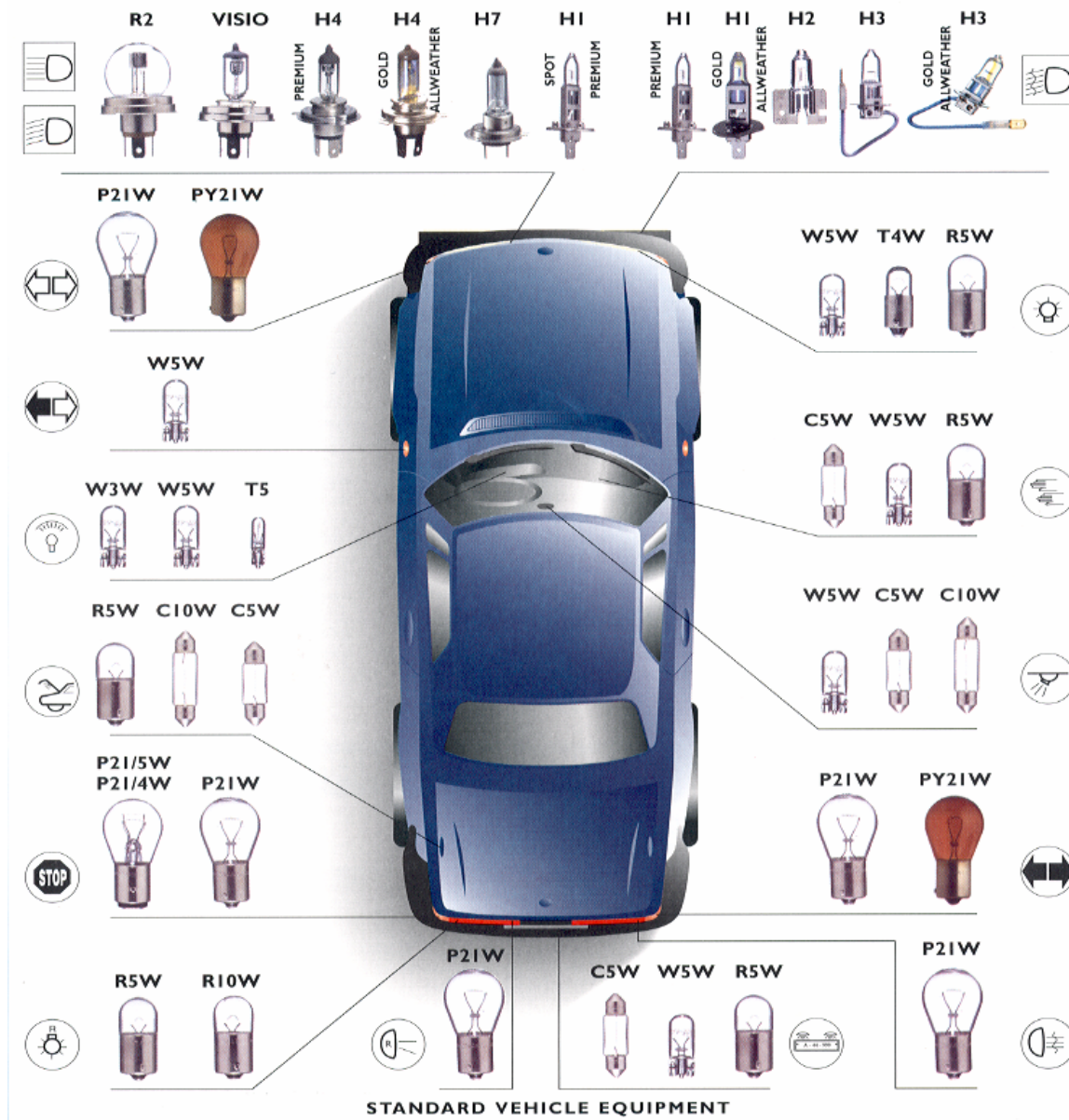


Quelle: Wolfgang Heering, Erzeugung optischer Strahlung

Lampen	Äußere Form	Kolben	Socket	Leistungsstufen W	Lichtstrom lm	Lichtstärke cd	Lichtausbeute lm/W	Lichtfarbe und Stufe der Farbwiedergabeeigenschaften	Mittlere Lebensdauer h
Allgebrauchsglühlampe		klar mattiert	E 27 E 40	25 ... 1000	230 ... 3200 5000 ... 19000	-	9 ... 16 17 ... 19	ww/1	1000
Reflektorlampe PAR		innenverspiegelt	E 27	25 ... 300	-	180 ... 40000	-	ww/1	2000
Hochvolt-Halogen-glühlampe		klar mattiert	E 14 R 7 s E 27 usw.	60 ... 2000 40 ... 250	840 ... 44000 560... 4200	-	14 ... 22 17 ... 17	ww/1	2000
Niedervolt-Halogen-glühlampe mit Reflektor		Alu-Reflektor Glasreflektor	Gu 5,3 Gy 4	10 ... 250	-	600 ... 45000	-	ww/1	2000 ... 4000
Niedervolt-Halogen-glühlampe		klar mattiert	Gy 6,35 G4	5 ... 3200	50 ... 3200	-	10 ... 21	ww/1	2000

Glühlampen-Kategorien und ihre Daten (Allgemeinbeleuchtung);

Quelle B. Weis



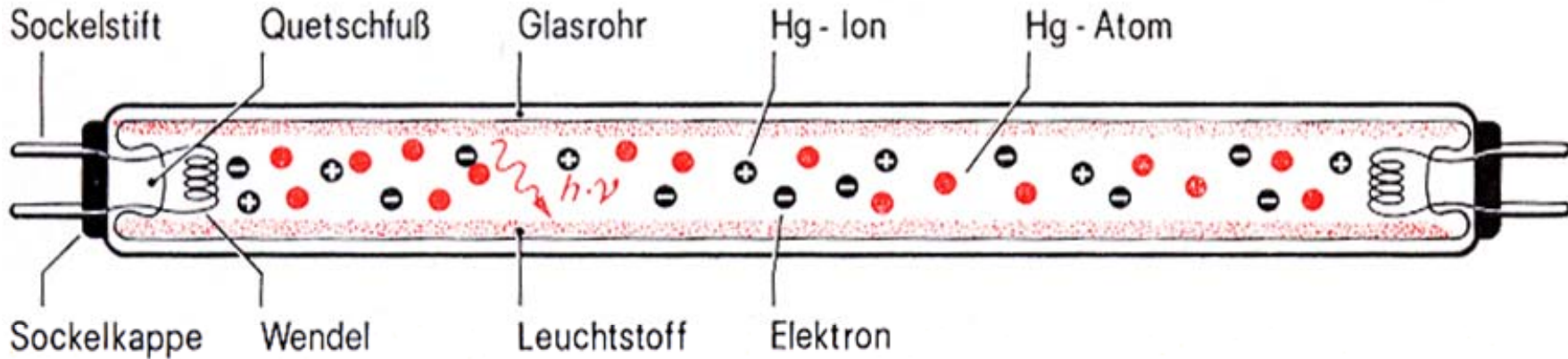
Glühlampen-Kategorien für KFZ - Anwendungen



Glühlampen-Kategorien für Signalleuchten, Befeuerung, etc.

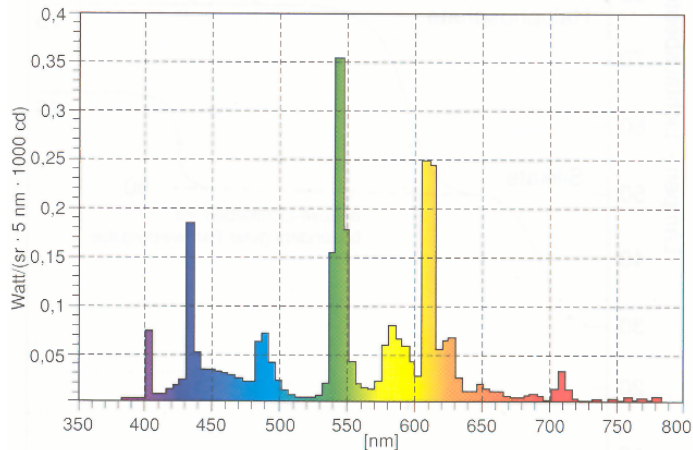
Quelle OSRAM

Niederdruck - Gasentladungslampen



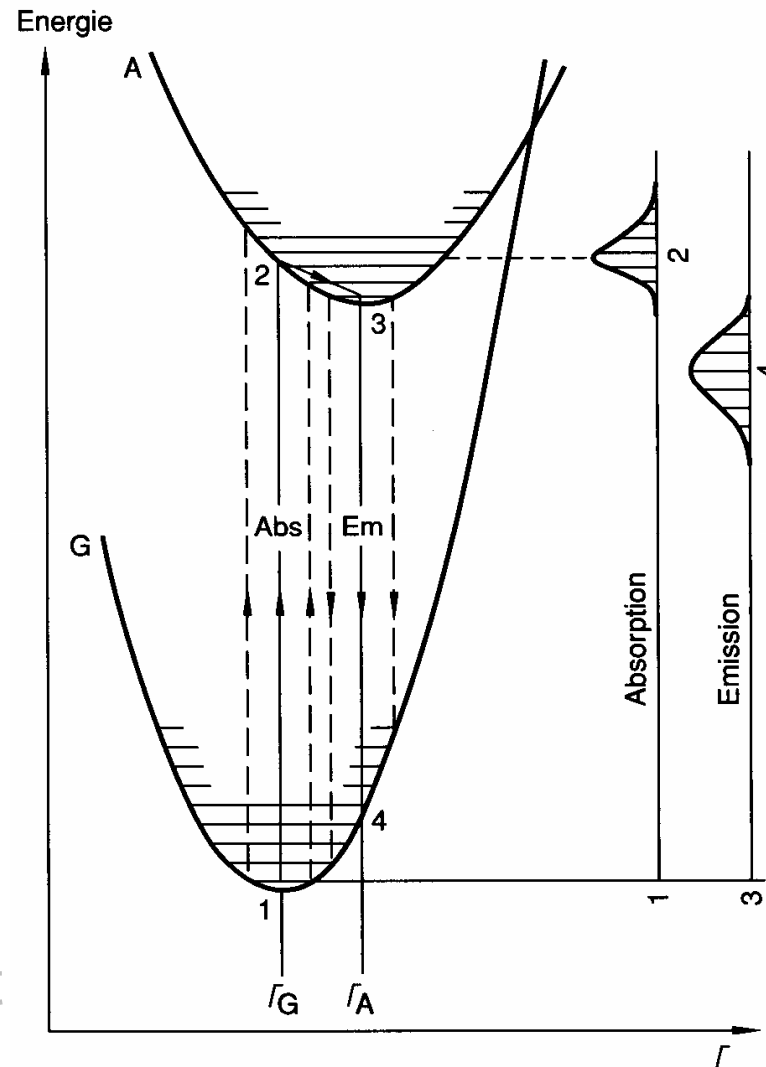
- Anregung von Quecksilber von geringem Druck durch Elektronenstoß
Quecksilber-Niederdruckgasentladung erzeugt UV-Strahlung (185 und 254 nm)
- Leuchtstoffschicht wandelt UV-Strahlung in sichtbares Licht um (Energieverlust ca. 50%)

Leuchtstoffe

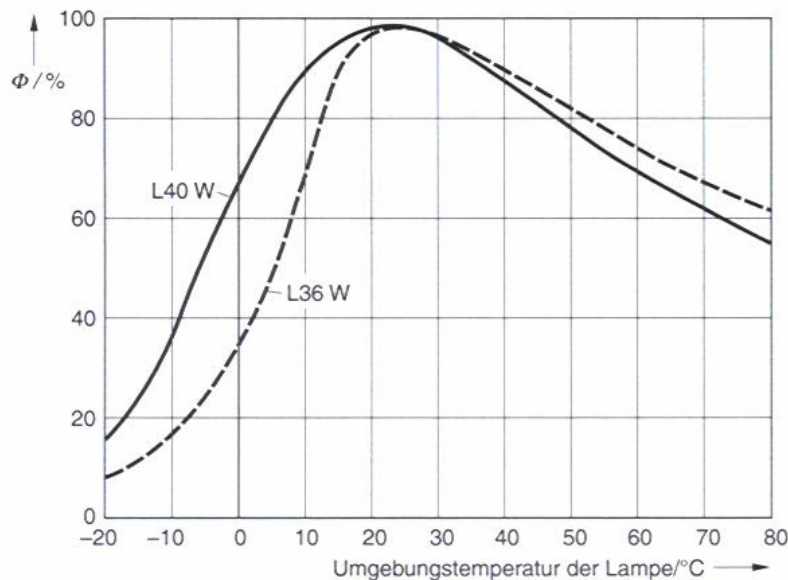


Spektrum einer Dreiband-Niederdruck-Leuchtstofflampe

Umsetzung hochenergetischer UV-Strahlung in sichtbares Licht

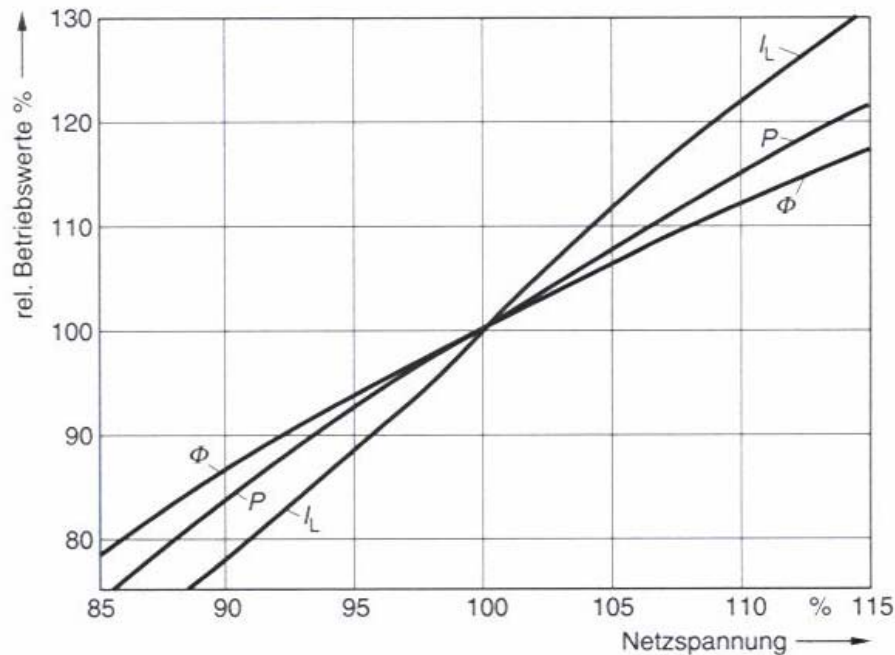


Kennlinien von Quecksilber-Niederdruck-Leuchtstofflampen



Lichtstrom in Abhängigkeit von der Temperatur für L36W und L 40W

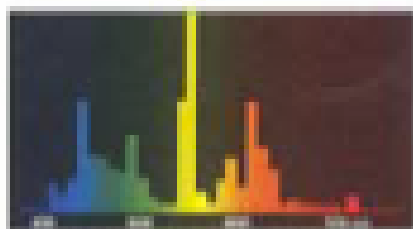
Einfluss von Netzspannungsänderungen auf den Lichtstrom, die Lampenleistung und den Lampenstrom



Quelle: B. Weis

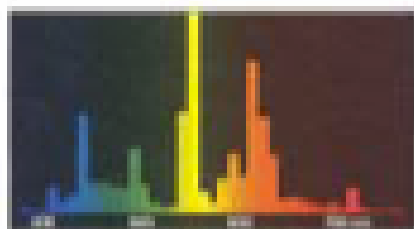
Leuchtstofflampen

12
Tageslichterles



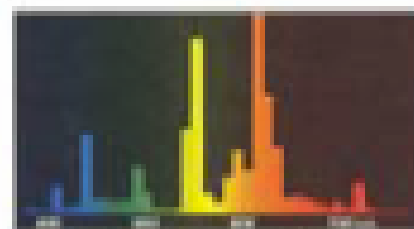
Lichtfarbe 11 LUMILUX® Tageslicht

120
neutralweißes

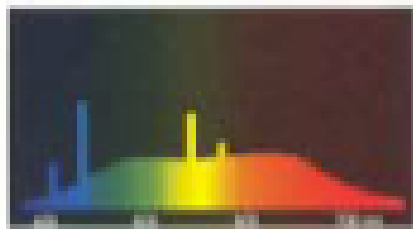


Lichtfarbe 21 LUMILUX® Weiss

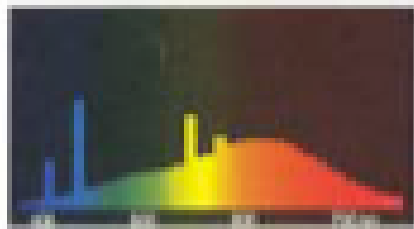
120
warmweißes



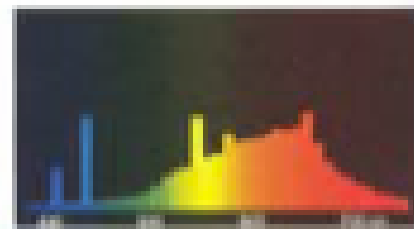
Lichtfarbe 31 LUMILUX® warmton



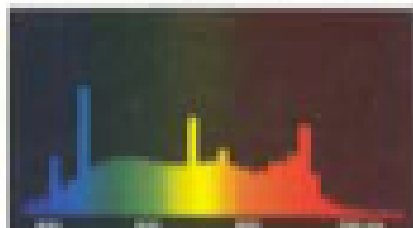
Lichtfarbe 18 Daylight 5000 de Luxe



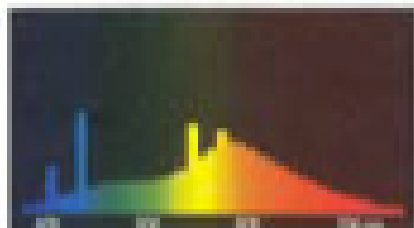
Lichtfarbe 22 Weiss de Luxe



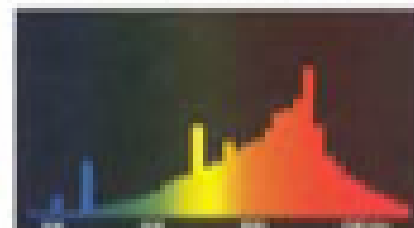
Lichtfarbe 22 warmton de Luxe



Lichtfarbe 15 Tageslicht de Luxe

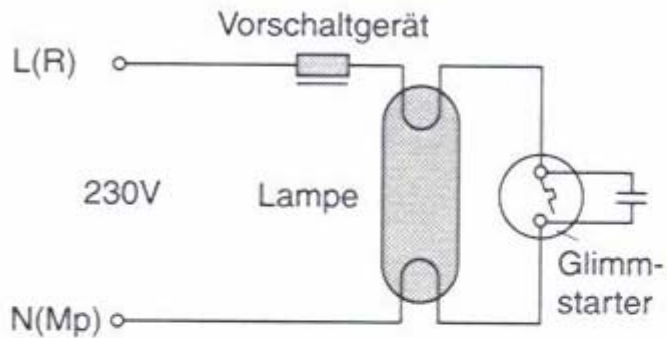


Lichtfarbe 25 Universal-Weiss

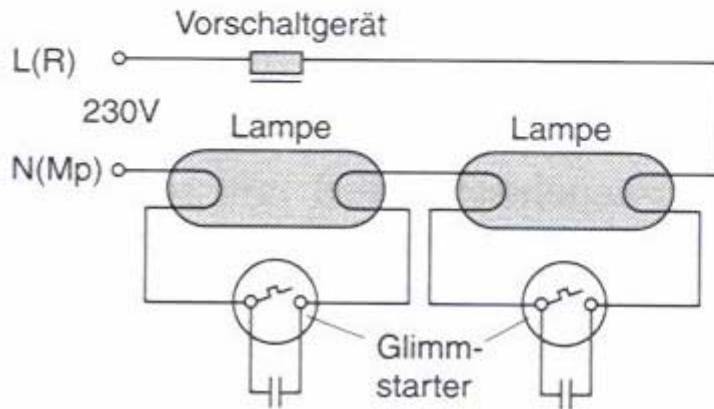


Lichtfarbe 08 INTERNA

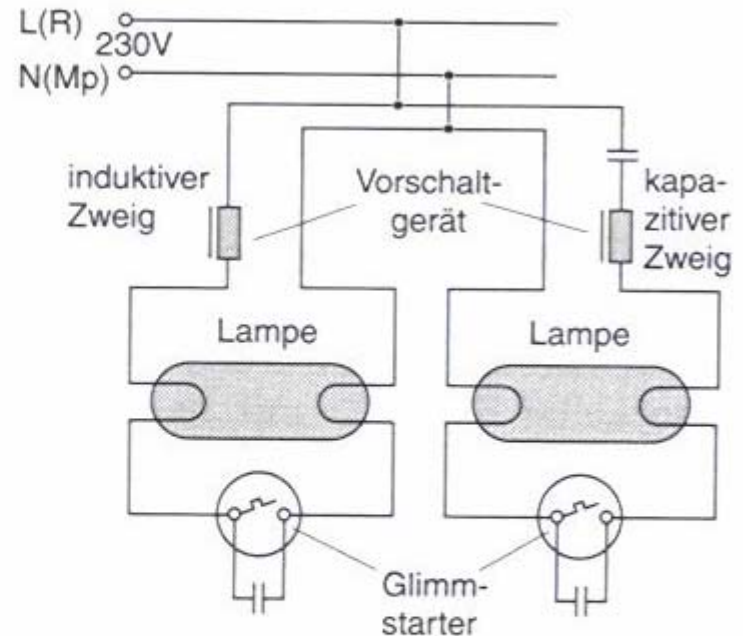
Einzelschaltung



Tandemschaltung

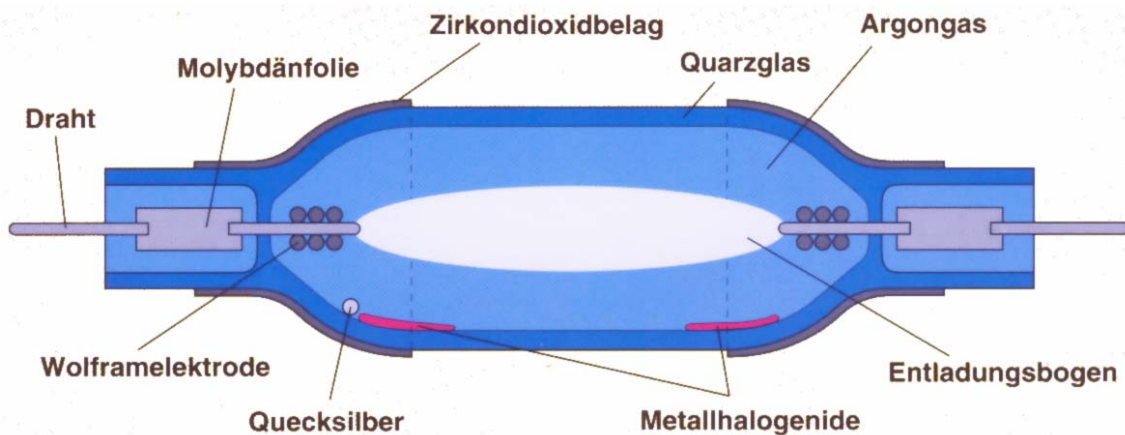
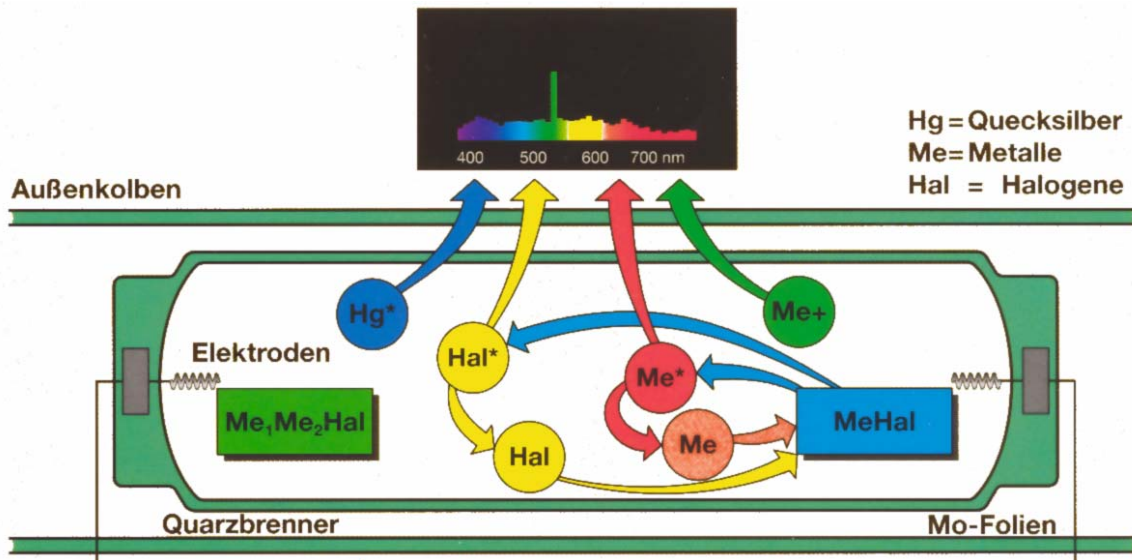


