



Licht in Räumen

Licht im Büro und Zuhause

Lichtaufgabe gem. ASR

- **Die Beleuchtungsanlage muss ein Beleuchtungsniveau schaffen, bei dem**
- die Sehaufgaben wie das Lesen und Erkennen von Informationen auf dem Bildschirm, auf Papiervorlagen und auf anderen Arbeitsmitteln erledigt werden können,
- Fehlbeanspruchungen der Mitarbeiter vermieden werden,
- die visuelle Kommunikation unterstützt wird,
- Informationen aus der Umgebung aufgenommen werden können,
- die Mitarbeiter sich wohl fühlen und angemessen aktiviert werden

**Effizienz ist keine Planungsaufgabe gemäß ASR,
aber sehr wohl gemäß EnEV und Stand der Technik**

Lichtaufgabe Zuhause

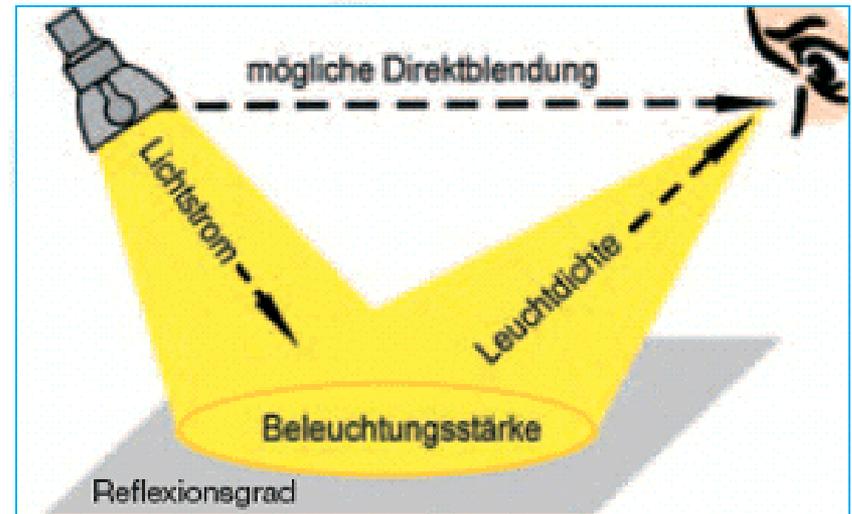
- Wohnlicht und Arbeitslicht trennen
- Arbeitslicht wie im Büro, ansonsten:
- **Ambiente steht im Vordergrund**
- Wohlfühlstimmung
- Dekoration
- Stromsparend?

Vorgaben nur am Arbeitsplatz

- Arbeitsrecht: Arbeitstättenrichtlinie ASR 4.3
- Energieeffizienz: Energie Einsparverordnung EnEV
- EU-Ökodesignrichtlinie
- Stand der Technik
- Normen als allgemein anerkannte Regeln der Technik
- aber immer auch **gMv**
der „gesunde MenschenVerstand“ unter Beachtung der Zielsetzungen von Seite 1 und / oder eigener Ziele

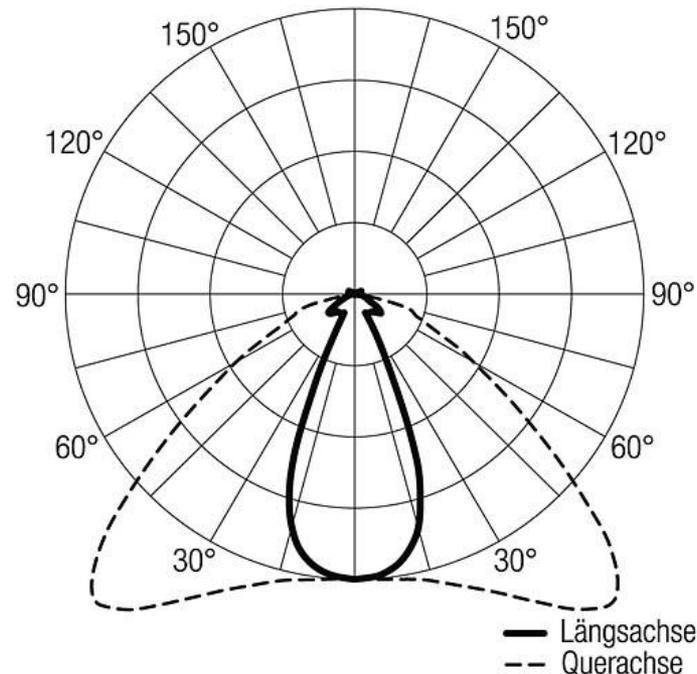
Lichtgrößen

- Der Lichtstrom:
Mathematisches Formelzeichen: Φ
Maßeinheit: Lumen (lm)
- Die Lichtstärke:
Mathematisches Formelzeichen: I
Maßeinheit: Candela (cd)
- Die Beleuchtungsstärke:
Mathematisches Formelzeichen: E
Maßeinheit: Lux (lx)
- Die Leuchtdichte:
Mathematisches Formelzeichen: L
Maßeinheit: Cd/cm^2
- Die Gleichmäßigkeit:
Mathematisches Formelzeichen: g
Maßeinheit: ohne



Der Lichtstrom = Lichtstärke

- Unter Lichtstrom versteht man die GESAMTE, in allen Richtungen von einer Lichtquelle in den Raum abgestrahlte Energie.
- Messung nur im Lichtlabor (vollkommen schwarzer Raum) mit Messroboter der mit der Messsonde eine Hüllkugel um die Lichtquelle abfährt.
- Zur spektralen Bewertung herangezogen wird die Helligkeitsempfindlichkeit des menschlichen Auges (CIE-Normkurve).
- Das Beispiel:



Die Beleuchtungsstärke

- Die Beleuchtungsstärke gibt an, wie stark eine Fläche beleuchtet wird:
 $E [\text{lx}] = \text{Lichtstrom} / \text{Fläche} [\text{lm}/\text{m}^2]$
- E beschreibt also das Beleuchtungsergebnis
- E wird in vielfältiger Auswertung verwendet:
 - Als horizontaler Mittelwert E_m in verschiedenen Höhen / Ebenen
 - Als vertikaler Mittelwert E_v
 - Als Mindestwert
- E ist das Hauptkriterium für Lichttechnische Vorgaben

Beispiel:

Der von einem Scheinwerfer erzeugte Lichtstrom von 1 .000 Lumen trifft auf eine Fläche von 1 Quadratmeter.

Hierbei beträgt die Beleuchtungsstärke 1 .000 Lux.

Die Leuchtdichte

- Ist das Beleuchtungsergebnis, das wir sehen
 - Eine beleuchtete Fläche der Helligkeit E wirkt auf Grund ihrer Reflektionseigenschaften
 - Ein Scheinwerfer mit Abdeckraster hat unter einem seitlichen Einblick-Winkel eine reduzierte Blendung

Die Leuchtdichte bestimmt gleichzeitig auch den Lichtkontrast



Das Erkennen von dunklen
Objekten auf hellem Grund
hebt diese hervor

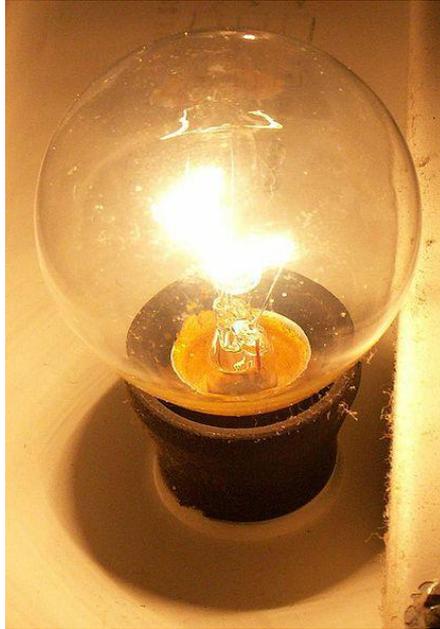
Die Gleichmäßigkeit

- Ermittlung als Verhältnis von Mindestwert zu Mittelwert
 $g = E_{\min}/E_{\text{mittel}}$
- Bildet einen Zahlenwert für den Kontrast der beleuchteten Fläche
- kleiner Kontrast = wenig Ermüdung
großer Kontrast = Inszenierung, Abwechslung
- „g“ ist ein Gütekriterium in den Normvorgaben, z.B.
Normalbeleuchtung in Fluren/Büros: $g > 0,67$
Sicherheitsbeleuchtung in Fluren: $g > 0,025$

