

DBZ
Deutsche BauZeitschrift

Leitfaden **LED**

Funktionsweise

Qualitätsmerkmale

Praxis

DIAL
light. building. software.

Mehr wissen – besser planen

Technische Möglichkeiten der LED

Auch wenn das Thema LED schon seit einigen Jahren die gegenwärtige Entwicklung beherrscht, gibt es immer noch Klärungs- und Informationsbedarf rund um diese für Planer noch recht neue Technologie. So entstand in Zusammenarbeit mit dem DIAL, dem Deutschen Institut für angewandte Lichttechnik, dieser Leitfaden.

Liebe Leserinnen und Leser,

die LED-Technologie schickt sich an, mit dynamischen Effekten, ihren kleinen Abmessungen, allen denkbaren Einsatzgebieten und -orten, ihren Millionen von Farben und der hohen Energieeffizienz die herkömmlichen Lichtquellen abzulösen oder haben es in Teilbereichen bereits getan. Der LED-Anteil in Neubauten an der Innenraumbeleuchtung beträgt schon etwa 20 %, bei der Außenbeleuchtung schon über 40 %. Ein immenser Markt, der rasch wächst und für alle, die mit Licht planen und gestalten wollen, eine Menge Fragen aufwirft und Unsicherheit darstellt im Umgang mit dieser neuen Technologie. Wie definiert man eigentlich LED-Beleuchtungseinrichtungen, wie werden sie bewertet, was sind das für technische Daten, die für spezielle Anwendungen relevant sind, gibt es einheitliche Messverfahren, die vergleichbare Qualitätskriterien zulassen?

Wissen Sie, was folgende Kennwerte bedeuten und beinhalten? Bemessungsleistung, Leuchten-Lichtausbeute, Lichtstärkeverteilung, Lichtstrom, Farbqualität, Ähnlichste Farbtemperatur, Farbwiedergabeindex, Bemessungsumgebungstemperatur, Lebensdauerkriterien von LED-Lösungen? Ich möchte Sie an dieser Stelle nicht zu sehr mit technischen Fragen strapazieren. Aber das sind neben den individuellen Produktdaten die, die in den technischen Informationen einer Leuchte enthalten sein sollten. Die Vorteile der LED sind mannigfaltig, führen aber durch Unsicherheiten im Wissen um das Thema LED häufig zu fehlerhaften bzw. falschen Entscheidungen.

Was also ist und kann diese kleine LED, die Licht emittierende Diode, die sich anschickt, die ganze Welt des Lichts zu erobern, die alle fasziniert, und eben nicht nur, weil sie auch energieeffizient ist. Wir möchten Ihnen mit dem Sonderheft „Leitfaden LED“ der DBZ Deutsche Bauzeitschrift eine Information an die Hand geben, die versucht, alle Fragen zur LED und LED-Beleuchtungslösungen zu beantworten. Gegliedert ist der erste Teil in folgende Themenbereiche: Grundlagen zu Aufbau und Funktionsweise von LEDs, Qualitätsmerkmale, Wissenswertes zum Thema Wirtschaftlichkeit, Behauptungen und Fakten und schließlich eine Glossar zu einigen Begriffen, die im Zusammenhang mit LEDs klärensenswert sind.

Die Redaktion hat das zusammen mit einem kompetenten Partner gemacht, der sich mehr als nur mit dem Thema des Lichtes, der Leuchtmittel, der Leuchten und technischen Anlagen auskennt und sich natürlich intensivst mit allem Fragen zu LED beschäftigt: Das DIAL, das Deutschen Institut für angewandte Lichttechnik, Lüdenscheid. Unserem Partner mit seinen Kollegen an dieser Stelle der Dank für das professionelle Miteinander.

Wir hoffen sehr, dass wir Ihnen mit diesem Leitfaden neben der Klärung der Begrifflichkeiten die ganze Faszination von LED mit allen technischen, gestalterischen und ökonomischen Parametern verdeutlichen können.

*Herzlichst,
Ihr Burkhard Fröhlich*

Leitfaden LED

04 Grundlagen

Historie

Funktionsweise

Aufbau einer LED

Weißer LEDs

Vorteile einer LED

Nachteile einer LED

Thermomanagement

Passive Kühlung

Aktive Kühlung

Dimmung

Lichtlenkung

Austauschbarkeit von LED Modulen

OLEDs

Historie

Ähnlich und doch anders

Flächiges Licht

18 Qualitätsmerkmale von LED-Produkten

Farbwiedergabequalität

Farbtemperatur

Binning

24 Wirtschaftlichkeit

Effizienzvergleich von LEDs zu anderen

Lichtquellen

Absurdes aus Brüssel

Lichtausbeute ist nicht gleich Lichtausbeute

Sind LEDs nachts effizienter?

Kaltes Licht ist effizienter

LED-Retrofit-Röhren vs. Leuchtstoffröhren

E27 & Co.

Lebensdauer und Alterung

Halten LEDs ewig?

Phase 1: Frühausfall

Phase 2: Zufallsfehler

Phase 3: Verschleißausfälle

Lebensdauerangaben

Lichtstromrückgang

Lichtstromrückgang bei RGB-LEDs

Austausch von Modulen?

Produktlebenszyklus

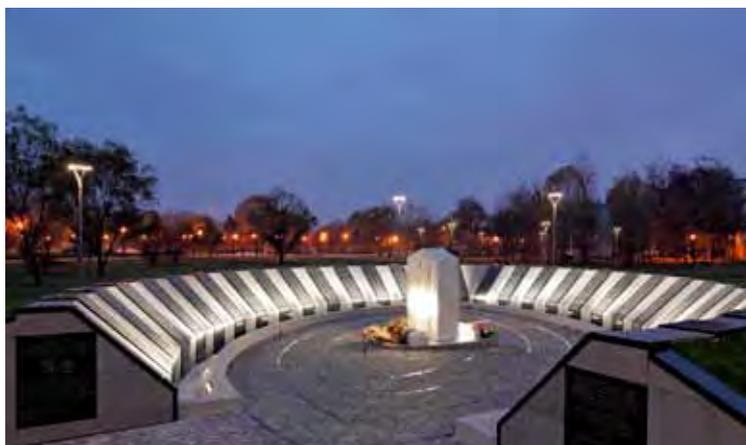
LED-Werkstoffe

Garantien

Kosten

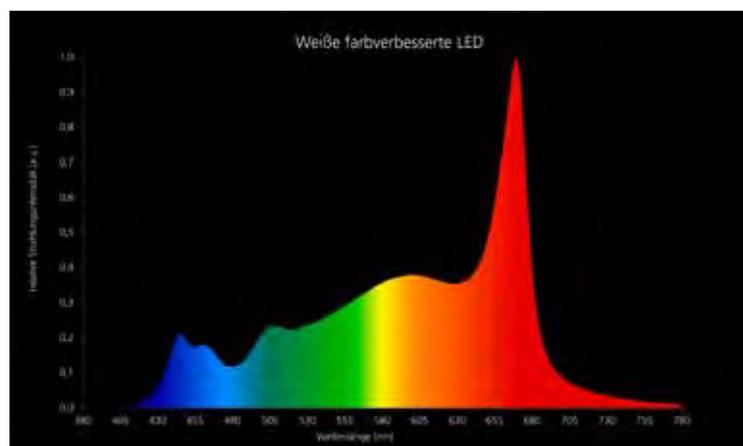
Titelbild

Foto: iStock.com/Jaap Willem



04 Grundlagen

Foto: iStock



18 Qualitätsmerkmale

36 Behauptungen und Fakten

LEDs sind immer effizient
LEDs sind ökologisch sinnvoll
LEDs haben eine extrem lange Lebensdauer
LEDs produzieren keine UV- bzw. IR-Strahlung
LEDs sind für alle Bereiche hervorragend geeignet
LEDs werden nicht warm
LEDs sind winzig klein und lassen sich überall einbauen
LEDs erzeugen ein dem Sonnenlicht ähnliches Licht
Konventionelle Lampen kann man 1:1 gegen LED
Retrofits austauschen
LEDs mit derselben Farbtemperatur sehen immer
gleich aus
LEDs sind blendfrei
LED Beleuchtung muss man mit speziellen
Empfängern messen
LED Beleuchtung kann durch ihr Flimmern
Kopfschmerzen, Unwohlsein und Schlafstörungen
auslösen
LEDs flimmern im Dimmbetrieb

38 Glossar

Begriffe rund um die LED-Technologie

40 Praxis

Starkes Stück	40
Energiebunker in Hamburg	
In Heidelberg gehört die Zukunft der LED	44
Universitätsklinikum setzt bei Sanierungen auf digitales Licht	
Für die Zukunft geplant	48
Energieerzeuger setzt auf moderne Lichttechnik	
LED-Licht im Zentrum	52
Der Hauptplatz in Landsberg am Lech	
Ort mit neuer Dimension	56
Der alte Hafen von Marseille	

58 Produkte in Anwendung



44 Praxis: In Heidelberg gehört die Zukunft der LED



58 Produkt in Anwendung: Zukunftsfähig

1. Grundlagen

1.1 Historie



Außenbeleuchtung mit LEDs: Durch präzise Anstrahlung werden die wesentlichen Elemente betont

(Foto: Siteco)

Fokussierte Shopbeleuchtung mit LED

(Foto: Ansorg)

Bereits im Jahre 1907 entdeckte der Engländer Henry Joseph Round, dass anorganische Stoffe unter Anlegen einer elektrischen Spannung leuchten können. Bis zum ersten industriellen Einsatz einer roten Leuchtdiode dauerte es jedoch noch bis zum Jahre 1962. In den 1970er Jahren gibt es bereits zahlreiche Einsatzbereiche für LEDs, zum Beispiel für Ziffernanzeigen in Taschenrechnern und Uhren. Allerdings beschränkten sich die Portfolios der LED-Hersteller auf die Farben rot, grün, orange und gelb.

Blaue LED gesucht

Erstaunlicherweise erschien es 30 Jahre lang unmöglich, eine blau leuchtende LED herzustellen. Ohne blau ist jedoch kein weißes Licht möglich. Dieser Mangel wurde umso schwerwiegender, nachdem die LEDs in den 1980er und insbesondere in den frühen 1990er Jahren immer leistungsfähiger, das heißt heller und effizienter wurden. Die LEDs zeigten, dass sie für mehr taugen, als ihr Dasein als Kontroll-Lämpchen zu fristen. 1993 gelang es dann dem japanischen Physiker Shuji Nakamura, die erste sehr hellstrahlende blaue LED zu realisieren, wenige Jahre später erschien die erste weiße LED auf den Markt.

Was soll man damit machen?

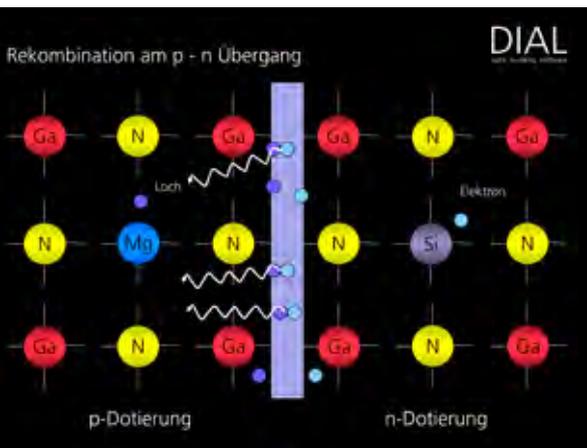
Die ersten 10 Jahre nach Markteinführung der weißen LEDs waren geprägt von großer Skepsis gegenüber den schwachen, blaustichigen und teuren Lichtquellen. So kamen weiße LEDs nur in Spezialanwendungen wie Rettungszeichenleuchten, Möbeleinbauleuchten oder Orientierungsleuchten zum Einsatz.

Doch aufgrund der kleinen Baugröße, den variablen Bauformen und den gesättigten Farben fand die LED in sehr vielen speziellen Bereichen der Architektur sinnvolle Anwendungen

Viele kleine Sprünge

Der Ehrgeiz der Industrie war geweckt und sie brachte in sehr kurzen Abständen immer bessere LEDs auf den Markt. Von 2008 bis 2013 stieg die Lichtausbeute von auf dem Markt befindlichen LEDs von 1-20 lm/W auf 80-120 lm/W. Zu den sehr bläulich leuchtenden effizienten LEDs kamen immer bessere warmweiße LEDs hinzu. Diese Entwicklung spiegelt sich auch im steigenden Anteil der LEDs in der privaten und kommerziellen Architekturbeleuchtung wieder. Heute findet man die LED neben den konventionellen Leuchtmitteln in jeder Art von Leuchte. Downlights, Strahlern, Stehleuchten, Langfeldleuchten oder Lichtbandsysteme...etc. Nun haben die LED-Leuchten fast jeden Bereich in Innen- oder Außenräumen erobert.

1.2 Funktionsweise



Photonenabstrahlung am p-n-Übergang (Quelle: DIAL)

1.2.1 Aufbau einer LED

Bei einer Leuchtdiode, Abkürzung LED für „Light Emitting Diode“, kommen im Gegensatz zu Temperaturstrahlern (Glühlampe) und Gasentladungslampen (z. B. Leuchtstofflampe), Halbleiterkristalle zur Lichterzeugung zum Einsatz. Man spricht in dem Zusammenhang auch von einer Elektrolumineszenz, da ein Feststoff durch das Anlegen einer elektrischen Spannung zum Leuchten angeregt wird.

Um dies zu ermöglichen, werden Halbleiterkristalle wie Galliumnitrid (GaN) oder Indiumphosphid (InP) leitfähiger gemacht, indem sie mit verschiedenen Stoffen „verunreinigt“ oder „dotiert“ werden. So wird eine Schicht des Kristallgitters durch Einlagerung eines Fremdstoffes mit einem Elektronenüberschuss versehen (n-Dotierung) und die andere mit einem Elektronendefizit ausgestattet (p-Dotierung). Die Elektronendefizite bezeichnet man auch als „Löcher“. Eine LED besitzt immer eine Kathode und eine Anode. Legt man nun eine Spannung korrekt gepolt an, bewegen sich Löcher und Elektronen aufeinander zu und es kommt zu einer Rekombination im Übergang der beiden Halbleiterschichten. Diese Übergangsschicht wird auch Sperrschicht (im Englischen: junction) oder p-n-Übergang genannt.

Bei der Rekombination wird unmittelbar elektromagnetische Strahlung in Form von sichtbarem Licht frei. Da aber nicht alle Elektron-Lochpaare am p-n-Übergang rekombinieren, entsteht auch Wärme. Diese wiederum erhöht die Eigenleitung der p- und n-Schicht und verstärkt den Effekt der ungewollten Rekombination jenseits der p-n-Schicht. Diese Wärme muss durch Wärmeleitung abgeführt werden (> Thermomanagement). Im Spektrum ist jedoch keine Wärme- (= Infrarot) Strahlung enthalten. Je nach Halbleitermaterial erzeugt eine LED immer monochromatisches (einfarbiges) Licht. Typische Lichtfarben sind (je nach verwendetem Halbleitermaterial): Rot, Orange, Gelb, Grün oder Blau. Kein Halbleiter kann auf direktem Weg weißes Licht erzeugen

Your light in a world of change.



Seit mehr als 60 Jahren ist es unser Ziel, das beste Licht für den Menschen und unsere Umwelt zu schaffen.

Besuchen Sie unsere Lichtwelten auf der light+building 2014 und erleben Sie, wie wir weltweit für erfolgreiche Unternehmen mit Licht Identität schaffen, Wohlbefinden steigern, Potenziale freisetzen und dabei Kosten senken.

Zumtobel. Das Licht.

www.zumtobel.com

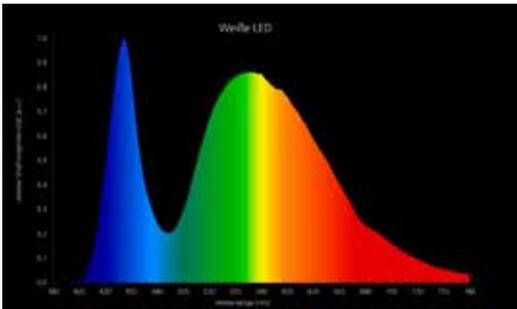
light+building

30.3. – 4.4.2014 | Frankfurt
Hall 2.0 | Stand B30+B31

1.2.2 Weiße LEDs



Um weißes Licht zu erzeugen, werden 3 LEDs verwendet, ohne Diffusor ergeben sich farbige Schatten (Foto: DIAL)



Spektrum: Weiße LED mit blauem Chip

RGB ergibt weiß

Nun liegt die Annahme nahe, dass man weißes Licht erzeugen kann, indem man 3 LEDs verwendet, von denen eine rotes, eine weitere grünes und eine dritte blaues Licht emittiert. Grundsätzlich ist dies richtig und auch technisch möglich, allerdings ist das Spektrum einer LED immer schmalbandig, so dass bei der additiven Mischung der drei Grundfarben viele Wellenlängen im Spektrum unterrepräsentiert wären. Die Folge ist ein weißes Licht, welches einen Farbstich und eine unzureichende Farbwiedergabequalität besitzt. Darüber hinaus muss hier oft mit einem Diffusor oder anderen optischen Hilfsmitteln gearbeitet werden, um ungewünschte farbige Schatten zu vermeiden. Ferner stellt auch die Farbortstabilität über die Lebensdauer und die Farbortstabilität unter dem Einfluss von deutlichen Schwankungen der Umgebungstemperatur ein Problem dar.

Blau alleine ergibt auch weiß

Aus diesen Gründen verwendet man zur Erzeugung weißen Lichts ganz überwiegend ein alt bewährtes Prinzip, welches auch bei der Leuchtstofflampe zur Anwendung kommt. Das Prinzip der Lumineszenzkonversion: Energiereiches, kurzwelliges Licht einer blauen LED (in der Regel mit einer Peakwellenlänge von 450- 460 nm) wird durch Verwendung eines Leuchtstoffes in andere Wellenlängen „konvertiert“. Je nach Zusammensetzung und Schichtstärke des Leuchtstoffes lässt sich weißes Licht mit unterschiedlichen Farbtemperaturen erzeugen. Als Leuchtstoff werden im Halbleiterbereich Phosphorverbindungen verwendet. Die Leuchtstoffe werden in dünnen Schichten auf die blauen LEDs aufgebracht. Diese zeigen im nicht leuchtenden Zustand meist eine gelbe Farbigekeit.

Die Bezeichnung „Kompaktleuchtstofflampe“ würde daher ganz hervorragend zu einer Konversions-LED passen. 90% aller weißen LEDs für allgemeine Beleuchtungszwecke basieren auf diesem Prinzip.

Kombinieren erlaubt

Um mit einer Leuchte, die der farbigen Effektbeleuchtung dient, auch qualitativ hochwertiges weißes Licht erzeugen zu können, verwenden viele Hersteller daher zusätzlich weiße LEDs. Dabei handelt es sich dann um so genannte „RGBW-Leuchten“. Es gibt allerdings auch Produkte, die über zusätzliche weiße und amberfarbene LEDs verfügen. Dies ermöglicht, auch warmweiße Lichtfarben zu mischen (RGBWA-Leuchten).

1.2.3 Vorteile einer LED

+ Klein

Die sehr geringen Baugrößen von LEDs ermöglichen Einsatzorte im Bereich der Beleuchtung, die vorher undenkbar waren. Dies ist gerade bei dekorativen Anwendungen ein Vorteil. LEDs lassen sich sehr einfach in Möbeln, Nischen, Armaturen, Handläufen usw. einbauen. Sie können sich - auf flexiblen Bändern angeordnet - der Architektur nach Belieben anpassen.

+ Keine UV-Strahlung

Im Licht einer weißen LED sind keine ultravioletten Anteile enthalten. Gerade bei der Beleuchtung von sensiblen Exponaten im Museum kann die LED daher gut eingesetzt werden. UV-Sperrfilter, wie sie etwa bei Halogenmetallampfen eingesetzt werden müssen, sind hier nicht notwendig. Darüber hinaus enthält das Licht einer LED keine Infrarot-Anteile. So kommt sie beispielsweise auch zum Einsatz bei der Beleuchtung von Lebensmitteln, wo die Wärmestrahlung einer Glühlampe zum Verderben der Ware führen könnte.

+ Schaltfest

Ein weiterer Vorteil von LEDs ist die hohe Schaltfestigkeit. Häufiges Ein- und Ausschalten verkürzt nicht die Lebensdauer. Dieser Vorteil kommt nicht zuletzt auch der Display- und der Signaltechnik (Verkehrssignalanlagen) zu Gute. Aber auch im Architekturbereich kann man ohne Probleme LED-Leuchten überall dort einsetzen, wo Bewegungs- bzw. Präsenzmelder zur Anwendung kommen oder man eine Beleuchtung mit hoher Schaltfrequenz einsetzen muss (z. B. Treppenhausbeleuchtung mit Zeitschaltung, Toilettenräume, etc.).

+ Sofort 100% Licht

LEDs liefern direkt nach dem Einschalten den vollen Lichtstrom und haben keine „Anlaufphasen“, wie man dies beispielsweise von Hochdruckgasentladungslampen oder auch Leuchtstoff-

nimbus^x

www.nimbus-group.com



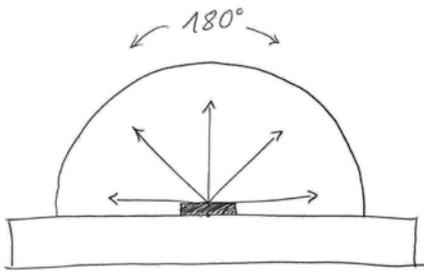
**Nach Golde drängt,
Am Golde hängt
Doch alles.**

Johann Wolfgang von Goethe

Auch Herrn W. Walker, Produktionsleiter und
Nimbus-Mitarbeiter der ersten Stunde,
gefällt unsere neue Rim R in Jubiläums-Gold.

Ansonsten teilt er die Meinung von Goethes Gretchen nur bedingt.

nimbus group



Skizze einer LED mit halbräumlicher Abstrahlung



Verwendung von Linsen, um eine räumliche Lichtverteilung zu erreichen

(Foto: Philips)

1.2.4 Nachteile einer LED

lampen kennt. Außerdem sind sie heißwiederzündfähig. Dies bedeutet, dass sie nach dem Abschalten und Wiedereinschalten nicht erst mehrere Minuten abkühlen müssen, um erneut betrieben werden zu können.

+ Für Kälte geeignet

Die Tatsache, dass der Lichtentstehungsprozess durch Wärme negativ beeinflusst wird, beschert der LED andererseits die Eigenschaft „kälteliebend“ zu sein. Das macht sie zum prädestinierten Leuchtmittel für alle kühlen Umgebungen, wo sie dann einen besonders hohen Lichtstrom liefert. Besonders naheliegend sind daher alle Anwendungen in Straßen- und Außenleuchten, der Einsatz in Kühlhäusern, Kühlregalen, aber auch in Aufenthaltsräumen, die durchgehend klimatisiert werden.

+ Vibrationsfest

Nicht nur im Automotive-Bereich, sowie an Bord von Zügen, Flugzeugen und Schiffen kommt neben dem geringen Bauraum und dem geringen Gewicht, ein weiterer Vorteil der LED zum Tragen: die Vibrationsfestigkeit. Im Gegensatz zur Glühlampe, bei der die Wolframwendel bei mechanischer Beanspruchung reißen kann, wird die Lebensdauer einer LED durch Erschütterungen nicht beeinflusst. In Ausnahmefällen können hier höchstens - wie bei jedem elektrischen Bauteil - die Kontakte und Lötstellen auf der Platine in Mitleidenschaft gezogen werden.

+ Lichtlenkung

Außerdem ermöglicht die LED eine sehr präzise Lichtverteilung, da der Leuchtenhersteller die einzelnen Module gezielt in seiner Leuchte ausrichten und mit unterschiedlichen Linsen zur Lichtlenkung versehen kann. Dieser Vorteil sticht besonders in der Straßenbeleuchtung heraus.

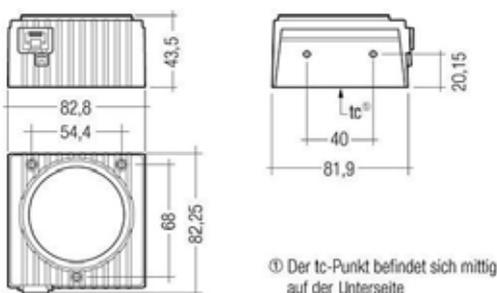
+ Licht immer einfarbig

Das Licht einer LED ist grundsätzlich monochromatisch. LEDs sind daher prädestiniert zur Erzeugung von farbiger Beleuchtung. Um weißes Licht zu erzeugen, muss man sich der Lumineszenzkonversion bedienen. Dies macht eine weiße LED im Vergleich zu einer monochromatischen LED unwirtschaftlicher. LEDs mit einer kalten Farbtemperatur sind dabei grundsätzlich wirtschaftlicher, als LEDs mit einer warmen Farbtemperatur, da das weiße Licht letztendlich von einer blauen LED stammt und kaltweißes Licht mehr Blauanteile besitzt, als warmweißes. So lieferten die ersten weißen LEDs, die entwickelt wurden, auch bläulich-weißes Licht, welches beim Anwender im Bereich der Allgemeinbeleuchtung eher auf Ablehnung stieß. Für alle Bereiche (nicht zuletzt auch für den Wohnbereich) sind heute aber auch Produkte mit warmweißen LEDs (2 700 K – 3 000 K) erhältlich – wengleich diese auch nicht ganz so effizient sind, wie ihre neutral oder kalt-weißen Pendanten.

+ Nur eine Lichtrichtung

Ein Halbleiterchip kann konstruktionsbedingt nur in einem Winkel von 180 ° (halbräumlich) abstrahlen. Werden andere Winkel gewünscht, muss der Hersteller mit entsprechenden optischen Elementen (wie Linsen, Reflektoren usw.) arbeiten, welche häufig etwas Wirkungsgrad kosten.