Duo-Schaltung

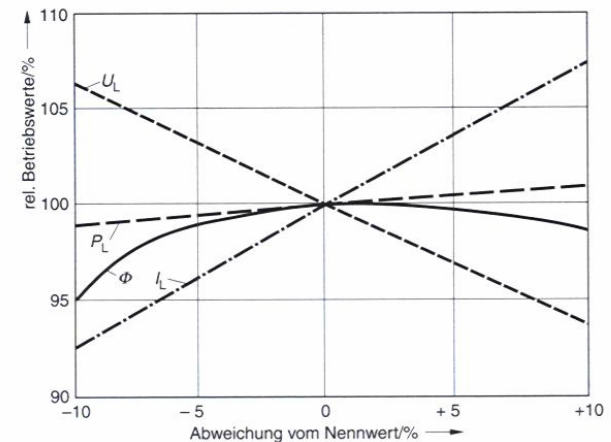
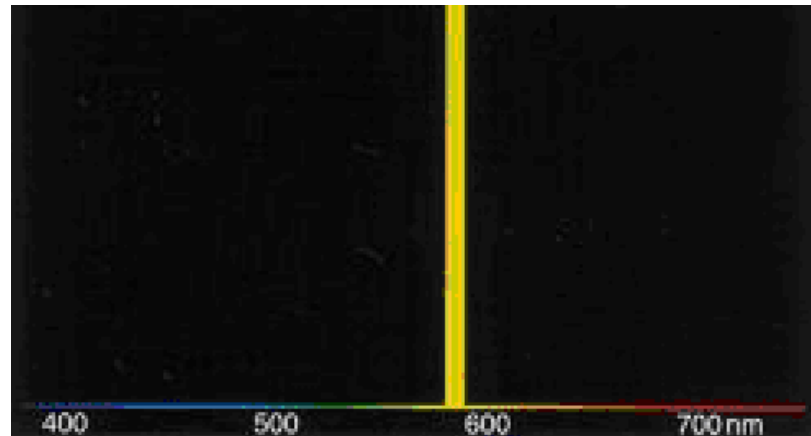
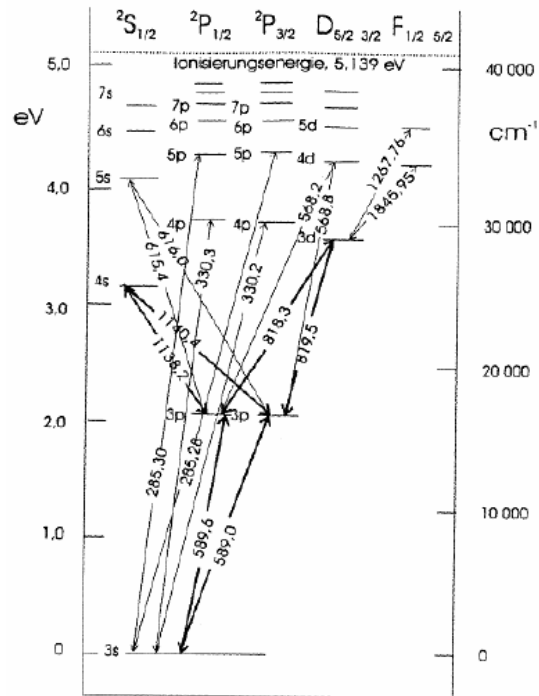


Quelle: B. Weis

Hochdruck-Entladungslampen



Natrium-Niederdruck



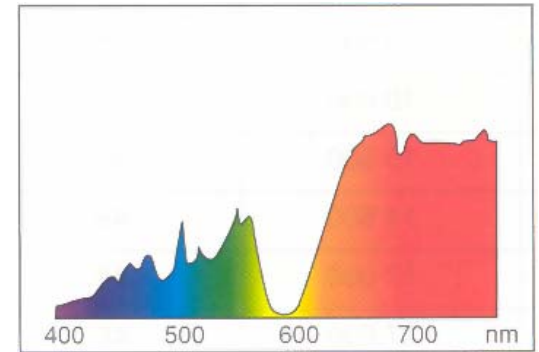
Die Vorteile der Natriumdampf-Niederdrucklampe sind:

- extrem hohe Lichtausbeute (bis 200 lm/W),
- Wiedorzündung möglich (Wiedorzündzeit ohne spezielle Zündgeräte ~ 2 Minuten),
- gute Durchdringung des Lichts bei Nebel,

Nachteile:

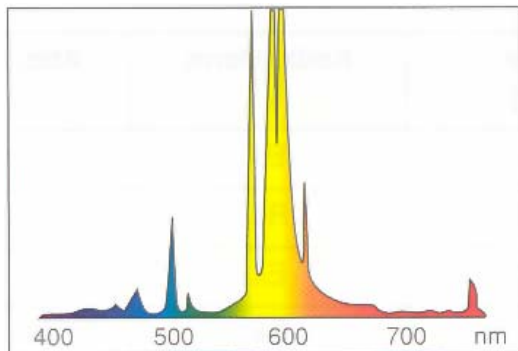
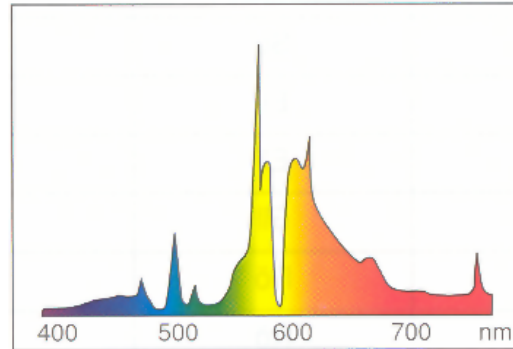
- keine Farberkennung möglich.

Einfluss des Gasdruckes



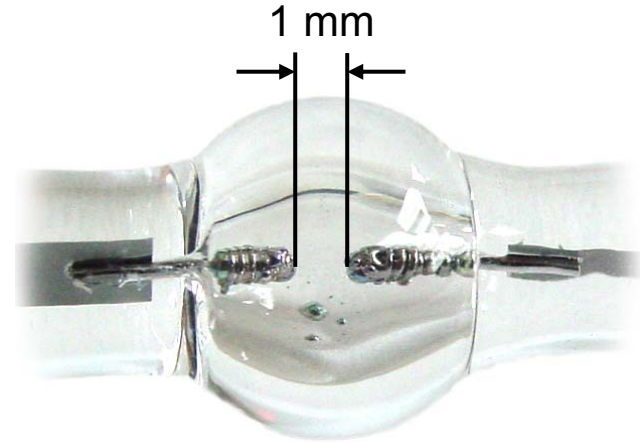
Linienumkehr durch Reabsorption

Am Beispiel der Natrium-Hochdrucklampe



Zunehmender Druck

Gasentladungslampen: Hochdrucklampe im „Beamer“

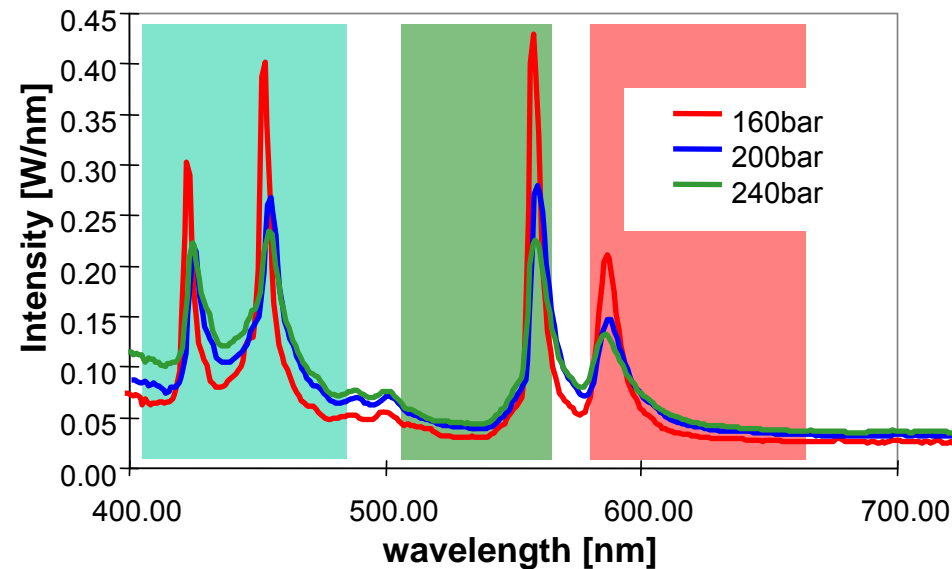


Philips UHP-Lampe, 100W, 90Hz
Hg, 200bar

enthält Hg-
Höchstdruck-
lampe



Quelle: Pavel Pekarski, UHP Lamps for Projection Systems,
ICPIG 2003 Greifswald



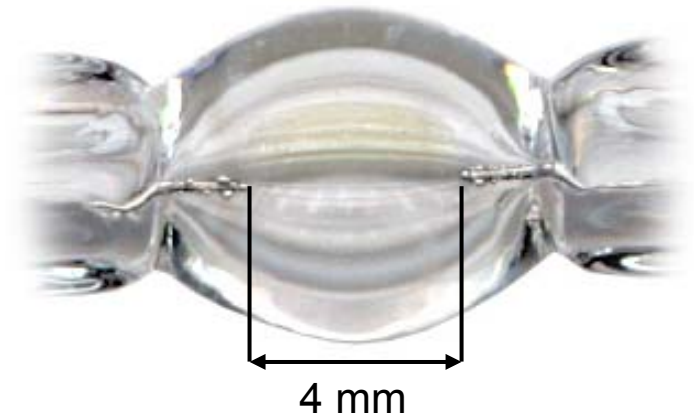
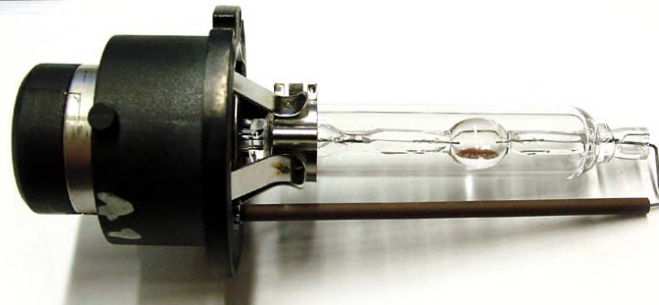
Gasentladungslampen: Hochdrucklampe im „Xenon“-Scheinwerfer

D2-Lampe („Xenon“ Lampe):

50 bar Xenon (7 bar Kaltfülldruck)

20 bar Quecksilber

<1 bar NaI, ScI_3



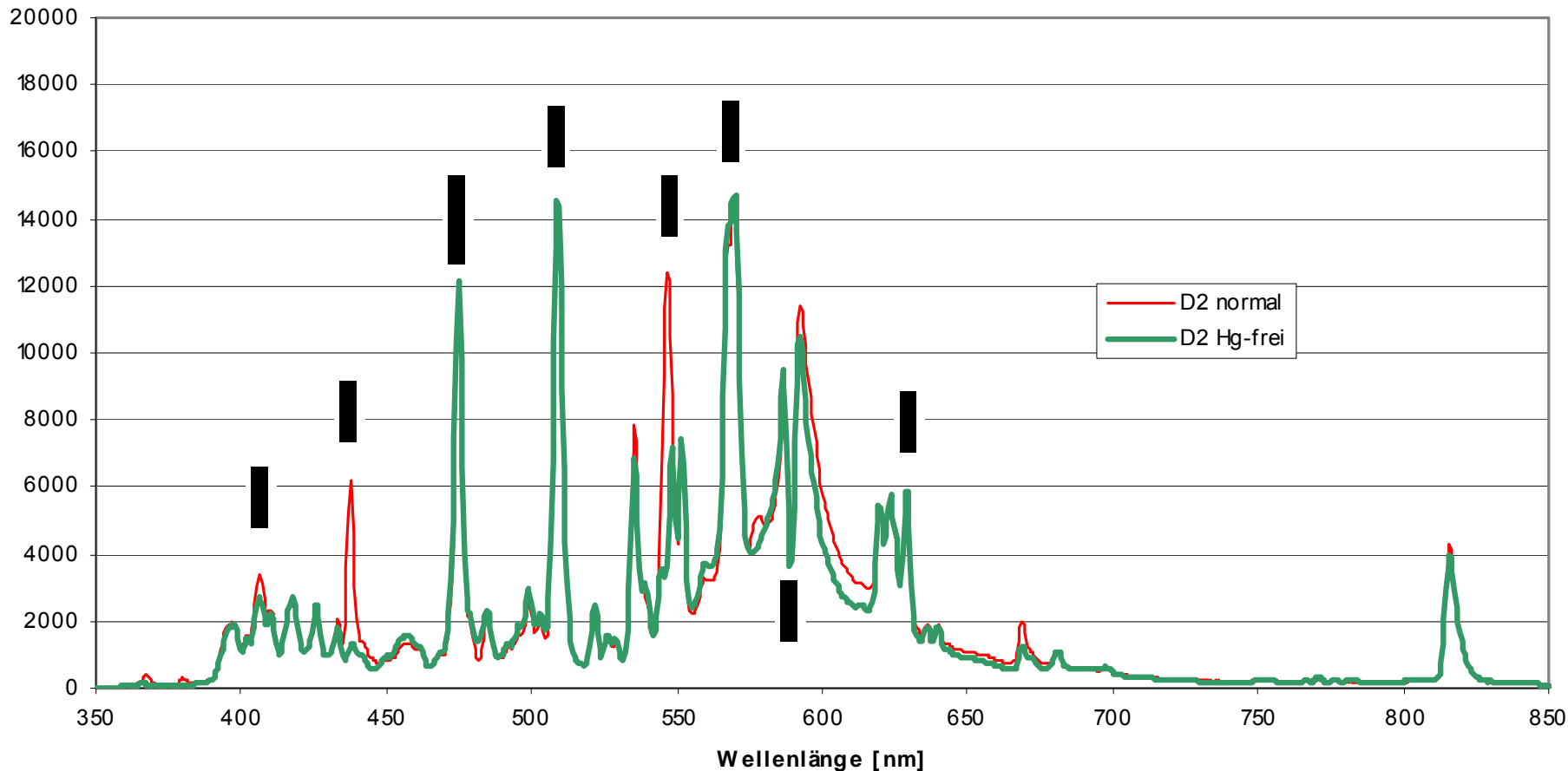
Technische Daten:

Strom: 0.4 A, 400 Hz Rechteck

Leistung: 35 Watt (85 V)

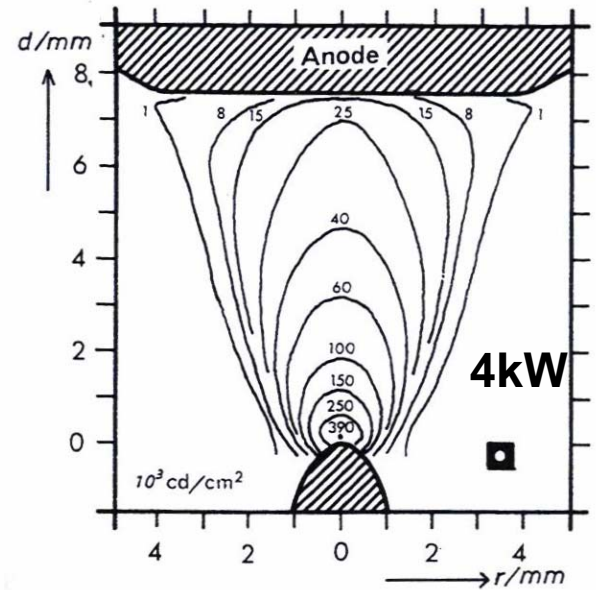
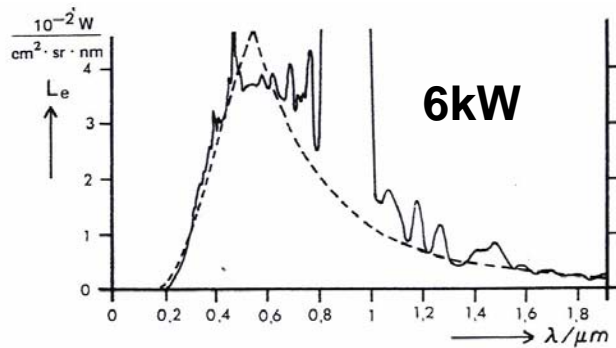
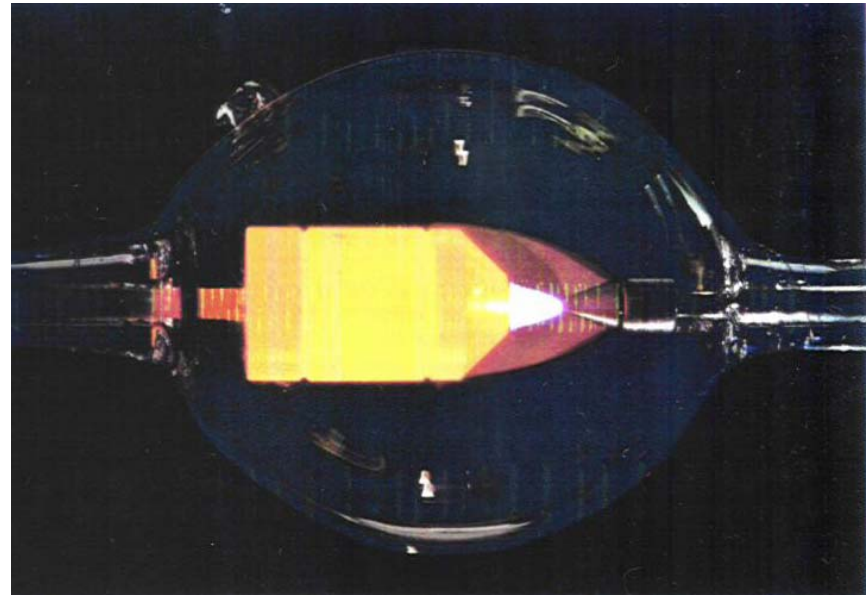
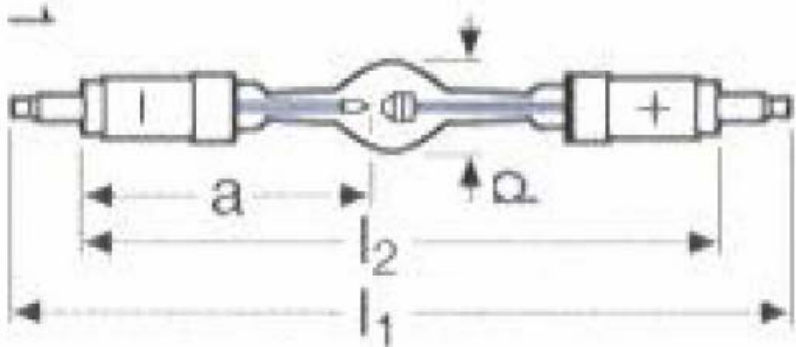
Lichtstrom: 3200 lm (Start: 400 lm)

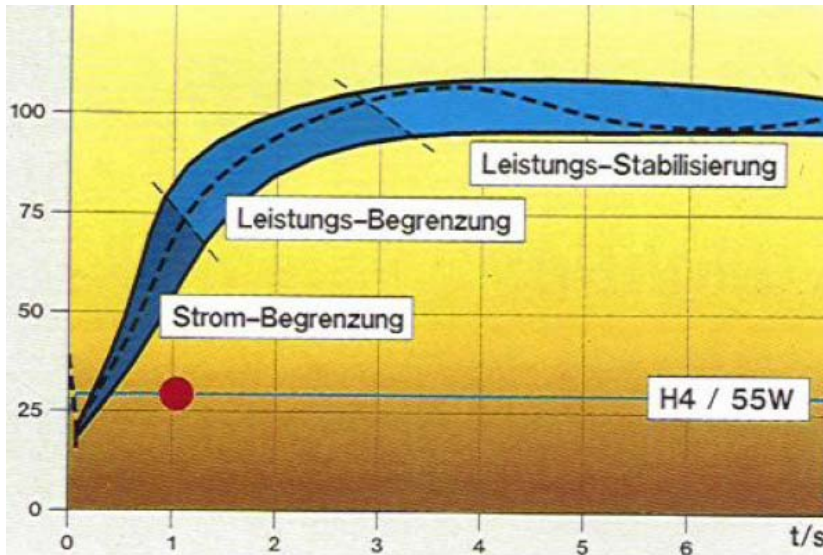
Vergleich D2 normal / D4 Hg-frei im stationären Betrieb



