



Schweizer Licht Gesellschaft
Association Suisse pour l'éclairage
Associazione Svizzera per la luce
Associazion Svizra per la glisch



LEDs go!

Tipps und Hinweise zu LED-Beleuchtungen



Tipps und Hinweise

- LEDs sind bis zu 80 % effizienter als klassische Glühbirnen.
- LEDs geben beim Aufstarten sofort den vollen Lichtstrom ab. Sie erzeugen flackerfreies Licht. LED-Retrofits erlauben ca. 50 000–200 000 Schaltzyklen.
- Das richtige Dimmgerät vorausgesetzt, lassen sich LEDs verlustfrei dimmen.
- Die Lichtfarben und die Farbtemperaturen von LEDs lassen sich bei speziellen Produkten via Vorschaltgerät oder Steuerung verändern. Dies erlaubt einen kreativen Gestaltungsspielraum.
- LEDs finden dank kompakter Bauformen und geringer Einbautiefe überall Platz. Der Reflektorverlust kann auf ein Minimum begrenzt werden.
- Die Leuchtdioden sind unempfindlich gegen Vibrationen, was vor allem im industriellen Umfeld und in der Strassenbeleuchtung von grossem Vorteil ist.
- LEDs erlauben eine präzise Ausleuchtung mit wenig Streulicht. Unnötige und unerwünschte Lichtemissionen können so vermieden werden.
- Gute LEDs haben bei korrektem Einbau eine sehr lange Lebensdauer, d.h. ca. 30 000 – 100 000 Stunden, und verursachen deshalb einen geringen Wartungsaufwand.
- LEDs enthalten kein Quecksilber und können gemeinsam mit dem Elektroschrott entsorgt werden.
- Die Qualitätsunterschiede der Leuchtdioden können erheblich ausfallen.
- Zwar geben LEDs einen wärmefreien Lichtstrom ab, auf der Rückseite der Diode entsteht aber sehr wohl Wärme. Diese Wärme muss abgeführt werden, da LEDs bei Überhitzung Schaden nehmen. Das Thermomanagement von Power-LEDs ist für Licht- und Leuchtplaner eine grosse Herausforderung.
- Das Nachrüsten mit einer Lichtsteuerung gehört in die Hände von Experten, da durch den nachträglichen Einbau die Betriebssicherheit beeinträchtigt werden kann.

Beim Kauf von Glühbirnen orientierten sich die Konsumenten am Stromverbrauch (Watt-Angabe), mit der gleichzeitig die Leuchtkraft des Leuchtmittels assoziiert wurde. Die Orientierungsgrösse bezüglich der Lichtmenge von Leuchtmitteln ist jedoch das Lumen (lm). Diese Masseinheit gilt für alle Leuchtmittel. Die verschiedenen Produkte lassen sich so direkt vergleichen.

Lumen-Watt-Tabelle

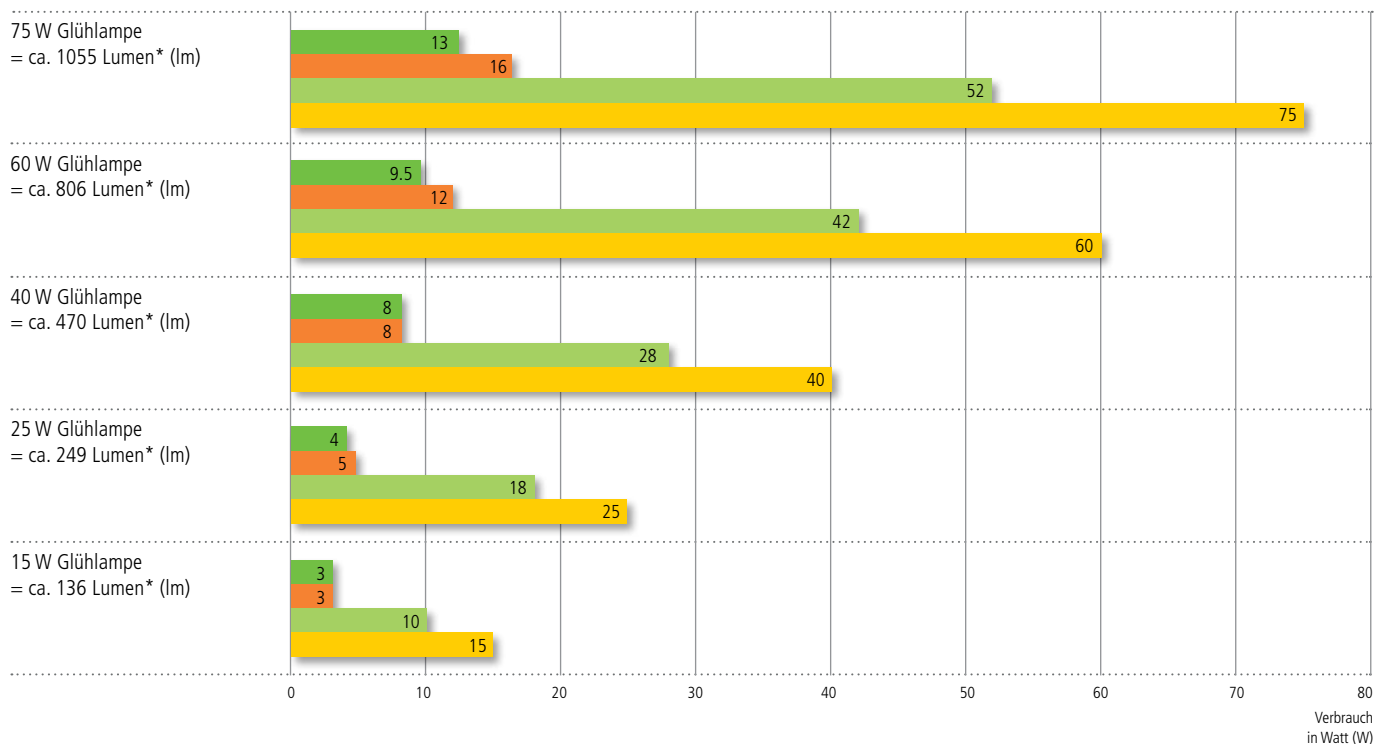
Glühlampe ersetzen mit LED-Leuchtmittel* von

| | |
|--------------|-----------------|
| 15 Watt (W) | 136 Lumen (lm) |
| 25 Watt (W) | 249 Lumen (lm) |
| 40 Watt (W) | 470 Lumen (lm) |
| 60 Watt (W) | 806 Lumen (lm) |
| 75 Watt (W) | 1055 Lumen (lm) |
| 100 Watt (W) | 1525 Lumen (lm) |
| 150 Watt (W) | 2442 Lumen (lm) |
| 200 Watt (W) | 3452 Lumen (lm) |



«Lumen, das neue Watt»

Vergleich Glühlampen mit LED, Energiesparlampen und Halogenlampen



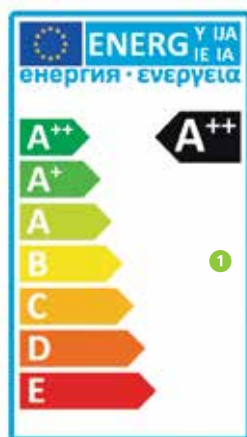
* gem. EU-Verordnung 244/2009 (in Bezug auf LED)

- LED
- Energiesparlampe
- Halogen
- Glühlampe

Die Energieetikette

Seit dem 1. Januar 2013 gelten neue Energieeffizienzklassen und Bezeichnungen. Jedes zum Verkauf angebotene Leuchtmittel ist mit einer Energieetikette versehen. Diese teilt die Energieeffizienz in sieben Klassen ein, wobei A++ die energieeffizienteste ist.

Ab 2016 wird nur noch der Verkauf von Leuchtmitteln in den Effizienzklassen «B» oder besser erlaubt sein. Damit werden auch die meisten Halogenlampen vom Markt verschwinden, siehe www.led-know-how.ch.



- 1 Energieeffizienzklasse (die entsprechenden technischen Daten sind in den EG-Richtlinien definiert)
- 2 Lichtstrom der Leuchtmittel in Lumen (lm)
- 3 Elektrische Leistungsaufnahme des Leuchtmittels (Watt)
- 4 Durchschnittliche Lebensdauer in Std.