1.2.5 Thermomanagement



Angabe TC-Punkt am TALEXX-Modul

(Quelle:Tridonic)

Wenn auch im Emissionsspektrum einer LED selbst keine Infrarot-Anteile enthalten sind, so können LEDs im Betrieb sehr heiß werden, insbesondere LEDs mit einer hohen Leistungsdichte. Das Sicherstellen der optimalen Betriebstemperatur, das sogenannte Thermomanagement, stellt deshalb eine der größten Herausforderungen an die Hersteller von LED-Leuchten dar. Oft wird im Zusammenhang mit dem Thermomanagement auch von der so genannten Junction-Temperatur gesprochen, die einen bestimmten Wert nicht überschreiten sollte. Damit ist die Temperatur gemeint, die an der Stelle im Innern des LED-Chips herrscht, wo positive mit negativen Ladungsträgern rekombinieren, also am p-n-Übergang entsteht. In der Praxis ist es jedoch nicht möglich, an dieser Stelle eine Temperatur zu messen. Daher werden entsprechende Referenzpunkte, meist auf dem Kühlkörper oder Gehäuse der LED, angegeben. Je wärmer eine LED wird, desto stärker sinkt der Lichtstrom. Wird eine bestimmte Temperatur überschritten, so hat dies zur Folge, dass der Halbleiter durch thermische Prozesse irrever-

sibel zerstört wird. Das Absinken des Lichtstroms aufgrund der ansteigenden Junction-Temperatur bezeichnet man auch als Degradation.

Seitens der Hersteller gibt es verschiedene Strategien, die Junction-Temperatur in den Griff zu bekommen. Grundsätzlich gibt es hier zwei grundlegende Möglichkeiten: die aktive und die passive Kühlung.

Um die Wärme möglichst gut von der LED ableiten zu können, sind Kühlkörper mit einer großen Oberfläche erforderlich. Bei einigen Leuchten reicht der Konvektionsstrom aus, um die LEDs so weit zu kühlen, dass keine Überhitzung des Halbleiterkristalls stattfindet. Die Notwendigkeit eines großen Kühlkörpers kann aber dazu führen, dass gerade bei hohen Wattagen aus dem eigentlich sehr kompakten Halbleiter, eine Leuchte sehr großer Bauform wird.

Ist der Kühlkörper baulich von dem Halbleiter getrennt, so ist oft auch von einer so genannten „Heatpipe“ die Rede. Dabei wird die entstehende Wärme von einem Arbeitsmedium aufgenommen, welches sie zum Kühlkörper (Radiator) transportiert. Das Arbeitsmedium kann entweder Wasser sein, welches in einem Kupferrohr geführt wird; z. T. werden aber auch Flüssigmetall - Legierungen verwendet, welche im Wärmerohr verdampfen, zum Kühlkörper strömen, wo sie abkühlen, kondensieren und wieder zurück zur Wärmequelle fließen.

Dieser Kreislauf ist geräuschlos und in der Regel wartungsfrei. Zusätzliche Pumpen, welche das Medium transportieren, sind hier nicht erforderlich. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass der Kühlkörper von der Leuchte - bis zu einem gewissen Maß - räumlich getrennt werden kann. Dies ermöglicht eine schlankere Bauform der Leuchte selbst.

Vorteilhaft für ein gutes Thermomanagement ist auch die Anordnung vieler LEDs auf einer möglichst großen Fläche, um die Wärme effizient abführen zu können. Insbesondere bei Straßen- und Außenleuchten wird oft das komplette Gehäuse als Kühlkörper genutzt.

1.2.6 Passive Kühlung



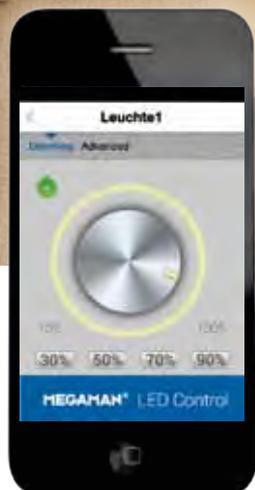
Das komplette Gehäuse dient als Kühlkörper (Foto: Concord)



Life IN Light

MEGAMAN®

MEGAMAN® „appt“ das Licht



Wi-Fi™

Intelligente Lichtsteuerung per Bluetooth, Funk oder Wi-Fi zum Schalten und Dimmen.

MEGAMAN® LED-Control



light+living

Frankfurt 30.09.2014
Halle 4.1, Stand H70

1.2.7 Aktive Kühlung



Downlight mit Membranlüfter

(Foto: Cool Square and Cool Tempo by Jeremy mcManus)



Leuchte von Spittler mit aktiver Kühlung

(Foto: DIAL)

Von einer aktiven Kühlung spricht man, wenn eine aktive Komponente wie ein Lüfter oder eine Pumpe eingesetzt wird, die ihrerseits hierfür Energie aufnimmt. Zahlreiche LED-Leuchten sind mit einer aktiven Kühlung ausgestattet, auch wenn diese nicht immer sichtbar ist.

Bei vielen LED-Leuchten wird die aktive Kühlung mittels einer mechanisch erzeugten Luftzirkulation durchgeführt. Häufig wird dies durch einen Ventilator oder Lüfter realisiert, wie man ihn auch vom Einsatz in Rechnern kennt.

Ein anderes Verfahren arbeitet mit einem Membranlüfter. Dabei wird eine Luftzirkulation durch die schnelle Vibration einer Membran erzeugt. Einige Hersteller werben damit, dass dieses Verfahren besonders langlebig und besonders leise sei.

Bei der aktiven Kühlung mittels Umgebungsluft ist allerdings zu bedenken, dass sich natürlich auch der Staub aus der Raum- oder Außenluft auf den Kühlrippen absetzt kann und somit ggf. nach einer gewissen Zeit zu einer schlechteren Abgabe der Wärme an die Umgebung und zur Verschmutzung der Leuchte führt.

Weniger weit verbreitet sind Leuchten mit aktiver Kühlung, bei denen mit Hilfe eines Kühlmittels die Temperatur geregelt wird. Teilweise werden diese Produkte in der Beleuchtung von Aquarien eingesetzt, um mit der abgeführten Wärme gleichzeitig das Wasser beheizen zu können. In der Gewächshausbeleuchtung gibt es auch Produkte, die über einen Wärmetauscher die Energie aus dem Kühlmedium zur Beheizung des Hauses einsetzen.

Bei der aktiven Kühlung sollte jedoch immer berücksichtigt werden, dass es zu einer Geräuschentwicklung kommen kann. Dabei können Lüfter oder Pumpen des Kühlmittels durchaus akustisch wahrnehmbar sein - je nach Umgebungslautstärke, in der die LED-Leuchte zur Anwendung kommt. Dabei sollte nicht nur die Geräuschentwicklung im Neuzustand beurteilt werden, sondern auch die verschleißbedingte Schallerzeugung nach einigen tausend Betriebsstunden. Einige Ventilatoren sind daher magnetisch gelagert, um ein vorzeitiges Versagen des Lagers aus dem Weg zu gehen und die damit verbundenen Geräusche zu minimieren. Dennoch sollte die Lebensdauer des Produktes bei einer Aktivkühlung immer kritisch hinterfragt werden. Möglicherweise hat die LED eine Lebensdauer von 50 000 h und mehr. Wenn allerdings vorher ein anderes elektronisches Bauteil ausfällt, welches für die Kühlung verantwortlich ist, kann dies schnell zum – möglicherweise irreversiblen – Totalausfall führen. Bei LEDs mit geringen Leistungsdichten (d. h. wenigen W/ cm²) ist weder eine passive noch aktive Kühlung erforderlich. Dies betrifft insbesondere dekorative Anwendungen, wie auch LED-Stripes, die häufig zur Hinterleuchtung eingesetzt werden.

Die LED als elektronisches Bauteil lässt sich grundsätzlich hervorragend schalten und dimmen. Jedoch gibt es etliche Besonderheiten zu beachten, um eine Helligkeitsveränderung von LEDs störungsfrei durchzuführen.

1.2.8 Dimmung

Nicht primärseitig dimmen

LEDs werden meist an speziell dafür entwickelten Betriebsgeräten betrieben, oft mit „Treiber“ oder „Trafo“ bezeichnet. Die elektrische Eingangsseite, die mit dem Stromnetz verbunden ist, wird dabei Primär-, die Ausgangsseite, die mit dem LED-Modul verbunden ist, Sekundärseite genannt.

Das Dimmen der LEDs muss auf der Sekundärseite oder innerhalb des Betriebsgerätes erfolgen. Dimmer, die auf der Primärseite zum Einsatz kommen, also alle klassischen Phasenan- oder abschnittsdimmer, sind einem grundsätzlichen Problem unterworfen: Sie reduzieren den Strom / die Spannung für das Betriebsgerät und führen zu einem anomalen Betrieb des Treibers, was sich im Flimmern oder Takten des Lichtes zeigen kann. Bei einer gewünschten starken Dimmung, also unterhalb 10% der Leistung, führt dies in aller Regel zum abrupten Ausschalten der Lichtquelle. Vergleichbar ist das primärseitige Dimmen mit einem Verbrennungsmotor, bei dem man nicht mittels Motorsteuergerät die Drehzahl, bzw. die Leistung beeinflusst, sondern mittels eines Regulierventils in der Kraftstoffleitung.

PWM oder CCR

Diese beiden Abkürzungen stehen für Verfahren, mit denen das Dimmen von LEDs möglich ist. Bei einer Pulsweitenmodulation (PWM) wechselt die LED ständig zwischen den beiden Zuständen „ein“ und „aus“, weshalb sie auch als „digitales Dimmen“ bezeichnet wird. Die Frequenz, mit der dieser Wechsel vorgenommen wird, muss oberhalb der Flimmerverschmelzungsfrequenz des menschlichen Auges liegen, damit wir diesen Wechsel nicht bemerken. Andernfalls würden wir das als Stroboskopeffekt oder Flimmern wahrnehmen, insbesondere im peripheren Bereich der Netzhaut. Um dies zu vermeiden, liegt die Betriebsfrequenz einer PWM typischerweise oberhalb von 100 Hz. Mit einem korrekt ausgelegten PWM-Dimmer ist das flimmerfreie Dimmen von 100%-0% möglich. Die PWM erlaubt den Betrieb der LEDs mit einem konstanten Strom, bzw. konstanter Spannung, weshalb die Pulsweitenmodulation grundsätzlich eine große Rolle beim Betrieb von LEDs spielt. Sie wird nicht nur zum Dimmen, sondern auch zum regulären Betrieb nicht dimmbarer Applikationen genutzt.

Die Constant Current Reduction (CCR), also die Reduzierung des Stromes ist ebenfalls ein gängiges Verfahren zur Dimmung von LEDs. Hierbei wird der Betriebsstrom der LEDs vom Nominalstrom auf den gewünschten Wert abgesenkt, die Spannung stellt sich von selbst ein und dient nicht als Führungsgröße. Da der LED-Lichtstrom kontinuierlich der Stromvorgabe folgt, wird das Verfahren auch als „analoges Dimmen“ bezeichnet. Im Gegensatz zur PWM besteht keinerlei Gefahr, dass irgendwelche unerwünschten Flimmereffekte auftreten. Auch ist der gesamte Aufbau einer CCR einfacher, störunanfälliger und sicherer hinsichtlich elektromagnetischer Verträglichkeit.

Lichtfarbe bleibt beim Dimmen konstant

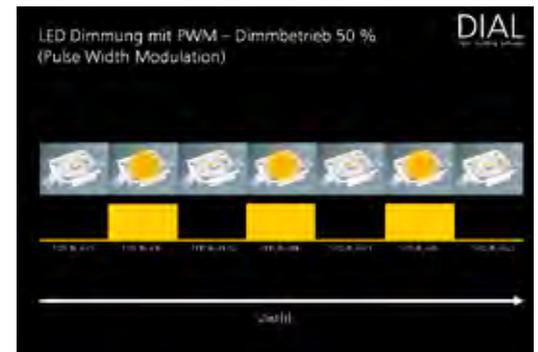
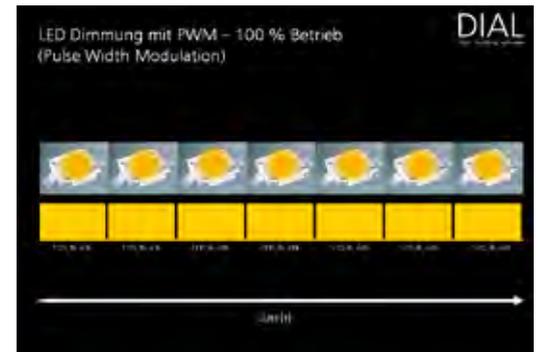
Unabhängig von der technischen Machbarkeit des Dimmens, haben LEDs, genauso wie alle Entladungslampen, das Problem, dass sich die Lichtfarbe beim Dimmen nicht oder kaum ändert. Allerdings erwarten wir eine Veränderung der Lichtfarbe, insbesondere bei Anwendungen im Wohnumfeld, da wir dies sowohl von der untergehenden Sonne, als auch von der Glühlampe gewohnt sind, nämlich, dass sich die Lichtfarbe mit zunehmender Helligkeitsreduktion kontinuierlich von 3 000 K (warmweiß) über 2 000 K (gelblich, ähnlich Kerzenschein) bis hin zur Rotglut (1 000 K) und dem anschließenden gänzlichen Verschwinden sichtbarer Spektralanteile ändert. Diese Farbortveränderung entlang des Planckschen Kurvenzuges kann mittels spezieller LEDs natürlich auch nachgeahmt werden, allerdings ist dazu ein ordentlicher Steuerungsaufwand und die Kombination unterschiedlicher LED-Lichtfarben vonnöten.

Sind nur LEDs einer Lichtfarbe verbaut, dann bleibt diese Lichtfarbe bei allen Dimmzuständen mehr oder weniger konstant, logisch, weil die Konversationschicht und das Emissionsspektrum der blauen LED ebenfalls konstant bleibt, lediglich die Strahlungsleistung ändert sich.

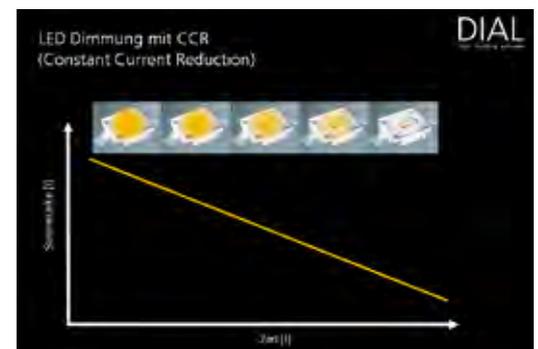
DALI, DMX & Co können nicht dimmen

Übertragungsprotokolle wie KNX, LON, DALI, DMX, etc. können nicht dimmen. Diese werden lediglich genutzt, um die Information von einem Sender oder Steuergerät („Zentrale“) an einen Empfänger („Aktor“) zu übertragen. Ein DMX-Dimmer wird in seinem Innern also ebenso mit einer PWM oder CCR arbeiten, wie alle anderen Dimmer auch.

Auch der relativ neue Industriestandard „LEDOTRON“ ist ebenfalls kein neues Dimmverfahren, sondern lediglich eine Technologie, mit der ein digital kodierte Signal auf die vorhandene Leitung aufmoduliert und in speziell dafür konzipierten Lampen wieder dekodiert wird. Die Dimmung erfolgt dann durch die Elektronik, die im Empfänger, also der LEDOTRON-Lampe, integriert ist. Der Vorteil von LEDOTRON ist, dass damit in einer bestehenden Installation das störungsfreie Dimmen beim Einsatz von Retrofit-Lampen möglich ist, allerdings ist das Portfolio an kompatiblen Lampen stark eingeschränkt und derzeit auf Osram/Radium beschränkt.



LED Dimmung mit PWM – 100 % Betrieb und bei 50 % Reduktion: Auch beim 100 % Betrieb wird die LED ganz kurz ausgeschaltet (Quelle: DIAL)



LED Dimmung mit CCR (Quelle: DIAL)

1.2.9 Lichtlenkung



Rechts: COB LED (Foto: Bridgelux)

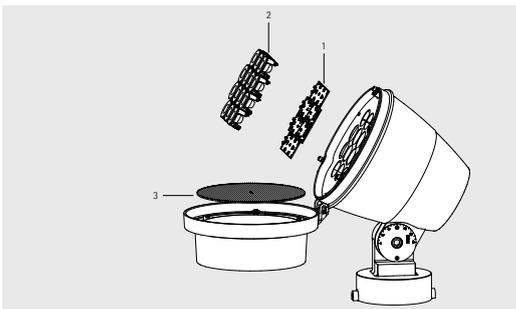
Links: SMD LED (Foto: Osram)



Straßenleuchte mit LEDs unterschiedlicher Ausrichtung (Foto: Schröder)



Kollimatorlinse (Foto: ledlink-optics)



Primär, Sekundär und Tertiäroptik

(Bild: ERCO)

Je nach Bauform des LED-Moduls unterscheidet man zwischen der sog. COB- (Chip-on-Board) und der SMD- (Surface Mounted Device) Technologie. Bei der Chip-on-Board Technologie werden die Halbleiterchips direkt (ohne Gehäuse) auf die Leiterplatte aufgebracht. Eine aufgeklebte Linse aus Epoxidharz dient der Lichtverteilung.

Surface Mounted Device LEDs hingegen sind bereits verkapselt und mit einem „Gehäuse“ versehen. Sie können als industrielles Fertigprodukt direkt auf die Platine geklebt und kontaktiert werden. Dabei kann das Gehäuse neben der vorhandenen Linse die Lichtverteilung beeinflussen. Die SMD-Technologie wird mittlerweile am häufigsten zum Bau von LED-Leuchten verwendet.

Viele Leuchten arbeiten mit einer einzelnen LED als Lichtquelle. Alternativ kann die gewünschte Lichtverteilung auch durch den Einsatz vieler Einzel-LEDs erreicht werden. Im zuletzt genannten Fall ist es möglich, viele LEDs mit der gleichen Abstrahlcharakteristik nebeneinander anzuordnen oder aber LEDs mit unterschiedlicher Abstrahlcharakteristik und Ausrichtung zu kombinieren, um sich ganz gezielt die gewünschte Lichtverteilung „aufzubauen“. Ein typischer Anwendungsfall hierfür ist die Straßenbeleuchtung.

Da alle Halbleiter auf eine Platine aufgebracht sind, kann die Abstrahlcharakteristik der einzelnen LED maximal halbräumlich (180°) erfolgen. Diese Abstrahlcharakteristik ist jedoch nicht immer für alle Anwendungen ideal. Oft soll das Licht enger gebündelt werden. Daher arbeiten Leuchtenhersteller mit verschiedenen Methoden, die gewünschte Lichtverteilung zu erreichen. Viele LEDs verfügen bauseits schon über eine Linse (meist aus Epoxydharz), welche zum einen dem Schutz des Halbleiters dient, zum anderen aber auch lichtlenkende Funktionen haben kann. Bei solchen Linsen spricht man auch von einer „Primäroptik“.

Darüber hinaus ist es möglich, schon direkt einzelne LED Module mit einer Lichtlenkung zu versehen. So produzieren LED-Hersteller die Module mit unterschiedlichen Linsen und Gehäuseformen. Die Kombination aus Linse und der Reflektorwirkung des Gehäuses sorgt dann für die gewünschte Lichtlenkung.

Alternativ lassen sich LEDs, die bereits über eine Primäroptik verfügen, mit speziellen Linsen versehen. Diese nennt man auch Kollimatorlinsen oder Kollimatoren. In diesem Zusammenhang wird auch von einer „Sekundäroptik“ gesprochen. Die „Sekundäroptik“ kann aber anstatt einer Kollimatorlinse auch ein Reflektor sein.

Verwendet der Leuchtenhersteller noch eine dritte optische Ebene (wie eine Linse, Streuscheibe oder ein Reflektor), so wird diese als „Tertiäroptik“ bezeichnet.

Natürlich besteht bei LED-Leuchten auch die Möglichkeit, ausschließlich mit einem Reflektor zu arbeiten. Allerdings haben Leuchten, die ausschließlich mit einem Reflektor arbeiten, immer den Nachteil, dass auch große Anteile des erzeugten Lichtes nicht über den Reflektor gelenkt werden, weil sie axial nach vorne abgegeben werden. Fallen einzelne Bereiche der LED aus, so macht sich das sofort in Form von dunkleren Bereichen auf der beleuchteten Fläche bemerkbar.



Linkes Bild: Strahler mit Einzel-LED und Reflektor

Rechtes Bild: Strahler mit vielen LEDs und Linsen (Fotos: Zumtobel)



Links: LED mit Primäroptik

(Foto: ERCO)

Rechts: Einzelne LED-Module können schon vom Hersteller mit Primäroptik versehen werden (Foto: OSRAM)

Je nach Güte und geometrischer Ausprägung des Reflektors kann es auch zu „Flecken“ in der Abbildung oder „Farbschlieren“ kommen. Farbschlieren können aber auch im Zusammenhang mit Optiken auftreten. Eine Linse wirkt wie ein Vergrößerungsglas und kann unter Umständen eine Abbildung des LED-Chips auf die Fläche projizieren. Je nach verwendetem Material und Winkel der Linse kann es auch zu Farbdrifts kommen. Häufig treten dabei Violett- und/ oder Gelbfärbungen im Randbereich der Lichtabbildung auf.

Kann der Hersteller dies vermeiden, so spricht man auch von einem Produkt mit einer guten „Farbdurchmischung“ oder von einer guten „Farbhomogenität“. Die Farbschlieren lassen sich derzeit allerdings nicht anhand des Datenblattes eines Herstellers ausfindig machen. Im Jahr 2013 ist ein neuer Normentwurf veröffentlicht worden, der sich auch mit der winkelabhängigen Farbortmessung von LEDs auseinandersetzt: prEN 13032-4: 2013-07, Licht und Beleuchtung – Messung und Darstellung photometrischer Daten von Lampen und Leuchten – Teil 4: LED-Lampen, -Module und -Leuchten.

In diesem Entwurf wird unter dem Punkt 7.1.4 „Räumliche Farbeinheitlichkeit“ ein Verfahren beschrieben, welches die Messung von Farborten unter bestimmten Winkeln einer LED ermöglicht. Der Mittelwert aller gemessenen Werte wird wiederum mit den Einzelwerten verglichen. Daraufhin wird die größte Abweichung in Bezug zum Mittelwert angegeben. Auch wenn es sich derzeit noch um eine Norm im Entwurfsstadium handelt, geht die Vorgehensweise sicherlich in die richtige Richtung. Erstmals ist damit ein Verfahren beschrieben, wie sich Farbdrifts von LEDs unter bestimmten Winkeln messtechnisch erfassen lassen. Aber selbst, wenn man ein Datenblatt mit einem Zahlenwert vorliegen hat, welcher die maximale Abweichung anhand von Farbkoordinaten darstellt, haben sicherlich die allermeisten Menschen nur eine vage Vorstellung davon, wie der gemessene Farbdrift visuell erscheinen wird. Umso wichtiger ist es, eine Leuchte, die man verwenden möchte, zu bemustern und vorher in Augenschein genommen zu haben.

Die Weiterentwicklung der LED für den Einsatz in der Allgemeinbeleuchtung stellt die Leuchtenhersteller immer noch vor eine große Herausforderung. Denn im Gegensatz zu allen anderen bereits bekannten Leuchtmitteln, welche sich über Jahre am Markt etabliert haben, gibt es bei den LEDs unterschiedliche Baugrößen, Bauformen, elektrische Kontaktierungen und Betriebsgeräte. Hier kann jeder LED-Hersteller nach dem eignen Konzept verfahren. Hinzu kommt noch, dass sich der Leuchtenhersteller bei Hochleistungs-LEDs (wie sie in der Allgemeinbeleuchtung eingesetzt werden) auch noch Gedanken über das Thermomanagement machen muss. Soll mit aktiver oder passiver Kühlung gearbeitet werden? Wie erfolgt die Wärmeübertragung der LED auf den Kühlkörper? Wie muss das Leuchtgehäuse konstruiert sein, damit es nicht zum Hitzestau kommt?

Hat der Leuchtenhersteller diese Punkte für sich gelöst, bedeutet dies oftmals, dass er sich an genau ein Produkt eines bestimmten Halbleiter-Herstellers bindet, da er seine Leuchte auf genau diesen LED-Typen ausgelegt hat.

Ferner macht die Restriktion den späteren Austausch einer LED gegen die LED eines anderen Herstellers so gut wie unmöglich.

Aus diesem Grunde haben sich im Februar 2010 verschiedene Hersteller zu einem Konsortium namens „ZHAGA“ (www.zhagastandard.org) zusammengeschlossen. Derzeit (Stand 2013) zählt Zhaga insgesamt 265 Mitgliedsunternehmen. Zhaga-Mitglieder sind Leuchten- und Lampenhersteller, sowie Zulieferer der Leuchtenbranche.



Farbdrift einer LED Leuchte

(Quelle: DIAL)



1.2.10 Austauschbarkeit von LED-Modulen



**Module nach Zhaga spezifiziert
oben: PrevaLED von OSRAM
unten: Fortimo von Philips**

(Fotos: Philips, OSRAM)

Ziel von Zhaga ist es, eine einheitliche elektrische, mechanische und thermische Kontaktierung für unterschiedliche LED-Module zu definieren. Dabei geht es aber nicht um eine festgelegte Definition zur Lichtqualität, Lichtverteilung oder Lebensdauer einer LED.