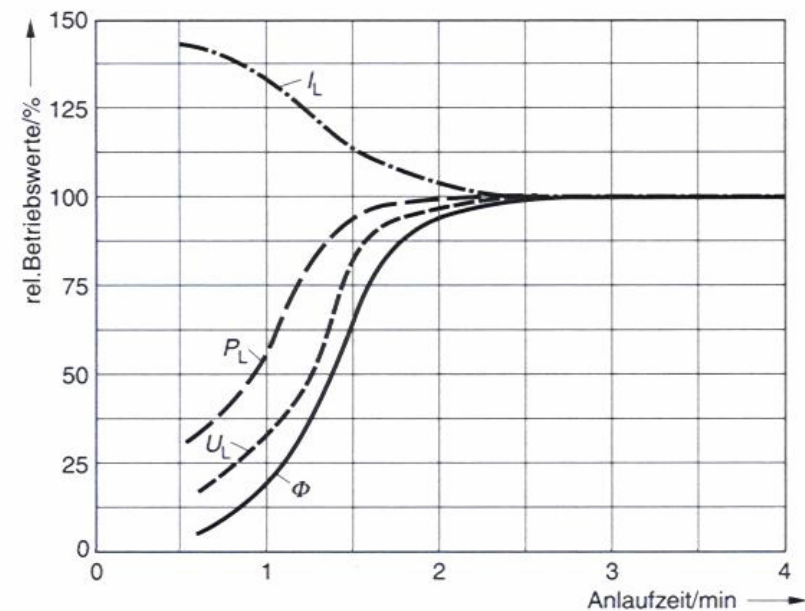
Aktuelles Thema "Quecksilberfreiheit"

Höchstdrucklampe mit Xenon, die Xenon-Kurzbogenlampe





Anlaufverhalten unterschiedlicher Halogen-Metaldampf-Lampen



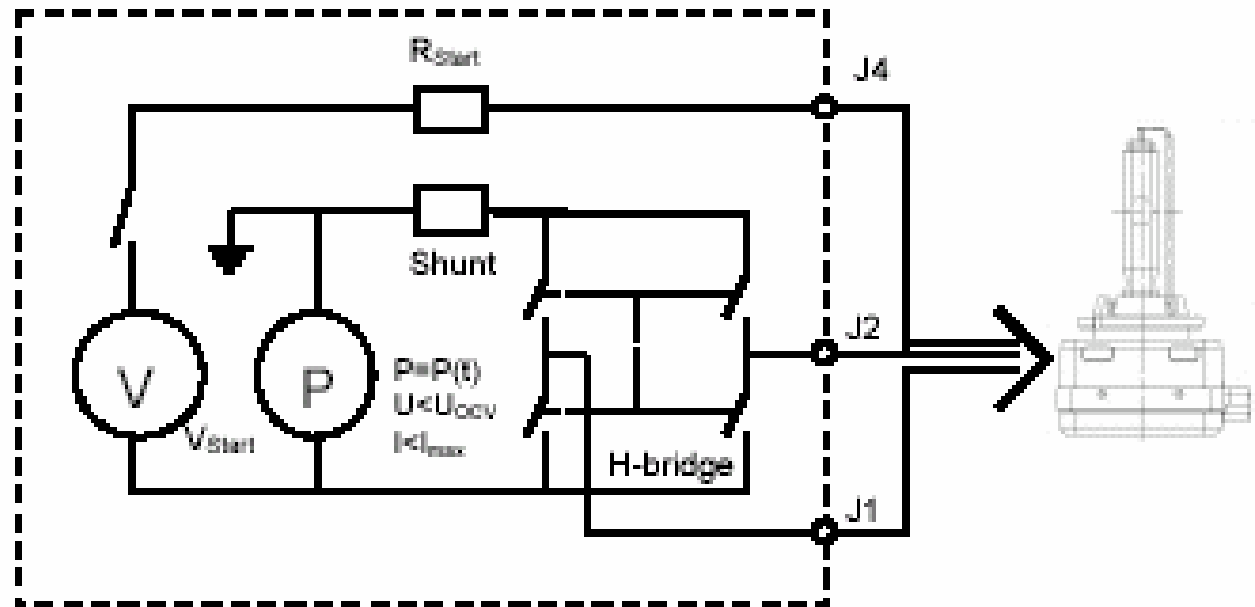
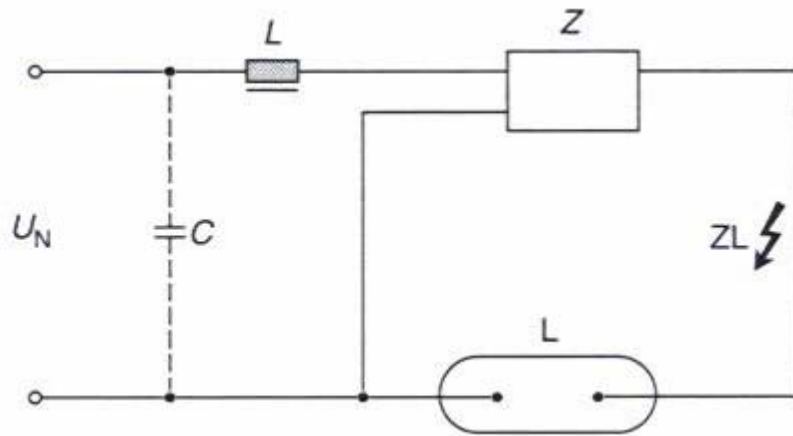
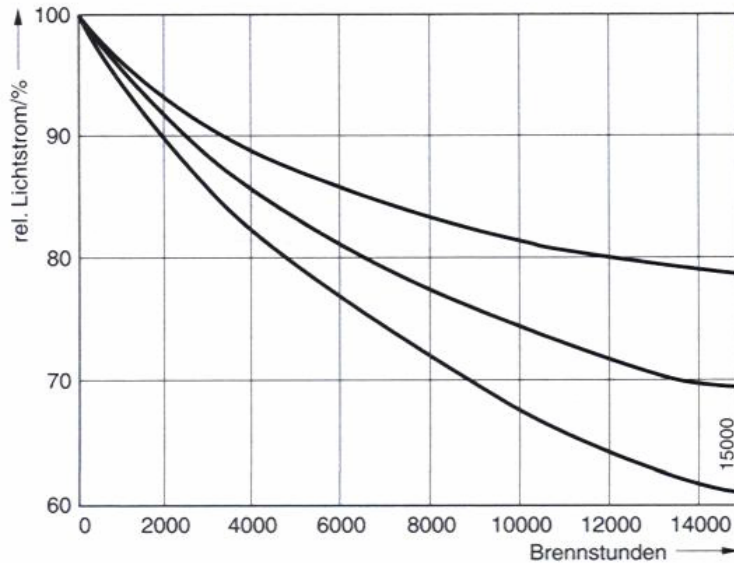


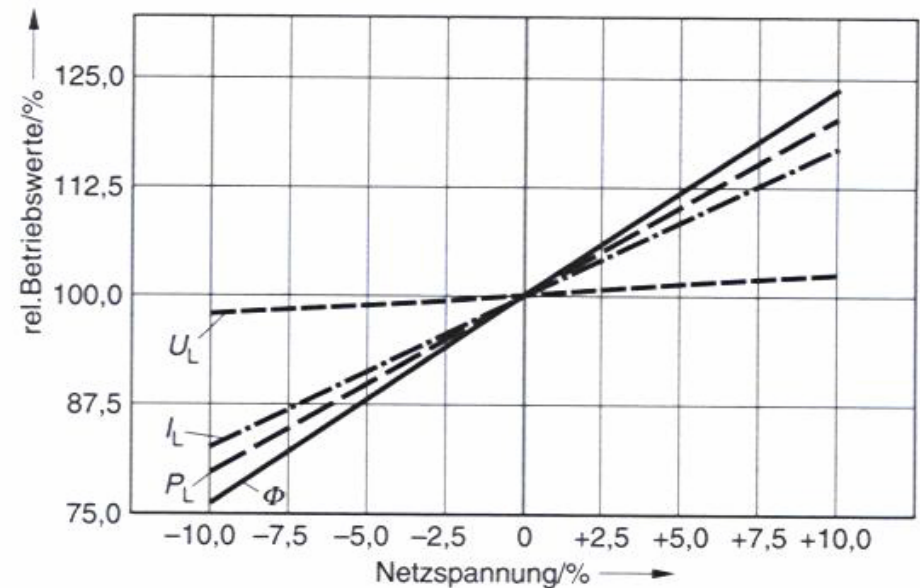
Diagram 8: Simplified Ballast Schematic

Kennlinien von Quecksilber-Hochdruck-Lampen

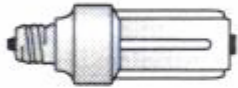
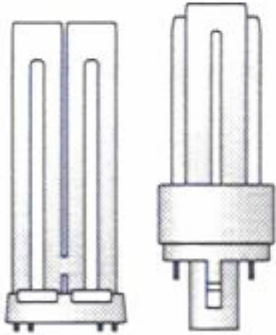


Abnahme des Lichtstroms über der Betriebszeit

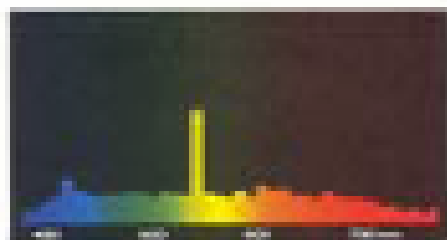
Einfluss von Netzspannungsänderungen auf den Lichtstrom, die Lampenleistung und den Lampenstrom



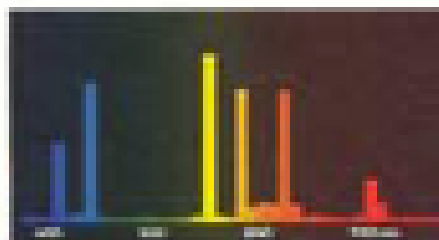
Kompaktleuchtstofflampen

Kompaktlampen	Form	Sockel	Leistungsstufen	Lichtstrom	Lichtausbeute	Lichtfarbe und Stufe der Farbwiedergabeeigenschaften	Mittlere Lebensdauer	Anlaufzeit
			W	lm	lm/W			h
mit eingebautem Vorschaltgerät		E 27	9 ... 25	375 ... 1200	41 .. 48	ww/1	5000	2
		E 27	7 ... 32	400 ... 2000	58 ... 63	ww/1	8000	1
ohne eingebautes Vorschaltgerät		G 23	5 ... 11	250 ... 900	28 ... 60	ww/1	8000	1
		2 G 7	5 ... 26	250 ... 1800	42 ... 50	ww/1	8000	1
		GR 10q	16 ... 28	1050 ... 2050	50 ... 57	ww/1	8000	1
		2G 11	18 ... 55	1200 ... 4800	40 ... 79 (EVG)	nw/1 ww/1	800 (10000 am EVG)	1

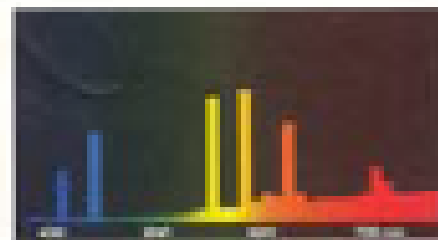
Entladungslampen



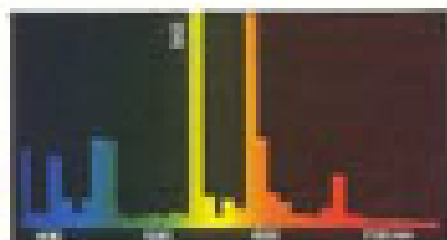
POWER STARS HQE... JD



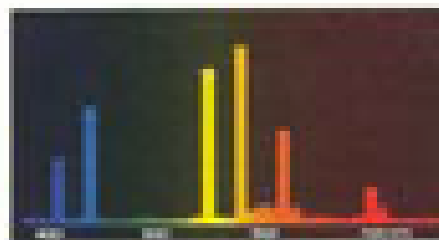
HQE DE LUXE



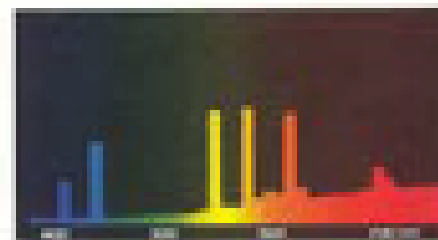
HQE



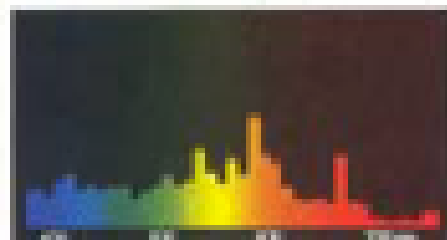
POWER STARS HQE... JN



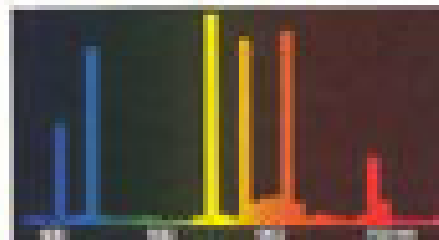
HQE



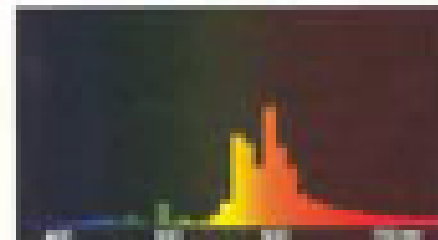
HQE DE LUXE



POWER STARS HQE... JNE

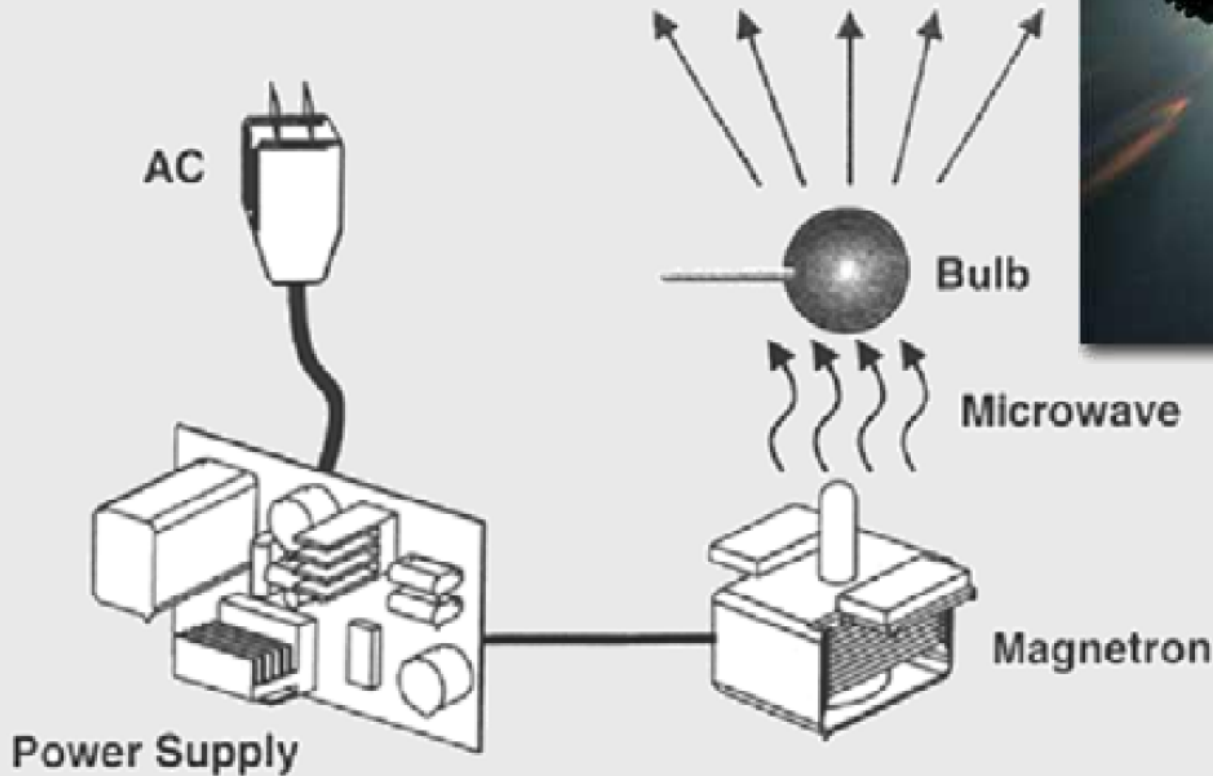


HQE DE LUXE



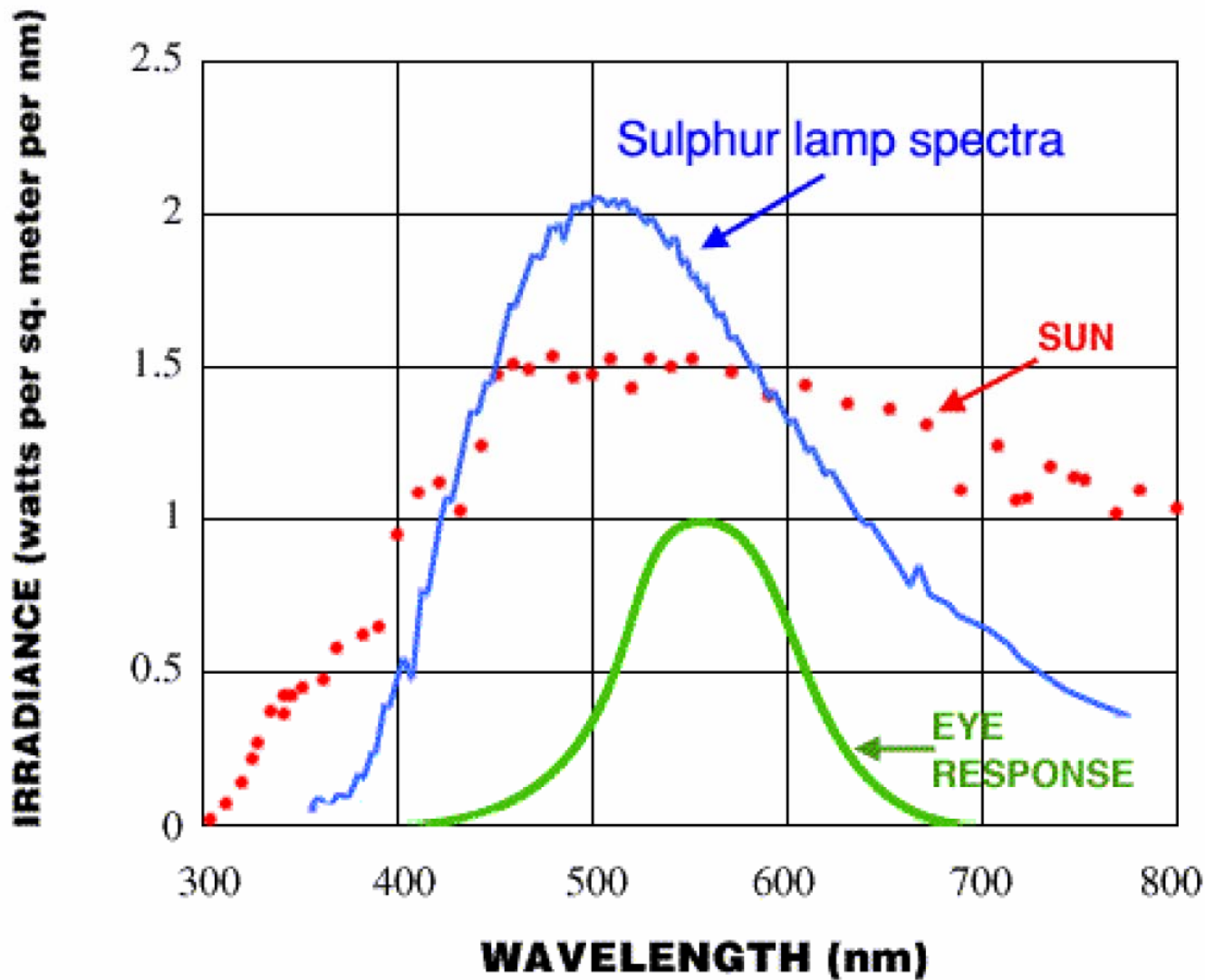
VALOR® HQE

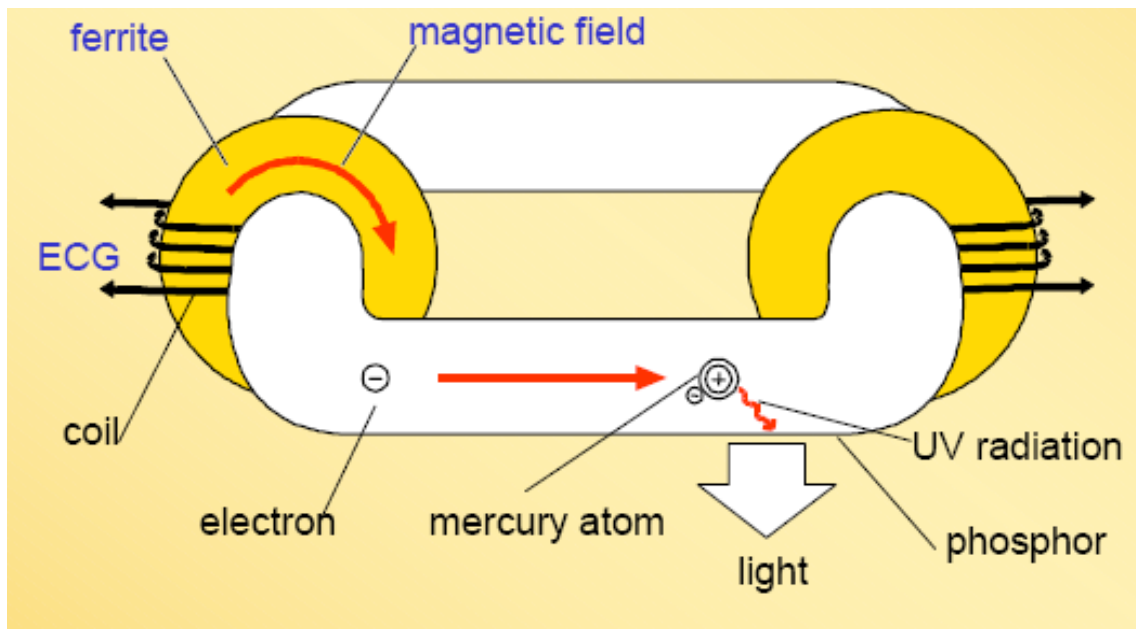
Prinzip der Schwefellampe



relativiert sich in der Praxis zu 90lm/W

im National Air and Space Museum Washington eingesetzt
 60.000 h Lebensdauer (Magnetron 20.000 h)
 135.000 Lumen für 1.000 W-Lampe



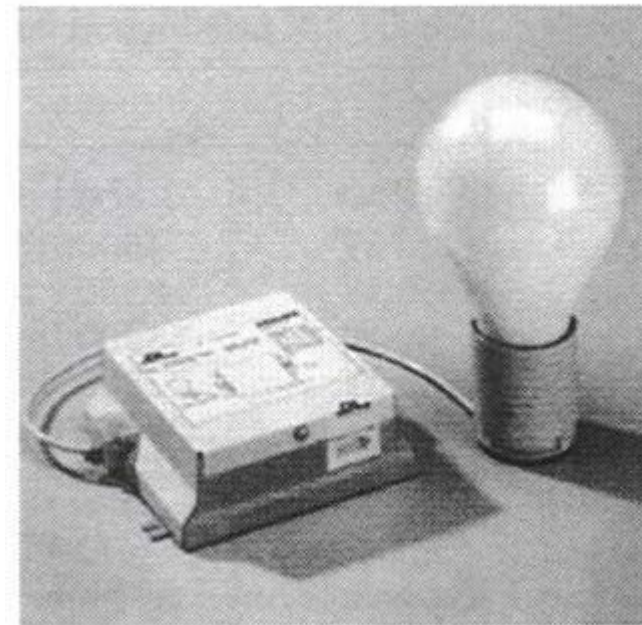


Elektrodenlosen
Lampen
bzw.
Induktionslampen
bzw. dielektrisch
behinderte Entladung

Die Lampe wirkt wie die Sekundärwicklung eines Transformators, d.h. das rindförmige Plasma wird von dem HF – Strom durch die Drahtwicklungen zweier toroidaler Ferritkerne um die Lampe gespeist.