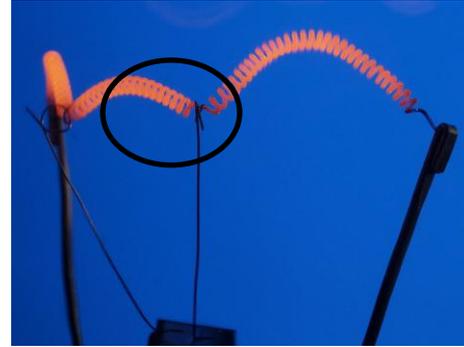
Die „gute alte“ Glühlampe



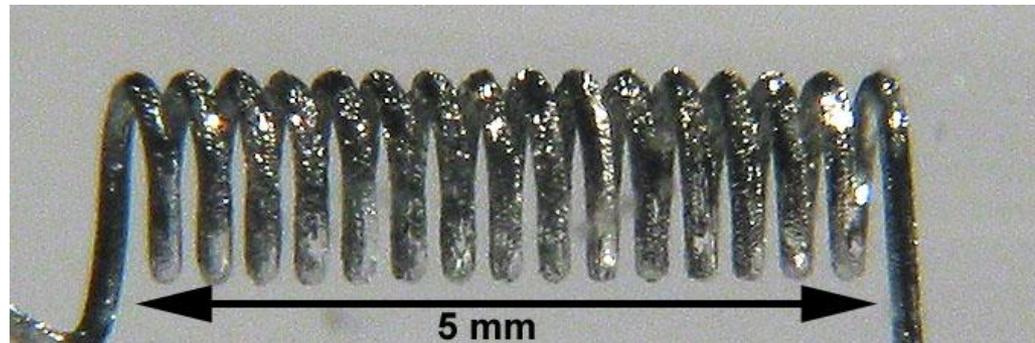
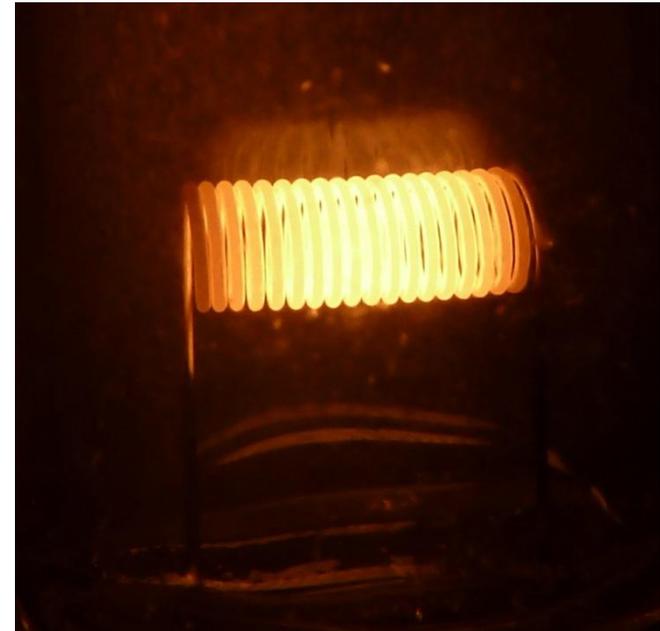
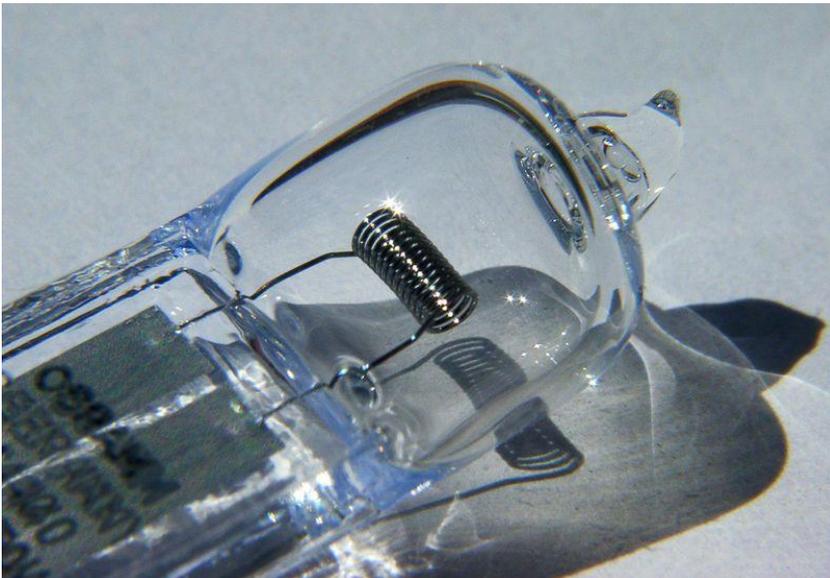
Kohlefadenlampe