Die Zhaga-Spezifikationen bestehen aus acht verschiedenen „Büchern“. Während sich das erste Buch mit einer Übersicht und allgemeinen Bestimmungen beschäftigt, beinhalten die sieben anderen Bücher eine genaue Beschreibung, wie ein Zhaga LED-Modul konstruiert sein muss.

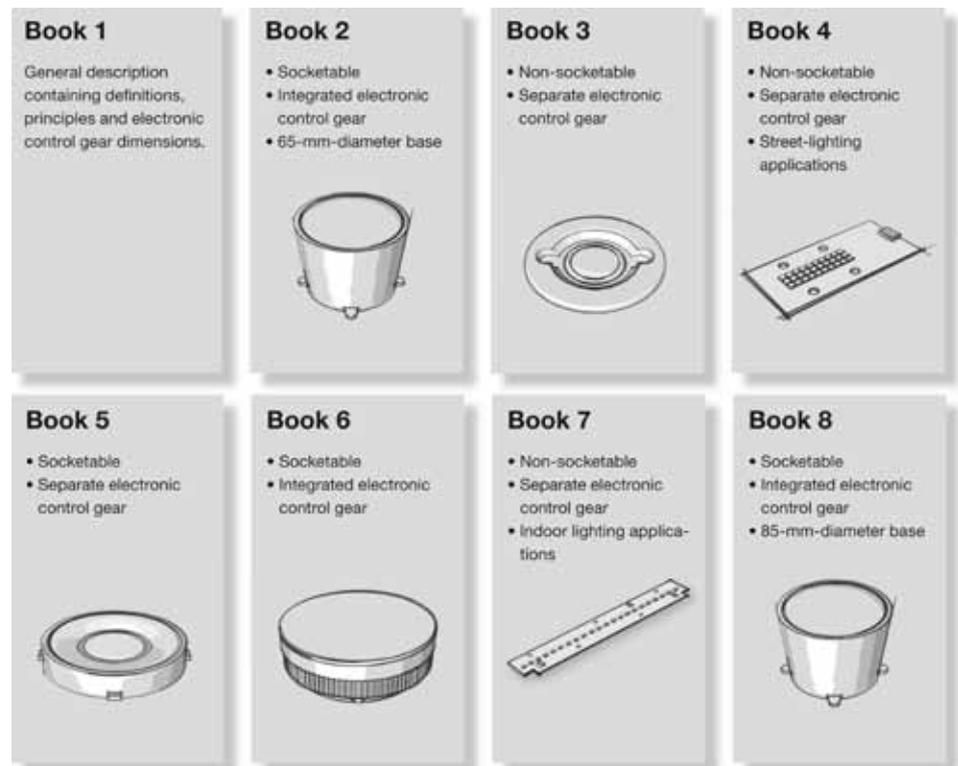
Je nach Buch sind hier Spezifikationen für unterschiedliche Module zu finden, wie sie beispielsweise für Spots, Straßenleuchten, Downlights usw. zur Anwendung kommen. Derzeit (2013) sind einige Spezifikationen allerdings noch nicht abgeschlossen.

Die LED Leuchte der Zukunft...

Die grundlegende Idee von Zhaga ist die Austauschbarkeit von LEDs als „Leuchtmittel“, wie man es von anderen Leuchtmitteln seit Jahrzehnten kennt. Das Leuchtmittel ist defekt und man ersetzt es.

Generell stellt sich allerdings die Frage, wie die LED-Leuchte der Zukunft aussehen wird. Entspricht es in ein paar Jahren noch dem Stand der Technik, ein Leuchtmittel zu „tauschen“? Durch die LED sind Leuchten noch mehr zum „Elektronikartikel“ avanciert. Zu einem Elektronikartikel, wie wir ihn von zu Hause kennen. Egal ob Smartphone, Monitor, Wasserkocher oder elektrische Zahnbürste - wer lässt heute noch diese Gegenstände reparieren, wenn sie defekt sind? Gibt es heute überhaupt noch Ersatzteile, für meine Digitalkamera, die ich mir vor drei Jahren gekauft habe? Wozu auch? Ist es nicht viel preiswerter den Gebrauchsgegenstand durch einen Neuen zu ersetzen? Oft ist das neue Produkt technisch weiterentwickelt, bietet viel mehr Funktionen und ist besser ausgestattet, als das defekte, welches bereits ein paar Jahre alt ist. Hinzu kommt, dass die Reparatur eines veralteten Gerätes oft fast genauso teuer ist, wie die Neuanschaffung eines aktuellen Produktes.

Gerade Produkte aus dem Bereich der Unterhaltungselektronik und Haushaltsgeräte sind mittlerweile zum beliebten „Wegwerfartikel“ geworden. Aber auch im Automobilbereich geht man immer mehr dazu über, komplette Funktionseinheiten und Baugruppen zu tauschen, anstatt die defekten Bauteile zu zerlegen und zu reparieren.



In 8 Zhaga Bücher beschreibt das Konsortium wie die LED-Module konstruiert sein müssen (Quelle: Zhaga)

Es stellt sich die Frage, ob Standardisierungsversuche (wie z. B. Zhaga), die einen Austausch des LED-Leuchtmittels ermöglichen, eine reale Zukunft haben. Allen (berechtigten) ökologischen Einwänden zum Trotz, wird diese Entscheidung wohl allein der Markt treffen. Werden LED-Leuchten eines Tages so preiswert, wie Produkte aus dem Bereich der Unterhaltungselektronik, so sind Entscheidungen in Bezug auf den Kompletttausch einer Leuchte schnell gefällt. Eine Leuchte wird möglicherweise schon in ein paar Jahren ein „Wegwerfartikel“ sein.

Historie

Die Technologie wurde jahrelang ausschließlich zur Beleuchtung kleiner Bildschirme eingesetzt. Im Jahre 2001 entwickelte Toshiba einen Prototyp des ersten Polymer-OLED-Displays. Neben dem Kleindisplaymarkt interessierte sich nun auch die Beleuchtungsindustrie immer mehr für diese selbstleuchtenden flexiblen Flächen. 2004 brachte GE die ersten weißen Prototypen von Leuchtplatten (ca. 15 x 15cm) heraus und ca. 2012 kamen die ersten OLEDs auf den Markt, die auch für allgemeine Beleuchtungszwecke verwendet werden können, wenngleich zu einem Preis, der noch nicht marktfähig ist. Durch zukünftige Verbesserungen bezüglich der Effizienz, der Robustheit und der Lebensdauer sind die OLEDs in sehr vielen anderen Anwendungen wie zum Beispiel als leuchtende Tapeten, Fensterscheiben, großflächige Lichtdecken oder als selbstleuchtende Architekturelemente denkbar.

Ähnlich und doch anders

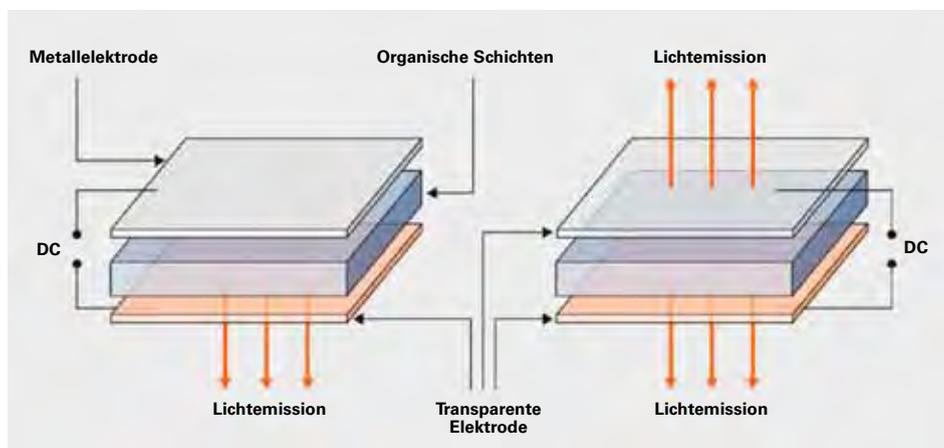
Eine organische Leuchtdiode (OLED) besteht im Gegensatz zur anorganischen LED (die jedoch nur ganz selten als „ALED“ bezeichnet wird) aus organischen Kunststoffen. Damit ist allerdings nicht gemeint, dass die Bestandteile einer OLED pflanzlichen Ursprungs sind, oder sich gar biologisch abbauen lassen. Hauptbestandteil einer OLED sind Kunststoffe auf Basis von Kohlenstoffverbindungen. Da Kohlenstoffverbindungen aber auch Grundbestandteil aller Lebewesen sind, werden diese Kunststoffe auch als „organische Kunststoffe“ bezeichnet. Die leichte Verfügbarkeit und kostengünstige Herstellung dieser Kunststoffe, macht sie für industrielle Anwendung sehr interessant.

Ein weit verbreiteter Irrglaube ist, die OLED sei der Nachfolger oder eine Weiterentwicklung der LED. Die OLED ist ein Produkt, welches parallel zur LED entwickelt wurde. Prinzipiell sind die Funktionsweisen von OLED und LED aber sehr ähnlich. In beiden Fällen handelt es sich um eine Diode, die mit Gleichstrom betrieben wird und somit über eine Kathode und eine Anode verfügen muss. Auch bei der OLED entsteht das Licht durch Elektrolumineszenz in einem Rekombinationsvorgang.

Flächiges Licht

Ein entscheidendes Charakteristikum der OLED ist, dass es sich hierbei immer um eine leuchtende Fläche handelt. Somit ist es mit einer OLED nicht möglich, einen präzisen, deut-

1.3 OLED



Aufbau OLED (Quelle: Osram)



**Oben: Philips Lumiblade Audiforum Ingolstadt
Eine Helix aus Lumiblade OLEDs**
(Foto: Philips)



Biegbares OLED-Modul (Foto: Osram)



Organische OLED: eines Tages könnten unsere Fenster nach Einbruch der Dunkelheit leuchten (Foto: Osram)

lichen Akzent in Form eines Spots zu erzeugen. Je größer die Fläche ist, über die das Licht emittiert wird, desto schlechter kann man es lenken. Ein prädestinierter Anwendungsfall der OLED ist daher die flächige, gleichmäßige Beleuchtung. Hier spielt sie mit einer geringen Bautiefe von wenigen Millimetern gegenüber herkömmlichen Lichtdecken, die in der Regel eine recht hohe Einbautiefe benötigen, ihren eigentlichen Trumpf aus.

Noch unwirtschaftlich

Auch wenn bereits erste Projekte im Bereich der Architekturbeleuchtung realisiert sind und die OLED seriell hergestellt wird, muss man anmerken, dass sie sich noch – wesentlich stärker als die LED – im Entwicklungsprozess befindet.

OLEDs haben derzeit eine Lebensdauer von ca. 5000 - 15000 h bei einem Lichtstromrückgang von ca. 50 %. Die Lichtausbeute einer derzeit am Markt erhältlichen OLED schwankt (je nach Hersteller, Leistung und Farbtemperatur) zwischen 20 und 45 lm/W.

Nach wie vor sind Parameter wie Lichtausbeute, Lebensdauer sowie Farbwiedergabequalität und Farbstabilität noch stark optimierungswürdig. Die Relevanz der OLED in der Allgemeinbeleuchtung ist daher derzeit noch vernachlässigbar gering.

Darüber hinaus sind OLEDs derzeit nicht in beliebigen Größen herstellbar. So beträgt beispielsweise die maximale Größe des OLED Moduls „Lumiblade“ von Philips ca. 12 x 12 cm. Würde die OLED wesentlich größer werden, so würde man einen sichtbaren Leuchtdichteabfall zur Mitte hin bemerken.

Möchte man größere Elemente fertigen, so ist es notwendig, eine entsprechende Kontaktierung auch in der Fläche vorzusehen. Dies lösen einige Hersteller mit einer – im ausgeschalteten Zustand sichtbaren – Wabenstruktur in der OLED. Dennoch werden die Module auch bei diesen Herstellern aktuell in ähnlichen Abmessungen gefertigt, so dass Leuchten immer aus mehreren dieser Einzelelemente aufgebaut werden müssen.

OLEDs haben das Problem des winkelabhängigen Farbdrifts (Farbwinkelshift). So ist die leuchtende Fläche einer weißen OLED mit einem Farbstich versehen, wenn man seitlich auf sie schaut. Teilweise wird hier mit diffusen Abdeckungen gearbeitet, um diesen Effekt zu minimieren. Allerdings geht dies natürlich auch zu Lasten der Effizienz.

Am liebsten 50°C

Im Gegensatz zu LEDs sind OLEDs nicht kälteliebend. Eine OLED hat die optimale Betriebstemperatur bei ca. 50 °C. Ist es kühler, so geht dies mit Einbußen im Lichtstrom einher. Ein Einsatz in kühler Umgebung, wie z. B. im Außenbereich ist deshalb grundsätzlich kritischer als bei den anorganischen Varianten.

Eine zu hohe Temperatur wirkt sich auch bei OLEDs negativ auf die Lebensdauer aus, weshalb auch hier Lösungen zur Wärmeableitung benötigt werden.

Neben der Effizienzsteigerung von OLEDs geht die Entwicklung auch in andere Richtungen. Bereits heute gibt es erste Prototypen von OLEDs, die sich bis zu einem gewissen Radius verbiegen lassen.

Eine andere Entwicklung geht in Richtung eines transparenten OLED Displays.

Möglicherweise werden eines Tages unsere Fenster auch nachts leuchten, wie am Tag. Die transparente OLED macht es möglich! Sicherlich wird dies nicht bei allen Menschen auf Zustimmung stoßen, da im Allgemeinen das Tageslicht und der damit verbundene Ausblick nach draußen sehr viel positiver besetzt sind, als das künstliche Licht. Damit wird eine hohe Helligkeit (Leuchtdichte) in der Fensterebene eher akzeptiert, wenn sie durch natürliches Licht erzeugt wird. Künstliches Licht in dieser Ebene wird schnell als zu grell empfunden.

Bleibt die Frage, ob auch alles umgesetzt werden muss, nur weil es technisch machbar ist...

EBV LIGHTLAB

Neue Gestaltungsmöglichkeiten
für Ihre individuelle Lichtwelt!

EBV Elektronik ist der führende Spezialist für Optoelektronik in EMEAs Halbleiterdistribution und auch das erste Unternehmen, das Kunden europaweit Zugang zu einem Lichtlabor bietet.

Das EBV LightSpeed-Team ermöglicht es Kunden nun im EBV LightLab radiometrische und photometrische Messungen über die gesamte Beleuchtungskette durchzuführen. Angefangen bei Messungen an einzelnen LEDs oder LED-Modulen über vergleichbare Messungen an Lichtquellen wie zum Beispiel Glühlampen gegenüber CFL- oder LED-Lösungen bis hin zu Messungen kompletter Lampen.

Für mehr Informationen wenden Sie sich bitte an Ihr EBV LightSpeed-Team vor Ort oder besuchen Sie www.ebv.com/lightlab.

Das EBV LightSpeed Team präsentiert seine neue Website: www.ebv.com/lightspeed.

**Distribution is today.
Tomorrow is EBV!**

www.ebv.com/de

EBV LightSpeed



EBV Elektronik
| An Avnet Company |



2. Qualitätsmerkmale

Im Gegensatz zum Punkt 1.2.1 werden hier nur Merkmale beschrieben, die vom LED-Lampen/Leuchtenhersteller beeinflusst, bzw. maßgeblich bestimmt werden und die sofort sichtbar/erlebbar/messbar/feststellbar sind.

2.1 Farbwiedergabequalität

Der allgemeine Farbwiedergabeindex Ra ist eine dimensionslose Kennzahl, welche die Qualität einer Weißlichtquelle hinsichtlich ihrer Ähnlichkeit bei den Remissionspektren von definierten 8 Testfarben zu einer Referenzlichtquelle beschreibt. Per Definition ist „100“ der höchste Wert, nach unten gibt es keine Grenze, weshalb auch negative Werte möglich sind. Abkürzung: Ra, im Englischen CRI (für Color Rendering Index). Der Index kann nur rechnerisch nach erfolgter Spektralmessung bestimmt werden. Er ist keinesfalls visuell durchführbar, deshalb gibt es auch keine Testfarben in gedruckter Form.

Genau genommen beurteilt der Farbwiedergabeindex nicht die Qualität der Farbwiedergabe, sondern nur die Ähnlichkeit eines Spektrums zu einem Referenzspektrum. Bis zu einer Farbtemperatur von 5 000 K dient als Referenz der Plancksche Strahler (Temperaturstrahler). Bei einer Farbtemperatur $> 5\ 000\ K$ ist das Tageslicht die Referenz.

Da alle Glühlampen Temperaturstrahler sind, haben Glühlampen immer einen Ra von nahezu 100 – egal, wie weit man sie dimmt. Wenn man sich eine stark gedimmte Glühlampe vorstellt, die nur noch orange leuchtet, fällt es allerdings schwer, sich vorzustellen, dass sie auch in diesem Zustand noch die beste Farbwiedergabequalität erreicht.

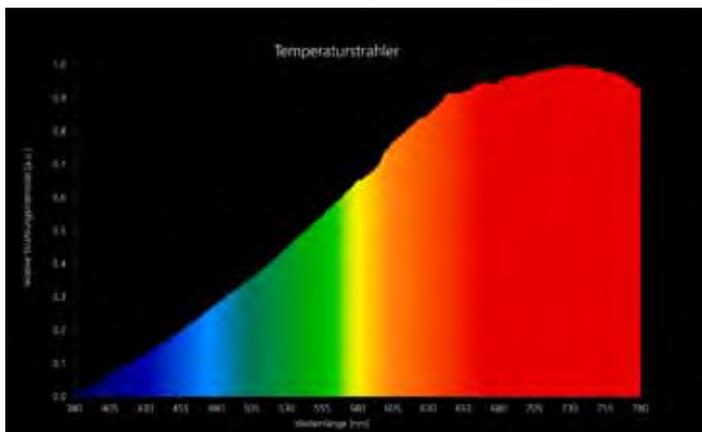
Sowohl Temperaturstrahler, als auch das Tageslicht besitzen ein kontinuierliches Spektrum. Das bedeutet, dass alle spektralen Anteile des sichtbaren Lichts enthalten sind. Zwar ist die Intensität sehr unterschiedlich (so hat das Spektrum der Glühlampe einen sehr geringen Blau-Anteil), aber es sind keine großen Einbrüche zu verzeichnen.

Nur wenn eine entsprechende Farbe im Spektrum einer Lichtquelle enthalten ist, können wir sie bei der Remission auch als Körperfarbe eines Objektes wahrnehmen.

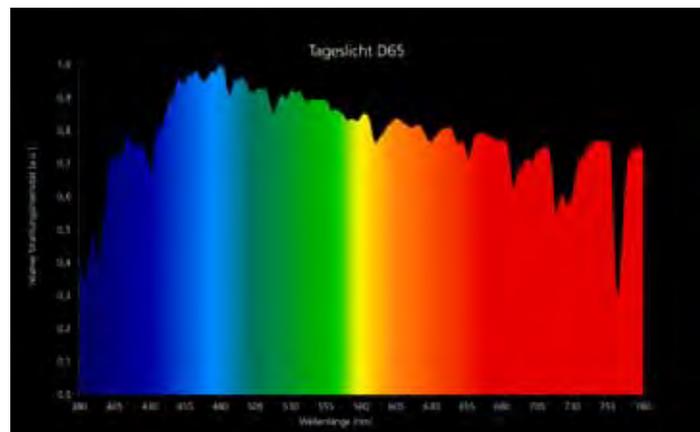
Ra von weißen LEDs

Weiß konvertierte Blau-LEDs verfügen über ein sehr charakteristisches Spektrum. Ein Peak ist immer im Bereich von ca. 440 – 460 nm zu verzeichnen. Hier „verrät“ das weiße Licht seine Herkunft aus dem blauen Chip. Hinzu kommt je nach Farbtemperatur ein mehr oder weniger großer Anteil im Rot- oder Gelbbereich, der durch die Wahl bzw. Schichtstärke der Leuchtstoffe hervorgerufen wird. Diese Technologie erlaubt Ra Werte bis ca. 95, wenngleich die meisten Produkte nur um die 80 erreichen.

Des Weiteren existieren auf dem Markt auch farbverbesserte weiße LEDs. Hier wird zusätzlich zum blauen ein roter LED-Chip verwendet, um auch rote Körperfarben besser wiedergeben zu können. Diese farbverbesserten weißen LEDs erreichen dann sogar Ra Werte von fast 100 (typisch 98), der Preis dafür ist allerdings eine deutlich geringere Lichtausbeute. Leuchten, die sich dieses Prinzips bedienen, kommen auf Leuchtenlichtausbeuten von 20-40 lm/W.



Spektrum Temperaturstrahler



Spektrum Tageslicht D65



RGB-LEDs, die gänzlich ohne Leuchtstoffe arbeiten und aus schmalbandigen Spektren mit Peaks bei 450 – 460 nm, 530 - 540 nm und 640 – 650 nm bestehen, erreichen Farbwiedergabeindizes von höchstens 80.

2.2 Farbtemperatur

Die Lichtfarbe von Weißlichtquellen wird allgemein mit der Farbtemperatur beschrieben. Einheit: Kelvin (K). Auch wenn Halbleiter und Entladungslampen im Betrieb sehr heiß werden können, hat die Wärmeentwicklung nichts mit der Körpertemperatur zu tun. Vielmehr vergleicht man die erzeugte Lichtfarbe mit der eines Temperaturstrahlers. Sieht das erzeugte Licht dem des Planckschen Strahlers ähnlich, so gibt man dieser Lichtquelle eine „ähnlichste Farbtemperatur“, die der Körpertemperatur des Planckschen Strahlers entspricht. Eine übliche Einteilung der Lichtfarben ist z. B. in der DIN EN 12464-1 zu finden:

warmweiß	< 3300 K
neutralweiß	3300 K – 5300 K
tageslichtweiß (oft auch: kaltweiß)	> 5300 K

Der Markt bietet bei LEDs ein breites Angebot an verschiedenen Farbtemperaturen: Für die Innenbeleuchtung meist zwischen 3000 K und 4000 K, in der Außen- und insbesondere der Straßenbeleuchtung häufig auch deutlich Lichtfarben mit 6000 K oder noch kühler. Es ist zu beachten, dass die Farbtemperatur nichts über die Farbwiedergabequalität aussagt!

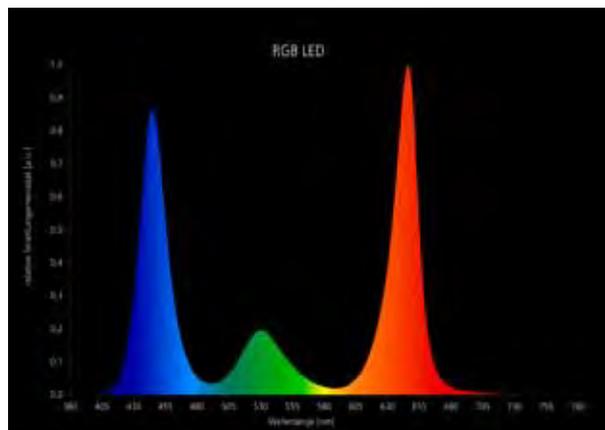
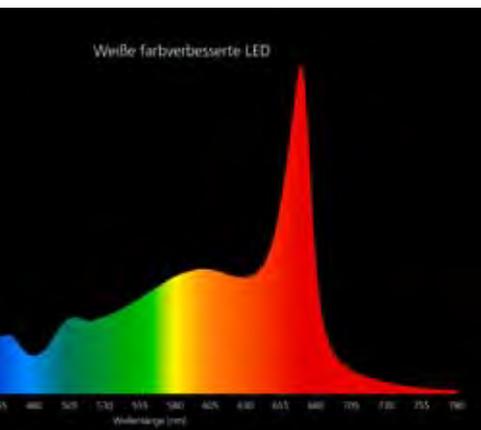
Um sich Überraschungen hinsichtlich unerwünschter Farbabweichungen zu ersparen, ist es immer sinnvoll, die Produkte vorher zu bemustern.

Die Farbtemperatur bei LED-Produkten ist häufig nicht so homogen wie gewünscht. Folgende Abweichungen sind möglich:

- Farbabweichungen bei Leuchten, bei denen sich der emittierte Gesamtlichtstrom aus mehreren Einzel-LEDs zusammensetzt. Farbabweichungen zwischen den Einzel-LEDs wirken sich logischerweise störend auf das Erscheinungsbild der Leuchte aus.
- Winkelabhängige Abweichungen. Diese Abweichungen werden inzwischen sogar normativ beschrieben. Zunächst nur in der amerikanischen LM79, aktuell gibt es den ersten Entwurf der DIN 13032-4:2013-07
- Alterungsbedingte Abweichungen.

2.3 Binning

Der Begriff Binning beschreibt ein Selektionsverfahren, welches LED-Chiphersteller anwenden, um LEDs hinsichtlich verschiedener Eigenschaften, in erster Linie Lichtstrom (oder Lichtstärke) und Farbort, kategorisieren zu können. Dieses Verfahren ist notwendig, um die produktionsbedingten Schwankungen auszugleichen und dem Kunden in bestimmten Toleranzgrenzen gleichhelle und gleichfarbige Produkte („Bins“) anbieten zu können.