Die Vorteile der Induktionslampe sind:

- lange Lebensdauer (über 60000 Stunden), da weder Glühwendel noch Elektroden vorhanden sind. Die Lebensdauer wird hauptsächlich durch die Elektronik vorgegeben.
- flackerfreier Sofortstart in weniger als 0,1 Sekunden (für Notbeleuchtung geeignet),
- sofortige Wiederzündung mit beinahe voller Leistung,
- unempfindlich gegen Spannungsschwankungen; geeignet für Gleichspannung,
- konstanter Lichtstrom über einen weiten Temperaturbereich,
- geeignet für tiefe Temperaturen und Außenbereiche.



Planon

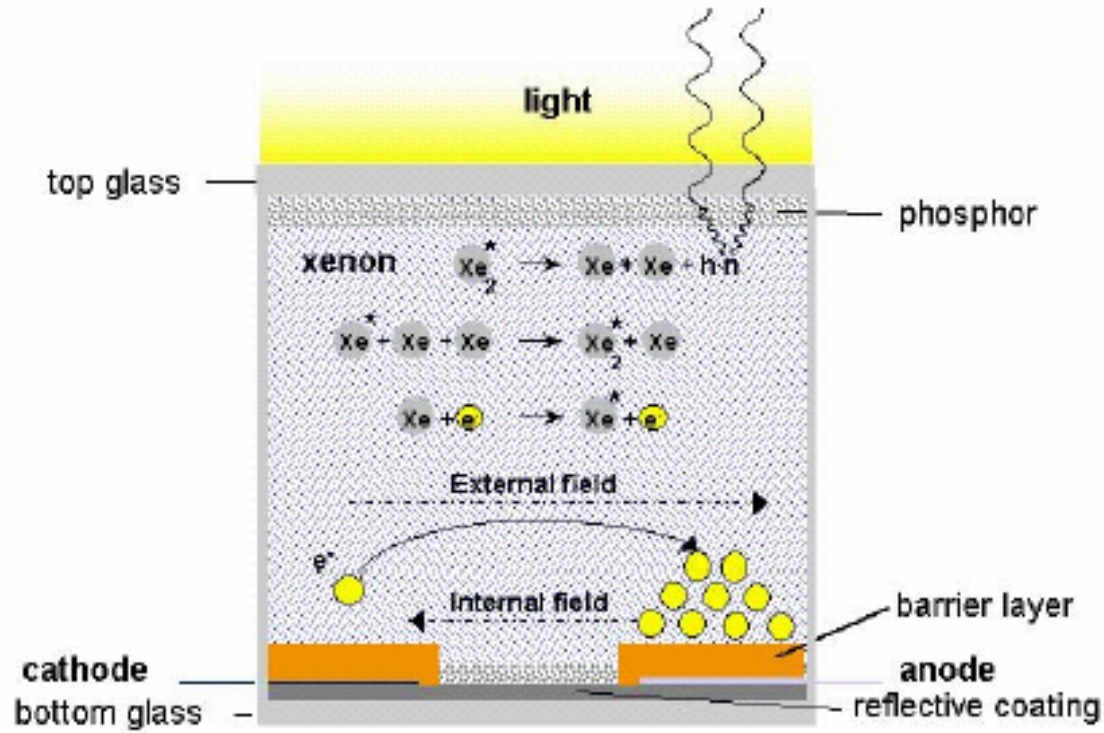


Figure 1 : Schematic view of the xenon barrier discharge

PLANON, a mercury-free flat panel light source, with high potential for automotive applications.

M. Fiegler, R. Lecheler, K. Ziemssen: OSRAM GmbH, Germany

© PAL 2001 Symposium, Darmstadt University of Technology

Excimer-Wellenlängen und Strahlungswirkungsgrade

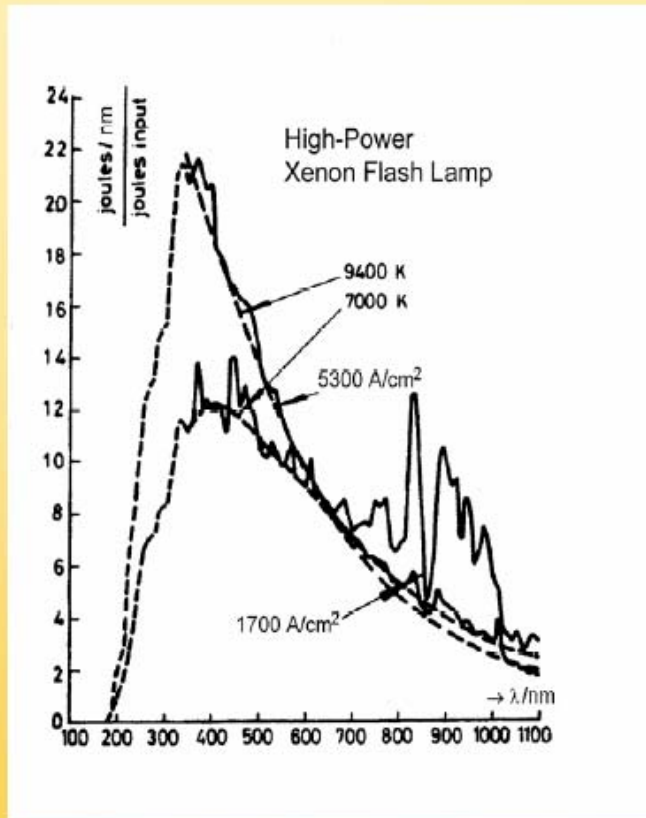
according to F. Altena

Bei Sinusbetrieb:

	F	Cl	Br	I	Pure Noble Gas:
Ar	> 10 % 193 nm	ca. 5 % 175 nm	< 0.1 % 161 nm		Ar* ₂ : ~10% 126 nm
Kr	> 10 % 248 nm	18 % 222 nm	ca. 5 % 207 nm	< 0.1 % 185 nm	Kr* ₂ : ~15% 146 nm
Xe	> 10 % 351 nm	14 % 308 nm	15 % 282 nm	ca. 5 % 253 nm	Xe* ₂ : 30 % 172 nm

Quelle: Wolfgang Heering, Erzeugung optischer Strahlung

Gepulste Xenon-Hochdrucklampen

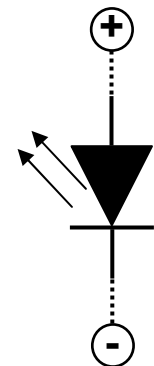
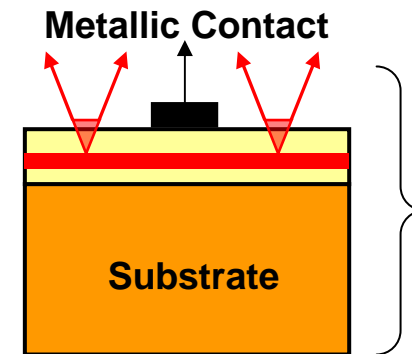
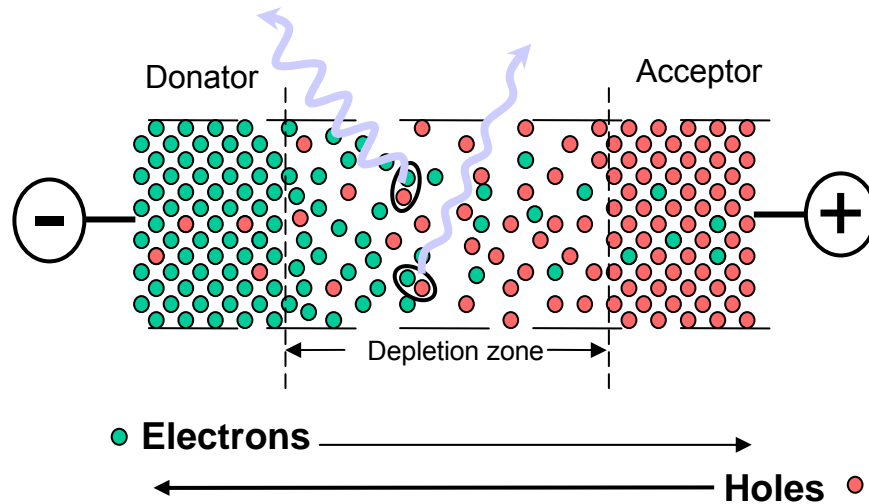


- Blitzlampenstrahlungsleistung, vor allem ein Rekombinationkontinuum, im UV, VIS and IR extrem hoch, aber nur transient
- Lineare und kreisförmige Röhren bis zu 500 mm lang, gefüllt mit Xenon, $p = 100 \text{ mbar} - 2 \text{ bar}$
- Pulsenergien: 1 – 500 J
 Pulsbreite: 10 – 500 μsec
 Pulsrate: 3 – 120 /sec
 Spitzenleistung < 1 MW
 Entladungsspannung: 500 V – 5 kV

- Lebensdauer: $10^6 - 10^8$ Pulse

Quelle: Wolfgang Heering, Erzeugung optischer Strahlung

Leuchtdioden



- Electrons recombine with “holes”
- Some of these recombinations emit light.

Leuchtdioden

Vorteile:

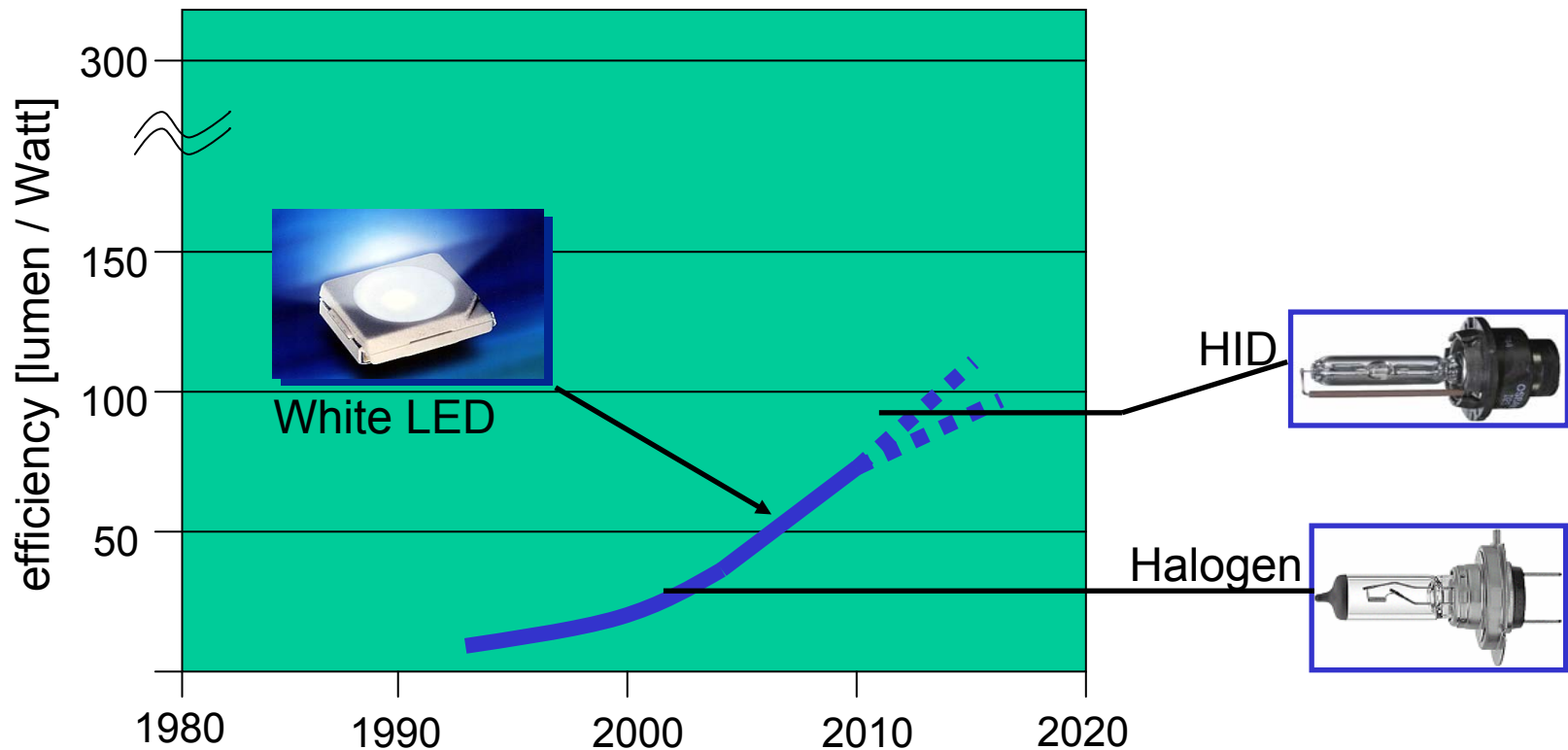
- Geringe Größe der Lichtquelle
- Hohe Stossfestigkeit
- Lange Lebensdauer
- Hoher Wirkungsgrad der Lichterzeugung
- Hoher Wirkungsgrad des Gesamtsystems für Signallichter
- Kurze Ansprechzeiten
- Modern, neueste Technologie
- Keine UV- oder IR-Strahlung

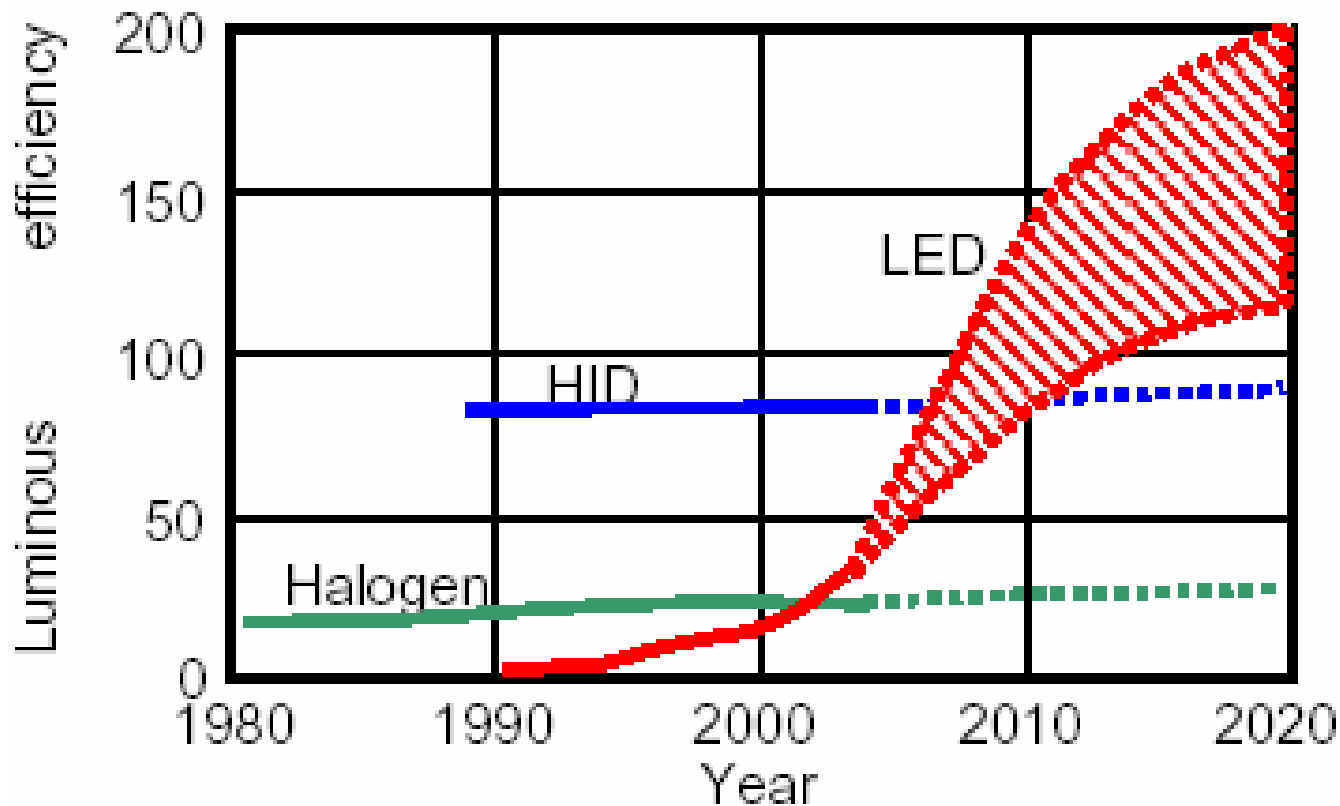
Nachteile:

- Temperaturabhängigkeit des Lichtstromes
- Temperaturabhängigkeit der Farbe
- Konzentrierte Wärmeabgabe
- Hoher Preis

Mit zunehmender Temperatur nimmt der Lichtstrom ab

Was macht die LED jetzt so interessant?



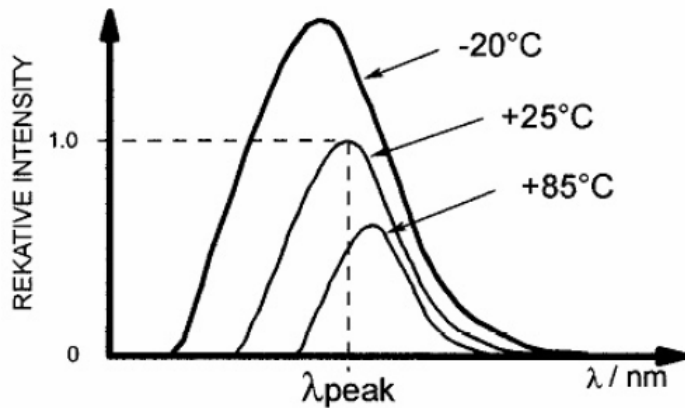
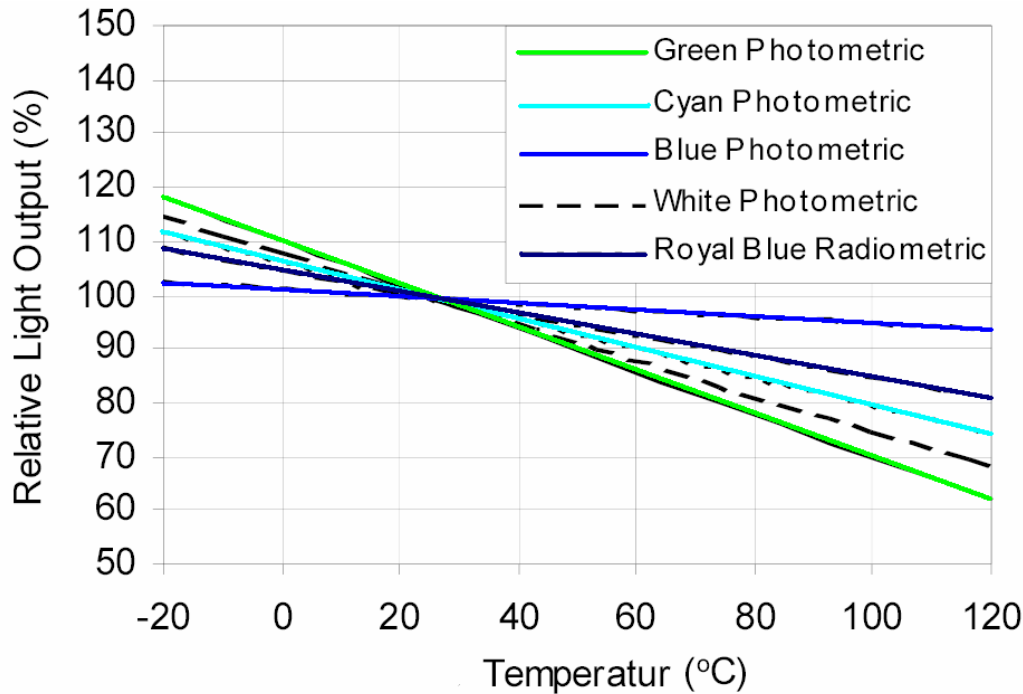