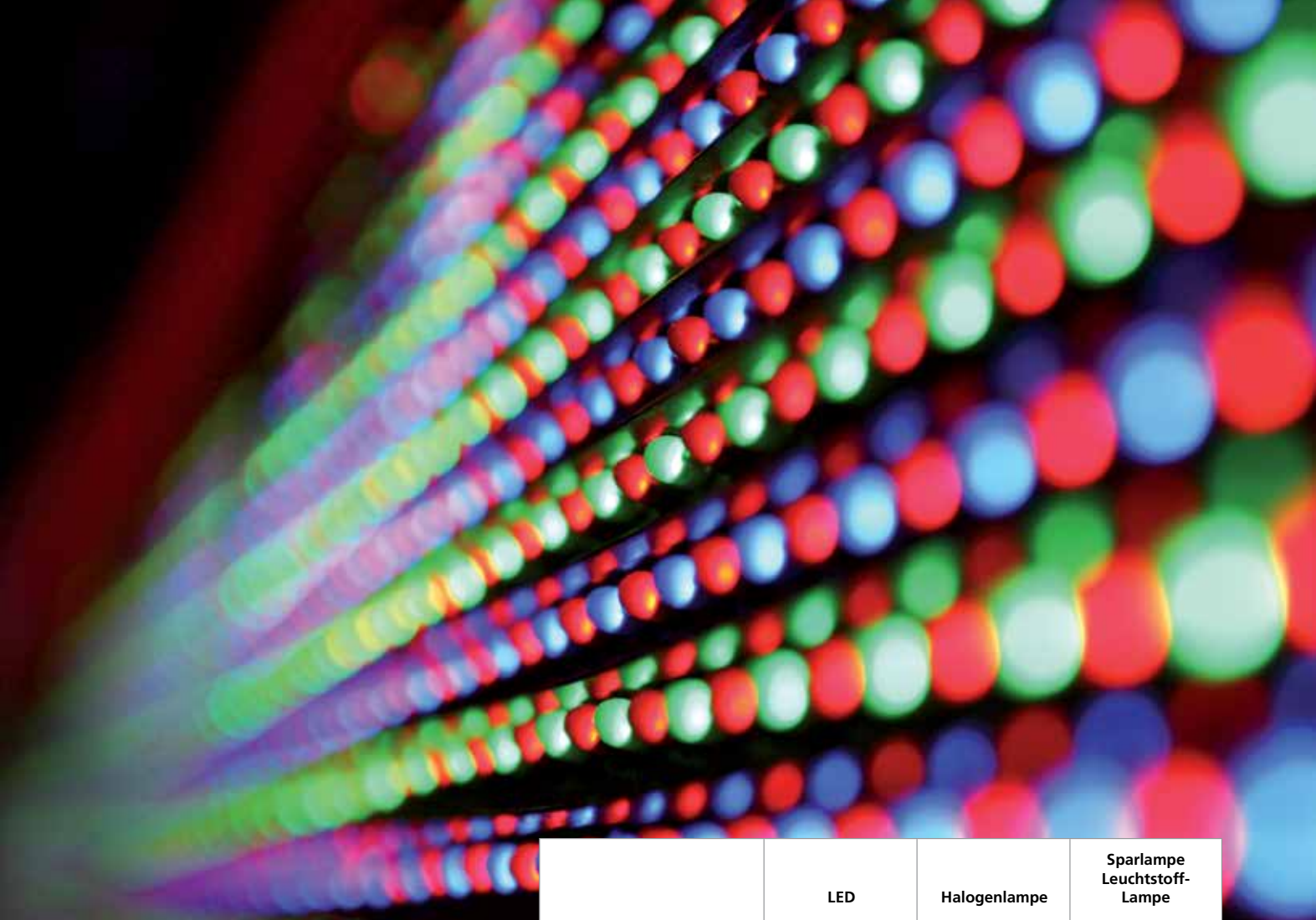
Ausführliche Informationen zur Energieetikette: www.led-know-how.ch

- A+B** LEDs, Sparlampen, Leuchtstofflampen
- B+C** ECO-Halogenlampen (neue Generation)
- D** Herkömmliche Halogenlampen
- E** Normale Glühlampen
- F+G** Kleine Glühlampen und Spezialglühlampen

2 **900 Lumen**

3 **15 Watt**

4 **1200 h**











Die richtige Lampe am richtigen Ort

Wo eignet sich welches Leuchtmittel? Wo ist welches Leuchtmittel am effizientesten? Diese Tabelle gibt einen groben Überblick über die grundsätzliche Eignung von Leuchtmitteln. Für optimale Lichtlösungen empfiehlt sich die individuelle Beratung durch Fachpersonen.

| | LED | Halogenlampe | Sparlampe Leuchtstoff- Lampe |
|--------------------------------|-----|--------------|------------------------------------|
| Privathaushalt | | | |
| Allgemeinbeleuchtung | 😊 | 😊 | 😊 |
| Akzentbeleuchtung | 😊 | 😊 | 😐 |
| Exaktes Arbeiten | 😊 | 😊 | 😊 |
| Aussenbeleuchtung | 😊 | 😊 | 😐 |
| Büro/Verwaltungsgebäude | | | |
| Zugangsbereich aussen | 😊 | 😞 | 😊 |
| Korridore/Durchgangsbereiche | 😊 | 😐 | 😊 |
| Arbeitsplätze | 😊 | 😐 | 😊 |
| Industrie/Handwerk | | | |
| Hallenausleuchtung | 😊 | 😐 | 😊 |
| Arbeitsplatz | 😊 | 😐 | 😊 |
| Verkauf/Hotels etc. | | | |
| Akzentbeleuchtung | 😊 | 😐 | 😊 |
| Kühlmöbel | 😊 | 😞 | 😊 |
| Effektbeleuchtung | 😊 | 😐 | 😊 |

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|--|----|---|
| Einleitung | 3 |  |
| Allgemeines LEDs Was macht eine gute Beleuchtungslösung aus? Welche Methoden der Lichterzeugung gibt es? Wo eignet sich der Einsatz von LEDs? LED-Produkte und Anwendung? Was bedeutet die Angabe der Farbtemperatur? OLED – was ist das? | 4 |  |
| Privathaushalt Mieter Lampe oder Leuchte? Welche Ansprüche an Leuchtmittel habe ich? Licht als persönliches Ausdrucksmittel? LEDs für den Privathaushalt? | 8 |  |
| Immobilienbesitzer und -verwalter Energiekosten durch LED-Leuchtmittel senken? Beleuchtungsoptimierung mit LEDs? Welche Ersparnis bringt der Ersatz von Leuchtmitteln durch LEDs? | 11 |  |
| Unternehmen Dienstleister Industrie, Handel Umweltschonend Energie sparen? Arbeitsplatzoptimierung durch LEDs? Eignen sich LEDs für meinen Betrieb? Inszenierung von Stimmungen und Produktauslagen? | 12 |  |
| Architekten Lichtdesigner Elektroinstallateure und -planer Welche Normen und Standards finden Verwendung in der Lichtplanung? Beleuchtung nach Minergiestandard zertifizieren? Ist die Bemusterung von LEDs immer nötig? Thermomanagement. | 14 |  |
| Gemeinden Öffentliche Institutionen Orientierung und Sicherheit durch Beleuchtung? LED-Beleuchtung – ein Beitrag zur Energieeffizienz? Besteht Handlungsbedarf in unserer Gemeinde? LEDs in der Strassenbeleuchtung? «Smart Lighting»? | 17 |  |
| Aussichten Technologie und Trends «Light on demand»? «Atmosphäre» auf Knopfdruck? OLEDs: Licht aus Wänden und Decken? | 19 |  |
| Glossar Impressum | 20 | |

«LEDs für eine leuchtende Zukunft.»



Einleitung

Es werde Licht – aber wie?

Die künstliche Beleuchtung ist ein Grundpfeiler der modernen 24-Stunden-Gesellschaft – Tendenz zunehmend. 24 Leuchtmittel befinden sich durchschnittlich in Schweizer Haushalten, fast doppelt so viele wie noch vor 10 Jahren.

Künstliches Licht schafft Orientierung, Sicherheit und Wohlbefinden. Doch es hat auch seinen Preis: In der Schweiz werden knapp 15 % des elektrischen Stroms für die Beleuchtung verwendet. Dies stellt eine Belastung für die Umwelt und den Geldbeutel dar. Mit effizienten Beleuchtungslösungen liesse sich diese Zahl auf ca. die Hälfte reduzieren.