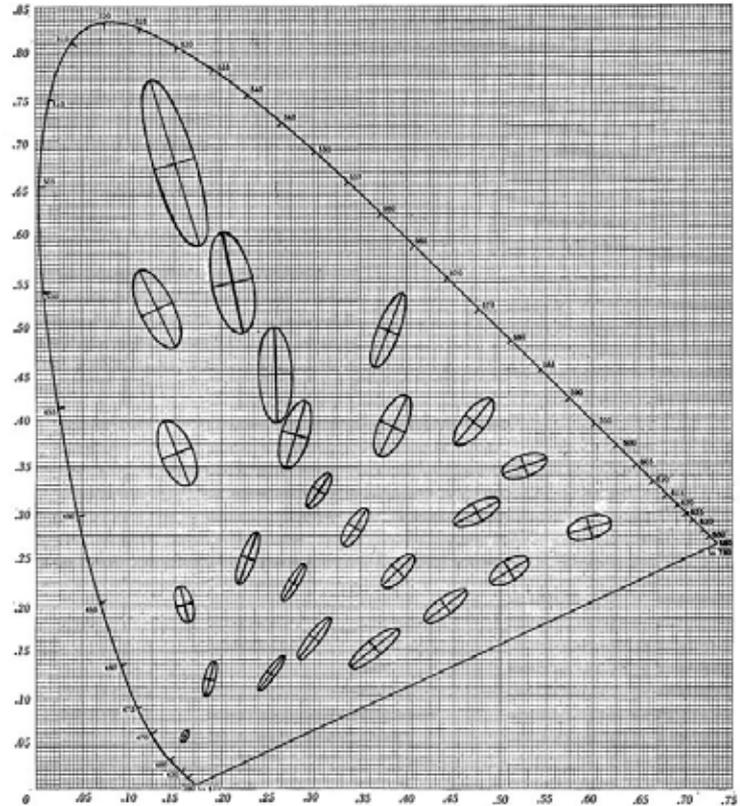
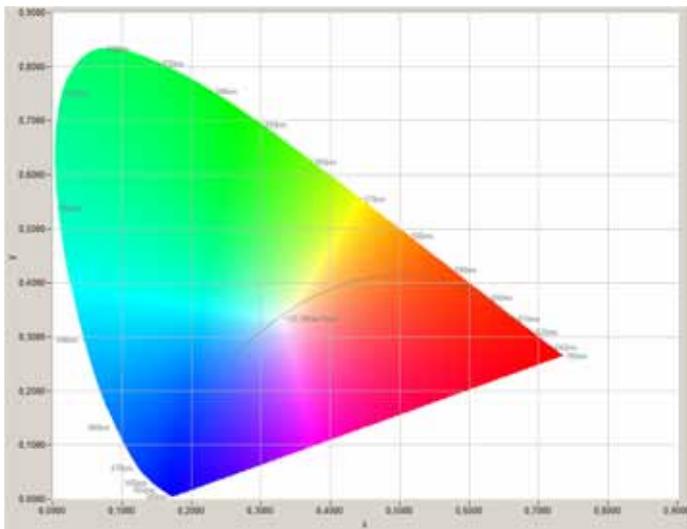


Spektrum farbverbesserte weiße LED Spektrum weiße RGB-LED



light+building
30.3. – 4.4.2014
Sie finden uns hier:
Halle 5.1, Stand C60

INNOVATIV
ELEGANT
ENERGIESPAREND
SINNLICH
MODERN
ERLEUCHTEND
LED



Links: CIE (1931) x, y-Farbraum mit Planck'schem Kurvenzug
Rechts: MacAdam Ellipsen, 10-fach vergrößert, Originaldarstellung von 1942

Bin Code

Die Hersteller beschreiben die Zuordnungen ihrer Produkte zu bestimmten Bins, deren Toleranzgrenzen nach eigenem Ermessen definiert werden, mittels eines Bin Codes. Diese sind Teil des Bestellcodes der LED-Chips und sind je nach Hersteller sehr unterschiedlich und können neben Lichtstrom und Farbort auch z. B. die Spannung beinhalten. Dazu sind immer die Toleranzen, also der zulässige Bereich, in der eine Größe typischerweise liegen sollte, mit angegeben. Da ein „Bin“ immer eine Selektion von Bauteilen ist, sind geringere Toleranzen mit einem höheren Aufwand bzw. einem höheren Ausschuss von Bauteilen versehen und werden dementsprechend auch von den Anbietern mit einem Aufpreis vertrieben.

Farbort-Binning und die MacAdam Ellipsen

Um die Zahl der Bins aus wirtschaftlichen Gründen möglichst klein zu halten, versucht man, die Toleranzgrenzen möglichst weit zu fassen. Hierzu nutzen die Chiphersteller Unzulänglichkeiten im visuellen Empfängersystem des Menschen gezielt aus. Bei den Farbort-Bins werden die Toleranzgrenzen danach gewählt, dass Farbunterschiede möglichst nicht auffallen. Hierzu bedient man sich der Erkenntnisse, die der amerikanische Physiker David Lewis MacAdam in den 1940er Jahren erforscht hatte: Das menschliche Auge registriert Farbabweichungen zu einer Referenz je nach Farbe sehr unterschiedlich. Es gibt Farbbereiche (z. B. grün), in denen unser Empfängersystem tolerant ist, dagegen sind wir bei Blautönen gegenüber Farbabweichungen sehr empfindlich. Die Ergebnisse seiner Arbeit stellte MacAdam im CIE (1931) x, y-Farbraum dar. Darin stellen die Farbräume, in denen wir gerade noch keine Abweichungen zur Referenz wahrnehmen, Ellipsen dar. Im Zentrum der Ellipsen hat die jeweilige Referenz ihren Farbort.

Weiß ist besonders problematisch

Das Binning bei LEDs wird für quasi alle Bereiche der Lichtanwendung eingesetzt, sowohl bei farbigen, also auch bei weißen LEDs. Die Auswirkungen der ungewollten Fertigungsschwankungen sind bei den weißen LEDs jedoch besonders hoch. Den Problemen bei der Konversionstechnologie von weißen LED liegen mehrere Faktoren zugrunde.

1. Die als Energiequelle dienende kurzwellig emittierende (blaue) LED: Durch sich minimal ändernde Schichtdicken (p-n-Schicht) ist die Peakwellenlänge und Intensität von LED zu LED unterschiedlich.
2. Die Phosphor-Schicht, die die Umwandlung von Teilen des blauen Lichts in andere Farben übernimmt: Die Mischung und Schichtdicke des Phosphors sind nicht exakt reproduzierbar, so kann bei der Konversion mehr oder weniger Licht mit anderen spektralen Eigenschaften austreten.
3. Die sehr kleinen Lichtaustrittsflächen: Diese führen dazu, dass sich die Unzulänglichkeiten der Phosphorschicht unmittelbar auf die spektrale Verteilung auswirken. Bei räumlich ausgedehnten Lichtquellen, wie z. B. bei Leuchtstofflampen, wirkt sich eine partielle Inhomogenität des Leuchtstoffs kaum aus. Weiße LEDs, die auf Basis von Remote-Phosphor arbeiten, unterliegen diesem Phänomen deutlich weniger.

Binning und Normung

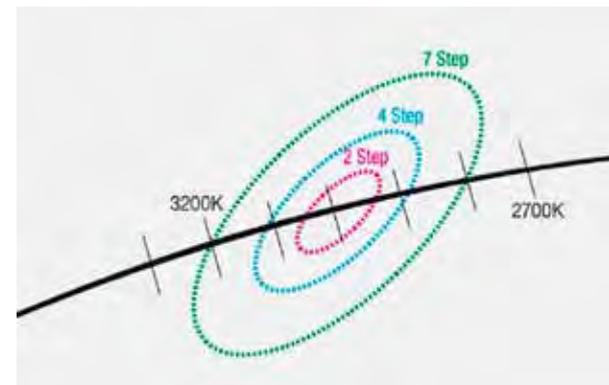
Generell ist es dem Hersteller überlassen, nach welchen Toleranzen und Kriterien er seine LEDs selektiert, allerdings sind inzwischen in verschiedenen Bereichen Normen und Empfehlungen erschienen.

Für die Farborttoleranzen wurde 2011 eine weitere Revision der ANSI NEMA ANSLG C78.377 herausgegeben. Diese beschreibt, angelehnt an 7-fache MacAdam Ellipsen, Toleranzbereiche um ähnlichste Farbtemperaturen, in denen der Eindruck der Lichtfarbe vergleichbar sein sollte.

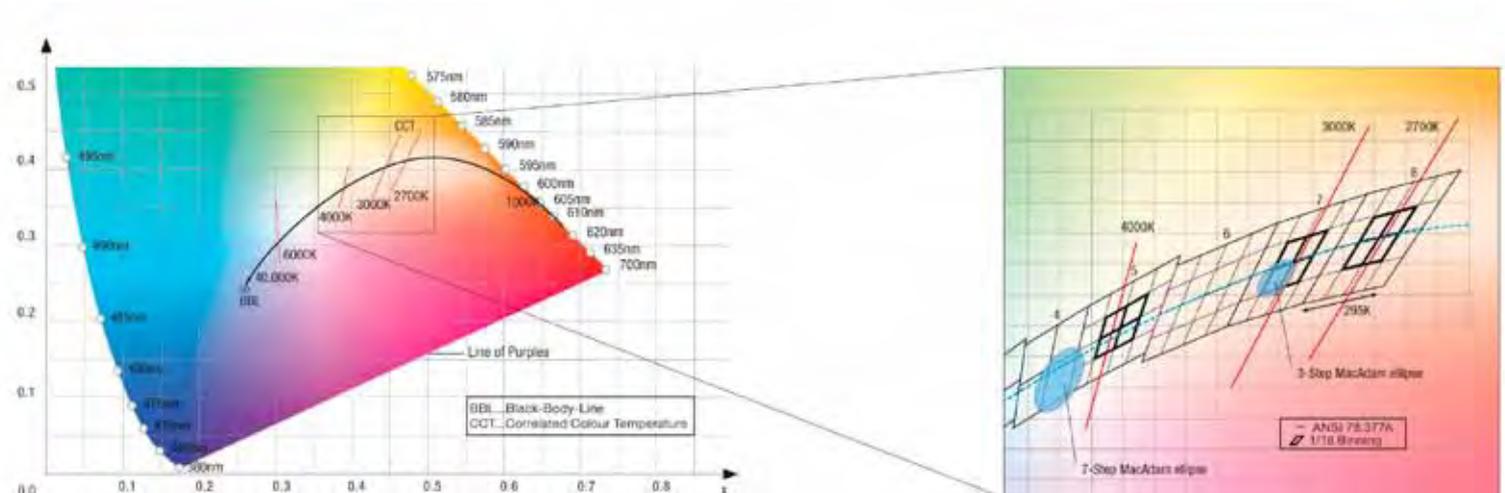
Eine 7-fache MacAdam Ellipse stellt jedoch keine besonders hohe Anforderung dar, da nur eine 1-fache MacAdam Ellipse für nicht wahrnehmbare Farbabweichungen sorgt.

In Zukunft vielleicht ohne Binning?

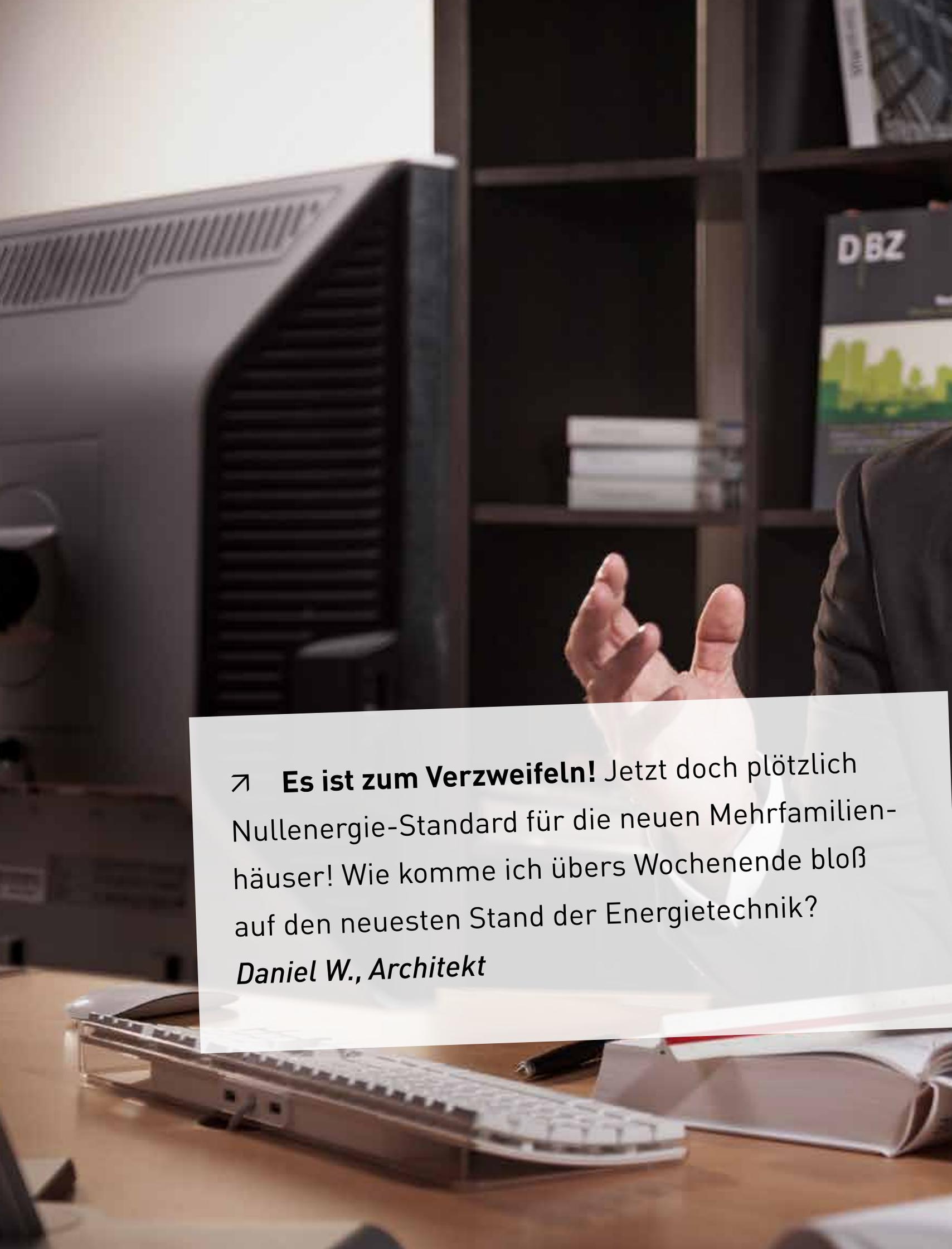
In Zukunft könnte die Relevanz des Binnings für Hersteller von LED und Hersteller von Leuchten durch neue Fertigungsmethoden und entsprechend konstruierten Leuchten zurückgehen, derzeit ist das Verfahren jedoch für hochwertige Leuchten unabdingbar.



MacAdam Ellipse, verschiedene Binningstufen (Bild: DGA.it)



Anschauliche Beschreibung der ANSI C78.377A (Quelle: XAL Light Magazine 24)



➤ **Es ist zum Verzweifeln!** Jetzt doch plötzlich Nullenergie-Standard für die neuen Mehrfamilienhäuser! Wie komme ich übers Wochenende bloß auf den neuesten Stand der Energietechnik?

Daniel W., Architekt



WENN'S MAL WIEDER
BIS MONTAG SEIN MUSS:
WWW.WEITERWISSEN.DE 

Fachinfos nur für Fachleute. Zugang jetzt mit Ihrem Abo.

Eine Innovation des **bau|||verlag**

3. Wirtschaftlichkeit

3.1. Effizienzvergleich von LEDs zu anderen Lichtquellen



Bei Lampen erfolgt die Klasseneinteilung differenzierter. Getrennt nach Lampen mit ungebündeltem oder gebündeltem Licht wird ein Energieeffizienzindex errechnet, über den die Einordnung in die 7 Klassen von A++ bis E erfolgt.

Absurdes aus Brüssel

LED-Leuchten sind ökologisch sinnvoll! Deshalb tragen sie alle mindestens das Energielabel der Klasse A! Wer sich die EU-Verordnung 874/2012 zur Energieverbrauchskennzeichnung von elektrischen Lampen und Leuchten anschaut, wird an der Sinnhaftigkeit zweifeln. Der Vergleich anhand dieser Klassifizierungen ist ungeeignet, da per Verordnung die Art der Lichterzeugung entscheidender ist, als die tatsächliche Leuchtenlichtausbeute. LED-Leuchten werden grundsätzlich, ohne Berücksichtigung der gemessenen Werte, immer den Energieklassen A, A+ oder A++ zugeordnet. Es besteht die berechtigte Hoffnung, dass diese unzulängliche Einteilung der LED-Leuchten in naher Zukunft zu Gunsten einer Systematik, die auch die Effizienz berücksichtigt, geändert wird.

Lichtausbeute ist nicht gleich Lichtausbeute

Wurde bei Leuchten mit konventionellen Lampen zur Effizienzbeurteilung jahrelang der Leuchtenbetriebswirkungsgrad (LOR) herangezogen, ist dieser bei LED-Leuchten nur noch mit großem Aufwand (und großem Messfehler) oder gar nicht mehr ermittelbar. In der Lichttechnik geht man deshalb einen anderen Weg und ermittelt die Lichtausbeute.

Bei dem beliebten Effizienzkriterium Lichtausbeute (Lumen pro Watt) muss man jedoch sorgfältig auf einen passenden Vergleich achten.

Drei verschiedene Lichtausbeuten sind nämlich gebräuchlich:

1. Die Lampenlichtausbeute, die das Verhältnis von abgestrahlter Lichtleistung der Lampe zu aufgenommener elektrischer Leistung der Lampe beschreibt.
2. Die Systemlichtausbeute, die neben der Lampenleistung auch noch die (Verlust-) Leistung des Betriebsgerätes berücksichtigt.
3. Die Leuchtenlichtausbeute, bei der nicht der Lampenlichtstrom, sondern der Leuchtenlichtstrom ins Verhältnis zur Systemleistung gesetzt wird.

Bei allen drei Lichtausbeuten ist grundsätzlich zu beachten, bei welcher (Junction-) Temperatur die LEDs in der Leuchte betrieben werden. Kaltlichtströme, die wenige Millisekunden nach dem Einschalten bei einer Raumtemperatur von 25°C ermittelt werden, sind aussagegelos für die Performance im thermisch stabilen Zustand.

Bei LED-Leuchten verwischen auch häufig die Grenzen zwischen Lampe und Leuchte. So kann es sinnvoll sein, die Leuchtenlichtausbeute einer konventionellen Leuchte mit stabförmiger Leuchtstofflampe gegen die Systemlichtausbeute einer LED Retrofit-Röhre zu vergleichen. Bei Betrachtung dieser Zahlen sind die anderen lichttechnischen Qualitäten nicht zu vergessen. Die möglicherweise höhere Lichtausbeute (lm/W) kann wertlos sein, wenn das Produkt die zugedachte Aufgabe nicht, oder nur eingeschränkt erfüllt.

Sind LEDs nachts effizienter?

In Dämmerungs- und Nachtsituationen ändert sich die spektrale Empfindlichkeit des menschlichen Auges in Richtung kurzwelliger Strahlung. Das Maximum der Hellempfindung liegt beim dunkel adaptierten Auge dann bei 507 nm.

Die Argumentation zu Gunsten des LED-Einsatzes, z. B. im Bereich der Straßenbeleuchtung ist nachvollziehbar, wenn man für deren Hauptbetriebszeiten unterstellt, dass sich das Auge im mesopischen oder skotopischen Bereich, also unterhalb einer Leuchtdichte von 5 cd/m² befindet.

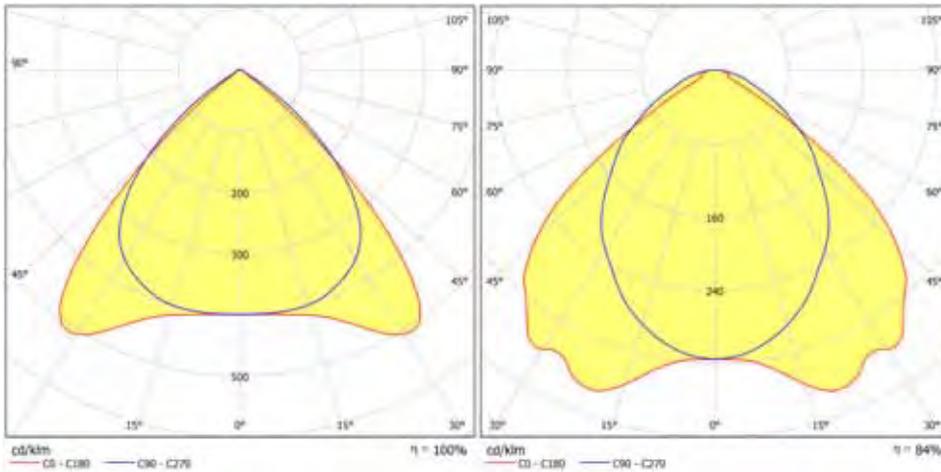
Kaltes Licht ist effizienter

Beim Studium der technischen Daten von Leuchten stellt man fest, dass ansonsten gleiche Produkte mit warmen Lichtfarben wie 2 700 K oder 3 000 K hinsichtlich der Leuchtenlichtausbeute schlechter abschneiden als neutral-weiße mit 4 000 K oder gar kühl-weiße mit 6 000 K und mehr.

Die Ursache dafür ist logisch: Je mehr abgestrahlte Energie aus dem kurzwelligen Bereich in den langwelligen Bereich „verschoben“ wird, desto größer ist der Verlust.

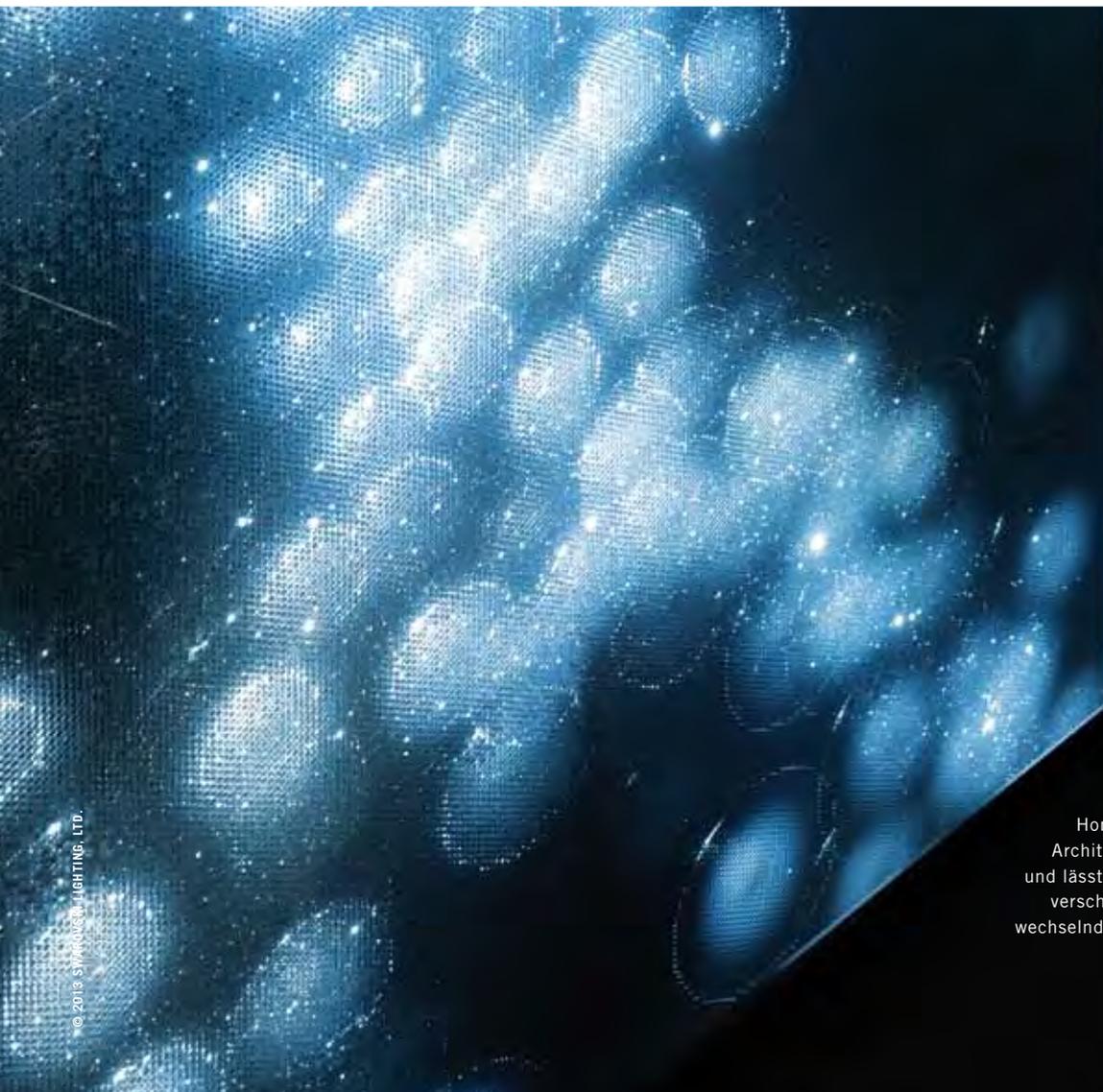
LED-Retrofit-Röhren vs. Leuchtstoffröhren

Wirft man den Blick auf die verschiedenen LED-Substitute, so findet man im Wesentlichen drei Typen: Ersatz für stabförmige Leuchtstofflampen, Ersatz für zumeist einseitig gesockelte ungebündelte Lampen und Ersatz für Reflektorlampen.



