licht.de

licht.wissen 17

LED: Das Licht der Zukunft

Freier Download auf
www.licht.de

01

Editorial

Die LED bringt das Licht der Zukunft – sie ist allen anderen Optionen überlegen. Ihre vielfältigen Einsatzmöglichkeiten, ihre Flexibilität bezüglich Form und dynamischer Farbe, ihre herausragende Effizienz und Langlebigkeit machen sie zu dem Beleuchtungstool der Zukunft.

Innen wie außen, in Büros, Foyers, in Haus und Heim, an Fassaden, Textilien, Straßen und im Automobil finden LEDs ihren Platz und sorgen für eine neue Qualität der Beleuchtung. Die jederzeit mögliche Anpassung der Farbe und der Temperatur des Lichts an Tageszeit und Anforderung macht das LED-Licht zum alltäglichen Werkzeug in Hotels und Shops, Museen und Theater, Industrie und Handwerk, am Arbeitsplatz. Ärzte nutzen das variable Licht zur Optimierung der unterschiedlichsten Untersuchungen, Konzerte und TV-Shows werden mit LEDs wirkungsvoll und farbenprächtig in Szene gesetzt, und sensible Waren können problemlos in dem infrarot- und UV-freien Licht präsentiert werden.

All diese faszinierenden Einsatzmöglichkeiten verbinden sich mit höchster Effizienz und Lebensdauer. Wer LEDs einsetzt, der setzt auf grüne Technik und schont sein Portemonnaie. Ohne Quecksilber, sparsam im Verbrauch und quasi wartungsfrei leistet jede LED einen Beitrag zum Umweltschutz. So können etwa 70 Prozent der Energie für Beleuchtung eingespart werden, wenn LEDs zusammen mit intelligentem Lichtmanagement die herkömmliche Beleuchtung ersetzen. Die damit einhergehende CO_2-Einsparung ist enorm und bietet allen Seiten Anlass, die Weiterentwicklung dieser Technik und deren Umsetzung in die Praxis massiv voranzutreiben.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert die LED-Technik in vielerlei Hinsicht im Rahmen der deutschen HighTech-Strategie: Neben grundlegenden Forschungsprojekten hat das BMBF die LED-Leitmarktinitiative ins Leben gerufen und den Wettbewerb „Kommunen im neuen Licht“ initiiert. Die Leitmarktinitiative, an der die wichtigsten Akteure der Beleuchtungsbranche beteiligt sind, soll die Partner zusammenbringen, die gemeinsam die Etablierung der LED in der Allgemeinbeleuchtung und die nötigen neuen Geschäftsmodelle voranbringen. Der Wettbewerb soll den Einsatz von LED stimulieren und zehn kommunale Demonstrationsprojekte auszeichnen.

Für die neue Technologie ist die Verbreitung von Informationen essenziell. Denn: Was der Mensch nicht kennt, kauft er nicht. Das vorliegende Heft leistet genau dazu einen wichtigen Beitrag. Es beleuchtet detailliert die einzigartigen Vorteile und Einsatzmöglichkeiten der LED, zeigt Gestaltungsspielräume auf und gibt Anregungen zur Verbesserung unseres „Lichtklimas“.

Das Spektrum wird abgerundet durch Beiträge zur Funktionsweise von LED, zur Steuerung und zu den technischen Einsatzmöglichkeiten, ergänzt um Beispiele aus der Praxis zur Nutzung der LED. Diese Einblicke in die neue Technologie erweitern die Sicht auf die Beleuchtungswelt und ebnen den Weg für neue, individuelle Ideen für das Licht der Zukunft.

Entdecken Sie mit diesem Heft neue Lichtwelten!

Andreas Kletschke
Regierungsdirektor
Bundesministerium für Bildung und Forschung

Inhalt

Einleitung	LED: Das Licht der Zukunft	06
LEDs in der Anwendung	Stadt und Straße	10
	Fassade und Werbung	12
	Büro und Verwaltung	14
	Hotel und Service	26
	Kunst und Kultur	30
	Shops und Präsentation	32
	Klinik und Praxis	36
	Haus und Wohnung	42
	Industrie und Handwerk	46
	Notbeleuchtung und Sicherheit	48
	Auto und Mobilität	52
LED-Spezial	Die Lichtquelle LED	18
	Module, Systeme, Qualitätsmerkmale	22
	Betriebs- und Steuergeräte	40
	Sicherheit, Prüfzeichen, Normen	50
	Zukunftstechnologie OLEDs	54
	FAQs zur Leuchtdiode	56
licht.de	Die Schriftenreihe	58
	Impressum	59

[02] LED-Strahler setzen die organisch geschwungenen Betonwände in Szene. Mit einem Lichtmanagementsystem lassen sich nach dem RGB-Muster farbige Stimmungsbilder erzeugen.

02

03

LED: Das Licht der Zukunft

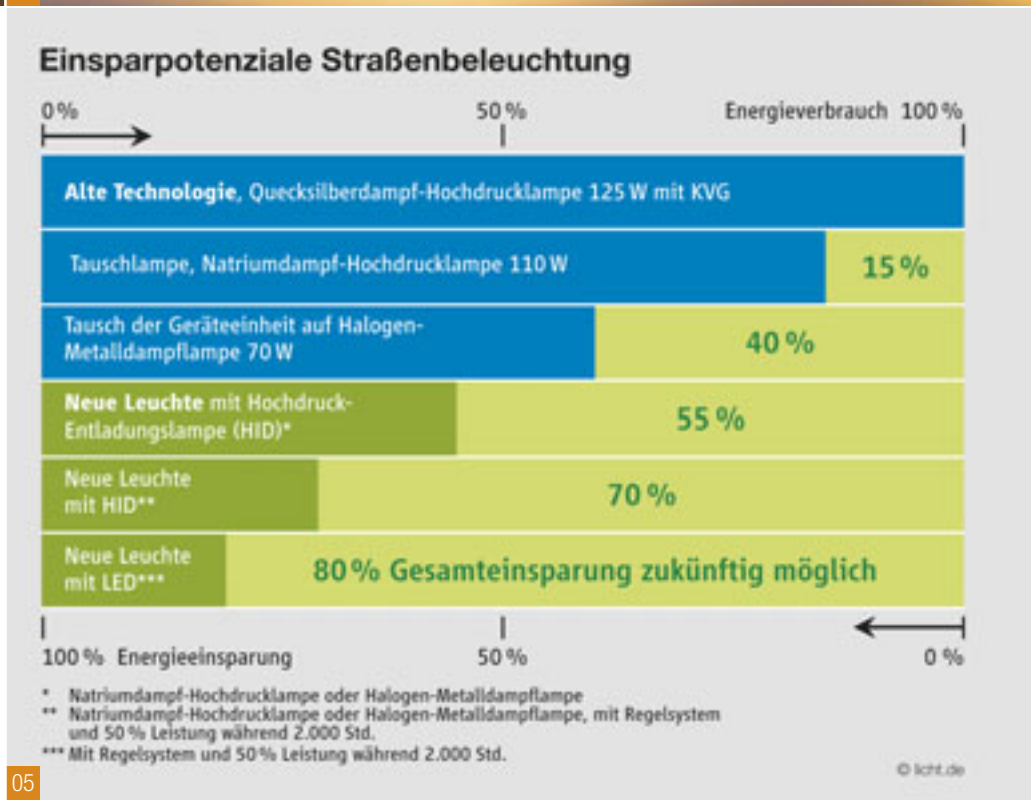
Leuchtdioden sind die Shootingstars der Beleuchtung: Winzig klein und äußerst effizient, revolutionieren sie die Welt des Lichts. Sie erschließen eine ganz neue Lichtqualität, immer neue Anwendungen – und sparen dabei jede Menge Energie. LEDs sind das Licht der Zukunft und erobern die Allgemeinbeleuchtung.

Ob im Innen- oder Außenbereich, ob dekorative oder funktionale Beleuchtung: Mit LEDs sind heute Lösungen möglich, die bis vor kurzem noch nicht denkbar waren. Ihre Karriere startete die LED (Licht emittierende Diode) als farbiger Signalanzeiger. Rasch eroberten sich die energieeffizienten Halbleiter einen Spitzenplatz in der Akzent- und Orientierungsbeleuchtung. Mit weißem Licht und intelligenter Steuerung sorgen LEDs jetzt für hohe Lichtqualität in ganzen Straßenzügen und kompletten Gebäuden.

Die LED-Technologie gilt als die bedeutendste Erfindung in der Geschichte der Beleuchtung, seit Edison vor mehr als hundert Jahren die „Glühbirne“ erfunden hat. Nie zuvor kam so viel Licht aus so winzigen Bauformen, nie zuvor arbeiteten Lichtquellen so zuverlässig über lange Jahre und verbrauchten dabei so wenig Strom. Standen vor kurzem noch die satten Farben der LED im Fokus, sorgen heute Hochleistungs-LEDs für eine Revolution in der Allgemeinbeleuchtung.

Zu den vielen positiven Eigenschaften der Dioden zählen:
> extrem lange Lebensdauer und damit quasi Wartungsfreiheit,
> hohe Effizienz,
> weißes und farbiges Licht mit guter Farbwiedergabe,
> unempfindlich gegen Vibrationen,
> ihr Licht entwickelt kaum Wärme, ist frei von IR- und UV-Strahlung, schont nachtaktive Insekten,
> LEDs geben sofort flackerfreies Licht und sind stufenlos dimmbar,
> sehr kompakte Bauformen,
> quecksilberfrei und unkompliziert zu entsorgen am Ende der Lebensdauer.

04



05

LEDs sind langlebig und effizient

LEDs halten bis zu 50.000 Stunden und mehr – das sind im Dauerbetrieb sechs Jahre und bei täglich drei Stunden Betrieb ganze 45 Jahre. Das heißt: Installieren, anschalten – und erst einmal vergessen. Denn auch bei intensivster Nutzung dauert es lange, bis Wartungsarbeiten notwendig sind.

Die Dioden arbeiten fünfzig Mal so lange wie Glühlampen. Und sind dabei weitaus effizienter als viele konventionelle Lichtquellen: Ihr Wirkungsgrad ist sehr viel höher, und das gerichtete Licht der LED kann einfach und effizient gebündelt werden. So bringt eine 8 Watt LED-Lampe dieselbe Lichtleistung wie eine 60 Watt Glühlampe. Und auch mit Leuchtstofflampen müssen LED-Systeme heute den Vergleich nicht mehr scheuen. Dabei ist ihr Potenzial noch lange nicht erschöpft: Denn die Lichtausbeute der LEDs verdoppelte sich in der Vergangenheit etwa alle zwei Jahre.

LEDs für eine „grüne Zukunft“

Schon heute lassen Lebensdauer, Effizienz und die hohe Lichtqualität von LEDs konventionelle Lampen im Vergleich buchstäb-

[03] Die Stadt bei Nacht: Das stark gebündelte LED-Licht ist ideal, um architektonische Details hervorzuheben.

[04] Innovative LED-Technologie unterstützt den Genuss in der Erlebnisgastronomie. Dezente Strahler servieren blendfreies Licht am Tisch.

[05] In der Straßenbeleuchtung liegt hohes Einsparpotenzial für Kommunen. Mit einer Neuanlage können Kommunen ihren Energieverbrauch um bis zu 70 Prozent reduzieren. Mit LED-Leuchten lassen sich sogar 80 Prozent Einsparung erzielen. Allerdings sind LEDs derzeit noch nicht für jede Anwendung der lichttechnisch optimale Ersatz.

lich alt aussehen. Denn die Zeiten, in denen Leuchtmittel wie der „Energiefresser“ Glühlampe 95 Prozent Wärme bei nur fünf Prozent Licht erzeugen, sind endgültig vorbei.

Klimawandel, knappe Ressourcen und steigende Energiepreise zwingen zum Umdenken. Und die Politik handelt: Energieeinsparverordnung (EnEV) 2009 und die im November 2009 in Kraft getretene EU-Ökodesign-Richtlinie (ErP = Energy relevant Products) – in Deutschland als Energiebetriebene-Produkte-Gesetz (EBPG) umgesetzt – geben die Marschrichtung vor; ineffiziente Produkte werden vom Markt genommen. Stufenweise muss sich auch die alte Edison-Glühlampe nach dem Willen der Europäischen Union verabschieden, ebenso wie einige ineffiziente Halogenlampen, Leuchtstofflampen und Quecksilberdampf-Hochdrucklampen.

Die Lösung der Zukunft heißt LED: Experten schätzen, dass schon heute durch den Einsatz von Leuchtdioden weltweit bis zu 30 Prozent der Energie gespart werden könnte, die bisher für Beleuchtung eingesetzt wird. Und das ist viel: Denn ein Fünftel des in der Welt erzeugten Stroms wird für künstliches Licht verbraucht.

Auch die Bundesregierung setzt auf die winzigen Dioden, wenn es um nachhaltige Lösungen geht. Im Rahmen der deutschen HighTech-Strategie hat sie in den vergangenen Jahren viele LED-Forschungsprojekte gefördert. Jetzt geht es darum, LED-Lösungen mit dem hohen Know-how der deutschen Lichtindustrie rasch in die Praxis umzusetzen. Anfang 2009 gründete das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) dazu gemeinsam mit Partnern aus Industrie und Wissenschaft die

[06] LEDs sind das Leuchtmittel der Zukunft. Die Tabelle zeigt die Prognose der Lichtindustrie für die nächsten zehn Jahre, aufgesplittet nach Anwendungsbereichen und Leuchtmitteln.

LEDs in der Beleuchtung: Heute und in Zukunft

	Stadt / Straße	Büro	Shop	Hotel / Wohnung	Museum	Notbeleuchtung
LED						
Heute/2010	● ●	●	●	●	● ●	● ●
In 3 Jahren	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ●	● ● ● ●
In 10 Jahren	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●	● ● ● ●
Leuchtstofflampen						
Heute/2010	●	● ● ● ●	● ●	● ●	● ●	● ●
In 3 Jahren	●	● ● ●	● ●	● ●	● ●	●
In 10 Jahren		● ●	● ●	● ●	● ●	
Natriumdampf-Hochdrucklampen						
Heute/2010	● ● ● ●		● ●			
In 3 Jahren	● ●		● ●			
In 10 Jahren	●		●			
Hochdruckentladungslampen						
Heute/2010	● ● ●		● ● ●		● ●	
In 3 Jahren	●		● ●		●	
In 10 Jahren			●		●	
Halogenlampen						
Heute/2010		●	● ●	● ● ● ●	● ● ●	
In 3 Jahren			●	● ●	● ●	
In 10 Jahren				●	●	

06

© licht.de

„LED-Leitmarktinitiative“. Sie soll den Einsatz der LED-Technologie weiter vorantreiben.

Lösungen für Mensch und Umwelt

LEDs sind von Natur aus hocheffiziente Lichtquellen. Noch mehr Einsparpotenzial liegt in der Kombination der Halbleiter mit „intelligentem“ Lichtmanagement, das Licht abgestimmt auf Tageslicht und Anwesenheit steuert. Mit diesem Duo lassen sich in Büros, Shops und in der Straßenbeleuchtung Einsparungen bis zu 80 Prozent realisieren – bei entsprechend weniger CO_2-Ausstoß.

LED-Lösungen schonen jedoch nicht nur Umwelt und Budget. Wie kein anderes Leuchtmittel zuvor bieten sie ein Höchstmaß an Gestaltungsfreiheit in Form und Farbe. LEDs lassen sich praktisch überall integrieren. Mit ihren satten Farben emotionalisieren sie das Licht und bringen maximale Beleuchtungsqualität für den Menschen. Denn Lichtkonzepte mit LEDs erlauben es, das Licht optimal auf die biologischen Bedürfnisse des Menschen anzupassen – vom kühl-hellen Licht, das die Konzentration fördert, bis zur entspannenden Atmosphäre am Abend.

Immer häufiger werden LEDs deshalb nicht nur in der Akzent- und Eventbeleuchtung, sondern auch in der Allgemeinbeleuchtung eingesetzt. Ihre vielen Vorteile spielen LED-Systeme aber nur aus, wenn die Qualität stimmt. Die Entwicklung und Produktion effizienter LEDs erfordert viel Know-how – und steckt nicht in jedem Produkt, das auf dem Markt angeboten wird. Für Verbraucher ist es deshalb ratsam, sich auf die Erfahrung seriöser Hersteller zu verlassen.

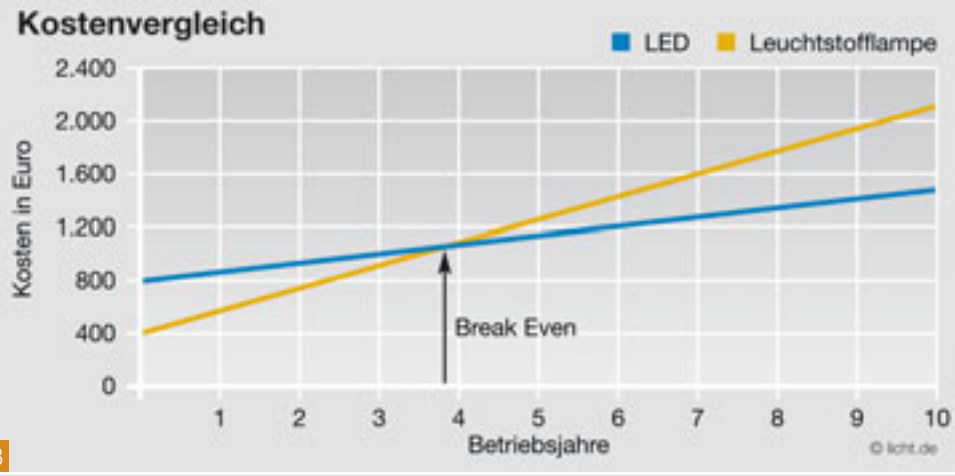
Qualitäts-Systeme amortisieren sich heute schon durch hohe Effizienz, lange Lebensdauer und eine überzeugende Lichtqualität. Und so rasant wie bei Computern und Flachbildschirmen schreitet die Entwicklung der LED-Systeme weiter voran: Permanent werden neue, noch leistungsfähigere Systeme entwickelt.

07

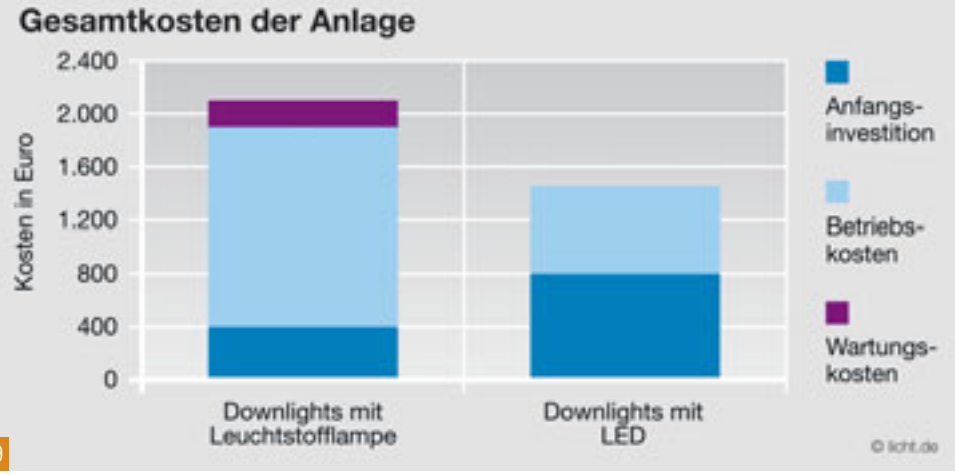
Leistungsstark: LEDs in der Gangbeleuchtung

LED-Lösungen überzeugen auch in der Allgemeinbeleuchtung mit hoher Lichtqualität und effizienter Technologie. Das Beispiel zeigt: Die etwas höheren Investitionskosten amortisieren sich schnell. Vergleichsbasis für die Beleuchtung eines 20 Meter langen Flures sind Downlights – jeweils bestückt mit Leuchtstofflampen 2 x 26 Watt und LEDs 26 Watt. Die Berechnung basiert auf zehn Betriebsjahren mit einer Brenndauer von zwölf Stunden täglich an 250 Tagen im Jahr und einem Strompreis von 21 Cent pro Kilowattstunde.

	LED	Leuchtstofflampe
Installierte Downlights	4	4
Leuchtenpreis, gesamt	800,– €	400,– €
Wattage, gesamt	104 W	244 W
Wartungskosten	–	200,– €



08



09

LEDs für Stadt und Straße

In der dekorativen Außenbeleuchtung werden LEDs seit Jahren eingesetzt. Mit weißem Licht sorgen sie jetzt auch für optimale Sicht auf Straßen und Wegen. Kaum eine andere Beleuchtungstechnologie lässt so viel Freiheit in der Lichtgestaltung, ist dabei so sparsam und wartungsarm.

[10] Wegweisend: Flache Einbaustrahler und eine schmale Bodeneinbauleuchte mit blauem LED-Licht führen sicher zum Gebäude.

[11] Das Licht der Bodeneinbauleuchten mit LEDs setzt deutliche Akzente in der Fußgängerzone.

[12] Gleichmäßig hell geben die LED-Leuchten angenehm weißes Licht auf Bürgersteig und Straße. Jeder Lichtpunkt kommt mit einer Leistung von nur 34 Watt aus. Die LED-Module können bei Bedarf einfach ausgetauscht werden.

Der Gesetzgeber hat die Kommunen in die Pflicht genommen: Sie sollen beim Energiesparen mit gutem Beispiel vorangehen. Gleichzeitig geht es darum, Städte im weltweiten Wettbewerb zu profilieren. Dabei spielt die nächtliche Beleuchtung und Inszenierung der Stadt eine wichtige Rolle. Sie erhöht die Attraktivität, schafft Image, gibt Sicherheit – und birgt ein enormes Sparpotenzial. Der ZVEI – Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie e.V. schätzt, dass allein in der Straßenbeleuchtung durch einen Wechsel zu effizienten Lösungen jährlich rund 400 Millionen Euro eingespart werden könnten.

Schließlich ist mehr als ein Drittel der Straßenbeleuchtung älter als dreißig Jahre. Veraltete Technik ist verantwortlich für einen schlechten Wirkungsgrad; ineffiziente Lampen – wie die Quecksilberdampf-Hochdrucklampe, die nach EU-Vorgaben ab 2015 ersetzt werden muss – verbrauchen zu viel Energie. LED-Leuchten überzeugen neben ihrer Effizienz durch:

> homogenes Licht,
> wenig Wartungsaufwand dank langer Lebensdauer,
> exakte Lichtlenkung, die unerwünschtes Streulicht verhindert,
> einfache Dimm- und Steuerungsmöglichkeiten.

