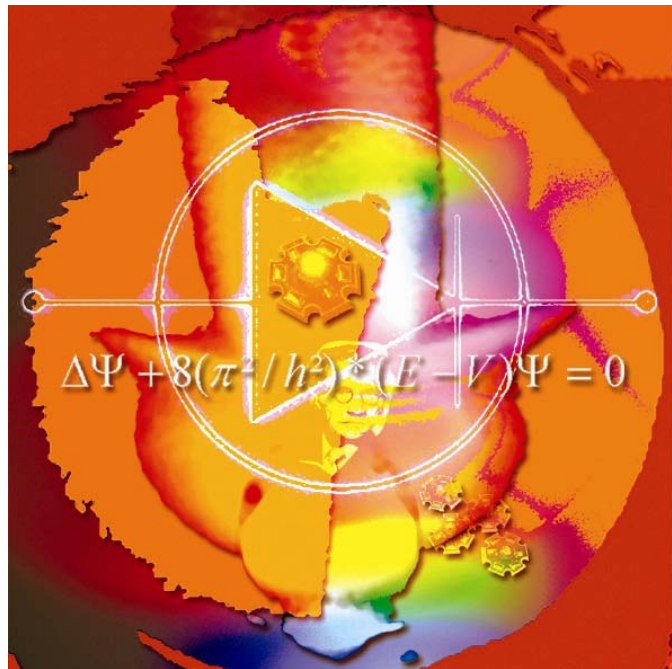


LED *Technology*:



LDDE
lighting ideas | www.ldde.com

CERTIFIED

LUXE  N

LUMINAIRE MANUFACTURER

Inhalt

LED: Lichttechnik der Zukunft	3
Die Vorteile auf einen Blick	3
LED : Light Emitting Diodes	4
Das Funktionsprinzip	4
Bauformen	4
Wirkungsgrad und Lichtausbeute	5
Effizienz und Lebensdauer	5
Abstrahlungscharakteristik	6
LED Farben	6
Weißlicht LEDs	7
Multi LEDs	7
Warmweiße LEDs	8
Lumiled Luxeon LED	8
RGB LED-Module	9
Lichtfarbe	10
Farbwiedergabe	10
Farbtemperatur	10
CIE-Normfarbtafel	11
Quellen	12

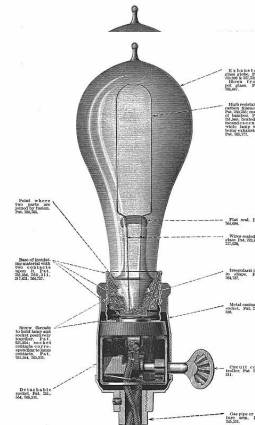
LED: Lichttechnik der Zukunft

Die Glühbirne von Edison vor 120 Jahren veränderte die Welt. Ihre Nachfolgerin, die Leuchtdiode, ist gerade dabei, die Welt der Lichttechnik zu revolutionieren.

Die LED-Technologie steht nach der Glühbirne und der Leuchtstoffröhre für die dritte technische Revolution im Bereich der elektrischen Beleuchtung. Die in den 60er Jahren des letzten Jahrhunderts entwickelten LEDs haben eine rasante technische Entwicklung hinter sich. Es handelt sich um künstlich hergestellte Halbleiterkristalle. Wenn sie durch Strom angeregt werden, entsteht Licht. Die LEDs haben viele Vorteile: sie sind klein, robust, erwärmen sich kaum und haben eine lange Lebensdauer. Besonders bemerkenswert ist ihr geringer Stromverbrauch. Daher setzen sich diese ausgesprochen umweltfreundlichen Leuchtmittel in immer mehr Anwendungsbereichen durch.

Mit LEDs lassen sich – aufgrund der geringen Größe der Lichtquellen – Leuchten mit großer Freiheit im Design entwickeln. Die Steuerung des Abstrahlwinkels kann sehr effizient mit kleinen Optiken erfolgen. IR- und UV-Strahlung sind im Emissions-Spektrum nicht vorhanden, so dass LEDs auch unter kritischen Randbedingungen, zum Beispiel bei Exponaten in Museen, bei denen es auf den Schutz der Farbe ankommt, eingesetzt werden können. Elektrisch sind alle Betriebsarten wie Sofortstart, Blinken oder Dimmen (0 bis 100 Prozent) bei niedrigen Betriebsspannungen (SELV-Betrieb) möglich. Die Betriebsgeräte erzeugen keinerlei Geräusche, kein Flackern und keine Stroboskopeffekte.