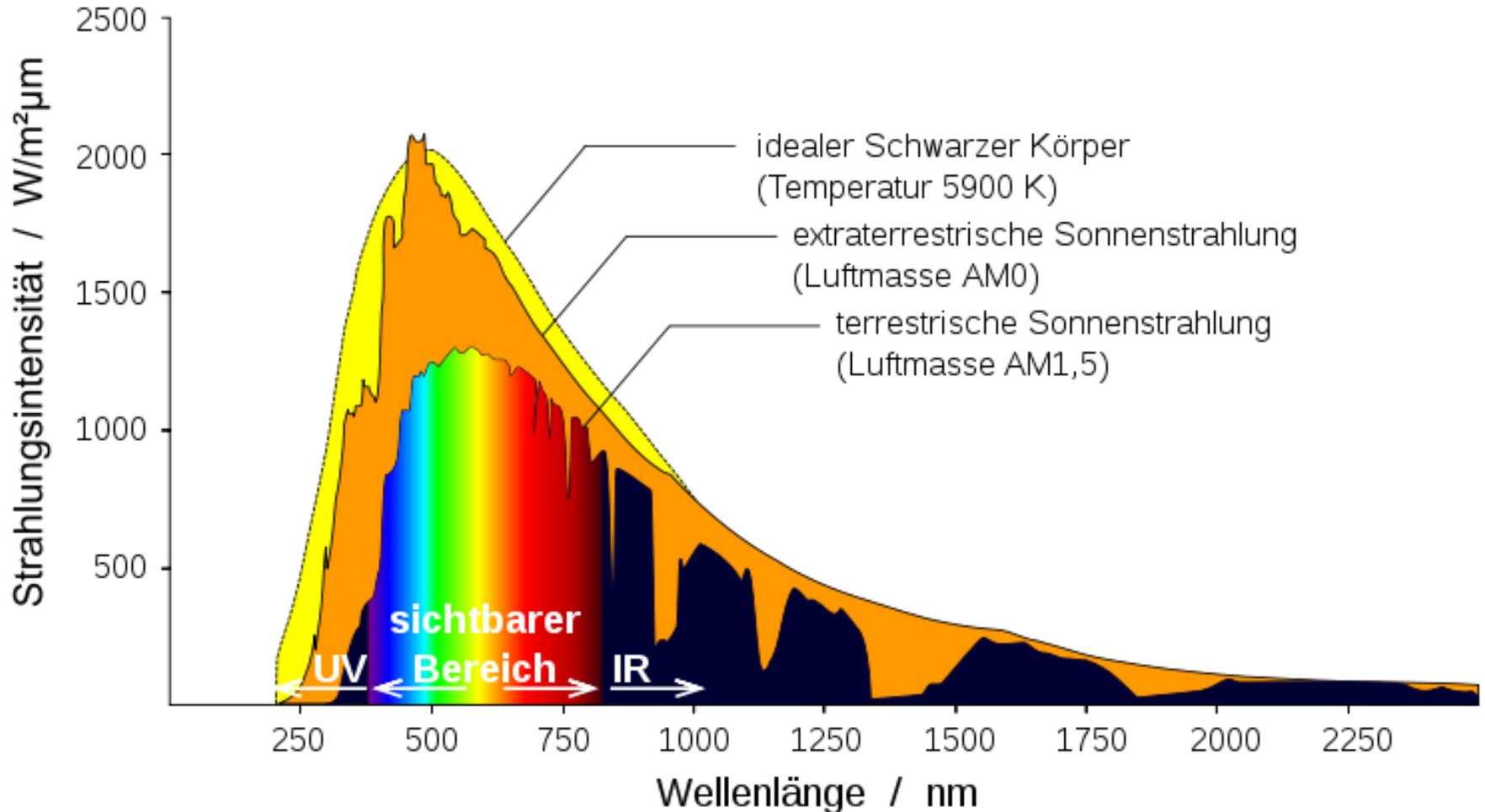
AGL 40W klar



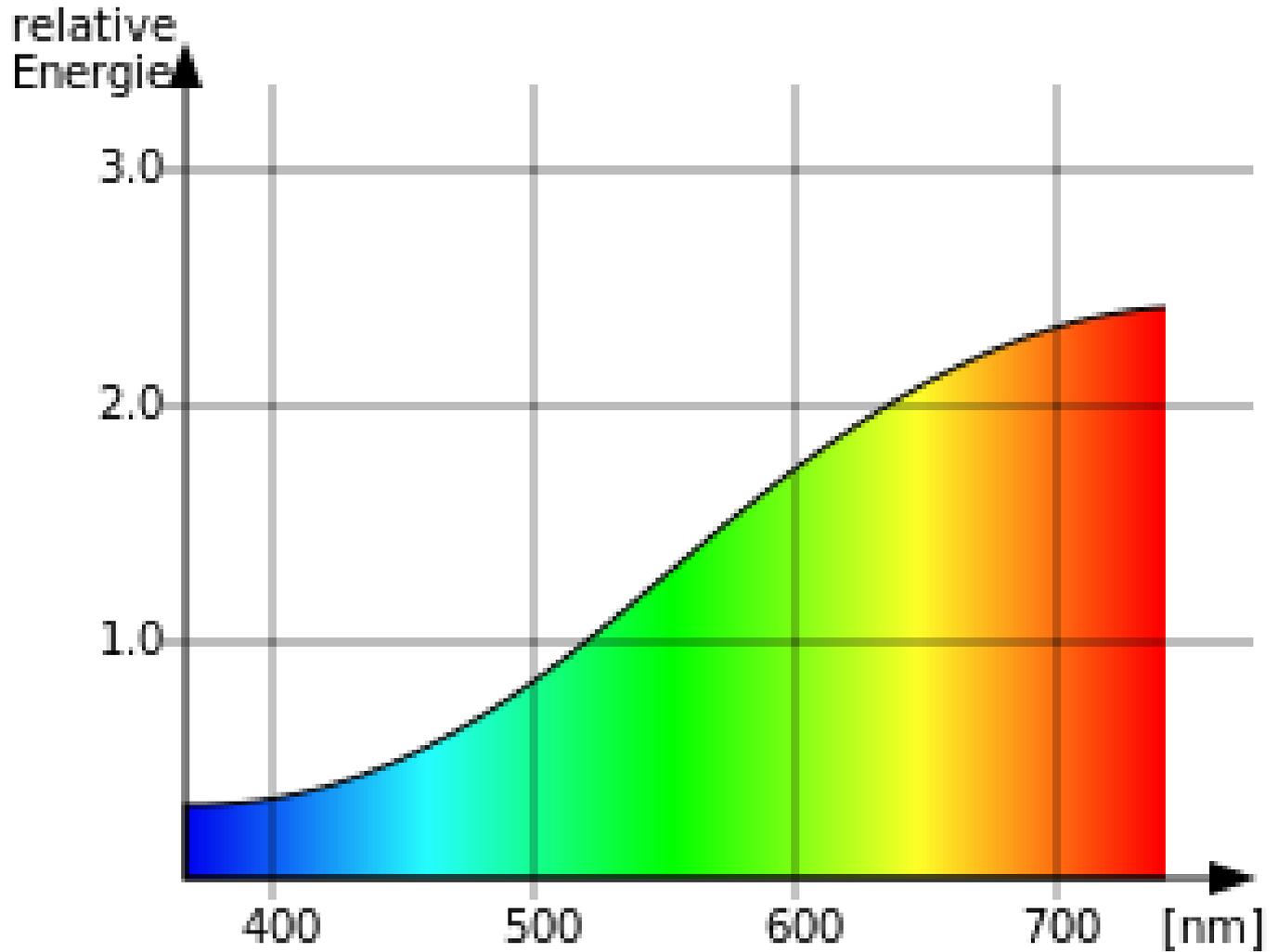
NV-Halogenlampe



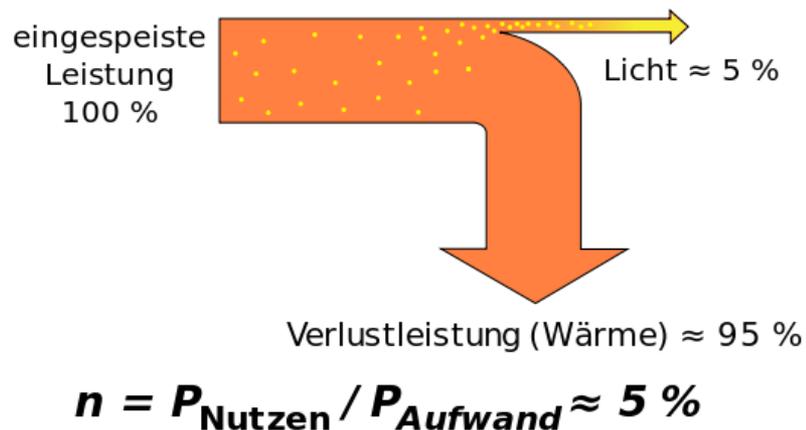
Sonnenspektrum als Vergleich



Vollspektrum des Glühfadens



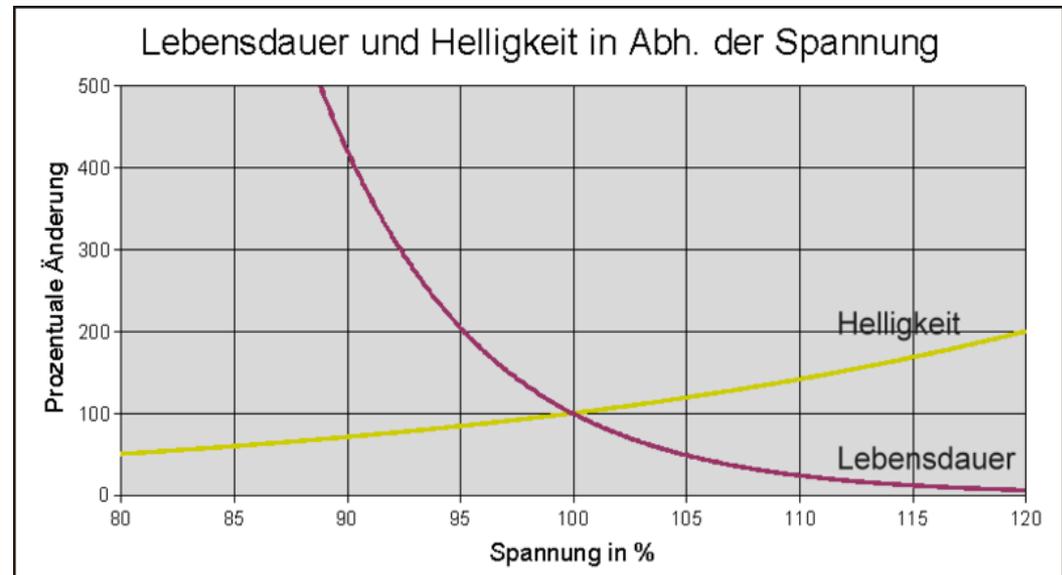
Effizienz der Glühfadenlampe



Das Glühlampenkartell 1924:

Das **Phoebuskartell** war ein Gebiets-, [Normen-](#) und [Typenkartell](#), das im Dezember 1924 in [Genf](#) von den international führenden Glühlampenherstellern gegründet wurde. Ziel war unter anderem, den technisch bedingten Kompromiss zwischen hoher Lebensdauer und hoher Lichtausbeute von [Glühlampen](#) zugunsten höherer Verkaufszahlen festzulegen (auf 1.000 Stunden). Das [Kartell](#) existierte nachweislich bis mindestens 1942.

Der Name leitet sich von der 1926 in Genf eingetragenen Firma *Phoebus S.A. Compagnie Industrielle pour le Développement de l'Éclairage* ab, an welcher die Kartellmitglieder Anteile gemäß ihren Marktanteilen hielten.