Weißtöne nach Wunsch

Weißes Licht steht mittlerweile in fast jedem gewünschten Farbton zur Verfügung und kann je nach Straßentyp eingesetzt werden: Für die stimmungsvolle Atmosphäre – in der historischen Altstadt, in Parks oder Wohngebieten – ist warmweißes Licht mit 2.700 bis 3.300 Kelvin Farbtemperatur richtig. LED-Leuchten mit neutralweißem Licht eignen sich für vielbefahrene Straßen und Gewerbegebiete und sind mit 70 Lumen/Watt sehr effizient.

Viele Städte vertrauen bereits auf LED-Leuchten. So wurden zum Beispiel im niedersächsischen Soltau alte Pilzleuchten mit je zwei 80-Watt-Quecksilberdampf-Hochdrucklampen durch LED-Straßenleuchten mit je einem 59-Watt-LED-Modul ersetzt. Ergebnis: Die LED-Lösung spart 60 Prozent Energie. Das liegt nicht nur an ihrem höheren Wirkungsgrad, sondern auch an

10

der Tatsache, dass sich ihr Licht präzise lenken lässt, dank integrierter Linsen auch ohne Sekundäroptiken.

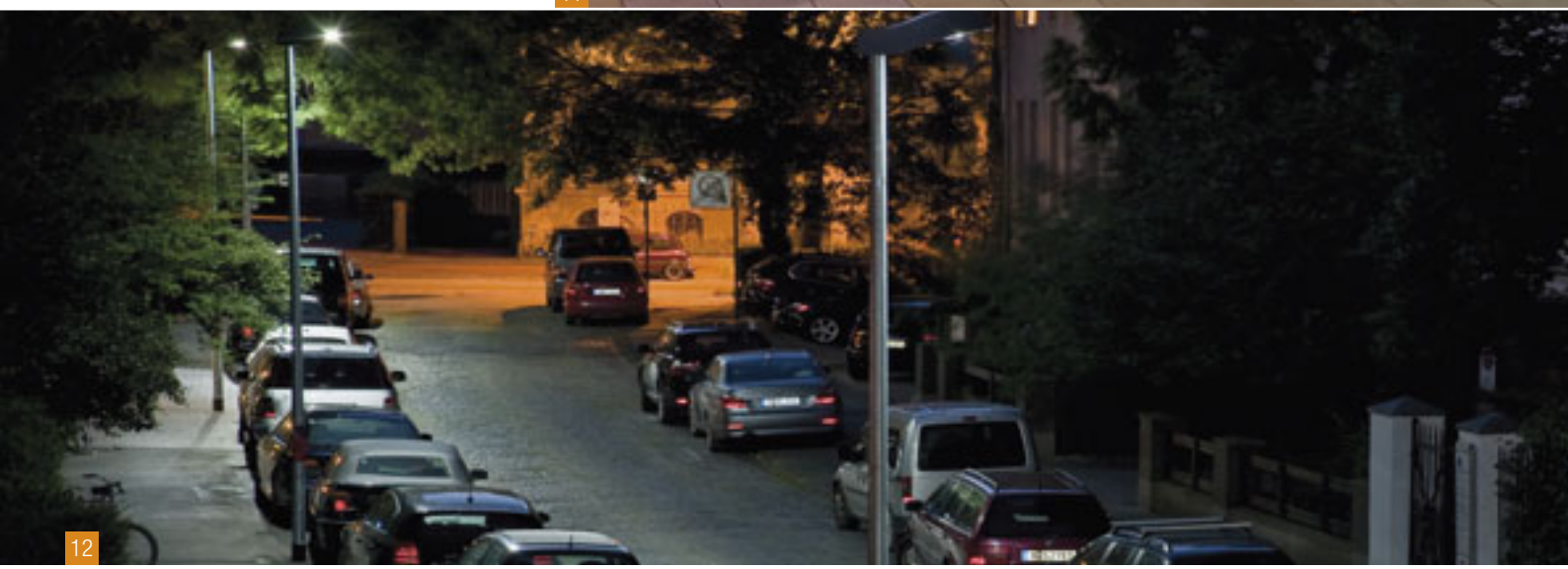
Licht nach Bedarf

Sehr effizient ist eine elektronische Regelung, die direkt in den Leuchten integriert ist: Sie sorgt dafür, dass während der gesamten Lebensdauer der LED-Leuchte von etwa 50.000 Stunden die Lichtleistung automatisch konstant gehalten wird und die geforderte Mindestbeleuchtungsstärke zu keiner Zeit unterschritten wird. Mit dieser Regelautomatik werden bereits 15 Prozent Energie und Kosten gespart.

Über die Steuerung lassen sich LEDs auch automatisch dimmen, solange kein oder nur wenig Licht benötigt wird. Registrieren die Sensoren Fußgänger, Radfahrer oder Autos, kann die Beleuchtung gezielt für einen bestimmten Straßenabschnitt wieder hochgefahren werden. LED-Systeme können einfach in Licht- oder Telemanagementsysteme eingebunden werden. Modulare Konzepte erleichtern die Anlagenwartung und vereinfachen den Austausch des LED-Moduls am Ende der Lebensdauer.

Auch wenn es verlockend erscheint: Der Umbau alter Leuchten zur LED-Lösung oder der Ersatz defekter Leuchtmittel durch LED-Retrofitsysteme ist derzeit noch problematisch. Hersteller und Betreiber müssen den Umbau in Bezug auf die licht- und elektrotechnischen Werte des Systems freigeben.

11



12

13

ATLANTIC

14

STADION CENTER
XANAKA
MISTER*LADY
MILLENNIUM TRAVEL

15

16

LEDs für Fassaden

Integrierte, dezente Lichtlinie oder großflächige Anstrahlung: Am Abend setzt weißes oder farbiges LED-Licht Architektur in Szene und lenkt die Aufmerksamkeit.

Ihr Licht scheint aus dem „Nichts“ zu kommen und ist doch unübersehbar: Mit kompakten Bauformen und RGB-Farbsteuerungen sorgen LEDs für wirkungsvolle Akzente auch auf kleinstem Raum.

Der Lichtplanung sind dabei kaum Grenzen gesetzt: Schmale LED-Leisten winden sich um Kurven und Kanten, betonen Fensterlaibungen und Vouten. Up- und Downlights fluten Fassaden mit homogenem Streiflicht, das Strukturen sichtbar macht. Und leistungsstarke Scheinwerfer schicken mit mehr als hundert Hochleistungs-LEDs an Bord ihr Licht mühelos bis an Turmspitzen in 240 Metern Höhe. Für extrem präzise Lichteffekte sorgen minimalistische Spots – mit Konturen, so messerscharf wie eine Bügelfalte.

Ihre gestalterischen Vorzüge kombinieren LED-Systeme mit hoher Effizienz und langer Lebensdauer. Heute werden zudem die großflächigen Fassaden-Anstrahlungen der vergangenen Jahre mehr und mehr durch zurückhaltende Lichtakzente ersetzt. Bei dieser Lösung werden die LEDs direkt im Baukörper oder nahe der Fassade positioniert. Das spart zusätzlich Energie und reduziert unerwünschte Lichtimmisionen, die Anwohner stören könnten.

Lichtwerbung und „sprechende“ Wände

Mit ihren satten Farben haben sich die robusten LEDs bei der Lichtwerbung und dem Branding mit CI-Farben längst durchgesetzt. Flexible und kompakte LED-Module lassen sich mühelos für die Beleuchtung einzelner Buchstaben oder ganzer Schriftzüge einsetzen – ob drei Meter hoch oder wenige Zentimeter klein. Dank ihrer geringen Bauhöhe integrieren sich LEDs harmonisch in die Architektur und empfehlen sich für die Hinterleuchtung transluzenter Flächen.

Mit einer entsprechenden Steuerung sorgen LEDs für „sprechende Wände“. Medienfassaden liegen im Trend, erlauben bewegte Bilder auf Knopfdruck und wecken hohe Aufmerksamkeit. So können Werbebotschaften, News, Lichtkunst oder auch der Videomitschnitt eines Events auf Fassade und Wände projiziert werden.

Im Gegensatz zu Leuchtstofflampen ermöglichen spezielle LED-Module auch bei tiefen Temperaturen bis minus 20 Grad einen Dauerbetrieb ohne Zündprobleme – bei konstantem Licht, brillanter Farbsättigung und weniger Stromverbrauch. Ebenfalls von Vorteil: Die lange Haltbarkeit der LED erspart den regelmäßigen Lampenwechsel und aufwendige Wartungsarbeiten, vor allem an schwer erreichbaren Stellen in luftiger Höhe.

[13] Effektvolle Fassadenbeleuchtung: Eine indirekte LED-Beleuchtung mit schmalen Lichtlinien akzentuiert die Fassade aus Aluminiumbahnen.

[14] Weithin sichtbar sind der Schriftzug und die Weltkugel auf dem Dach des Hamburger Hotels Atlantic. Die Farbe des LED-Lichts lässt sich ganz nach Wunsch einfach variieren. Die lange Lebensdauer der Leuchtdioden spart Energie und aufwendige Wartungsarbeiten an schwer zugänglichen Stellen.

[15] Hohe Aufmerksamkeit erzielt die Multi-Mediafassade des Wiener Stadion Centers, die mit statischen oder bewegten Bildern bespielt werden kann. Ein 80 Meter langes, flexibles LED-Netz umhüllt die gesamte Fassade und bietet attraktive Möglichkeiten der Außenwerbung. Jede der 37.620 LEDs ist über ein Video-Managementsystem einzeln ansteuerbar.

[16] LED-Strahler mit eng gebündeltem Licht lenken den Blick auf historische Details.

LEDs für Büro und Verwaltung

Gute Beleuchtung am Arbeitsplatz motiviert, fördert Gesundheit und Leistungskraft. Intelligente LED-Lösungen meistern diese hohen Anforderungen, erfüllen gesetzliche Einsparverordnungen und reduzieren nachhaltig die Kosten.

Ein einheitliches Beleuchtungsniveau von 500 Lux im ganzen Büro? Das war gestern. Beleuchtungskonzepte von heute sind nicht länger statisch, sondern stellen sich flexibel auf die Bedürfnisse des Menschen ein: Sie sorgen an jedem Arbeitsplatz für eine ausgewogene, individuelle Beleuchtung, passen sich der Tageszeit an und geben der biologischen Uhr des Menschen die richtigen Impulse. Das fördert Wohlbefinden und Leistungsvermögen der Mitarbeiter.

Mit LED-Systemen lässt sich nicht nur eine bessere Lichtqualität realisieren. Ihre hohe Effizienz und die lange Lebensdauer empfehlen sie auch als nachhaltig „grüne“ Lösung. In kleinen und großen Büros schlummert da noch viel Potenzial: Wer alte und ineffiziente Anlagen umrüstet und zu innovativer Technik mit Lichtmanagement wechselt, kann bis zu 75 Prozent der Stromkosten für die Beleuchtung sparen. Und da in Bürogebäuden derzeit fast 40 Prozent der gesamten Stromkosten für die Beleuchtung aufgewendet werden, rechnen sich Investitionen auf Grund des geringeren Energieverbrauchs meist schon nach wenigen Jahren.

LEDs am Arbeitsplatz

Die Beleuchtung von Arbeitsplätzen muss hohen ergonomischen und ökonomischen Anforderungen genügen. Qualitäts-Büroleuchten bieten blendfreies Licht für besten Sehkomfort auch an Bildschirmarbeitsplätzen. Sie erfüllen die relevanten Normen und sind energieeffizient.

Neuartige Hybridleuchten vereinen in einem System das Beste aus zwei Welten: Sie kombinieren zukunftsweisende LED-Technologie zum Beispiel mit energieeffizienten Leuchtstofflampen T5 (Lampendurchmesser: 16 Millimeter). Das Resultat sind äußerst effiziente Direkt-/Indirekt-Leuchten. Sie sorgen dafür, dass das Punktlicht der LEDs gebündelt und blendfrei auf die Arbeitsfläche gelenkt wird, während das Licht der Leuchtstofflampen gleichmäßig und flächig an die Zimmerdecke abstrahlt.

Hybridleuchten bieten damit kühles LED-Direktlicht mit bester Farbwiedergabe, das durch einen hohen Blauanteil aktivierend wirkt, und warmes Indirektlicht, das als besonders harmonisch empfunden wird. Für individuellen Lichtkomfort sorgt die Möglichkeit, LEDs und Leuchtstofflampen separat zu schalten und dimmen.

So lässt sich eine Vielzahl von Lichtstimmungen schaffen – abgestimmt auf persönliche Vorlieben und Arbeitsaufgaben. Eine Kombination, die auch in Konferenzräumen für exzellente Lichtqualität sorgt.

[17–21] Lichtstimmung nach Wunsch und Tageszeit: Die Hybridleuchte für den Konferenzraum kombiniert direkt strahlendes LED-Licht mit energieeffizienten T5-Leuchtstofflampen für indirekte Beleuchtung. Hohen Lichtkomfort bietet eine separate Schalt- und Dimmfunktion für beide Leuchtmittel.

[19] LED-Einbaumodule sorgen für einen freundlichen Empfang in der Lobby.

17

18

19

20

21

22

23

24

Neben solchen Hybridleuchten gibt es Pendel-, Einbau- und Stehleuchten, die komplett mit LEDs arbeiten. Und es gibt erste Unternehmen, die ganz auf Leuchtdioden vertrauen: Arbeitsplätze und Besprechungszimmer, Foyers und Flure beziehen ihr Licht dort einzig aus Hochleistungs-LEDs. Extrem flache Module fügen sich nahtlos in die Architektur ein und weisen den Weg. An Arbeitsplätzen sorgen Steh- oder Pendelleuchten mit Direkt- und Indirektlicht für die geforderten 500 Lux und blendfreie Beleuchtung.

Besseres Licht, weniger Kosten

Mit dem Einsatz innovativer LED-Lösungen steigt die Lichtqualität, während zugleich die Kosten für die Beleuchtung nachhaltig gesenkt werden können. Maximales Einsparpotenzial bietet die „intelligente“ Steuerung aller Leuchten: Je nach Präsenz und Tageslichteinfall wird die Helligkeit automatisch angepasst. So wird nicht mehr Kunstlicht bereitgestellt als nötig. Das ist nicht nur in Büroräumen praktisch. LED-Leuchten in Kombination mit Lichtmanagement sparen auch in der Beleuchtung von Gängen, Seminarräumen, WC-Bereichen und Technikräumen viel Energie und damit Kosten.

In Empfangsbereichen, Fluren und Treppenhäusern setzen LED-Leuchten mit farbigem Licht oder wechselnden Farbnuancen wirkungsvolle Akzente. Farbe und Dynamik unterstreichen repräsentative Bereiche und bringen Schwung auch in Besprechungen. LEDs können mit einem breiten Spektrum an Farbtemperaturen den natürlichen Tageslichtverlauf auch in geschlossenen Räumen nachempfinden und sorgen so zum richtigen Zeitpunkt für Entspannung oder Aktivierung. Und die Wartung? Ist bei LED-Lösungen erst nach vielen, vielen Jahren wieder ein Thema ...

[22] Das moderne Bürogebäude in der Hamburger Hafencity ist komplett mit LEDs ausgestattet. Auf sechs Etagen sorgen insgesamt 3.000 LED-Leuchten für die Allgemein- und Akzentbeleuchtung.

[23] Lichtstark und hocheffizient: LED-Deckenleuchten mit einer Diffusorfläche aus Acrylglas für die Gangzone. Die Einbauleuchten sind nur wenige Millimeter hoch und geben ihr Licht breit abstrahlend gleichmäßig nach unten ab.

[24] Am Arbeitsplatz gewährleisten Stehleuchten mit direkt/indirekter Lichtverteilung eine blendfreie, normgerechte Beleuchtung. Die integrierte Präsenz- und Tageslichtsteuerung sorgt für maximale Effizienz.

[25] LED-Downlights weisen den Weg zum Aufzug.

[26] Die abgependelten Hybridleuchten sind mit je zwölf LED-Modulen drei Watt und zwei T16-Leuchtstofflampen 54 Watt ausgestattet. Ihr reduziertes Design korrespondiert perfekt mit der Büroeinrichtung.

25

26

LED-Spezial: Die Lichtquelle LED

Mit der LED ist ein ganz neues Beleuchtungsmittel auf den Markt gekommen. Im Gegensatz zu konventionellen Lampen sind LEDs elektrische Bauteile – winzige Elektronik-Chips aus Halbleiterkristallen.

LEDs produzieren Licht – haben sonst aber wenig mit Halogen- oder Energiesparlampen gemeinsam. Anders als herkömmliche Lampen, die mit einer Glühwendel oder Gasentladung arbeiten, sind LEDs winzige Elektronik-Chips aus speziellen Halbleiterkristallen.

Fließt Strom durch diesen Festkörper, beginnt er zu leuchten; er „emittiert" Licht. In der Fachsprache wird dieser Prozess „Elektrolumineszenz" genannt, umgangssprachlich ist vom „kalten Licht" die Rede. Denn im Gegensatz zum Beispiel zu Glühlampen ist das LED-Licht keine Wärmestrahlung.

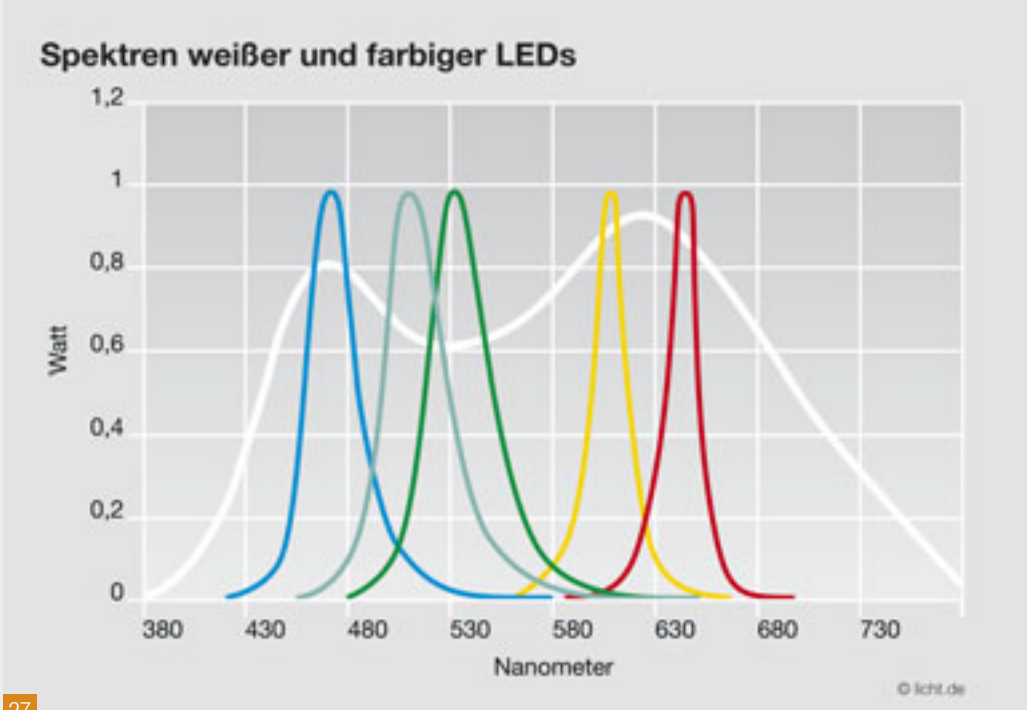
Mit einer Kantenlänge von etwa einem Millimeter gehören LEDs zu den kleinsten verfügbaren, nahezu punktförmigen Lichtquellen. Zum Schutz vor Umwelteinflüssen werden die Halbleiterkristalle in eine Kunststoffhülle gegossen, die den Lichtaustritt verbessert. Damit sind Ausstrahlungswinkel von 15 bis maximal 180 Grad möglich.

Leuchtdioden erzeugen stets eine schmalbandige (= monochromatische) Strahlung. Das verwendete Halbleitermaterial bestimmt die dominante Wellenlänge und damit die Lichtfarbe der Dioden: Rot, Grün, Gelb oder Blau.

Weiße LEDs und Farbwiedergabe

Weißes LED-Licht kann durch unterschiedliche Herstellungsverfahren erzeugt werden. Das derzeit gängigste Verfahren nutzt das Prinzip der „Lumineszenzkonversion" und wird auch bei Leuchtstofflampen eingesetzt. Bei dieser Methode wird oberhalb eines blauen LED-Chips eine hauchdünne Phosphor-Leuchtschicht aufgedampft. Sie wandelt einen Teil des blauen Lichts durch den gelben Phosphor in weißes Licht.

Konzentration und chemische Zusammensetzung des Leuchtstoffs müssen sehr genau gesteuert werden, um die gewünschte Lichtfarbe zu erreichen. Heute



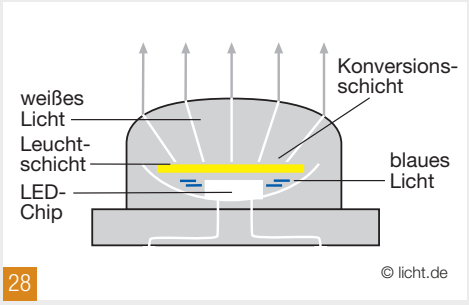
27

[27] LEDs brauchen keine Farbfilter. Das verwendete Halbleitermaterial und die dominante Wellenlänge bestimmen den Farbton des Lichts.

[28] Weißes Licht wird meist nach dem Prinzip der Lumineszenskonversion erzeugt: Oberhalb eines blauen LED-Chips wird eine hauchdünne gelbe Phosphorschicht aufgedampft. Sie wandelt das blaue Licht in weißes Licht.

[29] Die Lichtausbeute von LEDs erreicht immer höhere Werte. Im Labor werden bereits Werte von 200 Lumen/Watt erreicht.

sind verschiedene Weißtöne möglich: von Warmweiß (Farbtemperatur ≥ 2.700 Kelvin, K) über Neutralweiß (≥ 3.300 K) bis zu Tageslichtweiß (≥ 5.300 K). Weitere Vorteile dieser Methode sind relativ hohe Licht-



28

ströme und die gute Farbwiedergabe von bis zu $R_a \geq 90$.

Eine andere Möglichkeit, weißes LED-Licht zu gewinnen, ist die Mischung von farbigem Licht unterschiedlicher Wellenlänge. Diese additive Farbmischung von Rot, Grün und Blau (RGB) kann neben allen anderen Mischfarben auch weißes Licht erzeugen. Dieses Verfahren mit Multi-LEDs oder Baugruppen farbiger LEDs hat den Vorteil, dass die Lichtfarbe durch gezielte Ansteuerung verändert und neben weißem auch farbiges Licht erzeugt werden kann. RGB-Lösungen eignen sich deshalb gut für Anwendungen mit farbdynamischer Beleuchtung. Auch die Realisierung weißen Lichts mit dieser Methode erfordert viel Know-how, denn die exakte Ansteuerung der farbigen LEDs mit unterschiedlichen Helligkeiten ist diffizil – und führt auch dazu, dass die Farbwiedergabe des weißen Lichts mit $R_a \geq 70$ bis 80 etwas schlechter ist als bei der Lumineszenzkonversion.

