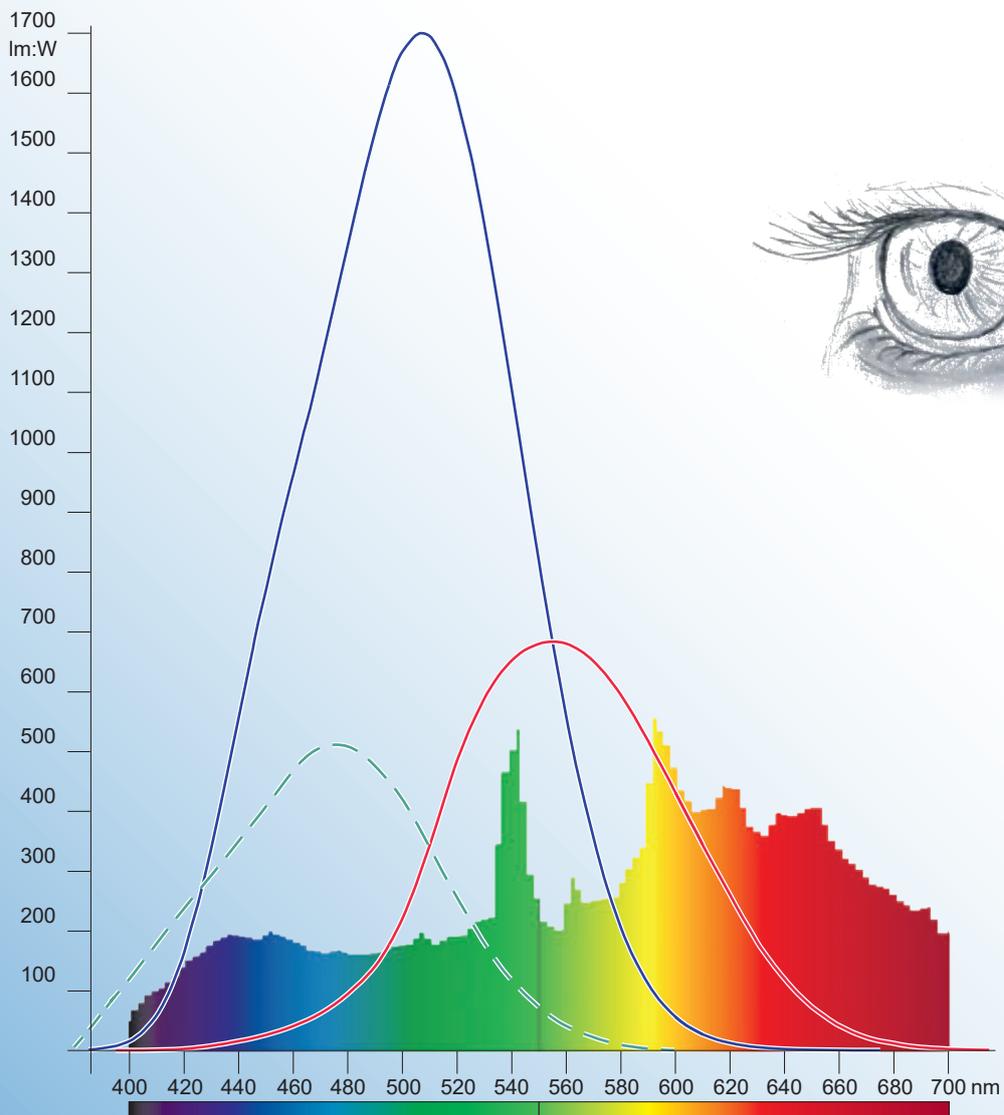




hauber & graf
Kompetenz in Licht

SEHEN



.... VERSTEHEN



Inhaltsverzeichnis

Das Unternehmen-----	03
Licht beeinflusst unser Leben -----	04
Die Sonne-----	06
Das Auge-----	08
Biologisches Sehen -----	10
Bewertung von künstlichen Lichtquellen-----	12
Entwicklung künstlicher Lichtquellen -----	14
Retrofit - Austauschlösungen - auf Basis LED -----	20
Retrofit - Austauschlösungen - auf Basis HID -----	22

Literaturhinweise und zu empfehlende Literatur

1. Dr. Th. R. Klett: effektive Lichtempfindlichkeit und Lichtwerte
2. Lange: Handbuch für Beleuchtung
Verlagsgruppe Hüthig Jehle Rehm GmbH 2004
3. Licht.wissen 19: Wirkung des Lichts auf den Menschen
www.licht.de 2016
4. Hans Rudolf Ris: Beleuchtungstechnik für Praktiker
VDE Verlag GmbH - 2008
5. Hans-Jürgen Hentschel: Licht und Beleuchtung
Hüthig GmbH & Co. KG Heidelberg - 2002
6. Dr. Th. R. Klett: History of Lighting / Geschichte der Lichttechnik
7. Dr. Roland Heinz: Grundlagen der Lichterzeugung
Highlight Verlagsgesellschaft mbH Rülthen - 2004
8. Dipl.-Ing. Stefan Fassbinder – Lichttechnik für Meister Deutsches Kupferinstitut - 2014

Technische Änderungen vorbehalten.

Das Unternehmen

Die Firma Hauber & Graf GmbH mit Sitz in Steinheim an der Murr ist seit mehr als 20 Jahren in der Beleuchtungsbranche als Lichtspezialist bekannt.

Nationale und internationale Hersteller von Bauelementen sind unsere Partner. Als Produzent bieten wir unseren Kunden anspruchsvolle und wirtschaftliche Lichtlösungen vom Entwurf bis hin zum fertigen Produkt – aus einer Hand.

Wir stehen für:

- innovative Beleuchtungslösungen
- intelligente Beleuchtungslösungen
- zuverlässige Beleuchtungslösungen
- wirtschaftliche Beleuchtungslösungen

und wir maximieren den Nutzen für Sie.



Hinweis

Diese Broschüre soll einen ersten Eindruck in das komplexe Gebiet Licht – Farbe – Sehen geben. Sie richtet sich an den Pragmatiker vor Ort und an den interessierten Laien.

Wer sich intensiver mit dem Thema befassen möchte, den verweisen wir auf die einschlägige Literatur. Zudem handelt es sich bei der Broschüre um einen Versuch, dieses Thema näher zu bringen.

Der eine oder andere Fehler kann vorhanden sein. Für konstruktive Kritik sind wir immer sehr dankbar und werden sie bei den nächsten Ausgaben berücksichtigen.

Licht beeinflusst unser Leben

4,3 Mrd. Jahre alt ist unsere Erde. Seit dieser Zeit dreht sie sich täglich einmal um ihre eigene Achse und einmal jährlich um die Sonne. Je nach Tages- und Jahreszeit ist sie in unterschiedlicher Intensität den Sonnenstrahlen ausgesetzt, die in Form von elektromagnetischen Wellen auf unsere Erde einstrahlen.

Solche Wellen sind z. B. Röntgenstrahlen, Ultrakurzwellen (UKW), Langwellen. Sie breiten sich mit einer Geschwindigkeit von 300.000 km/s aus (exakt 299.792 km/s = Lichtgeschwindigkeit). Sie werden entweder nach ihrer Frequenz (z. B. in Gigahertz) oder nach ihrer Wellenlänge (z. B. 1 nm = 10^{-9} m) unterschieden.

Elektromagnetische Wellen umfassen einen extrem weiten Bereich von Frequenzen bzw. Wellenlängen. Sie sind aber nur in einem sehr schmalen Bereich von 380 nm bis 780 nm (385 THz bis 788 THz) sichtbar. Dieser Bereich wird auch optische Strahlung genannt.

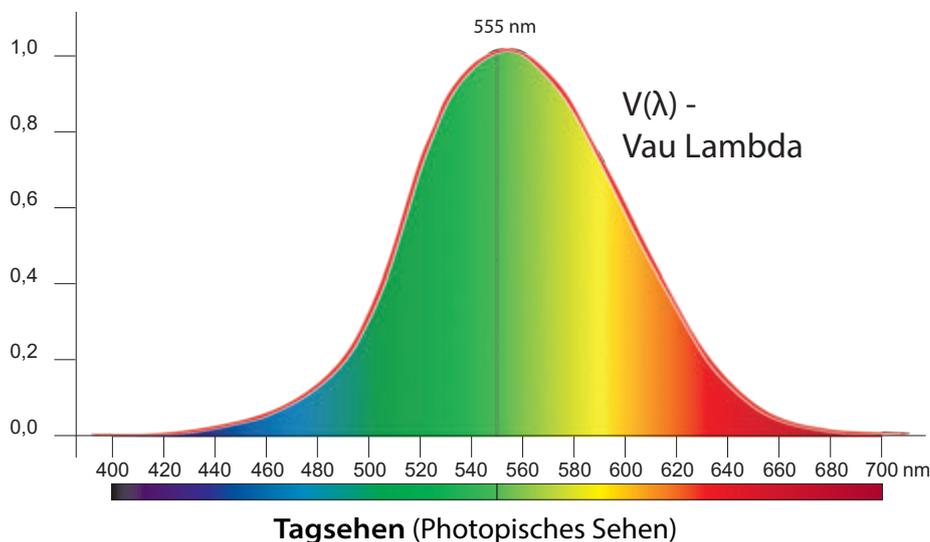
Was wir als SEHEN – LICHT – FARBE empfinden ist ausschließlich ein elektrophysiologischer Vorgang in unserer Netzhaut und unserem Gehirn.

Neben der Initiierung des Sehvorganges beeinflussen die Sonnenstrahlen maßgeblich z. B. unsere innere Uhr, unseren Hormonhaushalt, unsere Hautfarbe und die Festigkeit unserer Knochen.