Doch was ist eine effiziente Beleuchtungslösung? Zwar sind die ineffizienten Glühlampen seit dem 1. September 2012 europaweit verschwunden, die Leuchtmittel-Regale in den Geschäften sind jedoch voller denn je: Halogen- und Halogen-ECO-Lampen, Sparlampen und zunehmend auch LEDs (light emitting diode)-Leuchtmittel. Was also wählen? LEDs werden von der Fachwelt als das «Licht der Zukunft», ja sogar als «Lichtrevolution» gepriesen. Also einfach «Glühlampe raus – LED rein»?

Die vorliegende Informationsbroschüre geht diesen Fragen nach. Sie zeigt die wichtigsten Punkte zum Thema Beleuchtung resp. LED-Beleuchtungstechnik auf und erklärt, in welchen Anwendungsbereichen LEDs heute schon erste Wahl sind.

Fachpersonen aus den zuständigen Schweizer Verbänden und Organisationen haben zum Inhalt beigetragen. Sie stehen auch für weitere Informationen und Beratung zur Verfügung.

Schweizer
Licht Gesellschaft (SLG)

Electrosuisse Verband für Elektro-,
Energie- und Informationstechnik

Allgemeines | LEDs

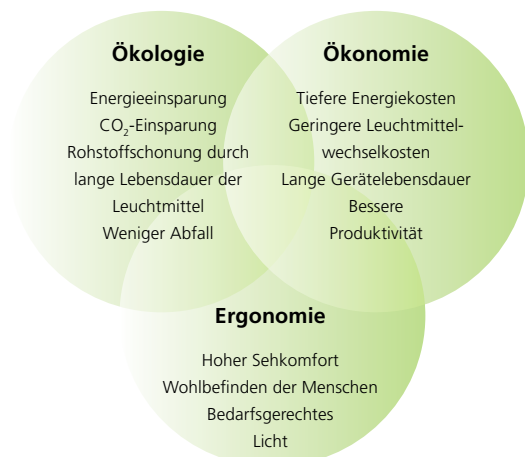
Ohne Licht kein Leben und keine Orientierung. Menschen nehmen ca. 80 % ihrer Umwelt über das Auge wahr. Licht ist elektromagnetische Strahlung. Das sichtbare Licht umfasst ein relativ kleines Spektrum der gesamten Strahlung, nämlich den Bereich zwischen 380 (violett) und 780 (rot) Nanometern. Darunter befindet sich der Bereich der Ultraviolettstrahlung (UV), darüber der Infrarotbereich (IR). Je nach Wellenlänge erscheint das Licht in unterschiedlicher Farbe.

Licht hilft dem Menschen nicht nur, seine Umwelt wahrzunehmen, es beeinflusst auch sein Wohlbefinden und seine Gesundheit. Es nimmt Einfluss auf Stimmungen und steuert die «innere Uhr».

Eine «gute» Beleuchtungslösung ...

- ... ermöglicht eine aufgabengerechte Sehleistung, guten Sehkomfort und fördert bzw. schützt das Wohlbefinden und die Gesundheit.
- ... verbraucht wenig Energie in der Herstellung und im Betrieb.
- ... ist ökonomisch interessant (Anschaffungskosten, Lebensdauer, Wartungsfaktor).

Das Spannungsdreieck Ökologie, Ökonomie und Ergonomie gilt es für jede Beleuchtungsaufgabe neu auszuloten. Wo mit Präzisionswerkzeugen gearbeitet wird, gelten andere Anforderungen als im heimischen Wohnzimmer. Wertvolle Kunstwerke verlangen nach einer anderen Beleuchtung als die öffentliche Unterführung. Nicht jedes Leuchtmittel und jede Leuchte eignet sich für jeden Verwendungszweck.



Drei Methoden der Lichterzeugung

Am Markt ist eine grosse Anzahl unterschiedlicher Leuchtmittel erhältlich. Alle Produkte können drei grundlegenden Lichterzeugungsmethoden zugeordnet werden:

- **Temperaturstrahler**
Glühlampe/Halogenglühlampe
- **Entladungslampen**
Sparlampen, Leuchtstofflampen, Metalldampflampen
- **Leuchtdioden/LED**
Retrofits (Ersatzleuchtmittel), LED-Module, integrierte Leuchten

Bevorzugte Anwendung von LEDs

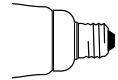
LED-Beleuchtung ist dort wirtschaftlich und attraktiv, wo ihre einzigartigen Vorteile zur Geltung kommen: sofort volles Licht, «unbegrenzt» schaltbar, gerichtetes Licht, sehr lange Lebensdauer, geringer Wartungsaufwand, keine Wärme im Lichtstrom, verlustarme Dimmung, klein in der Dimension, ultraviolettrees Licht und Farbmodulation.

Qualitätssicherung und Produktvergleich

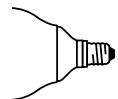
Auch bei erfahrenen Herstellern variieren LEDs produktionsbedingt bezüglich Helligkeit und Lichtfarbe. Nach der Fertigung muss jede LED klassifiziert und sogenannten «Bins» (Lichtfarbzuordnung) zugeteilt werden. Die Kompatibilität von LED-Lightengines ist weltweit noch nicht einheitlich geregelt. Aufgrund der noch nicht einheitlichen Standardisierung und der Qualitätsunterschiede sollten LED-Produkte vor ihrem Einsatz geprüft werden.

«LM-80» bezeichnet eine Beleuchtungsnorm, die die grossen LED-Hersteller zum Test des Lichtstromverhaltens über die Nutzungsdauer (Lumen-Maintenance) befolgen. Ziel der LM-80-Tests ist es, mit einem verkürzten Test von 6000 Stunden (was ca. 9 Monaten entspricht) zu demonstrieren, dass die LED in einem konsistenten industriellen Testprozedere ihre Fähigkeiten hinsichtlich des Helligkeitsverlaufs und der Lebensdauer unter Beweis stellt. Der erfolgreiche Abschluss des LM-80-Tests ist Voraussetzung für die Erteilung des «Energy Star»-Labels.

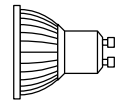
Leuchtmittelsockel



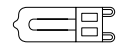
E27, Gewinde mit grossem Durchmesser



E14, Gewinde mit kleinem Durchmesser



GU10, Pilzkopffassung, wird zuerst gesteckt, dann gedreht; für Strahler ohne Trafo