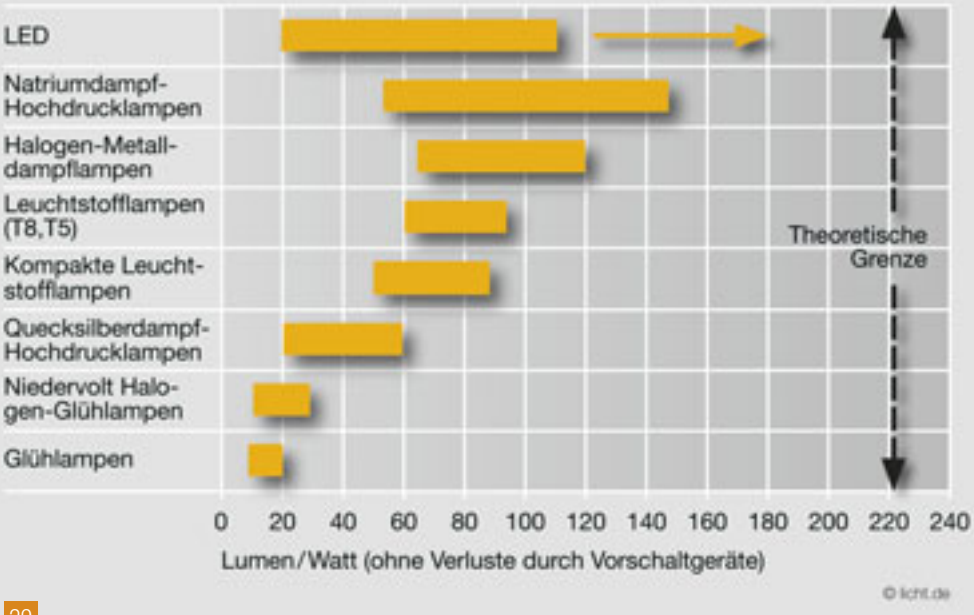
Soll das weiße Licht zum Beispiel für Büroanwendungen den Wechsel von Warmweiß zu Kühlweiß erlauben, kombinieren neue Technologien farbige Chips mit weißen LEDs. So wird ein dynamisch veränderliches weißes Licht mit guter Farbwiedergabe erzeugt.

Effizienz und Lichtausbeute

LEDs sind äußerst effiziente Lichtquellen. Die erste LED erreichte 1962 eine Lichtausbeute von 0,1 Lumen pro Watt, derzeit sind Werte von etwa 50 Lumen pro Watt (lm/W) üblich. High-Power-LEDs liefern im Durchschnitt bereits 90 lm/W. Zum Vergleich: Glühlampen bringen etwa 10 lm/W, Halogenlampen etwa 20 lm/W.

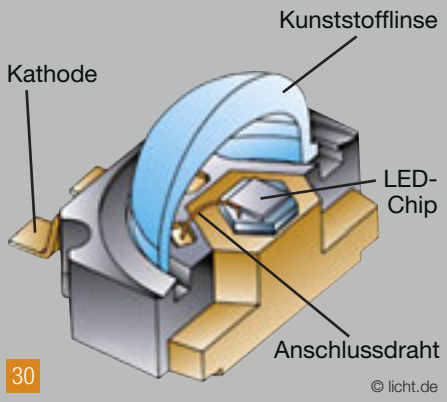
Und die Entwicklung geht rasant voran: Einzelne LED-Chips stellen bereits 200 lm/W bereit. Das sind allerdings „Laborwerte“, die sich im praktischen Betrieb – wenn die

Effizienz der Lichtquellen



29

Das LED-Funktionsprinzip



30

LEDs basieren auf Halbleiterverbindungen. Schon wenig Energie reicht aus, um sie zum Leuchten anzuregen. Die Leuchtdioden bestehen aus einem negativ leitenden Grundhalbleiter mit einem Überschuss an Elektronen. Darüber kommt eine sehr dünne, positiv leitende Halbleiterschicht mit einem Mangel an Elektronen, „Löcher“ genannt. Unter Spannung wandern die überzähligen Elektronen und die „Löcher“ aufeinander zu und rekombinieren in der sogenannten Sperrschicht. Die freigesetzte Energie wird im Halbleiterkristall in Strahlung umgesetzt.

Um die elektrische Kontaktierung zu vereinfachen und die LED vor Umwelteinflüssen zu schützen, wird sie in ein Gehäuse eingebaut. Reflektoren sorgen dafür, dass das Licht in einem Ausstrahlungswinkel bis zu 180° in den oberen Halbraum ausgestrahlt wird. Linsen lenken das Licht.

Farben direkt aus dem Halbleiter

LEDs brauchen keine Farbfilter: Ihr Licht wird durch unterschiedliche Halbleitermaterialien direkt in verschiedenen Farben erzeugt. Auch Mischtöne sind möglich. Die wichtigsten Halbleiter sind:

Halbleitermaterial	Abk.	Farbe(n)
Indium Gallium Nitrid	InGaN	Grün, Blau (Weiß)
Aluminium Indium Gallium Phosphid	AlInGaP	Rot, Orange, Gelb
Aluminium-Galliumarsenid	AlGaAs	Rot
Galliumarsenid Phosphid	GaASP	Rot, Orange, Gelb

[31] LEDs fallen nicht aus, ihre Lichtintensität nimmt mit der Zeit aber ab. Die Lebensdauer (L) einer LED muss deshalb je nach Anwendung definiert werden. Für die Notbeleuchtung werden zum Beispiel Angaben bis zu L_{80} und mehr verlangt; das heißt, die Lebensdauer der LED ist erreicht, wenn der Lichtstrom nur noch 80 Prozent des Wertes beträgt, der am Anfang gemessen wurde. Für die Allgemeinbeleuchtung werden Werte von L_{50} oder L_{70} definiert. Die Lebensdauer einer LED hängt stark von der Umgebungs- und Betriebstemperatur ab. Wird die LED mit einer höheren Temperatur (T_c1) oder mit schlechtem Thermomanagement betrieben, verkürzt sich ihre Lebensdauer.

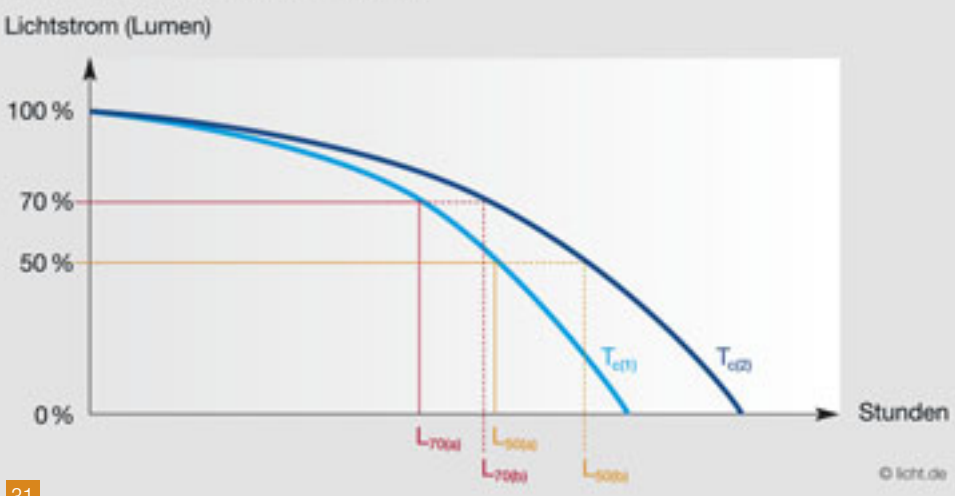
[32] Hochflexibles LED-Modul in SMD-Technologie.

LED auf einer Platine bestückt und in eine Leuchte eingebaut ist – so nicht halten lassen. Hintergrund ist, dass sich die Datenblattangaben der LED-Hersteller auf ideale Laborbedingungen und Hochrechnungen für den rohen LED-Chip beziehen. Diese Werte entsprechen nicht dem tatsächlichen Lichtstrom einer einsatzbereiten LED-Leuchte oder Retrofit-Lampe. In der Praxis ist die Effizienz des gesamten LED-Systems entscheidend, also das Zusammenspiel von LED-Chips, Optiken und Betriebsgeräten (siehe dazu auch Seite 57).

Extrem lange Lebensdauer

LEDs haben eine extrem lange Lebensdauer. Während die Glühlampe nach etwa 1.000 Stunden und eine Leuchtstofflampe nach rund 18.000 Stunden aufgibt, haben Hochleistungs-LEDs eine Lebensdauer von 50.000 und mehr Stunden. Das bedeutet: Eine LED-Leuchte, die an 250 Arbeitstagen im Jahr jeweils elf Stunden in Betrieb ist, hält rund 18 Jahre lang.

Allerdings hängt ihre Lebensdauer stark von der Betriebs- und Umgebungstemperatur ab. Dabei gilt: Je kälter die Umgebung, desto effizienter arbeiten LEDs. Bei hohen Umgebungstemperaturen fühlen sie sich nicht wohl; der Lichtstrom lässt nach und die Lebensdauer kann sich signifikant verkürzen. Bei der Entwicklung leistungsfähiger LED-Systeme ist eine effiziente Wärmeableitung deshalb besonders wichtig.



31

Gut zu wissen: Anders als konventionelle Lampen, fallen LEDs praktisch nicht aus. Allerdings nimmt ihre Lichtintensität durch vermehrte Störstellen im Halbleiterkristall mit der Zeit ab. Diese Eigenschaft wird als Degradation bezeichnet und führt dazu, dass das Ende der Lebensdauer von LEDs für die jeweilige Anwendung definiert werden muss. Diese ist in der Regel erreicht, wenn der abgegebene Lichtstrom der LED auf 70 Prozent (bzw. 50 Prozent) des ursprünglichen Lichtstroms abgesunken ist (siehe Grafik 31).

Die lange Lebensdauer der LEDs bedeutet in der Praxis praktisch Wartungsfreiheit: Lampenwechsel und Service-Einsätze entfallen.

Lichtstrom und Helligkeit

Licht emittierende Dioden besitzen eine exponentiell ansteigende Strom-Spannungs-Kennlinie. Das heißt: Kleine Schwankungen in der Spannung verursachen große Stromänderungen. LED-Chips müssen für optimale Ergebnisse deshalb mit Konstantstrom betrieben werden. Sie sollten nicht direkt an eine Spannungsquelle angeschlossen werden.

Je mehr Leistung die Diode aufnimmt, desto heller leuchtet sie. Der Haken dabei: Höhere Betriebsströme erwärmen den Halbleiter – wodurch die Effizienz sinkt. Lichtstarke LEDs brauchen deshalb zwingend ein gutes Thermomanagement, das die Wärme vom LED-Chip ableitet.

Durch größere LED-Chips und neue Bauformen mit optimierter Wärmeabfuhr können moderne High-Power-LEDs (1W bis 5W) mit höheren Strömen ab 100 Milliampere (mA) betrieben werden. Sie geben sehr viel mehr Licht ab als frühere Versionen und erreichen heute schon Spitzenwerte: bei einem Ampere Betriebsstrom bis zu 200 Lumen. Zum Vergleich: Einfache Standard-LEDs liefern bei 20 mA ein bis zwei Lumen.

Low-Power-LEDs

Zu den Low-Power-LEDs – auch radiale LEDs genannt – zählen die klassischen Bauformen in drei oder fünf Millimeter

Größe mit meist zwei „Beinchen“ und einem engen Abstrahlwinkel von 15 bis 30 Grad. Mit der 5-mm-LED begann der Siegeszug der Dioden; heute werden weitaus häufiger Hochleistungsdioden eingesetzt. Low-Power-LEDs werden mit Strömen von 20 mA bis maximal 100 mA betrieben.

Superflux-Modelle, auch Spider oder Piranha genannt, tragen vier Pins. Sie werden in der Regel mit 70 mA betrieben und bringen eine stärkere Lichtleistung. Diese LEDs können auch mehrere Chips im Gehäuse aufnehmen, die unabhängig voneinander gesteuert werden können. Ihre Bauform erlaubt einen größeren Abstrahlwinkel von 90 bis 130°. Superflux-LEDs werden meist im Automobilbau eingesetzt.

High-Power-LEDs

High-Power-LEDs, auch Hochleistungs-LEDs genannt, geben am meisten Licht ab. Sie kamen zunächst als effiziente Ein-Watt-Packages auf den Markt, betrieben mit 350 Milliampere. Kurz darauf folgten Hochleistungs-LEDs mit 3 und 5 Watt. Gleichzeitig konnten die LEDs weiter miniaturisiert werden. So ist die kleinste High-Power-LED kaum größer als ein Streichholz und erreicht dabei eine Effizienz von 100 Lumen/Watt.

32

LED-Bautypen

Bedrahtete LEDs (radiale LEDs) stammen noch aus den ersten Tagen der LED-Technologie. Der innenliegende LED-Chip ist durch eine Kunststoffkappe verkapselt, die vor Schäden schützt. Wegen ihrer meist geringen Lichtleistung werden diese Low-Power-LEDs heute vorwiegend für einfache Signalanzeigen verwendet.

COB-LEDs (= Chip on Board) werden für besonders leistungsstarke, eng bepackte LED-Module eingesetzt. Bei dieser Bauform werden „nackte“, nicht verkapselte LED-Chips direkt auf eine Leiterplatte verklebt und über sogenannte „Bond-Drähte“ kontaktiert. Eine aufgeklebte Epoxylinse, „Bubble“ genannt, definiert den Ausstrahlwinkel, der eng- oder breitstrahlend sein kann.

SMD-LEDs (= Surface Mounted Devices) sind extrem kleine Standardprodukte für die industrielle Fertigung. Sie werden direkt auf einer Leiterplatte verklebt und im Lötbad kontaktiert. Ebenso wie bedrahtete LEDs sind sie bereits verkapselt. SMD-LEDs sind die Bauform, die am häufigsten in Modulen oder Leuchten eingesetzt wird.

SMD-Bauformen werden sowohl mit Low-Power-LEDs bestückt als auch mit High-Power-LEDs. Sie ermöglichen die industrielle Produktion ausgesprochen leistungsfähiger, dabei extrem flacher und schmaler Module.

LEDs: Eine lange Geschichte bis zum Markt

1907 … entdeckt der Engländer Henry Joseph Round, dass anorganische Stoffe leuchten können, wenn elektrische Spannung angelegt wird. Er veröffentlichte seine Entdeckung noch im selben Jahr in der Zeitschrift „Electrical World“. Da er jedoch hauptsächlich mit der Entwicklung eines neuen Funkortungsverfahrens für die Seefahrt beschäftigt war, geriet seine Entdeckung zunächst wieder in Vergessenheit.
1921 … beobachtet der russische Physiker Oleg Vladimirovich Losev diese Lichtemission erneut. Da er darin die Umkehrung des Einstein’schen photoelektrischen Effektes vermutete, untersuchte er das Phänomen in den Folgejahren bis 1942 genauer.
1935 … stellt George Destriau an Zinksulfid eine Lichtemission fest und bezeichnete es dem russischen Physiker zu Ehren als Lossew-Licht.
1951 … wurde durch die Entwicklung des Transistors ein wissenschaftlicher Fortschritt in der Halbleiterphysik erreicht. Jetzt konnte auch die Lichtemission erklärt werden. Zunächst experimentierten die Wissenschaftler weiter mit Zinksulfid. Erst ab 1959 konzentrierte sich die Erforschung der Lichterzeugung ganz auf die Halbleiter; von besonderer Bedeutung war die sichtbare Lichtemission auf Basis eines direkten Mischkristalls von Galliumarsenid (GaAs) und Galliumphosphid (GaP).
1962 … kommt die erste rote Lumineszenzdiode (Typ GaAsP) auf den Markt, entwickelt von dem Amerikaner Nick Holonyak. Sie markiert die Geburtsstunde der industriell gefertigen LEDs.
1971 … durch die Entwicklung neuer, verbesserter Halbleitermaterialien gibt es die LED nun in weiteren Farben: Grün, Orange, Gelb. Gleichzeitig verbesserten sich Leistung und Effizienz der Leuchtdioden stetig.
80er Jahre bis frühe 90er Jahre … Das neue Halbleitermaterial Galliumnitrid (GaN) ermöglicht Grüntöne bis zu ultraviolett. Auf dieser Basis entwickelte Shuji Nakamura 1993 in Japan die erste sehr hell strahlende, kommerziell erfolgreiche blaue LED. Zuvor basierten blaue LEDs auf dem Material Siliziumcarbid, das als indirekter Halbleiter wenig effizient arbeitet. Nakamura entwickelte neben der blauen GaN-LED auch die sehr effiziente grüne Indium-Galliumnitrid-Leuchtdiode (InGaN-LED) und später auch eine weiße LED.
1995 … wird die erste LED vorgestellt, die durch Zugabe von Leuchtstoffen weißes Licht aus Lumineszenskonversion gewinnt. Zwei Jahre später kommen diese weißen Leuchtdioden auf den Markt.
2006 … gibt es die ersten Leuchtdioden mit 100 Lumen pro Watt. Sie haben eine Effizienz, die nur noch von Gasentladungslampen übertrumpft wird.

In den vergangenen Jahren verdoppelte sich der Wirkungsgrad von LEDs alle zwei Jahre. Sie erobern immer mehr Anwendungsgebiete, und ein Ende der Entwicklung ist noch lange nicht in Sicht …

LED-Spezial: Module, Systeme – und Qualitätsmerkmale

Leuchtdioden sind für Beleuchtungsaufgaben erst nutzbar, wenn sie auf Leiterplatten ein Modul bilden. Die Produktion leistungsfähiger Module, Lampen und kompletter LED-Leuchten erfordert spezielle Herstellungsverfahren und hohes technologisches Know-how, um den Qualitätsanforderungen zu genügen.

Mit der winzigen Halbleiterdiode ist eine neue Lichtquelle für die Beleuchtung entstanden: das LED-Modul. Es besteht im Prinzip aus Einzel-LEDs oder mehreren Dioden, die mit einer Leiterplatte kontaktiert sind. Sie sorgt dafür, dass die Diode elektrisch verbunden wird, die Wärme abgeleitet und die LED angesteuert werden kann. Diese flachen Module, auch Platinen genannt, ermöglichen den flexiblen und effizienten Einsatz der LED-Technologie. Je nach Anwendungszweck werden sie mit unterschiedlichen LED-Typen bestückt.

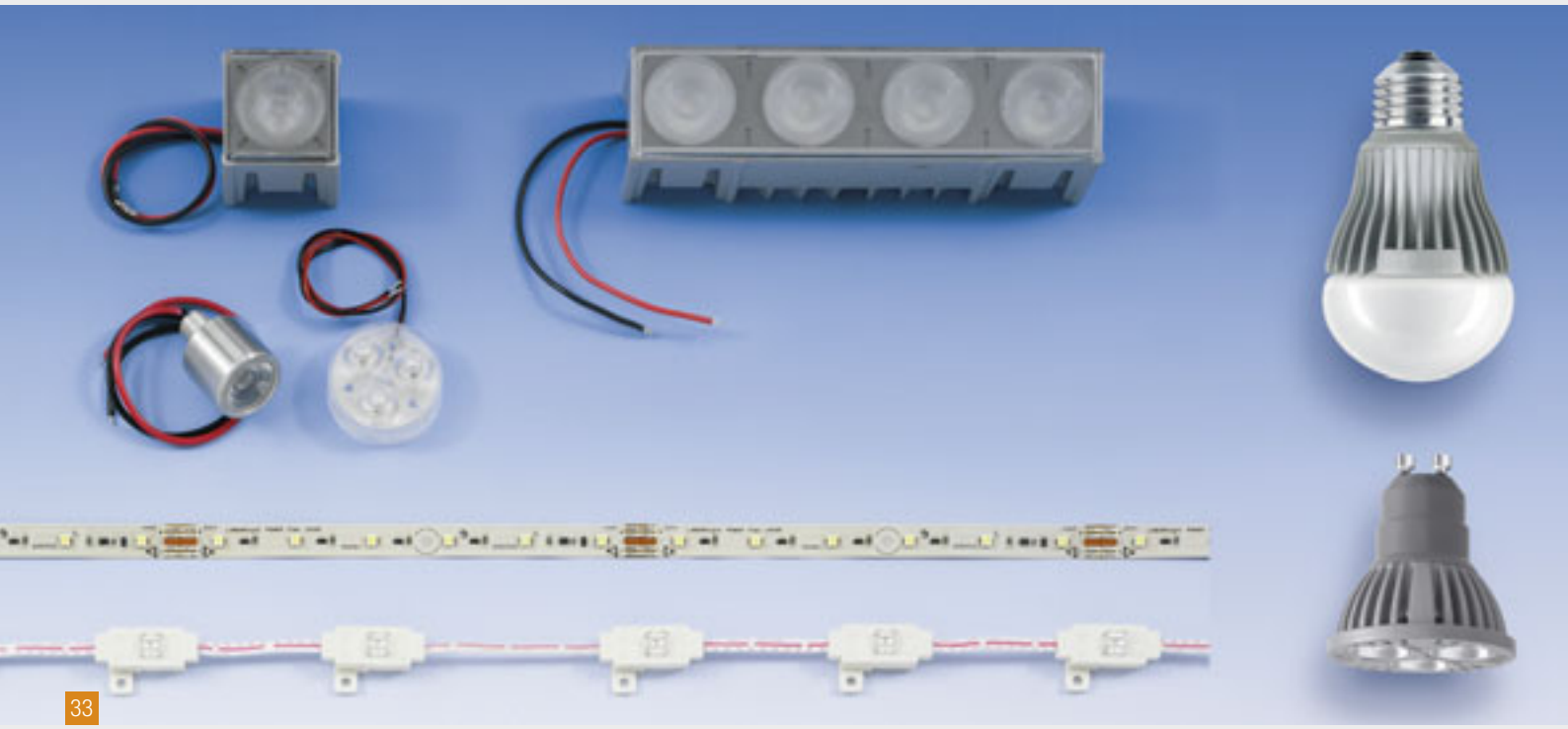
LED-Module

LED-Module sind vielseitig einsetzbar – und erlauben ganz neue Designlösungen. Als eingegossene LED-Module benötigen sie kein Gehäuse mehr und können zum Beispiel direkt in Boden- oder Deckenkanäle eingesetzt werden. Als Einzelmodule strahlen sie aus minimalistischen LED-Leuchten, und ausgestattet mit einem entsprechenden Sockel ersetzen sie viele herkömmliche Lampen.

Lineare LED-Module eignen sich insbesondere für Wallwasher-Effekte und die Architekturbeleuchtung. Sie geben Fassaden und Vouten Kontur, passen in schmale Auslasskanäle. Mit ihnen lassen sich auch lange Lichtlinien einfach und nahtlos realisieren.