Leuchtstofflampen

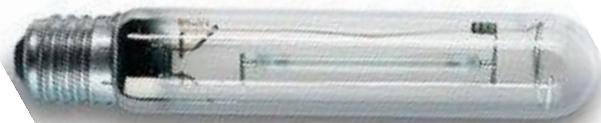
Innenbeschichtete Glasröhren oder Kolben mit ionisierender Gasstrecke, beim Start angetrieben durch Glühfäden



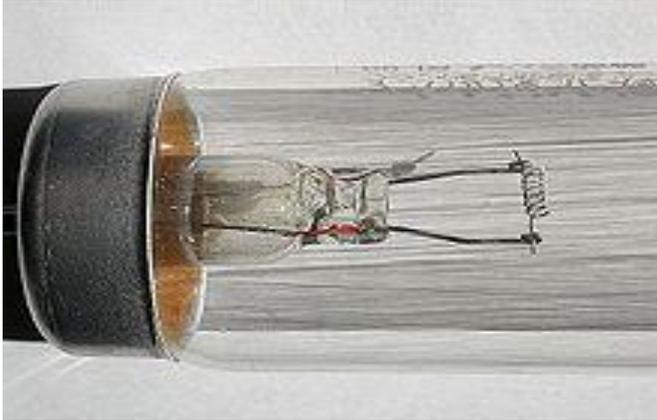
... und als Induktionslampe magnetisch angetrieben



Plasmastrahler ohne Leuchtstoff:
Halogenmetall Dampf / Natriumdampf



Leuchtstofflampe Typ L



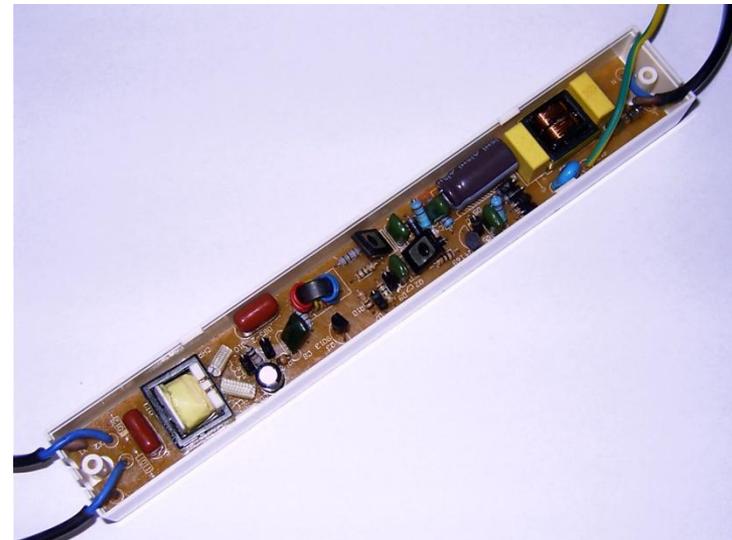
Glühelektrode,
Glasröhre hier unbeschichtet

Induktives Vorschaltgerät („Drossel“)

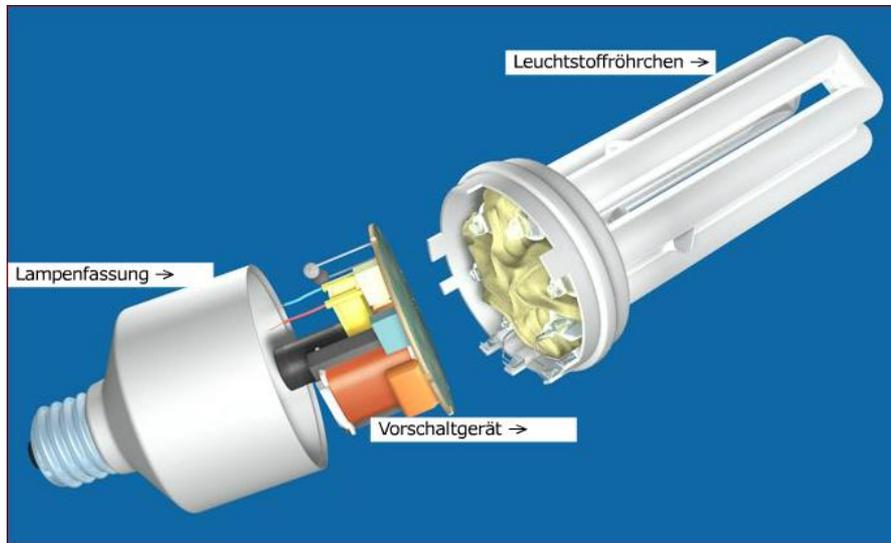


Einfacher Glimmstarter

Elektronisches Vorschaltgerät

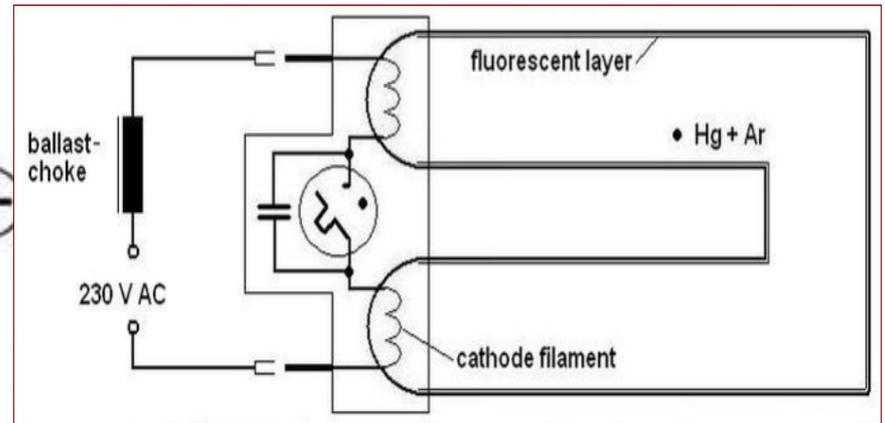
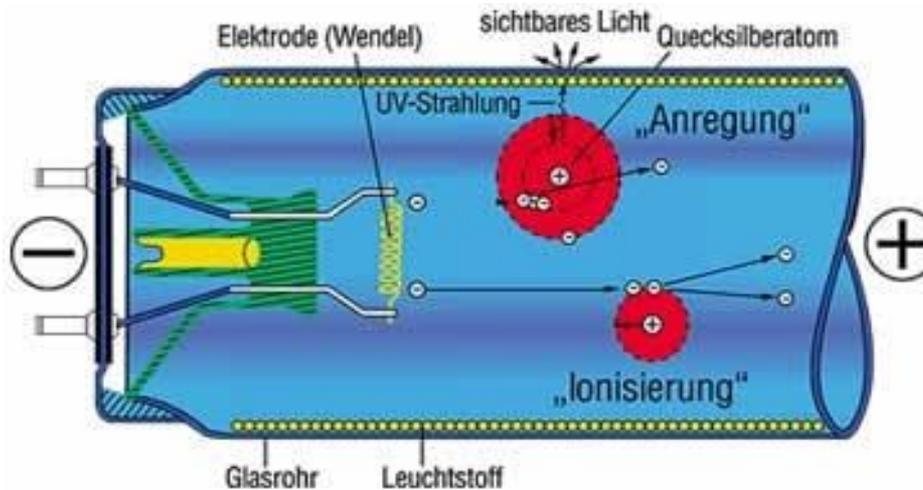


Kompaktleuchtstofflampen



Alle „Energiesparlampen“ bestehen aus Fassungssockel mit (elektronischem) Vorschaltgerät und Glasrohr mit Quecksilberfüllung und Leuchtschicht. Das Lebensdauerende wird durch die Elektronik-Komponenten und die Glühfäden bestimmt.

Funktionsprinzip von Leuchtstoffröhren



In den Leuchtstoffröhren befindet sich Quecksilberdampf. Nach dessen Ionisierung senden die durch Elektronen angeregten Quecksilberatome ultraviolettes Licht (UV-Licht) aus.

Das nicht sichtbare UV-Licht wird von einer Leuchtstoffschicht auf der Glasinnenseite in sichtbares Licht umgewandelt - je nach Leuchtstoff in einer anderen Lichtfarbe.

Ein Vorschaltgerät sorgt für den richtigen Lampenstrom und die passende Ionisationsspannung (ca. 100V).