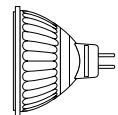
G9, Halogen-Netzspannungslampe



G4

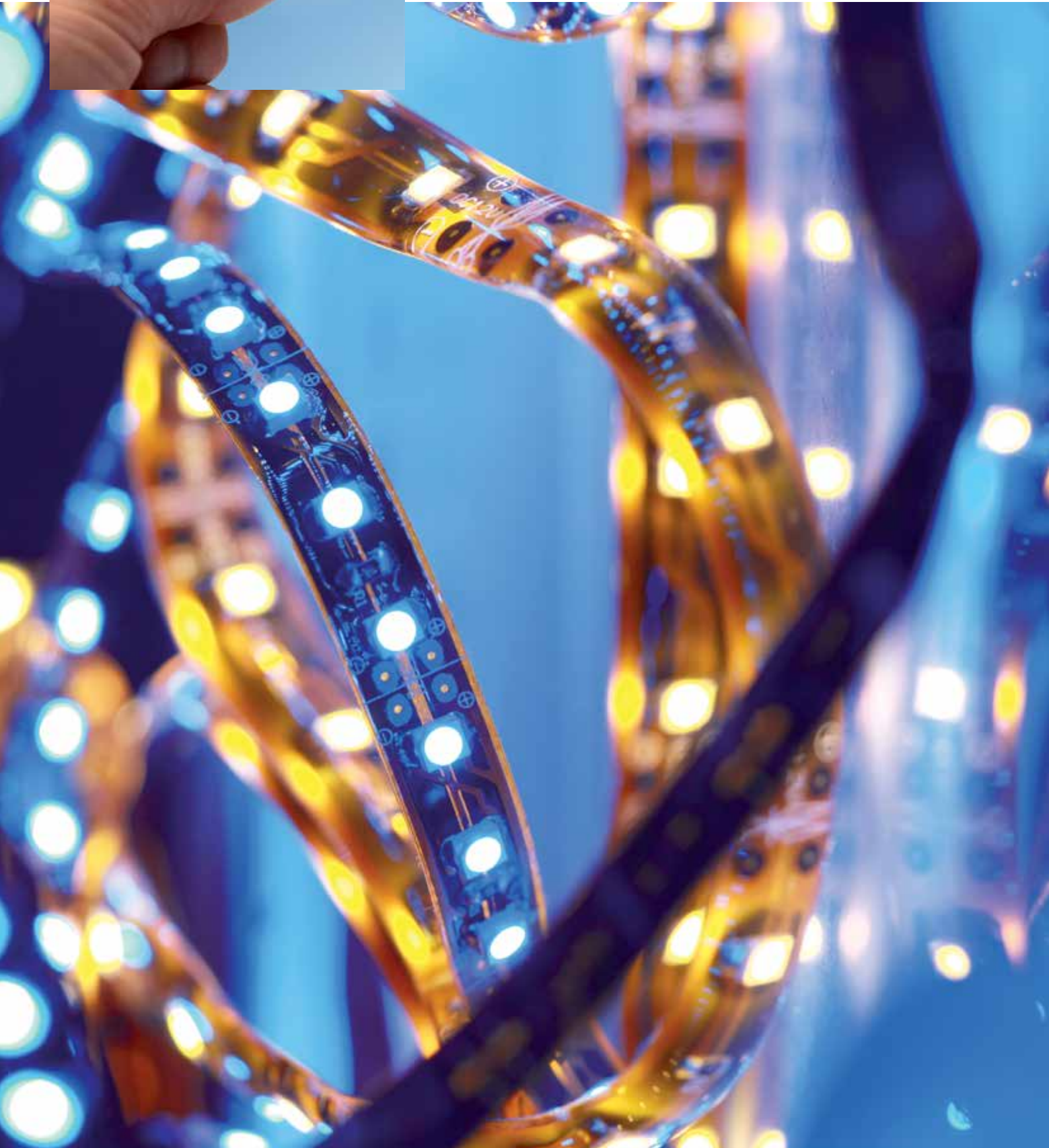


GU5.3



GX5.3

«Ohne Licht kein Leben.»



Allgemeines | LEDs

LED-Produkte und Anwendung

Die LED-Lichttechnologie resultiert aus dem Elektronikbereich und entwickelt sich rasant weiter. Sie revolutioniert den Beleuchtungsmarkt. Die Lichtausbeute von LED-Chips steigt, die Preise sinken. Die Fachwelt ist sich einig, dass LEDs die bestehenden Leuchtmittel künftig nicht nur ergänzen, sondern ersetzen werden.

- **Retrofit-Leuchtmittel (Ersatzlampen)**

Retrofits sind mit fast allen gängigen Lampensockeln erhältlich. Sie ersetzen konventionelle Leuchtmittel in bestehenden Leuchten.

- **Integrierte Leuchtmittel**

Aufgrund der langen Lebensdauer von LEDs kommen immer mehr Leuchten mit fest eingebauten LED-Chips auf den Markt. Sie eröffnen Designern eine grosse Gestaltungsfreiheit und ermöglichen neue, ultraflache Formen. Nachteil: Diese LED-Leuchtmittel sind herstellerabhängig und oft nicht austauschbar.

- **LED-Module, «Zhaga»**

Zhaga ist ein internationales Konsortium der Beleuchtungsindustrie mit dem Ziel, die Austauschbarkeit von LED-Lichtquellen verschiedener Hersteller wieder zu gewährleisten, ähnlich wie zur Zeit der Glühlampe mit dem bekannten Edison-Gewinde E27. Bezüglich LED-Lichtquellen verwendet Zhaga den Begriff «LED-Lightengine». Erste solche LED-Module nach dem Zhaga-Standard sind bereits auf dem Markt.

Neben der Anwendung in der klassischen Beleuchtung finden LEDs auch in folgenden Bereichen Verwendung:

- Effektbeleuchtung und Taschenlampen
- Signaltechnik und Verkehr, z.B. Verkehrsampeln, Fahrzeugbeleuchtung
- Hintergrundbeleuchtung von Flüssigkristallbildschirmen
- Medizintechnik und Laser

Helligkeit und Lichtleistung

Die vertrauten Wattzahlen 15, 25, 40, 60, 75 und 100 haben ihre Orientierungsfunktion verloren. Die aktuellen Leuchtmittel sind effizienter und brauchen für die gleiche Lichtleistung weniger Leistung (Watt). Die Masseinheit für die Helligkeit eines Leuchtmittels ist der Lichtstrom. Er wird in Lumen (lm) angegeben. Über die Effizienz des Leuchtmittels gibt das Verhältnis Lumen/Watt Auskunft.

Die Farbtemperatur

Die Bezeichnung für die Farbtemperatur ist Kelvin (K). Je höher der Kelvin-Wert und damit die Farbtemperatur, desto «kühler» und bläulicher wirkt eine weisse Lichtquelle. Je niedriger der K-Wert, desto «wärmer» und gemütlicher ist das Lichtempfinden. Für möglichst konzentrierte und ermüdungsfreie Büroarbeiten empfehlen Ergonomen Farbtemperaturen von ca. 4000 K. Für die Wohnzimmerbeleuchtung empfiehlt sich ein eher «warmes» Licht von 2700–3000 K.

Die Lichtfarben im Überblick:

- warmweiss: < 3300 Kelvin
- neutralweiss: 3300–5300 Kelvin
- tageslichtweiss: > 5300 Kelvin

Die ersten roten LEDs kamen 1962 auf den Markt. Aufgrund ihres geringen Lichtstroms fanden sie vorwiegend als Anzeigen in Digitaluhren und als Standby-Lämpchen Verwendung. Etwa 10 Jahre später folgten grüne, orange und gelbe Dioden. Die erste kommerziell erfolgreiche blaue Diode kam zu Beginn der 1990er-Jahre auf den Markt. Um das Jahr 2000 gelang es, auch weisses LED-Licht zu erzeugen. Damit war die Grundlage für eine breite Nutzung von LEDs in der künstlichen Beleuchtung gegeben.

Farbwiedergabe

Neben der Lichtfarbe muss auch der Farbwiedergabewert (R_a) des Leuchtmittels stimmen. Dieser gibt an, wie farbecht die beleuchteten Gegenstände wahrgenommen werden. Der beste Wert für die natürlichste Farbwiedergabe liegt bei R_a 100. Für den Heimbereich sollte dieser Wert bei mindestens R_a 80 liegen.

OLEDs

OLEDs bestehen aus organisch halbleitenden Materialien. Sie unterscheiden sich von LEDs dadurch, dass Strom- und Leuchtdichte geringer sind. Ihre Lebensdauer ist derzeit noch ziemlich bescheiden und nicht vergleichbar mit jener von LEDs.

Mit OLEDs lassen sich leuchtende Flächen erzeugen. Allerdings beschränken sich diese bis heute erst auf kleinere Flächen, d.h. einige Quadratzentimeter. Die OLED-Technik steckt noch in den Kinderschuhen. Von der Vision, ganze Decken und Wände mit OLEDs verlässlich und zu tragbaren Preisen zu tapezieren, ist die Industrie heute noch weit entfernt.

«LEDs revolutionieren den Beleuchtungsmarkt.»



Privathaushalte | Mieter

Lichtlösungen in den eigenen vier Wänden müssen verschiedenste Funktionen erfüllen. Die Grundbeleuchtung sorgt für die Grundhelligkeit und erlaubt damit insbesondere die Orientierung. Die Akzentbeleuchtung bringt vor allem die Individualität der Bewohner zum Ausdruck. Sie ist ein Gestaltungsmittel, erzeugt Stimmungen, verbreitet ein Gefühl der Geborgenheit und verschafft Wohlbefinden.

Lampe oder Leuchte?

Was der Laie als «Lampe» kennt, ist in der Fachsprache die «Leuchte». Die Leuchte stellt die Verbindung zum Strom her, lenkt das Licht und schützt das Leuchtmittel. Zur einfacheren Verständlichkeit wird in dieser Informationsschrift möglichst der Ausdruck «Leuchtmittel» für den umgangssprachlichen Begriff «Birne» verwendet.

Leuchtmittel-Verpackungen geben eine Vielzahl von Informationen. Für den Ersatz bestehender Leuchtmittel ist der Lampenkonfigurator hilfreich: www.led-know-how.ch. Einige grundlegende Punkte erleichtern die Orientierung:

- Welcher Leuchtmittel-Sockel passt in meine Leuchte?
- Welche Leuchtmittel-Form passt in meine Leuchte?
- Welche Lichtstärke benötige ich?
- Welche Farbtemperatur bzw. Lichtfarbe soll mein Leuchtmittel haben?
- Was muss mein Leuchtmittel sonst noch können, z.B. dimmen, sofort Licht erzeugen etc.?
- Wie wirtschaftlich ist mein Leuchtmittel über seinen gesamten Lebenszyklus?