Flexible LED-Module überwinden besonders einfach Kurven und Kanten. Sie werden meist mit SMD-LEDs bestückt. Die flachen Module sind richtig, wenn gebogene Flächen be- oder hinterleuchtet werden sollen, zum Beispiel Schriftzüge oder Handläufe.

[33] LEDs werden in der Regel als Module verwendet, die individuell für Kunden entwickelt werden oder standardisiert sind. Diese Platinen können dem jeweiligen Anwendungszweck optimal angepasst und als eingegossene Module auch direkt ohne Leuchtenkörper eingesetzt werden. Die beiden rechts abgebildeten LED-Lampen – sogenannte Retrofit-Lampen – ersetzen Glühlampen mit Schraubsockel (oben) und Halogen-Reflektorlampen mit Stecksockel (unten).



33

Flächige LED-Module gibt es in der Regel als einsatzfertige LED-Tafeln mit diffusen Glas- oder Kunststoffoberflächen. Sie werden eingesetzt als Lichtkacheln oder komplette Lichtdecken. Werden mehrere Module gekoppelt, können mit einer entsprechenden Ansteuerung großflächige Displays realisiert werden.

LED-Ketten werden eingesetzt, wenn Flächen hinter- oder unterleuchtet werden sollen, etwa in der Lichtwerbung.

Retrofit-Lampen: LEDs mit Sockel

Eine spezielle Modul-Variante sind LEDs mit Steck- oder Schraubsockel. Mit Schraubsockel E14 oder E27 und klassischer „Birnenform“ ersetzen sie konventionelle Glühlampen; mit entsprechenden Stecksockeln Halogenlampen.

Mit ihrem warmweißen oder farbigen Licht eignen sich die Retrofit-Lampen als energiesparende Alternativen im Privatbereich oder Kleinbüro. Sie können einfach in bestehende Leuchten eingesetzt werden. Die volle Leistung einer kompletten LED-Leuchte erreichen sie allerdings nicht. Eine gute Alternative sind sie trotzdem: So hält zum Beispiel eine warmweiße LED-Glühlampe acht Watt etwa 25.000 Betriebsstunden – das sind bei knapp drei Stunden Betrieb pro Tag immerhin fast 25 Jahre.

LED-Leuchten und LED-Systeme

Effiziente LED-Lösungen setzen voraus, dass Modul und Leuchtenkörper optimal aufeinander abgestimmt sind; sie bilden immer ein komplettes System. Ihre Herstellung erfordert hohes Know-how in der Entwicklung und Produktion sowie den Einsatz hochwertiger Materialien. Qualitätsleuchten zeichnen sich dadurch aus, dass Ansteuerung, thermisches und optisches Design gut umgesetzt sind – und zwar auf kleinstem Raum.

LED-Leuchten oder LED-Systeme für Ein- und Anbauten entstehen immer in vier Phasen (siehe Abb. 34): Ausgangspunkt ist jeweils ein LED-Chip. Zum Schutz vor Umwelteinflüssen wird der Chip zunächst in eine Kunststoffhülle eingegossen, die auch die Abstrahlcharakteristik bestimmt, und in ein Gehäuse eingebaut.

Diese LED-Diode wird (Stufe 2) auf eine Leiterplatte gesetzt, die Elektronik, Ansteuerung und Wärmeleitung sicherstellt. Im dritten Schritt wird die Platine dann mit sekundären Optiken wie Linsen, Reflektoren oder Diffusoren ausgestattet.

[34] Die Produktion effizienter LED-Systeme erfordert hohes technologisches Know-how. Die Qualität der Komponenten und der Fertigung ist entscheidend für Effizienz und Leistungsfähigkeit einer LED-Leuchte.

Produktion einer LED-Leuchte

34

Das LED-Modul wird in der vierten Stufe in die LED-Leuchte eingebaut. In dieser Produktionsphase gilt auch der Rückseite der Leuchten große Aufmerksamkeit, denn hier geht's um das Thermomanagement. Es führt die Leitungswärme von der Diode weg und ist entscheidend für Effizienz und Lebensdauer des Gesamtsystems.

Qualitätsmerkmale und Wartungsfaktor

LEDs sind Trend – und der Markt ist überschwemmt mit Produkten, die nicht immer den Anforderungen genügen. Schlechte Systeme zeigen ihre Schwächen oft erst im Betrieb. Qualitätsprodukte
> bieten ausgewogene Leuchtdichten, die das menschliche Auge nicht schädigen können,
> haben minimale Frühausfälle (zirka zwei unter einer Million LEDs) und bieten Gewährleistung vom Hersteller,
> können trotz der rasanten Entwicklung in der LED-Technologie auch später noch in gleicher Lichtqualität ersetzt werden,
> verfügen über eine gute Wärmeableitung, die auch dafür sorgt, dass Leuchten nicht zu heiß werden und gefahrlos berührt werden können,
> bieten einen guten Wartungsfaktor.

Der Wartungsfaktor MF (= Maintenance Factor) beschreibt das Verhältnis aus dem Lichtstrom einer Lichtanlage bei Inbetriebnahme und zum Zeitpunkt der Wartung. Er berücksichtigt
> den Lichtstromrückgang durch Ausfall und Alterung von Lampen,
> die mögliche Verschmutzung einer Leuchte im Lauf der Zeit,
> die Raum- bzw. Außenbedingungen, die zu Verschmutzung und Alterung beitragen können.

Zum Beispiel: Bei einem Wartungsfaktor von 0,5 muss eine Anlage am Anfang den

[35] Angenehm gleichmäßiges und blendfreies Licht im Büro spendet die ausgesprochen flache Arbeitszonen-Hängeleuchte mit direkt/indirekter Lichtverteilung und integriertem Lichtmanagement. Weitere Vorteile sind ihre lange Lebensdauer, die Wartungskosten spart.

zweifachen Lichtstrom erzeugen, damit sie bis zur ersten Wartung die in der jeweils relevanten Norm geforderten Beleuchtungsstärke liefert.

Generell äußert sich die Qualität von LED-Leuchten in einheitlichen Lichtfarben und homogener Helligkeit sowie in der Lebensdauer des gesamten Systems. Wichtige Begriffe sind in diesem Zusammenhang die Stichworte Thermomanagement und Binning.

Thermomanagement

Auch wenn das abgestrahlte Licht einer LED nicht heiß ist, ist es doch eine falsche Annahme, dass LEDs keine Wärme abgeben. Denn ebenso wie bei anderen Lampen, wird auch in LEDs nur ein Teil der Energie in Licht umgesetzt – innerhalb des Halbleiters entsteht Wärme. Diese Leitungswärme muss unbedingt abgeführt werden, damit eine lange Lebensdauer und hohe Effizienz gewährleistet sind. Dies gilt insbesondere für LEDs mit hohem Lichtstrom.

Seriöse Hersteller geben für ihre LEDs deshalb stets eine Umgebungstemperatur an, bei der die Lichtströme und Lebensdauer ihrer Leuchten und Module erreicht werden.

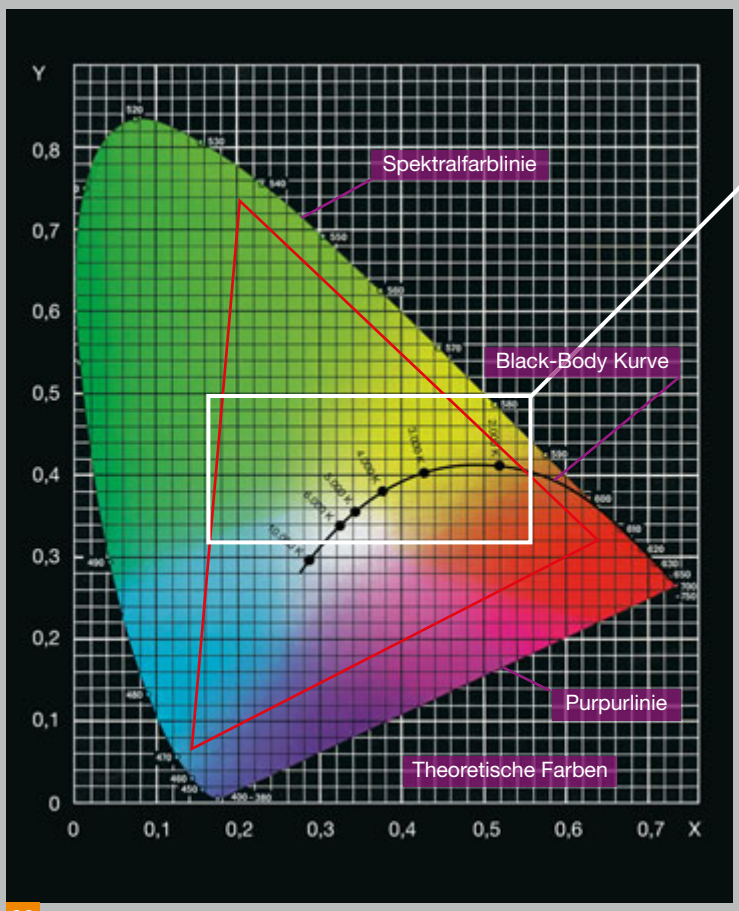
Binning

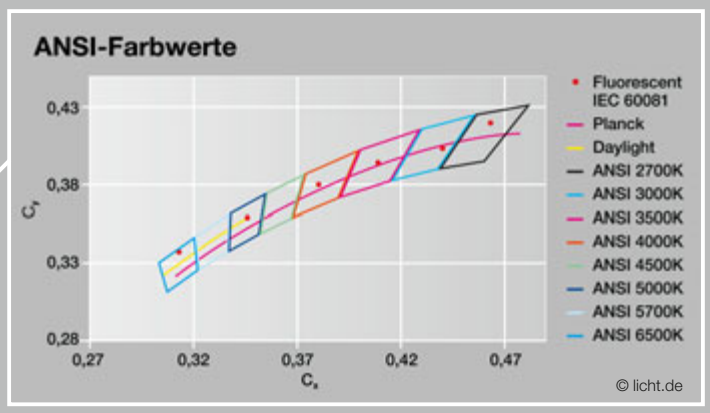
Bei der industriellen Produktion von LEDs kommt es innerhalb einer Charge immer zu Abweichungen: Die Dioden variieren zum Beispiel in ihrer Farbe und Leuchtkraft. Damit eine konstante Lichtqualität mit gleichem Helligkeitsniveau und einheitlicher Lichtfarbe gewährleistet ist, müssen die LEDs einer Charge sortiert werden („Binning“ genannt). Wichtige Auswahlkriterien sind hier:

> Lichtstrom, gemessen in Lumen (lm)
> Farbtemperatur, gemessen in Kelvin (K)
> Vorwärtsspannung, gemessen in Volt (V).

[36] Einheitliche Lichtfarben der LEDs garantiert das ANSI-Binning.

Definition der Farbwerte weißer LEDs





Die Farbwerte von LEDs unterliegen natürlichen Schwankungen. Sie müssen kategorisiert werden, damit eine einheitliche Lichtfarbe gewährleistet ist. Die Sortierung der LEDs nach ihrem Farbwert heißt „Binning“.

Das rote Dreieck im Farbdreieck (links) der internationalen Beleuchtungskommission CIE zeigt den Raum auf, in dem theoretisch ein Farbort durch Farbmischung von drei LEDs eingestellt werden kann. Befindet sich die Binninggruppe auf der schwarz eingezeichneten Plank’schen Kurve, spricht man von einem „reinen Weiß“. Liegt das Bin oberhalb der Kurve, wirkt die LED grünlich.
Heute werden LEDs nach der ANSI-Norm (ANSI = American National Standards Institute) sortiert. Sie definiert Farbwertabweichungen im xy-Raum mithilfe der MacAdam-Ellipse und empfiehlt, dass der Farbwert innerhalb einer Ellipse mit vier Schwellwerteinheiten liegen sollte. LEDs dieser eng gefassten Bins garantieren einheitliche Lichtfarben, zum Beispiel 2.700 Kelvin für Warmweiß.

LEDs in Hotel und Service

Traditionshotel oder Szenebar, Landgasthof oder Wellness-Oase: Erfolgreiche „Gastgeber“ verwöhnen ihre Besucher, bieten Genuss und Wohlbefinden. Das richtige Licht ist dabei ebenso wichtig wie perfekter Service.

In Hotels, Restaurants und Wellnesseinrichtungen spielt die Beleuchtung eine wichtige Rolle. Sie trägt wesentlich dazu bei, dass sich der Gast auf Anhieb wohlfühlt und gerne wiederkommt. Licht spielt hier seine emotionalen Qualitäten aus, unterstreicht eine behagliche und angenehme Atmosphäre.

Zugleich dient die Beleuchtung der Orientierung, zum Beispiel in Parkhäusern, auf Fluren und Gängen. In Konferenzräumen, Hotelzimmern und Servicebereichen muss sich Licht außerdem unterschiedlichen Raumnutzungen anpassen – und soll dabei auch möglichst wenig Kosten verursachen.

Leistungsstarke LED-Systemen erfüllen die komplexen Anforderungen in Service und Gastronomie auf höchstem Niveau: Sie
> sind flexibel steuerbar und bieten dynamische Inszenierungen mit satten Farben,
> unterstreichen mit unterschiedlichen Weißtönen ein wohnliches oder frisches Ambiente,
> halten bis zu 50.000 Stunden und länger,
> sind sehr effizient,
> sind klein und dezent, akzentuieren die Architektur
> sparen Wartungskosten und schonen die Umwelt.

Die kleinen Kraftpakete sorgen nicht nur für beste Lichtqualität; sie sind zugleich ausgesprochen sparsam. So lassen sich mit LED-Lösungen und intelligenter Lichtsteuerung bis zu 75 Prozent der Beleuchtungskosten einsparen. Ein weiterer Vorteil: Ihre Langlebigkeit spart Wartungskosten, denn häufige Lampenwechsel an schwer zugänglichen Stellen wie in hohen Treppenhäusern entfallen. Zudem reduziert die geringe Wärmeentwicklung von LEDs die Kosten für die Klimatisierung.

Der erste Eindruck zählt

Mit einem breiten Spektrum an Farben und Farbtemperaturen sorgen LEDs für einen freundlichen Empfang. Sie führen die Besucher und erleichtern die Kommunikation

37

zwischen Gästen und Personal. Eine flächige Beleuchtung vermittelt Großzügigkeit und kann gut zur Allgemeinbeleuchtung eingesetzt werden. Solche Lösungen lassen sich mit flutendem LED-Licht aus Vouten oder mit einem kompletten diffus-opalen „Lichthimmel“ aus hinterleuchtetem Glas umsetzen. Bestens geeignet sind warmweißes Licht oder freundlich-helle Farbtöne.

Trittfeste Einbauleuchten am Boden oder dezente Lichtpaneele in der Wand leiten Besucher zur Rezeption. Dort erleichtert das blendfreie, warmweiße Licht filigraner LED-Leuchten die Arbeit am Computer. Gute Farbwiedergabe mit $\geq R_a$ 90 garantiert, dass Farben, Gesichter und Gegenstände natürlich erscheinen.

In Lobby, Bar und Flur setzen LED-Strahler mit gerichtetem Licht starke Akzente und bieten sich als energieeffizienter Ersatz für Halogenlampen an. Ihr großes Plus: Sie geben weder ultraviolettes noch infrarotes Licht ab. So nehmen auch alte Meister oder moderne Kunst keinen Schaden, lassen sich ausgefallene Dessertkompositionen appetitanregend ins Licht rücken, ohne auszutrocknen.

Lichtkomfort mit Farbe und Dynamik

Von besonderem Reiz sind die farbige Inszenierung einzelner Flächen und dynamisches Licht. Das wissen nicht nur erfahrene Hoteliers; auch zahlreiche Studien belegen die positive Wirkung auf den Menschen. Mit LED-Lichtlösungen ist es besonders leicht, die wohltuenden Effekte von Farbe und dynamischem Licht zu nutzen. Dabei kommen die Leuchtdioden ganz ohne Farbfilter aus: Schon eine einzelne LED-Leuchte kann –

38

[37] Blickfang in der Lounge ist die Schieferwand: Kubische Einbauleuchten mit jeweils einer 1,2 Watt-LED strahlen in drei unterschiedlichen Weißfarben und geben der Wand Tiefe.

[38] Die richtige Beleuchtung trägt zur Entspannung bei. Hier spendet eine homogene Licht-Wand am Bett angenehm diffuses Licht.

39

40

ausgestattet mit einem entsprechenden Modul – neben unterschiedlichen Weißtönen mehr als 16 Millionen unterschiedliche Farbnuancen zur Verfügung stellen.

LED-Beleuchtung mit farbdynamischer Steuerung bringt vielfältigen Nutzen. Im Hotelzimmer kann der Gast so „sein“ Licht dem Biorhythmus entsprechend einstellen – morgens frische Weißtöne mit hohem Blauanteil fürs Wachwerden, abends mehr Rotanteile für behagliche Stimmung. In Konferenzräumen wechselt das Licht ganz nach Wunsch und Anforderung von konzentrationsfördernder Beleuchtung über beruhigend-sanft bis zu inspirierenden Farbwechseln fürs kreative Brainstorming.

Auch in Wellnessbereichen sorgt eine intelligente, einfühlsame Farbsteuerung für tolle Effekte, die Kunden zu schätzen wissen. Grüntöne beruhigen bei der entspannenden Massage, ein zartes Violett macht sich gut im Ruhebereich der Sauna, und Türkisblau vermittelt im Whirlpool Sauberkeit und Frische. Damit in Schwimmbädern, Tauchbecken oder Duschen die Sicherheit nicht baden geht, dürfen dort allerdings nur LED-Leuchten mit entsprechenden Schutzklassen eingesetzt werden.

LED-Systeme hoher Qualität können nahtlos gedimmt werden. So gibt’s zum Relaxen in Ruhezonen dezente Lichtstärken, zur Reinigung helles Licht.

Highlight in Lounge und Barbereichen sind videofähige LED-Systeme. Sie lassen Lichtdecken Geschichten erzählen. Mit unterschiedlichen Formen und langsam wechselnden Farben sorgen sie für subtile Wohlfühlatmosphäre, mit eingespielten Bildern setzen sie Trends. Diese Flächenleuchten können an Decken oder Wänden installiert werden.

Lichtsteuerung für Komfort

Licht nach Wunsch und Stimmung setzt Lichtsteuerung und entsprechende Managementsysteme voraus. Sie sollten möglichst einfach und komfortabel für Gast und Personal zu nutzen sein. Einfache Steuerungen bieten multifunktionale Bedienelemente, die mit einem Panel eine Vielzahl an Schaltern und Dimmern ersetzen.

Auf Knopfdruck oder per Fernbedienung lassen sich programmierte Lichtstimmungen mit einfach verständlichen Kommandos abrufen – nützlich für Hotel- und Konferenzzimmer. Dabei können Beleuchtung und Jalousien je nach Tageslicht und Wetter gesteuert werden. Werden Tageszeit und Anwesenheit berücksichtigt, lässt sich mit Lichtmanagement nochmals nachhaltig Energie einsparen. Das rechnet sich auch in WC-Anlagen und in der Parkgarage.

Langlebige, sparsame LED-Leuchten und Lichtmanagement bieten damit die Voraussetzung, alle Gebäudebereiche effizient und in maximaler Lichtqualität zu beleuchten. Je nach Ausbaustufe können so alle Bereiche zentral überwacht und bedient werden: Vom Hotelzimmer bis zum Parkplatz.

41

[39] Downlights und eine Voutenbeleuchtung über dem Eingang markieren den Weg zur Rezeption.

[40] Attraktive Lichtstimmung im Restaurant mit LEDs: Die hinterleuchtete Theke prägt das Interieur. Schmale LED-Module setzen auch die Glasregale an der Rückwand in Szene.

[41] LED-Lösungen mit dynamischer Farbsteuerung eignen sich gut für Wellnessbereiche. Je nach Tageszeit verwöhnen sie die Gäste mit anregendem oder entspannendem Licht.

42

43

44

LED für Kunst und Kultur

Moderne Kunst, Skulpturen oder alte Schriftstücke: Die Beleuchtung von Ausstellungen erfordert viel Fingerspitzengefühl und ein schonendes Licht. LEDs bringen zudem mit dynamischem Licht Farbe und Bewegung in die Inszenierung.

Bei der Lichtplanung für Museum oder Galerie stehen immer die Exponate im Mittelpunkt. Eine ansprechende Lichtdramaturgie nimmt darauf Rücksicht: Sie setzt Architektur und Ausstellungen wirkungsvoll in Szene, während die Lichtquellen selbst dezent im Hintergrund bleiben. Mit ihren sehr kompakten und extrem flachen Bauformen ist das für LED-Module kein Problem.

Lichtdecken öffnen Räume

Ein wichtiger Trend vor allem in modernen Museen und Galerien ist der Einsatz von großen und diffus strahlenden Lichtflächen. Ihr Vorteil: Das weich flutende Licht hebt Raumgrenzen auf und entschärft harte Konturen. Damit eignen sich großflächig hinterleuchtete Decken oder Flächen ideal für die Allgemeinbeleuchtung. Mit langlebigen LED-Lichtkacheln, Lichtlinien oder speziellen Modulketten können solche Lichtdecken einfach und quasi wartungsfrei realisiert werden.

Besonders reizvoll wirkt der Kontrast zwischen dem diffusen Licht einer LED-Lichtfläche und dem gerichteten Punktlicht von LED-Strahlern. Es lenkt den Fokus auf die Exponate. Zugleich gliedert und strukturiert es den Raum und hilft bei der Orientierung. Mit LED-Spots an Stromschienen oder kardanisch, also drehbar, aufgehängten Downlights bleibt die Akzentbeleuchtung auch bei wechselnden Präsentationen flexibel.

Wechselndes Licht

LED-Lösungen mit dynamischer Lichtsteuerung stellen die kompletten RGB-Farben und ein breites Spektrum an Pastell- und Mischtönen für individuelle Inszenierungen bereit. Ganz ohne Farbfilter und auf Knopfdruck wechselt das Licht von anregend-kühlem Blau über warmes Weiß bis zu glühendem Rot. Damit kann das Licht perfekt an unterschiedliche Epochen und Ausstellungsthemen angepasst werden. Helle glänzende Materialien wie Fotos wirken zum Beispiel bei hohen Farbtemperaturen um 5.000 Kelvin besonders brillant; historische Kostüme oder Möbel zeigen all ihre Facetten bei warmen 3.000 Kelvin. Über Helligkeitsanpassungen im Bereich zwischen 10 und 100 Prozent lassen sich weitere Akzente setzen.

LED-Licht schont alte Meister

Lichtplanungen für Museen müssen auch auf konservatorische Belange Rücksicht nehmen. Ölbilder, alte Papiere und Stoffe sind empfindlich und dürfen durch Lichteinfall oder Hitze keinen Schaden nehmen. LEDs meistern diese Anforderungen spielend: Sie geben weder ultraviolette (UV) noch infrarote (IR) Strahlung ab, und das abgestrahlte Licht bleibt kühl. Damit schützen sie sensible Exponate vor dem Zerfall und erhalten die Farben.