Diese nicht-visuelle Wirkung des Lichtes ist aktuell ein Gegenstand intensiver wissenschaftlicher Untersuchungen.

Den Tag mit künstlichem Licht zu verlängern, war schon immer ein Bedürfnis der Menschen. Mit Lagerfeuer, Fackeln, Kerzen (Lichtausbeute ca. 0,1 lm/W) waren die Ergebnisse recht bescheiden.

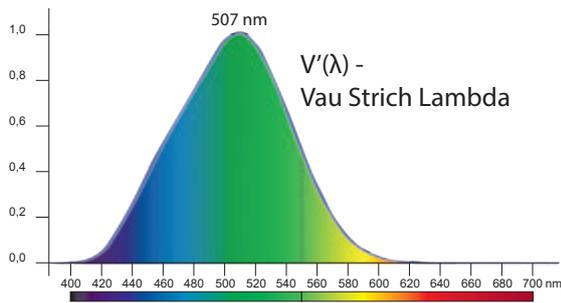
Seit dem Aufkommen der Elektrizität vor 150 Jahren ist es bis heute gelungen, die Nacht zum Tage zu machen. Seit dieser Zeit versucht die Wissenschaft das subjektive Empfinden des Sehvorganges modellhaft und mathematisch zu beschreiben.



1924 wurde in Paris die photometrische Normfunktion als CIE 1924 $V(\lambda)$ definiert. Diese Kurve zeigt den Bereich der optischen Strahlung von 380 nm bis 780 nm.

Sie zeigt ausschließlich die Hellempfindlichkeit des menschlichen Auges beim Tagsehen und beschreibt den **photometrischen Normalbetrachter**.

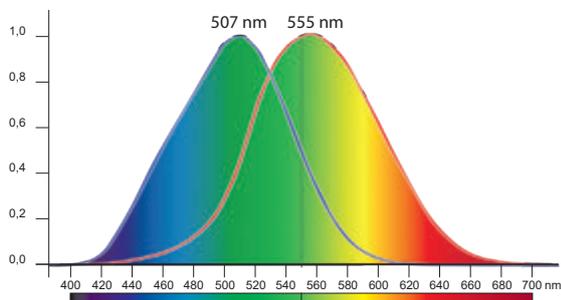
„Diese $V(\lambda)$ -Kurve ist bis heute die Basis aller lichttechnischen Kenngrößen und Messgeräte.“



Nachtsehen (Skotopisches Sehen)

Im Verlauf weiterer Forschungen wurde festgestellt, dass sich das Auge bei Nacht anders verhält als bei Tag. Und zwar nicht nur quantitativ – insofern, als unsere Augen bei Nacht empfindlicher werden – sondern auch qualitativ.

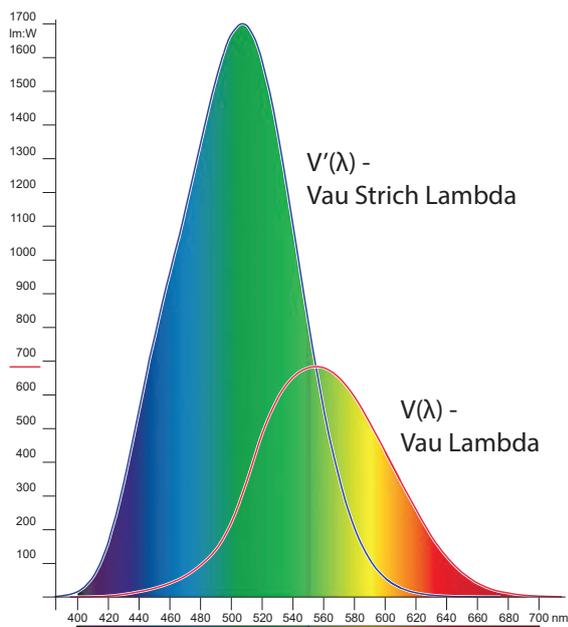
Die maximale spektrale Empfindlichkeit liegt beim Nachtsehen bei einer Wellenlänge von 507 nm (türkisgrün). Daraus entstand 1952 die $V'(\lambda)$ -Kurve für das Nachtsehen.



Relative Empfindlichkeit

Die bis heute gängige Darstellung zeigt beide Kurven zusammen als relative spektrale Empfindlichkeit mit Maximum 1.

Den Übergang vom Tagsehen zum Nachtsehen nennt man Dämmerungssehen oder mesopisches Sehen.



Effektive Empfindlichkeit

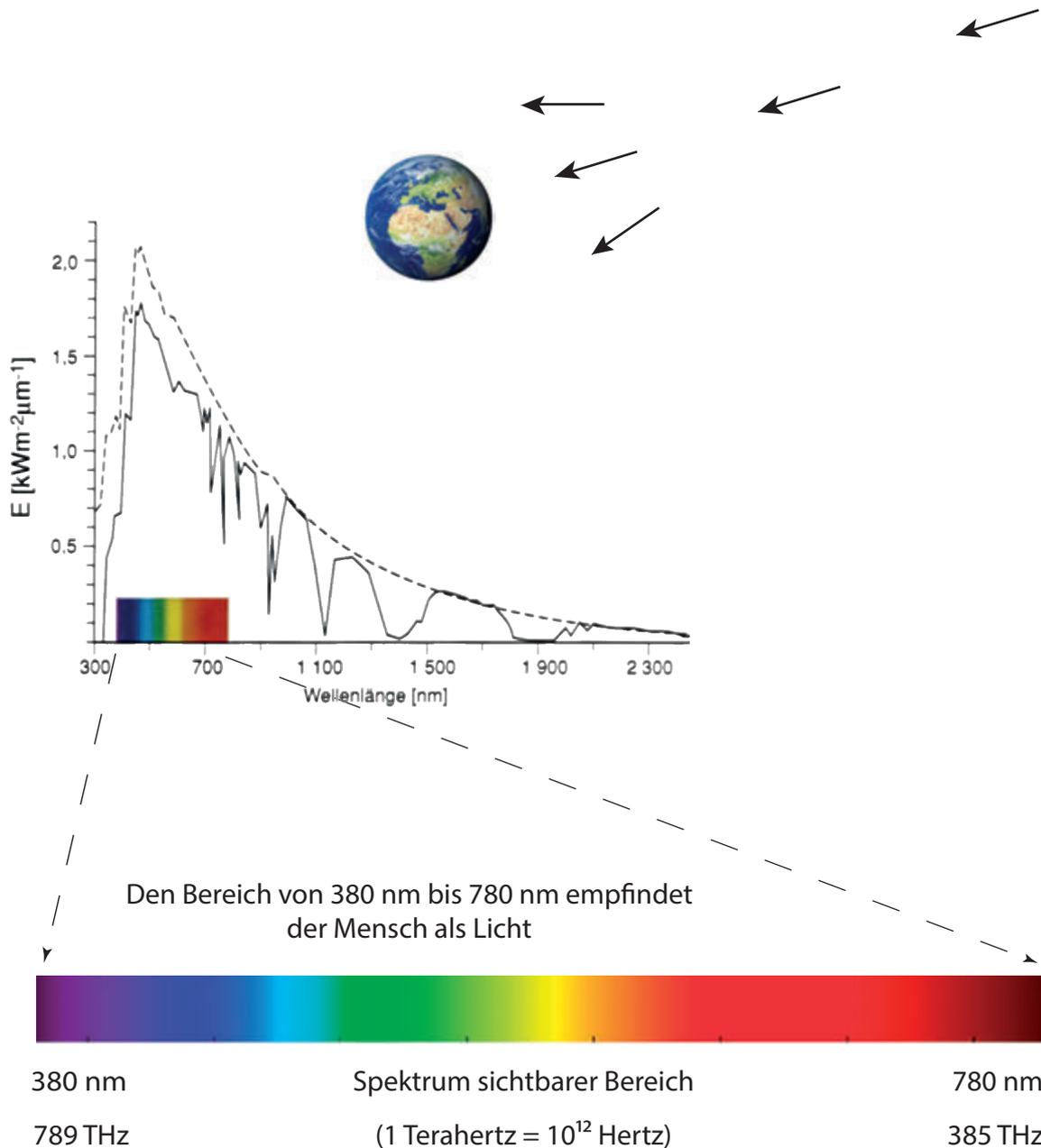
Tatsächlich sind die Stäbchen für das Nachtsehen circa 30 mal empfindlicher als die Zapfen für Tageslicht.

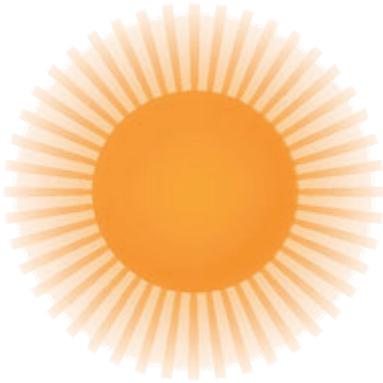
Um die Darstellung und das Verhältnis beider Kurven der Realität besser anzupassen, haben wir uns entschieden, bei dieser Broschüre die beiden Kurven mit der effektiven Empfindlichkeit zu zeigen.

Diese Darstellung entspricht der Definition durch die CIE.

Die Sonne

Die Sonne ist einer von 200 Milliarden (!!!!) Sternen in der Galaxie der Milchstraße. Bei Temperaturen von 4 bis 11 Millionen Kelvin findet in ihrem Inneren die Kernfusion von Wasserstoff in Helium statt. Für das Leben auf der Erdoberfläche ist sie der wichtigste Energielieferant.