Der Leuchtmittel-Sockel

Der Sockel verbindet das Leuchtmittel mit der Fassung und ermöglicht den elektrischen Kontakt. Die Leuchtmittel-Sockel sind EU-weit genormt (siehe S. 4).

Die Form des Leuchtmittels

Für Leuchten mit geschlossenen, blickdichten Schirmen eignen sich Leuchtmittel in Stab- oder Wendelform. Für offene und durchsichtige Leuchten bietet sich die «Glühlampenform» an.

Lampeneigenschaften

Will man das Leuchtmittel dimmen? Wird es oft ein- und ausgeschaltet? Brennt es im Dauerbetrieb? Soll es sofort aufstarten oder darf es eine Weile dauern, bis der volle Lichtstrom erzeugt ist? Nicht alle Leuchtmittel können alles. So brauchen Sparlampen mehr Zeit zum Aufstarten, und nicht alle LEDs sind dimmbar. Auch auf diese Fragen liefern die Leuchtmittel-Verpackungen Antworten.

Wirtschaftlichkeit

Was die Energieeffizienz und -kostensparnis betrifft, liegen Sparlampen und LED-Leuchtmittel zurzeit beinahe gleichauf. Der Anschaffungspreis von LEDs liegt allerdings deutlich über denjenigen von Sparlampen. Da LEDs mit einer durchschnittlichen Brenndauer von ca. 1000 Stunden jährlich bis zu 25 Jahre halten, kann sich die Anschaffung über die gesamte Lebensdauer dennoch lohnen. Konkrete Anregungen zum Sparen von Beleuchtungsenergie und -kosten finden sich z.B. im Ratgeber «Haushaltbeleuchtung» von S.A.F.E. und EnergieSchweiz: www.toplicht.ch.

LED-Lösungen für den Privathaushalt

LEDs sind im Privathaushalt grundsätzlich da interessant, wo Leuchtmittel lange brennen oder wo häufig ein- und ausgeschaltet wird. Auch dort, wo Akzente gesetzt werden sollen, bieten sich LEDs an.

Für die meisten bestehenden Leuchten gibt es LED-Retrofit-Leuchtmittel. Effizienzmassig besonders interessant sind Retrofits für Halogenlampen-spots und Glühlampen. Für die sehr lichtstarken Halogenstäbe sind vorerst noch keine LED-Retrofit-Produkte erhältlich.

«Beleuchtung so individuell
wie jede Person.»



«Mit effizienten Beleuchtungs-
lösungen Strom sparen.»



Immobilienbesitzer und -verwalter

In Geschäftsgebäuden können bis zu 40 % der Energiekosten für die Beleuchtung anfallen. Deshalb lohnt sich ein genauer Blick auf die Beleuchtungseffizienz ganz besonders. Die Praxis zeigt, dass sich 30–40 % Energie einsparen lassen – und das mit relativ kurzen Amortisationszeiten.

Beleuchtungsoptimierung mit LEDs

Sinnvoll eingesetzt erlaubt die LED-Technologie weitere Einsparmöglichkeiten. LEDs haben eine sehr lange Lebensdauer und damit einen geringeren Wartungsaufwand. Eine Beleuchtungsoptimierung kann auf unterschiedlichen Ebenen ansetzen:

- **Ersatz von ineffizienten Leuchtmitteln**
Ein Ersatz durch LED-Lampen lohnt sich ganz besonders bei Halogenleuchtungen und Glühlampen. LEDs kommen mit 20 % der ehemaligen Glühlampenleistung aus.
- **Umrüsten und Ersetzen von Leuchten**
Wenn ein Auswechseln bestehender Leuchtmittel z.B. aufgrund von Sockelgrössen oder inkompatibler Betriebsgeräte nicht möglich sein sollte, kann es sich lohnen, diese auszuwechseln, da sie substantielle Einsparungen ermöglichen. Für Korridore wo möglich LED-Downlights einsetzen.

- **Lichtsteuerung installieren bzw. optimieren**

Da LEDs sofort starten und beim raschen Ein- und Ausschalten keinen Schaden nehmen, eignen sie sich sehr gut für den Einsatz in Kombination mit Sensoren. Mit der Kombination LED/ Bewegungsmelder beispielsweise lässt sich vor allem in Durchgangszonen und Korridoren viel Strom sparen. Ein möglicher Nebennutzen dieser Reduktion: Gebäude heizen sich weniger auf und tragen dazu bei, Klimatisierungskosten zu senken.

Wirtschaftlichkeit von LED-Beleuchtungen

LED-Leuchtmittel sind in der Anschaffung nach wie vor teurer als andere konventionelle Leuchten. Bei der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sollte aber der ganze Lebenszyklus – «Total Cost of Ownership» – betrachtet werden.

Im Laufe des Betriebs nimmt der Lichtstrom einer Beleuchtungsanlage alterungs- und verschmutzungsbedingt ab. Anlagen in Zweckbauten dürfen einen bestimmten Beleuchtungswert nicht unterschreiten.

Ein weiterer Faktor in der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung ist der wachsende Anspruch von Gebäudenutzern nach «grünen Gebäuden». Beleuchtungslösungen lassen sich nach den Vorgaben des schweizerischen Minergiestandards oder nach denjenigen der europäischen «GreenLight-Initiative» zertifizieren (siehe Kapitel Architekten | Lichtdesigner | Elektroinstallateure und -planer).

Energiebilanz und Wirtschaftlichkeit eines Supermarkts

Jahresbetriebskosten, Manor Genf, 3393 m², Vergleich alt mit neu (Stand 2012)

| Beschreibung | Einheit | Beleuchtung alt | Beleuchtung neu LED |
|-----------------------------------|------------|-----------------|---------------------|
| Anzahl Leuchtmittel | Stck | 980 (SDW-T) | 980 |
| Mittlere Lebensdauer | h | 10 000 | 50 000 |
| Anschlusswert der Anlage | kW | 107,8 | 50,9 |
| Strompreis / kWh | CHF | 0.15 | 0.15 |
| Jahresstromverbrauch Beleuchtung | kWh | 393 470 | 185 785 |
| Jahresstromverbrauch Klimaanlage* | kWh | 173 400 | 81 600 |
| Jahresstromverbrauch total | kWh | 566 870 | 267 385 |
| Energiekosten | CHF | 85 030 | 40 107 |
| Ersatzkosten von Leuchtmitteln | CHF | 18 620 | 0 |
| Jahresbetriebskosten | CHF | 103 650 | 40 107 |
| Einsparung Kosten / Jahr | CHF | –63 543 | |

* kleinerer Aufwand aufgrund geringerer Wärmeentwicklung durch LED

Unternehmen | Dienstleister | Industrie, Handel

Bei der Lichtplanung für Unternehmen muss das Spannungsdreieck «Ergonomie, Ökologie und Ökonomie» ganz besonders sorgfältig ausgelotet werden (siehe Grafik Seite 4): Trotz Kostendruck sollte die Beleuchtung dem Aspekt «Umwelt» Rechnung tragen und den Bedürfnissen und Anforderungen von Mitarbeitenden und Kunden gerecht werden.

Die Norm SN EN 12464-1 spezifiziert die im Arbeitsgesetz definierten Anforderungen an die Beleuchtungsqualität in Zweckgebäuden. Dazu gehören möglichst viel Tageslicht, eine angemessene Beleuchtungsstärke, eine blendungsreduzierte Umgebung, eine genügende Farbwiedergabe sowie das Vermeiden von Flimmern und stroboskopischen Effekten. Die genauen Vorgaben hängen von der jeweiligen Sehaufgabe und den baulichen Gegebenheiten des Arbeitsplatzes ab, z.B. kleines Büro, hohe Halle etc.

Beleuchtung in Bürogebäuden

Die Arbeit am PC erfordert genügend blendungsfreies Licht. Wer lange Zeit konzentriert und kreativ arbeiten muss, ist mit Tageslicht am besten bedient. In grossen Büroräumen ist es meist nicht möglich, alle Arbeitsplätze mit genügend Tageslicht zu versorgen. Sinnvollerweise ergänzen dort tageslichtabhängige Lichtsteuerungen das fehlende Licht. Dimmbare LED-Beleuchtungssysteme sind dafür besonders geeignet. Dank Farbveränderungsoption kann damit sogar der Tageslichtverlauf nachgeahmt werden. In Grossraumbüros und Durchgangsbereichen bieten intelligente Beleuchtungssysteme mit Präsenzmeldern und Zeitschaltuhren zusätzlich den Vorteil, dass das Licht nur dann eingeschaltet wird, wenn es auch gebraucht wird. Das spart Energie und Kosten.