Starke Effekte auf der Bühne

Bei Rockkonzerten, im Theater oder für TV-Shows: Wenn es um aufmerksamkeitsstarke Inszenierungen geht, sind satte Farben und Lichtwechsel gefragt. Moderne Steuersysteme mit digitalen Schnittstellen sorgen für gelungene Effekte. So können zum Beispiel große Flächen mit vielen LED-Punkten nicht nur an- und ausgeschaltet oder gedimmt werden, jeder Lichtpunkt kann auch separat angesteuert werden, Farbe und Intensität ändern. Mit videofähigen LED-Leuchten, die Bilder und Filmsequenzen abspielen können, wird das Licht dann selbst zum Hauptdarsteller.

[42] Im Museum überzeugen moderne LED-Strahler durch ihre Vielseitigkeit. Farbtemperaturen und Farbnuancen können einfach modifziert werden und setzen die jeweilige Ausstellung perfekt in Szene. LED-Licht ist frei von UV- und IR-Strahlen, schützt so auch empfindliche Materialien.

[43] Energieeffiziente LED-Spots an einem filigranen Schienensystem leuchten Skulpturen auch aus einer Höhe von fünf bis sechs Metern perfekt aus.

[44] Mit LED-Licht werden die alten Schriften in den Vitrinen schonend und gleichmäßig ausgeleuchtet.

LEDs für Shops und Präsentation

Samstags zum Shoppen in der City oder auf der grünen Wiese: Flexibles LED-Licht macht den Einkauf zum emotionalen Erlebnis, erleichtert den Mitarbeitern den Dienst am Kunden und trägt wesentlich zum Unternehmenserfolg bei.

[45+46] LED-Licht inszeniert den Shop als Erlebniswelt – und kommt ganz ohne Leuchtenkörper aus. Sanft flutendes Licht spenden großflächige Lichtwände, filigrane Lichtbänder beleuchten die Vitrinen.

[47] Eyecatcher im Einkaufszentrum ist die LED-Mediendecke, die mit bewegten oder statischen Bildern bespielt werden kann.

Exklusiver Markenshop oder Lebensmittelmarkt mit Feinkostecke: Moderne Beleuchtung inszeniert das Warenangebot und schafft immer neue Erlebniswelten. Flexibles und farbiges LED-Licht gibt der Präsentation den richtigen Pfiff. Es führt und informiert, dramatisiert und differenziert...

Leuchtdioden beweisen nicht nur hohes Verkaufstalent. Äußerst effizient, tragen sie 50.000 Arbeitsstunden lang dazu bei, die Energiekosten zu reduzieren. Immerhin gehen rund 25 Prozent des Stromverbrauchs im Einzelhandel auf das Konto der Beleuchtung. Da lohnt es sich, der Beleuchtung besondere Aufmerksamkeit zu widmen und Energie intelligent zu nutzen.

LEDs bewegen das Licht

Moderne LED-Technologie bringt ganz neue Töne in den spannungsreichen Dialog zwischen Licht und Waren. Besonders trendy sind derzeit sanft flutende Lichtdecken. Vor allem in großen Malls sorgen sie für stimmungsvolles Licht und entgrenzen den Raum. Videofähige LED-Medienleuchten zaubern auf Knopfdruck Bilder und Botschaften an die Decke oder bilden den Himmel im Tagesverlauf nach. Sie können je nach Bedarf mit bewegten oder statischen Bildern bespielt werden und verfügen über hohe Bildqualität in gleichmäßigen Farben. Dynamische Farb- und Lichtsteuerung setzt Produktpräsentationen und Schaufenster in Szene. Mit elektronischen Steuersystemen können beliebige Lichtkombinationen und Stimmungen abgespeichert und in gewünschter Reihenfolge aktiviert werden.

Farbiges Licht für jede Kollektion

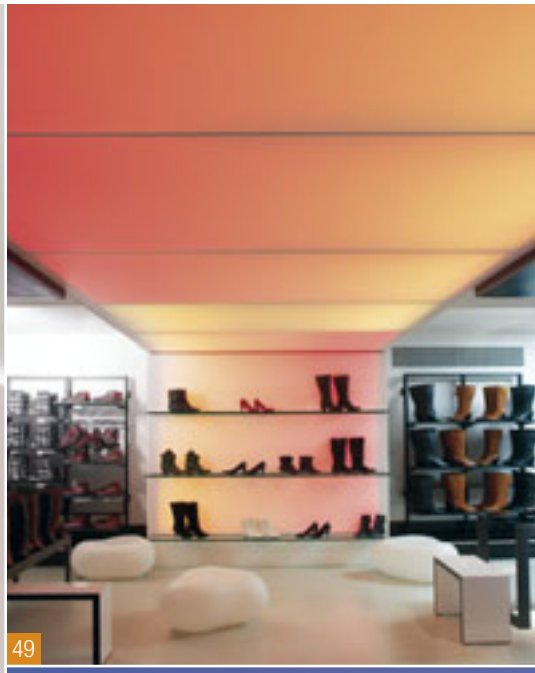
Farbiges Licht ist ein großes Thema im Verkauf: Dezent beleuchtete Hohlkehlen in Wand und Decke, sogenannte Vouten,

45

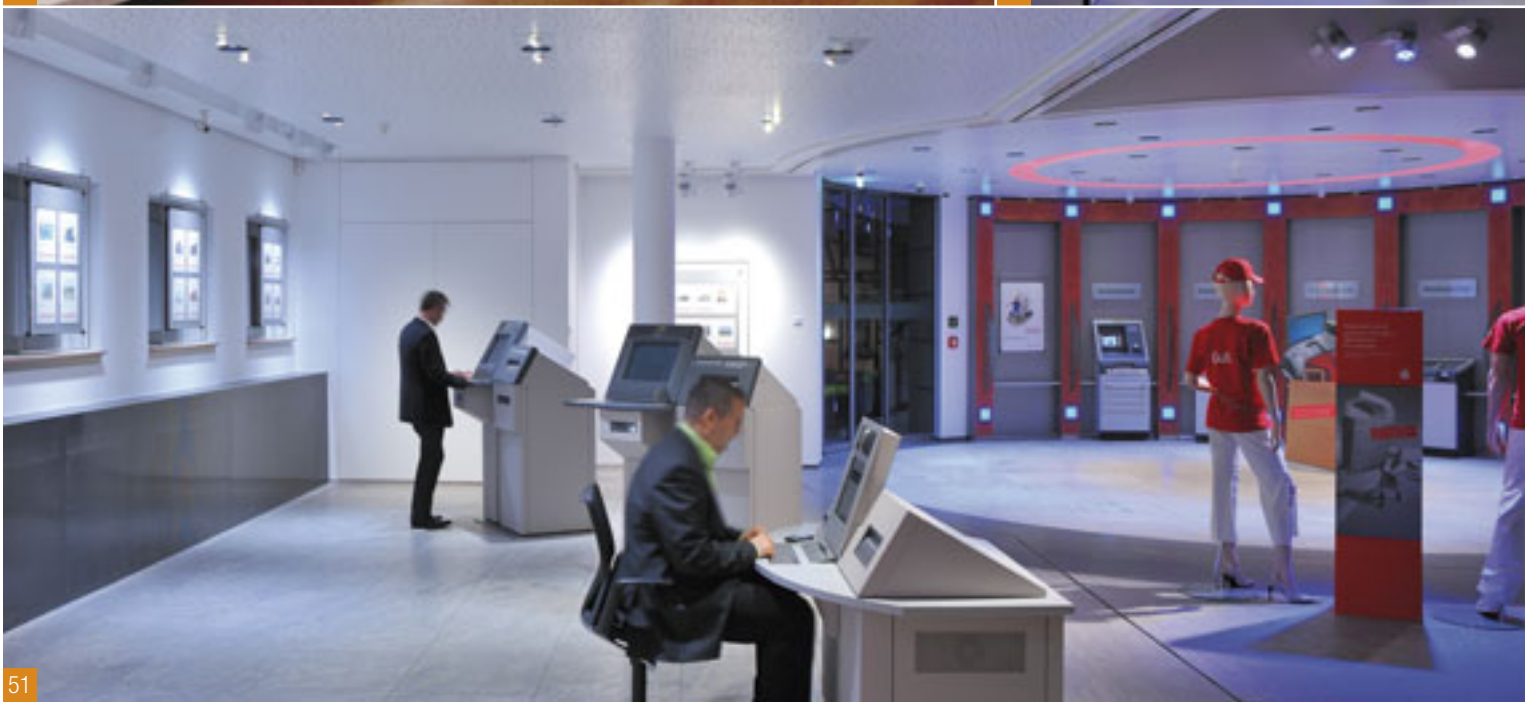
46

47

48


49

50


51

heben Grenzen auf, Bodeneinbauleuchten markieren unterschiedliche Bereiche, Spots mit gerichtetem Licht lenken den Blick auf Produktpräsentationen. Mit LEDs ist es einfach, angenehm weißes Allgemeinlicht mit farbigen Akzenten zu kombinieren.

So wechselt die Beleuchtung mit jeder neuen Kollektion: Frische Gelb- und Grüntöne für den Sommer, warme Orange- oder Rottöne für den Herbst und im Winter kühles Weiß und Blau. Das funktioniert auch in der Feinkostabteilung. Kühle Farbnuancen betonen die Frische von Obst, Fleisch- und Fischwaren; Strahler mit Rot-Grün-Wechsel sorgen für die charmante Beleuchtung edler Tropfen in der Weinabteilung.

LED-Licht für sensible Waren

Projiziertes, direkt auf das Objekt gerichtetes Licht schafft hohe Leuchtdichten. Das weckt Aufmerksamkeit. Mit LEDs können auch empfindliche Waren – Kosmetika, Lebensmittel, sensible Stoffe oder Leder – problemlos beleuchtet werden. Ihr Licht ist frei von schädlichen Infrarot- und Ultravioletttstrahlen; zusätzliche Schutzfilter sind nicht mehr nötig.

Da Spots und LED-Leuchten deshalb direkt in Regale installiert werden können, lässt sich die Ware im Vergleich zu herkömmlicher Akzentbeleuchtung mit weniger Energieleistung gezielt beleuchten.

Lösung für schwierige Bereiche

Die hohe Lebensdauer der LEDs spart Wartungskosten. Das ist besonders praktisch in Bereichen, in denen jeder Lampenwechsel mit hohem Aufwand verbunden ist, zum Beispiel an Rolltreppen oder in sehr hohen Räumen.

Auch in Tiefkühlschränken leisten LEDs gute Dienste und können einfach gegen Leuchtstofflampen ausgetauscht werden. Ihr großer Vorteil: Während Leuchtstofflampen bei minus 20 Grad Celsius schneller abbauen, lebt die LED bei Minusgraden richtig auf. Vibrationen durch zuschlagende Türen machen ihr nichts aus – und in der Regel hält sie länger als die Tiefkühltruhe.

[48] Elegante Lichtlösung für den Counter: Weißes LED-Licht flutet aus der Voute unter der Decke und betont den Schwung der Theke.

[49+50] Farbiges Licht lenkt die Aufmerksamkeit und kann individuell auf jede Kollektion abgestimmt werden.

[51] Das Beleuchtungskonzept mit weißem Funktionslicht und farbigem Effektlicht sorgt auch in den Abendstunden für eine angenehme Raumatmosphäre in der Bank und vermittelt Sicherheit. Die LED liefert mit ihren variablen Farbtemperaturen warm- bis kühlweißes Licht. So kann die Beleuchtung im Tagesverlauf die richtigen Impulse für den biologischen Rhythmus des Menschen setzen.

[52] Tagsüber flutet viel Tageslicht in das Einkaufszentrum, abends übernehmen effiziente LEDs die Beleuchtung. Farbiges Licht akzentuiert die Architektur.

[53] Bei Minusgraden fühlen sich LEDs richtig wohl. Gleichmäßig beleuchten sie die Tiefkühlware, sind sparsam im Betrieb und vibrationsfest.

52

53

LEDs in Klinik und Praxis

Das Gesundheitswesen ist im Wandel. Krankenhäuser entwickeln sich zu modernen Health-Care-Zentren und müssen sich ebenso wie Praxen und Pflegeeinrichtungen dem Wettbewerb stellen. Maßgeschneiderte Lichtkonzepte tragen dazu bei, dass sich Patienten gut aufgehoben fühlen.

Schon die alten Ägypter wussten um die Macht der Farbe: Sie tauchten die Zimmer von Kranken gerne in warm-rötliches Licht. Die moderne Wissenschaft bestätigt die wohltuende Wirkung von Farbe und dynamischer Beleuchtung auf den Menschen. Ging es früher darum, optimales Licht für Diagnose und Therapie bereitzustellen, gewinnt heute die psychologische und ästhetische Wirkung von Licht in Krankenhäusern, Praxen und Pflegeeinrichtungen immer mehr Bedeutung. Mit LED-Systemen sind solche Konzepte einfach und effizient umzusetzen.

Farbe bringt Emotion ins Licht – und wirkt sich direkt auf das Wohlbefinden von Patienten aus. Effiziente und flexible LED-Lösungen laden ein zum kreativen Umgang mit der Beleuchtung: Als Wand- und Bodeneinbauleuchten sorgen sie für Orientierung, in der Kombination von flächig-strahlenden Wallwashern mit brillanter Akzentbeleuchtung gliedern sie lange fensterlose Flure, diffus strahlend empfangen sie Patienten im Aufwachraum und beruhigen werdende Eltern im Kreissaal.

Die richtige „Medizin“: LED-Licht

Nicht nur im Wartebereich ist Licht in sanften Farben die richtige „Medizin“ gegen Angst und Beklommenheit. Gute Dienste leistet es zunehmend auch in einer Umgebung, die stark von medizinischen Geräten bestimmt ist. Bei Untersuchungen mit dem Computertomografen (CT) oder bei der digitalen Mammografie trägt ein farbiges

54

[54] Warme Farben und warmweißes LED-Licht helfen mit, dass werdende Mütter sich im Klinikum Nürnberg wohlfühlen.

[55+56] Hell und freundlich ist die Atmosphäre in der Arztpraxis. Das Beleuchtungskonzept setzt ganz auf LED-Leuchten, deren zurückhaltendes Design perfekt mit der Einrichtung korrespondiert.

55

56

Lichtambiente erheblich dazu bei, dass sich der Patient entspannen kann. Und weil mit der Angst auch der Stresspegel sinkt, kann zugleich die Fehlerquote bei Untersuchungen reduziert werden.

Mit RGB-Steuerungen lässt sich das Licht den Bedürfnissen beliebig anpassen: weiß oder farbig, lichtstark oder sanft gedimmt, statisch oder mit dynamischen Wechseln. Damit lässt sich auch im Patientenzimmer ein angenehmes Lichtklima mit Rücksicht auf den biologischen Rhythmus des Menschen realisieren: Am Morgen zur Visite gibt kühles Tageslichtweiß Energie, nachmittags sorgt warmweißes Licht für Entspannung, abends wird das Allgemeinlicht stark gedimmt und durch Akzentlicht ergänzt.

LEDs in der Praxis

Mit hoher Leistungskraft und puristischem Design sorgen die effizienten und wartungsarmen LEDs auch in der Arztpraxis für optimales Licht. Diffus strahlende Lichtkacheln oder Einbaustrahler geben Orientierung, Leuchten mit Direkt- und Indirektanteilen blendfreies Licht im Wartebereich sowie für die Arbeit an Computer und elektronischen Geräten. Spots setzen Bilder, Skulpturen und Pflanzen in Szene.

In den Behandlungsräumen brauchen Arzt und medizinisches Personal eine gute Allgemeinbeleuchtung von rund 500 Lux und eine flexible Beleuchtung für die Untersuchung. Mit intelligenten Steuerungssystemen kann das Licht einfach geschaltet und gedimmt werden. Das sorgt für Komfort und spart nochmals Energie.

Licht für Untersuchung und OP

Lichtstarke Hochleistungsdioden werden immer häufiger auch für Untersuchungsleuchten eingesetzt. Hier ist nicht nur ihre lange Lebensdauer von Vorteil, die Wartungen auf ein Minimum begrenzt, sondern auch ihre halbräumliche Abstrahlung und die Möglichkeit, die „Punktlichtquelle“ durch Optiken gut lenken zu können. Und im Gegensatz zu konventionellen Lampen hat LED-Licht weder ultraviolette noch Infrarot-Anteile; das schont Haut und Gewebe.

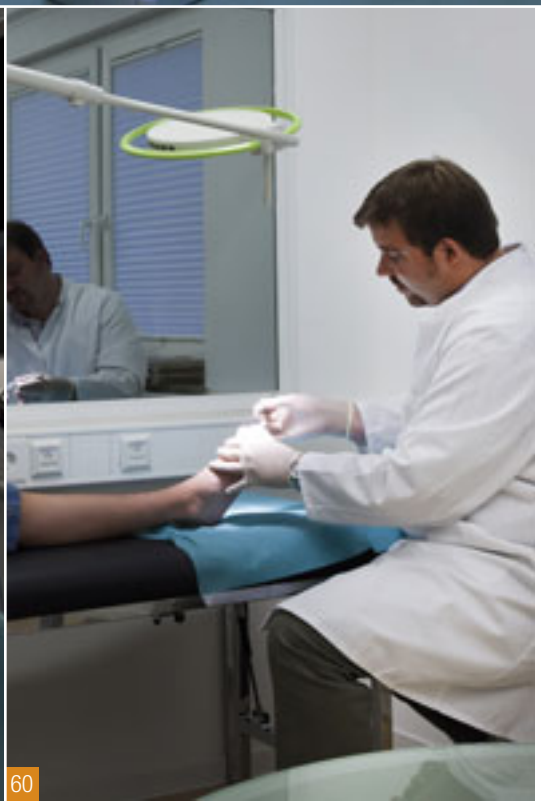
Der Einsatz verschiedenfarbiger LEDs in einer Leuchte erleichtert die Beurteilung spezieller Haut- und Wundtypen. Im Prinzip hat ein „Mangel“ zu dieser Entwicklung geführt: Denn die Farbwiedergabe neutralweißer LEDs ($R_a \geq 90$) reicht derzeit oft noch nicht aus für die diffizilen Sehanforderungen im Operationssaal. Bis Dioden mit optimierten Phosphorbeschichtungen höherer Farbwiedergabe erhältlich sind, werden deshalb neutralweiße Chips mit weiteren Lichtfarben kombiniert. Sie gleichen Lücken in der spektralen Zusammensetzung aus und gewährleisten beste Farbwiedergabe.

Diese Farbmischung bietet Medizinern zugleich die Option, das weiße LED-Licht per Knopfdruck oder Fernbedienung je nach Untersuchung zu variieren: zum Beispiel Neutralweiß für allgemeine Untersuchungen, warmweißes Licht zur Beurteilung der Hautoberfläche, kaltweißes Licht zur einfachen Identifikation einzelner Gefäße.

57

58

59



60

[57] Kunst im Flur einer Praxis. Die filigranen Wandleuchten aus Aluminium sind mit LEDs acht Watt bestückt; das entspricht einer 30-Watt-Halogenlampe. Auf Kniehöhe markieren die LED-Wandleuchten mit je zwei Watt den Weg durch die Praxis.

[58] OP-Leuchten mit lichtstarken LEDs erleichtern Chirurgen die diffizilen Sehaufgaben im Operationssaal. Lichtfarbe und Helligkeit können sekundenschnell verändert werden.

[59] Lichtambiente mit doppeltem Effekt: Eine dynamische LED-Beleuchtung nimmt den Patienten Angst und mindert damit auch Fehlmessungen. Im Behandlungsraum für Kernspindiagnostik (MRT) am Marienkrankenhaus Hamburg können mehr als 60.000 verschiedene Lichtfarben dargestellt werden. Positiver Nebeneffekt sind weniger Energiekosten und Wartungsfreiheit.

[60] Verschiedenfarbige LEDs in der Untersuchungsleuchte erleichtern Medizinern die Beurteilung spezieller Haut- und Wundtypen.

LED-Spezial: Betriebs- und Steuergeräte

Die Arbeitsweise von LED-Modulen in Leuchten wird durch die Strom- und Spannungsversorgung entscheidend beeinflusst. Elektronische Betriebsgeräte sorgen durch exakte Definition der elektrischen Parameter für optimale Lichtausbeute, lange Lebensdauer und können durch „intelligente“ Steuerung Effizienz und Komfort noch deutlich erhöhen.

Typ und Anwendung der LED-Leuchte bestimmen die Wahl der Betriebsgeräte. Leuchten können direkt mit Netzspannung versorgt werden – wenn die Betriebsgeräte in den Leuchten integriert sind – oder arbeiten über externe Betriebsgeräte, z. B. mit Schutzkleinspannung. Das Dimmen der LED-Module erfolgt über getrennte Steuereingänge (z.B. DALI, DMX) oder über eine Pulsweiten-Modulation.

Grundsätzlich gewährleisten Betriebsgeräte für LED-Module oder LED-Leuchten:
> eine typgerechte Energieversorgung; in der Regel mit Sicherheitskleinspannung (SELV),
> sicheren Betrieb auch bei schwierigen Umgebungsbedingungen,
> je nach Typ auch die Steuerung von LEDs und stellen Schnittstellen für Management-Systeme bereit,
> eine lange, auf die LED abgestimmte Lebensdauer, damit die LEDs effektiv genutzt werden können.

Betriebsgeräte sind direkt auf der Platine der LED-Module integriert – wie zum Beispiel bei LED-Modulen in gesockelter Ausführung (Retrofit-Lampen) – oder als separate Komponente konstruiert.

Nach Definition wird zwischen Betriebsgeräten als integraler Bestandteil einer Leuchte, als Einbau- oder als unabhängiges Betriebsgerät unterschieden. Integrierte Betriebsgeräte können nicht ohne Zerstörung aus einer Leuchte entfernt werden, Einbaubetriebsgeräte indes mit Hilfe von Werkzeugen entfernt oder gewechselt werden. Beim Einsatz von Einbau- oder unabhängigen Betriebsgeräten müssen Leuchten die sicherheitsrelevanten Anforderungen erfüllen. Separate Betriebsgeräte entsprechen durch ihre Konstruktion den sicherheitsrelevanten Anforderungen nach internationalen Normen und können so außerhalb von Leuchten oder entsprechenden Konstruktionen installiert werden.

Netzspannung reduzieren

Neben der konstruktiven Ausführung von Betriebsgeräten hat auch die Versorgungsspannung der LED-Module eine große Bedeutung.

Es gibt zwei Arten von Betriebsgeräten, um die Netzspannung LED-gerecht zu transformieren:
> *Betriebsgeräte mit konstanter Ausgangsspannung* drosseln die Netzspannung von 230 Volt auf eine stabilisierte Kleinspannung – zum Beispiel 10, 12 oder 24 Volt. Diese Betriebsgeräte werden üblicherweise für LED-Module verwendet, die entsprechende Strombegrenzungseinrichtungen auf der Platine enthalten.