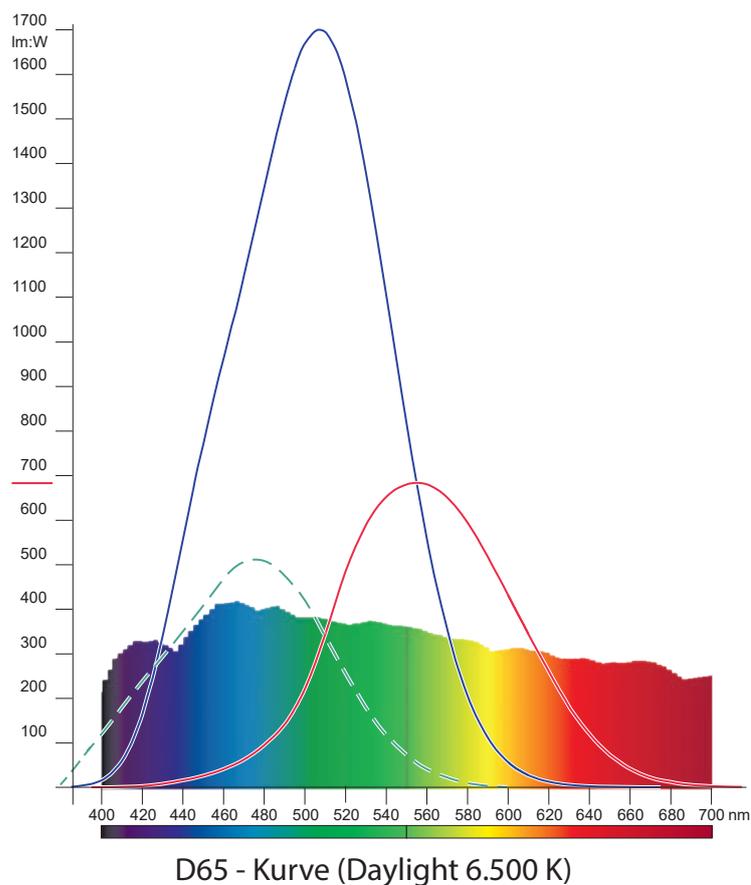


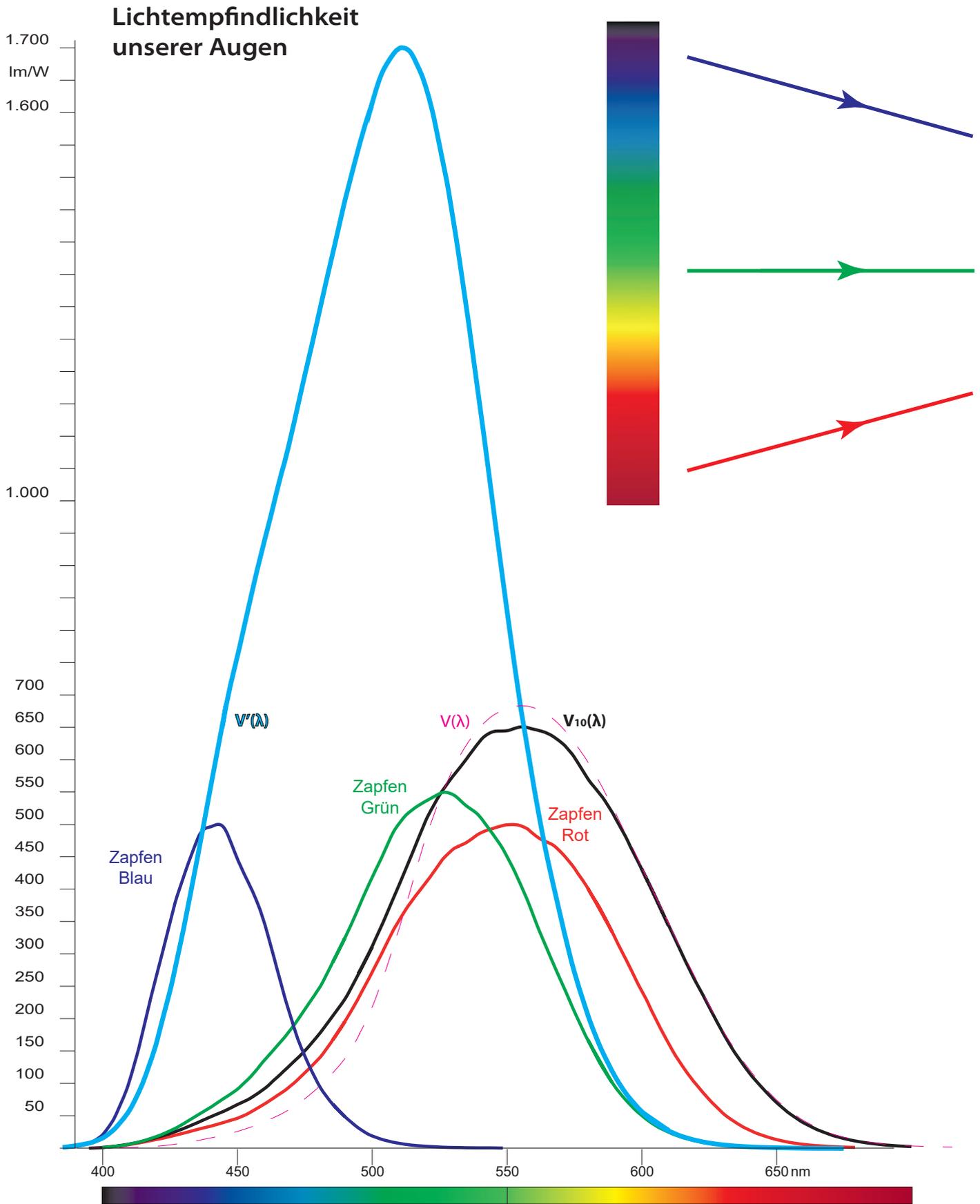


An der Oberfläche beträgt die Temperatur der Sonne „nur“ 5.778 Kelvin. Damit also hat die Sonne als Temperaturstrahler – sie strahlt einzig aufgrund ihrer hohen Temperatur Licht ab – eine Farbtemperatur von 5.778 Kelvin. Ein Teil dieser Sonnenstrahlung wird von der Ozonschicht und der Erdatmosphäre absorbiert. Diese Absorption ist jedoch nicht konstant, sondern von der Tageszeit abhängig. Um die Mittagszeit ist das Spektrum nahe dem Ideal.

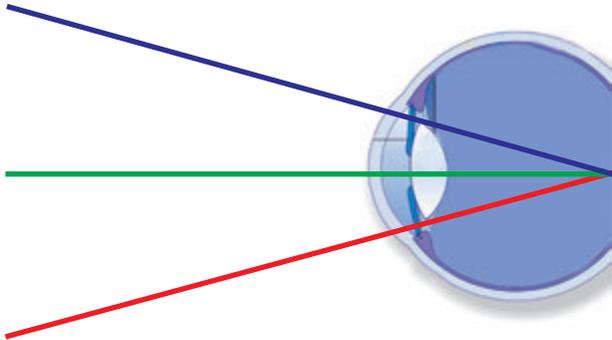
Die Erdoberfläche erreichen Strahlen, die langwelliger als 295 nm sind. Ungefähr 36 % der auf die Atmosphäre einfallenden Sonnenstrahlen kommen auf der Erdoberfläche als Licht an. Die gesamte Strahlungsleistung beträgt rund 1 kW/m². Sie kann in unseren Breiten eine Beleuchtungsstärke von über 100.000 lux erreichen. So gesehen könnte man sagen, die Sonne hätte als Lichtquelle eine Lichtausbeute von 100 lm/W.

Der Schwerpunkt der Sonnenstrahlung auf die Erde liegt im grünen Spektralbereich. In dieser Wellenlänge besitzt das menschliche Auge die größte Lichtempfindlichkeit beim Tagsehen. Das farbige Spektrum des sichtbaren Teils entspricht der Normlichtart D65. Definitionsgemäß ist der Farbwiedergabeindex Ra = 100. Dieses Tageslicht hat einen hohen blau-grün Anteil und damit eine hohe spektrale Wirksamkeit für die Steuerung des Biorhythmus.





Das Auge



Im menschlichen Auge treffen die elektromagnetischen Wellen der Sonne auf Empfangsantennen, Lichtsensoren oder Rezeptoren genannt. Die Strahlen initiieren in den Rezeptoren photochemische Prozesse. Diese wiederum generieren elektrische Signale, die über die Sehnerven zum Gehirn geleitet werden. Dort entstehen dann Bilder in unserer Wahrnehmung.

Letztendlich sind es Photonen (= Lichtquanten), die die visuellen und nicht-visuellen Sinnesreize in unseren Augen auslösen. Je nach Wellenlänge variiert deren Energieinhalt. Je ausgeglichener das Spektrum einer Lichtquelle von 380 nm bis 780 nm ist, umso intensiver und effizienter laufen die photochemischen Prozesse in unserem Auge ab.