Beleuchtung für Industrie und Handwerk

Die hohen Lichtströme, die in grossen Produktions-, Lager- oder Sporthallen für die Grundausleuchtung nötig sind, können derzeit mit Fluoreszenz- oder zunehmend auch mit LED-Leuchtmitteln am wirtschaftlichsten erzeugt werden. LED-Lampen und Leuchten sind robust und unempfindlich gegen Vibrationen und Stösse. Sie eignen sich deshalb bestens für die Beleuchtung von Arbeitsplätzen in der Produktion. Das helle Licht unterstützt auch diffizile Sehaufgaben, wie z.B. Goldschmiede- oder Uhrmacherarbeiten.

Beleuchtung in Verkaufs- und Ausstellungsräumen

Im Einzelhandel gewinnt die Beleuchtung laufend an Bedeutung. Eine gekonnte Lichtdramaturgie soll Aufmerksamkeit erregen, Kunden ein angenehmes Einkaufserlebnis verschaffen und Corporate Identity vermitteln. Entsprechend hoch ist deshalb gerade in diesem Bereich der beleuchtungsbedingte Energieverbrauch.

LED-Beleuchtungslösungen sind in Verkaufsräumen immer öfter erste Wahl, denn sie decken einige sehr spezifische Beleuchtungsanforderungen in idealer Weise ab und wirken sich kostensparend aus (siehe Tabelle S. 11):

- **Inszenierung von Produkten**

Mit den weitgehend wärme- und UV-freien LED-Spots lassen sich empfindliche Produkte wie Lebensmittel, Kosmetika oder Kunstwerke schonend in Szene setzen und mit einem präzisen Lichtstrahl punktgenau ausleuchten.

- **LEDs eignen sich hervorragend für Kühlmöbel**

Der «kalte» Lichtstrom hat eine positive Wirkung auf die Gerätekühlleistung und hilft damit doppelt beim Energiesparen. Ausserdem gefährden weder Minustemperaturen noch das häufige Auf- und Zuschlagen von Kühlschränktüren die Lebensdauer der robusten Leuchtdioden.

- **Flexible Lichtfarben**

Die Lichtfarbe von hochwertigen LEDs lässt sich unkompliziert modulieren. Mit derselben Beleuchtungslösung können z.B. Kleider – je nach Saison oder Stil – unterschiedlich beleuchtet werden oder die Eigenfarbe von Lebensmitteln ins beste Licht gerückt werden. In Shoppingzentren lässt sich mit geeigneten Leuchtmitteln ein stimmiges Einkaufsambiente inszenieren.

- **Werbe- und Fassadenbeleuchtungen**

Bei der Hinterleuchtung von Schriften und Postern sowie in der Fassadenbeleuchtung verdrängen die sparsamen LEDs herkömmliche Leuchtmittel mehr und mehr. Oft an schwer zugänglichen Stellen angebracht, sind die langlebigen Leuchtdioden vorteilhaft, weil sie nur selten ausgewechselt werden müssen.

«Ins beste Licht rücken.»



Architekten | Lichtdesigner | Elektroinstallateure und -planer

Ausrichtung, Grundriss, Fassade und Materialwahl beeinflussen die Lichtverhältnisse und den Lichtbedarf eines Gebäudes. Im Idealfall entstehen Licht- und Raumkonzepte deshalb aufeinander abgestimmt, was eine optimale Synergie von Tages- und Kunstlicht erlaubt.

Für Orientierungsleuchten im Flur- oder Treppenbereich sowie für Pflanzen- und Bildbeleuchtung, Stimmungslichter an Decken, Wänden und Vitrinen eignen sich LEDs bestens. Durch ihre vielfältigen, energieeffizienten Eigenschaften sind sie auch für Gebäude-, Stufen- und Wegbeleuchtung sowie Wand- oder Deckenleuchten mit Bewegungsmeldern prädestiniert.

Normen und Standards für die Lichtplanung

Die Norm SN EN 12464-1 «Beleuchtung von Arbeitsstätten» hält die Kriterien an Arbeitsstätten fest. SIA 380/4 «Elektrische Energie im Hochbau» definiert Richtlinien und Planungsgrößen für den rationellen Einsatz von Strom in Wohn- und Zweckbauten. Die neue SIA-Norm 491 hingegen regelt wichtige Aspekte der Aussenbeleuchtung. Ein Überblick über alle Normen und Richtlinien findet sich auf den Websites der Schweizer Licht Gesellschaft, www.led-know-how.ch, resp. www.sia.ch.

Nicht nur für Gebäudekomplexe, sondern auch für die Innenbeleuchtung gibt es «grüne» Standards. Seit 2001 lässt sich Beleuchtung nach dem Effizienzstandard «Minergie®» zertifizieren. Dieser verlangt:

- eine helle Raumgestaltung
- Leuchtmittel der EU-Effizienzklasse «A» – «A++»
- Leuchten mit elektronischen Vorschaltgeräten
- optimale Leuchtenreflektoren mit hohem Anteil an direktem Licht
- Tageslichtsteuerung (in Räumen mit Tageslicht)

Die Beleuchtungseffizienz eines Gebäudes kann auch durch das «Green Building», <http://iet.jrc.ec.europa.eu>, und das «GreenLight-Partner»-Programm, ausgewiesen werden. Informationen und Rechenhilfen für die Beleuchtungsplanung bietet das Relux-Planungspaket, www.relux.biz. Mit der kostenfreien Berechnungssoftware «Relux Energy» können Beleuchtungsanlagen nach Minergiestandard geplant werden.

Sanierung durch Fachleute

Wo nicht oder nur begrenzt saniert wird, bietet sich ein Nachrüsten der bestehenden Beleuchtungsanlagen an. Dabei muss allerdings beachtet werden, dass z.B. beim Austausch eines Vorschaltgeräts die Leuchtensicherheit beeinträchtigt werden kann. Dadurch geht die Sicherheitsverantwortung an den Betreiber über. Zudem verlieren die Lichtplanungs-werte ihre Gültigkeit. Die Anlage ist eventuell nicht mehr normenkonform. Das Nachrüsten mit einer Lichtsteuerung gehört in die Hände von Experten.

Vermeehrt werden LED-Röhren als Ersatz für bestehende Leuchtstoffröhren T8 mit G13-Sockel angeboten. Ein solcher Ersatz kann aus Energieeffizienzgründen und vor allem aufgrund der langen Lebensdauer von LEDs sinnvoll sein. Der Umbau muss normengerecht durchgeführt werden, um Gefahren wie das Elektrisieren beim Röhrenwechsel zu vermeiden. Geltende Norm: SN EN 62560 (LED-Lampen mit eingebautem Vorschaltgerät für Allgemeinbeleuchtung): www.electrosuisse.ch / Online-Shop.

Besonderheiten der Lichtplanung mit LEDs

Die LED-Technologie bietet Architekten und Lichtplanern neue kreative Gestaltungsmöglichkeiten. Dank ihren Abmessungen können LEDs fast überall eingebaut werden. Sie eignen sich für schwer zugängliche Stellen, da sie selten ausgewechselt werden müssen, weil sie eine lange Lebensdauer aufweisen.

Qualitätsunterschiede und Kompatibilitätsfragen

Eine Bemusterung ist bei grösseren LED-Projekten unumgänglich, da die Lichtfarbe von LEDs auch von erfahrenen Herstellern produktionsbedingt variieren kann. So können Unterschiede in Helligkeit und Farbe, Lichtverteilung, Oberflächentemperaturen usw. genauer beurteilt werden. Für Produkte, die die «Zhaga-Kompatibilität» erfüllen, wird Langzeiter-satz garantiert (siehe auch «Allgemein | LEDs», S. 6).