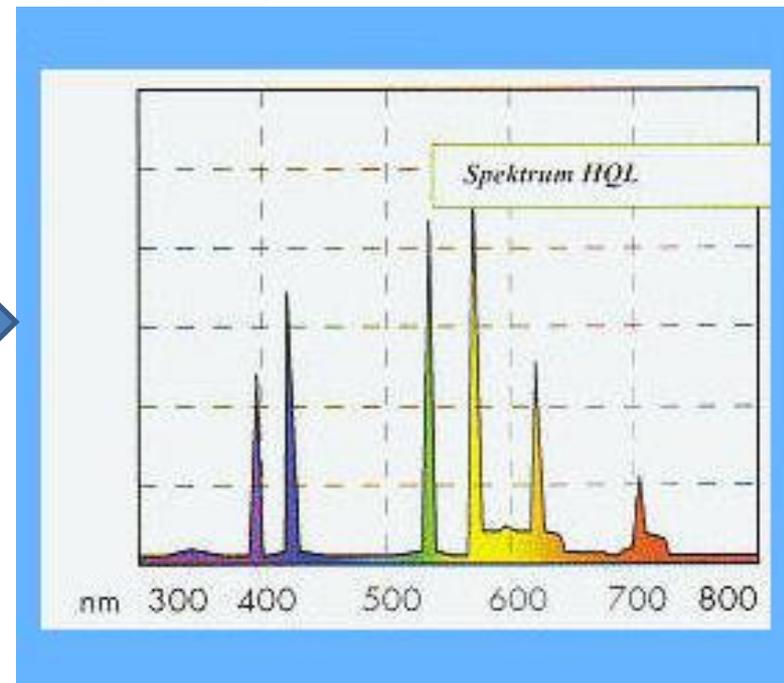
HQL-Lampe

Seit > 60 Jahren am Markt
Straßenbeleuchtung
Industriebeleuchtung
Weiß-blaue Lichtfarbe, ggfs.
Anpassung über Farbschicht



HQL125W Lichttechnische Daten

Nennlichtstrom	6300 lm
Farbtemperatur	4100 K
Farbwiedergabestufe	3
Bemessungslichtstrom	6000 lm
Farbwiederg.ind. Ra	47
Leuchtdichte	7 cd/cm ²
Bemessungs-LLMF bei 2.000 h	0.92
Bemessungs-LLMF bei 4.000 h	0.88
Bemessungs-LLMF bei 6.000 h	0.85
Bemessungs-LLMF bei 8.000 h	0.80
Bemessungs-LLMF bei 12.000 h	0.78
Bemessungs-LLMF bei 16.000 h	0.77
Bemessungs-LLMF bei 20.000 h	0.75



Mit Beginn des Jahres 2015 tritt
das Verbot der HQL-Lampe in Kraft.

LED-Lampen

LED-Lampen = austauschbares Leuchtmittel: hier also „Retrofit“
LED-Leuchten = nicht austauschbare, fest eingebaute LED



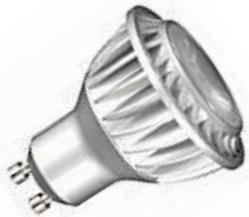
E27-10W-760lm > 76lm/W



AR111-12W-750lm > 62lm/W



E27-20W-1.900lm > 95lm/W

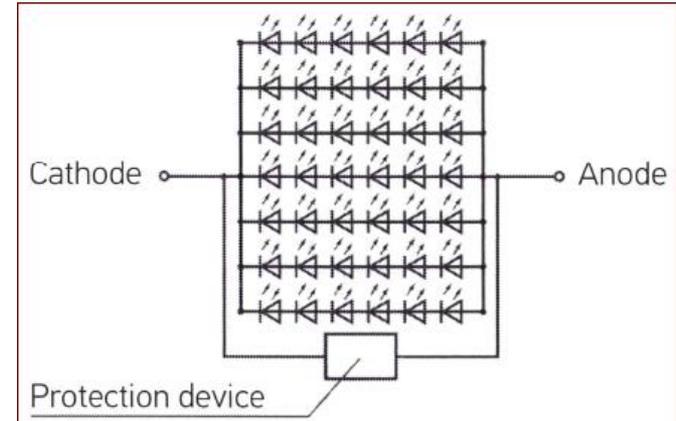
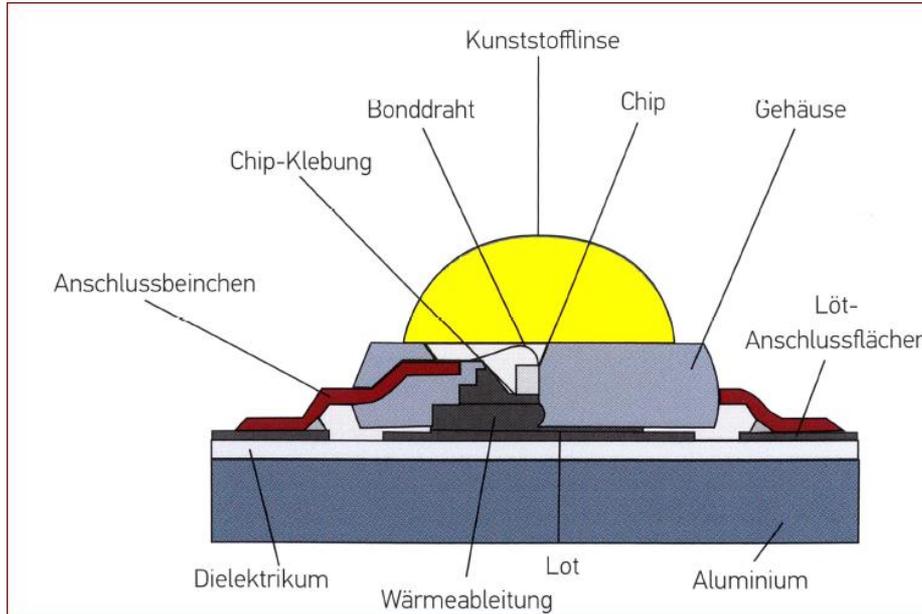


GU10-4,5W-180lm > 40lm/W

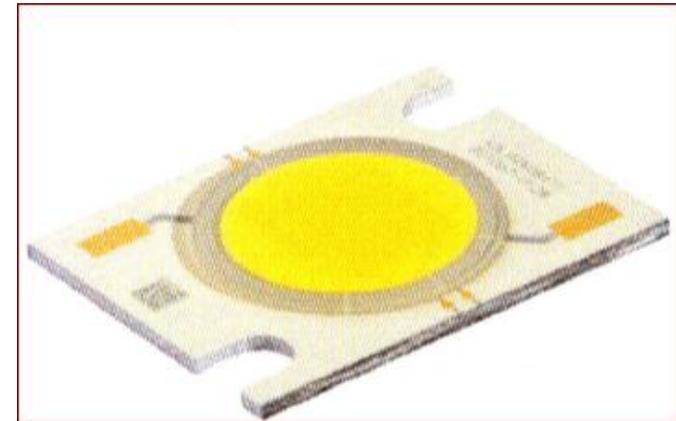
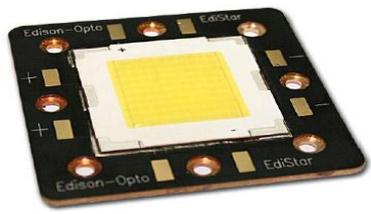
TL-Form bis 110lm/W, 1seitige Anstrahlung 120° - 180°
z.B. 288 SMD LEDs, 22W mit 2.600lm = 118lm/W ersetzt 58W TL



LED-Element



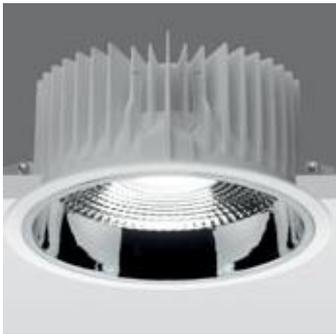
Aufbauschema der 8 W-Variante:
Erhöhung der Lichtleistung durch
Mehrchiptechnik



LED-Leuchten im Bürobereich

2012:

Iguzzini Einbau-Downlight
20W 2.000lm = 100lm/W



2014

ERCO Stromschiene-Spot
48W 6.000lm = 125lm/W



2010:

Nimbus Pendelleuchte L196
40W 3.000lm = 75lm/W



Normung bei LED



Das Zhaga Konsortium strebt eine Standardisierung von LED-Lichtquellen "LED-Light Engines" (LE) der unterschiedlichen Hersteller an. Mitglieder der weltweit agierenden Kooperation sind Leuchten- und Lampenhersteller, LED-Komponentenhersteller und sonstige Lieferanten der Beleuchtungsindustrie.