Es gibt vier unterschiedliche Arten von Rezeptoren mit verschiedener spektraler Empfindlichkeit:

1. Zapfen: sie sind für das Tagsehen verantwortlich. Insgesamt gibt es pro Netzhaut 5 bis 7 Mio davon. Sie unterteilen sich in:

- 1.1 Zapfen für Spektralfarbe Rot
- 1.2 Zapfen für Spektralfarbe Grün
- 1.3 Zapfen für Spektralfarbe Blau

Im Diagramm links sind die einzelnen Kurven eingezeichnet. Über Ganglienzellen werden die Signale entsprechend den Zapfenkurven bearbeitet (addiert und/oder subtrahiert) und an das Gehirn weiter geleitet. Das Ergebnis dieser Prozesse ergibt dann die effektive Lichtempfindlichkeit $V(\lambda)$. Die effektive Lichtempfindlichkeit jedes Menschen ist immer die Summe der Anregungen dieser drei Zapfenkurven,

2. Stäbchen; sie sind für das Nachtsehen zuständig. Auf der Netzhaut befinden sich davon 120 bis 130 Mio. Für das Farbsehen sind sie nicht geeignet. Die spektrale Empfindlichkeit ist nicht für alle Farben gleich. Sie wird durch die $V'(\lambda)$ - Kurve (große blaue Kurve) im Diagramm links dargestellt. Hier nun fällt das Maximum genau dorthin, wo auch die Sonne ihr Strahlungsmaximum hat. Dies ist entwicklungsgeschichtlich sicher kein Zufall, da jetzt – bei Nacht – das wenige noch beim Betrachter ankommende Licht bestmöglich ausgenutzt werden muss: Bei Nacht sind zwar alle Katzen grau; jedoch ist die grüne Katze hellgrau; rote und violette Katzen sind fast schwarz.

Über die Ganglienzellen werden die Sehnerven stimuliert und erzeugen im Gehirn entsprechende Bilder. Man unterscheidet 3 Arten des Sehens:

Tagsehen	=	photopisches Sehen	
		Beleuchtungsstärke / Leuchtdichte	1 lx - 100.000 lx / > 30 cd/m ²
Dämmerungssehen	=	mesopisches Sehen	
		Beleuchtungsstärke / Leuchtdichte	0,01 lx - 10 lx / > 0,01 - 30 cd/m ²
Nachtsehen	=	skotopisches Sehen	
		Beleuchtungsstärke / Leuchtdichte	< 1 lx / < 0,01 cd/m ²

Biologische Lichtwirkung

Vor noch nicht allzu langer Zeit, im Jahre 2000, wurden im menschlichen Auge weitere Rezeptoren entdeckt. Sie haben die komplizierte Bezeichnung „intrinsische, photosensible, retinale Ganglienzellen“ oder abgekürzt „ipRGC“.

Die spektrale Empfindlichkeit zeigt die $C(\lambda)$ Kurve im Bild 1. Das Maximum liegt bei 480 nm im blaugrünen Bereich.

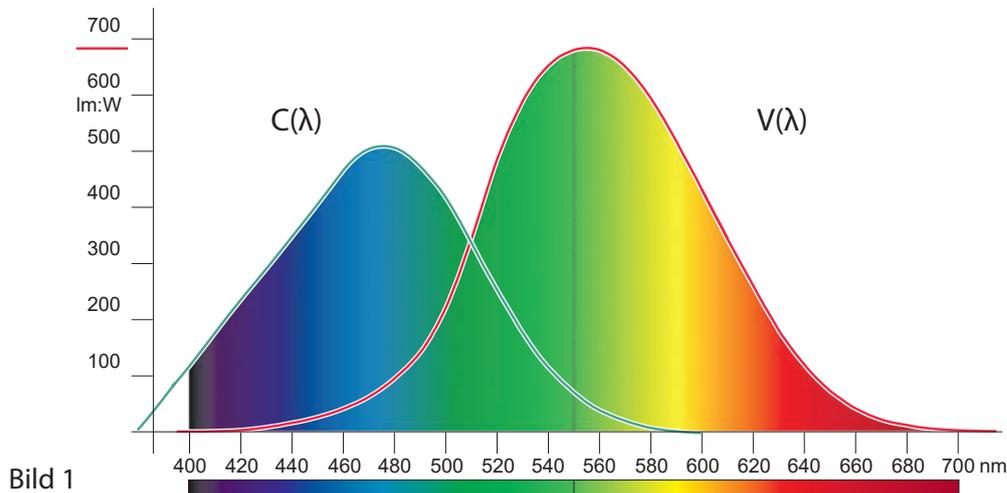
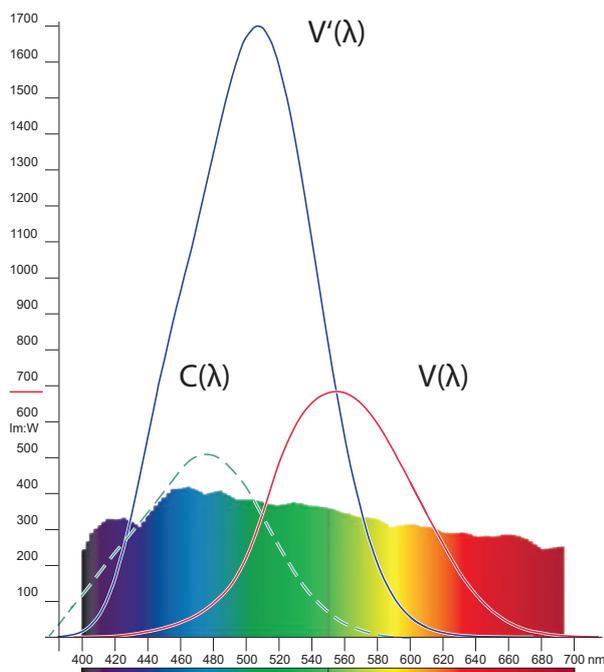


Bild 1

Diese „ipRGC“-Rezeptoren sind aktuell Gegenstand intensiver wissenschaftlicher Untersuchungen. Bisherige Erkenntnisse zeigen, dass sie „nicht dem Sehen“ dienen. Sie steuern unseren tageslaufabhängigen (circadianen) Rhythmus.

Ihre Anregung unterdrückt die Produktion des Schlafhormons Melatonin und fördert die Produktion des Wachhormons Cortisol. Je höher der Anteil an Spektrallinien aus der $C(\lambda)$ -Kurve im Licht einer Lichtquelle ist, umso mehr wird Wachheit, Konzentration und Aufmerksamkeit erreicht. Mehr oder weniger bewusst wurde/wird dieser Effekt bei der Lichttherapie und bei der Beleuchtung von Nachtschichtarbeit verwendet.



Bei der Bewertung einer Lichtquelle wird bis heute meist die für Tagsehen definierte Kurve $V(\lambda)$ als Grundlage benutzt.

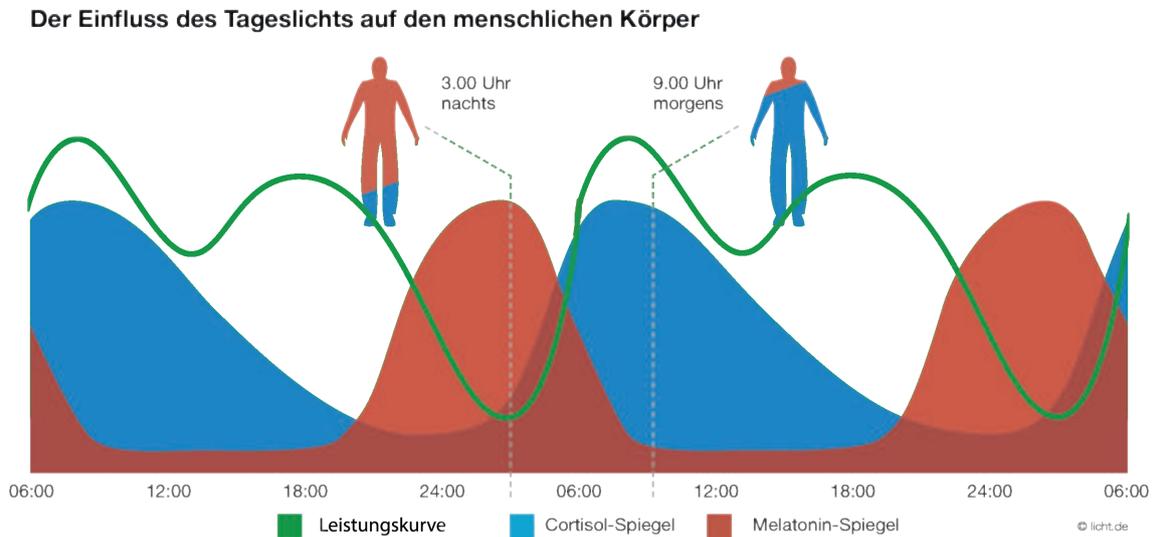
Um die Qualität einer Lichtquelle in ihrer Gesamtheit zu bewerten, ist es unabdingbar den jeweiligen Anteil der Spektrallinien mit den Kurven:

Tagsehen	$V(\lambda)$
Nachtsehen	$V'(\lambda)$
Biologische Lichtwirkung	$C(\lambda)$

zu berücksichtigen. Bild 2

Bild 2

Die folgende Grafik zeigt den Einfluss der angegebenen Hormone auf die Leistungskurve des Menschen

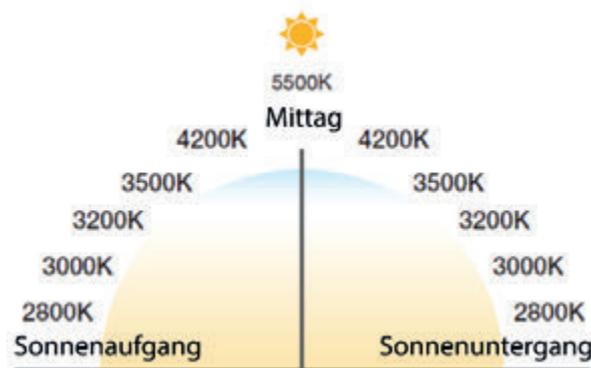


Mit Hilfe der LED-Technologie und einer entsprechenden Ansteuerungselektronik ist es erstmalig möglich, die Farbtemperatur des Tageslichts von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang näherungsweise nachzubilden.

Die Farbtemperaturen können den Wünschen der Nutzer entsprechend eingestellt werden.