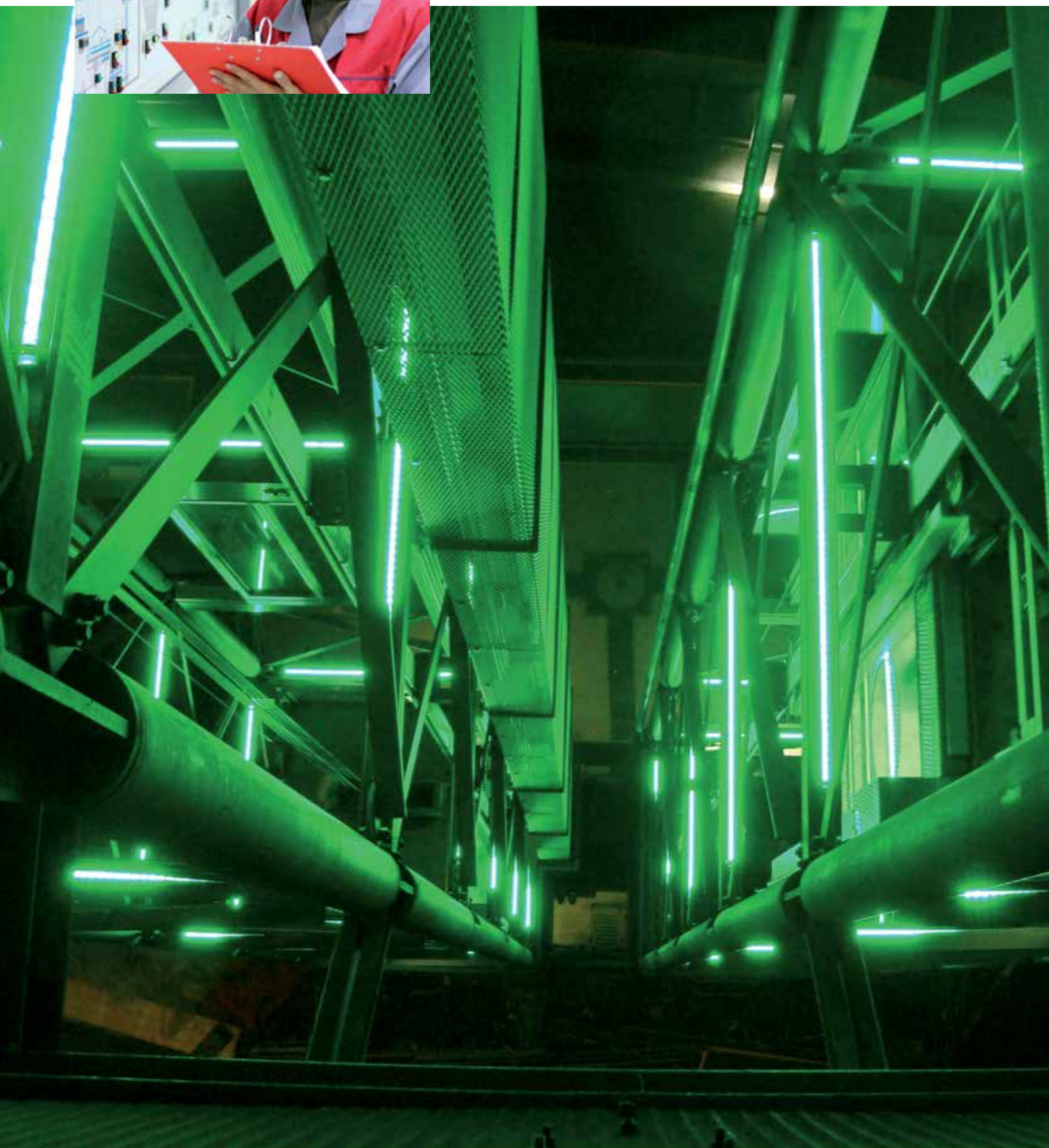
Thermomanagement

Auch wenn der LED-Leuchtstrom fast wärmefrei ist, entsteht auch hier Wärme. Ohne die Abführung dieser Wärme nimmt die Lebensdauer der Diode drastisch ab. Bei akuter Überhitzung können LEDs auch kurzzeitig ausfallen. Um dies zu verhindern, muss die auf den Halbleiter anfallende Wärme abgeführt werden.

«Geschickt Akzente setzen.»



«Licht für Sicherheit und Atmosphäre.»



Gemeinden | Öffentliche Institutionen

Mit der öffentlichen Beleuchtung werden Stadtbilder geprägt und der Charakter von Gebäuden und Plätzen hervorgehoben. Sie verschafft aber auch Sicherheit im Verkehr und sorgt nachts für Orientierung.

Ca. 1,5 % der elektrischen Energie wird hierzulande für die Strassenbeleuchtung verwendet, weltweit sind es ca. 3 %. Für die Schweiz wie für die EU ist dies ein Grund zum Handeln: Ab 2015 sind Quecksilberdampf lampen beispielsweise verboten.

Die Qualität von Strassenbeleuchtungen ist nicht nur aus Effizienzgründen umweltrelevant. Die Lichtemissionen haben in den letzten 20 Jahren um ca. 20 % zugenommen. Dies reflektiert das Bedürfnis des Menschen nach vermehrter Aktivität – auch bei Dunkelheit. Insekten und Vögel können allerdings zunehmend in ihrem Lebensrhythmus beeinflusst werden.

Sanierungsbedarf

Die Verordnung zum Energiegesetz verlangt das Auswechseln von ineffizienten Leuchtmitteln und kann zu kompletten Sanierungen führen. Auch die fortschreitenden Entwicklungen im Bereich von LEDs und Bewegungsmeldern im öffentlichen Raum veranlassen Gemeindevertreter, das Thema genauer zu betrachten. Der grösste Sanierungsbedarf für die Strassenbeleuchtung ist jedoch durch das Verbot der Quecksilberlampe entstanden.

Eine Sanierung mit LEDs lohnt sich nicht, wenn bei der bestehenden Beleuchtung Natriumhochdruck-Leuchten im Einsatz sind, die jünger als 15 Jahre sind. Analysen und Beratung bieten Experten unter www.topstreetlight.ch an.

Normung und Empfehlungen

Für die Schweiz gelten in erster Linie die Normen SN EN 13201 (Teil 2–4) «Strassenbeleuchtung» und SN EN 12464-2 «Beleuchtung von Arbeitsplätzen im Freien» sowie die Empfehlungen der Schweizer Licht Gesellschaft (SLG) 450a/2008 bezüglich der Leistungs- und Energiegrenzwerte, www.slg.ch. Zur Beurteilung eines allfälligen Handlungsbedarfs kann die Ranking-Datenbank auf www.topstreetlight.ch unterstützen.

Strassenbeleuchtungen mit LEDs

Bei der Sanierung von Strassenbeleuchtungen dürfte die Wahl entweder auf Natriumhochdruck- oder LED-Leuchtmittel fallen. Der Effizienzunterschied zwischen den beiden Technologien fällt aufgrund fortlaufender technologischer Verbesserungen zunehmend zugunsten der LED-Beleuchtung aus. LED-Produkte sind im Allgemeinen teurer, dennoch gibt es Gründe, die für diese Technologie sprechen können:

- LED-Lösungen bieten gutes, weisses Licht und Variabilität.
- LEDs erlauben die gezielte Ausleuchtung des gewünschten Bereichs mit wenig Streuverlust.
- Die Möglichkeit, Dorfkerne und Plätze zeitlich variabel zu steuern, zu akzentuieren und/oder warmweiss zu beleuchten. LEDs lassen sich gut steuern, z.B. vollständig dimmen, Sofortstart etc.
- Durch die Lichtstreuung bei der Beleuchtung von Strassen in Wohn- oder in der Nähe von Naturschutzgebieten bieten LEDs gute Lösungen.
- LEDs sind problemlos ein- und ausschaltbar, ein Vorteil für Beleuchtungslösungen, die oft ein- und ausgeschaltet werden, z.B. Bewegungsmelder etc.

«Smart Lighting»

Die Steuerung von Strassenbeleuchtung wird immer wichtiger, um Energie einzusparen oder Lichtmissionen zu vermindern. Mit Steuerungen kombiniert, lassen sich die Betriebszeiten von LED-Leuchtmitteln dem tatsächlichen Verkehrs- oder Besucheraufkommen anpassen, z.B. Nachtabenkung, Tageslicht und/oder Präsenzsensoren, «Light on demand». «Intelligente» Lichtsteuerungen, auch «Smart Lighting» genannt, bieten grösstmögliche Flexibilität und Energieeinsparungen von bis zu 85 %. Die Leuchten werden per Computer individuell oder in Gruppen gesteuert. Der Datenfluss läuft beidseitig. So melden die Leuchten Energiedaten und Defektmeldungen an das System zurück. Intelligente Lichtsteuerungen lassen sich in grössere Netze integrieren.



«Gefahr eines Rebound-Effekts?»