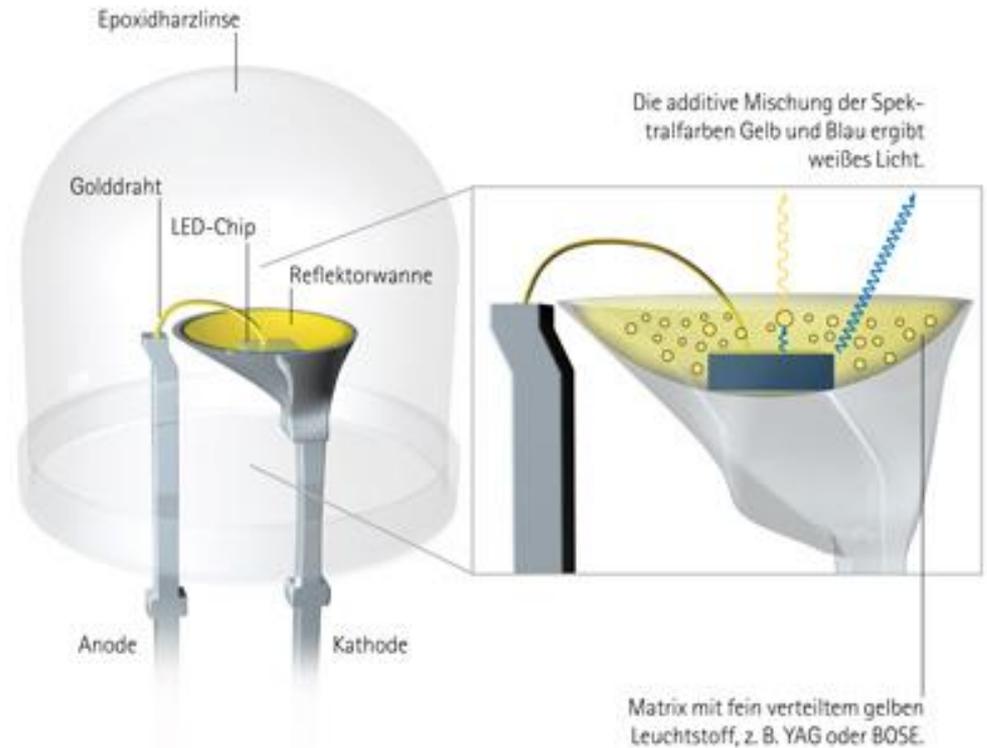
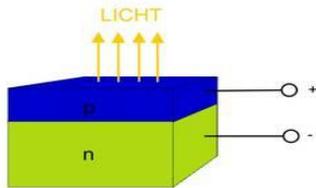
Rating

Die Qualitätsmerkmale sind aktuell noch nicht universell und zuverlässig vergleichbar

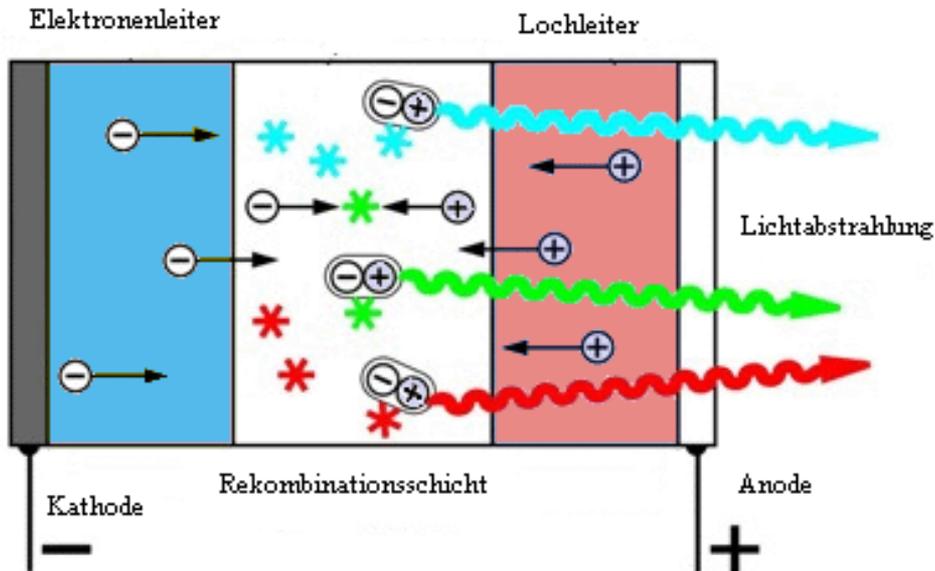
- Effizienz als lm/W für das Gesamtsystem oder nur die LE?
- Lebensdauer bei welchen wo gemessenen Temperaturen
- Farbwiedergabe bei Dimmung
- Weiß-Wert / Farbtemperatur

LED-Funktion

Eine Leuchtdiode (LED) besteht aus einem Kristall (z.B. Silizium) mit den Halbleiterschichten p und n. Der Halbleiter der p-Schicht wurde so dotiert, dass er viele Löcher (fehlen von Elektronen) aufweist. Im Gegensatz dazu steht der Halbleiter der n-Schicht, der über einen Elektronenüberfluss verfügt. Die Grenzschicht zwischen den beiden Schichten ist neutral und dementsprechend eine Barriere. Die Elektronen überschreiten diese Grenze, wenn eine genügend große Spannung angelegt wird und rekombinieren dann mit den Löchern auf der p-Schicht, wobei elektromagnetische Energie freigesetzt wird. Diese wird als Photonenstrom sichtbar und hat je nach Halbleitermaterial eine bestimmte Wellenlänge. Von einer dotierten Phosphor-Beschichtung werden diese in andere Wellenlängen / Lichtfarben umgewandelt.



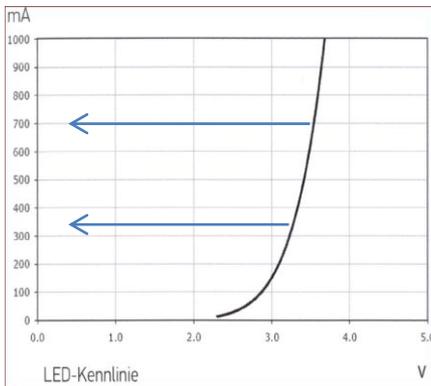
Besonderheit „OLED“



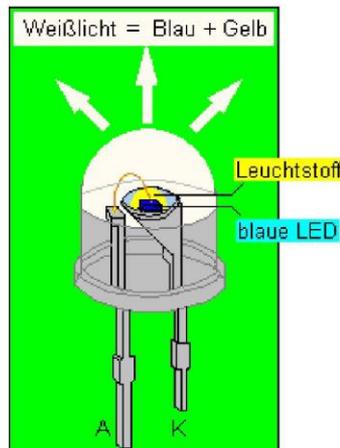
Bei einer organischen oder polymeren LED wird der Halbleiter-Kristall durch ein Polymer ersetzt. Die Polymer-Schicht besteht aus einem Lochleiter und einem Elektronenleiter. Auf einem transparenten Substrat wird die Anode (meist aus Indium-Zinn-Oxid, ITO) aufgebracht, auf dieser dann die entsprechende Anzahl von Schichten aus Polymer aufgetragen, welche durch die Kathode abgeschlossen wird. Die OLEDs sind beweglich wie Folien.

LED-Eigenschaften

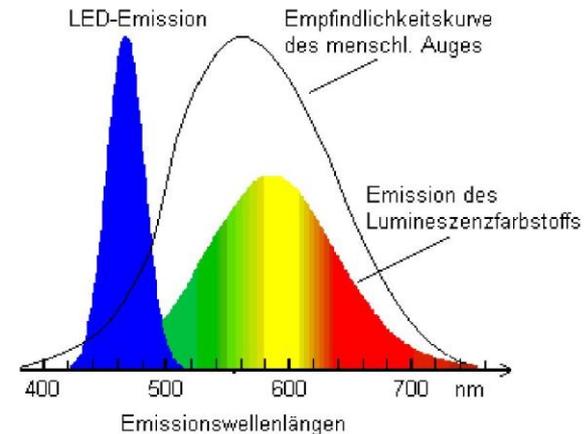
- Hohe Leistung auf kleiner Fläche, z.B. 3W auf 2mm²: Hotspot erfordert gute Wärmeableitung, schnelle Alterung / Leuchtkraftverlust durch hohe Temperatur: aktive Kühlung als Option
- Lichtfarbe monochrom rot-grün-blau:
- weiß durch Dotierungsmischung in der LED erfordert extreme Präzision: Das „Binning“ kennzeichnet die Auswahl der fertigen Lichtfarbe: Reproduzierbarkeit als Problem
- Alternative für weißes LED-Licht: Coating der LED = Beschichtung mit Lumineszenzstoffen
Nachteil: Abschirmung / Effizienzeinbuße
- Einfache Farbsteuerung über RGBW-Mischung; aber: notwendiger Abstand für gleichmäßige Mischung, einzelne Lichtpunkte statt heller Fläche: Abhilfe durch streuende Vorsatztische