LED-Module, die mit konstanter Kleinspannung betrieben werden, müssen *spannungsgeführt angesteuert* werden. Sie erlauben nur eine einfache Regelung der Lichtintensität durch „Pulsen“ der Spannung – heißt: ein- oder ausschalten. Bei dieser Betriebsart ist eine Strombegrenzung auf den LED-Modulen notwendig, da die Vorwärtsspannung einzelner LEDs stark streut. Ist die Strombegrenzung falsch ausgelegt, können Dioden und Betriebsgeräte zerstört werden. Deshalb sollten nur speziell auf die jeweiligen LEDs abgestimmte Betriebsgeräte verwendet werden. In der Regel werden LED-Leuchten, die mit einer Leistung von unter 0,5 Watt arbeiten, spannungsgesteuert betrieben.

> *Betriebsgeräte mit konstantem Ausgangsstrom* erzeugen aus der Netzspannung von 230 Volt einen stabilisierten Ausgangsstrom. Üblicherweise werden konstante Ausgangsströme von zum Beispiel 350 Milliampere (mA), 700 mA oder 1.050 mA realisiert.

Mit dieser Variante können LED-Module direkt betrieben und die LEDs „in Reihe“ geschaltet werden – bis zur maximalen Leerlaufspannung des Betriebsgerätes. Die Geräte sind typischerweise ebenfalls auf eine Schutzkleinspannung begrenzt.

Die stromgeführte Ansteuerung von LED-Modulen bietet mehr Vorteile bei konstantem Betrieb und punktet bei der Leistungsbilanz (gemessen in Lumen/Watt), da keine Energieverluste durch Bauteile zur Strombegrenzung auftreten. Die Dioden können dank stabilem Betriebsstrom auch nicht überlastet werden; schwankende Vorwärtsspannungen spielen hier keine Rolle. Diese Ansteuerung eignet sich besonders für leistungsstarke Hochstromdioden.

Gut zu wissen: Alle auf dem Markt erhältlichen Betriebsgeräte, die den einschlägigen Sicherheitsanforderungen entsprechen und Schutzkleinspannung (SELV) am Ausgang erzeugen, sorgen für sichere Netztrennung. Sie besitzen einen internen Transformator. So können auch nicht schutzisolierte LED-Module ohne Gefahr berührt werden.

Lichtmanagement

Helligkeit und Farben lassen sich bei LEDs nahezu unbegrenzt kombinieren. Lichtmanagement sorgt für das richtige Licht am richtigen Platz zur richtigen Zeit. „Intelligente“ Steuerungssysteme bieten vier wichtige Vorteile:
> einfache Anpassung der Beleuchtung an unterschiedliche Arbeiten oder Tageszeiten,

> hohe Kosten- und Energieeinsparung,
> dynamische Steuerung des Lichts,
> hohe Flexiblität.

Je nach Aufgabe lassen sich einzelne Leuchten-, Raum- oder komplexe Gebäude- und Außenraumlösungen realisieren – von der Steuerung einzelner Lichtpunkte bis zu unterschiedlichen Lichtmilieus. Damit bieten LEDs effiziente Lösungen für eine normgerechte Allgemeinbeleuchtung sowie für individuelle Akzentbeleuchtung und Inszenierungen.

Dimmen und Farbsteuerung

Generell setzt die Steuerung des Lichts voraus, dass Leuchten geschaltet oder gedimmt werden können: manuell, mit Zeitschaltuhren, rechnergesteuert oder über Sensoren. Über entsprechende Sensoren wird die Lichtintensität geregelt: abhängig von Zeit, Anwesenheit oder vom Tageslicht. LED-Leuchten werden in der Regel über die sehr effiziente und verlustarme Methode der Pulsweiten-Modulation gedimmt. Dabei wird das Licht mit so hoher Frequenz digital ein- und ausgeschaltet, dass das menschliche Auge den Wechsel nicht wahrnehmen kann.

Farbige Inszenierungen sind zum Beispiel mit RGB-Steuerungen möglich. Im Drei- oder Mehrkanalbetrieb können gleiche oder unterschiedlich farbige LED-Module angesteuert werden. So entstehen durch additive Farbmischung und exakt gesteuertes Dimmen aus Rot, Grün und Blau bis zu 16,7 Millionen Farbtöne. Von Zartlila über Orange bis Nachtblau – mit schwachen oder satten Farben, die nebeneinander stehen oder ineinander fließen, schafft LED-Licht faszinierende Erlebniswelten mit beruhigender oder anregender Wirkung. Besonders ansprechend wirken dynamische Farbfolgen. Je nach Programmierung der Steuergeräte wechseln sie kaum wahrnehmbar, in festgelegten Intervallen von Sekunden, Minuten oder Stunden.

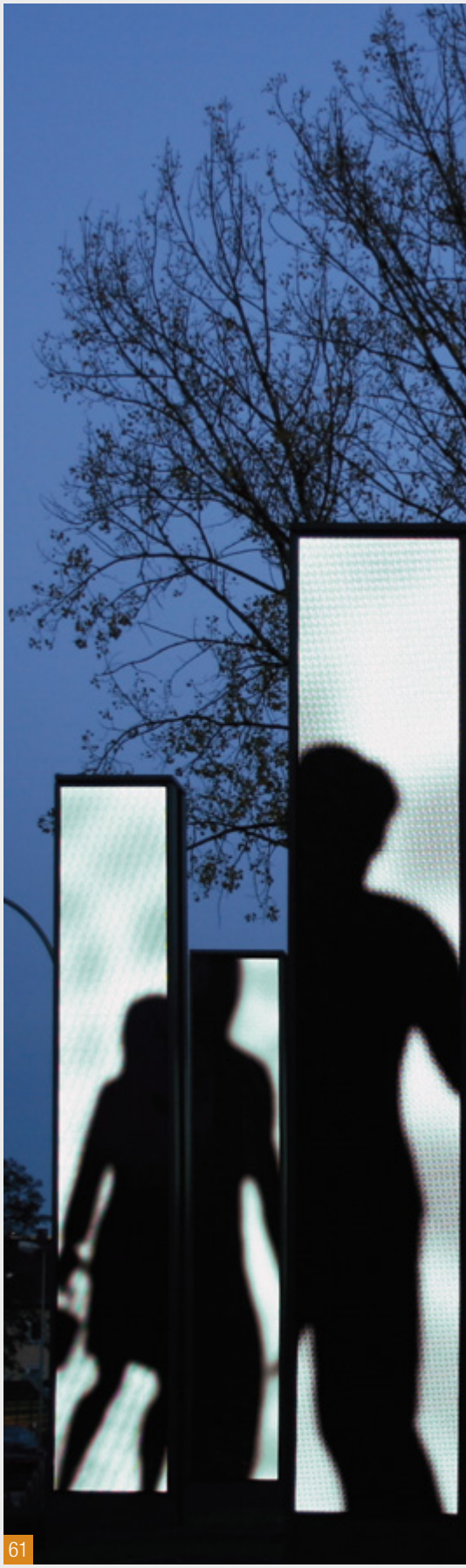
Schnittstellen für Steuersysteme

Über geeignete Schnittstellen lassen sich LED-Leuchten problemlos in moderne Steuersysteme einbinden. Zu den technisch einfachen Systemen zählen analoge Schnittstellen, wie die 1-10 V-Steuertechnik zum Dimmen von LEDs. Kombiniert mit einem Sequenzer, sind dabei auch farbdynamische Abläufe möglich. Entsprechende Signalempfänger in LED-Leuchten oder Verteilerdosen lassen sich häufig auch nachträglich noch installieren. Mit Multifunktionsschaltern oder komfortabel per Fernbedienung und Funk lässt sich das Licht nach Bedarf einstellen.

Sehr viel mehr Leistung bieten digitale Steuerungssysteme. Sie integrieren das Lichtmanagement in moderne BUS-Steuersysteme, die den steigenden Anforderungen an Komfort und Effizienz in Gebäudetechnik und Facility Management gerecht werden. Für raumbezogene Anwendungen oder kleinere Gebäudelösungen eignen sich Systeme, die mit der digitalen Schnittstelle DALI (Digital Addressable Lighting Interface) arbeiten. Sie kann mit einer geringen Anzahl von Leitungen viele Steuerkreise auch über große Entfernungen einzeln ansteuern. Über ein zentrales Steuerungs- und Bedienelement lassen sich so gewünschte Farbabläufe und Helligkeiten einfach dirigieren; auch energiesparende Präsenz- und Tageslichtregelungen sind mit entsprechenden Steuerungsgeräten möglich.

Zu den aufwendigeren digitalen Lösungen zählt das Multiplex-Übertragungsverfahren DMX. Es wurde in den USA entwickelt und zunächst vor allem für die Bühnenbeleuchtung eingesetzt. DMX wird heute auch von Architekten und Lichtplanern häufig eingesetzt, denn es kann mit einer zentralen Steuereinheit bis zu 512 Kanäle mit schnellen Signalfolgen individuell ansteuern, ermöglicht Farbmischungen, automatisierte Aus- und Überblendung. Für größere Anwendungen lassen sich mehrere DMX-Einheiten zusammenschließen.

Sowohl DALI als auch DMX lassen sich in übergeordnete Gebäudesystemtechniken, wie zum Beispiel KNX, integrieren. Diese Systeme vernetzen alle technischen Komponenten, steuern Heizung, Beleuchtung, Jalousien, Belüftung und Sicherheitstechnik nach Bedarf. Damit bieten sie hohen Komfort bei maximaler Effizienz.


61

[61] Kunst und Technik: Sechs Meter hohe Stelen werden in München für wechselnde Installationen genutzt. Die Stelen sind mit modernster LED-Lichttechnologie und digitalen Steuerungssystemen ausgestattet. Sie können mit statischen oder bewegten Bildern bespielt werden.

62

LEDs für Haus und Wohnung

Super beleuchten und dabei jede Menge Energie und Strom sparen: LEDs machen's möglich. Sie kommen auch zu Hause groß raus – nicht nur als Stimmungslicht für besondere Akzente, sondern ebenso in Küche und Bad oder als energiesparende Komplettlösung mit hohem Komfort.

[62] Eine elegante Lösung für den Außenbereich ist die extrem flache, transluszente Deckenanbauleuchte mit Spritzwasserschutz IP 44. Sie begnügt sich mit neun Watt und ersetzt mühelos eine 50 Watt-Halogenlampe.

[63] LED-Lösung für den Flur: Die Anbauleuchten an der Decke strahlen ihr energieeffizientes Licht direkt nach unten ab und erhellen mit indirektem Sekundärlicht auch Decke und Wand. Für zusätzliche Helligkeit sorgen bodennahe Wandleuchten.

[64] Mobile LED-Leuchten können flexibel eingesetzt werden und tauchen Räume in Farbe.

[65] Die LED-Schreibtischleuchte sorgt für energieeffizientes Licht beim Arbeiten.

„Hier bin ich Mensch, hier darf ich's sein": Goethes Worte lesen sich, als hätte er seine eigenen vier Wände beschrieben. Denn ob Mietwohnung oder eigenes Haus, im privaten Umfeld zählen Geborgenheit und der eigene Stil. Prima also, dass moderne LEDs für jeden Wohntyp und jeden Geschmack die richtige Lösung bieten. Die kleinen Dioden setzen reduzierte Bauhaus-Architektur ebenso in Szene wie den gemütlichen Landhausstil – sind maximal flexibel und dabei immer sparsam im Stromverbrauch.

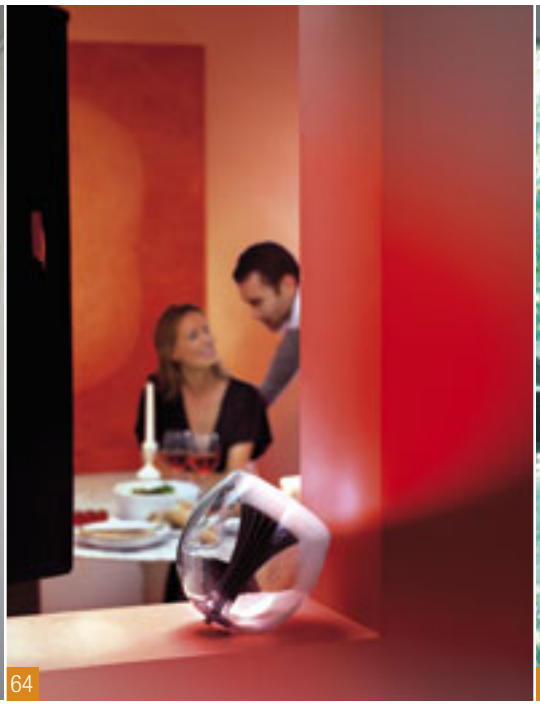
LEDs für jeden Wohntyp

Puristen freuen sich, wenn LEDs das Leben nach der Maxime „Form und Funktion" erleichtern, ganz dezent Architektur und Einrichtung betonen. Schmale Leisten lassen Licht aus abgehängten Decken oder schmalen Wandauslässen fluten, minimalistische LED-Downlights leuchten lichtstark den ganzen Esstisch aus, bündig eingebaute Strahler lenken Licht auf Treppenstufen und die Aufmerksamkeit auf Bilder und Skulpturen.

Farbliebhaber genießen das Wohlfühl-Duo „Licht und Farbe" und die über 16 Millionen Möglichkeiten der LED. Sie wissen: Farbiges Licht bringt den Körper dazu, stimmungsaufhellende Substanzen auszuschütten. Ein Griff zur Fernbedienung – und die Beleuchtung im Wohnzimmer wechselt von Meditativ-Blau zu Anregend-Rot.

Wer ganze Decken oder Wände in die Wunschfarbe tauchen möchte, braucht leistungsstarke RGB-Fluter. Praktische Alternative zu fest installierten Systemen sind transportable LED-Leuchten. Sie setzen Farbtupfer nach Lust und Laune.

63


64

65

Robust, effizient und langlebig

Und nicht nur Umweltschützer freuen sich über die vielen „grünen“ Eigenschaften nachhaltiger LED-Lösungen: Gegenüber der Glühlampe sparen sie 80 Prozent Energie ein. Das schont die Umwelt und das eigene Budget. Für Passivhäuser ist die geringe Wärmeentwicklung der LED ein wichtiger Vorteil. Lampenwechsel, Entsorgung? Ist bei LEDs kaum ein Thema, denn sie leben 50.000 Stunden und mehr – bei täglich drei Stunden Betrieb also ganze 45 Jahre lang. Zum Vergleich: Die Glühlampe hält etwa ein Jahr. Ein weiterer Umweltvorteil ist, dass Dioden im Gegensatz zur Energiesparlampe ohne Quecksilber auskommen. Sie müssen am Lebensende also nicht als Sondermüll entsorgt werden.

Auch in der Lichtqualität überzeugen LEDs. Mit warmweißer Lichtfarbe und guter bis sehr guter Farbwiedergabe geben sie ein frisches, natürliches Licht. Dioden bieten zudem 100 Prozent Leistung sofort nach dem Einschalten. Auch häufiges Ein- und Ausschalten – zum Beispiel beim Betrieb mit Bewegungsmelder – verkürzt die Lebensdauer der robusten Dioden nicht, im Gegensatz zu Energiespar- und Leuchtstofflampen.

LEDs im und ums Haus

Bei Neubauten bietet eine Beleuchtung mit LED-Systemen und Lichtsteuerung maximale Effizienz und besten Komfort. Über eine Gebäudesystemtechnik können dann zum Beispiel für ein ganzes Haus verschiedene Lichtstimmungen festgelegt werden: von „hell“ am Morgen bis „gemütlich“ am Abend. Diese Lichtstimmungen können die Bewohner jederzeit für den gewünschten Bereich per Fernbedienung abrufen.

LED-Lösungen lassen sich aber auch ohne umfassende Renovierung integrieren: So gibt es kompakte An- oder Einbauleuchten für den Innen- und Außenbereich, die vorhandene Baukörper nutzen können. Unkompliziert bringen mobile Leuchten LED-Licht in die Wohnung. Küchen- und Kleiderschrank werden mit flexiblen LED-Modulen in Licht und Farbe getaucht.

Und ganz einfach ist es schließlich, in vorhandenen Leuchten die alte „Glühbirne“ gegen sparsame LEDs zu tauschen: LED-Lampen gibt’s heute mit Schraub- oder Stecksockel, in unterschiedlichen Weißtönen, Farben und auch in Farbwechselvariationen. So lässt sich zum Beispiel eine 60 Watt Glühlampe sekundenschnell durch eine LED-Lampe austauschen. Sie liefert den gleichen Lichtstrom und braucht dafür nur acht Watt.

[66] Angenehm gleichmäßiges Licht geben die LED-Wandleuchten im Badezimmer mit integriertem Konverter. Der schmale Leuchtenkopf ist stufenlos nach vorne schwenkbar.

[67] Die kompakte Bauform der LED ermöglicht ganz neue, schlanke Leuchten. Die höhenverstellbare Pendelleuchte über dem Esstisch ist nur fünf Zentimeter breit, dabei ausgesprochen lichtstark und enorm sparsam.

[68] Bodeneinbauleuchten inszenieren den Eingang und geleiten Gäste zum Haus.

66

67

Energiekosten-Vergleich für eine Drei-Zimmer-Wohnung

Im Privatbereich punkten effiziente LEDs nicht nur durch ihre Lichtqualität; sie sparen auch jede Menge Energie und damit Stromkosten. Das Beispiel zeigt die Beleuchtungskosten für eine Drei-Zimmer-Wohnung, 58 Quadratmeter groß, in vier Jahren.

(Strompreis 0,21 Euro/kWh und 1.460 Betriebsstunden der Leuchten pro Jahr)

Raum	LED-Lösung	Konventionelle Lösung
Küche	32 Watt	194 Watt
Bad	20 Watt	90 Watt
Flur	24 Watt	150 Watt
Wohnzimmer	48 Watt	210 Watt
Schlafzimmer	44 Watt	235 Watt
Kinder-/Arbeitszimmer	23 Watt	102 Watt
Balkon	16 Watt	60 Watt
Konverter/Vorschaltgerät	31 Watt	104 Watt
Wattage, gesamt	238 Watt	1.145 Watt
Stromkosten in 4 Jahren, ca.	**292,– Euro**	**1.404,– Euro**
Ersparnis	**1.112,– Euro**	

68

LEDs in Industrie und Handwerk

Die Beleuchtung von Arbeitsplätzen in Industrie und Handwerk muss höchsten Ansprüchen an Qualität und Sicherheit genügen. Gleichzeitig soll das Licht am Arbeitsplatz energieeffizient und wartungsarm sein, denn Stillstandszeiten kann sich kein Unternehmen mehr leisten.

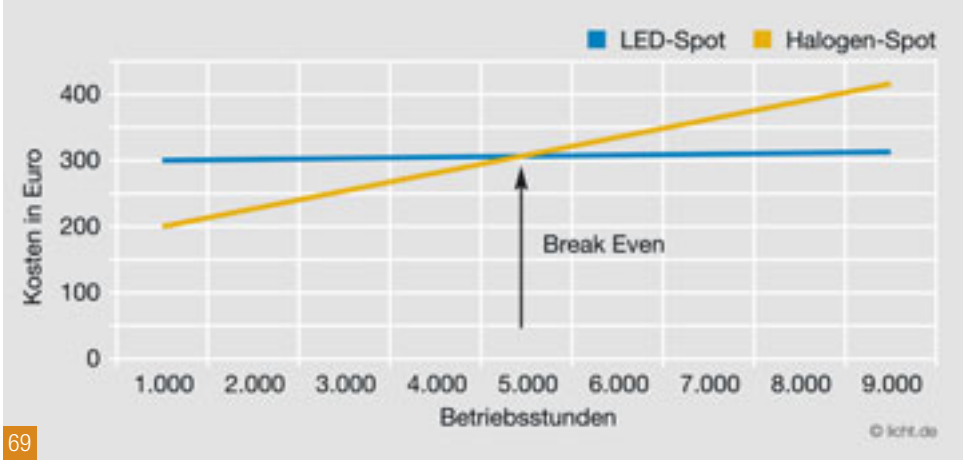
Global Player oder regionales Dentallabor: Der Wettbewerb verlangt hoch präzise gefertigte Qualitätsprodukte zu marktgerechten Preisen. Fertigungsstrukturen müssen bis ins Detail optimiert werden – und damit ist stets auch das Licht auf dem Prüfstand. Richtiges Licht trägt nachweislich dazu bei, Fehlerquoten und Krankheitszeiten zu reduzieren. Und es erhöht die Leistungsfähigkeit aller Mitarbeiter.

LED-Lösungen für die Allgemeinbeleuchtung sind bisher in der Industrie noch selten, in der arbeitsplatzorientierten Beleuchtung jedoch mehr und mehr zu finden. Hier punkten die kleinen Dioden mit ihrer extrem langen Lebensdauer von mehr als 50.000 Stunden und einem geringen Energieverbrauch bei gleichbleibend hoher Beleuchtungsqualität. Das spart Wartungen und auch Betriebskosten.

Ebenfalls wichtig: LEDs sind unempfindlich gegen Vibrationen und Stöße, eignen sich deshalb bestens für die Beleuchtung von Arbeitsplätzen in der Produktion. Zudem geben sie keine Wärme in Lichtrichtung ab. Ein wichtiger Vorteil insbesondere in den Innenräumen von Großmaschinen, denn mit dem Einsatz von LEDs brennen Kühl- und Schmiermittel nicht mehr länger ein.

Vergleichsrechnung

	LED-Spot	Halogen-Spot
Kaufpreis	300,– €	200,– €
Wattage (W)	3 x 3 W	20 W
Lebensdauer Lampe, ca.	50.000 Std.	2.000 Std.
Wartungskosten / Lampenwechsel	–	25 x 45,– € = 1.125,– €
Gesamtkosten bei 50.000 Betriebsstunden und 0,18 €/kWh	381,– €	1.505,– €
Ersparnis	**1.124,–** €	



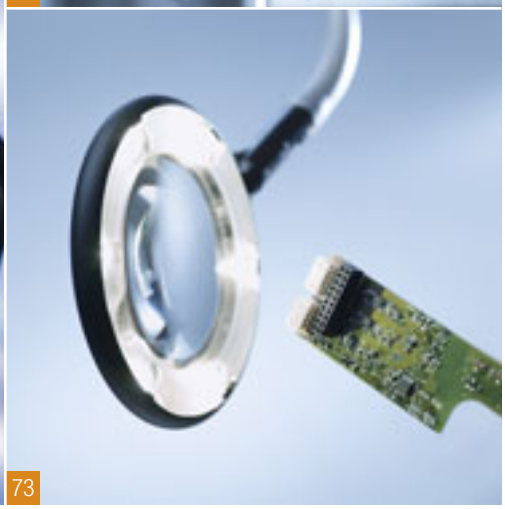
69

Lichtstark auf den Punkt

Die hochfrequente Lichterzeugung mit LEDs bringt gleichmäßiges und flackerfreies Licht an den Arbeitsplatz und verhindert die gefürchteten Stroboskop-Effekte. Das reduziert Unfallgefahren beim Einrichten und Warten von Maschinen. Blendfrei und ausgesprochen lichtstark, erleichtern LEDs auch überall dort die Arbeit, wo kleinste Details sicher erkannt werden und die Augen Höchstleistung bringen müssen, wie zum Beispiel beim Goldschmieden oder in der Zahntechnik.