Werden LEDs bisher hauptsächlich im industriellen Bereich, sowie in der Automobil- und Verkehrstechnik verwendet, so ist in naher Zukunft auf Grund höherer Effizienz und der sinkenden Kosten ein weit globalerer Einsatz zu erwarten. So erarbeitet zum Beispiel das Österreichische Kompetenzzentrum-Licht bereits Konzepte für Innenraum-Beleuchtung. Beteiligt daran sind namhafte Firmen wie Osram, Tridonic, Zumtobel und das Lichtlabor Bartenbach.



Die Vorteile auf einen Blick

Der Einsatz von LEDs führt zu zahlreichen Vorteilen in den Bereichen optische Wirkung, Wirtschaftlichkeit und Zuverlässigkeit. Möglich werden Beleuchtungslösungen, die mit konventionellen Leuchtmitteln nicht oder nur mit sehr großem Aufwand realisierbar sind.

- Geringe Größe effiziente Steuerung des Lichtstrahls mit kleinen Optiken, flexibles Design
- Lange Lebensdauer (bis zu 100.000 Stunden) geringer Wartungsbedarf
- Niedrige Ausfallraten zuverlässiger Betrieb
- Geringe Abnahme der Lichtleistung hohe Lichtleistung während der Lebensdauer
- Keine IR-Strahlung im Spektrum geringe Wärme auf den beleuchteten Objekten
- Keine UV-Strahlung im Spektrum keine schädliche Einwirkung auf das angestrahlte Objekt
- Sofortiger (Neu-)Start sicherer und komfortabler Betrieb, auch Blinken möglich
- Additive Farbmischung möglich Individuelle Farbgestaltung möglich
- Dimmbarkeit (0 – 100 %) flexible Einstellung auf unterschiedliche Anforderungen
- Betrieb an Schutzkleinspannung (SELV) möglich ungefährliche Betriebsspannungen
- Hohe Stoßfestigkeit problemloser Einsatz
- Kein Flackern keine Augenermüdung
- Kein Stroboskopeffekt in allen Arbeitsbereichen einsetzbar
- Kein Betriebsgeräusch in jeder Umgebung einsetzbar

LED : Light Emitting Diodes

LEDs sind Leuchtdioden, das Kürzel steht für Licht Emittierende Diode bzw. Light Emitting Diode. LEDs sind Halbleiter-Bauelemente, die unter Spannung Licht in den Farben Rot, Grün, Gelb oder Blau erzeugen. Mit Hilfe einer zusätzlichen internen Leuchtschicht können blau leuchtende LEDs auch weißes Licht emittieren. In vielen Anwendungen genutzte, spezifische Vorteile unterschiedlicher LED-Bauformen sind hohe Lebensdauer, Wartungsfreiheit, IR/UV-Freiheit des Lichts, geringer Energieverbrauch, Stabilität gegen Erschütterungen. Mittels LEDs lassen sich Leuchten realisieren, die in ihrer Form, Lichtwirkung, Regelbarkeit und anderen Eigenschaften völlig neuartig sind. Es lassen sich gerichtetes Licht abgebende zwei- oder drei-dimensional flächige oder lineare Leuchten mit beliebiger Kontur realisieren. Die Lichtfarbe ist bei Einsatz von Multi-LEDs regelbar.

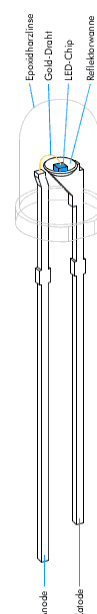


Das Funktionsprinzip

Bei den bisher bekannten Leuchtmitteln entsteht sichtbares Licht als Nebenprodukt, z.B. bei der Erwärmung von Metallwendeln oder durch Umwandlung des in einer Gasentladung erzeugten ultravioletten Strahlungsanteils.

Im Gegensatz zu diesen Verfahren wird bei LEDs ein Festkörperkristall elektrisch zum Leuchten angeregt. In den verwendeten Kristallen existieren zwei Bereiche, ein n-leitender Bereich mit einem Überschuss an Elektronen und ein p-leitender Bereich mit einem Mangel an Elektronen. In diesem Übergangsbereich – genannt pn-Übergang oder Sperrschicht – entsteht Licht durch einen Rekombinationsprozess, bei dem ein Ausgleich zwischen Elektronenüberschuss und -mangel erfolgt, wenn eine Gleichspannung an den Kristall angelegt wird. Das Emissionsspektrum des so entstehenden Lichts ist schmalbandig. Die dominante Wellenlänge *dom* ist abhängig von den zur Herstellung des Halbleiterkristalls verwendeten Materialien. LEDs für Beleuchtungsanwendungen werden heute auf der Basis von Aluminium Indium Gallium Phosphid (AlInGaP) für rote oder gelbe LEDs und Indium Gallium Nitrid (InGaN) für grüne und blaue LEDs hergestellt.