Leuchte:	LED Leuchte / 4000K	Reflektorleuchte mit Leuchtstofflampe TL5 HO Eco 45/840
Lichtstrom:	5500 lm	4900 lm bei 35°C
Systemleistung:	47 W	51W
Leuchtenlichtausbeute:	117 lm/W	80,7 lm/W (Wirkungsgrad = 84%)

LVK-Vergleich: T5-Leuchtstofflampe zu LED



SWAROVSKI

HONEYCOMB

Honeycomb, ein Produkt aus dem Portfolio von Swarovski Architectural Solutions, wird von modernen LEDs beleuchtet und lässt Licht und Kristall zu einem außergewöhnlichen Effekt verschmelzen. 13.500 Swarovski Kristalle pro Quadratmeter, wechselnde Farbstimmungen und sanftes Leuchten zaubern eine magische, beinahe kosmische Atmosphäre.

ARCHITECTURE.SWAROVSKI.COM

Gerade für die erstgenannte Gruppe besteht ein reger Wettbewerb um die beste Lampenlichtausbeute. Zurzeit erreichen die besten LED-Röhren knapp über 130 lm/W, das Gros der Leuchten bleibt aber im Bereich um die 100 lm/W. Bei den Leuchtstoffröhren bietet der Markt eine Bandbreite der Effizienz, auch hier betrachten wir die Lampenlichtausbeute, von etwa 70 lm/W bis knapp über 100 lm/W. Zieht man die besten Leuchtstoffröhren zum Vergleich heran, so sind die Ergebnisse fast auf Augenhöhe mit den LED-Substituten - bei deutlich geringeren Investitionskosten und in der Regel besserer Kompatibilität. Allerdings hat man hier einen Fehler gemacht. Bei den konventionellen Lampen muss man die Leuchtenlichtausbeute von entsprechend geeigneten Produkten heranziehen und dann fällt der Effizienzvergleich häufig zu Gunsten der LED aus.

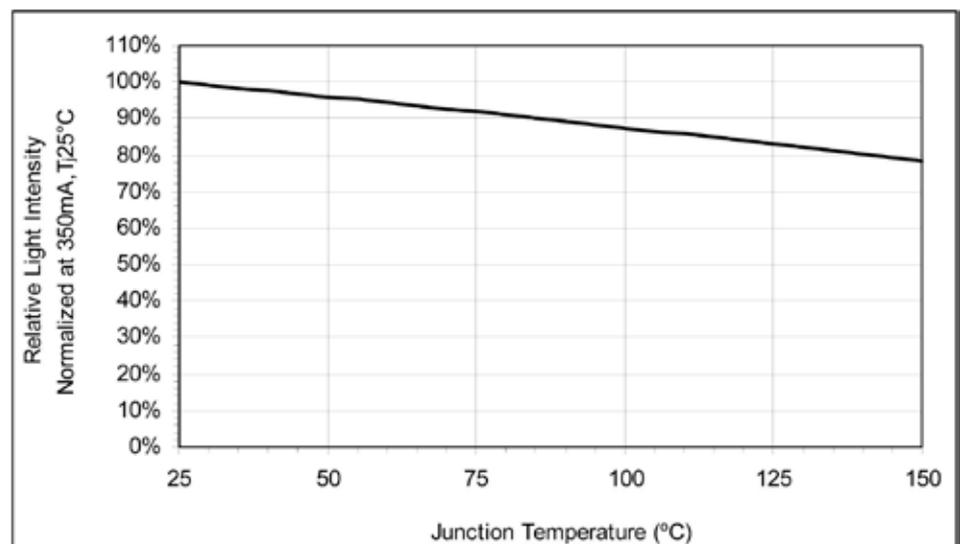
E27 & Co.

Glühlampen durch LED-Lösungen zu ersetzen, ist bei reiner Effizienzbetrachtung naheliegend. Aktuelle Produkte sind mit 40 bis 60, vereinzelt bis 80 lm/W deklariert und liegen wesentlich über der Effizienz von Hochvolt- als auch von Niedervoltlampen mit nur 15-25 lm/W. Diese Lampen werden jedoch überwiegend im Wohnumfeld eingesetzt. Vor dem Hintergrund der visuellen und elektrischen Unterschiede stellt sich gerade hier die Frage, ob sich die Investition in LED-Retrofits jemals lohnen kann und eventuelle Kompromisse rechtfertigt. Wenn 15 W statt 50 W täglich 1 Stunde in Betrieb sind, wird eine Einsparung von etwa 13 kWh pro Jahr erreicht und so die Kosten um ca. 3 € pro Jahr reduziert. Bei höheren Leistungen und längeren Betriebszeiten sollte jeder Anwender individuell entscheiden, welche Ersparnis (energetisch wie finanziell) eine ausreichende Motivation für den Wechsel ist. Streng nach Verbraucherspekten beurteilt, rechtfertigt sich der Betrieb von LED-Substituten jedoch ganz offensichtlich.

3.2. Lebensdauer und Alterung

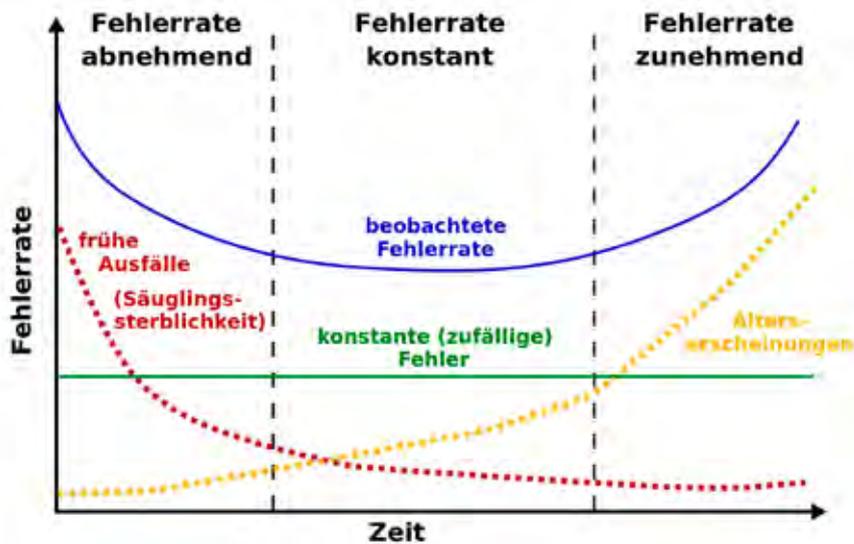
Wie zuvor bereits beschrieben, gehört zum optimalen Betrieb einer LED-Lichtquelle, insbesondere bei denen mit hoher Leistungsdichte, auch immer das geschickte Thermomanagement. Entgegen gelegentlicher Werbeaussagen entsteht eine nicht unwesentliche Menge an Wärme bei der Lichterzeugung (ca. 75% Wärme, 25% Licht).

Das Temperaturmanagement einer Leuchte ist ein ganz wesentliches Kriterium für die Qualität und Lebenserwartung einer LED-Leuchte oder -Lampe, da es einen unmittelbaren Zusammenhang zwischen Temperatur und Lichtstrom, sowie zwischen Temperatur und Lebensdauer gibt. Je höher die umgebende Temperatur, desto mehr degradiert der Lichtstrom. Eine Chiptemperatur von 75°C ist typisch für viele Produkte und unkritisch. Bei einer Temperatur von 65°C oder mehr am Leuchtgehäuse (nicht am Kühlkörper) ist davon auszugehen, dass die Entwärmung nicht ausreichend ist. Eine gut konstruierte Leuchte (nicht Lampe!) sollte nicht viel mehr als 40°C Gehäusetemperatur aufweisen, nach Stunden ununterbrochener Nutzung gemessen, nicht nach dem Einschalten.



Relativer Lichtstrom in Abhängigkeit von der JunctionTemperatur

(Quelle: Bridgelux)



Grafik der „Badewannenkurve“ und der drei Phasen „Frühausfall, Zufallsausfall, Alterungsausfall, X-Achse „Lebensdauer“, Y-Achse „Ausfallrate“

Halten LEDs ewig?

Die drei Phasen des Totalausfalls.

Phase 1: Frühausfall

Die erste der drei Phasen des Ausfalls kennt jeder von elektronischen Geräten: Kaum ausgepackt und schon defekt. Diese Frühausfälle beruhen neben der Fehlbedienung vor allem auf Mängeln in der Fertigung (Material- oder Montagefehler). Besonders bei technisch anspruchsvollen und räumlich komprimierten Bauteilen führen Toleranzen in der Fertigung sehr schnell zu Problemen. Elektrische Fehler führen zumeist zum Totalausfall des betroffenen Halbleiters. Es liegt am einzelnen Produkt und seiner technischen Konfiguration, ob innerhalb einer LED-Kombination nur ein defektes Element ausfällt oder gleich die ganze Leuchte / Lampe. Dies kann ein Vorteil der LED sein. Gelegentlich kann man solche Konstellationen beim Vordermann im Straßenverkehr entdecken: Das Bremslicht besteht aus mehreren Dutzend LEDs, von denen eine oder zwei ausgefallen sind. Dennoch bleibt die generelle Funktionsfähigkeit der Leuchte erhalten, der Lichtstromrückgang ist nicht gravierend. Demgegenüber ist der Austausch der einzelnen LED innerhalb eines Arrays zumeist schwierig oder unmöglich. Die Häufigkeit der Frühausfälle lässt sich durch Stresstests in Vorserien und umfassende Qualitätskontrollen reduzieren. In dieser ersten Phase ist die Ausfallwahrscheinlichkeit relativ hoch. Erfahrungen deuten auf bis zu 4% innerhalb der ersten 1 000 Betriebsstunden hin.

Phase 2: Zufallsfehler

Die zweite Phase wird von Zufallsfehlern dominiert. Wartungs- und Bedienungsmängel kommen weit häufiger vor, als Fehler, welche der Leuchte oder Lampe selber anzulasten sind. Dazu würde zum Beispiel auch die Beschädigung eines aktiven Lüfters zählen, weil er z. B. in einer nicht bestimmungsgemäßen Umgebung mit hohem Staubanteil betrieben wurde und deshalb seinen Betrieb einstellt. Ebenfalls in diesen Zeitraum fallen Ausfälle durch Spannungsschwankungen, die der empfindlicheren Elektronik zusetzen können.

Phase 3: Verschleißausfälle

Erst nach deutlich längerer Zeit kommen die Verschleißausfälle, die wir von Glühlampen oft bereits nach wenigen 1 000 Stunden erleben. Die geringen Alterungserscheinungen bei LEDs tragen zu den guten Zahlen bei.

Ist also die Phase 1 der Frühausfälle überstanden, dauert es lange, bis Phase 3 erreicht wird. Dann jedoch wird der Anwender wieder mit der Problematik der komplizierten oder unmöglichen Reparatur konfrontiert. Bis dahin erfreuen LED-Produkte, gelegentliche Pflege vorausgesetzt, ihre Umgebung mit hoher Zuverlässigkeit.

Lebensdauerangaben

Was steckt denn nun hinter den Aussagen: „Lebensdauer 50 000 Stunden“? Im Kleingedruckten findet sich oft die Angabe „L70B50“, was gemäß DIN IEC 62 717 folgendes bedeutet: Nach 50 000 Betriebsstunden beträgt der Lichtstrom bei der Hälfte der Leuchten noch mindestens 70% des ursprünglichen Lichtstromes (Neuwert). Es könnten also durchaus 20% der Leuchten vollständig ausgefallen sein und weitere 20% noch mit beliebig wenig Lichtstrom vor sich hin glimmen.

In diesen Aussagen steckt also nur eine grobe Information zur Lebenserwartung oder zur Degradation, also zum Lichtstromrückgang. Die tatsächliche Lebenserwartung kann ein Hersteller kaum wirklich ermitteln, hat ein Jahr doch nur 8 760 Stunden. Man müsste rund 6 Jahre warten, bis man die Angaben zur Lebensdauer prüfen kann. In der Praxis werden LEDs in kurzer Zeit durch thermische Belastung strapaziert, um mit Hilfe eines Rechenmodells die Lebensdauer abschätzen zu können.

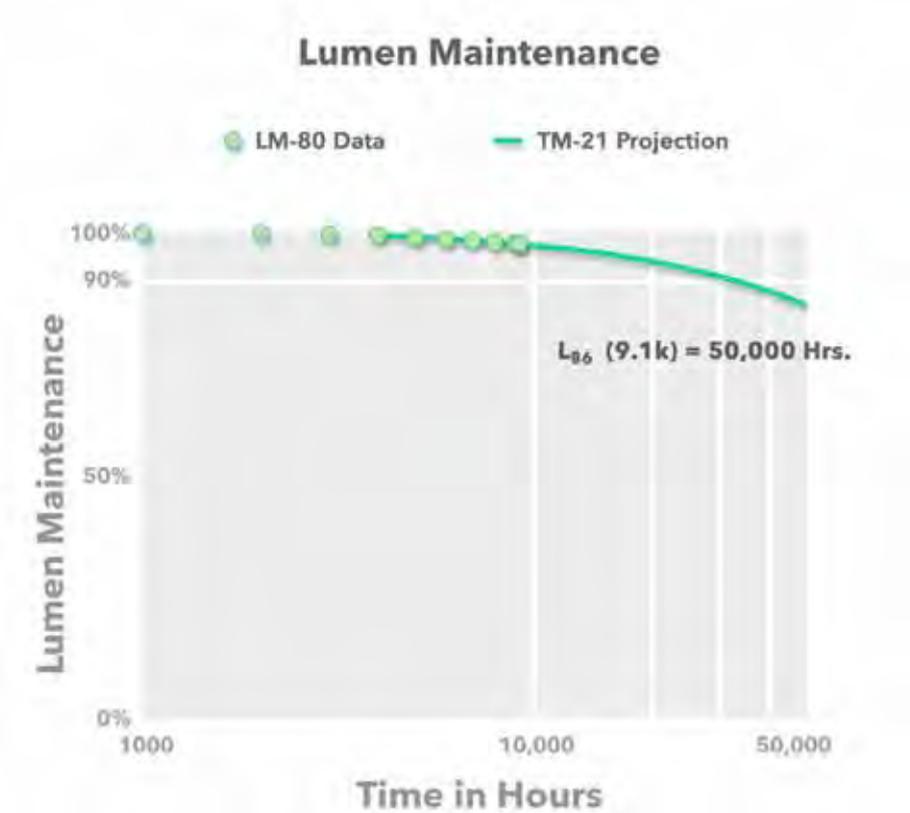
Lichtstromrückgang

Ähnlich verhält es sich mit dem Lichtstromrückgang. In Herstellerinformationen findet man zu meist die Werte für L50, L70, L80 oder L82. An der Grafik wird deutlich, dass der Abfall zunächst sehr langsam beginnt aber irgendwann die Markierung L82, entsprechend 82% vom Neulichtstrom erreicht. Hier hat dieser Hersteller das Lebensdauerende markiert. Dennoch wird die Leuchte auch weiterhin bis zu ihrem Ausfall leuchten, nur eben weniger hell.

Auch diese Kurven werden aus experimentellen Erfahrungen innerhalb der ersten 10 000 Stunden und mit dem bestehenden Wissen über das Alterungsverhalten von Halbleitern im Allgemeinen hochgerechnet.

Lichtstromrückgang bei RGB-LEDs

Bei RGB-Lösungen ist hinsichtlich der Degradation noch zu berücksichtigen, dass die Alterung der drei Farben unterschiedlich schnell von statten geht. Entsprechende Produkte weisen also eine ganz besondere intensive Farbdrift über die Nutzungsdauer auf.



Lebensdauerinterpretation (Quelle: Xicato)

Austausch von Modulen?

In Anbetracht der nach wie vor rasanten Entwicklung in der Lichtbranche, ist es nicht sicher, ob man nach 10 Jahren noch elektrisch und mechanisch passende LED-Module zum Austausch in Leuchten erhält. Über einen kürzeren Zeitraum wird es bei namhaften Produkten sicher möglich sein, Ersatz zu beschaffen. Die Kosten beim Austausch sind wesentlich höher, als der gewöhnliche Lampenaustausch. Gut, dass er seltener vorkommt.

Produktlebenszyklus

LEDs – nicht anders als alle gängigen Lampen – sind Einwegprodukte, auf deren lange Lebensdauer man aus ökologischer Sicht achten sollte.

Alle LEDs bekannter Hersteller sind REACH [EU-Verordnung 1907/2006; Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals], RoHS [EN 2002/95; Restriction of Hazardous Substances], teilweise schon RoHS2 [EN 2011/65] konform und sind dementsprechend hinsichtlich ihrer Inhaltsstoffe frei von Gefahrstoffen. Hervorzuheben ist, dass LEDs frei von Quecksilber sind.

Der Blick an den Beginn des Produktlebenszyklus ist leider nicht ganz klar. Die meisten Hersteller haben keine belastbaren Informationen oder halten diese (womöglich aus gutem Grund) unter Verschluss. Eine ökologische Betrachtung abseits der Entsorgung hat drei Themenfelder:

1. Transportenergie, 2. Herstellungsenergie, 3. Aufwand zur Beschaffung der Rohstoffe.

Auf Grund der geringen Größen, geringen Gewichte ist der Aufwand für den Transport von Fernost nach Mitteleuropa zwar weit und unvermeidbar, aber dennoch als gering einzustufen.

Dies gilt natürlich besonders für den Transport von Chips und anderen Halbfertigprodukten, bedingt auch für den Transport ganzer Leuchten oder großvolumiger LED-Röhren. Die Fertigung konventioneller Lampen findet zum größten Teil in Werken in Mitteleuropa statt. Laut CELMA (European Lamp Companies Federation, jetzt LightingEurope) beträgt der Energiebedarf für den Transport etwa zwei Drittel des Energiebedarfs der Fertigung.

.hess

Wir sehen uns.

Hess steht für außergewöhnliches Design, Innovationskraft und individuelle Maßanfertigungen. Lassen Sie sich von unseren neuen LED-Beleuchtungs- und Gestaltungslösungen für urbane Räume begeistern. Auf der Light + Building – wir sehen uns!

Schon gespannt? Erste begeisternde Einblicke erhalten Sie unter www.hess.eu/wir-sehen-uns

Light + Building | 5.0 A60
30.03.–04.04.2014 | Messe Frankfurt

Zur Herstellungsenergie sind die Angaben dürftig. Eine neutral begleitete Studie von Osram stellt fest, dass für eine 8 W LED etwa 4 000 Wh zur Herstellung benötigt werden (2% von 25000 Stunden x 8 W) [Life-Cycle-Assessment, OSRAM Opto Semiconductors GmbH, August 2009]. Im Zuge von Effizienzsteigerungen bei der LED (ca. 20%) und bei der Fertigung, kann man heute für eine Ein-Chip-LED mit 8 W etwa 3 000 Wh Herstellungsenergie annehmen. Im Vergleich dazu benötigt eine 8 W Kompaktleuchtstofflampe 1 600 Wh Primärenergie, eine 40 W-Glühlampe 2 000 Wh Primärenergie. Alle sind hinsichtlich ihres Lichtstromes in etwa auf gleichem Niveau. Dennoch schneidet die LED am besten ab, wenn man ihr eine lange Lebenserwartung zu Gute hält. Basierend auf den Katalogangaben „lebt“ eine LED 2,5 mal länger als eine Kompaktleuchtstofflampe und 25 mal länger als eine Allgebrauchsglühlampe. Dann benötigt die LED weniger als ein Zehntel der Primärenergie einer Allgebrauchsglühlampe.

Diese Zahlen sind sicher nur Anhaltspunkte, denn sie reflektieren einerseits nicht die Möglichkeit einer (Niedervolt-) Halogenlampe mit höherem Output und längerer Lebenserwartung und andererseits nicht die Entwicklungen seit Erstellung der Studie vor vier Jahren.

Der dritte Punkt: Die CELMA geht davon aus, dass der Energiebedarf für die Beschaffung der Ressourcen knapp unter dem der Herstellung liegt [„The European Lighting Industry’s Considerations regarding the need for an EU Green Paper on Solid State Lighting“, CELMA, Bruxelles, June 2011].

LED-Werkstoffe

Fünf Materialien gelten für die LED-Produktion als unersetzbar: Arsen, Europium, Yttrium, Indium und Gallium. Zumindest für die beiden letzten Metalle ist eine Erschöpfung der Vorräte abzusehen.

Hinzu kommt die Belastung der Umwelt durch unsachgemäße Entsorgung der LEDs am Ende des Lebenszyklus. Insbesondere durch rote und orangefarbige LEDs (GalliumArsenid und AluminiumIndiumGalliumPhosphate) erwarten Amerikanische Umweltschutzbehörden eine wesentliche Arsenbelastung.

Generell gilt GalliumArsenid sowohl in der Herstellung als auch bei Freisetzung durch unsachgemäße Entsorgung als stark krebserregend [„Hazard Assessment by the Californian Office of Environmental Health“, 2008], ähnlich sieht es auch bei dem Nervengift Blei aus [„Green Building News Reports“, University of California Irvine, Dpt. of Population Health & Disease Protection, März 2011] die sowohl auf den Menschen als auch andere Organismen, insbesondere Meereslebewesen einen langfristig negativen Einfluss haben können.

Die Rohstoffreserven für Seltene Erden und die Metalle sind teilweise begrenzt. Das Umweltbundesamt stuft den Weltvorrat an Gallium als „sehr gering“ ein, weniger als 100 000 Tonnen sind erkundet und erreichbar, dennoch sollte der Vorrat bei konstantem Verbrauch mindestens 100 Jahre genügen [U.S. Geological Survey 1998 und 2008, „Materialeffizienz und Ressourcenschonung“ Wuppertal Institut für Klima, Umwelt, Energie GmbH & Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg & Institut für Zukunftsstudien und Technologiebewertung für das Deutsche Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU), 2011].

Anders sieht es bei Arsen und Indium aus, weniger als 25 Jahre reichen die aktuell bekannten Vorräte aus. Aber auch das erreichbare Vorkommen an Yttrium und Neodymium wird bereits für die kommenden 15 Jahre als kritisch betrachtet, ein Problem nicht nur für die LED-Herstellung. [„Critical Material Strategy Summary“, US Department of Energy, Dezember 2011] Immer höherer Aufwand wird bei einzelnen Metallen notwendig sein, um die Ressourcen zu erreichen. Es erscheint mehr als wahrscheinlich, dass bereits heutzutage die Bedingungen unter denen die Rohstoffe in China und Afrika gefördert werden, nicht unseren Westeuropäischen Normen und Vorstellungen entsprechen. [“Situation and Policies of China’s Rare Earth Industry“, Xin Hua Chinese National News Agency, 20. Juni 2012; „China’s Rare Earth Elements Industry: What can the West learn?“, Institute for the Analysis of Global Security 2010]

Häufig wird der Boden durch Oxalsäure erodiert um Seltene Erden auszuschwemmen. Es benötigt so eine Fläche von 300 m² und dort einen Aushub von 2 000 m³, um eine Tonne Seltener Erden zu fördern. [Science Minerals & Waste at the British Geological Survey / Song Feng & Xue Li, NTDTV China, 28. October 2011]

Verknappung der Vorräte und teilweise unsichere Herkunftsländer können einen negativen Einfluss auf die langfristige Kostenentwicklung haben und damit Fortschritte teilweise kompensieren.

**NIE WAR LEDs
ANSTEUERN
EINFACHER!**



**20W DC/DC-LED-TREIBER IN
BUCK-BOOST-TOPOLOGIE**

- RBD-SERIE LED-TREIBER
- AUSGANGSSTROM 350/500mA
- TREIBT LEDs VON 2V BIS 40V
- DIMMEN MIT PWM ODER 0-10V
- REFERENZSPANNUNGS-AUSGANG
- WIRKUNGSGRAD TYP. 92%
- LEITERPLATTENMONTAGE ODER KABEL
- EMC CLASS A FILTER INTEGRIERT
- UL60950 ZERTIFIZIERT
- 5 JAHRE GARANTIE

RECOM
LIGHTING

LED

WWW.RECOM-LIGHTING.COM

DRIVERS

Auch wird das Thema Materialrecycling langsam angenommen. Im Zuge politisch gewollter Verknappungen durch den Hauptlieferanten China werden seit Sommer 2010 erstmals in Versuchen Seltene Erden aus Magneten, Klimageräten und Elektrobauteilen wieder extrahiert. [Reuters 2011; US Magnetic Materials Association, 2013]

Bei den letztgenannten Erwägungen soll nicht unerwähnt bleiben, dass Materialengpässe in veränderlichem Umfang auch für „klassische“ Lampen gelten. Insofern ist eine Lampe mit langer Lebenserwartung positiv zu bewerten. Ein leichtfertiger Austausch von Lampen und Leuchten indes nicht.

Auch unter dem Umwelt- und Ressourcenaspekt dürfen wir uns auf Verbesserungen durch OLED erhoffen insofern die Herstellung sich als ökologischer erweisen sollte.

Zudem zeichnen sich am technischen Horizont zwei Alternativen zu den Seltenen Erden ab, die für die Verwendung in klassischen Lampen wohl nicht geeignet sind: Graphen – ein Kohlenstoff von minimalster Schichtdicke und erstaunlichen mechanischen und elektrischen Eigenschaften und Silizium, es kann bei künstlichem Aufbau der Kristallstruktur, ähnlich künstlicher Diamanten, ebenfalls in LEDs verwendet werden. Beide Technologien befinden sich noch in sehr frühen Forschungsstadien und können langfristig zumindest die Rohstoffproblematik verbessern.

3.3. Garantien

Zahlreiche Hersteller bieten ihre LED-Produkte mit einer Garantie an, die über das gesetzlich vorgeschriebene Maß der Sachmangelhaftung hinausgeht. Dies sind vertrauensbildende Maßnahmen, um Skepsis gegenüber den Katalogversprechen aufzufangen. Es gibt einzelne Fälle, in welchen die Hersteller sogar innerhalb einer fünfjährigen Garantie Farbstabilität und eine Degradation von maximal 30% zusichern [„Colour Consistency Warranty“ von Xicato, Februar 2013].