Beispiele sind:

Lichttherapie, Arbeitsatmosphäre, medizinisch - geriatrische Bereiche, Tierhaltung.



Die Intensität, und somit die Farbtemperatur, der täglichen Sonneneinstrahlung, hängt von der Tageszeit, der Jahreszeit und dem jeweiligen Breitengrad ab.

Die Grafik zeigt den Verlauf der Strahlung von Sonnenaufgang bis Sonnenuntergang. Der Höhepunkt an Intensität- und Farbtemperatur ist immer am Mittag. Dieser Vorgang wiederholt sich alle 24 h. Jede einzelne lebende Zelle auf der Erdoberfläche, ob im Grashalm oder in unserem Körper, trägt diesen Rhythmus in ihrem Erbgut. Je nach Bedarf und Anwendung lässt sich dieser Rhythmus mit Kunstlicht verlängern oder reduzieren.

Unter dem Schlagwort **HCL** (**H**uman **C**entric **L**ighting) hat sich die Leuchtenindustrie auf dieses wichtige Thema konzentriert.

Bewertung von künstlichen Lichtquellen

Lichtstrom: Lumen/lm

Der Lichtstrom ist die von einer Lichtquelle ausgestrahlte, oder auch auf einer Fläche auffallende Strahlungsleistung, bewertet mit der Empfindlichkeitskurve $V(\lambda)$.

Die Umrechnung von Strahlungsleistung auf Lichtleistung erfolgt durch das photometrische Strahlungsäquivalent $K_m = 683 \text{ Lm/Watt}$.

Lichtstärke: Candela cd lm/sr

Die international genormte Einheit für die Lichtstärke heißt „Candela“. Sie bewertet den Lichtstromanteil, der von einer Lichtquelle in eine bestimmte Richtung ausgestrahlt wird. LVh's (Lichtstärkeverteilungskurven) zeigen die Verteilung der Lichtstärke, z. B. einer Leuchte.

Beleuchtungsstärke: Lux lx lm/m²

Die auf eine Fläche bezogene Dichte des Lichtstroms

Wolkenloser Sommertag	100.000 lx
Trüber Wintertag	3.000 lx
Vollmondnacht	0,3 lx
Beleuchteter Außenplatz	500 ... 750 lx

Für die Planungen und Berechnungen von Beleuchtungsanlagen ist die Beleuchtungsstärke ein wichtiger Faktor zum Ablauf des Sehvorgangs. Je höher der Wert, umso größer die aktivierende Wirkung des Lichts auf den Menschen. Untersuchungen an Schulen und Betrieben zeigten erhöhte Intelligenzleistungen wie Merkfähigkeit, Aufmerksamkeit, bessere Konzentration, allgemeine Leistungssteigerung, erhöhte Arbeitssicherheit. Menschen ab 50 Jahren benötigen aufgrund nachlassender Sehkraft erhöhte Beleuchtungsstärken.

Leuchtdichte: cd/m²

Die Leuchtdichte ist das Maß für den Helligkeitseindruck, den das Auge von einer selbstleuchtenden oder beleuchteten Fläche hat. Von den lichttechnischen Größen ist sie eigentlich die einzig sichtbare und löst im menschlichen Auge den Sinnesreiz aus, d. h., veranlasst und verursacht die photochemischen Prozesse auf Zapfen, Stäbchen, Ganglienzellen.

Lichtausbeute: lm/W

Lampen erzeugen künstliches Licht aus elektrischer Leistung. Die Lichtausbeute gibt an, wie viel elektrische Leistung benötigt wird, um einen bestimmten Lichtstrom zu erhalten. Die Lichtausbeute einer Glühlampe beträgt 15 lm/W, einer HID-Keramikleuchte 110 lm/W, von LED's bis zu 150 lm/W. Je höher die Lichtausbeute, umso besser der Wirkungsgrad, umso höher die Effizienz einer Lichtquelle. Bezogen auf die V-Lambda-Kurve liegt die theoretische Obergrenze bei 683 lm/W; was einem Wirkungsgrad von 100% entspräche.

Farbtemperatur: K (Kelvin)

Mit der Farbtemperatur ist die Lichtfarbe einer Lampe charakterisiert. Die Einheit der Farbtemperatur ist das Kelvin genauso wie bei der Umgebungstemperatur. Der Zusammenhang zwischen beiden Einheiten ist an folgendem Beispiel erklärt:

Bei einer angeschlossenen Glühlampe beträgt die Temperatur des Wolframdrahtes (quasi schwarzer Körper) 2.800 K. Dabei sendet er rötlich-weißes Licht aus, dem man die Farbtemperatur 2.800 K zuordnet. Tageslicht hat eine Farbtemperatur von 6.500 K, HSE-Lampe 2.200 K, HI-HIC-Lampen 3.000 K - 6.500 K.

Gängig sind auch folgende Gruppierungen:

tw	tageslichtweiß	> 5.300 K
nw	neutralweiß	3.300 K bis 5.300 K
ww	warmweiß	< 3.300 K

Farbwiedergabe: Ra (CRI)

Enthält eine Lampe nicht alle Farben, wird das von einem farbigen Körper reflektierte Licht verändert. Man macht diese Erfahrung oft beim Einkauf von Textilien.

Der Farbwiedergabeindex Ra beschreibt die Farbe einer Lichtquelle. Ermittelt wird er durch den Vergleich einer Referenzlampe mit der zu prüfenden Lampe. Angestrahlt werden dabei jeweils acht Testfarben. Die Abweichungen beider Messungen werden für alle acht Testfarben über ein Rechenverfahren verglichen und ermittelt. Obwohl 14 Testfarben definiert sind, werden nur die ersten 8 Testfarben zur Berechnung verwendet.

Stufen des Farbwiedergabeindex

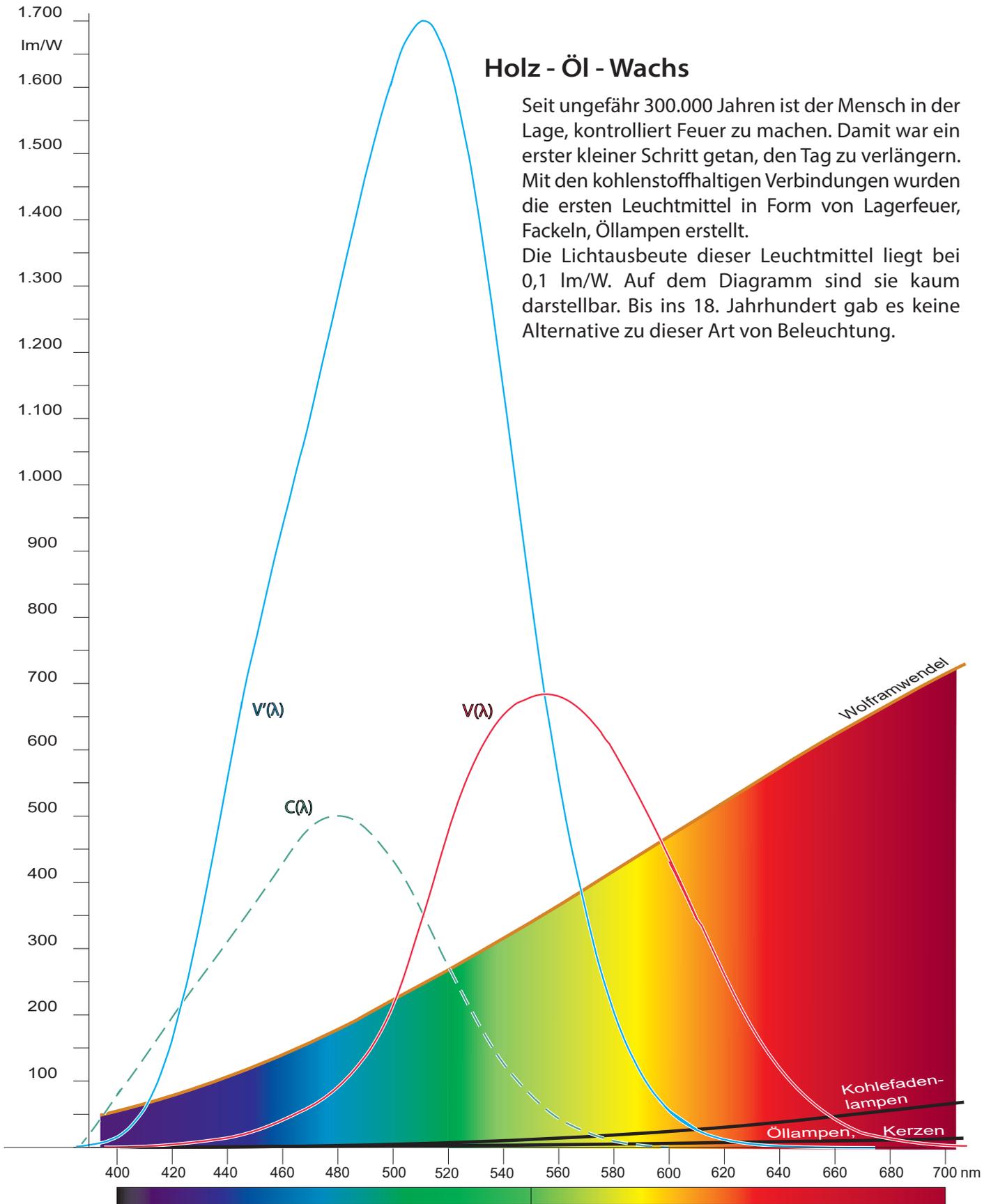
Farbwiedergabestufe	Farbwiedergabeindex Ra	Anforderungen
1A	$100 > Ra \geq 90$	sehr hoch
1B	$90 > Ra \geq 80$	
2A	$80 > Ra \geq 70$	hoch
2B	$70 > Ra \geq 60$	
3	$60 > Ra \geq 40$	mittel
4	$40 > Ra \geq 20$	gering