Im Gegensatz zur Glühlampe sind sie unempfindlich gegen mechanische Stöße, sie haben keinen Hohlkörper, der implodieren kann. Die Größe der Leuchtfläche liegt bei etwa 10^{-3}mm^2 bis 1mm^2 (z.B. $0,4 \text{mm} \times 0,4 \text{mm}$). Praktisch hat man also eine punktförmige Strahlungsquelle verfügbar.



Bauformen

Es ist eine große Vielfalt von Bauformen lieferbar. Neben diversen Metall-/Glas-Gehäusen werden hauptsächlich Plastikbauformen eingesetzt. Hier setzt der Kunststoffkörper zum einen den Grenzwinkel der Totalreflexion an der Chipoberfläche herab und erhöht damit die aus dem Kristall austretende Strahlungsleistung, zum anderen wirkt die gekrümmte Oberfläche als Linse und bündelt die Strahlung in Achsrichtung. Sie sind problemlos in großen Stückzahlen zu fertigen.

Neben den Standard-Bauformen sind LEDs entwickelt worden, die durch ihre besondere Gehäuseform den Betrieb mit einem höheren Strom erlauben und die dadurch einen höheren Lichtstrom erzeugen.

Bei der „SuperFlux“ wird die durch den höheren Strom entstehende Wärme über zusätzliche Lötkontakte und bei der „Luxeon“ über ein Kühlblech auf der Lampenrückseite abgeleitet. Diese LEDs bieten sich für Beleuchtungszwecke besonders an.

Eine weitere Möglichkeit ist es, die LED-Chips direkt auf eine Platine anzubringen. Mit dieser Chip-on- Board-Technologie(COB) können besonders enggepackte und gut wärmeableitende Lösungen realisiert werden.



3mm LED



SMD LED



Spider LED (Lumileds SuperFlux)



Lumileds Luxeon LED

Wirkungsgrad und Lichtausbeute

Der Wirkungsgrad definiert das Verhältnis von aufgewendeter elektrischer Leistung zur abgestrahlten Lichtleistung.

Um Licht zu erzeugen, wird z.B. bei der Glühlampe ein Metallfaden erhitzt. Dabei werden nur etwa 5% in Licht umgesetzt, der Rest an elektrischer Energie geht durch IR- und Wärmestrahlung verloren. LEDs erzeugen Licht direkt aus einem Halbleiter-Kristall, wobei jedoch keine IR-Strahlung entsteht. Dadurch ist der Wirkungsgrad deutlich höher und die Erwärmung angestrahlter Objekte geringer.

Die Lichtausbeute definiert das Maß der Wirtschaftlichkeit einer Lichtquelle. Je höher das Verhältnis Lumen/Watt, umso wirtschaftlicher ist die Lichtquelle.

Es ist zwischen dem Quantenwirkungsgrad, der das Verhältnis zwischen aufgenommener elektrischer Leistung [W] und abgestrahlter Licht-Leistung bezeichnet und dem Leuchtwirkungsgrad, der dem Verhältnis zwischen Strahlungsfluss und wahrgenommenem Licht (Lichtstrom in Lumen [lm]) entspricht, zu unterscheiden. Als Produkt der beiden Wirkungsgrade und den Werten der Reflexion und Absorption ergibt sich das Verhältnis des wahrgenommenen Lichtes zur aufgenommenen Energie (lm/W)

Die Lichtausbeute definiert somit den optischen Wirkungsgrad der LED bezogen auf die Bemessungsleistung und wird wie bei anderen Lichtquellen in lm/W angegeben.

Effizienz und Lebensdauer

Neben der Effizienz der Lichterzeugung, bezogen auf die jeweilige beleuchtungstechnische Anwendung, ist die lange Lebensdauer ein weiterer wesentlicher Faktor für die Wirtschaftlichkeit von Leuchtdioden. Die hohe Lebensdauer der LEDs verlängert wesentlich den Wartungszyklus der mit dieser Lichtquelle bestückten Leuchte. Außerdem erreichen LED-Module bei den meisten Anwendungen die Lebensdauer der Leuchte. Daher kann in vielen Anwendungen von einer wartungsfreien Beleuchtung ausgegangen werden.