In den vorangegangenen Abschnitten ist deutlich geworden, dass es einige, die Lebensdauer begrenzende Faktoren gibt. Umso wichtiger erscheint es, die Produkte mit längerer Garantie zu bevorzugen. Sicher, die ersten Ausfälle sind von den gesetzlichen Ansprüchen abgedeckt. Konstruktive Schwächen, welche eine vorzeitige Alterung oder Degradation nach sich ziehen (zum Beispiel durch mangelhaftes Thermomanagement) zeigen sich aber erst mit der Zeit.

Das Kleingedruckte lesen

Man sollte die Garantieverprechen der Hersteller etwas genauer betrachten. Jeder Hersteller zieht nach eigenem Ermessen die Grenze, ab wann seine freiwillige Garantieleistung in Anspruch genommen werden kann.

Einige Beispiele:

- Je 1000 Betriebsstunden sind 0,6% Lichtstromrückgang oder 5% pro Jahr als Stand der Technik zu tolerieren.
- Farbverschiebungen sind von der Garantie ausgenommen.
- Bereits im Neuzustand sind Toleranzen von +/- 10%, also 20% Streuung zu akzeptieren.
- Ausfälle von 0,2% pro 1 000 Betriebsstunden fallen nicht unter die Garantie.
- Die Betriebszeiten müssen nachgewiesen werden, ebenso die Wartung.
- Die Montage muss durch ein konzessioniertes Unternehmen erfolgt sein.

Die Hürden zur Inanspruchnahme der Garantie sind teilweise recht hoch, zudem zeigen die Hersteller ein unterschiedliches Verantwortungsbewusstsein hinsichtlich der Fehlerbeseitigung. Manche sehen sich auch in der Pflicht, bis zum Wiedereinbau durch einen Monteur Ersatz zu leisten, andere lehnen dies ab.

Gesetzliche Ansprüche

Gut, dass die gesetzlich festgelegten Mangelanprüche in diesem Punkt die Verantwortung umfassender interpretieren. Händler und Inverkehrbringer (Hersteller oder Importeur) stehen dabei gleichermaßen in Verantwortung. Vorausgesetzt der Mangel ist unzweifelhaft in der Lieferantenverantwortung, dann besteht ein Anspruch auf vollständigem Ausgleich einschließlich des Wiedereinbaus und der damit verbundenen Kosten.

Problematisch ist sicher oftmals die Beurteilung, ab wann ein Sachmangel vorliegt. Ob man sich dabei an den in den Garantiebedingungen gesteckten Werten halten sollte?

Bereits bei einem Farbort-Binng, das auf dreifachen oder vierfachen MacAdam Ellipsen be-

Prozesse planen.
Werte schaffen.
DBZ abonnieren.

Ingenieurkunst
in der Architektur

Deutsche BauZeitschrift
DBZ

Bodum Pavina,
2 Wassergläser



Das **DBZ** Test-Paket für 29,90€!

3 DBZ Ausgaben frei Haus: bequem und portofrei

+ nur 29,90€ (statt 44,52€)

+ Dankeschön sichern, z.B. die Gläser Bodum Pavina

Jetzt bestellen
unter:

 www.dbz.de/abo

 +49 5241 8090884

ruht, sind unter Umständen changierende Lichtfarben wahrnehmbar. Berücksichtigt man noch unglückliche, ungleiche Alterung, so sind deutlich unterschiedliche Lichtfarben möglich. Bei einer Beleuchtungsanlage mit unterschiedlichen Betriebsstunden in einem Raum, zum Beispiel bei tageslichtgesteuerten Zonen in einem Großraumbüro oder einer Halle, wird die Garantie wegen unterschiedlicher Betriebsstunden womöglich nicht greifen und der Nachweis des Sachmangels liegt nach mehr als einem halben Jahr in der Pflicht des Nutzers. Beachtet man womöglich noch unterschiedliche Temperaturzonen und Aufwärmungen in den Leuchten durch die verschiedenen Brennzeiten, sind langfristige Unterschiede unvermeidlich. Unterlagen der Chiphersteller vergleichen den Lichtstrom, die Farbveränderung und die Lebenserwartung (L90, L80 und L70) nach 6 000 Stunden bei 45°C und bis zu 105°C Gehäuse-temperatur.

Hier einige Beispiele in Tabellenform:

		Lumen gegen-über Neu-zustand	Farbver-schie-bung	Lifetime L90	L80	L70
LED Package 1	45°C	99	0,0015	-	-	-
	55°C	95,8	0,0027	-	-	-
	85°C	92,8	0,0070	-	-	-
LED Chip	45°C	98	0,0009	28400	36300	36300
	55°C	97,2	0,0009	19500	36300	36300
	85°C	94,5	0,0008	11100	22000	34400
LED Chip	55°C	97,7	0,0007	31500	36300	36300
	85°C	97,3	0,0010	21700	36300	36300
	105°C	93,9	0,0012	12500	28800	36300

[Cree IES LM80-2008 Testing Results, 25. Juni 2013]

Nehmen wir als Beispiel ein Hotelrestaurant mit 1 500 Brennstunden pro Jahr im tageslicht-versorgten Bereich und 4 500 Stunden im restlichen Bereich, wo sich auch eine Liveküche befindet mit entsprechend ungünstigen Temperaturen. Nach zwei Jahren (Werte gerade interpoliert) ist in Fensternähe der Lichtstrom um 0,5% zurückgegangen, im Kochbereich um etwa 10%, die Farben am Fensterplatz haben sich um weniger als 0,001 Punkte im CIE (1931) Farbraum verändert, was nach den Annahmen von MacAdam unbedeutend ist. Bei ungünstigen Bedingungen liegt der Wert bei etwa 0,01 und damit etwa beim Fünffachen einer MacAdams-Ellipse. Zusätzlich ist bereits im dritten Jahr mit einem Ausfall von 10% der eingebauten Leuchten zu rechnen. Das ist dann außerhalb der Gewährleistung von zwei Jahren und durch die Rahmenbedingungen nicht mehr von den Garantien abgedeckt. Sicher, dies ist eine besonders ungünstige Konstellation, sie macht jedoch die Probleme mit Garantien in der kommenden Praxis deutlich.

3.4. Kosten

Die LED-Fertigung wird sicher den Regeln der Halbleiterindustrie folgen und stetig leistungsfähigere Produkte fortschreitend günstiger anbieten, dies ist auch bekannt als Mooresche Gesetz. In den letzten Jahren ist die Lichtausbeute monoton gestiegen. Die Entwicklung gleicht der von Computerchips, bei denen die Rechenleistung kontinuierlich steigt und die Preise für gleiche Leistung stetig sinken. Die schwächsten Produkte fallen bald aus dem Portfolio und für die besten Produkte und neuesten Techniken muss der Early Adaptor einen Aufschlag zahlen. Was heute Stand der Technik ist, ist dank der schnellen Entwicklung jedoch morgen schon von gestern.

Allerdings wird der Effizienzzuwachs mit zunehmender Steigerung immer geringer werden. Schließlich kann man aus 1 W elektrischer Leistung nur beschränkt viel Lichtstrom, also Lumen herausholen.

Amortisationszeit?

Vergleichbare lichttechnische Ergebnisse vorausgesetzt, hilft eine einfache Tabelle bei der Ermittlung der Amortisation einer Beleuchtungsanlage mit LEDs. Dazu gehört der Vergleich eines eventuell unterschiedlichen Installationsaufwandes, bei einer Umrüstung auch der Aufwand für die De-Installation und Neuinstallation.

Die Betriebskosten sollten auch eine Wartung der Anlage umfassen, denn Staub lagert sich auch auf ansonsten wartungsarmen LED-Leuchten ab. Die Stromkosten hat man als Betreiber und Planer ohnehin immer von Beginn an im Auge.

Beispielkalkulationen:

1. Fassadenbeleuchtung entweder mit 86 LED Leuchten à 3W oder 8 Strahler à 70W
2. Hallenbeleuchtung mit 72 LED Pendelleuchten oder 36 Leuchtstoffpendelleuchten
3. Flurbeleuchtung mit 24 Deckeneinbauleuchten mit LED oder 25 Kompaktleuchtstoff-Deckeneinbauleuchten

Annahmen: jährliche Wartung und Lampenaustausch im zweijährigen Rhythmus; Stromkosten von 28ct je kWh:

Fassadenbeleuchtung	Leistung [W]	jährliche Stromkosten @365 x 4 Stunden	Wartungskosten	Anschaffung	Addition 3. Jahr	5. Jahr	10. Jahr
LED Lösung 84x3 W	258	105,47 €	450,00 €	10.080,00 €	11.746,41 €	12.857,35 €	15.634,70 €
konventionelle Lösung 8x70 W	560	228,93 €	154,00 €	3.520,00 €	4.668,79 €	5.434,65 €	7.349,30 €
Fertigungshalle 35x11x6m	[W]	@241 x 16 Stunden	Wartung	Anschaffung	3. Jahr	5. Jahr	10. Jahr
LED Lösung 72x22W	1584	1.710,21 €	450,00 €	57.600,00 €	64.080,63 €	68.401,05 €	79.202,10 €
konventionelle Lösung 36x49W (55W)	1980	2.137,77 €	810,00 €	19.800,00 €	28.643,31 €	34.538,85 €	49.277,70 €
Flur 15x2x3m	[W]	@300 x 18 Stunden	Wartung	Anschaffung	3. Jahr	5. Jahr	10. Jahr
LED Lösung 24x14W	336	508,03 €	200,00 €	5.520,00 €	7.644,09 €	9.060,15 €	12.600,30 €
konventionelle Lösung 25x18W (22W)	550	831,60 €	300,00 €	3.600,00 €	6.994,80 €	9.258,00 €	14.916,00 €

Dies sind lediglich drei willkürliche Beispiele, die auch die laufenden Kosten des Betriebs widerspiegeln. Das letzte Beispiel rechnet sich ab dem 4. Jahr, die Fertigungshalle nach 47 Jahren und die Fassadenbeleuchtung wegen des höheren Wartungsaufwandes niemals. Nach wie vor ist es der vielfach deutlich höhere Einstiegspreis in die LED-Technik, welcher die Wirtschaftlichkeit der Investition in Frage stellt.

Für die Fertigungshalle wäre ein Mehrpreis von 20% und für den Flur von 30% akzeptabel, wenn innerhalb von 3 Jahren die Amortisation erreicht werden soll.

Wenn die Produkte fortschreitend günstiger und leistungsfähiger werden, ist der Amortisationszeitpunkt immer früher. Der ökologische Vorteil – zumindest bei einer Neuanschaffung – beginnt in den meisten Fällen beim ersten Einschalten.

Ökonomisches und ökologisches Fazit

Die LED-Technik ist ohne Zweifel eine immense Bereicherung für die professionelle Lichtplanung. Sie hat bereits heute in vielen Bereichen große Stärken, taugt jedoch nicht als Allheilmittel. Immer wieder muss man die Situation differenziert betrachten und in jedem Einzelfall, ohne Vorbehalte für oder gegen eine Technik, nach der besten Lösung suchen.

4. Behauptungen und Fakten

LEDs sind immer effizient

Die Lichtausbeute von LEDs kann sehr unterschiedlich sein. Viele aktuelle Produkte haben jedoch Lichtausbeuten, die höher sind, als die von vergleichbaren konventionellen Lichtquellen. Als Vergleichsgröße kann die Lichtausbeute (lm/W) dienen, allerdings muss dabei auch immer das Spektrum betrachtet werden.

LEDs sind ökologisch sinnvoll

LEDs können aufgrund ihrer Effizienz einen Beitrag zur Einsparung elektrischer Energie leisten. Auch wenn sie frei von Quecksilber sind, enthalten sie jedoch zahlreiche elektronische Komponenten, die ebenfalls aus bedenklichen Stoffen bestehen können. Dadurch, dass LEDs bisweilen in Lebensbereichen eingesetzt werden, wo zuvor kein Licht war, tragen sie andererseits auch zur Erhöhung des Bedarfs an elektrischer Energie bei.

LEDs haben eine extrem lange Lebensdauer

Die Lebensdauer von LEDs hängt maßgeblich von der Temperatur am p-n-Übergang im Innern der LED ab. Bleibt diese aufgrund geringer Leistungsdichte oder eines angemessenen Thermomanagements niedrig, dann kann die Lebensdauer extrem lang sein, z. B. 100 000 h. Betreibt man die LED jedoch bei sehr hoher Junction-Temperatur, dann kann die Lebensdauer auch extrem kurz sein, z. B. wenige Sekunden. Neben dem LED-Chip können jedoch noch zahlreiche Bauteile, die zur Steuerung und zum Betrieb nötig sind, defekt gehen und zum Ausfall der LED führen, obwohl diese noch funktionsfähig wäre.

LEDs produzieren keine UV- bzw. IR-Strahlung

Die von LEDs erzeugte Strahlung ist immer sehr schmalbandig. Die für die Allgemeinbeleuchtung eingesetzten blauen LEDs vom Typ InGaN haben z. B. ihre Peakwellenlänge bei ca. 450 – 460 nm. Da die spektrale Verteilung auf beiden Seiten stark abfällt, ist quasi keine ultraviolette und erst recht keine infrarote Strahlung vorhanden. Jedoch sind am Markt ebenfalls UV- und IR-LEDs erhältlich.

LEDs sind für alle Bereiche hervorragend geeignet

LEDs eignen sich für viele Anwendungsbereiche ganz hervorragend. Jedoch sind manche Umgebungsbedingungen und bestimmte Applikationen ganz und gar nicht für das Leuchtmittel LED prädestiniert, z. B. sehr hohe Temperaturen oder sehr hohe Leistungsdichten.

LEDs werden nicht warm

Diese Aussage galt in der Vergangenheit (und gilt immer noch) für LEDs mit geringen Leistungen, bzw. geringen Leistungsdichten. Dies gilt übrigens für alle anderen Leuchtmittel in gleicher Weise. Da die LEDs heute jedoch hohe Leistungen von etlichen W auf wenigen Quadratzentimetern erreichen, werden sie sehr heiß und müssen zwingend gekühlt werden. Die an der Kühlung beteiligten Komponenten sowie angrenzende Bauteile können sehr heiß werden.

LEDs sind winzig klein und lassen sich überall einbauen

Die LED-Chips sind in der Tat sehr klein. Solange aufgrund der Leistungsdichte keine besonderen Maßnahmen zur Kühlung ergriffen werden müssen, bietet die Industrie vielfältige Systeme, die man an nahezu alle Orte einbauen kann. Sobald die Leistungsdichte jedoch steigt, nehmen die zur Kühlung nötigen Komponenten einen erheblichen Raum ein.

LEDs erzeugen ein dem Sonnenlicht ähnliches Licht

Vergleicht man die Lichtfarbe zwischen Sonne und einer 5 800 K LED, dann können sie sich tatsächlich ähnlich sein. Betrachtet man jedoch das gesamte Spektrum und vergleicht die Farbwiedergabeeigenschaften, dann unterscheiden sich die beiden Lichtquellen ganz erheblich.



LED-Stripes kommen, aufgrund ihrer Konstruktion und Leistungsdichte, ohne Kühlung aus (Foto: Osram)

Konventionelle Lampen kann man 1:1 gegen LED Retrofits austauschen

Der Markt bietet für so gut wie jeden konventionellen Lampensockel, z. B. für E14, E27, GU10, GY6,35, GU4, GU5.3, G5, G13, um nur die wichtigsten zu nennen, eine LED-Variante an. Allerdings kann dies zu erheblichen Problemen führen, von der Absenkung des Beleuchtungsniveaus aufgrund eines geringeren Lichtstroms bis hin zum Erlöschen der Produkthaftung des Leuchtenherstellers, in dessen Leuchte das Retrofit eingebaut wurde. In vielen Fällen ist deshalb trotz geometrischer Kompatibilität des Sockels von einem Austausch abzuraten.

LEDs mit derselben Farbtemperatur sehen immer gleich aus

Diese Aussage trifft leider – mit Ausnahme von Glühlampen – auf keine technische Lichtquelle zu. Die Farbtemperatur, gemeint ist eigentlich die „ähnlichste Farbtemperatur“, ist keine präzise Angabe einer Lichtfarbe. Insbesondere die Leuchtstoff konvertieren weißen LEDs unterliegen großen Fertigungsschwankungen und es bedarf großer Anstrengungen beim nachgelagerten Selektionsverfahren (> Binning), halbwegs gleiche Lichtfarben auszufiltern. Je nach Qualität der Sortierung sehen dann die Lichtfarben von LEDs gleich aus oder eben nicht. Die alterungsbedingten Einflüsse kommen dann noch dazu und sorgen in vielen Fällen für sichtbare Farbunterschiede.

LEDs sind blendfrei

Ob eine Lichtquelle blendet oder nicht ist eine komplexe Fragestellung, die anhand zahlreicher Parameter untersucht werden muss, z. B. der Leuchtdichte der Lichtquelle, der Leuchtdichte der Umgebung, etc. Das Licht von LEDs lässt sich aufgrund ihrer Kompaktheit sehr gut kontrollieren und dementsprechend lassen sich die Leuchten auch sehr gut entblenden. Andererseits sorgt die hohe Leuchtdichte der LED-Chips beim direkten Einblick für eine Herabsetzung der Sehleistung, also Blendung.

LED-Beleuchtung muss man mit speziellen Empfängern messen

Mit einem gut an die spektrale Hellempfindung des Menschen (V Lambda) angepassten Fotometer kann jede beliebige Lichtquelle gemessen werden, auch alle LED-Lichtquellen. Anbietern, die dennoch angeblich speziell auf LED-Lichtquellen angepasste Messgeräte bewerben, sollte man kritisch gegenüber stehen.

LED-Beleuchtung kann durch ihr Flimmern Kopfschmerzen, Unwohlsein und Schlafstörungen auslösen

Als Flimmern bezeichnet man das schnelle periodische Erhellen und Abdunkeln einer Lichtquelle. Alle Lampen, die nicht mit Gleichspannung betrieben werden, flimmern. Aufgrund der hohen Betriebsfrequenz ist dieses Flimmern vom menschlichen Auge jedoch nicht wahrnehmbar. Das Auge kann nämlich eine Bild- oder Lichtblitzfolge, oberhalb eines Bereichs zwischen 15...80 Hz (je nach Leuchtdichte, Rezeptortypen auf der Netzhaut, individuelle Empfindlichkeit) nicht mehr wahrnehmen, die einzelnen Helligkeitsreize verschmelzen zu einem durchgehenden. Diese Grenze wird auch Flimmerverschmelzungsfrequenz (FVF) genannt. Die Frage, inwieweit nicht sichtbares Flimmern von künstlichen Lichtquellen zu einer gesundheitlichen Beeinträchtigung führt, wird kontrovers diskutiert. Unstrittig dabei ist, dass Frequenzen knapp oberhalb der FVF kritischer zu bewerten sind, als sehr hohe Frequenzen, z. B. im Kilohertzbereich.

LEDs flimmern im Dimmbetrieb

Ungeachtet der Flimmerproblematik im nicht sichtbaren Bereich, ist sichtbares Flimmern oder gar Takten in jedem Fall inakzeptabel und stellt neben möglichen gesundheitlichen Risiken eine enorme Beeinträchtigung des Sehkomforts und der Sehleistung dar. Da LEDs häufig mit der Puls-Weiten-Modulation (PWM) betrieben werden, besteht bei zu geringer Betriebsfrequenz die Gefahr des Flimmerns, insbesondere im peripheren Bereich der Netzhaut.

5. Glossar

- **Ähnlichste Farbtemperatur**
Lichtfarbe einer beliebigen Weißlichtquelle die der Lichtfarbe eines Temperaturstrahlers ähnelt.
- **Binning**
Industriell eingesetztes Selektionsverfahren, bei dem LEDs in gleiche Farb-, oder Lichtstromklassen eingeteilt werden.
- **Farbtemperatur**
Die Körpertemperatur eines Temperaturstrahlers, welche zur Beschreibung seiner Lichtfarbe dient. Einheit: Kelvin (K). Je geringer der Zahlenwert, umso rötlicher, je höher der Zahlenwert umso bläulicher ist die Lichtfarbe.
- **Farbwiedergabeindex**
Der allgemeine Farbwiedergabeindex Ra ist eine dimensionslose Kennzahl, welche die Qualität einer Weißlichtquelle hinsichtlich ihrer Ähnlichkeit bei den Remissionspektren von definierten 8 Testfarben (> DIN 6169) zu einer Referenzlichtquelle beschreibt.
- **Kollimator**
Ein optisches Bauteil, welches das diffuse, von LEDs abgestrahlte Licht parallelisiert
- **Lichtausbeute**
Das Verhältnis von abgestrahlter Lichtleistung zu aufgenommener elektrischer Leistung, Einheit: lm/W. Dieses Verhältnis kann für die Lampe (Lampenlichtausbeute), die Lampe mit Betriebsgerät (Systemlichtausbeute) und die komplette Leuchte (Leuchtenlichtausbeute) gebildet werden.
- **MacAdam Ellipse**
Farbraum, dargestellt im CIE (1931) Farbraum, innerhalb dessen keine sichtbare Farbabweichung zu einem Referenz-Farbort auftritt.
- **Peakwellenlänge**
Die Wellenlänge, bei der das Strahlungsmaximum einer Lichtquelle liegt
- **Wartungsfaktor**
Zahlenwert zwischen 0 und 1, der das Verhältnis vom Neuwert einer fotometrischen Planungsgröße (z. B. der Beleuchtungsstärke) zu einem Wartungswert nach einer bestimmten Zeit beschreibt. Er berücksichtigt die Verschmutzung von Leuchten und Räumen, sowie den Lichtstromrückgang und den Ausfall von Lichtquellen.



Das **tab Fachforum Brandschutz** informiert Sie über die neuesten Entwicklungen und Trends rund um den Brandschutz in der TGA Planung. Das **tab Fachforum** ist der ideale Ort, um sich mit Experten auszutauschen und einen Blick auf die Innovationen der Branche zu werfen.

Freuen Sie sich auf folgende Themen:

Einsatzmöglichkeiten von Differenzdruckanlagen • Rauch- und Wärmeabzugsanlagen •
Moderne Brandmeldetechnik • Brandabschottung in Schächten • Normkonforme Druck-
erhöhungsanlagen

BS BRAND
SCHUTZ


Das Fachmedium der TGA-Branche



04. Juni 2014 **Stuttgart**

24. Juni 2014 **Frankfurt**

17. Juni 2014 **Hamburg**

26. Juni 2014 **Köln**

Jetzt anmelden unter: www.tab.de/fachforum

INDUSTRIEPARTNER



AUSSTELLUNGS-
PARTNER







Starkes Stück Energiebunker in Hamburg

Die Lichtlösungen von ERCO setzen klare Akzente: Fluter und Spots sorgen für eine spannungsvolle Beleuchtung an der Fassade und im Innenraum des Energiebunkers in Hamburg-Wilhelmsburg.





Kleine Scheinwerfer illuminieren dezent den 30 m hohen Innenraum des Bunkers (rechts), so richtet sich der Fokus des Besuchers auf den eindrucksvollen Innenraum. Der Wassertank, das Herzstück des Energiebunkers, wird durch die Lichtkegel in Szene gesetzt (links)

Der Energiebunker Hamburg-Wilhelmsburg umfasst mehr als nur die Sanierung eines Denkmals. Mit seiner monumentalen Betonfassade prägt der ehemalige Flakbunker aus dem Zweiten Weltkrieg das Stadtbild von Hamburg-Wilhelmsburg. Mitten im Wohngebiet gelegen, wurde dieses 42 m hohe Mahnmal durch seine neue Erschließung der Öffentlichkeit zugänglich gemacht. Neben einem Café in dreißig Metern Höhe sind auch die Technikkathedrale, alte Gefechtsbettungen und die umlaufende Kragplatte den Besuchern geöffnet, die von hier aus einen Rundblick über Wilhelmsburg, den Hafen und die Elbe genießen können. Dabei wurde darauf geachtet, dass die historische Bedeutung des Bunkers dem Besucher vermittelt wird. Dezentral im Gebäude angeordnete „Ausstellungswürfel“ informieren und machen das Gebäude und dessen Geschichte fassbar.

Ökologische Bedeutung

Im Rahmen der IBA aufwendig saniert, versorgt der Energiebunker zudem mit einem Kraftwerk für regenerative Energie das umliegende Wohnviertel mit etwa 800 Wohnungen mit sauberem Strom und ökologischer Wärme. Das Kernstück des Energiebunkers ist ein 2 Millionen Liter fassender Großpufferspeicher, der unter anderem durch die Solarthermie Anlage und Industrieabwärme gespeist wird. Hinzu kommt die Solare Hülle des Bunkers, die sich als Stahlkonstruktion von der Fassade des Daches und der Südseite absetzt. Mit rund 3000m² Fläche erzeugt sie Strom und Energie aus Sonnenenergie; ca. 3000 MWh Strom und 22500 MWh Wärme. Die ökologische Bedeutung lässt sich an einer Kennzahl sehr gut verdeutlichen: 95% Kohlendioxideinsparung gegenüber konventioneller Energieerzeugung.

Lichtlösung

Die Lichtlösungen von ERCO verleihen den rauen Innenräumen mit dem massiven Wassertank, der als Großpufferspeicher dient, eindrucksvolle Tiefenwirkung. Entstanden durch Sprengungen im Inneren kurz nach dem Krieg, erfüllt er nun einen sinnvollen Zweck. Die Betonfassade, mit neutralweißem Licht beleuchtet, kommt in der Dunkelheit besonders gut zum Ausdruck. Dabei sorgt der Fluter Grasshopper von ERCO für eine optimale Fernwirkung, die durch die dezente Illumination von unten zugleich sensibel auf das historische Erbe des Kriegsmahnmals eingeht. Die Beleuchtung ist bewusst keine Inszenierung von Licht als Kunstwerk, sondern unterstützt die historische und die gegenwärtige Bedeutung des Energiebunkers für den Stadtteil Hamburg-Wilhelmsburg.