Luminous efficiency of white light source for headlamps

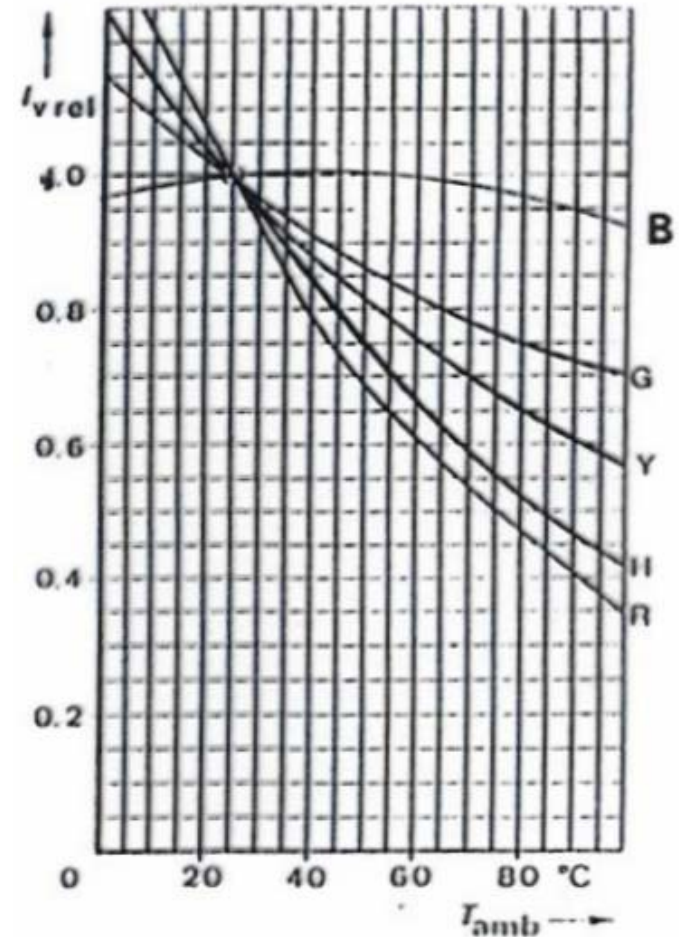
Quelle

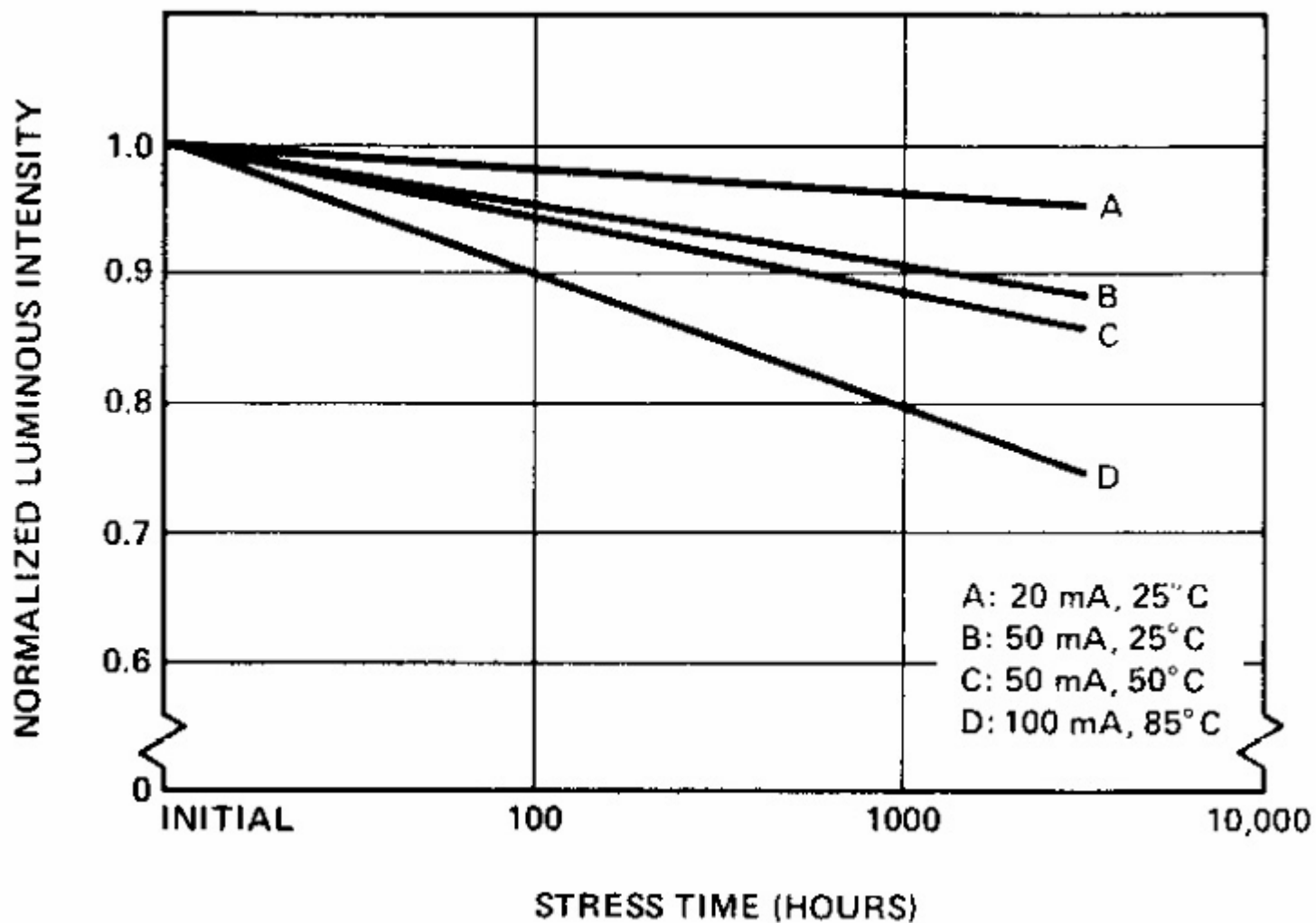


Temperaturabhängigkeit verschiedener Farben



Typischer Temperaturgang für LED

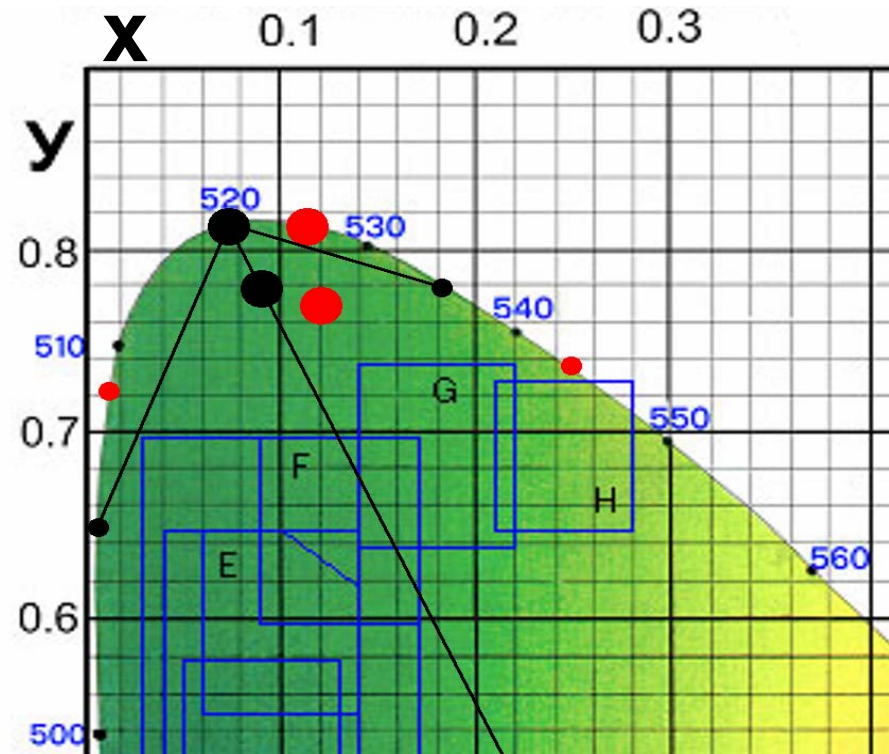
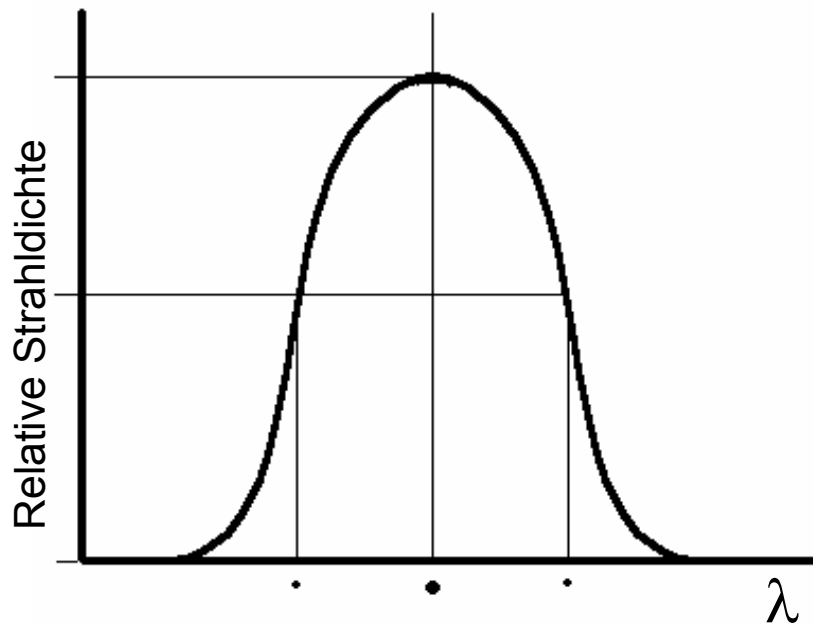




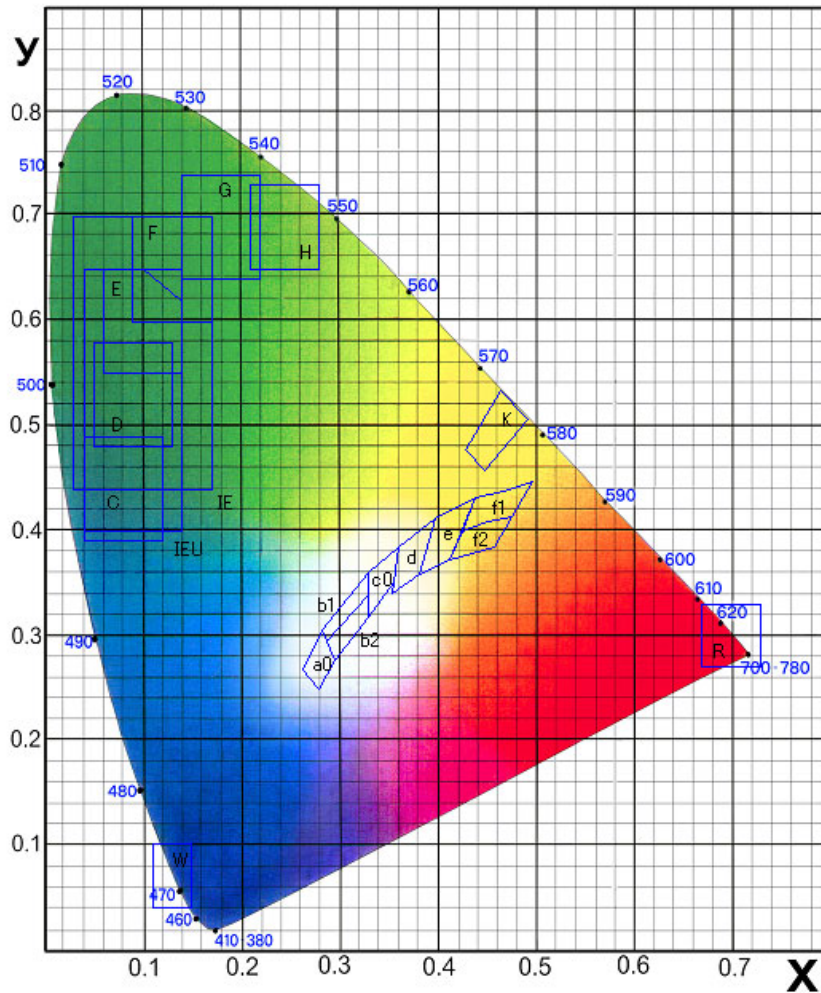
Dominante Wellenlänge

Vorteil: Beschreibt die Farbe einer LED mit **einem** Wert

Nachteil: Keine exakte Beschreibung des tatsächlichen Farbortes

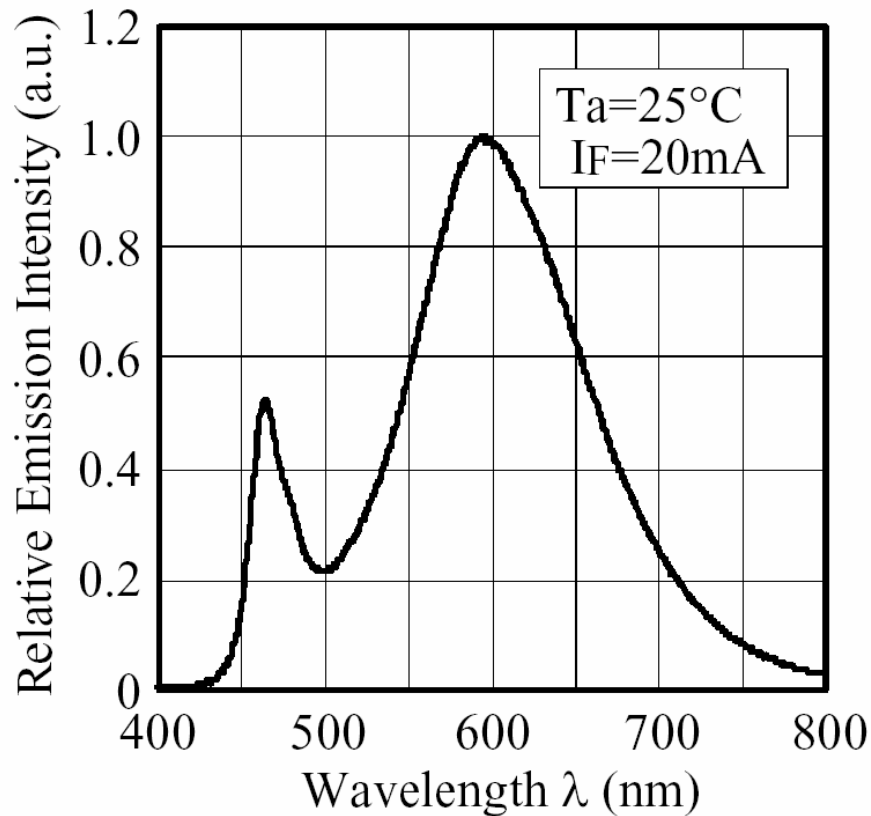


Verfügbare Farben

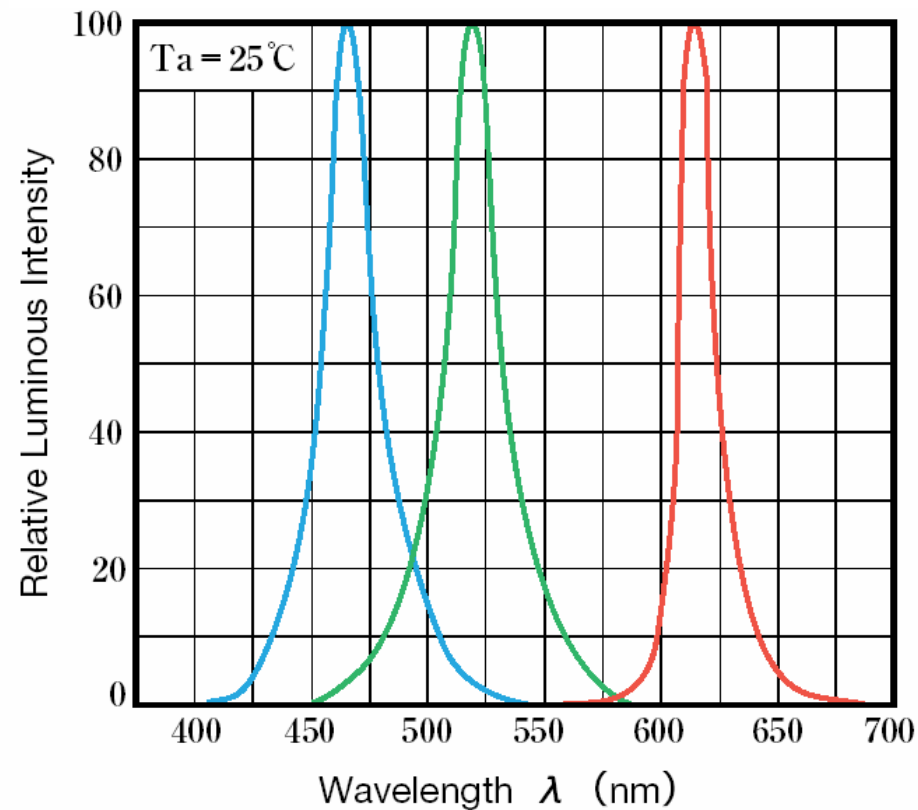


- LEDs sind keine spektral schmalen Linienstrahler
- Verschiedene Farben erfordern verschiedene Halbleitermaterialien
- Es wird nicht der gesamte Spektralfarbenzug abgedeckt

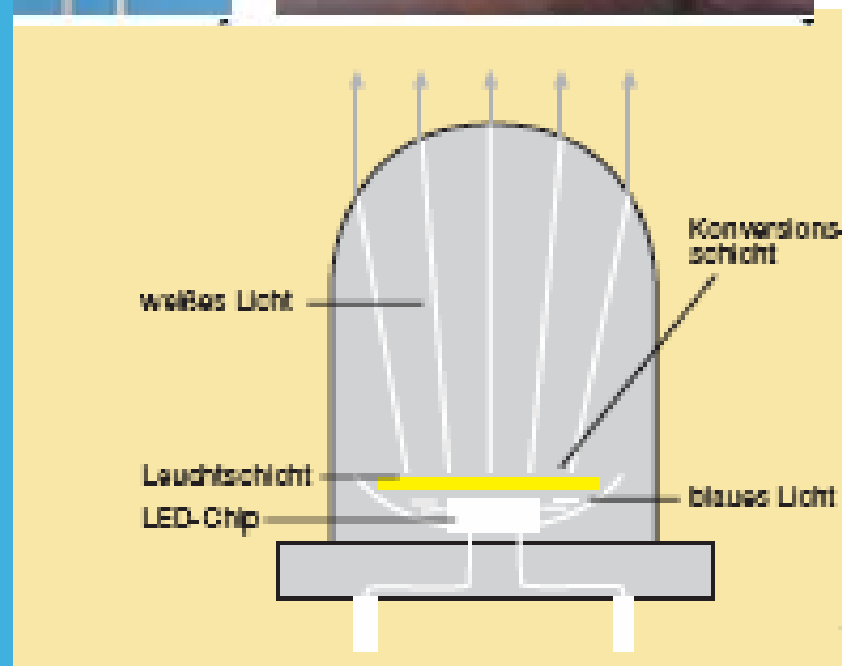
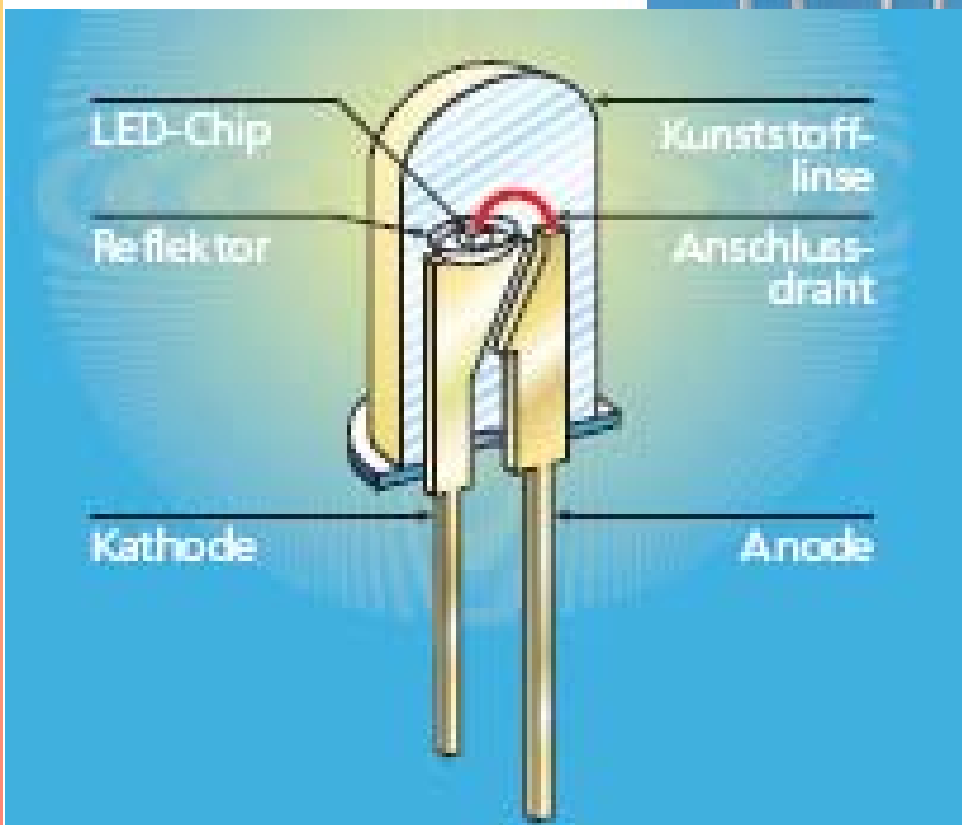
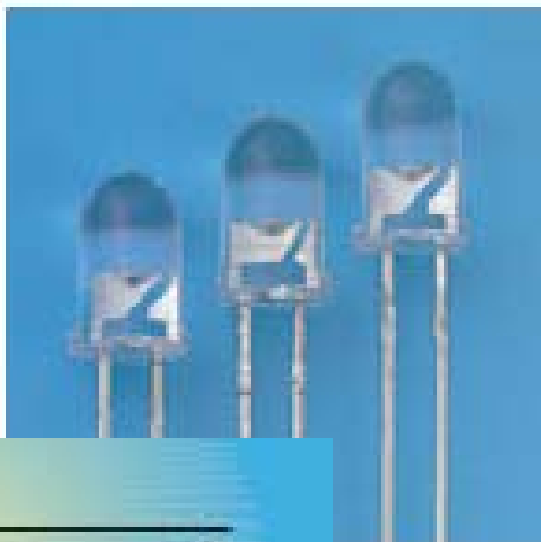
Blau und Leuchtstoff