Die Lebensdauer wird generell durch die Zahl der in einer bestimmten Zeit ausgefallenen Leuchtmittel und durch den Rückgang des Lichtstromes gegenüber dem Ausgangswert charakterisiert. Unter der Annahme, dass LEDs im Rahmen der vom Hersteller angegebenen Grenzwerte für Strom und Umgebungstemperatur betrieben werden und keine Umweltfaktoren wie Feuchtigkeit oder chemische Einflüsse die LED frühzeitig zerstören, ist bei hochqualitativen LEDs von einem zu vernachlässigenden Totalausfall während der Lebensdauer auszugehen. Die Lebensdauer wird daher maßgeblich vom Lichtstromrückgang bestimmt, der wiederum von der Temperaturbelastung der lichterzeugenden Schicht abhängt.

Die Lebensdauer einer LED ist dann erreicht, wenn der Lichtstrom bei der Hälfte des Ausgangswertes liegt. Die Leuchtenhersteller können die LED-Lebensdauer durch die Anpassung der Leuchtenkonstruktion an die zu erwartende Umgebungstemperatur sowohl positiv als auch negativ beeinflussen.

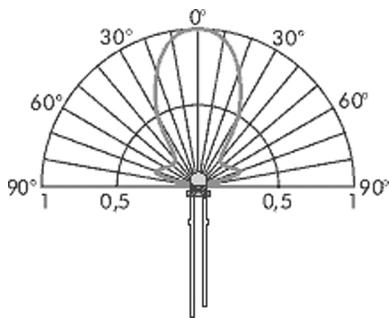
Bei Standard-LEDs, sowie bei den Hochleistungs-Dioden von Lumileds werden Lebensdauern von mindestens 100000 Stunden (das entspricht 11½ Jahren ununterbrochener Leuchtdauer) angegeben, die höchsten angegebenen Werte liegen weit darüber.

Faktoren, die die Lebensdauer negativ beeinflussen sind Temperatur, Feuchtigkeit und chemische Substanzen.

LEDs sind Halbleiterbauelemente, die nach einem ähnlichen Verfahren wie Speicherchips oder Mikroprozessoren hergestellt werden und keine beweglichen Teile enthalten. Sie sind daher mechanisch sehr robust und unterliegen keinem Materialverschleiß.

Abstrahlungscharakteristik

Die Lichtstärke in die verschiedenen Ausstrahlungsrichtungen hängt vom Lampenkörper ab. Werden die in Polarkoordinaten dargestellten Lichtstärken einer Leuchte in ihren verschiedenen Ausstrahlungsrichtungen miteinander verbunden, entstehen Lichtstärkeverteilungskurven (LVK). Ihre Form und Symmetrie führen zu tief- und breit oder symmetrisch und asymmetrisch strahlenden Leuchten. Für rotationssymmetrische Lichtverteilungen reicht die Darstellung in einer Ebene durch die Leuchte aus.

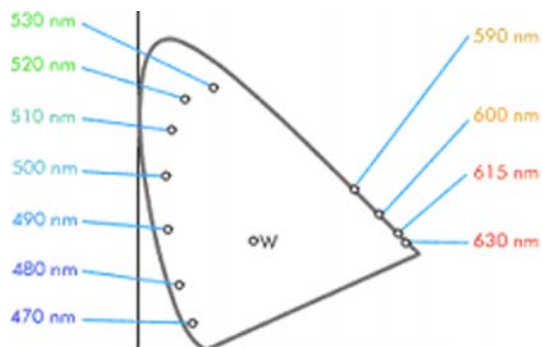


Charakteristik einer 3mm LED mit einem Abstrahlwinkel von 60°

Der Abstrahlwinkel wird definiert durch die beiden 50-Prozent-Werte der Intensitätsverteilung, auch Halbwertbreite genannt. Abstrahlwinkel von LEDs und Ausstrahlungswinkel von klassischen Leuchten bedeuten dasselbe.

LED Farben

Die LED dienen zur Erzeugung einer schmalbandigen Strahlung im nahen UV, im sichtbaren oder im Infrarotbereich. Die Farbe der LED wird meistens durch die x- und y-Werte in der CIE-Normfarbtafel definiert oder auch mittels dominanter Wellenlänge definiert. Durch die Zugabe von Leuchtstoffen auf den LED-Chip können Mischfarben erzeugt werden. Dadurch sind weiße LEDs oder auch pastellfarbene LEDs realisierbar.



Die Position hocheffektiver LED in der CIE-Normfarbtafel.

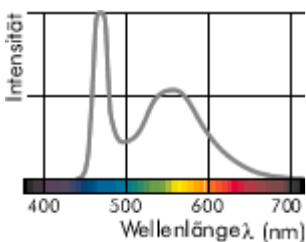
Weißlicht LEDs

Die letzten technischen Entwicklungen haben den Lichtstrom der LED stark optimiert und erst mit der Verfügbarkeit einer blauen LED mit hoher Lichtausbeute wurde die Möglichkeit geschaffen, auch weißes Licht herzustellen.