14 Testfarben nach DIN 6169

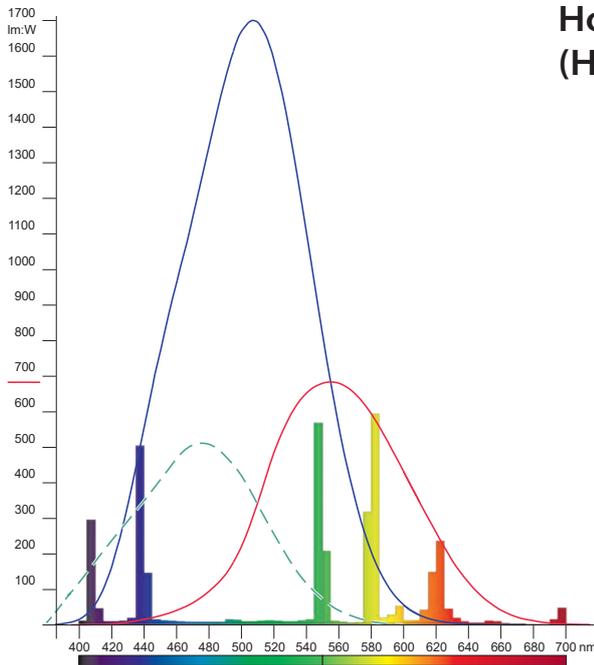


Der Nachteil der momentan geltenden Bestimmung für den Farbwiedergabe-Index liegt in der geringen Anzahl von 8 Testfarben. Eine neue Version wird zurzeit international überprüft. Sie besteht aus 99 Testfarben und ist unter der Bezeichnung „TM30-15“ bekannt.

Entwicklung künstlicher Lichtquellen



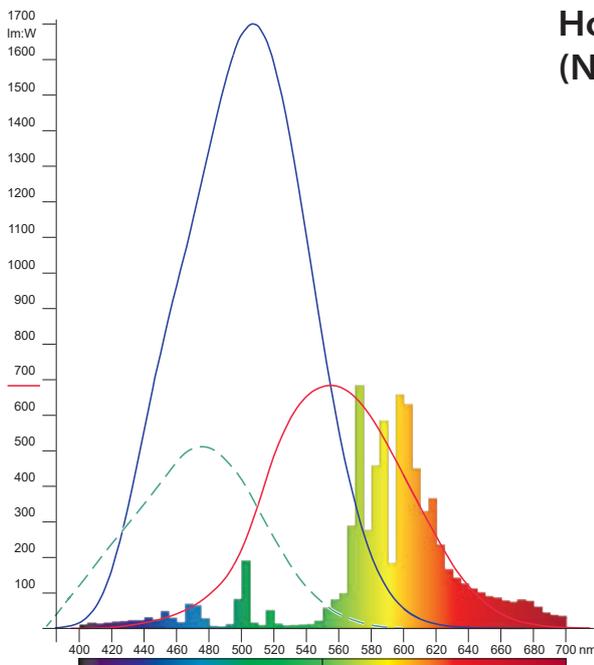
Entwicklung künstlicher Lichtquellen



Hochdruck-Quecksilberdampf-Lampe (HQL / HPL)

HQL-Lampen stellen klassische Entladungslampen dar. Serienreif und in großen Stückzahlen eingesetzt wurden sie ab 1950. Zu diesem Zeitpunkt gab es bezüglich der Lichtausbeute und der Farbtemperatur keine besseren alternativen Lampen. Auf dem Diagramm sieht man, in welchen Spektrallinien das Quecksilber emittiert. Weil diese Lampen die Energie-Effizienz-Richtlinien nicht erfüllen, sind sie seit 2015 nicht mehr auf dem Markt.

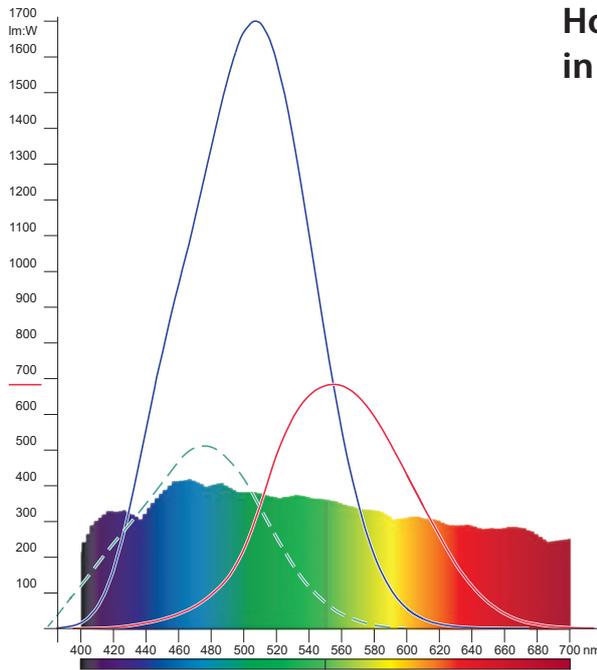
	Photopisch	Skotopisch
lm/W	42	43
Ra	50	nn



Hochdruck-Natriumdampf-Lampe (NAV / SON)

NAV-Lampen, ebenfalls Entladungslampen, bestimmen heute noch weitgehend die Straßen- und Parkplatzbeleuchtung. Seit 1970 sind sie auf dem Markt erhältlich. Die Lichtausbeute mit 80 lm/W – 90 lm/W übertraf bestehende Technologien, ebenso die Robustheit und die Nutzlebensdauer. Der große Nachteil dieser Lampen ist die geringe Farbwiedergabe von Ra=20. Dort, wo es um Farberkennung geht, sind sie nicht verwendbar. Aufgrund ihrer schlechten Werte im skotopischen Bereich sind NAV-Lampen vom „Phasing out“ durch die EU betroffen; d.h. sie werden auslaufen müssen.

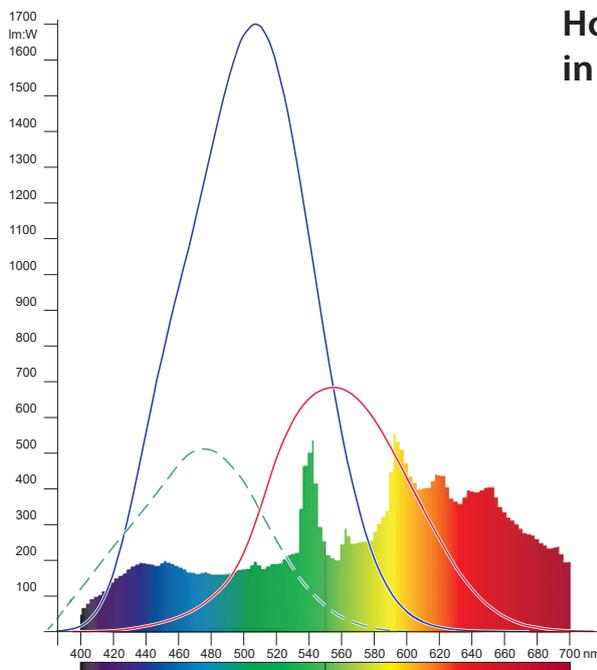
	Photopisch	Skotopisch
lm/W	85	63
Ra	20	nn



Hochdruck-Metallhalogendampf-Lampe in Quarztechnologie (HI)

Ebenfalls seit 1964 sind die HI-Lampen erhältlich. Die Gasentladung findet in einem Brenner aus Quarz statt. Je nach Zutaten an Seltenen Erden können bei diesen Lampen die Farbtemperatur und die Farbwiedergabe bestimmt werden. Das Diagramm zeigt eine Day-Light-Lampe von EYE IWASAKI. Solche Lampen werden für Pflanzenwachstum, in Shops, in Aquarien und für medizinische Beleuchtung eingesetzt.

	Photopisch	Skotopisch
lm/W	80	160
Ra	95	nn

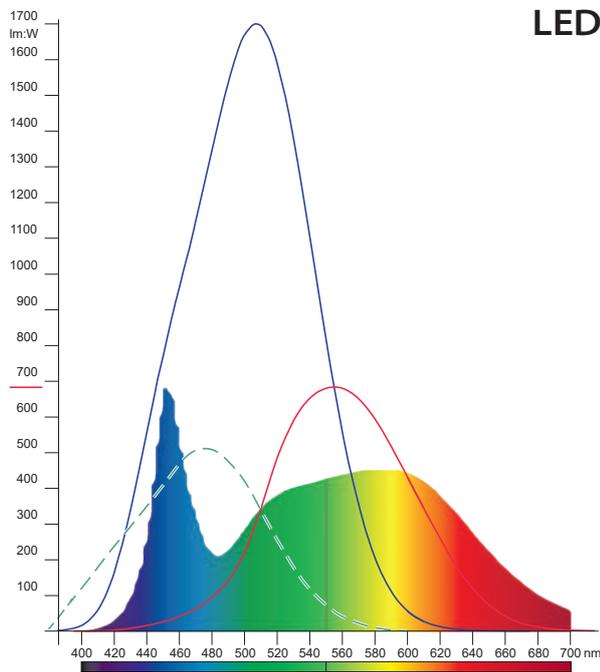


Hochdruck-Metallhalogendampf-Lampe in Keramiktechnologie (HCI)

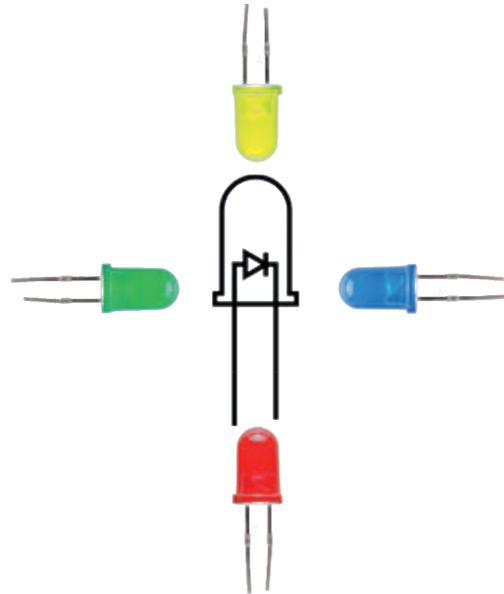
Die HCI-Lampe gibt es seit 1994. In den verwendeten Brennern aus Keramikmaterial entstehen Temperaturen bis zu 1100 °C. Damit kann eine Lichtausbeute bis zu 130 lm/W erreicht werden. Auch bei diesen Lampen kann man durch den Einsatz Seltener Erden die Farbtemperatur und die Farbwiedergabe bestimmen. Eingesetzt werden diese Leuchtmittel hauptsächlich in Shops und vermehrt auch in der Straßen- und Außenbeleuchtung.