RGB - Spektrum



LED: Klassische Form



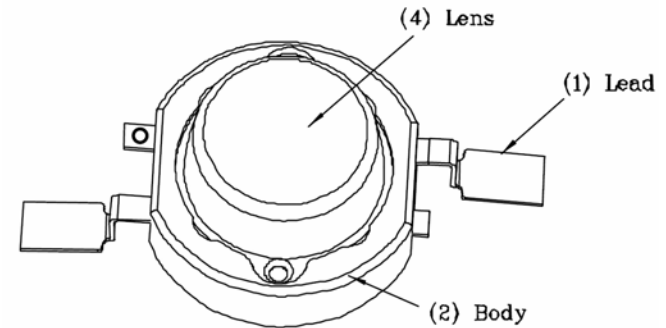
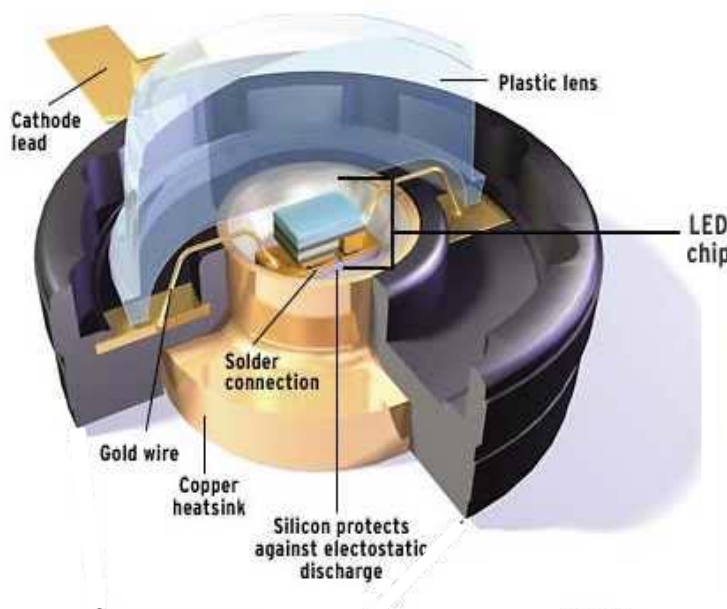
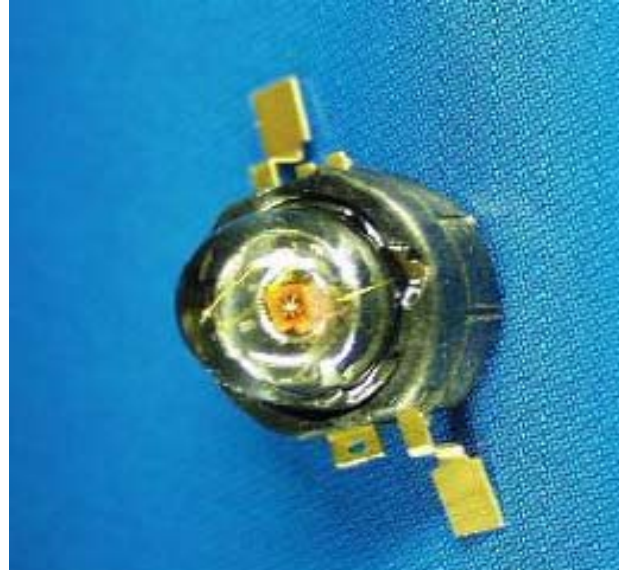
Aufbau einer LED

Vorteile

- hoher Wirkungsgrad
- grosse Kühlfläche

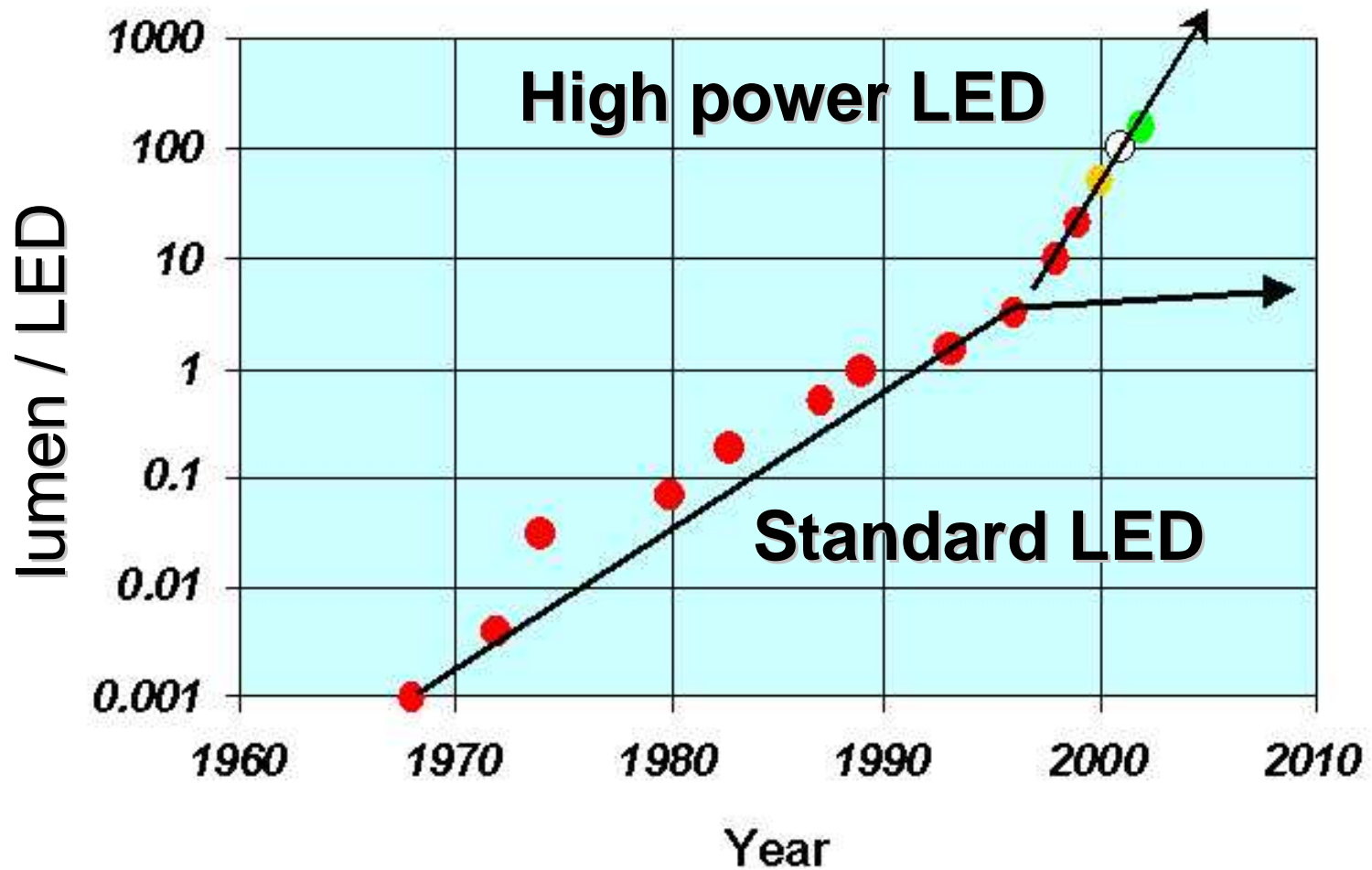
Nachteile

- Kühlfläche nicht elektrisch isoliert
- Nur zwei Ausstrahlcharakteristiken verfügbar

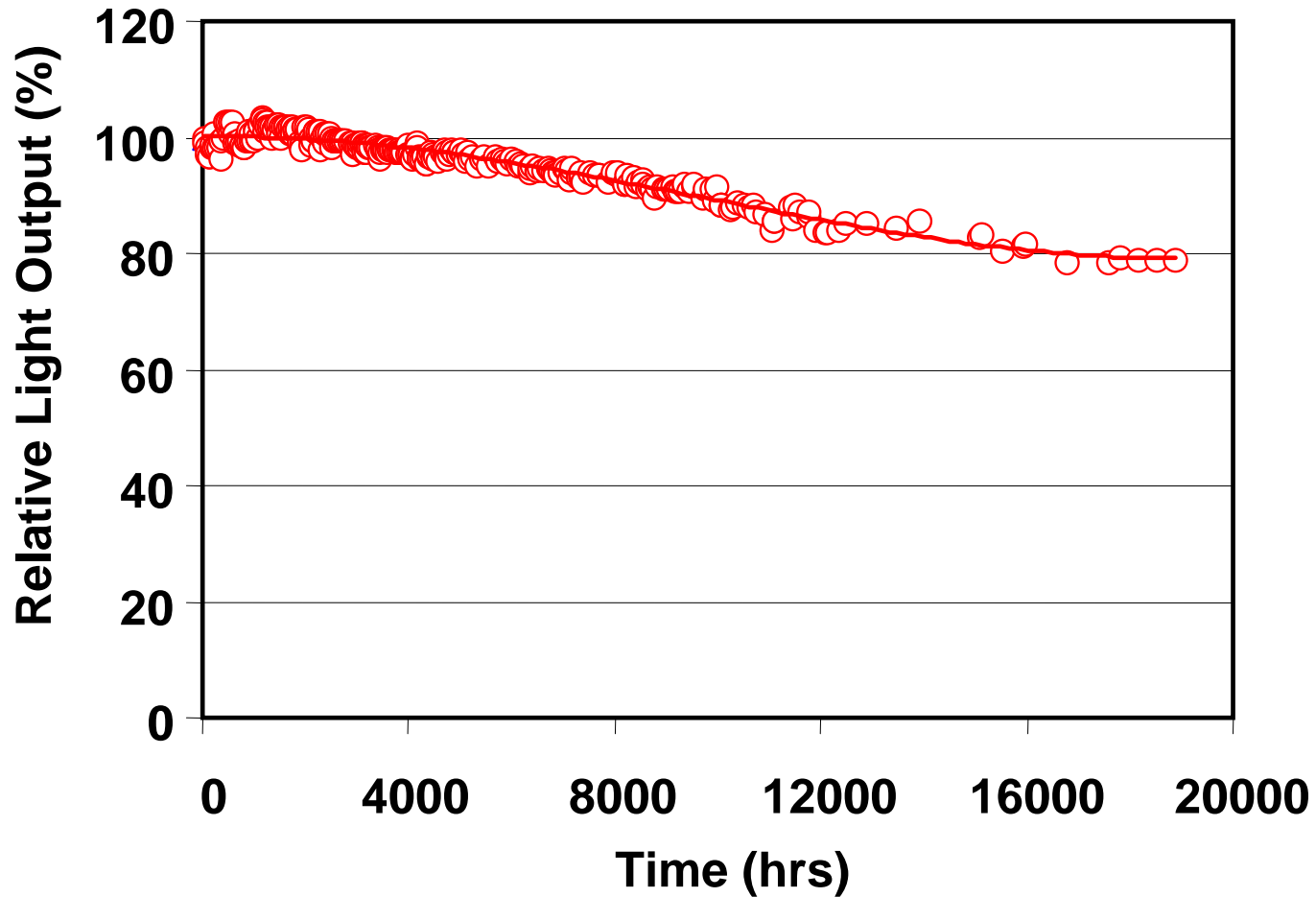


Luxeon Emitter

Trend:

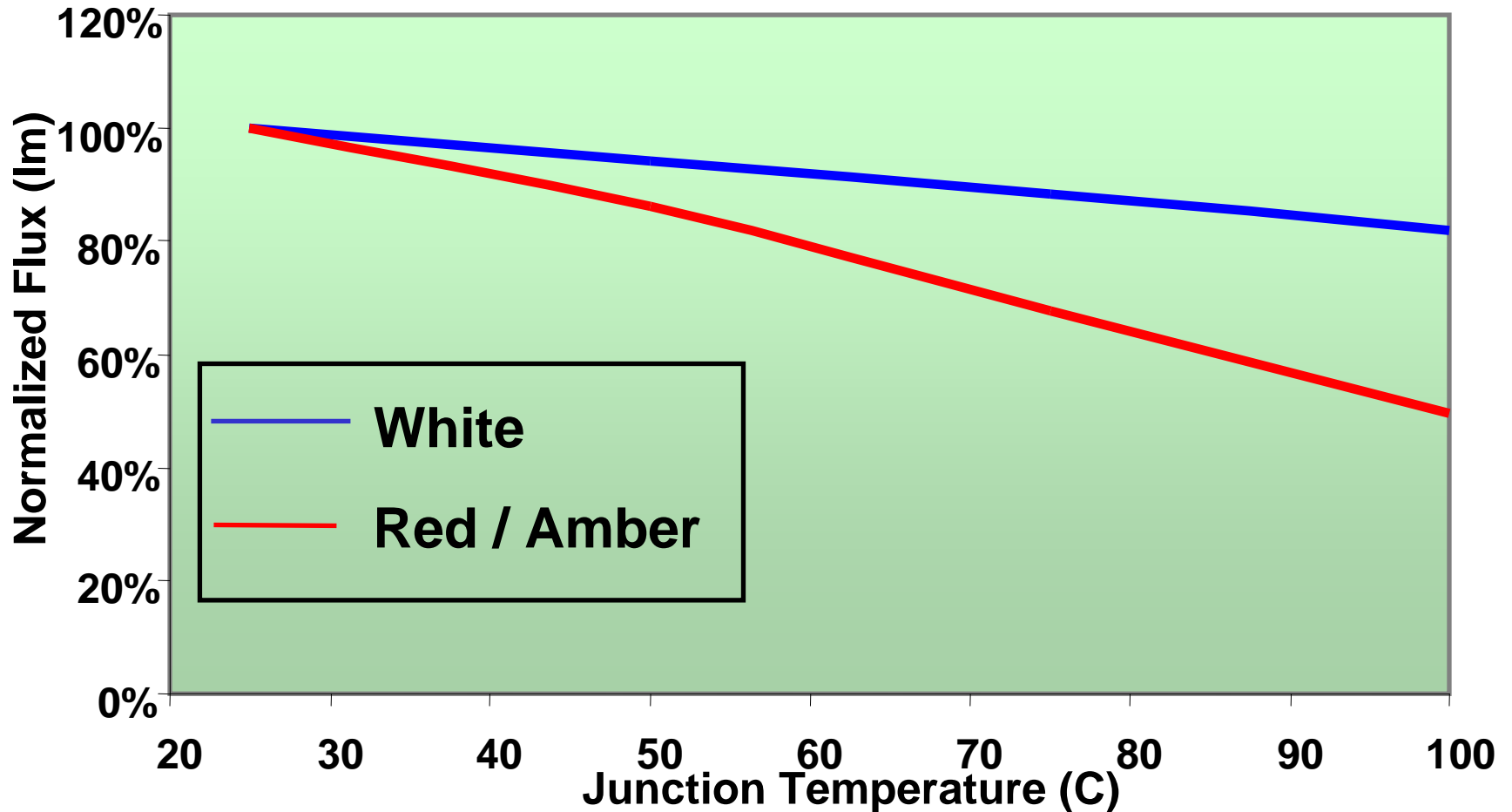


Luminous Intensity versus Time:



Thermisches Verhalten von Power LED

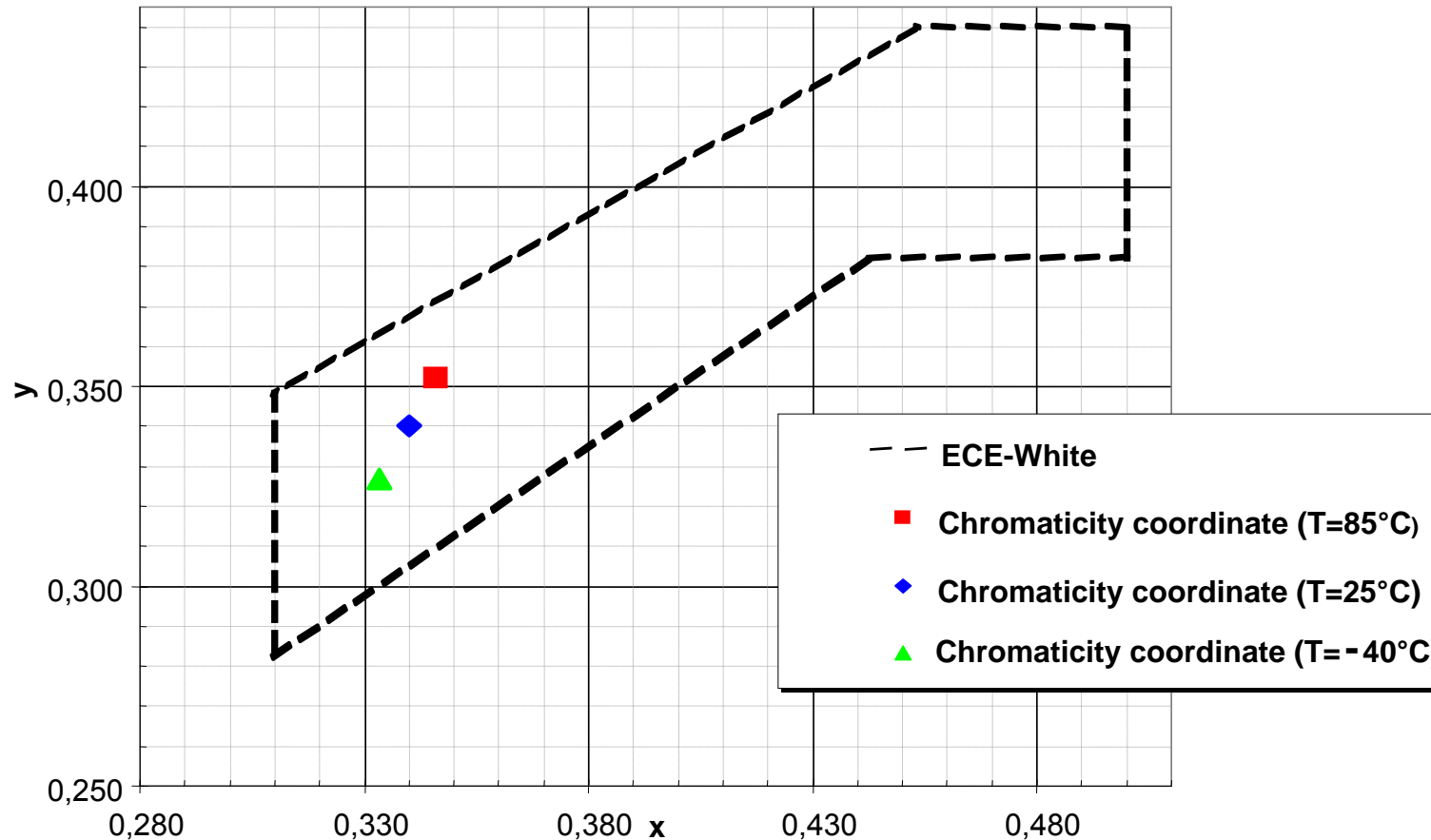
Luminous Intensity versus Temperature (typical):

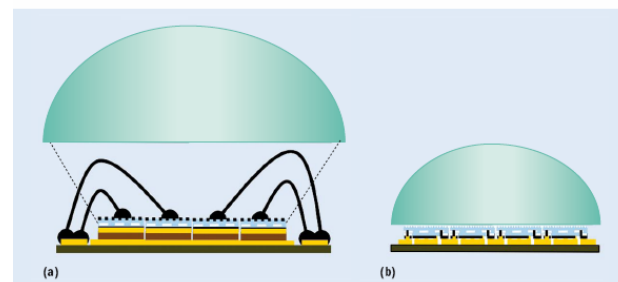
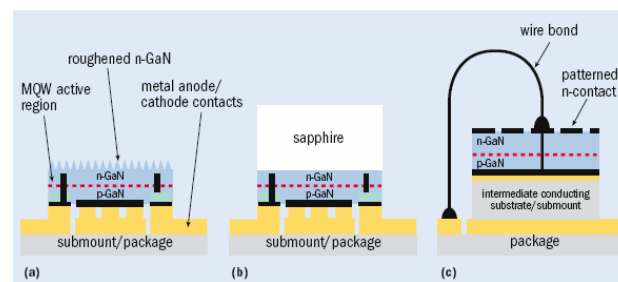
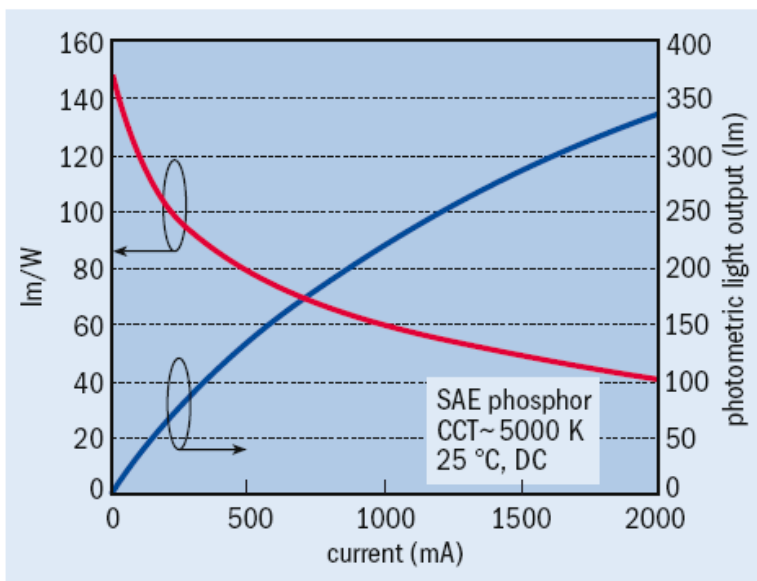
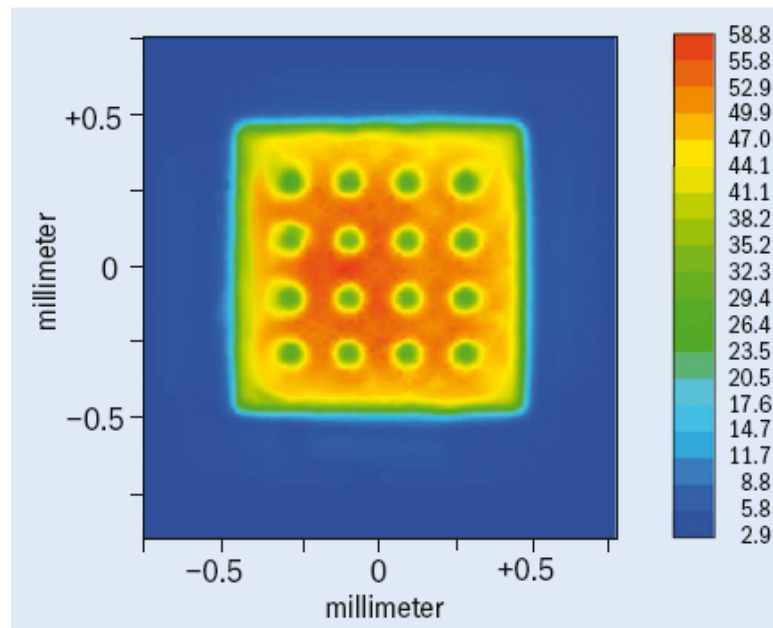
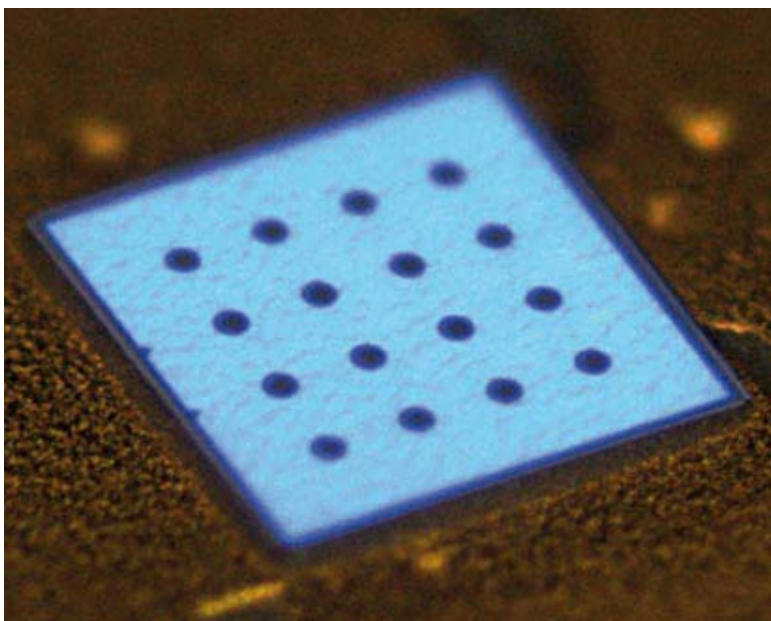