Um weiß leuchtende LEDs erzeugen zu können, gibt es zwei Möglichkeiten:

Entweder fasst man mehrere LED-Chips unterschiedlicher Farbe in einem gemeinsamen LED-Gehäuse zusammen und mischt so die verschiedenen Farbanteile zu weißem Licht, oder man versieht die blau leuchtende LED mit einer internen Leuchtschicht. Das kurzwellige und damit energiereichere blaue Licht regt den Farbstoff zum Leuchten an. Dabei wird langwelligeres, energieärmeres gelbes Licht abgegeben. Da nicht das gesamte blaue Licht umgewandelt wird, ergibt die resultierende additive Mischung der Spektralfarben das weiße Licht.

Der Farbton einer Weißlichtdiode ist über Wahl und Dosierung des Farbstoffes einstellbar, er bewegt sich in der CIE-Normfarbtafel auf der Mischgeraden zwischen den beiden Farben. Je nachdem, welcher Lumineszenzfarbstoff (oder auch Kombinationen) und welche primäre LED-Farbe verwendet wird, können neben Weißlicht auch andere Farben erzeugt werden: So ergibt zum Beispiel die additive Farbmischung des LED-Blau mit einem Photolumineszenz-Rot ein Magenta, eine Farbe, die mittels einer konventionellen LED nicht herstellbar ist. Es können mehrere verschiedene Lumineszenzfarbstoffe kombiniert werden, prinzipiell ist jeder Farbort (pastellfarbene LED) und fein abgestufte Weißtöne erreichbar.



Weiße LEDs bieten aufgrund ihrer relativ großen spektralen Verteilung eine gute Farbwiedergabe. Damit wird ein mit diesem Licht beleuchteter Körper vom menschlichen Auge farblich verhältnismäßig korrekt gesehen.

Multi-LEDs

LEDs leuchten nur in einem bestimmten, genau abgegrenzten Spektralbereich, sie sind schmalbandig. Weißes Licht kann durch den Einsatz verschiedenfarbiger LEDs erzeugt werden. Die additive Farbmischung von Rot, Grün und Blau (RGB) oder auch z.B. nur von Blau und Gelb kann neben allen anderen Mischfarben auch weißes Licht erzeugen.

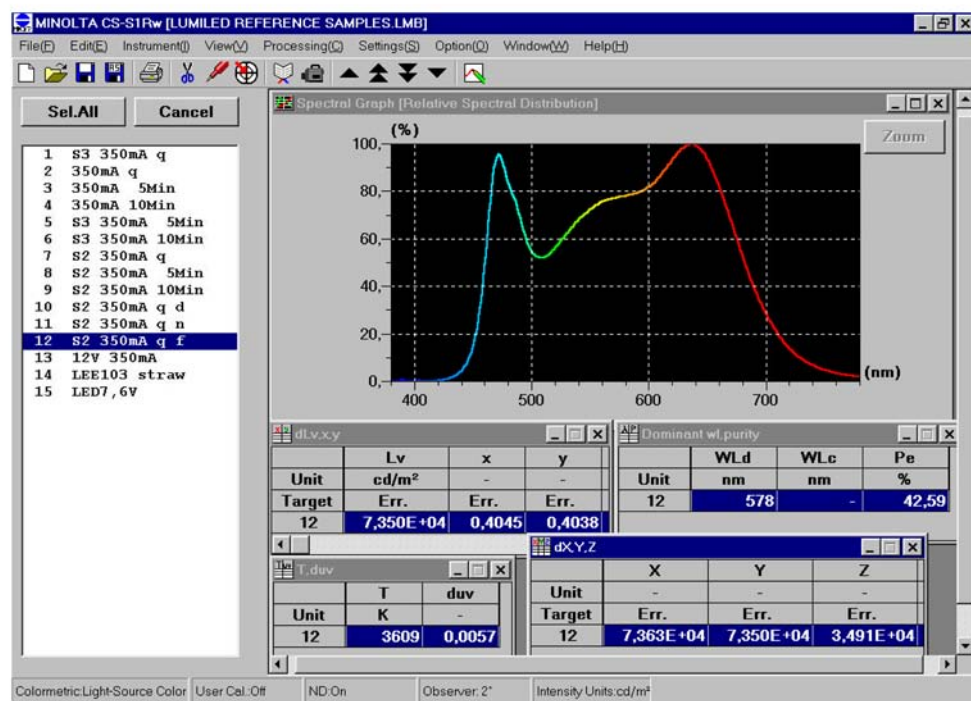
In Multi-LEDs werden drei verschiedene LED-Chips in einer LED kombiniert und bieten den Vorteil, dass die Lichtfarbe durch gezielte Ansteuerung innerhalb eines großen Farbraumes gewählt werden kann. Der Nachteil dieser integrierten Bauform ist im Vergleich zu weißen Leuchtdioden eine geringe Lichtstärke. Bauformen, die aus je einem roten, grünen und blauen LED-Chip in einem Gehäuse bestehen, werden hauptsächlich für hochauflösendere LED-Video-Displays eingesetzt.