- Steile Strom-Spannungs-Kennlinie der LED erfordert exakte Steuerung der Versorgungseinheit

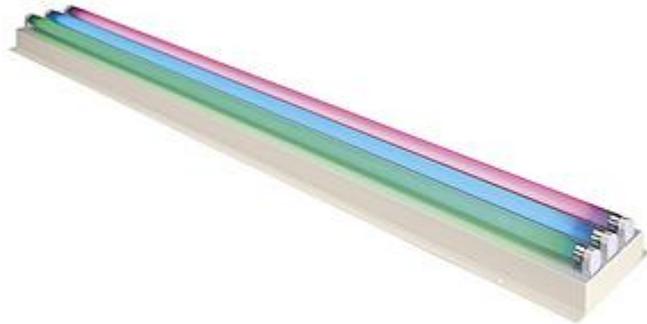


- Flexibel anzuordnen mit sehr kleinem Platzbedarf



- Monochromes Licht, Umwandlung durch Coating

Farb-Anwendung



L-Röhren T8: RGB Modul 3x36 W für Universaleinsatz
Gesamt 7.700lm (R:2400 + B:900 + G:4400)
Länge 123 cm Breite 19 cm Höhe 9 cm
Spannung 230 Volt, Leistung 108 Watt
Effizienz 72 lm/W



LED RGB-Modul mit 7 LED,
Gesamt 60lm,
D=45mm, H=15mm, anreihbar
Spannung 24V, Leistung 1,4W
Effizienz: 2005: 42 lm/W, 20013: 90lm/W

Farbwiedergabeindex einiger Lampen

Glühlampe	bis 100
LED, weiß (Stand 2010)	80...95
Leuchtstofflampe	50...90
Leuchtstofflampe, weiß	70...84
Leuchtstofflampe, weiß de Luxe	85...100
Halogen-Metaldampflampe	60...95
Natriumdampf-Hochdrucklampe, warmweiß	80...85
Quecksilberdampf-Hochdrucklampe	45
Natriumdampf-Hochdrucklampe, Standard	18...30
Natriumdampf-Hochdrucklampe, farbverbessert	60
Natriumdampf-Niederdrucklampe	44

Die 14 Testfarben nach DIN 6169



Indexwerte:

R_a = CRI: allgemeiner Farbwiedergabeindex, ermittelt aus dem Ergebnis von 8 aus 14 Testfarben

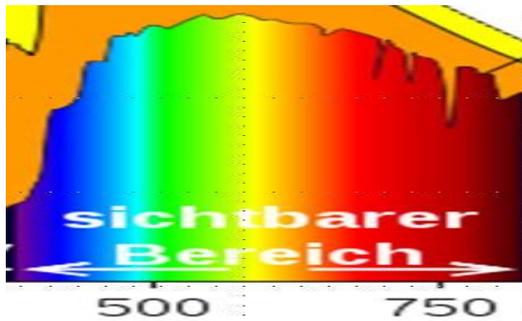
bedingt gleiche Farben



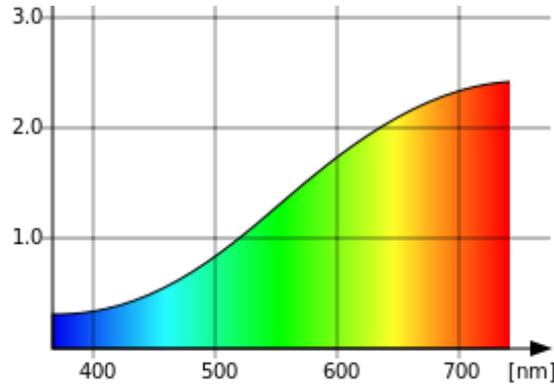
Mit zwei metameren (bedingt gleichen) Farben lackierte Blechhälften zeigen einen gleichen Farbeindruck unter tageslichtähnlicher [Lichtart](#) D65 (links); unter Lichtart A (Mitte) erscheint die obere Blechhälfte rötlicher, unter Lichtart TL84 (rechts) ist dies die untere Blechhälfte

Vergleich der Farbspektren

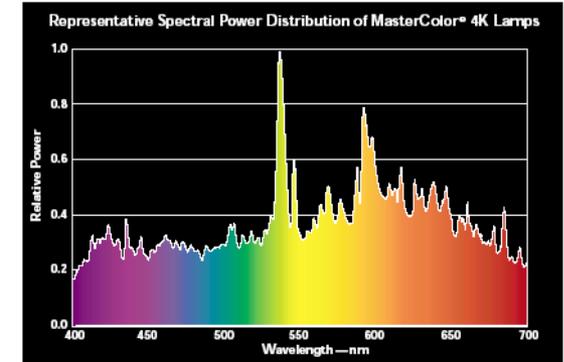
Tageslicht



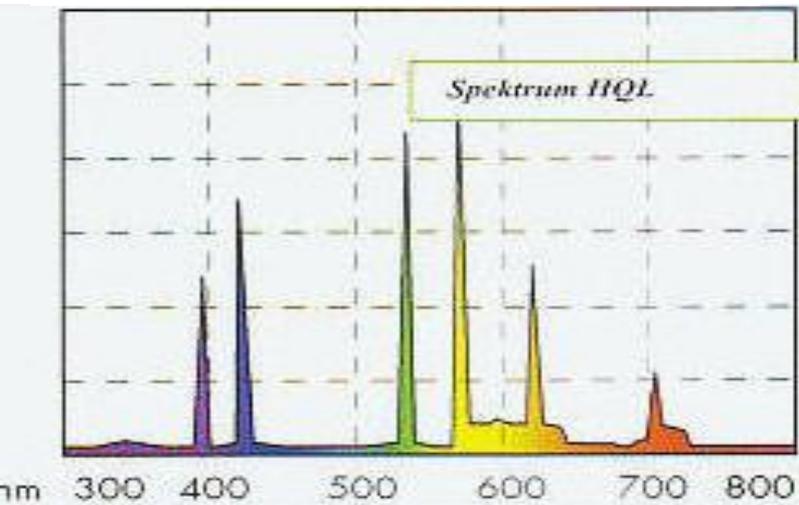
Glühfadenlampe



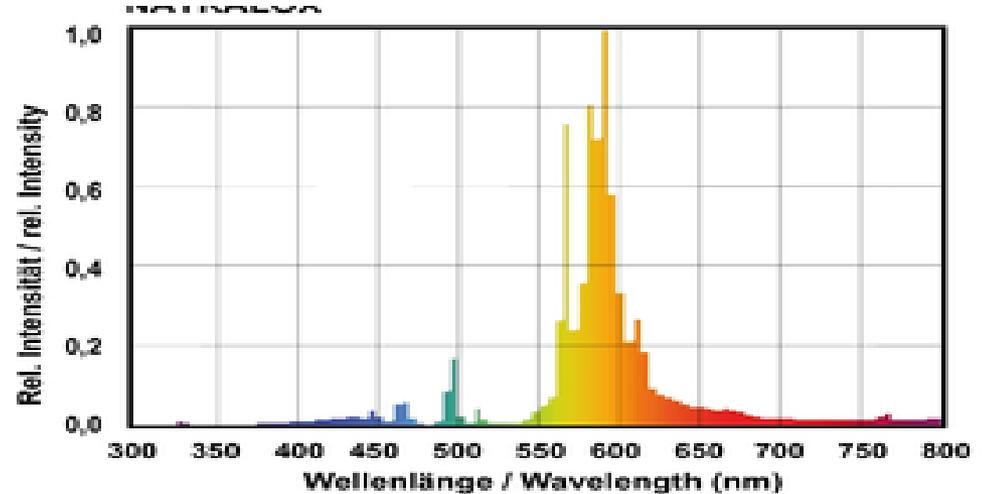
Halogenmetaldampfampe (HIT)



Quecksilberdampfampe (HQL)



Natriumdampfampe (HPS)



Effizienzvergleich (2010)