Fotos: ERCO

In der Nacht lenken etliche Streifenlichter entlang der Fassade die Aufmerksamkeit der Passanten auf den ehemaligen Flakturm

Grasshopper:

Fluter (oval flood) mit 18 W LED, Spherolitlinse, 2250 lm, 4000 K (neutralweiß), 130° schwenkbar, 360° drehbar, IP 65

Grasshopper: Fluter (oval flood) mit 12 W LED, 1140 lm, 3000 K (Warmweiß)

Powercast: Fluter (oval flood) 18 W LED, Spherolitlinse, 6000 lm, 4000 K (neutralweiß), 90°schwenkbar, 360° drehbar, IP 65

Beamer:

Spot mit 48 W LED, Spherolitlinse, 6000 lm, 4000 K (neutralweiß), 130°schwenkbar, 240°drehbar



Grasshopper

Powercast



Beamer

Projektdaten

Architekt: HHS Planer + Architekten, Hamburg
Besondere Anforderungen an die Beleuchtung:

- historische Architektur unterstützen
- Energieeffizienz
- Zeitgenössische Nutzung widerspiegeln
- robuste Lichtwerkzeuge
- Produkte plus Bilder





Sanierung mit digitalem Licht In der Uniklinik Heidelberg ge- hört die Zukunft der LED

Konzentriertes Arbeiten an den OP-Tischen, Wohlbefinden in den Patientenzimmern – Beleuchtungen für Gesundheitsbauten sind anspruchsvoll. SSV Architekten entwarfen gemeinsam mit Fachplanern und TRILUX ein individuelles Lichtkonzept für die Universitätsklinik Heidelberg.





Beleuchtung für Operationssäle muss besondere Anforderungen erfüllen: Sie soll der Ermüdung der Augen vorbeugen und die Räume gleichmäßig ausleuchten – das wird in Heidelberg mit der Leuchte Fidesca PM LED erreicht

Fidesca PM LED

LED-System mit opalem, schlagzähem Diffuser, Lebensdauer 50 000 Stunden, LED-Degradation L80, LED-Mortalität B10. Farbwiedergabeindex Ra > 90. Lichtfarbe nw, Farbtemperatur 4000 K. Mit elektronischem Betriebsgerät, digital dimmbar (DALI)

Liventy Flat

Mit 4 LED-Panels zur gleichmäßig flächigen Ausleuchtung der opalen Abdeckwanne. Leuchtenlichtstrom bis 8600 lm, Anschlussleistung im Circadian-Betriebsmodus 47 W, Anschlussleistung im Maximal-Modus 94 W. Lichtausbeute der Leuchte 91 lm/W. Lichtfarbe variabel zwischen warmweiß (3000 K) und tageslichtweiß (6500 K). Farbwiedergabeindex Ra > 80, Spezifische Parameter zur Angabe LED-Lebensdauer: L80/B10, Lebensdauer 50 000 Betriebsstunden

Inperla

EN 12464-1 durch reduzierte Leuchtdichten L 1000 cd/m² für Ausstrahlungswinkel oberhalb 65° rundum. Blendungsbegrenzung LED System: Lichtstrom 2000 lm, Lichtfarbe nw, Farbtemperatur 4000 K oder Lichtfarbe ww, Farbtemperatur 3000 K



Die Leuchten Fidesca PM LED, Liventy Flat und Inperla (v.l.n.r.) von TRILUX ergeben gemeinsam ein stimmiges Lichtkonzept für die Universitätsklinik Heidelberg

Pro LED stehen die Zeichen am Universitätsklinikum Heidelberg. Zukünftig wird bei Neubauten und Sanierungsmaßnahmen verstärkt digitales Licht installiert – der Energieeffizienz wegen. In der Kopfklinik wurde jetzt ein Bauabschnitt komplett mit LED-Lichtpunkten von TRILUX ausgerüstet.

Im Rahmen der Totalsanierung der Mund-Zahn-Kiefer-Klinik, einem von insgesamt sieben Bereichen der Kopfklinik, wurde die Raumaufteilung neu geschnitten, um einen effizienten Behandlungsablauf zu gewährleisten. Decken, Wände, Böden, das Mobiliar und die technische Ausstattung wurden erneuert. Heute präsentiert sich der Bereich den Patienten und Mitarbeitern in einem hellen, gefälligen Ambiente, in dem die Fußbodenbeläge in Holzoptik und lindgrüne Farbakzente an den Wänden für eine freundliche Atmosphäre sorgen.

Ebenso zeitgemäß präsentiert sich die Beleuchtung. 200 LED-Lichtpunkte wurden neu installiert. Insgesamt sieben unterschiedliche TRILUX-Systeme wurden im gesamte Bauabschnitt verwendet. „Gegenüber der Altanlage können so 30% Energie eingespart werden. Gleichzeitig wurde die Beleuchtungsstärke deutlich erhöht“, erläutert Dieter Schwöbel, Market-Manager Licht und Gesundheit, die Vorteile der neuen Technologie.

Wert wurde von Auftraggeberseite auf die Einhaltung der DIN EN 12464 (Beleuchtung von Arbeitsstätten in Innenräumen) und der Arbeitsstättenrichtlinie (ASR 7.3) gelegt. „Hier ist man mit Produkten von Markenherstellern immer auf der sicheren Seite“, so Dieter Schwöbel. Eigentlich sei dies eine Selbstverständlichkeit, aber mit der LED-Technologie würden immer mehr Hersteller auf den Markt drängen, die keine Erfahrung mit professioneller Beleuchtung haben. Die Konsequenz: Als Anwender muss man wieder verstärkt auf das Qualitätskriterium „Normgerechtes Licht“ achten.

Über diese und andere Eigenschaften, die besonders im klinischen Alltag gefragt sind, verfügt die Fidesca PM LED. Die Reinraumleuchte wurde in der Mund-Zahn-Kiefer-Klinik in den Operationsräumen installiert. Dank unabhängig voneinander einstellbaren Spiegelreflektoren lässt sich die Fidesca-PM RV während der Inbetriebnahme optimal an jede Raumarchitektur anpassen, damit an jedem Arbeitsbereich

die benötigten Beleuchtungsstärken zur Verfügung stehen. Das beugt bei Personal einer Ermüdung der Augen vor.

Die Fidesca-Systeme, die vom Fraunhofer Institut ein Zertifikat für Reinraumtauglichkeit erhalten haben, sind für den Einsatz in kritischen OP- und Laborumgebungen optimal geeignet. Dank ihrer modernen LED-Technologie funktioniert die Fidesca zuverlässig. Ärgerliche Ausfallzeiten, die im medizinischen Umfeld schwerwiegende Folgen haben können, gehören der Vergangenheit an.

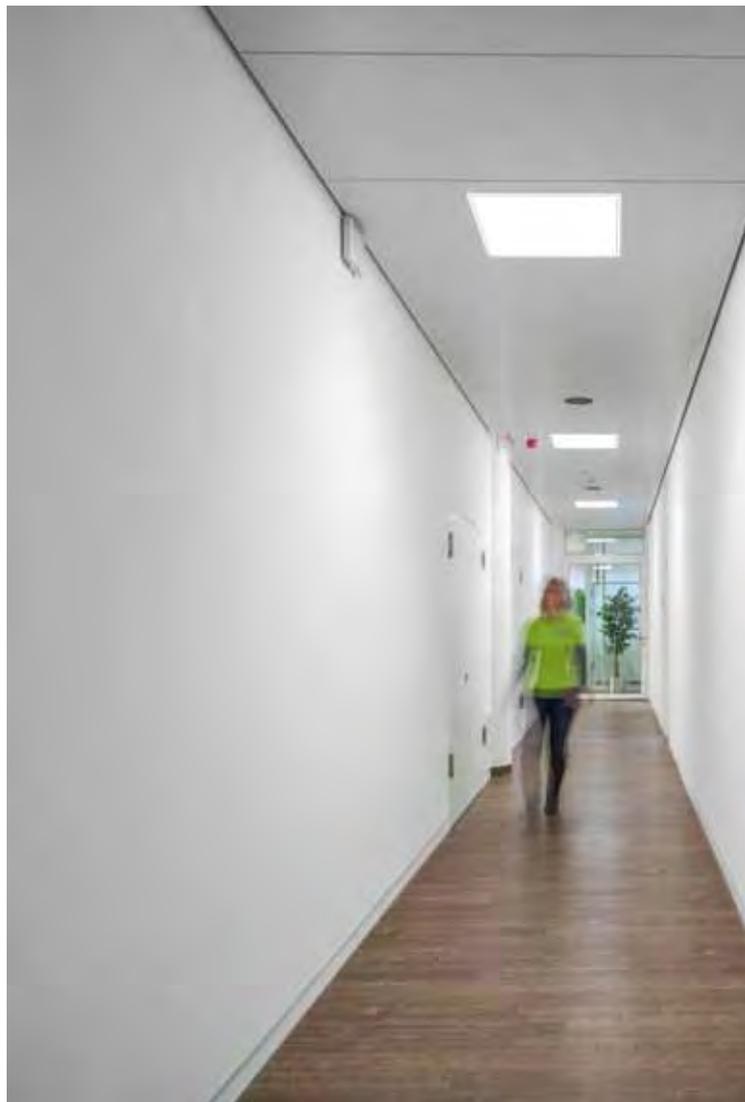
Die Systemdecken in dem neu gestalteten Klinikum wurden mit unterschiedlichen LED-Systemen ausgestattet. Die Belviso liefert blendfreies Licht, das besonders wichtig an Bildschirmarbeitsplätzen oder bei der Arbeit an den Monitoren der unterschiedlichsten medizinischen Geräte ist.

Durch den Einsatz hocheffizienter Mikroprismatik wird eine harmonische Lichtwirkung mit einem besonders weichen Licht erreicht, die für ein angenehmes Ambiente sorgt und für eine positive, motivierende Lichtstimmung steht. Neben ihrem hohen Beleuchtungskomfort bietet die LED-Leuchte mit bis zu 105lm/W auch höchste Energieeffizienz.

Die Liventy LED mit ihrem modernen Design findet sich in den medizinischen Überwachungsbereichen der Klinik wieder. Ob geschwungene oder flache Wannenform – die Liventy setzt durch den weichen Lichtaustritt, die verstellbaren Wannen und die optimale Ausleuchtung in modular aufgebauten Systemdecken Akzente. Die lange Lebensdauer und die nahezu komplette Wartungsfreiheit runden das Leistungsspektrum der Leuchte ab.

Dritte LED im Bunde ist die Einbauleuchte Inperla, die sich dank zahlreicher Ankleidungen in nahezu jede Art von Architektur optisch passend einfügen lässt. Ihr Hygieneplus: Der Reflektor verfügt über eine magnetische Fixierung, die eine einfache Reinigung ermöglicht. Die Inperla LED verteilt das Licht harmonisch.

In Heidelberg ist man von der LED-Technologie überzeugt. Denn die überragende Energieeffizienz und Umweltfreundlichkeit des digitalen Lichts spricht eine deutliche Sprache. Im Universitätsklinikum geht zukünftig an der LED kaum ein Weg vorbei.



Fotos: Boris Geiz



In den Systemdecken der Flure und der medizinischen Überwachungsräume verwenden die Planer mit Liventy LED eine besonders wartungsarme Leuchte

Projektdaten

Architekt: SSV Architekten, Heidelberg

Fachplaner: IEG Elektrotechnik, Heidelberg

Lichtausbeute der Leuchten:

Einbauleuchte Belviso 105 lm/W, Liventy LED 105 lm/W, Downlight Inperla 85 lm/W

Farbtemperaturen: durchgehend neutralweiß 4000K

Relevante Normen/Richtlinien für die

Planung des Projektes:

DIN EN 12464 „Beleuchtung von Arbeitsstätten in Innenräumen“; Arbeitsstättenrichtlinie (ASR 7.3)

Besondere Anforderungen an die Beleuchtung:

im OP Reinraumleuchte mit Farbwiedergabe Ra 90, LED Leuchten allgemein mit 50 000 Betriebsstunden (L80 B10)





Für die Zukunft geplant Energieerzeuger setzt auf moderne Lichttechnik

Für die neue Zentrale der illwerke vkw in der österreichischen Stadt Montafon im Vorarlberg plante das Architekturbüro Herman Kaufmann gemeinsam mit dem Lichtplaner Manfred Remm ein energieeffizientes Lichtkonzept, das künstliche und natürliche Beleuchtung gleichermaßen berücksichtigt.





Nach nur 18 Monaten Bauzeit wurde im Oktober 2013 das Illwerke Zentrum Montafon (IZM) in Vandans fertig gestellt. Hier werden nun die bis dahin an unterschiedlichen Standorten in der Region verteilten Unternehmensbereiche gebündelt.

Bevor die Entscheidung für den Neubau gefällt wurde, hatten die Illwerke vkw, die Strom ausschließlich aus Wasserkraft und erneuerbaren Energieträgern erzeugen, ihren vorhandenen Gebäudebestand aus den 1940er- bis 1970er-Jahren, geprüft. Diese Prüfung ergab, dass eine Sanierung auf den energietechnisch neuesten Stand betriebswirtschaftlich nicht rentabel gewesen wäre.

Das neue Gebäude sollte nachhaltige Standortfaktoren nutzen und mit ressourcenschonendem Materialeinsatz errichtet werden. Neben einem ausgeklügelten Energiekonzept sollten auch die 270 Mitarbeiter ein attraktives Arbeitsumfeld erhalten.

Mit 10 400 m² Nutzfläche entstand das aktuell größte Holzhybridgebäude Europas nach Entwürfen des Vorarlberger Architekten Hermann Kaufmann.

Das neue Büro- und Verwaltungsgebäude wurde als sogenanntes Green Building in Passivhausstandard errichtet, das die heutigen Möglichkeiten für eine energieeffiziente Bauweise nutzt. Aufgrund der innovativen modularen Holzbauweise konnte auch die Bauzeit deutlich verkürzt und daher auch die Kosten niedriger gehalten werden.

IZM-Projektleiter Markus Burtscher: „Durch die Verwendung des nachwachsenden Rohstoffs Holz ist der Ressourcenverbrauch im Vergleich zu konventionellen Bauweisen nachhaltig optimiert und die CO₂-Bilanz um über 90 % günstiger.“

Das mit einem DGNB-Zertifikat in Gold ausgezeichnete Gebäude, verliehen von der Österreichischen Gesellschaft für nachhaltige Immobilienwirtschaft, wird energieeffizient betrieben, die Nutzung der Abwärme aus dem Wasserkraftwerk und moderne Wärmepumpentechnologie sorgen unter anderem dafür, dass sich das IZM rechnet.



Lichtbandsystem TECTON (Technikräume)

Lichteinsatz T16 einflammig
Freistrahlend indirekt sowie direkt mit opaler Dekoroptik Slimline



LED-Lichtsystem MICROTOOLS (Teeküchen, Catering)

Lichtmodule mit feststehenden LED-Lichtköpfen zur Akzentbeleuchtung, Abstrahlcharakteristik Wideflood



Sonderlösung: LED-Lichtsystem SUPERSYSTEM (Erschließung)

Lichtträger aus Aluminium-Strangpressprofil, silber eloxiert
Diffusorabdeckung aus Acrylglas zur streuenden Lichtverteilung
LED Lichteinsatz mit Magnethalter
Vorschaltgerät Deckeneinwurf
Leuchte mit Farbtemperatur 4000 K bei Farbwiedergabe Ra > 80, Profillabmaße 40 mm x 57 mm



Beleuchtung

Selbstverständlich fügt sich auch das Beleuchtungskonzept in den vorgegebenen Rahmen ein. Neben der Nutzung des Tageslichts sorgt die künstliche Beleuchtung mit LEDs für einen geringeren Energieverbrauch. Sämtliche Leuchten sind an Tageslichtsensoren und Bewegungsmelder angeschlossen, so dass über die Gebäudetechnik optimale Lichtverhältnisse an den verschiedenen Arbeitsplätzen erzeugt werden.

Bis auf die konventionellen Leuchten im Untergeschoss sind alle Leuchten als LED-Version ausgeführt. Als Lichtlinien sind sie auf die unterschiedlichen Bereiche abgestimmt und betonen in ihrer Anordnung die Länge des Gebäudes.

Alle Arbeitsplätze sind an den beidseitig großzügigen Fensterflächen positioniert und gewährleisten damit eine bestmögliche Kombination aus Tages- und Kunstlicht. Die Ausführung der Decke als Heiz-Kühldecke erforderte Deckenleuchten, die entgegen ihrer flächenbündigen Erscheinung nicht als Einbau-, sondern als Anbauleuchten ausgeführt wurden. Ausgestattet mit einer Mikroprismenoptik und einem UGR-Wert von kleiner 19 sorgen sie für gleichmäßiges und blendfreies Licht am Arbeitsplatz. Darüber hinaus wurden die rund 1000 Leuchten in einer kundenspezifischen Abmessung von 100 x 1845 mm gefertigt und so angeordnet, dass eine flexible Aufteilung der Arbeitsplätze auch in Zukunft möglich ist.

In den Mittelzonen der Büros sind lineare Leuchten eingebaut, die in die vorgefertigten Architekturelemente passgenau integriert werden mussten. Sie erhellen die hier eingerichteten, meist in buntem Kontrast zur Holzoptik stehenden Kommunikations- oder Rückzugsplätze. Die 40 mm breiten LED-Lichtlinien greifen die Maße der abgehängten Eichenleisten auf und fügen sich so auf einigen Metern in das Deckenbild ein und betonen allein durch das Licht die Struktur des Deckenbildes.

Fotos: © Zumtobel, Fotos: Jens Ellensohn

Projektdaten

Bauherr: Vorarlberger Illwerke AG, Bregenz/A

Architekt: Hermann Kaufmann ZT GmbH, Schwarzach/A

Lichtplaner: Manfred Remm, Dornbirn/A

Elektroplaner: el Plan Elmar Lingg Elektroplanung, Schoppernau/A

Lichtausbeute der Leuchten: ca. 90 lm/W

Farbtemperaturen: 4000 K

Besondere Anforderungen an die Beleuchtung: Harmonische Integration der Leuchten in die Architektur; ein flexibles Lichtkonzept, das mögliche Änderungen in der zukünftigen Büroaufteilung zulässt; effiziente Leuchten: Daher sind diese mit einem Bewegungsmelder und Tageslichtsensoren gekoppelt





LED-Licht im Zentrum Der Hauptplatz in Landsberg am Lech

Nach der Umgestaltung des Hauptplatzes in Landsberg ist nicht nur ein neuer Aufenthaltsort für die Bewohner entstanden. Dank des Leuchtenkonzepts können sich Menschen auch bei Nacht auf dem Platz gut orientieren.





Bereits in der Wettbewerbsphase wurde der Beleuchtungsplanung besondere Aufmerksamkeit geschenkt: Aufgrund einer vor Ort Bemusterung wurden die Leuchten von WE-EF ausgewählt

Die Umgestaltung des Hauptplatzes in Landsberg hatte klar definierte Ziele: Der Platz sollte zum Treffpunkt werden. Er musste Raum für verschiedene öffentliche Nutzungen und Veranstaltungsszenarien bieten, den Markt- und Gewerbestandort Innenstadt stärken und er sollte nicht zuletzt wieder zu einem zentralen Ort der Identifikation mit der Stadt werden. Diese Anforderungen erfüllten die Landschaftsarchitekten und Stadtplaner Iohrer.hochrein mit ihrem Entwurf.

Anspruchsvolle Aufgaben für die Lichtplanung

Neben den Wünschen und Bedürfnissen von Anwohnern, Gewerbetreibenden und Passanten sah sich das Büro Day & Light Lichtplanung aufgrund der historischen Fassaden auch mit Anforderungen des Denkmalschutzes konfrontiert. Das schränkte die Wahl der Leuchtenstandorte ein.

Die Anpassung der Beleuchtungsanlage an die wenigen zur Verfügung stehenden Befestigungspunkte verlangte besondere Flexibilität auf dem Hauptplatz. Auf Wunsch der Stadt Landsberg sollten zur Beleuchtung der Gehwege entlang der Häuserfassaden Wandleuchten verwendet werden. Wechselnde Geschosshöhen, Friese, Markisen, Werbeanlagen und denkmalgeschützte Substanz machten es jedoch unmöglich, diese Vorgabe in allen Abschnitten umzusetzen. Alternativ wurden in einzelnen Bereichen gebäudenah Mastleuchten installiert. Angesichts des knappen Bauraumes existierten außerdem bereits in der Bestandssituation über der Straße abgehängte Seilleuchten.

Die Leuchtauswahl vor Ort

Um über die Ermittlung der lichttechnischen Leistung und Qualität und der Kosten hinaus auch aus gestalterischer Sicht den optimalen Leuchtentyp zu finden, erfolgte eine Bemusterung vor Ort. Dabei wurden Leuchten in historischer und in moderner Bauform, jeweils mit unterschiedlichen Lichttechniken, untersucht. Am Ende des Auswahlprozesses fiel die Entscheidung für die Wand- und Mastleuchten VFL530 LED und die Seilleuchte RFS540 LED von WE-EF.

Klare wirtschaftliche Vorteile sprachen für LED-Leuchten: Energieeinsparungen und geringe Wartungskosten. Durch die Möglichkeit der mehrstufigen Regelung kann der Lichtstrom bedarfsgerecht angepasst



VFL530 LED Mastleuchten mit [S65] Linsen

Mastleuchte LED-24/ 24W/ 3000 K, Schutzart IP 66. Mastleuchte mit 24 LED, Durchlassstrom 350mA, asymmetrisch seitlich gerichtete Lichtverteilung. Korrosionsbeständiger Aluminiumguss. LED-Module mit großzügig ausgelegten Kühlkörpern. CAD optimierte OLC® PMMA Linsen zur Lichtlenkung und Entblendung. PMMA Kunststoffabdeckung in RFC-Technologie, im Rahmen abklappbar. Maße: L x B x H = 470 x 330 x 114 mm.

VFL530 LED Leuchten (technische Info wie Mastleuchte) an Wandauslegern montiert

Wandausleger für VFL530-LED, Aluminium, 5CE Korrosionsschutz, PCS Beschichtete Edelstahlschrauben



Fotos: Frieder Blicke, Hamburg, für WE-EF

werden. Auf dem Hauptplatz in Landsberg reduzieren in die Leuchte eingebaute und ab Werk programmierte elektronische Dimmer Eco Step Dim Advanced das Niveau der Straßenbeleuchtung um 22.30 Uhr auf 75% und um 24.00 Uhr auf 50% des Ausgangswertes. Spezielle Versorgungs- und/oder Steuerleitungen sind dafür nicht notwendig.

Wand- und Mastleuchten säumen den Platz

Mast- und Wandleuchten erhellen die Gehwege und Fassaden gleichermaßen. Diese definierten Streiflichter auf den Häuserfronten helfen den Raum zu erfassen und geben Orientierung.

Dass die Wand- und Mastleuchten diese Doppelfunktion übernehmen können, verdanken sie ihren präzisen Linsenoptiken. Die VFL530 LED 24W Leuchten strahlen mit einer asymmetrisch seitlich gerichteten Lichtverteilung ab. Sie erzeugen damit aus etwa 5m Lichtpunkthöhe auf der Verkehrsfläche die notwendige Beleuchtungsstärke und Gleichmäßigkeit. Ein geringer Teil des Lichtstroms ist abwärts in den Raum, hinter dem Leuchtenkörper auf die Häuserfronten gerichtet; unerwünschtes Streulicht in die Fenster der Anlieger wird vermieden.

Die Farbwiedergabe der warmweißen LEDs mit 3000 K geht über die minimal erforderlichen Werte zur Verkehrssicherung hinaus und vermittelt einen realistischen Eindruck der farbigen Fassadenflächen.

Die Anordnung der Leuchten sorgt dafür, dass die Beleuchtungsstärke zur Platzmitte hin allmählich abnimmt. Mühelos kann eine Akzentbeleuchtung so den Marienbrunnen als wichtiges Wahrzeichen Landsbergs aus dem Bauensemble hervorheben.

Seilleuchten für die Straße

RFS540 LED 48 W Leuchten an Überspannseilen beleuchten die Fahrbahn. Zum großen Teil wurden die bereits vorhandenen Abspannungen weitergenutzt. Auch hier kommen warmweiße LEDs und eine asymmetrisch seitlich gerichtete Lichtverteilung zum Einsatz. Im Interesse einer klar ablesbaren Verkehrsführung begleitet ein am Fahrbahnrand in den Boden eingelassenes LED-Lichtband den Kurvenverlauf der Straße. Das Lichtband ist mit einer neutralweißen Lichtfarbe ausgestattet, was die gute Erkennbarkeit zusätzlich fördert.