Warmweiße LEDs

Speziell für die Raumbelichtung wurden Leuchtdioden mit einer Farbtemperatur von typisch 3200K entwickelt. Charakteristisch ist die im Vergleich zum Blaubereich höhere Leistung bei etwa 600–650 nm. Dadurch ergibt sich ein tageslichtähnlicheres Spektrum. Die Firma Erco listet z.B. weiße LEDs in der gleichen Kategorie 1A bezüglich Farbwiedergabe wie auch z.B. Halogen-Strahler.

Diese Technologie ist am besten für die Objektbeleuchtung geeignet und der Farbwiedergabe-Index Ra ist >90. Diese werden derzeit von Lumileds als 1W-Version (3W-Version gegen Jahresende 2004) angeboten oder auch als 5mm-Type von Nichia. Die folgende Abbildung zeigt typische Kenngrößen der Luxeon warmwhite 3200K.



Luxeon Star warmwhite 3200 K

2004-04-14

© Measured by DI Martin Kurz with Minolta CS1000 A

Lumileds Luxeon LEDs

Lumileds ist ein Joint-Venture von Agilent und Philips Lighting. Lumileds hat LED-Bauformen entwickelt, die es ermöglichen LED mit höheren Strömen zu betreiben. Durch den hohen Strom wird ein hoher Lichtstrom erzeugt und es kann mit einer geringeren Anzahl von LEDs gearbeitet werden. Diese LEDs mit einer Leistung von derzeit bis zu 5W bietet Lumileds unter dem Produktnamen Luxeon auf vorkonfektionierten Platinen (LED-Module) oder auch einzeln an.

Luxeon LEDs benötigen keine Filter, um farbiges Licht zu erzeugen. Jede LED erzeugt direkt Licht einer bestimmten Farbe. Die Farben sind tiefer, satter und reiner, da kein Licht durch Filterung verloren geht. So können satte Rot-, Grün- und Blau-Töne direkt von dieser Halbleiter-Lichtquelle erzeugt werden. Andere Farben lassen sich durch additive Farbmischung mehrere LEDs erzeugen.



RGB LED-Module

Für Beleuchtungszwecke werden RGB-Module, eine Kombination mehrerer LEDs aufgrund der höheren Effektivität der farbigen LEDs und der möglichen dynamischen Lichtfarbenänderung eingesetzt.

Solche Module sind feste Anordnungen von mehreren Leuchtdioden, die eine optische Austrittsfläche mit bestimmten lichttechnischen Eigenschaften – der Sekundäroptik – besitzen.

LED-Module werden eine große Typenvielfalt erreichen und sollten deshalb einheitlich gekennzeichnet sein. Sie besitzen definierte Schnittstellen, die Fehlbedienungen vermeiden. Steuergeräte manipulieren den von einem Betriebsgerät bereit gestellten Strom über eine Schnittstelle zu einem Lichtmanagementsystem. Verbindungskomponenten wie Stecker, Verteiler oder Kabel schaffen die elektrische Verbindung von Betriebsgeräten und Modulen. Sie sind einfach und flexibel zu handhaben und erfüllen die Forderung nach Zuverlässigkeit unter verschiedenen Einsatzbedingungen.

In der Objektbeleuchtung lässt sich mit dieser Technik die Farbtemperatur in einem weiten Bereich einstellen und der Farbwiedergabe-Index noch weiter erhöhen.

Eine Veröffentlichung der Bartenbach Lichtlabor GmbH beschreibt z.B. eine neutral-weiße Lichtfarbe mit einer Farbtemperatur von 4416K und einem Farbwiedergabe-Index von Ra=94.

Lichtfarbe

Lichtfarbe beschreibt das farbliche Aussehen des Lichts einer Lampe. Die Lichtfarbe wird charakterisiert durch die Farbtemperatur in Kelvin (K): warmweiß (ww) < 3.300K, neutralweiß (nw) 3.300K bis 5.300K, tageslichtweiß (tw) > 5.300K

Das Licht von Lampen gleicher Lichtfarbe kann unterschiedliche Farbwiedergabeeigenschaften haben. Die Lichtfarben beeinflussen die Raumatmosphäre: Warmweißes Licht wird als gemütlich und behaglich empfunden, neutralweißes Licht erzeugt eine eher sachliche Stimmung.