Thermisches Verhalten von Power LED

Colour Drift Versus Temperature:

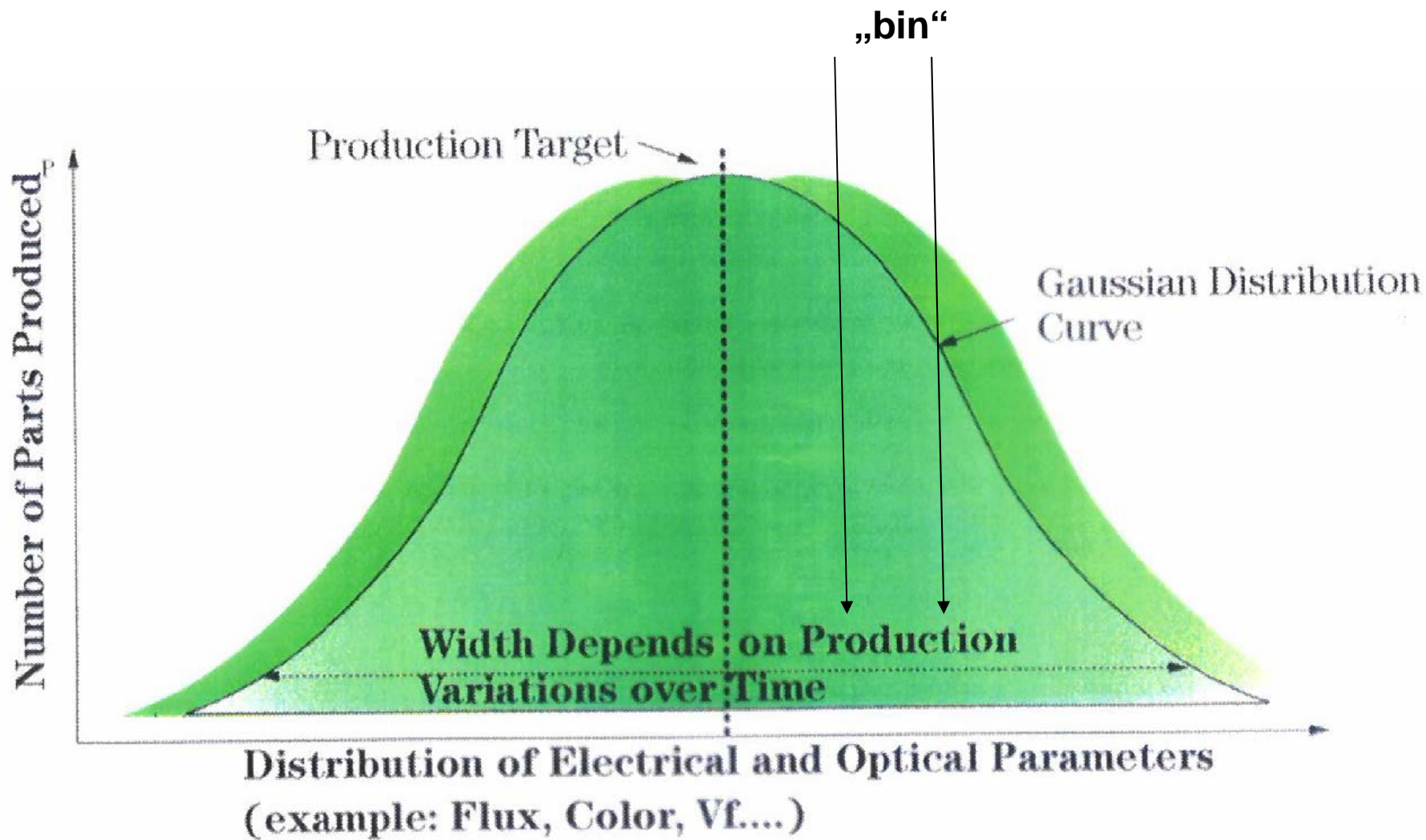
CIE1931 Diagram



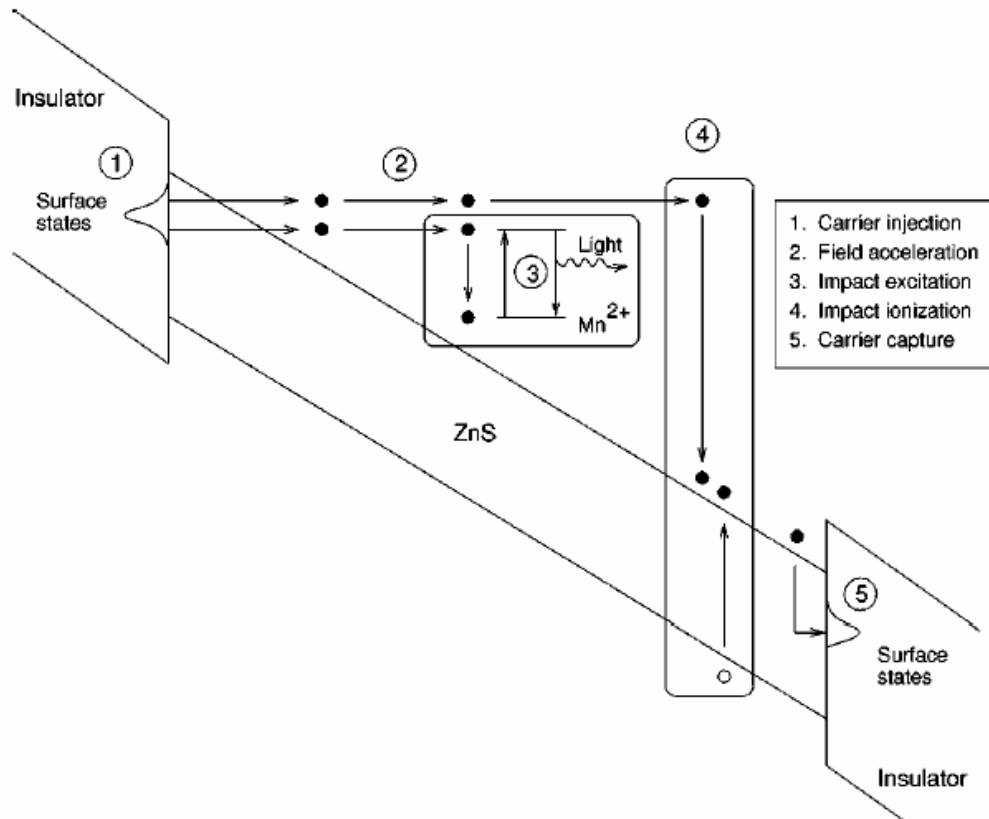


Problem der Verteilung verschiedener LED Parameter in der Produktion

Sortierte Produktgruppe



Elektrolumineszenz-Folie



Quelle: www.helicon.de

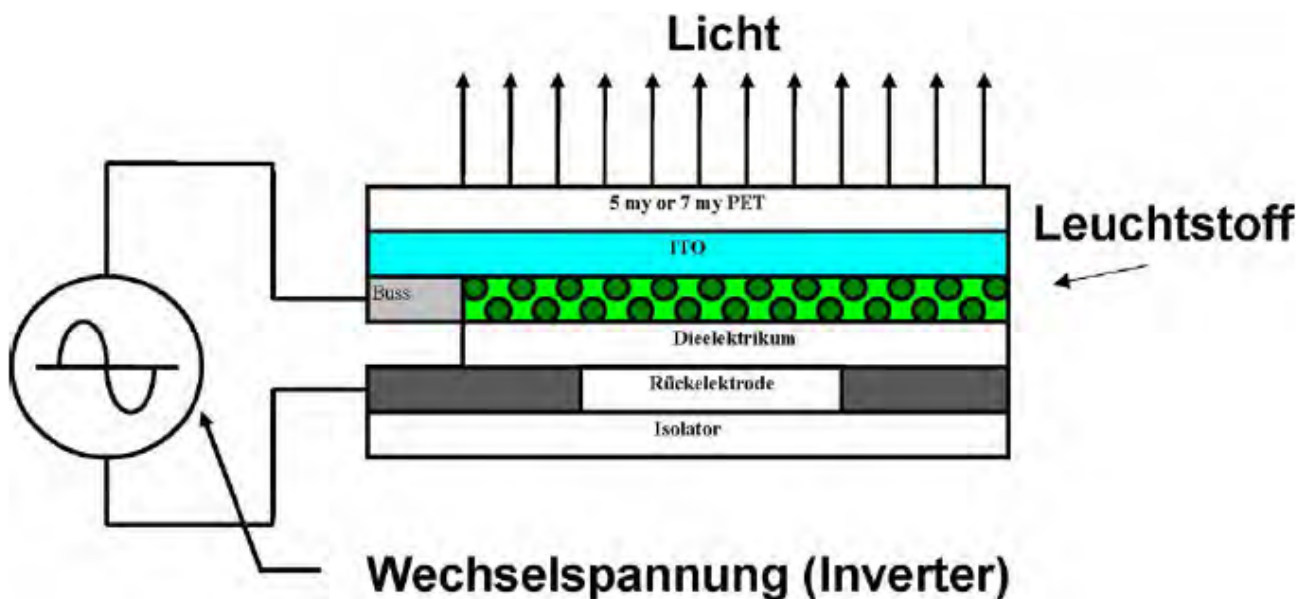
Typische Daten :
Leuchtdichte: < 200 cd/m²
Lichtausbeute: < 1 lm/W

Schema der Hochfeld-EL

Bei Betriebsspannung: 115 V AC u. Standardfrequenz: 400 Hz

Wie funktioniert eine Elektrolumineszenzfolie?

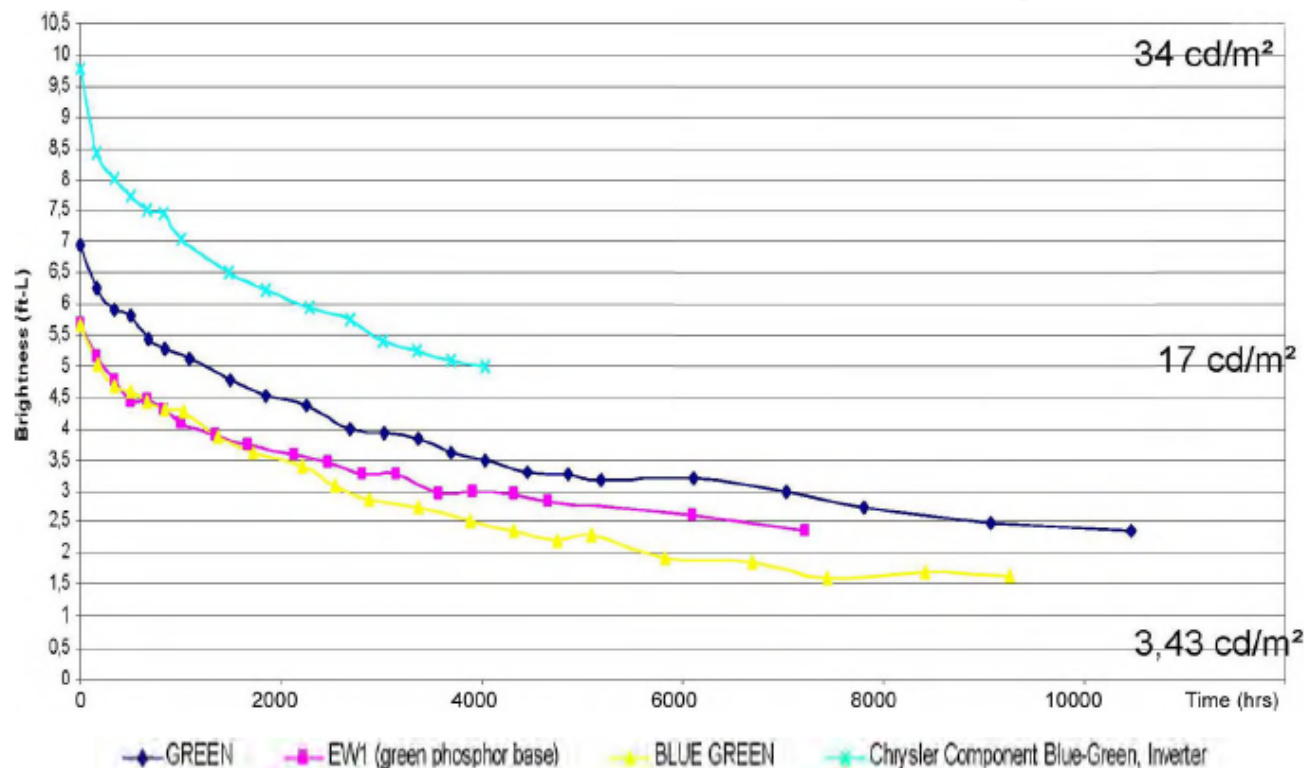
Typische Werte:
115V, 400Hz



Quelle:



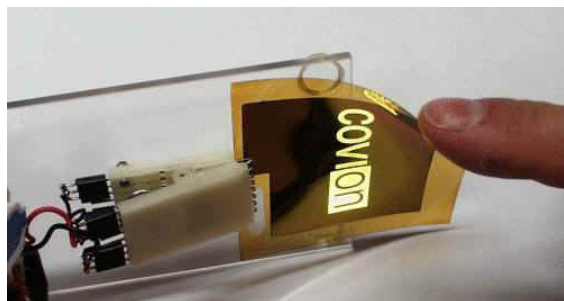
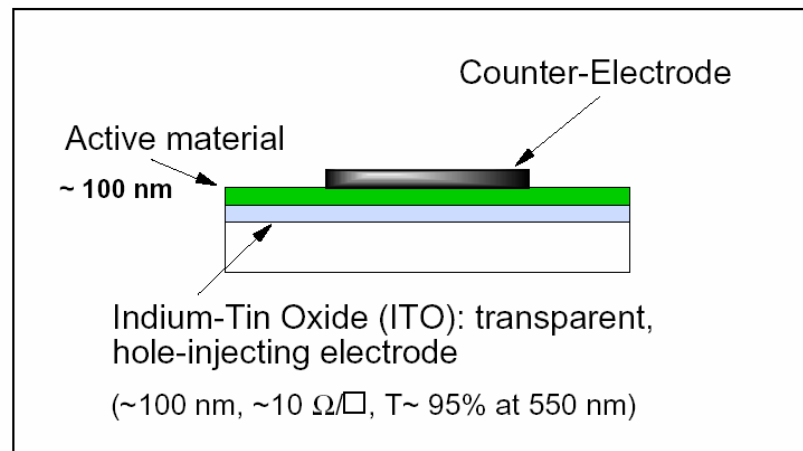
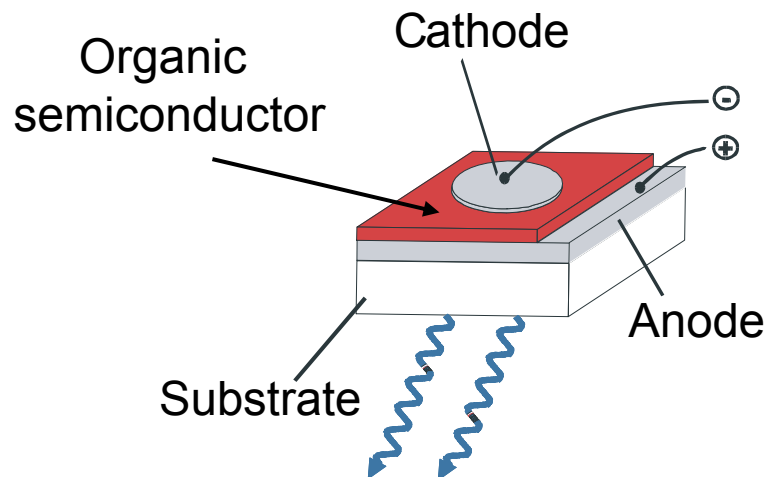
Leuchtdichte in Abhängigkeit von der Betriebsdauer bei Room Temperature



Quelle:



Organische Leuchtdioden (OLED)



Quelle: www.covion.com

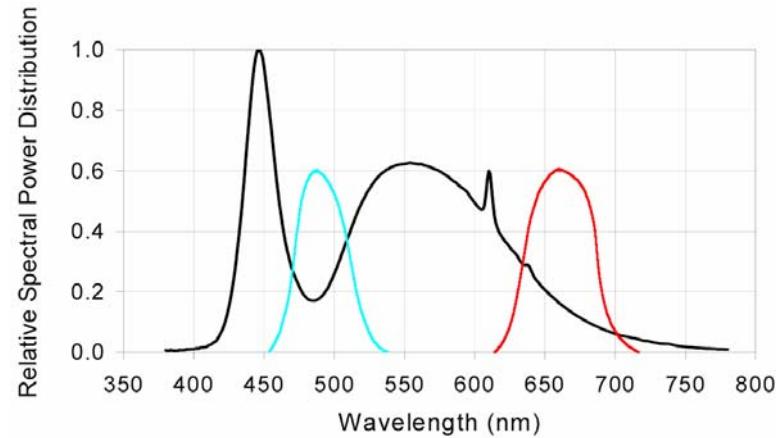
- sehr dünne Bauelemente ($< 1 \mu\text{m}$)
- mechanisch flexibel (?)
- geringe Gewicht
- grosse Flächen
- alle Farben
- geringe Betriebsspannungen
- ...

Eigenschaften von Lichtquellen

- Wirkungsgrad
- Farbwiedergabe
- Farbort
- Lichtfarbe
- Lichtstromrückgang
- Erschütterungsfestigkeit
- Betriebsgeräte
- Wiedorzündbarkeit
- Brennlage

Farbwiedergabeindex

Glühlampe	100
Leuchtstofflampe	60...98
Weisse LED „Luxeon“	70



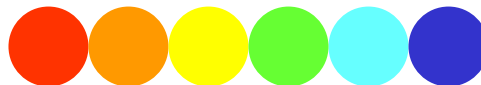
Verbesserung der Farbwiedergabe möglich durch

- Anderer Leuchtstoff
- Mischung weißer LEDs mit Farbigen
- RGB zu ROYGCB erweitern

Red
Green
Blue



Red
Orange
Yellow
Green
Cyan
Blue



Anforderungen an neue Leuchtmittel

Thermomanagement

- Geringe Wärmeabgabe
- Grosse Kühlflächen

Tolerable Farbabweichungen

- Farbige LEDs: \pm einige nm (abhängig von der Wellenlänge)
- Weisses Licht: \pm einige 10 K $R_a > 80$

Umweltfreundlichkeit

- Geringe Leistung, damit geringer Spritverbrauch
- Keine Giftstoffe enthalten
- Recyclebar

Wirtschaftlichkeit

- Niedriger Stückpreis

Leuchtmittel



≠





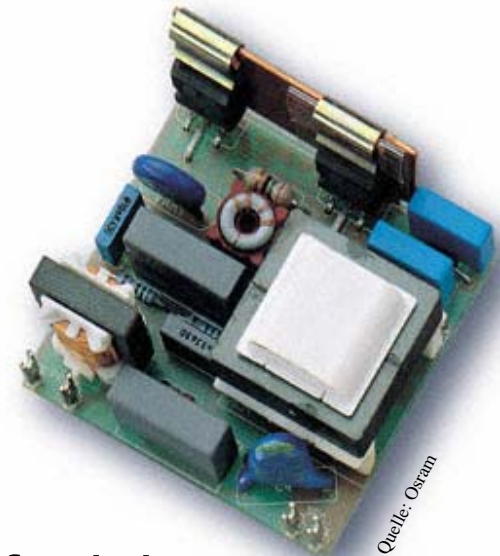
Betriebsgeräte – wieso, weshalb, warum ...

- Technologie des Leuchtmittels
 - Niedervolthalogenglühlampen, Leuchtstofflampen, HID-Lampen, DBE-Lampen, LED, OLED, ...
- Verschiedene Netze
 - europäisch (220V), amerikanisch (110V), KFZ (12V/42V), Fahrrad (6V), ...
- Komfort
 - Dimmung, SmartStart, Lebensdauer, Effekte, ...
- Intelligenz
 - Bussysteme, Fernsteuerung, autarke Lichtanpassung, ...