RFS540 LED Seilleuchten mit [S65] Linsen

IP66: LED-48 /48 W /3000 K

Seilleuchte, mit 48 LED, Durchlassstrom 350mA. Asymmetrisch seitlich gerichtete Lichtverteilung. Korrosionsbeständiger Aluminiumguss. LED-Module mit großzügig ausgelegten Kühlkörpern. PMMA Linsen zur Lichtlenkung und Entblendung. Schlagfestigkeit IK09 (10 Joules). Maße: D x H = 570 x 81 mm



Projektdaten

Bauherr: Stadt Landsberg

Landschaftsarchitekten:

Iohrer.hochrein landschaftsarchitekten und stadtplaner GmbH, München

Lichtplanung:

Day & Light Lichtplanung GbR, München

Eingesetzte Leuchten:

LED-Wand-, Mast- und Seilleuchten für die Platz- und Straßenbeleuchtung:

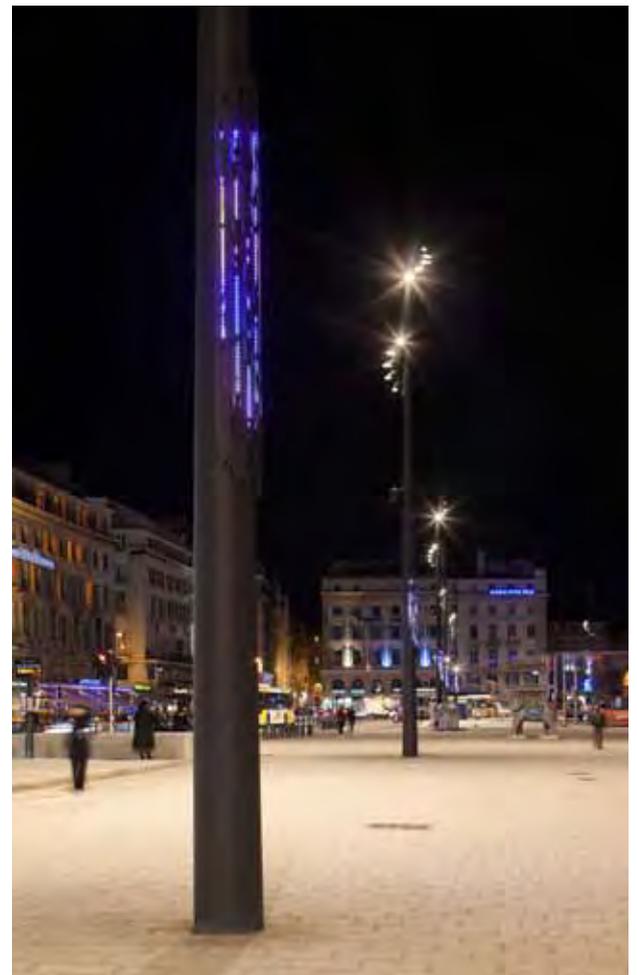
WE-EF LEUCHTEN, Bispingen

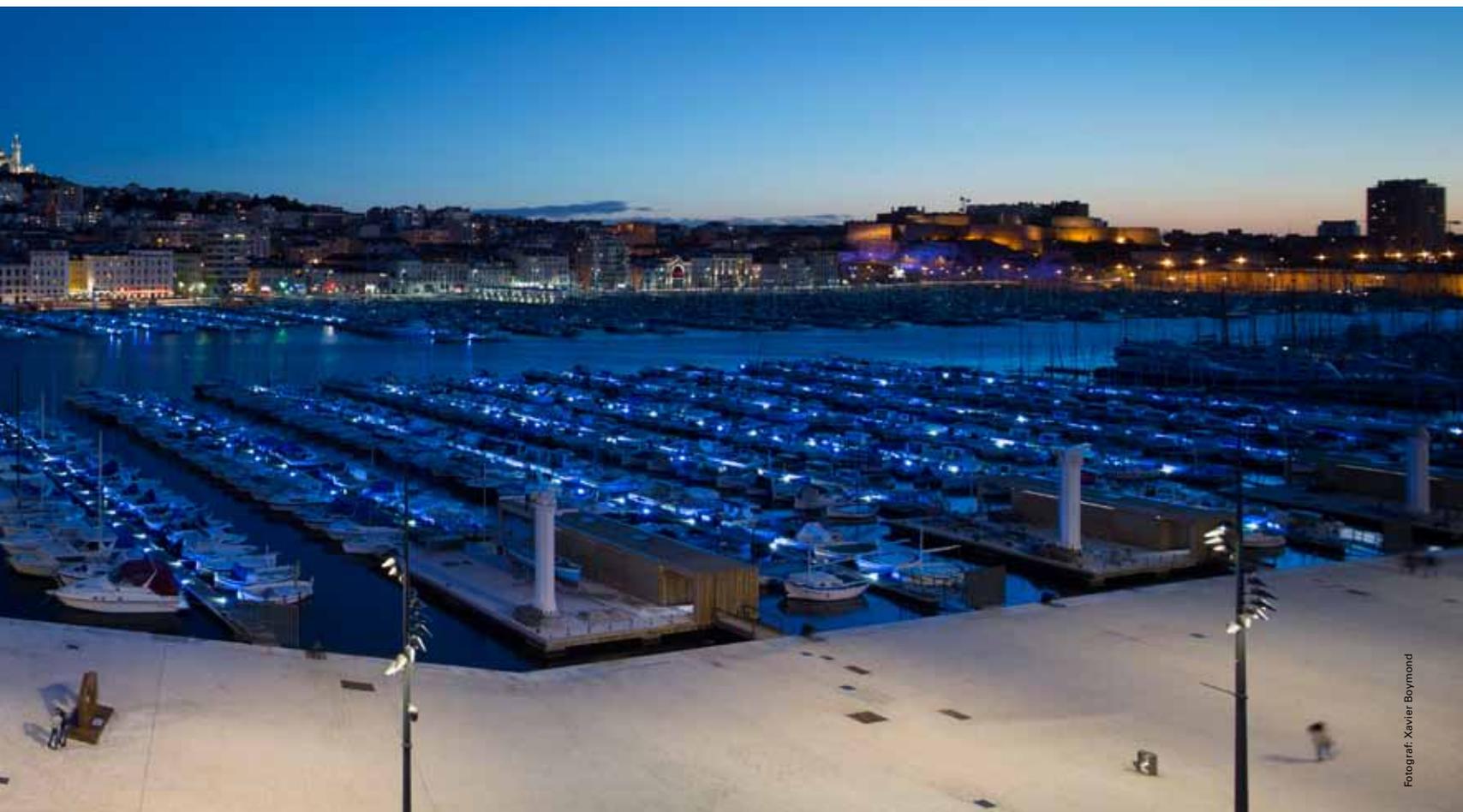
LED-Lichtband für den Fahrbahnrand: EOS, Nürnberg



Ort mit neuer Dimension Der alte Hafen von Marseille

Foster und Partner gemeinsam mit Tangram Architekten gestalteten das 100 000 m² große Areal am Hafen von Marseille neu. Überdimensional hohe Leuchtmasten mit LED-Skins von Selux verbinden dabei mit Lichteffekten die See mit der Stadt.





Fotograf: Xavier Raymond

Einen wesentlichen Bestandteil der Lichtinszenierung von Yann Kersalé bilden die 2,5 m hohen „LED Skins“: ultraflache, reflektierende Edelstahlgehäuse mit Laser-Cuts und RGB LED-Ausstattung

Als Europäische Kulturhauptstadt des Jahres 2013 hat Marseille rund 660 Millionen Euro für eine neue kulturelle Infrastruktur investiert und das Stadtbild nachhaltig verändert. Der Vieux Port, Herzstück der Stadt, wurde verkehrsberuhigt und zu einem Ort des Flanierens umgestaltet. Das Lichtkonzept stammt von Yann Kersalé; Selux hat dafür eine technisch aufwändige Lichtlösung entwickelt und umgesetzt.

Landschaftsplaner Michel Desvigne und die Teams von Foster und Partner sowie Tangram Architekten haben das 100 000 m² große Areal völlig neu gestaltet. Der einst hübsche Alte Hafen war zum Hauptverkehrsknotenpunkt mit vielspuriger Straße mutiert, an dem sich niemand gerne aufhalten wollte. Jetzt wurde die das Hafenbecken umgebende Straße zurückgebaut, die Quai-Straße in einen großen Platz für Fußgänger und Veranstaltungen verwandelt und ein großflächiges Sonnendach errichtet. „Eine Einladung an die Bewohner von Marseille, um den großartigen Ort wieder für Veranstaltungen, Märkte und Feste zu genießen“, beschreibt Spencer de Gray, Büroleiter bei Foster und Partner London, das Projekt.

Lichtkonzept

Das von Yann Kersalé entwickelte Lichtkonzept verleiht dem Ort eine neue Dimension. Siebzehn 16,5 m und acht 23,5 m hohe Olivio-Mastleuchten in Sonderausführung strukturieren den Raum und beleuchten zugleich die immens großen Quai-Flächen bis zur Wasserkante. Mit ihrer schlanken Formgebung wecken die überdimensionalen Pfeiler Assoziationen an die hohen Masten alter Segelschiffe. Die

Leuchten selbst sind mit 90 W oder 140 W Cosmopolis Lampen bestückt und in unterschiedlich großen Gruppen spiralförmig um den Mast angeordnet. Mit ihrer organisch anmutenden Formensprache bilden sie einen sanften Kontrast zur geometrischen Platzgestaltung.

Einen wesentlichen Bestandteil der Lichtinszenierung von Yann Kersalé bilden die 2,5 m hohen „LED Skins“: ultraflache, reflektierende Edelstahlgehäuse mit Laser-Cuts und RGB LED-Ausstattung. Ähnlich einer Baumrinde kleiden sie sich an die acht großen Masten im Zentrum des Hafens und bilden armorph anmutende LED-Screens für Video-Übertragungen, die von Yann Kersalé für diesen speziellen Ort kreiert wurden. In Abstimmung auf die Jahreszeit oder auch für bestimmte Anlässe gibt es verschiedene Videos. Dabei assoziieren die Transformationen von fließendem Wasser und Lichteffekten die Verbindung von See und Stadt – und reflektieren so die jahrtausendlange Geschichte der Bürger von Marseille und ihrer Beziehung zum Mittelmeer.

Projektdate

Bauherr: MPM Marseille Provence Métropole
Architekt: Foster und Partners und Tangram Architekten
Landschaftsarchitekt: Michel Desvigne
Lichtdesigner: Yann Kersalé – AIK
Elektrotechnik: Ingérop Conseil et Ingénierie
Elektroinstallation: Citeos / Cegelec



Fotos: Zumtobel

Zukunftsfähig

Das aus drei vernetzten Gebäuden bestehende Vodafone Village schafft es durch den intelligenten Einsatz von Ressourcen, die Umweltbelastung von mehr als 3000 Arbeitsplätzen um die Hälfte zu reduzieren. Ein LEED-Silber-Zertifikat unterstreicht das ehrgeizige Vorhaben der Architekten Dante O. Benini & Partners, das auch von den beteiligten Partnern Höchstleistungen forderte. Auf über 67000 m² setzte Zumtobel eine vielseitige Lichtlösung um, die sowohl Energie spart und den Wartungsaufwand minimiert als auch den hohen Ansprüchen im Hinblick auf Ästhetik und Lichtqualität gerecht wird. Dabei werden unterschiedlichste Beleuchtungsaufgaben erfüllt: Im Foyer, Auditorium und in der Skybar wird die Architektur gekonnt in Szene gesetzt, während in den Büros die Voraussetzungen für die verschiedenen Sehaufgaben geschaffen werden. Die Lichtlösung enthält neben Standardleuchten zahlreiche Sonderanfertigungen. In den Büros wurde Milde Licht 4 EC, Slotlight, Panos Fluo, Panos Q Fluo, Comsign Puresign (Rettungsleuchte) eingesetzt. Die Betonung der Warthallen und der transparenten Treppenhausbeleuchtung mit integrierter Notbeleuchtung erfolgte über Lyon LED. Die Rezeption wurde mit Cardan LED in doppelter Ausfertigung bedarfsgerecht ausgestattet.

Zumtobel Lighting GmbH
 A- 850 Dornbirn
 Tel.: +43 (0) 5572 390-0
 info@zumtobel.info
 www.zumtobel.com

Funktional und dennoch einladend, so präsentiert sich die Vodafone Village in Mailand. Die Beleuchtung trägt dazu bei, dass das Gebäude auch energieeffizient auf der Höhe der Zeit ist und mit einem LEED-Silber-Zertifikat bedacht wurde

Powered by



DA GEHT DOCH WAS.

BEI XPERTIO FINDEN ARCHITEKTEN UND HANDWERKSUNTERNEHMEN ZUSAMMEN: DEUTSCHLANDS GRÖSSTES PORTAL FÜR BAUREFERENZEN ZEIGT, WER WAS WO KANN.

Einfach, direkt, effizient: Präsentieren Sie Ihr Handwerks- oder Baufachunternehmen in einem professionellen Onlinenetzwerk. Mit allen individuellen Kompetenzen, Erfahrungen und erfolgreichen Projekten. Und mit Chancen auf neue Aufträge nach Ihrem Geschmack – lokal, regional oder bundesweit.

Jetzt anmelden und gefunden werden auf

www.xpertio.net



xpertio

DAS NETZWERK DER BAUEXPERTEN



Fotos: Hess

Virtuoses Spiel mit Licht

Mit seiner ausgefallenen Fassade aus Glas und Naturstein setzt der neue Unternehmenssitz der Testo AG bei Titisee im Schwarzwald markante optische Akzente. Im Mittelpunkt der Beleuchtungsanforderungen stand eine atmosphärische, normgerechte und energieeffiziente Beleuchtung des vor dem Gebäude liegenden Parkplatzes. Lichtdesigner Bernhard Mahler vom Konstanzer Büro Stromlinie Lichtdesign hat die Anforderungen in den multifunktionalen Säulenleuchten CITY ELEMENTS von Hess gebündelt. „Durch die CITY ELEMENTS konnten wir die Beleuchtung der großen Parkfläche mit wenigen Leuchten abdecken. Ihre zurückhaltende Form konkurriert nicht mit dem Gebäude, sondern steht damit im Einklang. Die Lichtstelen ein ideales Werkzeug, um eine Vielzahl an Anforderungen bewerkstelligen zu können“, sagt der Experte.

Die 6 m hohen Leuchten verfügen im Abschluss- und Mittelelement über drei seitliche Lichtaustritte, die alle zum Parkgelände hin ausgerichtet sind. LED-Strahler in der mittleren Einheit erzeugen auf dem Platz zusätzliche Lichtinseln, die den Eindruck vermitteln, über einen Lichtteppich zu laufen. Das verleiht dem Parkplatz eine sehr positive und sicherheitsfördernde Ausstrahlung.

Hess GmbH Licht + Form
78050 Villingen-Schwenningen
Tel.: 07721 920 0
hess@hess.eu
www.hess.eu

Minimalistische Form – maximale Funktionalität. Das Leuchtensystem von Hess ermöglicht projektspezifische Lösungen für unterschiedliche Beleuchtungsanforderungen



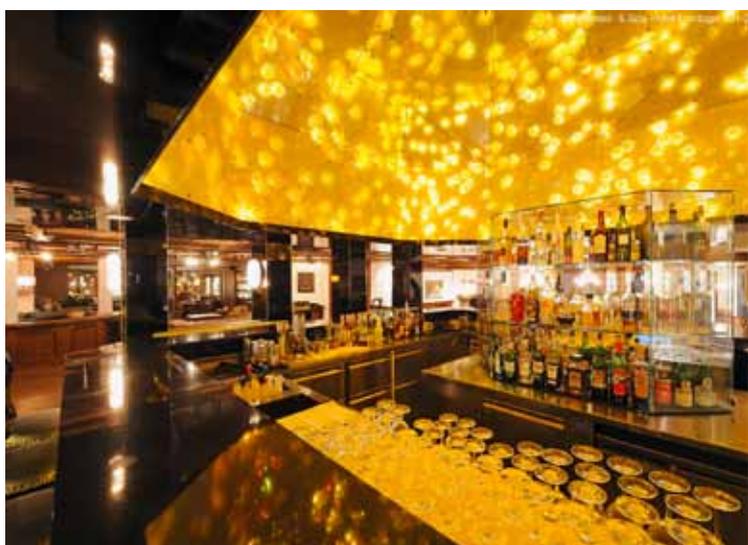
Fotos: Brigidia Gonzalez

Schwebend hell

Der Erweiterungsbau der WTO am Genfer See steht auf einem zurückspringenden verglasten Sockelgeschoss, dessen Licht es optisch vom Boden absetzt. Das Gebäude wurde vom Stuttgarter Architekturbüro Wittfoht geplant und ist durch eine gläserne Fußgängerbrücke mit dem Hauptgebäude aus dem Jahr 1926 verbunden. Der Neubau mit seinen 300 Arbeitsplätzen entspricht als erstes Gebäude mit Ganzglasfassade dem Schweizer Energiestandard Minergie-P. Auch die Beleuchtung trägt dazu bei, dass das Gebäude energieeffizient ist. 447 Decken-, Wand-, Pendel- und Stehleuchten, die ausschließlich mit LED ausgestattet sind, führen dazu, dass hier nach Angaben von Nimbus im Vergleich zu herkömmlichen Leuchten bis zu 80% weniger Energie verbraucht wird. Bei den 165 im Gebäude aufgestellten Office Air LED Stehleuchten mit Präsenz- und Tageslichtsteuerung (PDLS) liegt die Energieeinsparung bei 80% im Vergleich zu konventionellen Arbeitsplatzleuchten. Der Standby-Verbrauch beträgt sogar weniger als 0,5 W und unterschreitet damit die geltende Ökodesign-Richtlinie. Die Präsenz- und Tageslichtsteuerung bewirkt, dass sich der Verbrauch noch weiter senken lässt: Der eingebaute Tageslichtsensor ermittelt laufend das Umgebungslicht und regelt kontinuierlich nach, sodass ein konstantes Helligkeitsniveau erreicht wird.

Nimbus Group GmbH
70469 Stuttgart
Tel.: 0711 63301420
www.nimbus-group.com

Die LED-Beleuchtung des WTO-Gebäudes trägt auch dazu bei, dass das Gebäude mit dem Schweizer Energiestandard Minergie-P ausgezeichnet wurde. Im Vergleich zu konventioneller Technologie verbrauchen die installierten LED-Leuchten bis zu 80% weniger Energie



Funkelnde Kristalle

Das Hotel Ermitage steht seit 1955 in Gstaad und wurde zunächst als Golfhotel betrieben. Im Laufe der Zeit wurde es den modernen Erfordernissen angepasst, es kamen ausgedehnte Wellnessbereiche hinzu und auch das gastronomische Angebot wurde erweitert.

Seit kurzem können sich die anspruchsvollen Gäste in der Bar „One Million Stars“ entspannen. Für diesen Namen waren die funkelnden Swarovski-Honeycomb-Elemente ausschlaggebend, die dort eingesetzt sind. Die Kuppel über der Bar wurde aus einzelnen Elementen zusammengesetzt, welche die Facetten eines Kristalls darstellen. Der Gast hat somit den Eindruck unter einem riesigen Kristall zu verweilen. Der Barkeeper kann aus einer Vielzahl von Lichtszenen wählen, um für jede Stimmung das geeignete Ambiente zu schaffen. So kann zum Beispiel für einen ruhigen Abend die Honeycomb Kuppel in ein sanftes Blau getaucht werden, für die richtige Partystimmung sorgen schnelle Farbwechsel. Honeycomb Paneele direkt an der Sitzfront der Bar verstärken die Wirkung, auch hier kann aus einer Vielzahl von Lichtstimmungen gewählt werden. Funkelnde Kristalle, welche die Sterne am Nachthimmel darstellen, setzen den Gast immer wieder in Erstaunen.

Swarovski International Distribution AG
Swarovski Lighting
 FL-9495 Triesen
 Tel.: +423 (0)399 5656
lighting.europe@swarovski.com

Ca. 1 Million Kristallperlen werden durch 600 RGBW LED's beleuchtet. Durch Linsen werden die Lichtstrahlen exakt auf die Kristallperlen gelenkt und in die Spektralfarben zerlegt, dadurch wird eine maximale Brillanz erzielt. Dieser Effekt wird durch an der Rückseite angebrachte Spiegel nochmals verstärkt

Fotos: Swarovski



Fotos: Megaman

Leuchten mit LED-Modulen in der Shopbeleuchtung

Leuchten mit austauschbaren LED-Modulen haben den Vorteil, dass sie ohne Aufwand wartungsfähig und nachrüstbar sind. Das erhöht ihre Nutzungsdauer. Der Leuchtmittelspezialist MEGAMAN hat mit seiner Tecoh-Serie LED-Module im Programm, die bis zu 5100 lm bei einer Leistung von 65 W liefern und als Ersatz für Halogen-Metall-dampflampen (HIT) bis ca. 70 W empfohlen werden. Lichtstarke LED-Module sind besonders in der Shopbeleuchtung vielseitig einsetzbar. 2013 wurde in Mexiko mit der Installation von mehr als 13000 MEGAMAN Tecoh LED-Modulen beim landesweit größten Warenhauskonzern Liverpool begonnen. Ein großer Teil der LED-Systeme wird in 32 neu eingerichteten Shop-in-Shops des US-amerikanischen Modelabels Aeropostale eingesetzt. Die LED-Module werden in Schienenstrahlern des britischen Leuchtenanbieters Paviom verwendet. Die Entscheidung der Liverpool-Hausarchitekten für die LED-Reflektoren fiel aufgrund eines Muster-Shops, bei der die Halbleiter im direkten Vergleich zu HIT-Lampen überzeugten. Nach Installation aller 13 000 LED-Leuchten soll die Warenhauskette Energiekosten von ungerechnet rund 102 500 Euro pro Jahr einsparen.

Mit der Installation von insgesamt 13 000 LED-Modulen spart die Warenhauskette Liverpool im Jahr etwa 102 500 Euro an Energiekosten. Die LEDs setzten sich in einer Bemusterung gegen HIT-Lampen durch, da ihre Lichtqualität und die geringe Wärmeabgabe als überlegen eingestuft wurden

www.bauverlag.de

Leitfaden LED ist ein Sonderheft der Zeitschrift DBZ in Zusammenarbeit mit dem DIAL Deutsches Institut für angewandte Lichttechnik, Lüdenscheid

Chefredaktion:

Dipl.-Ing. Burkhard Fröhlich
Telefon: +49 5241 80-2111
E-Mail: burkhard.froehlich@bauverlag.de
(verantwortlich für den redaktionellen Inhalt)

Redaktion: Dipl.-Ing. Beate Bellmann

Telefon: +49 5241 80-2857
E-Mail: beate.bellmann@bauverlag.de

Redaktionsbüro:

Stefanie van Merwyk
Telefon: +49 5241 80-2125
E-Mail: stefanie.vanmerwyk@bauverlag.de

Korrespondenten:

USA: Frank F. Drewes, San Francisco
Italien: Clemens F. Kusch, Venedig
Simonetta Carbonaro, Arezzo
Spanien: Duccio Malagamba, Barcelona
Schweiz: Lore Kelly, Zürich
Großbritannien: Jochen Wittmann, Oxford

Anzeigenleiter:

Andreas Kirchgessner
Telefon: +49 5241 80-2322
E-Mail: andreas.kirchgessner@bauverlag.de
(Verantwortlich für den Anzeigenteil/Responsible for advertisements)

Gültig ist die Anzeigenpreisliste Nr. 11

vom 1.10.2013

Advertisement Price List No. 11 dated

1.10.2013 is currently valid

Layout:

Nicole Bischof, Kristin Nierodzik, Jutta Parntzke, Kerstin Berken, Anja Limberg

Auslandsvertretungen:

Frankreich:
International Media Press-&Marketing,
Marc Jouanny
Telefon: + 33 143 553397,
Telefax: + 33 143 556183
Mobil: + 33 608 975057
E-Mail: marc-jouanny@wanadoo.fr

Italien:

CoMediA srl.,
Vittorio C. Garofalo
Piazza Matteotti 17/5, 16043 Chiavari
Telefon: + 39 0185 590143
Mobil: + 39 335 346932
E-Mail: vittorio@comediasre.it

Geschäftsführer:

Karl-Heinz Müller
Telefon: +49 5241 80-2476

Verlagsleiter Anzeigen und Vertrieb:

Reinhard Brummel
Telefon: +49 5241 80-2513

Leiter Herstellung:

Olaf Wendenburg
Telefon: +49 5241 80-2186

Marketing und Vertrieb:

Michael Osterkamp
Telefon: +49 5241 80-2167

Leserservice + Abonnements:

Abonnements können direkt beim Verlag oder bei jeder Buchhandlung bestellt werden.

Bauverlag BV GmbH,

Postfach 120,
33311 Gütersloh,
Deutschland
Der Leserservice ist von Montag bis Freitag persönlich erreichbar von 9.00 bis 12.00 Uhr und 13.00 bis 17.00 Uhr (freitags bis 16.00 Uhr).
Telefon: + 49 5241 8090884,
E-mail: leserservice@bauverlag.de
Fax.: + 49 5241 80690880

Bezugspreise und -zeit

DBZ erscheint mit 12 Ausgaben pro Jahr.
Jahresabonnement (inklusive Versandkosten):

Inland € 181,00
Studenten € 90,00
Ausland € 189,00 die Lieferung per Luftpost erfolgt mit Zuschlag

Einzelheft € 21,00
(zuzüglich Versandkosten)
Kombipreis DBZ/Bauwelt € 357,20

Ein Abonnement gilt für ein Jahr und verlängert sich danach jeweils um ein weiteres Jahr, wenn es nicht schriftlich mit einer Frist von drei Monaten zum Ende des Bezugszeitraums gekündigt wird.

Veröffentlichungen

Zum Abdruck angenommene Beiträge und Abbildungen gehen im Rahmen der gesetzlichen Bestimmungen in das alleinige Veröffentlichungs- und Verarbeitungsrecht des Verlages über. Überarbeitungen und Kürzungen liegen im Ermessen des Verlages. Für unaufgefordert eingereichte Beiträge übernehmen Verlag und Redaktion keine Gewähr. Die inhaltliche Verantwortung mit Namen gekennzeichnete Beiträge übernimmt der Verfasser. Honorare für Veröffentlichungen werden nur an den Inhaber der Rechte gezahlt. Die Zeitschrift und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt. Mit Ausnahme der gesetzlich zugelassenen Fälle ist eine Verwertung oder Vervielfältigung ohne Zustimmung des Verlages strafbar. Das gilt auch für das Erfassen und Übertragen in Form von Daten.



bau | | verlagshop

Fachzeitschriften | eMagazines
Newsletter | Bücher
einfach. online. bestellen.



www.bauverlag-shop.de