Farbwiedergabe

Die Farbe des an einem Gegenstand reflektierten Lichts hängt von der Farbe der Beleuchtung ab. Die Farbwiedergabe bezeichnet die Beziehung zwischen Farbreiz und Farbeindruck, d.h. die Wiedergabe der Farben von Gegenständen bei Beleuchtung mit verschiedenen Lichtquellen für einen Beobachter im Vergleich zu einer Vergleichslichtquelle. Selbst wenn zwei Beleuchtungen ganz gleich scheinen, kann ein Objekt bei diesen Beleuchtungen jeweils ganz verschieden aussehen, da das Objekt nur in den Farben oder Mischungen der Farben erscheinen kann, die auch im Emissions-Spektrum der Lichtquelle enthalten sind.

Die Farbwiedergabeeigenschaften von Lampen werden in verschiedene Stufen der Farbwiedergabeeigenschaften eingeteilt, die durch den allgemeinen Farbwiedergabe-Index Ra gekennzeichnet sind.

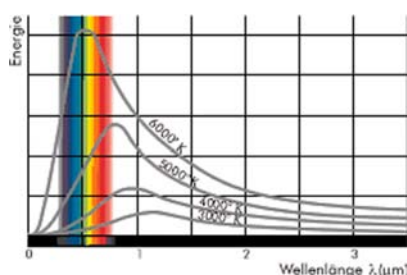
Der Farbwiedergabe-Index

Der Farbwiedergabe-Index ist von acht häufig vorkommenden Testfarben abgeleitet. Er wird durch den Index Ra charakterisiert. Der höchste Ra-Wert ist 100: Die Lichtquelle lässt alle Umgebungsfarben natürlich erscheinen. Je niedriger der Index, umso schlechter sind die Farbwiedergabeeigenschaften. Lampen mit einem Ra-Index kleiner als 80 sollten in Innenräumen, in denen Menschen für längere Zeit arbeiten oder sich aufhalten, nicht verwendet werden.

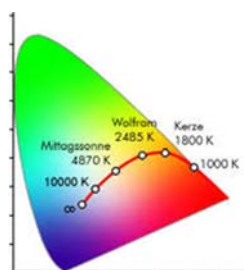
Farbtemperatur

Die Farbtemperatur einer beliebigen Strahlungsquelle ist definiert als die Temperatur (in Kelvin) eines Schwarzen Körpers oder "Planckschen Strahlers", dessen Strahlung die gleiche Farbart hat wie die Strahlungsquelle. Wenn dieser langsam erhitzt wird, durchläuft er eine Farbskala von Dunkelrot, Rot, Orange, Gelb, Weiß bis Hellblau.

Die gebräuchlichen Lampen besitzen Farbtemperaturen in den Größenordnungen von unter 3.300 Kelvin (warmweiß), 3.300 bis 5.300 Kelvin (neutralweiß) bis über 5.300 Kelvin (tageslichtweiß).



Die Temperatur wird in Grad Kelvin angegeben, wobei $K = ^\circ C + 273$ ist. Eine ähnlichste Farbtemperatur 3000 K steht für eine warme rötliche Lichtfarbe, wogegen 6000K eine kalte, tageslichtähnliche Farbe beschreibt.

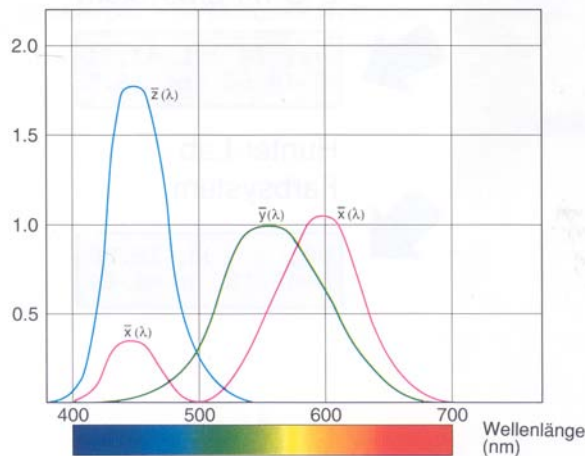


In der CIE-Normfarbtafel liegen die Farben des Lichtes glühender Quellen auf einer Kurve, die aus dem Infraroten kommend bei einer unendlichen Temperatur in einem Blau-weiß endet. Der Weißton und damit die annähernde Lichttemperatur (z.B. weißer LED) können durch die x- und Y-Koordinaten in der CIE-Normfarbtafel bestimmt werden.