	Photopisch	Skotopisch
lm/W	110	171
Ra	75	nn

Entwicklung künstlicher Lichtquellen



LED



Elektro-Lumineszenz

Mit dem Aufkommen der Halbleitertechnologie wurde mit der Elektro-Lumineszenz eine neue Lichtquelle entdeckt. Realisiert wird das in LED (= Light Emitting Diodes) oder Licht ausstrahlende Dioden. Speist man die Halbleiter-Diode mit Gleichspannung in Vorwärtsrichtung, dann wandelt sich der elektrische Strom direkt in Licht um.

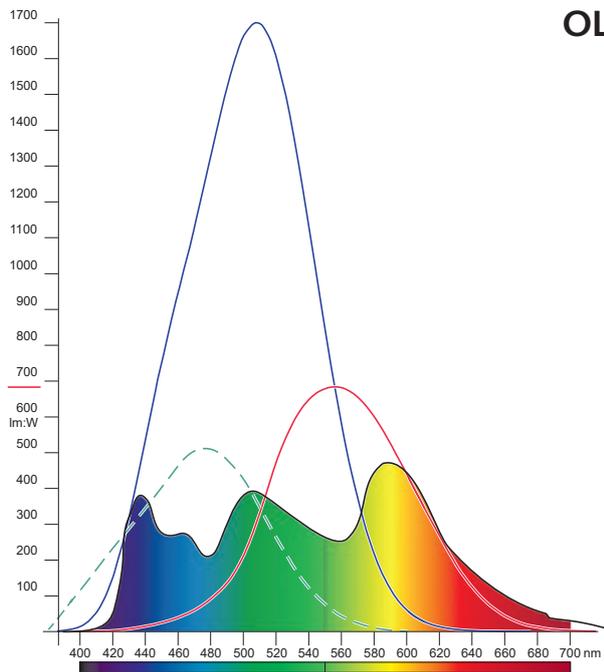
Seit den 60iger Jahren sind die ersten LED's auf dem Markt. Mit 0,1 lm/W war die Lichtausbeute sehr gering. Als Signallämpchen in den Farben rot, gelb und grün wurden sie in Kraftfahrzeugen und bei Haushaltgeräten eingesetzt.



Mit der Erfindung der blauen LED 1995 durch Dr. Nakamura begann der Siegeszug der LED und die Digitalisierung der Beleuchtung.

Mit den Farben Blau, Grün und Rot lässt sich die Farbe Weiß in den verschiedensten Farbtemperaturen herstellen.

Dies geschah anfangs durch die Farbmischung RGB (3 LED in einem Gehäuse) oder, jetzt überwiegend, durch Beschichtung einer blauen LED mit Fluoreszenzfarbstoffen. Die weiße LED von heute ist daher im Prinzip auch eine Leuchtstofflampe.

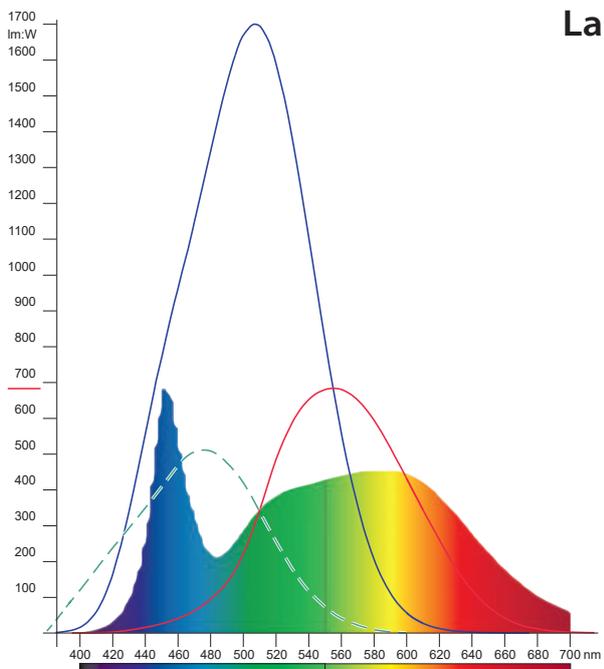


OLED

Auch OLED's stellen LED's dar. Das „O“ steht für „organisch“ und deutet auf das Basismaterial hin. Es handelt sich um organisches-halbleitendes Material.

Im Gegensatz zu den anorganischen LED ist die Stromdichte, Leuchtdichte und die Lebensdauer geringer. Aber durch ihre Materialeigenschaften lassen sie sich großflächig auf drucktechnischem Weg sehr kostengünstig herstellen.

OLED's sind flach, leicht und in beliebiger Form gestaltbar. Ihre momentan wichtigsten Anwendungen liegen bei Bildschirmen und Displays. Für die Beleuchtung gewinnen sie als gleichbleibendes, homogenes Flächenlicht immer mehr an Bedeutung.



Laserlicht

Der Aufbau des Laserchips ähnelt dem einer Diode. Beim Basismaterial handelt es sich um anorganische Stoffe wie zum Beispiel Gallium und Indium.

Bei der Erzeugung von weißem Licht wird das Licht eines blauen Lasers auf geeignete Leuchtstoffe gerichtet und in langwelliges Licht (Tageslichtspektrum) umgewandelt. Diesen Vorgang nennt man Konversion (siehe Leuchtstofflampen).

Der Hauptvorteil der Laserdiode ist ihre extrem große Leuchtdichte. Man erhält viel Licht bei kleinstem Volumen. Sehr kleine unauffällige Designformen werden dadurch ermöglicht.

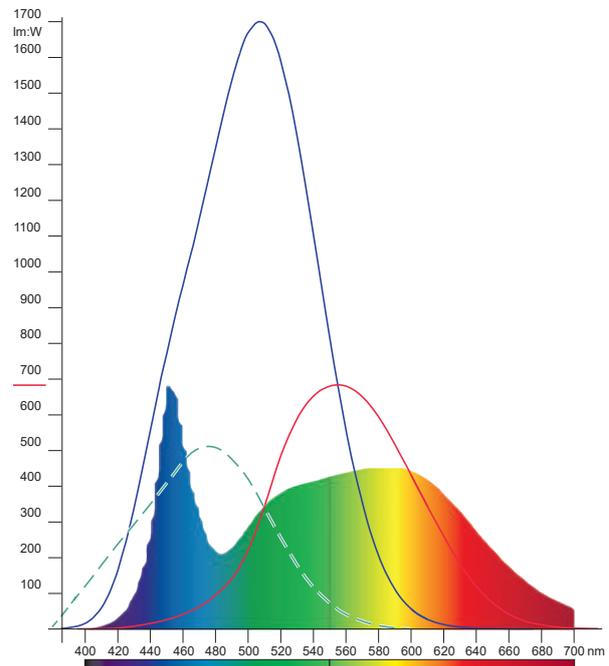
Schlagzeilen erzeugt Laserlicht im Moment beim Einsatz von Fernlicht im Automobilbereich.

Retrofit - Austauschlösungen auf LED - Basis

Eine Vielzahl von Leuchten prägen bereits ein Stadtbild oder haben ihr Lebensdauerende noch nicht erreicht. Damit diese Leuchten auch weiterhin nachhaltig und wirtschaftlich günstiger betrieben werden können, bieten wir mehrere Möglichkeiten an.

Spezifikationen:

Betrieb an Netzspannung 230 V
 Betrieb an eingebautem Vorschaltgerät (**außer EVG**)
 (ohne Änderung an der Leuchte,
 zusätzliche Verlustleistung max. 1 - 2 W)
 Lebensdauer: 50.000 h LM 80/B 10
 5 Jahre Garantie
 Passive Kühlung
 Matt und klar
 Farbtemperatur = 2.700 K und 6.500 K



LED-Corn Bulb

Diese LED- Retrofit-Lampen gibt es von 12 W bis 75 W. Je nach Lichtleistung eignen sie sich für den Austausch von Hochdruck-Quecksilberdampf lampen und Hochdruck-Natriumdampf lampen. Der Vorteil dieser LED-Corn Bulbs ist, dass man sie sowohl direkt am Netz als auch an der bestehenden Versorgungseinheit (**außer EVG**) betreiben kann. Damit ist kein Eingriff in die Leuchte notwendig und sie behält ihren Sicherheitsstatus.