Betriebsgeräte für Niedervolthalogenglühlampen



- Niedrigpreissegment und Deko-Bereich
- Erzeugung der Niederspannung
- Konventioneller Transformator
 - Schwer, groß, warm, nicht dimmbar, keine Sicherheitsfunktionen
- Elektronischer Transformator
 - Bis 80% leichter, 40% kleiner, 60% geringere Verlustleistung, Dimmfunktion möglich, elektronische Sicherheitsfunktionen

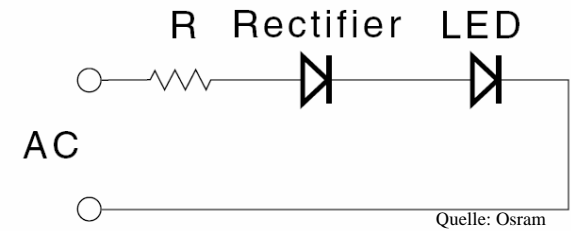


Quelle: Osram

Betriebsgeräte für Lumineszenzdioden



- Konstantstromquelle
 - Anschluss von ein bis mehrere LED
- Niedrige Systemverluste
 - Vorwiderstand vs. SNT + PWM
- Optimierte Spannungsregelung
 - Netzspannungsbereiche
 - LED-Arbeitspunkte
- Größe und Gewicht
- Eignung für die Beleuchtungstechnik
 - Dimmung
 - Steuerung
 - Kaskadenschaltung





Betriebsgeräte für Leuchtstofflampen

- Niederdruckgasentladung
 - Strombegrenzung
 - Zündspannung
- Niedrige Systemverluste
 - Konventionelle Drossel vs. SNT
- Wendelheizung
- Sicherheitsfunktionen
- Erweiterte Funktionen
 - Dimmung
 - Lichtstromkonstanz
 - Digitale Ansteuerung



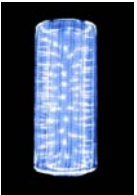
Betriebsgeräte für Hochdruckentladungslampen



- Versorgungsspannung
 - Bordnetze
 - Versorgungsnetze
- Optimierte Regelung des Betriebspunktes
 - Lebensdauer
 - Farbe
- Schnelle Betriebsbereitschaft
 - Autoscheinwerfer < 1,5s
 - Projektorlampen < 60s
- Effizienter Betrieb



Quelle: xenonvalot.com



Betriebsgeräte für „Exoten“

- Induktionslampen
 - HF-Generator
 - Elektromagnetische Kopplung
 - Elektromagnetische Verträglichkeit
- DBE-Lampen
 - Kapazitive Last
 - Rechteckgenerator
 - EMV
- Leuchtröhren
 - Streufeldtransformatoren bis 7,5kV
- OLED
 - Spannungs-/Stromquelle



Quelle: Osram



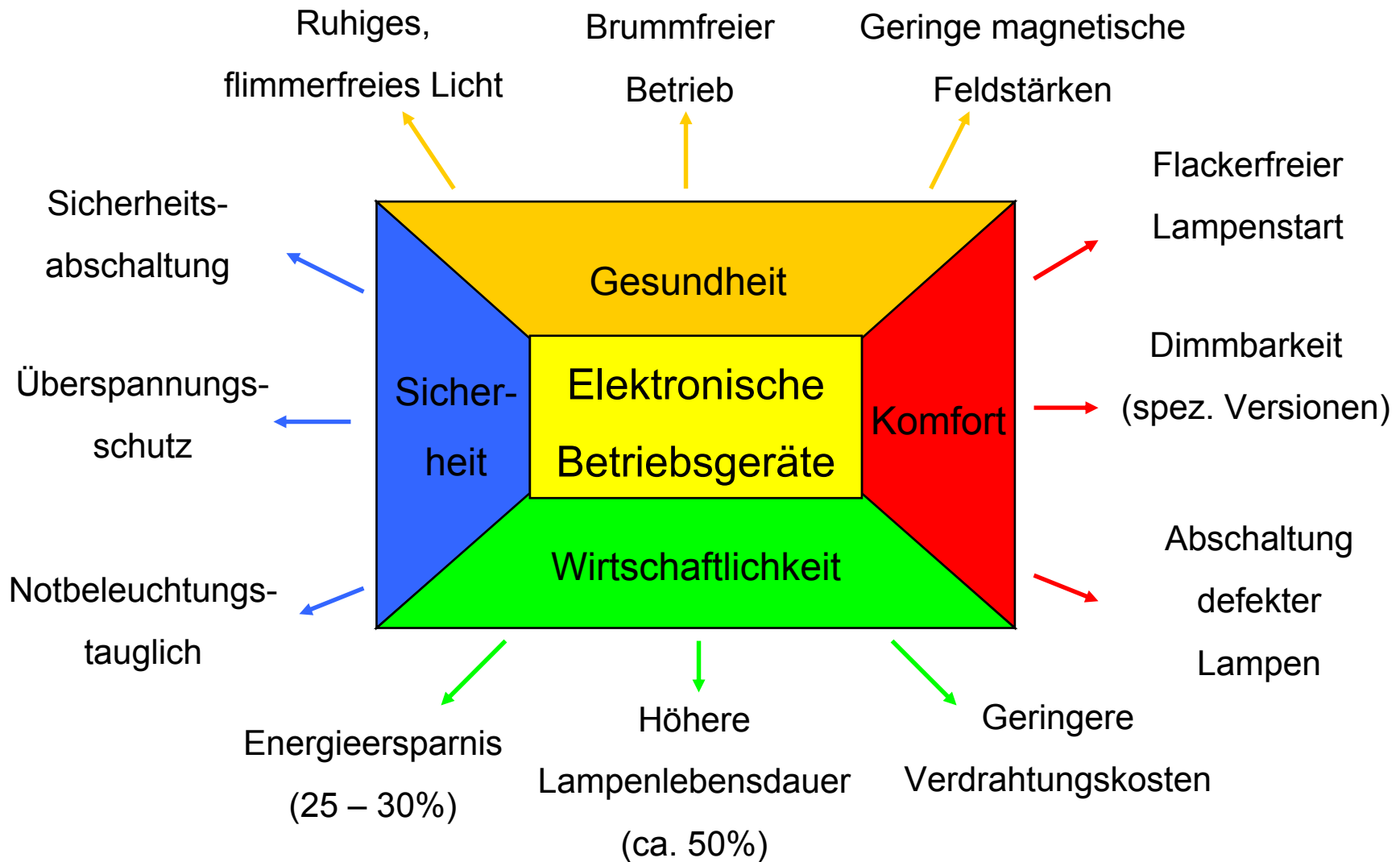
DAS HEUTE UND DIE ZUKUNFT



Klasse	Beschreibung	Leistung in Watt
D =	Magnetische Vorschaltgeräte mit sehr hohen Verlusten	> 45 W
C =	Magnetische Vorschaltgeräte mit moderaten Verlusten	≤ 45 W
B2 =	Magnetische Vorschaltgeräte mit geringen Verlusten	≤ 43 W
B1 =	Magnetische Vorschaltgeräte mit sehr geringen Verlusten	≤ 41 W
A3 =	Elektronische Vorschaltgeräte	≤ 38 W
A2 =	Elektronische Vorschaltgeräte mit reduzierten Verlusten	≤ 36 W
A1 =	Dimmbare elektronische Vorschaltgeräte	≤ 38/19 W (bei 100% - 25%)

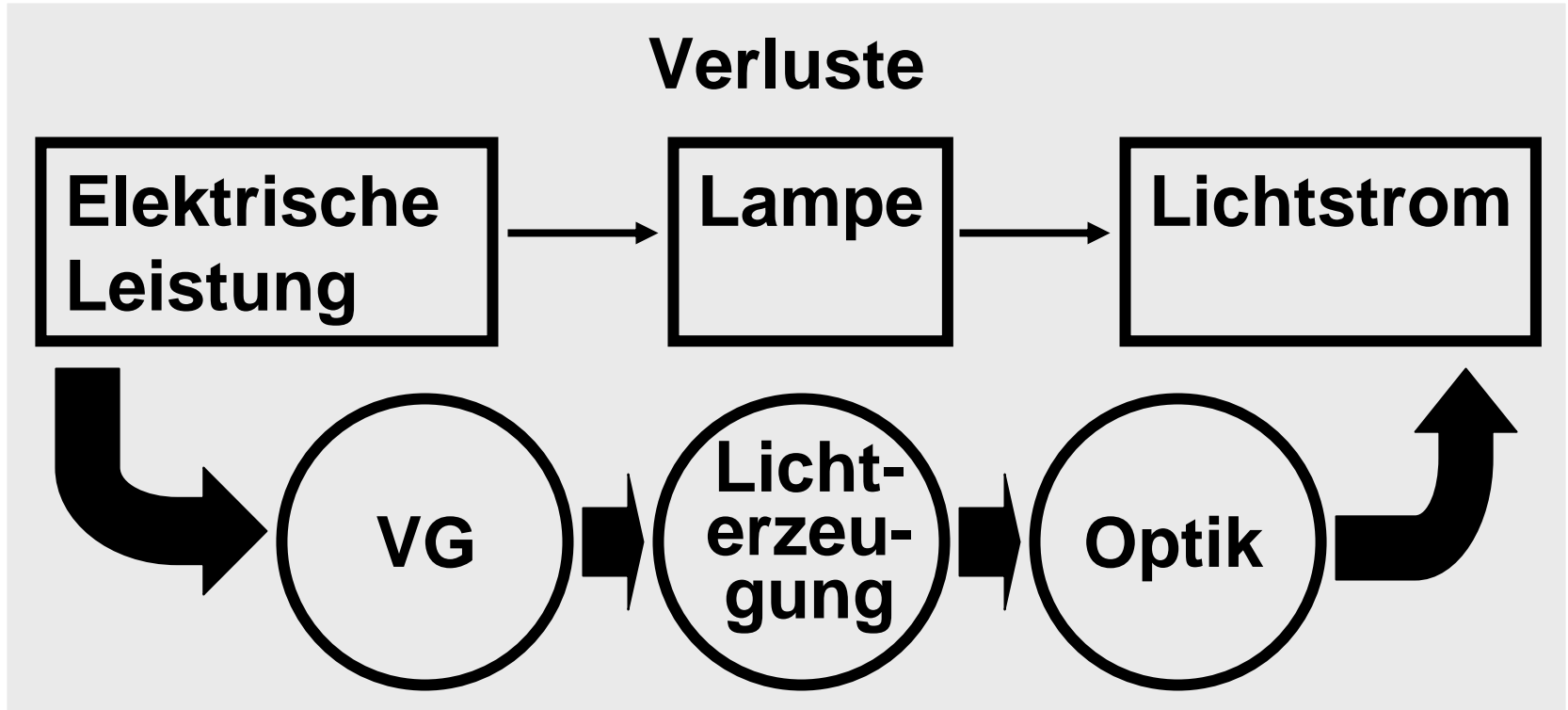


Potenzial elektronischer Betriebsgeräte



Alles(?) braucht ein Betriebsgerät ...





Lampenwirkungsgrade

Temperaturstrahler

Theoretische Obergrenze:

Plankscher Strahler mit 7000 K

Verlustlose Erzeugung der Temperaturstrahlung

95 lm/W

Praktische Obergrenze:

Wolfram Strahler bei 3650 K (Schmelzpunkt)

54 lm/W

Linienstrahler

Wellenlänge 555 nm

Spektral schmal

683 lm/W

Optimaler Strahler

„Weißes“ Licht

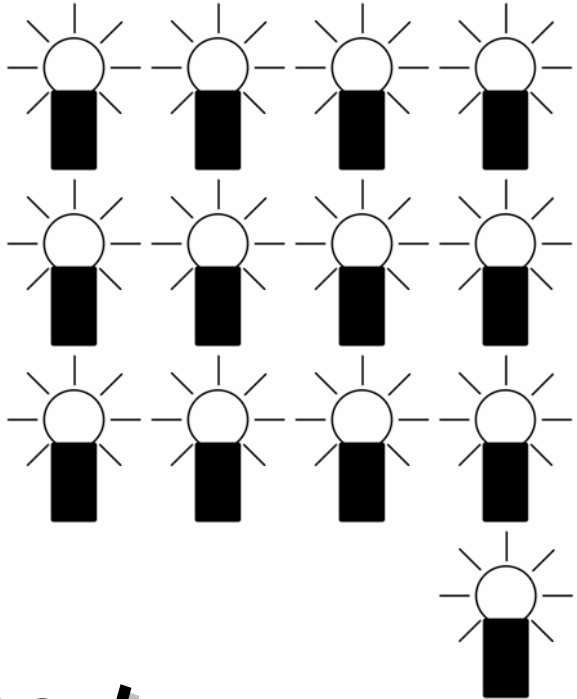
200 lm/W

Wirkungsgrade Glühlampen

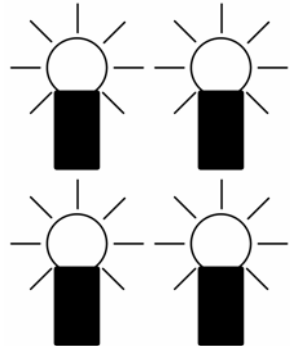
Glühlampe „Classic“ 40W	10,5 lm/W
Glühlampe „Classic“ 100W	13,6 lm/W
Niedervolt Halogen Glühlampe 10W matt	13,0 lm/W
Niedervolt Halogen Glühlampe 50W klar	18,2 lm/W
Hochvolt Halogen Glühlampe 150W	17,0 lm/W
Hochvolt Halogen Stab 2000W	22,0 lm/W
Hochvolt Halogen Stab 250W IR-Reflex	22,0 lm/W
Hochvolt Halogen Stab 400W IR-Reflex	23,8 lm/W

Vergleich der Glühlampen

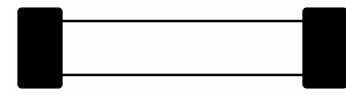
**13 x 40W
= 520W
(5460lm)**



**4 x 100W
= 400W
(5440lm)**



**1 x 250W
= 250W
(5500lm)**



Halogen

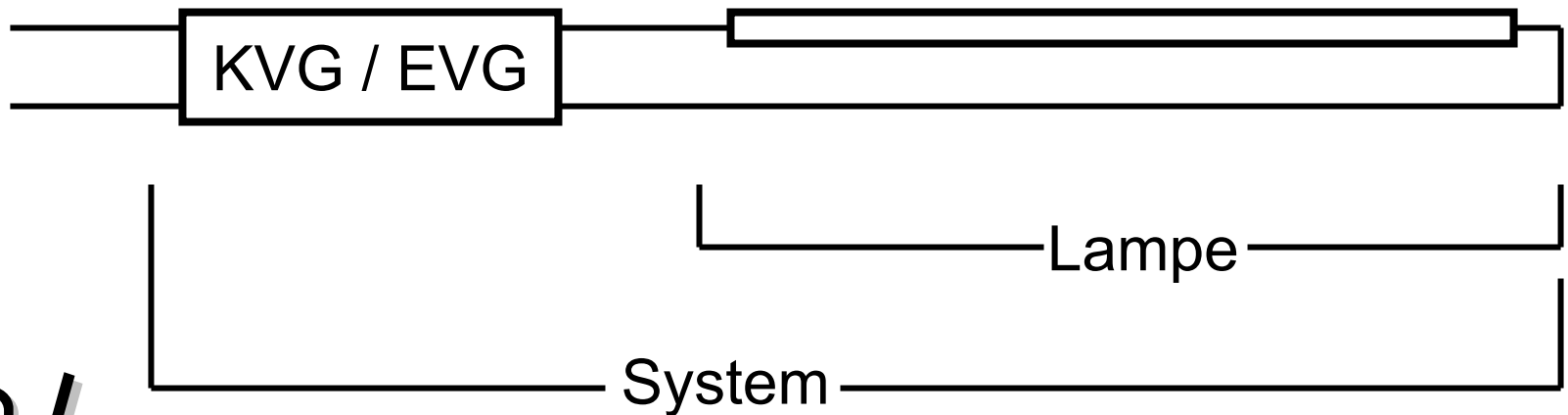
lm/w

Wirkungsgrade Entladungslampen

Kompaktleuchtstofflampe	23W	65,2 lm/W
Leuchtstofflampe „de luxe“	58W	64,7 lm/W
Leuchtstofflampe „Plus ECO“	58W	89,7 lm/W
Halogen-Metall dampflampe		70-120 lm/W
Natriumdampf-Hochdrucklampe		70-140 lm/W
Natriumdampf-Niederdrucklampe		97-189 lm/W
HID Lampe D2S („Xenon“-Lampe) 35W		91,0 lm/W

Vergleich der Entladungslampen

<u>Systeme:</u>	<u>Lampe:</u>	<u>System:</u>	<u>Lichtstrom:</u>
58W mit KVG	58 W 90 lm/W	71 W 73 lm/W	5200 lm
58W mit EVG	51 W 98 lm/W	55,5 W 90 lm/W	5000 lm



lm/w

Wirkungsgrade LEDs

Luxeon kaltweis	5W	25,0 lm/W
Luxeon kaltweiss	3W bei 700mA	25,0 lm/W
Luxeon kaltweiss	1W	20,1 lm/W
Luxeon warmweiss	1W	16,7 lm/W
Nichia weiss	180mW	ca. 30,0 lm/W
Nichia warmweiss	100mW	ca. 10,0 lm/W
Osram weiss TOPLED	86mW	7,0 lm/W
Osram Golden Dragon	2W	21,0 lm/W
GELcore weiss TL	60mW	24,6 lm/W

lm/w

Vergleich der LEDs



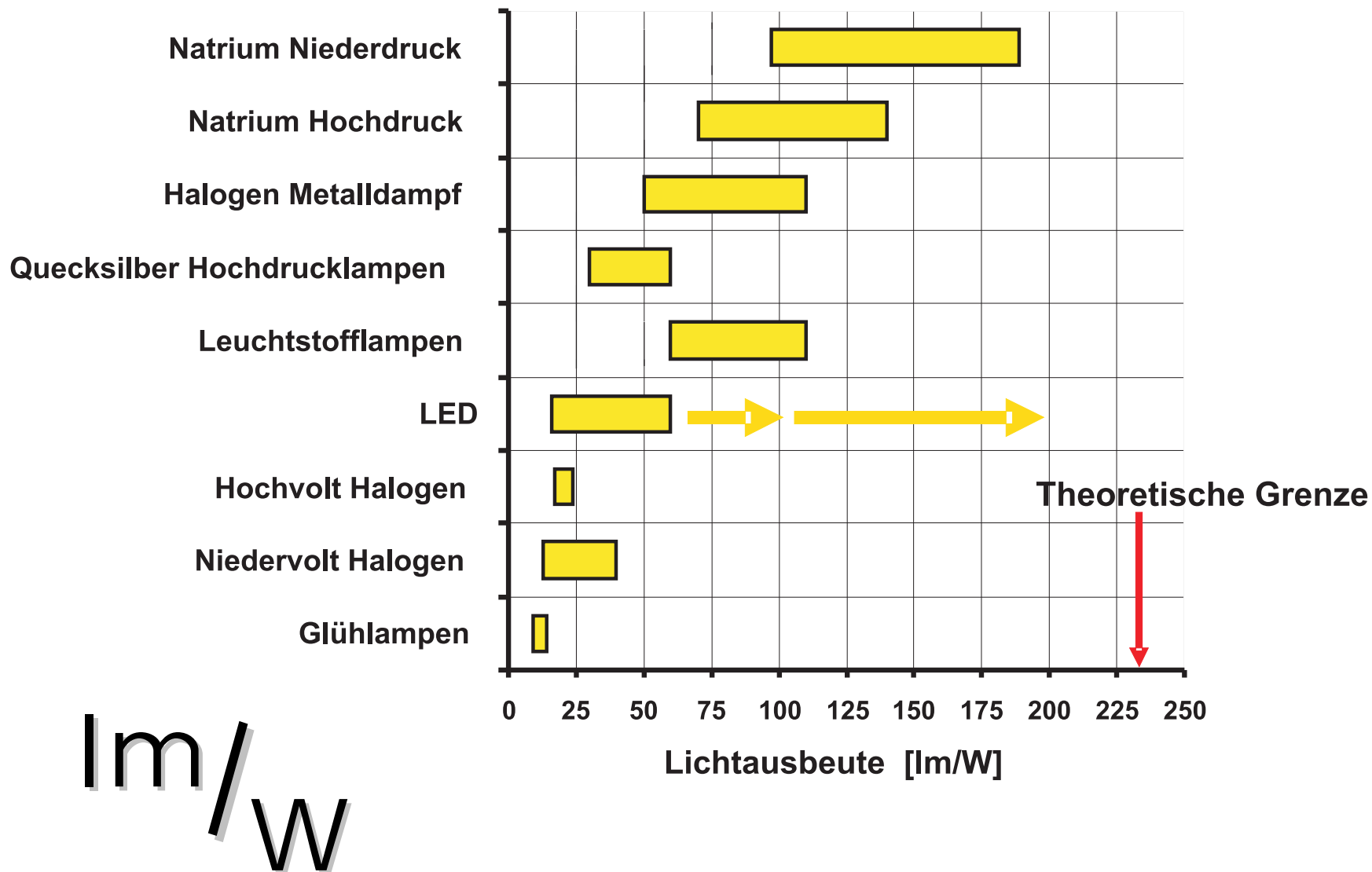
Luxeon kaltweiss 1W mit Widerstand 4,3 lm/W



Luxeon kaltweiss 1W mit EVG 16,7 lm/W

lm/w

Übersicht der Wirkungsgrade



lm/w

Kosten-Nutzen Vergleich

Einzeldaten:

Glühlampe	40 W	420 lm	1.000 h	0,50 EUR
LED	1 W	25 lm	50.000 h	10,00 EUR
EVG	4 W		50.000 h	10,00 EUR
Strom		1KWh		0,20 EUR

Systeme mit gleichem Lichtstrom:

50 Glühlampen	40 W	420 lm	50.000 h	25 EUR
16 LED + 2 EVG	24 W	400 lm	50.000 h	180 EUR

System- und Stromkosten:

Glühlampe	25 EUR	+	400 EUR	=	425 EUR
LED + EVG	180 EUR	+	240 EUR	=	420 EUR

lm/
EUR

Betriebswirkungsgrad



Definitionen:

$$\eta_{LB} = \frac{\Phi_L}{\sum \Phi}$$

Φ_L Lichtstrom, der aus der Leuchte austritt

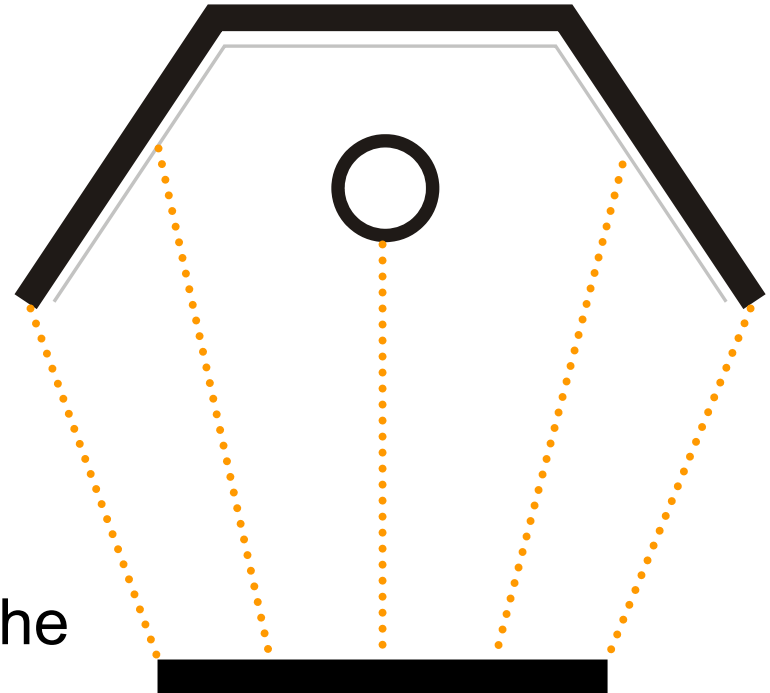
Φ Lichtströme der Lampen

Beleuchtungswirkungsgrad

$$\eta = \frac{\Phi_A}{\sum \Phi}$$

Φ Lichtströme aller Lampen

Φ_A Lichtstrom auf der Nutzfläche



Lichtstrom auf der Nutzfläche
Lichtstrom aller Lampen im Raum

Literatur

Elektrophysik, Neundorf, Pfender, Popp
Springer-Verlag, 1997

Physik, Gerthsen, Vogel
Springer-Verlag, 1993

Licht und Beleuchtung, Hentschel
Hüthig-Verlag, 1994

Taschenbuch der Physik, Stöcker
Harri Deutsch Verlag, 1994

Quantenphysik und Statistische Physik, Alonso, Finn
Oldenbourg Verlag, 1998

Handbuch für Beleuchtung, Lange
ecomед Verlag, 2004

Grundlagen der Beleuchtungstechnik, Bruno Weis,
Pflaum-Verlag, München 2001

Quellenangaben

- Osram Lichtprogramm 2002/2003
- Osram Lichtprogramm 2000/2001
- Osram Lichtprogramm Fahrzeuglampen 2003/2004
- Lumileds, Luxeon Datenblätter: DS25, DS34, DS47, DS45
- Philips Lighting, Datenblatt: Xitanium LED Electronic Driver
- Conrad, Hauptkatalog 2004
- Zeno Zanini, Lieferprogramm, Stand 5.11.2003
- Nichia, Datenblatt: NSPL500S
- GELcore, Datenblatt: White_TL, Stand: August 2003
- Bruno Weis, Grundlagen der Beleuchtungstechnik, Pflaum-Verlag, München 2001

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