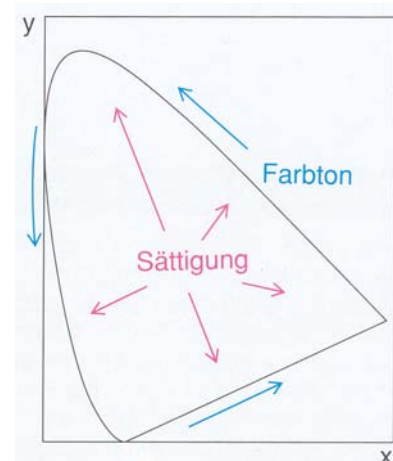
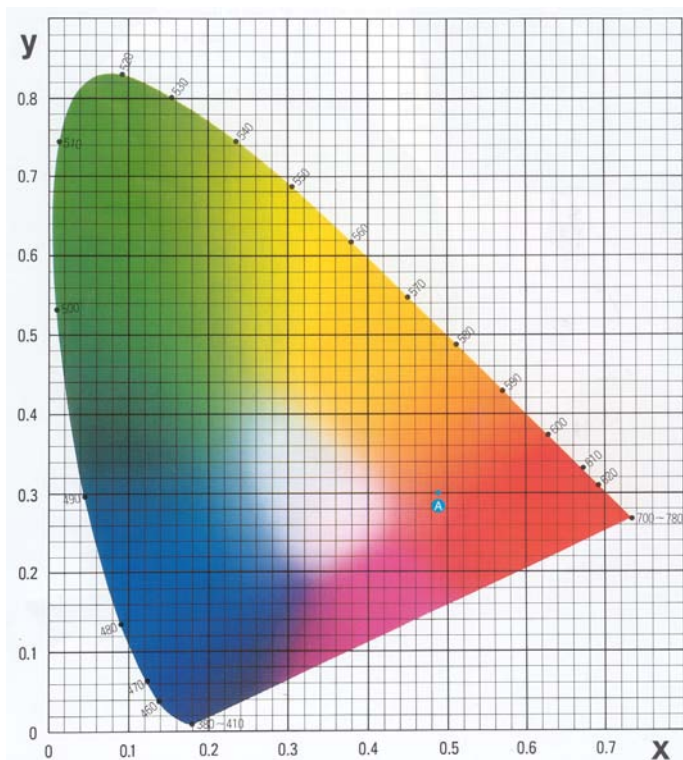
CIE-Normfarbtafel

Grundlage für die gegenwärtigen CIE-Farbsysteme sind die Normfarbwerte XYZ und das daraus abgeleitete Yxy-Farbsystem. Die Normfarbwerte beruhen darauf, dass das Auge Sinneszellen für die Wahrnehmung der 3 Primärfarben Rot, Grün und Blau besitzt, wobei alle von uns wahrgenommenen Farben aus einer Verschmelzung dieser selektiven Sinneseindrücke hervorgehen. Die CIE (Commission Internationale de L'Eclairage / Int. Beleuchtungskommission) legte 1931 als Standard für den so genannten Normalbeobachter die Spektralwertfunktionen fest. Die Berechnung der Normfarbwerte XYZ basiert auf diesen allgemeingültigen Augenempfindlichkeitskurven.

**Spektrale Empfindlichkeit des menschlichen Auges
(Spektralwertfunktionen für den Normalbeobachter CIE 1931)**



Die Normfarbwerte XYZ sind zwar ein brauchbares Maß für den Farbeindruck, eine einfache und praxisgerechte Darstellung ist damit jedoch nicht möglich. Daher wurde 1931 von der CIE zusätzlich ein System für die zweidimensionale, von der Helligkeit unabhängige Darstellung der Farbe festgelegt. Die Größen dieses Yxy-Farb-Systems sind der Hellbezugswert Y (identisch mit dem Normfarbwert Y) und die Normfarbwertanteile x und y, die aus den Normfarbwerten XYZ berechnet werden. Die CIE-Normtafel, das so genannte Farbdreieck enthält alle sichtbaren Farben; die Mitte ist unbunt und zum Rand hin wird die Farbsättigung immer größer.



Normfarbtafel (CIE 1931)

Quellen

LDDE Vertriebs GmbH | www.ldde.com



Bartenbach Lichtlabor GmbH | www.bartenbach.com

Bartenbach
L'chtLabor

Fördergemeinschaft Gutes Licht | www.licht.de



led-info | www.led-info.de

© Hauke Haller, Bgm.-Graf-Str.19, D 31848 Bad Münder

Kompetenzzentrum Licht | www.k-licht.at



Lumileds | www.lumileds.com



ERCO Light Scout | www.erco.com



Nichia Corporation | www.nichia.com