LED-Corn Lights

Diese LED-Retrofit-Lampen sind von 5 W bis 20 W erhältlich. Sie sind mit vier verschiedenen Sockeln (E27 – G24d – G24q - 2G11) verfügbar. Sie eignen sich besonders als Ersatz für CLF (Kompaktleuchtstoff-Lampen).

Auch diese Lampen lassen sich entweder direkt am Netz oder am installierten Vorschaltgerät betreiben (**außer EVG**). Dies hat den Vorteil einer einfachen Montage und ein Eingriff in die Leuchte ist nicht notwendig.



Retrofit - Austauschlösungen

auf Basis EYE IWASAKI LEDiOC LED-Lampen

Diese LED-Retrofit-Lampen benötigen zum Betrieb einen externen LED-Treiber. Durch die Trennung der LED-Module und der Treiberelektronik ist bei den LED-Lampen eine höhere Leuchtdichte möglich. Je nach Fabrikat des Treibers lassen sich die Lampen intelligent ansteuern und in ein Managementsystem integrieren.

Diese LED-Retrofit-Lampen gibt es in verschiedenen Ausführungen und Leistungsstufen.

Bei den Serien LDS12 (12 W) und LDS22 (22 W) sind die LED-Module in bekannte Formen der Glaskolben integriert. Besonders dort, wo das Leuchtmittel ein Teil des Designs der Leuchte ist, werden diese Lampen bevorzugt eingesetzt.

Die Serie LDTS33 (33 W) passt aufgrund ihres schlanken Durchmessers in jede Leuchte mit Blending. Lichttechnische Messungen zeigen die gleichen Resultate wie herkömmliche Leuchtmittel.



Typ	Watt (W)	Birne Ø	Socket	Länge mm	Kolbenbeschichtung	Farbtemperatur (Kelvin)	Anf. Lichtstrom (lm)	Nutz-Lebensdauer (h)	Wirkungsgrad (lm/W)	Brennposition
LDS12L-G/GC	12	70	E27	155	klar	2.700	1.100	40.000	92	Universal
LDS12N-G/GC	12	70	E27	155	klar	5.000	1.400	40.000	117	Universal
LDS22L-G/G	22	90	E27	200	klar	2.700	2.200	40.000	100	Universal
LDS22N-G/G	22	90	E27	200	klar	5.000	2.900	40.000	132	Universal
LDTS33L-G	33	74	E27	175	klar	3.000	2.800	40.000	85	Universal
LDTS33W-G	33	74	E27	175	klar	4.000	3.000	40.000	91	Universal
LDTS33N-G	33	74	E27	175	klar	5.000	4.000	40.000	121	Universal

Retrofit - Austauschlösungen

auf Basis Hochdruck-Gasentladungslampen
 Austauschlampen HCI - HQL

In der Straßenbeleuchtung, in öffentlichen Beleuchtungen und in der Industrie sind noch sehr viele Leuchten für den Einsatz von Hochdruck-Quecksilberdampflampen installiert.

Aufgrund des Zustandes oder des Alters der Leuchten ist ein kompletter Austausch wirtschaftlich nicht sinnvoll.

Hier bieten wir mit unseren Austauschlampen eine ideale Lösung. Diese verfügen über eine patentierte integrierte Zündelektronik. Sie sind 1:1 gegenüber Hochdruck-Quecksilberdampflampen austauschbar, ohne dass ein Eingriff in die Leuchten vorgenommen werden muss.

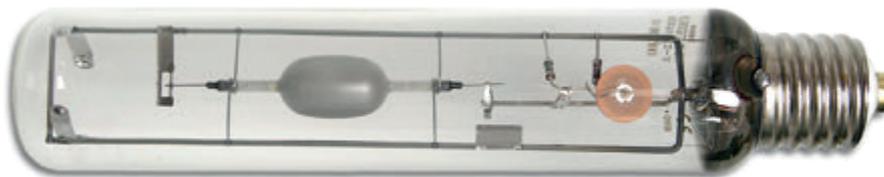
Die Lebensdauer reicht bis zu 24.000 h.

Diese Austauschlampen gibt es von 50 W bis 1000 W und sie entsprechen den geltenden ErP-Richtlinien.

Für Straßen- und Außenbeleuchtung

Typ	Watt (W)	Birne Ø	Socket	Länge (mm)	Kolbenbeschichtung	Anf. Lichtstrom (lm)	Nutz-Lebensdauer (h)	Wirkungsgrad (lm/W)	Brennposition	
CM45FLS/EX/HOR	45	E55	E27	130	matt	4.100	16.000	91	BH±60°	
CM45FLS/EX/BUD									BU/BD±30°	
CM70FLS/EX/HOR	72	E70		156		7.700		20.000	107	BH±60°
CM70FLS/EX/BUD										BU/BD±30°
CM115FLS/EX/HOR	115	BT70	E40	178	klar	13.800	24.000	120	BH±45°	
CM115FLS/EX/BUD						13.000		113	BU/BD±45°	
CM220FLS/EX/HOR*	230	T48		257		27.700		120	BH±45°	
CMT360LS/EX/HOR*	375	T55		292		45.000		120	BH±45°	

* mit UV-Beschichtung



Für Hallen- und Innenbeleuchtung

Typ	Watt (W)	Birne Ø	Socket	Länge (mm)	Kolbenbeschichtung	Anf. Lichtstrom (lm)	Nutz-Lebensdauer (h)	Wirkungsgrad (lm/W)	Brennposition
CM230LS/PRO/BUD	235	BT90	E40	245	klar	27.900	24.000	119	BU/BD±45°
CM230FLS/PRO/BUD	235			245	matt	25.900		110	
CM360LS/PRO/BUD	375	BT116		292	klar	47.000		125	
CM360FLS/PRO/BUD	375			292	matt	45.300		121	
CM660LS/PRO/BUD	660	BT150		375	klar	75.000		114	BU±15°
CM660FLS/PRO/BUD	660			375	matt	71.300		108	
MF1000LS/U	1000	E 165		395	matt	87.000	9.000	87	BU±15°

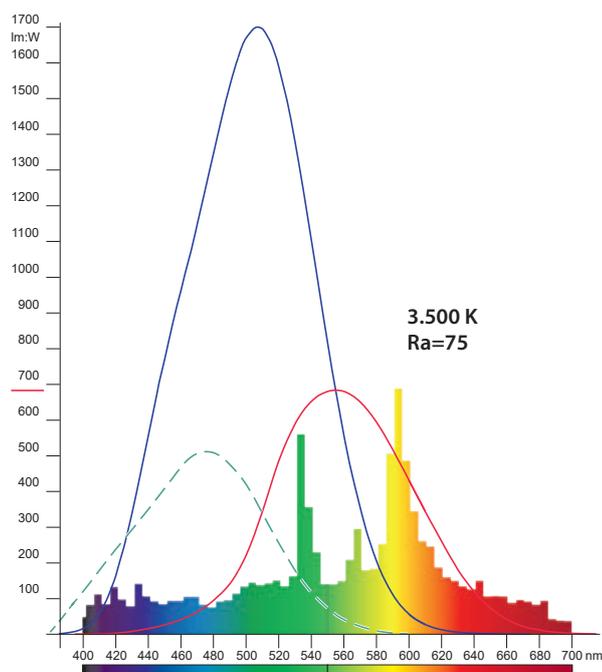
Alternativ-Lösungen zu Hochdruck-Natriumdampf-Lampen

Hochdruck-Natriumdampflampen bestimmen noch weitgehend die Straßenbeleuchtung, Beleuchtung öffentlicher Plätze und von Parkplätzen.

Aufgrund der langen Lebensdauer, der Robustheit, der hohen Lichtwerte in der $V(\lambda)$ - Kurve (Tagsehen) und des Preises, gab es lange Zeit keine wirtschaftliche Alternative zu diesen Leuchtmitteln.

Für das Sehen bei Nacht (siehe Seite 16) reduzieren sich die Vorteile dieser Lampentechnologie recht deutlich. Aufgrund dieser Lichtwerte ist diese Technologie gemäß einer EU-Energieeffizienz-Richtlinie vom 4. Dezember 2012 vom „phasing-out“ betroffen; d.h. sie werden auslaufen müssen.

Damit bestehende Beleuchtungsanlagen weiterhin normgerecht betrieben werden können, bieten wir Hochdruck-Metallhalogendampflampen mit Keramiktechnologie an. Ein Eingriff in die Leuchte ist nicht notwendig. Diese Lampen arbeiten an der installierten Versorgungseinheit. Die Vorteile sind eine wesentlich höhere Farbwiedergabe ($R_a=75$ statt $R_a=20$), eine 20 % bis 30 % höhere Lichtausbeute und eine entsprechend lange Lebensdauer.



Typ	Watt (W)	Birne \varnothing	Socket	Länge (mm)	Kolbenbeschichtung	Anf. Lichtstrom (lm)	Nutz-Lebensdauer (h)	Wirkungsgrad (lm/W)	Brennposition
EYE CERA ARC EXT - E27, E40 screw base									
CMT50/EX/U	50	T30	E27	145	klar	5.000	18.000	100	Universal
CMT70/EX/U	70	T30	E27	145	klar	7.700	18.000	110	Universal
CMT100/EX/U	100	T48	E40	140	klar	11.500	18.000	115	Universal
CMT150/EX/HOR	150	T48	E40	211	klar	17.300	24.000	115	BH \pm 45°
CMT250/EX/HOR	250	T48	E40	257	klar	33.000	24.000	132	BH \pm 45°



hauber & graf
Kompetenz in Licht

Hauber & Graf GmbH
Wahlwiesenstr. 3
71711 Steinheim

Telefon 07144 - 28 15-03/04
Fax 07144 - 28 15-05

info@hauber-graf.de
www.hauber-graf.de