Neue LED-Leuchten passen sich exakt den Bedürfnissen in Industrie und Handwerk an. Flexible Kopfgelenke bringen Licht genau dorthin, wo es gebraucht wird; robuste Gestänge mit Zwischengelenk und Leuchtenkopf sind die richtige Wahl für große Anlagen. Hohe Schutzarten der Leuchten (siehe dazu auch Seite 51) verhindern, dass die LED bei Schleif-, Gravier- oder Sägearbeiten Schaden nimmt.

Mit ausgeklügelter Elektronik können LED-Leuchten auch direkt an eine Gleich- oder Wechselstromquelle mit 24 Volt angeschlossen werden. Das bedeutet im Vergleich zu konventionellen Leuchtmitteln: schnelle und fehlerfreie Installation bei geringem Wartungsaufwand.



[69] Ein Vergleich der Kosten zeigt: Ein LED-Spot spart in 50.000 Betriebsstunden mehr als 1.000 Euro gegenüber einem Halogen-Spot. LEDs senken den Energieverbrauch und die CO_2-Emission.

[70] Die minimalen Abmessungen der LED-Leuchten sind vor allem im Maschinen- und Anlagenbau von Vorteil. Weitere Pluspunkte sind neben der hohen Lichtqualität ihre Stoßfestigkeit, das IR- und UV-freie Licht sowie die Tatsache, dass LEDs keine Wärme in Abstrahlrichtung entwickeln.

[71] In Lichtausbeute und Lebensdauer sind Hochleistungs-LEDs konventionellen Leuchtmitteln weit überlegen. Ein LED-Spot ist fünf Mal lichtstärker als eine Halogenlampe.

[72] Schlanke Hybridlösung für die Industrie. Die Wandleuchte kombiniert eine Leuchtstofflampe für das Flächenlicht und LEDs für gerichtetes Punktlicht.

[73] Die Lupenleuchte mit sechs LEDs fokussiert das Licht präzise auf der Prüffläche.

74

LEDs für Not- und Sicherheitsbeleuchtung

Sicherheit und Unfallverhütung sind wichtige Aufgaben der Beleuchtung. Mit kleinen Bauformen und langer Lebensdauer erlauben LEDs mehr gestalterische Freiheiten beim Leuchtendesign und reduzieren Betriebskosten.

Wo immer viele Menschen aufeinandertreffen, ist Sicherheitsbeleuchtung ein Muss. Ihre Stunde schlägt, wenn die Netz-Spannung ausfällt. Dann muss sie sich sofort über eine Ersatzstromquelle einschalten. Rettungszeichen markieren die Wege aus dem Gebäude; eine zusätzliche Sicherheitsbeleuchtung hilft, Panik zu vermeiden, gibt Orientierung und senkt die Unfallgefahr.

Rettungs- und Sicherheitsleuchten sind häufig rund um die Uhr im Einsatz. Kein Wunder also, dass sich langlebige Lösungen, wie zum Beispiel mit LEDs, in diesen Bereichen immer stärker durchsetzen. LED-Systeme erreichen – sofern ein leistungsstarkes Thermomanagement und hochwertige Betriebsgeräte eingesetzt werden – 50.000 Stunden und mehr. Das bedeutet in der Praxis einen geringeren Wartungsaufwand und spart bei optimierter Lichttechnik auch Energiekosten.

Rettungszeichen

Die kleine Bauform der LED ermöglicht formal reduzierte und visuell dezente Rettungszeichenleuchten. Gleichzeitig stehen die Hersteller vor der Herausforderung, die punktuelle Leuchtdichte der LEDs in eine gleichmäßig hell leuchtende Fläche umzuwandeln und dabei den relevanten Normen zu entsprechen. Denn Rettungszeichen müssen auch bei eingeschalteter Allgemeinbeleuchtung gut erkennbar sein; die geforderte mittlere Leuchtdichte beträgt mindestens 200 cd/m² beziehungsweise 500 cd/m² für die weißen Teilbereiche des Rettungszeichens. Der Lichtstrom der LEDs soll also während ihrer gesamten Lebensdauer möglichst wenig abnehmen. In Qualitätssystemen sind die Leuchten deshalb lichttechnisch mit einer entsprechenden Reserve dimensioniert, die den altersbedingt abnehmenden Lichtstrom der LED berücksichtigt. Alternativ arbeiten manche Systeme mit einer sogenannten Maintenance-Funktion: Sie kompensiert den abnehmenden Lichtstrom der LED, indem die Dioden zu Beginn auf etwa 70 Prozent ihrer Leistungskraft gedimmt werden. Im Laufe der Betriebszeit wird dieser Wert über Prozessoren dann bis auf 100 Prozent erhöht.

Sicherheitsleuchten

In der Sicherheitsbeleuchtung helfen LED-Lösungen, Energie zu sparen. LED-Leuchten mit geringer Anschlussleistung erlauben effiziente und umweltfreundliche Anlagen. Um die optimale Effizienz von LED-Leuchten zu erreichen, können zusätzliche Optiken und Reflektoren erforderlich sein, damit die Anzahl der installierten Leuchten reduziert werden kann – unter Einhaltung der normativen und gesetzlichen Vorgaben der Sicherheitsbeleuchtung.

LED-Sicherheitsleuchten halten sich mit ihren geringen Baugrößen formal im Hintergrund. Damit geben sie dem Planer mehr Freiheiten.

Mehr Informationen und Planungshinweise gibt Heft 10 „Notbeleuchtung, Sicherheitsbeleuchtung“ aus der Schriftenreihe von licht.de. Es ist als Download erhältlich unter www.licht.de/licht.wissen.

75

[74] Mit ihrem formal reduzierten Design passt sich die LED-Rettungszeichenleuchte unauffällig der modernen Architektur an.

[75] Bei der Not- und Sicherheitsbeleuchtung setzen sich die energieeffizienten LEDs immer stärker durch. Ihre Langlebigkeit spart Wartungskosten.

LED-Spezial: Sicherheit, Prüfzeichen und Normen

Eine LED-Beleuchtung spielt ihre Vorteile erst dann richtig aus, wenn Lichtquelle, Module, Leuchten und Betriebsgeräte von einwandfreier Qualität sind. Normgerechte Produkte und fachgerechter Einbau schützen vor Betriebsstörungen und Gesundheitsschäden.

[76+77] Wenn Wasser und Elektrizität aufeinandertreffen, wird es gefährlich. Leuchten für den Einsatz im Badezimmer oder im Außenbereich müssen deshalb entsprechend gut geschützt sein. Hinweise zum sicheren Betrieb geben die Schutzklassen IP.

76

Gerade bei LED-Anwendungen lohnt es sich, auf qualitativ hochwertige Lösungen zu achten. Denn so manche LED-Produkte, die jetzt auf den Markt drängen, entsprechen nicht den gesetzlichen Anforderungen und weisen mitunter gravierende Fehler auf. Module mit ungenügender Isolierung, schlecht konstruierte Leuchten oder mangelhaft verarbeitete Betriebsgeräte verspielen aber nicht nur die Vorteile der LED in punkto Lebensdauer und Lichtleistung. Sie können tatsächlich auch ein echtes Risiko darstellen, zu Gesundheitsschäden führen oder gar einen Brand entfachen.

LED-Module, Leuchten und Betriebsgeräte müssen den relevanten Normen der ICE (Internationale Elektrotechnische Kommission) entsprechen. Prüfzeichen sowie Informationen zu Schutzklassen und Schutzarten müssen auf dem Produktetikett angegeben werden. Nachfolgend eine Übersicht:

Prüfzeichen ENEC/VDE

Das ENEC-Zeichen (ENEC = European Norm Electrical Certification) dokumentiert, dass Leuchten und eingebaute Betriebsgeräte den aktuellen Normen entsprechen. Die Ziffer hinter dem Prüfzeichen weist auf den Sitz des zuständigen Prüfinstituts hin: In Deutschland ist das der VDE (Verband Deutscher Elektrotechniker), der sein Prüfzeichen mit dem ENEC-Zeichen kombiniert. Der VDE prüft in Deutschland nicht nur das Produkt, sondern überwacht auch die Fertigung.

Prüfzeichen GS

Das GS-Zeichen (= Geprüfte Sicherheit) muss immer in Verbindung mit der autorisierten Prüfstelle verwendet werden; in Deutschland sind dies z.B. VDE oder TÜV. Sie bestätigen mit dem GS-Zeichen, dass das geprüfte Produkt dem Geräte- und Produktsicherheitsgesetz GPSG entspricht.

Prüfzeichen EMV

Das EMV-Zeichen garantiert die elektromagnetische Verträglichkeit von Leuchten und Betriebsgeräten. Danach darf ein Gerät keine elektrischen oder elektromagnetischen Störungen aussenden, die die Funktion anderer Geräte beeinträchtigen oder sie schädigen könnten.

Kennzeichnung CE

Das CE-Zeichen ist kein Prüfzeichen, aber zwingend erforderlich für den Vertrieb von Produkten innerhalb der EU. Damit dokumentieren Hersteller und Importeure, dass ihre Produkte den „grundlegenden Anforderungen“ einzelner EU-Richtlinien entsprechen. Darunter fallen zum Beispiel die Ökodesign- und EMV-Richtlinie. Auf Verlangen müssen Hersteller und Importeure den zuständigen Behörden die Konformität nachweisen.

Schutzklassen

Leuchten und Betriebsgeräte sind elektrische Produkte. Der sichere Betrieb setzt eine entsprechende Isolierung voraus. Nach DIN EN 61140 werden sie in drei Schutzklassen eingeteilt.

Schutzklasse I

… kennzeichnet Leuchten für den Anschluss an den netzseitigen Schutzleiter. Auch wenn die Basisisolierung versagt, können leitfähige Teile berührt werden. Sie nehmen keine gefährlichen Körperspannungen an. Das Symbol ist an der Anschlussstelle zu finden.

Schutzklasse II

… tragen Leuchten, deren spannungsführende Teile mit einer zusätzlichen oder verstärkten Isolierung ausgestattet sind. Sie haben keinen Schutzleiteranschluss.

Schutzklasse III

… weist auf den Betrieb mit Schutzkleinspannung SELV (safety extra-low voltage) hin. Die Versorgungsspannung über das Betriebsgerät darf nicht höher sein als 50 Volt.

Brandschutz

Werden LED-Module oder Leuchten in Möbel ein- oder angebaut, müssen sie bestimmten thermischen Anforderungen genügen und entsprechend gekennzeichnet sein. Die nachfolgende Tabelle gibt Aufschluss, wofür die einzelnen Kennzeichen stehen.

Montagefläche		Leuchten mit Kennzeichen			
entflammbar	Beispiel	ohne	F	M	M M
nicht	Beton	X	X	X	X
> 200° C	Holz		X	X	X
< 200° C	Textilien				X

Um Brandgefahr auszuschließen, muss der vorgeschriebene Mindestabstand zu anderen Bauteilen eingehalten werden.

Schutzarten

Nicht jede LED-Leuchte kann in Bad oder Garten verwendet werden. Hinweise zum sicheren Betrieb geben die Schutzarten IP. Die erste Kennziffer informiert über den Schutz vor Fremdkörpern und Berührung, die zweite Kennziffer über den Schutz vor Wasser.

1. Kennziffer	Schutz gegen Fremdkörper u. Berührung	2. Kennziffer	Schutz gegen Wasser
0	ungeschützt	ungeschützt	
1	geschützt gegen feste Fremdkörper > 50 mm	geschützt gegen Tropfwasser	
2	geschützt gegen feste Fremdkörper > 12 mm	geschützt gegen Tropfwasser unter 15°	
3	geschützt gegen feste Fremdkörper > 2,5 mm	geschützt gegen Sprühwasser	
4	geschützt gegen feste Fremdkörper > 1 mm	geschützt gegen Spritzwasser	
5	geschützt gegen Staub	geschützt gegen Strahlwasser	
6	dicht gegen Staub	geschützt gegen schwere See	
7	–	geschützt gegen zeitweises Eintauchen	
8	–	geschützt gegen dauerndes Untertauchen	

Normen

Normen vereinheitlichen die Anforderungen an Produkte und Dienstleistungen. LED-Leuchten und Betriebsgeräte müssen zum Beispiel den Anforderungen zur Strahlungssicherheit genügen. Sowohl bei der Produktion als auch bei der Applikation von LED-Lösungen müssen unterschiedliche Normen beachtet werden:

Leuchten: DIN EN 60598. Leuchten –
Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Prüfungen;
Teil 2: Besondere Anforderungen.

LED-Module: DIN VDE 0715-100. LED-Module für Allgemeinbeleuchtung – Sicherheitsanforderungen.

Fassungen: DIN IEC 60838-2-2. Teil 2: Besondere Anforderungen; Hauptabschnitt 2: Verbinder für LED-Module.

Betriebsgeräte: DIN EN 61347-1. Geräte für Lampen – Teil 1: Allgemeine und Sicherheitsanforderungen.

DIN EN 61347-2-13. Geräte für Lampen – Teil 2-13: Besondere Anforderungen an gleich- oder wechselstromversorgte elektronische Betriebsgeräte für LED-Module.

EMV-relevante Normen: DIN EN 55015. Grenzwerte und Messverfahren für Funkstörungen von elektrischen Beleuchtungseinrichtungen und ähnlichen Elektrogeräten. DIN EN 61547. Einrichtungen für allgemeine Beleuchtungszwecke – EMV-Störfestigkeitsanforderungen.

DIN EN 61000. Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 3-2: Grenzwerte für Oberschwingungsströme. Teil 3-3: Grenzwerte; Begrenzung von Spannungsveränderungen, Spannungsschwankungen und Flicker in öffentlichen Niederspannungs-Versorgungsnetzen für Geräte mit einem Bemessungsstrom < 16 A je Leiter, die keiner Sonderanschlussbedingung unterliegen.

Weitere Informationen und Links zu Normen und Prüfzeichen gibt es auf der Webseite www.licht.de.

77

LEDs für die Automobilbeleuchtung

Gut sehen und gut gesehen werden: Optimales Licht ist ein Sicherheitsfaktor und für Autofahrer mindestens so wichtig wie funktionierende Bremsen und gute Reifen. LEDs erobern in rasantem Tempo die Automobilbeleuchtung – als Bremslicht, Tagfahrleuchte oder im Scheinwerfer.

Pole-Position für die LED: Seit langen Jahren leuchten die Dioden bereits in Displays, Schaltern und Tasten, geben jetzt Signallicht in Bremsleuchten und Blinker und starten kräftig auch im Außenbereich durch. Die ersten Fahrzeuge mit effizienten Multichip-Scheinwerfern an Bord rollen bereits über die Straße.

Angenehmes Licht, beste Sicht

Mit einer Farbtemperatur von etwa 6.000 Kelvin spenden LEDs sehr helles Licht, das der Autofahrer als sehr angenehm empfindet. Er kann Straße, Fahrbahnrand und Hindernisse nachts besser erkennen; seine Augen ermüden weniger schnell. Studien belegen, dass durch den Einsatz von Scheinwerferlampen mit höheren Temperaturen schwere Unfälle bei Nacht signifikant reduziert werden können.

Auch in Rückleuchten setzen LEDs Maßstäbe in punkto Sicherheit. Beim Bremsmanöver steht ohne Zeitverlust sofort helles Licht zur Verfügung. So ist der nachfolgende Fahrer frühzeitig gewarnt und kann schnell reagieren. Das spart wertvolle Sekunden.

Service und Sprit sparen

Leuchtdioden haben eine Lebensdauer von vielen tausend Stunden und ersparen dem Autofahrer aufwendigen Service und Ersatzlampen. Zudem erlaubt die kompakte Bauform schicke neue Leuchtendesigns – vom Pixel-Look bis zur leuchtenden Frontlinie.

Da Leuchtdioden gut gedimmt werden können, ist es möglich, mehrere Funktionen in einem Lichtmodul zu integrieren. Je nach Bedarf und Variante können Lichtwerte zwischen 125 Lumen für Ein-Chip-Module bis zu 1.000 Lumen für Typen mit fünf Chips erreicht werden. Durch eine intelligente Ansteuerung ist die Helligkeit regulierbar und für alle Hauptscheinwerferfunktionen vom Fernlicht bis zur Nebelleuchte bestens geeignet. Die Tagfahrlichtfunktion kann zum Beispiel realisiert werden, indem das Abblendlicht im Hauptscheinwerfer entsprechend gedimmt wird. Das spart zusätzliche Komponenten und weiteren Platz im Motorraum.

Ganz wichtig: Die effizienten LEDs verbrauchen viel weniger Energie als konventionelle Lampen. Das zahlt sich beim Tagfahrlicht deutlich aus. In Deutschland ist Tagfahrlicht bereits seit 2005 aus Sicherheitsgründen empfohlen; ab 2011 müssen alle Neuwagen in der EU damit ausgestattet sein. Wer mit speziellen LED-Leuchten fürs Tagfahrlicht unterwegs ist, schont die Umwelt und spart im Vergleich zum Betrieb mit konventionellen Lampen Treibstoff.

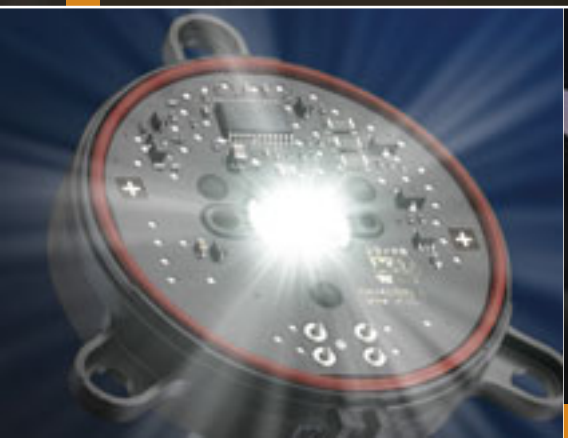
Experten rechnen damit, dass die Effizienz von LEDs für die Kraftfahrzeugbeleuchtung noch beträchtlich gesteigert werden kann. Heute erreichen sie bereits eine Leuchtstärke von 80 Lumen/Watt (lm/W), in wenigen Jahren sollen bis zu 200 lm/W möglich sein. Zum Vergleich: Eine konventionelle Halogen-Glühlampe gewinnt aus einem Watt 23 Lumen, ein Xenonbrenner 83 Lumen.

„Intelligente“ Scheinwerfer

LEDs werden zunehmend intelligente Frontlichtsysteme ins Auto bringen, die sich flexibel anpassen. Einmal montiert, kann mit den Leuchtdioden neben Fern-, Abblend- und Tagfahrlicht auch zusätzliches Kurvenlicht realisiert werden, bei dem eine aufwendige Mechanik mit Stellmotoren wie bei herkömmlichen Systemen nicht länger notwendig ist.

So wird es zukünftig möglich sein, außerorts ständig mit eingeschaltetem Fernlicht

78



80

zu fahren – auch wenn andere Autos vorausfahren oder entgegenkommen. Denn die LED-Pixel werden ganz nach Bedarf einzeln ein- und ausgeschaltet. Damit wird erstmals blendfreies Fernlicht zur Verfügung stehen, das nur den tatsächlich benötigten Bereich der Fahrbahn ausleuchtet.

Vorausfahrende Fahrzeuge können also einfach „ausgeblendet“ werden, während der Fahrer selbst beste Sicht nach links und rechts hat und eventuelle Hindernisse mit dem hellen LED-Licht weitaus früher erkennen kann als mit konventionellem Abblendlicht. Voraussetzung dafür sind eine Kamera, die in Fahrtrichtung schaut, und moderne Elektronik: Sie vernetzt das Navigationssystem mit der Kurvenlichtfunktion und verarbeitet die Informationen aus lichtbasierten Fahrerassistenzsystemen.

Damit kann die LED-Technologie in Zukunft einen Sicherheitsstandard bieten, wie es ihn nie zuvor gegeben hat.

[78] Schickes Design und sparsam im Energieverbrauch: effizientes Scheinwerferlicht mit LEDs.

[79] Leistungsstarke Module ermöglichen neue Anwendungen, beispielsweise Tagfahrlichter oder sogar Abblendlichter mit LEDs.

[80] Individuelles Interieur: Das LED-Licht im Innenraum passt zur Ausstattung des Fahrzeugs. Das farbige Licht lässt sich auf Wunsch des Fahrers auch einfach verändern.

LED-Spezial: Zukunftstechnologie OLEDs

Subtile Beleuchtung vom Wohnzimmerfenster, Navigationsinfos direkt auf der Windschutzscheibe: Organische Leuchtdioden, kurz OLEDs, eröffnen ganz neue Möglichkeiten im Umgang mit Licht – zu Hause und in der Arbeitswelt, auf Tapeten und Stoffen.

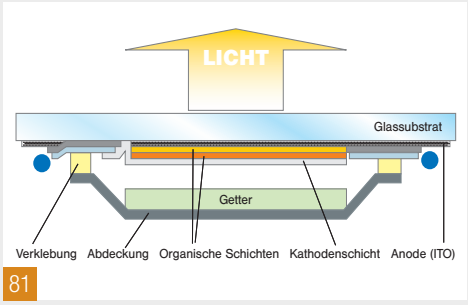
Licht = Lampe und Leuchte? Muss in Zukunft nicht mehr sein: In einigen Jahren werden Decken in Farbe erstrahlen, transparente Glasfenster am Abend subtiles warmweißes Licht verbreiten, Tapeten in Büro oder Küche sich auf Knopfdruck in einen Bildschirm verwandeln – und der Fernseher zusammengerollt in die Handtasche passen.

Was sich anhört wie die Ausstattungsliste zu einem Science-Fiction-Film, ist für Wissenschaftler in Hochschulen und Unternehmen bereits Realität: Organische Leuchtdioden (OLEDs) eröffnen ganz neue Dimensionen in der Display-Technologie und in der Beleuchtung.

OLEDs sind die erste wirklich flächige Lichtquelle. Anders als die punktförmig strahlenden, anorganischen LEDs nutzen sie organische Halbleiter zur Lichterzeugung. Und bieten viele Vorteile:
> Sie sind extrem dünn – das gesamte Bauteil beträgt derzeit etwa 1,8 mm –, damit auch leicht und sehr ästhetisch.
> Sie geben gleichmäßiges, weitgehend blendfreies Licht mit hoher Farbwiedergabe.
> Sie bringen sofort volle Leistung, lassen sich einfach und stufenlos über den Betriebsstrom dimmen und sind extrem flexibel in der Farbsteuerung.
> Sie lassen sich wie ein Baustoff einfach in andere Materialien einarbeiten, sind tagsüber transparent oder diffus und leuchten abends taghell.
> Sie können sie nahe an empfindliche Materialien gebracht und ohne Verbrennungsgefahr berührt werden. Mit einer Handbewegung lässt sich ihr Licht steuern.
> Sie sind umweltfreundlich; enthalten weder Quecksilber noch andere Giftstoffe und sind recycelfähig.