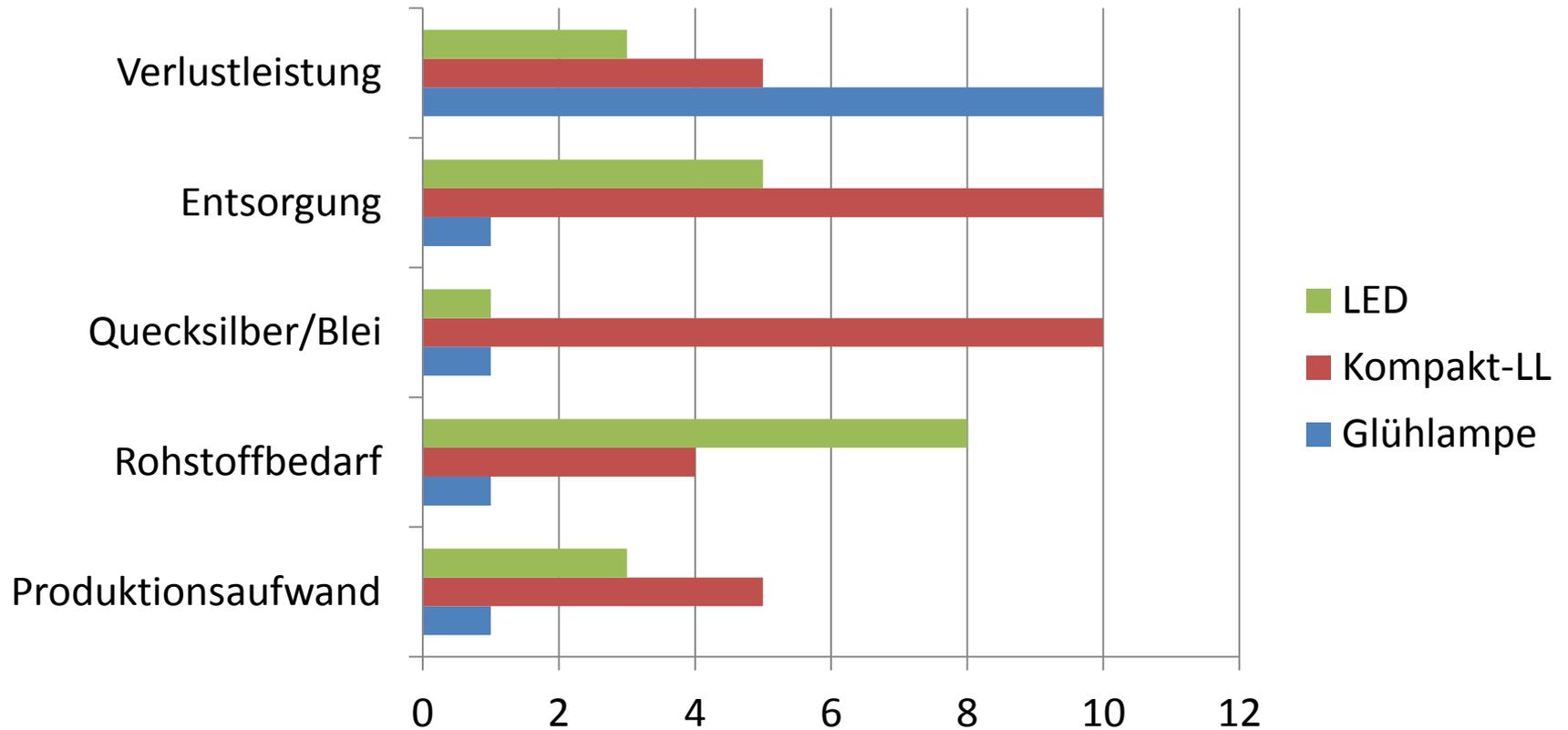
Typ	Lichtausbeute [lm/W]	Lebensdauer [h]	Ra	Startzeit
Glühlampe	5 .. 16	750 .. 1000	>90	Sofort
Halogenlampe ¹	14 .. 25	25 .. 4000	>90	Sofort
weiße Leuchtdiode	10 .. 100 ²	.. 100.000	90	Sofort
Energiesparlampe	35 .. 75	8000 .. 15000	>82	schnell
Leuchtstofflampe	50 .. 105	8000 .. 20000	80 .. 100	schnell
Kaltkathodenröhre	40 .. 80	30000 .. 50000	>90	schnell
Halogenmetaldampf	60 .. 100	9000 .. 15000	90	3 min ³
Hochdruck-Quecksilberdampf	30 .. 60	10000	45 .. 58	5 min ³
Natriumhochdruck	70 .. 150	20000 .. 32000	25 .. 40	8 min ³
Natriumniederdruck	100 .. 200	12000 .. 18000	25	15 min ³
Induktionslampe	80 .. 100	50.000 .. 100.000	80 .. 89	schnell

*1: Große Bandbreite von Lampenausführungen und Betriebsspannungen

*2: Gebrauchs-LED; Laborwerte > 150 (Stand 2012)

*3: Startzeit abhängig von Zeitabstand zu vorheriger Einschaltung, Umgebungstemperatur und Lampentyp/-fabrikat

Öko-Aspekte als Rating

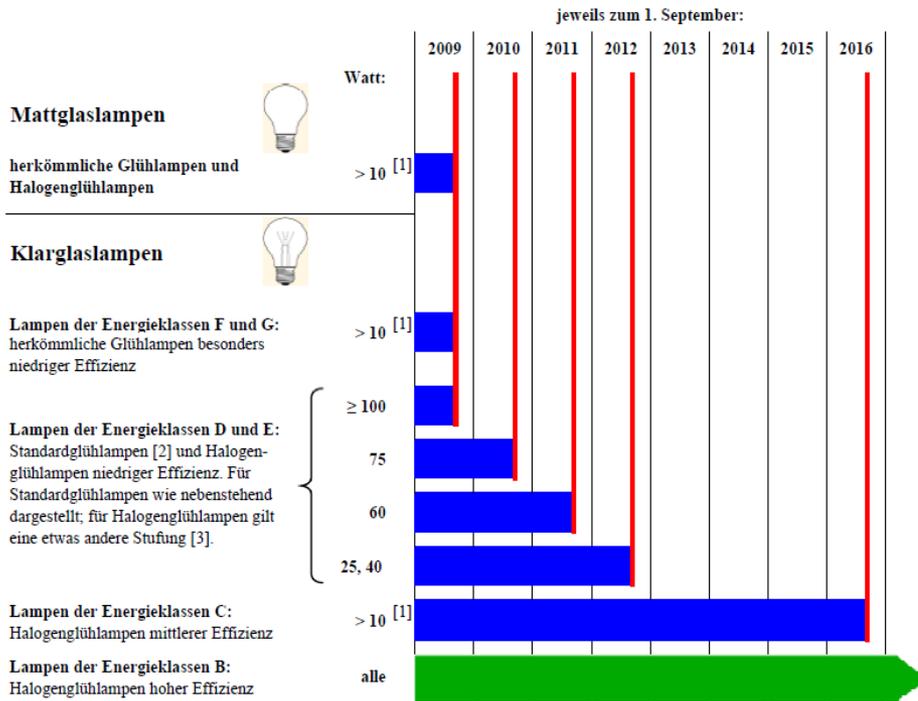


EU-Richtlinien

Ökodesign-Richtlinie 2005/32/EG

<http://www.umweltbundesamt.de/themen/wirtschaft-konsum/produkte/oekodesign>

Das Aus für Glühlampen



Das Aus für Energiesparlampen (ESL) wegen Quecksilberinhalt

Zeitpunkt	Details
31.07.2014	Verbot von quecksilberhaltigen ESL mit einer Leistung von >15 Watt
01.01.2015	Verbot von quecksilberhaltigen ESL mit einer Leistung von >10 Watt
01.01.2016	Verbot aller quecksilberhaltigen ESL
01.01.2017	Verbot wird auf neuartige ESL auf Amalgambasis ausgedehnt

Literaturhinweise

- „Arbeitsstättenrichtlinien (kostenlos)
Auf den Seiten der Berufsgenossenschaften
- „Beleuchtung im Büro“ (kostenlos)
Hilfen für die Planung der künstlichen Beleuchtung
in Büroräumen,
VBG-Fachinformation BGI856
<http://publikationen.dguv.de/dguv/pdf/10002/bgi856.pdf>
- „Beleuchtungsplanung“ (kostenlos)
Lichttechnik – Elektrotechnik
Trilux technische Information
http://www.trilux.com/uploads/media/Handbuch_Beleuchtungspraxis_Innenbeleuchtung.pdf
- DIN EN 12464 „Licht und Beleuchtung“ (kostet)
Teil 1: „Beleuchtung von Arbeitsstätten in
Innenräumen,“ ersetzt als europäische
Beleuchtungsnorm seit März 2003 wesentliche
Teile der nationalen [DIN 5035](#).

SP 2.4 (BGI 856)

Beleuchtung im Büro

Hilfen für die Planung von Beleuchtungsanlagen
von Räumen mit Bildschirm- und Büroarbeitsplätzen



litg
Deutsche Lichttechnische Gesellschaft e.V.
www.litg.de

VBG
Ihre gesetzliche Unfallversicherung
www.vbg.de