Mit diesen Eigenschaften werden sie nicht nur Design und Atmosphäre von Innen- und Außenräumen verändern, sondern auch einen signifikanten Beitrag zum Umweltschutz leisten.

So funktionieren OLEDs

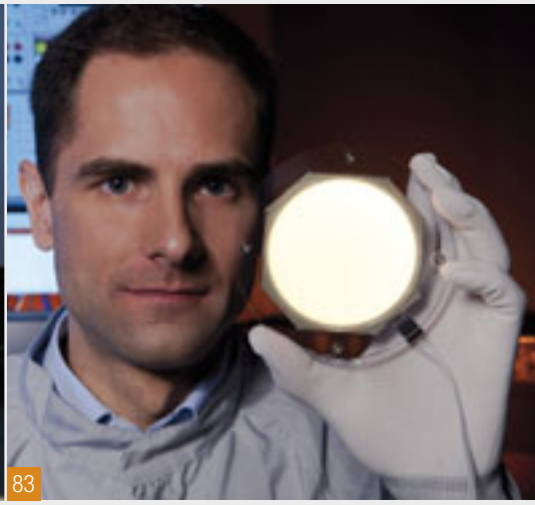


81

Im Gegensatz zu konventionellen Lampen, bei denen Strom durch einen Draht oder ein Gas geleitet wird, fließt der Strom bei OLEDs durch ultrafeine organische Schichten – hundert Mal dünner als ein Haar. In der Regel werden OLEDs heute aus kleinen Molekülen (smOLED) gefertigt, künftig

zunehmend auch aus langkettigen Polymeren (pOLEDs).

Ihr Aufbau erinnert an ein Sandwich, wie die Grafik zeigt. Die organischen Schichten sind immer eingebettet zwischen zwei großflächigen Elektroden: einer negativ



geladenen Aluminiumschicht (= Kathode) und einer positiv geladenen, transparenten Indiumzinnoxid-Schicht (= Anode). Als Trägermaterial dient derzeit meist Glas. Unter Spannung wandern Elektronen und sogenannte „Löcher“ – positive Ladungsträger – in die Mitte des Bauteils, rekombinieren und regen die eingelagerten Moleküle zum Leuchten an. Ebenso wie bei LEDs bestimmt die Molekülstruktur der verwendeten Halbleiter die Farbe des Lichts.

Da OLEDs sehr empfindlich auf Sauerstoff und Feuchtigkeit reagieren, werden sie verkapselt. Auf der Rückseite des Bauteils ist ein sogenannter „Getter“ in Form eines Kissens angebracht. Er nimmt die Feuchtigkeit auf, bevor sie die besonders „rostanfällige“ Kathode erreichen kann.

mit konventioneller Hinterleuchtung sparen selbstleuchtende OLEDs jede Menge Platz und Energie. Seit Anfang 2009 sind die ersten OLED-Bildschirme auf dem Markt.

In drei bis fünf Jahren, so schätzen Experten, werden die leuchtenden Kunststoffe ihren Siegeszug auch in der Beleuchtung antreten. Einzelne Prototypen wurden bereits vorgestellt, aber noch gibt’s Entwicklungsbedarf.

Vor allem die Lebensdauer und die Empfindlichkeit der hauchdünnen Folien gegenüber Sauerstoff und Wasser sind große Herausforderungen. Geeignete Kunststoffmaterialien müssen die sensiblen organischen Schichten über ihre lange Lebensdauer hinweg ausreichend schützen: Denn sobald sie mit Wasser oder Sauerstoff in Kontakt kommen, zerfallen sie sehr schnell.

Die Entwicklung von transparenten Kunststoffen, die den erforderlichen Schutz bieten, macht den Weg frei für flexible OLED-Panels – große, gleichmäßig leuchtende Flächen, deren Helligkeit und Farbe nach Wunsch angepasst und die auf fast jede Oberfläche in nahezu beliebiger Form appliziert werden können.

In Unternehmen, nationalen und europäischen Forschungsprojekten – wie zum Beispiel OLED100.eu – arbeiten Lichttechniker und Wissenschaftler daran, die OLED-Technologie schnell voranzubringen. Prototypen erreichen heute eine Effizienz von 25 Lumen pro Watt (lm/W), in aktuellen Forschungsprojekten sogar bis zu 65 lm/W. Zweites Ziel ist es, auch die Lebensdauer von heute 10.000 Stunden deutlich zu erhöhen.

Auf dem Weg zum Markt

Organische Dioden leuchten bereits in Mobiltelefonen und Gameboys. Und eine vielversprechende Zukunft haben sie auch als ultraflache TV-Displays vor sich: Denn im Gegensatz zu LCD-Bildschirmen

[81] Organische LEDs werden heute in der Regel aus kleinen Molekülen gefertigt. Ihr Aufbau erinnert an ein Sandwich.

[82] Innovative OLEDs in einer (noch seltenen) Anwendung. Organische Dioden sind die erste wirklich flächig strahlende Lichtquelle. Sie werden ganz neue Möglichkeiten im Umgang mit Licht erschließen.

[83] Lichttechniker und Wissenschaftler arbeiten an der Entwicklung der OLED.

LED-Spezial: FAQs zur Leuchtdiode

Kann eine LED tatsächlich schon für die Allgemeinbeleuchtung eingesetzt werden? Und ist ihre Farbwiedergabe gut genug? Hier eine Auswahl von Antworten auf häufig gestellte Fragen zur innovativen LED-Technologie.

85

[85] Trendsetter LED: Eingewebte Dioden leuchten am Winter-Outfit.

Weshalb sollte man LEDs in der Allgemeinbeleuchtung verwenden? Energiesparlampen können alte Glühlampen doch auch ersetzen.

Richtig ist, dass Energiesparlampen momentan noch eine gute Alternative zur Glühlampe sind. Hochleistungs-Dioden werden sich auf Dauer aber durchsetzen, denn für sie sprechen viele Vorteile:

> LEDs werden bald viel effizienter sein; ihr Wirkungsgrad verdoppelte sich in der Vergangenheit etwa alle zwei Jahre,

> ihre Lebensdauer ist heute schon fünfmal so hoch wie die von Energiesparlampen,

> LEDs können unterschiedliche Lichtfarben und farbiges Licht erzeugen, effizient gedimmt und auch dynamisch angesteuert werden,

> ermöglichen eine zielgerichtete Beleuchtung, während Energiesparlampen eine diffuse Abstrahlcharakteristik haben. Mit LED-Leuchten kommt das Licht genau dort an, wo es gebraucht wird. So braucht man weniger Licht, um die gewünschte Helligkeit zu erreichen – und das spart Energie.

Stimmt es, dass LEDs keine gute Farbwiedergabe haben und sich deshalb für die Allgemeinbeleuchtung nur begrenzt eignen?

Nein, das ist ein Vorurteil aus den ersten Tagen der LED. LEDs erreichen heute einen guten Farbwiedergabeindex (R_a/CRI) von 80 bis 90. Inzwischen werden sogar schon Werte bis zu R_a 98 erzielt – und das ist ganz nahe am Maximalwert 100, den das Sonnenlicht bietet. Hier sind LEDs also schon heute Energiespar- und Leuchtstofflampen überlegen.

Ist weißes LED-Licht nicht kalt und ungemütlich?

Auch das ist ein Vorurteil aus den Anfangstagen der LED-Technologie. Ganz im Gegenteil: LEDs sind heute in Farbtemperaturen von ≥ 2.700 (= warmweiß) bis 6.500 Kelvin (= kaltweiß) erhältlich.

Und mit speziellen Modulen kann die weiße Lichtfarbe sogar ganz nach Gusto verändert werden: kühlweißes Licht für bessere Konzentration am Morgen, warmweißes Licht für gemütliche Atmosphäre am Abend. Diese Flexibilität empfiehlt die langlebige, effiziente LED ganz besonders auch für die Allgemeinbeleuchtung in professionellen Anwendungen.

Erzeugen LEDs IR- und UV-Strahlen?

Nein, LEDs erzeugen keine Infrarot- und Ultraviolett-Strahlung. Wärme entsteht auf der Ebene der Platine, wird aber nicht in Richtung des zu beleuchtenden Objektes abgestrahlt. So können empfindliche und kostbare Gegenstände in Museen oder Shops schonend und zugleich eindrucksvoll beleuchtet werden.

Wichtig ist jedoch zu wissen, dass jede Art von sichtbarem Licht eine Strahlung darstellt – auch wenn diese frei von IR- und UV-Strahlen ist. Im Bereich Museum wäre

es also kritisch zu sagen, die Beleuchtungsstärke könnte nun nach Belieben erhöht werden. Richtig ist jedoch, dass eine Beleuchtung mit LEDs sehr viel schonender ist als eine Beleuchtung mit den häufig eingesetzten Niedervolt-Halogenlampen.

Wie hoch ist die Lebensdauer von LEDs?
Die Lebensdauer von LED-Leuchten ist sehr hoch und kann bis zu 50.000 Stunden und mehr betragen.

Und anders als herkömmliche Lampen, fallen LEDs auch danach nicht aus. Aber auch sie altern. Dabei reduziert sich die Lichtleistung langsam, ohne dass sich der subjektiv empfundene Helligkeitseindruck merklich verändert. Nach Ablauf der angegebenen Lebensdauer leuchten LEDs aber noch immer mit etwa 70 oder 50 Prozent Leistung. Ihre Ausfallrate ist also bedeutend geringer als zum Beispiel bei Kompaktleuchtstofflampen.

Voraussetzung für eine lange Lebensdauer ist es, die Einbaubedingungen aus der Montageanleitung exakt einzuhalten. Preiswerte LED-Produkte halten häufig nicht, was sie versprechen, da sie oft über keine ausreichende Wärmeabfuhr verfügen.

LED-Lösungen sind teurer als herkömmliche Leuchten und Lampen. Zahlt sich der höhere Anschaffungspreis denn zum Beispiel durch Energieeinsparungen aus?
LED-Lösungen arbeiten sehr effizient und sind für viele Anwendungen eine gute Alternative zu bekannten Systemen. Bei einem Vergleich sollten aber nicht nur die Energiekosten betrachtet werden. Weitere Einsparpotenziale bietet zum Beispiel die lange Lebensdauer: Sie sorgt dafür, dass Lampen viel seltener ausgetauscht werden müssen und Wartungskosten reduziert werden können. Außerdem bieten LED-Lösungen viele Vorteile, die je nach Anwendung hohen Mehrwert bieten. Dazu zählen die Zuverlässigkeit einer LED-Beleuchtungsanlage, die Farb- und Farbtemperaturdynamik sowie die Tatsache, dass LEDs weder infrarote noch ultraviolette Strahlung abgeben.

Gesetzliche Vorgaben zu Energierichtlinien für Gebäude und deren zulässigen Stromverbrauch fördern mehr und mehr den Einsatz moderner LED-Technik und stellen eine Betrachtung nur unter dem Gesichtspunkt der Energiekostenersparnis zunehmend in Frage.

Können LEDs auch komplett ausfallen?
Ein Totalausfall ist sehr unwahrscheinlich. Der Ausfall liegt statistisch bei etwa zwei LEDs pro einer Million verbauter LEDs.

Was passiert, wenn eine LED defekt ist? Muss dann die Leuchte ersetzt werden?
Falls tatsächlich einmal eine einzelne LED ausfällt oder eine ganze Leuchte defekt ist, muss ein autorisierter Fachmann die Wartung übernehmen. Bei allen Mängeln, die während der gesetzlichen Gewährleistungsfrist auftreten, haben Verbraucher das Recht auf Mangelbeseitigung. Und auch nach Ablauf der Gewährleistung sollte eine Revision möglich sein; das sollte man beim Kauf der Leuchte erfragen. Wenn eine Komponente ausgetauscht werden muss, sollten Lichtfarbe und Helligkeit den übrigen LEDs im System weitgehend entsprechen.

Ändert sich die Lichtleistung neuer LED-Produkte? Worauf ist dabei zu achten?
LEDs sind in einem stetigen Optimierungsprozess, vergleichbar etwa mit der Mikrochip-Industrie. Ihre Leistungsfähigkeit beziehungsweise ihr Wirkungsgrad nimmt durch permanente Weiterentwicklung stets zu. Diese Vorteile geben Hersteller an die Kunden weiter, indem jeweils die neueste LED-Generation in Leuchten verbaut wird. Aus diesem Grund können sich die typischen Werte einer LED-Leuchte ändern. Deshalb gilt: Nur die aktuellen Datensätze des Leuchtenherstellers dürfen verwendet werden.

Gelten die Angaben zum Lichtstrom in den Datenblättern der LED-Hersteller auch für Leuchten und LED-Lampen?
Nein, zwischen den Angaben zum Lichtstrom in den Datenblättern und dem tatsächlich nutzbaren Lichtstrom einer einsatzbereiten LED-Leuchte oder Retrofit-Lampe muss unterschieden werden.

Hintergrund ist, dass sich die Lichtstromangaben auf den Datenblättern auf Werte beziehen, die bei einer Temperatur von 25° Celsius direkt im LED-Chip erreicht werden. Die LED ist also quasi im „Rohzustand“; sie ist noch nicht auf einer Platine bestückt und nicht in Leuchte oder Lampe eingebaut. Bei dieser Messung werden LEDs bei wesentlich geringeren Strömen als den üblichen 350 Milliampere oder 700 Milliampere betrieben – und zwar nur für eine sehr kurze Zeit. Diese Angaben werden anschließend hochgerechnet, wodurch sich Werte von mehr als 110 Lumen pro Watt ergeben. Zugleich sind je nach LED-Typ und Lichtfarbe Temperaturen von über 80 ° Celsius zulässig, um die angegebenen Lebensdauern zu erreichen. Diese Grenzen müssen im praktischen Betrieb durch ein effizientes Thermomanagement eingehalten werden.

In der Praxis muss demnach unbedingt zwischen Datenblattangaben der LED-Hersteller und dem tatsächlichen Lichtstrom einer kompletten Leuchte oder Retrofit-Lampe unterschieden werden. Seriöse Anbieter leisten diese Angaben, unseriöse Anbieter verschweigen sie mitunter gänzlich.

Schadet ein Blick in LED-Leuchten den Augen?
Nein, LED-Leuchten verteilen das Licht der Leuchtdioden und sind unproblematisch für die Augen. LEDs mit geringer Leistungsklasse unter einem Watt gehören meistens der unbedenklichsten LED-Klasse 1 an und sind seit Mitte 2008 als Lichtquelle den klassischen Leuchtmitteln zugeordnet. Allerdings sollte man aufgrund der hohen Leuchtdichte nicht dauerhaft direkt in die LED-Lichtquelle hineinschauen. Das gilt grundsätzlich aber auch für andere, konventionelle Lampen.

Jedes Heft! € 9,–

Die Schriftenreihe von licht.de

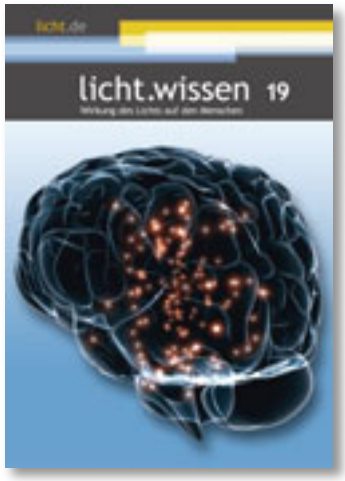
licht.wissen 16
Stadtmarketing mit Licht

40 Seiten zur individuellen Beleuchtung von Städten und Gemeinden: Heft 16 erklärt, wie sich Kommunen durch attraktive und energieeffiziente Lichtgestaltung profilieren können. Drei Masterpläne und viele Praxisbeispiele stellen gute Lösungen für das Stadtmarketing vor.

[licht.wissen 01] 60 Seiten Grundlagen und Informationen zur Beleuchtung mit künstlichem Licht: Heft 01 beschreibt die physikalischen Komponenten von Licht und vermittelt die wichtigsten Grundkenntnisse der Beleuchtungstechnik.

[licht.wissen 10] 40 Seiten zur Not- und Sicherheitsbeleuchtung: Heft 10 informiert über Normen und Vorgaben für den Betrieb von Sicherheitsbeleuchtung und erklärt, wann und wo diese angewandt werden müssen.

[licht.wissen 14] 60 Seiten Anregungen für individuelle Beleuchtung: Die Gliederung des Heftes folgt einem Hausrundgang. Fünf Kapitel „Licht-Spezial“ erläutern lichttechnische Sachverhalte, „Licht-Tipps“ ergänzen die Anwendungskapitel.



[licht.wissen 19] 48 Seiten über die biologische Wirkung des Lichts auf den Menschen: Heft 19 informiert über den aktuellen Stand der Forschung und erläutert anhand von Praxisbeispielen den Umgang mit dynamischem Licht.

licht.wissen – per Post oder als kostenfreie PDF-Datei (Download) unter www.licht.de/lichtwissen

01 Die Beleuchtung mit künstlichem Licht (2008)
02 Gutes Licht für Schulen und Bildungsstätten (2003)
03 Straßen, Wege und Plätze (2007)
04 Gutes Licht für Büros und Verwaltungsgebäude (2003)
05 Industrie und Handwerk (2009)
06 Gutes Licht für Verkauf und Präsentation (2002)
07 Gutes Licht im Gesundheitswesen (2004)
08 Sport und Freizeit (2010)
09* Repräsentative Lichtgestaltung (1997)
10 Notbeleuchtung, Sicherheitsbeleuchtung (2008)
11 Gutes Licht für Hotellerie und Gastronomie (2005)
12 Beleuchtungsqualität mit Elektronik (2003)
13 Arbeitsplätze im Freien (2007)
14 Ideen für Gutes Licht zum Wohnen (2009)
15 Gute Beleuchtung rund ums Haus (2009)
16 Stadtmarketing mit Licht (2010)
17 LED: Das Licht der Zukunft (2010)
18 Gutes Licht für Museen, Galerien, Ausstellungen (2006)
19 Wirkung des Lichts auf den Menschen (2010)

* With the exception of booklet 9, all booklets are available in English as PDFs, free download at www.all-about-light.org

Alles über Beleuchtung!

Herstellerneutrale Informationen

licht.de informiert über die Vorteile guter Beleuchtung. Die Fördergemeinschaft Gutes Licht hält zu allen Fragen des künstlichen Lichts und seiner richtigen Anwendung umfangreiches Informationsmaterial bereit. Die Informationen sind herstellerneutral und basieren auf den einschlägigen technischen Regelwerken nach DIN und VDE.

licht.wissen

Die Hefte 1 bis 19 der Schriftenreihe licht.wissen (bisher: Informationen zur Lichtanwendung) helfen allen, die auf dem Gebiet der Beleuchtung planen, Entscheidungen treffen und investieren, Grundkenntnisse zu erwerben. Damit wird die Zusammenarbeit mit Fachleuten der Licht- und Elektrotechnik erleichtert. Alle lichttechnischen Aussagen sind grundsätzlicher Art.

licht.forum

licht.forum behandelt aktuelle Fragen der Lichtanwendung und stellt Beleuchtungstrends vor. Diese kompakten Fachinformationen erscheinen in loser Folge.

www.licht.de

Das gesamte Lichtwissen wird im Internet unter www.licht.de präsentiert. Beleuchtungsbeispiele in den Rubriken „Licht für Zuhause“ und „Licht für Profis“ geben praxisorientierte Tipps für private und professionelle Lichtanwendungen.

„Licht-Know-how“ bündelt Erläuterungen lichttechnischer Begriffe. Eine Datenbank mit umfangreichen Produktübersichten, Liefermatrix sowie den Adressdaten der licht.de-Mitgliedsunternehmen weist den direkten Weg zum Hersteller und seinen Produkten. „Info und Service“ ergänzen das Angebot mit einem Online-Shop mit gedruckten Publikationen und Downloads, Linktipps zu „Licht im Web“, FAQs und einem umfangreichen Lichtlexikon.

Impressum

Herausgeber
licht.de
Fördergemeinschaft Gutes Licht
Lyoner Straße 9, 60528 Frankfurt am Main
Tel. 069 6302-353, Fax 069 6302-400
licht.de@zvei.org, www.licht.de

Redaktion und Gestaltung:
rfw. kommunikation, Darmstadt

Druck
Druckhaus Haberbeck, Lage/Lippe

ISBN-Nr. Druckausgabe 978-3-926193-55-1
ISBN-Nr. PDF-Ausgabe 978-3-926193-56-8
04/10/25/17II

Berücksichtigt wurden die bei Herausgabe gültigen DIN-Normen (Bezug: Beuth Verlag, Berlin) und VDE-Vorschriften (Bezug: VDE-Verlag, Berlin).

Der komplette oder auszugsweise Nachdruck von licht.wissen 17 ist nur mit Genehmigung des Herausgebers gestattet.

Bildnachweis

Bildnummern Rückseite:

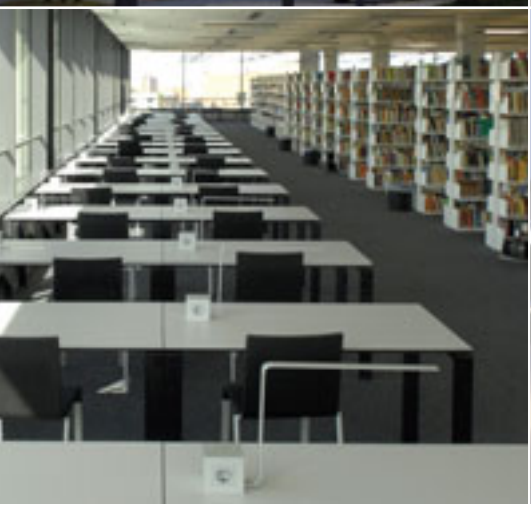
	86	
87	88	89
90	91	92

Bilder:
Titel, 01, 19, 23, 57, 62, 67, 76,
86, 92 Sabine Vielmo
24 Jens Küsters
53 Michael Sazel, Wien
54, 55, 56 Wolfgang Schmidt
66 René Müller
78, 80 Audi AG, Ingolstadt

Alle anderen Bilder und Grafiken stammen von licht.de-Mitgliedsunternehmen oder wurden im Auftrag von licht.de angefertigt.

licht.wissen 17

LED: Das Licht der Zukunft



licht.de

Fördergemeinschaft Gutes Licht
Lyoner Straße 9
60528 Frankfurt am Main
Tel. +49 (0)69 63 02-353
Fax +49 (0)69 63 02-400
licht.de@zvei.org
www.licht.de