Aussichten | Technologie und Trends

Die LED-Technologie entwickelt sich mit grossen Schritten weiter. Ganz im Vordergrund dieser Entwicklung steht die Lichtausbeute. Sie steht für die Effizienz, d.h., wie effizient LEDs elektrische Energie in Licht umwandeln. Dieser Wert beschreibt somit auch die Wärme, die bei einer bestimmten Lichtmenge entsteht. Da LEDs sehr empfindlich auf Wärme reagieren, muss mit entsprechenden Massnahmen versucht werden, diese so gut wie möglich abzuleiten.

Neue Generationen von LEDs werden eine höhere Lichtausbeute ermöglichen

Bei den Retrofit-Lampen muss die Wärme über Kühlrippen und den Sockel abgeleitet werden. Im Weiteren sollte die Grösse der ursprünglichen Glühlampe nicht überschritten werden. Dieser Zielkonflikt hat die Herstellung von Glühlampenersatz bis heute auf rund 1000 Lumen und damit auf eine vergleichbare 75-Watt-Glühlampe begrenzt. Aus diesem Grund wird unter Hochdruck daran gearbeitet, die Lichtausbeute zu verbessern. Aktuell werden Produkte mit einer Lichtausbeute zwischen 60 und 110 Lumen pro Watt angeboten. In den Labors sind bereits Produkte in der Entwicklung, die deutlich effizienter sind. In den nächsten 2–3 Jahren werden wir laufend neue Generationen von LEDs erhalten, welche jeweils eine noch höhere Lichtausbeute bieten.

Gegenüber der heutigen Generation dürfte sich die Lichtausbeute mindestens verdoppeln. Damit kann dann in der gleichen Lampengrösse die doppelte Lichtmenge produziert beziehungsweise die Grösse der Lichtquelle deutlich reduziert werden. Gleichzeitig wird der Preis rasant sinken. Grund dafür sind neue Produktionsmethoden, neue Materialien und auch die abgesetzte Menge der Leuchtmittel.

«Light on demand» im privaten und öffentlichen Raum

LEDs lassen sich problemlos verlustfrei dimmen und auch «unlimitiert» ein- und ausschalten. Damit eröffnen sich viele zusätzliche Möglichkeiten im Betrieb. In der öffentlichen Beleuchtung kann damit die Beleuchtung so betrieben werden, dass nur so viel Licht erzeugt wird, wie wirklich gebraucht wird. Im Innenraum kann mit Anwesenheitssensoren das Licht jederzeit ein- und ausgeschaltet werden, ohne dass die Lichtquelle Schaden nimmt. Mit diesen Möglichkeiten lässt sich eine grosse Menge an Licht und damit an Energie sparen.

«Atmosphäre» auf Knopfdruck

LEDs können hervorragend farbiges Licht produzieren, aber auch alle verschiedenen Weissstemperaturen. So lassen sich wunderbare Lichtstimmungen herstellen, und auf Knopfdruck kann der Raumeindruck verändert werden. In der Entwicklung befinden sich einfache und flexible Steuersysteme, welche mit wenig Aufwand installiert werden können. Diese Systeme sind nicht den Profis vorbehalten, sondern werden auch im Privathaushalt Einzug halten.

OLEDs – «leuchtende Glasscheiben»

Der nächste Schritt in der Entwicklung wird die OLED sein. OLED steht für organische Leuchtdiode. Auf einer Glasscheibe werden mehrere Schichten aufgebracht. Sobald diese Schichten mit einer Stromquelle verbunden werden, beginnt die Scheibe gleichmässig zu leuchten. Mit Leuchten, die auf diesem Prinzip basieren, werden wir in der Lage sein, unsere Räume völlig blendfrei zu beleuchten und damit eine Grundbeleuchtung herzustellen, die unseren Bedürfnissen ideal entspricht. Diese Glasscheiben können grundsätzlich in beliebigen Grössen hergestellt und zum Beispiel in die Deckenkonstruktion eingelassen werden. OLEDs werden dann in jedem gewünschten Farbton angeboten und können sowohl gedimmt wie geschaltet werden.

Schon heute sind erste Versionen dieser «leuchtenden Glasscheiben» erhältlich. Allerdings stehen wir hier erst am Anfang der Entwicklung. Verschiedene Bauformen wie transparente OLEDs oder OLEDs, die auf biegsamen Folien aufgebracht sind, werden viele neue Möglichkeiten der Beleuchtung bieten. Und was geschieht dann mit unserer heutigen LED? Die heutige LED wird dann wieder ausschliesslich das tun, was sie besonders gut kann: mit gerichtetem Akzentlicht eine tolle Lichtstimmung erzeugen!

Glossar

- LED** Light emitting diodes; Leuchtdiode; Licht emittierendes Halbleiter-Bauelement, dessen elektrische Eigenschaften einer Diode entsprechen.
- lm** Der Lichtstrom gibt die Lichtleistung einer Lampe an. Er wird in Lumen (lm) gemessen.
- lx** Die Beleuchtungsstärke gibt den Lichtstrom an, der von einer Lichtquelle auf eine bestimmte Fläche trifft. Er wird in Lux (lx) gemessen.
- K** Die Farbtemperatur Kelvin (K) gibt den «Weissgrad» einer Lichtquelle an. Der Weissgrad ist kein Qualitätsmerkmal des Lichtes.
- R_a** Der Farbwiedergabe-Index (R_a) beschreibt die Qualität der Farbwiedergabe. Der Wert R_a-100 bezeichnet die ideale Farbwiedergabe. Liegt der Wert über 80, spricht man von einer «guten», liegt er über 90, von einer «sehr guten» Farbwiedergabe.
- Bin** Lichtfarbzuordnung. LEDs variieren durch die Produktion in ihrer Farbgebung. Nach der Fertigung müssen LEDs deshalb klassifiziert und «Bins» (einer Farbkategorie) zugeordnet werden, um eine möglichst einheitliche Farbqualität innerhalb einer «Bin-Einheit» zu erhalten.
- W** Das Watt ist die Einheit für die Angabe von Leistung (Energie pro Zeit).

Impressum

Weitere Informationen

Folgende Verbände informieren über verschiedene Aspekte von effizienten Beleuchtungslösungen:
www.electrosuisse.ch
www.slg.ch

Folgende Organisationen und Institutionen erteilen gerne weitere Auskünfte:

www.led-know-how.ch
www.effelux.ch
www.energieschweiz.ch
www.relux.biz
www.toplicht.ch
www.topstreetlight.ch
www.topten.ch
www.vsei.ch

Weitere Informationsbroschüren aus dieser Serie:

«Anschluss finden»

Elektromobilität und Infrastruktur

«Energie – Sonnenklar»

Photovoltaik: Technik und Infrastruktur

Kleinmengen kostenlos erhältlich: www.electrosuisse.ch
PDF-Version oder gedruckt.

Herausgeber

Electrosuisse und Schweizer Licht Gesellschaft (SLG)

Verantwortlich für den Inhalt

Electrosuisse, Schweizer Licht Gesellschaft (SLG)

Quellen Bilder, Tabellen und Grafiken

Klappe: Philips, Zürich (Energietabel)
S. 7 + 13: XAL, Zürich, Fotografen: Paul Ott resp. Simon Bauer
S. 4 + 9: Osram, Winterthur
S. 11: Manor, Basel (Tabelle)
S. 16: Station métro m1 de Vigie, Luce-sm, Marnand

Grafik Leib&Gut, Visuelle Gestaltung, Bern

Druck FO-Fotorotar, Egg

Copyright Vervielfältigung und Veröffentlichung mit Quellenangabe erwünscht.

In Deutsch, Französisch und Italienisch auch als PDF erhältlich. Zu beziehen bei den Herausgebern sowie den unterstützenden Unternehmen und Institutionen.

Hinweis:

Die vorliegende Broschüre dient ausschliesslich zu Informationszwecken. Sie wurde mit grösstmöglicher Sorgfalt erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit und Aktualität ihrer Inhalte wird keine Gewähr geleistet. Insbesondere entbindet sie nicht, die einschlägigen und aktuellen Empfehlungen, Normen und Vorschriften zu konsultieren und zu befolgen. Eine Haftung für Schäden, die aus dem Konsultieren bzw. Befolgen dieser Informationsschrift resultieren könnten, wird ausdrücklich abgelehnt (Stand 1.9.2013).

Mit Unterstützung von



www.atesco.ch



www.ottofischer.ch



www.schreder.com



www.energieschweiz.ch



www.energyday.ch



Mit Unterstützung von:



www.ekz.ch



Electrosuisse
Luppenstrasse 1
Postfach 269
CH-8320 Fehraltorf

T +41 44 956 11 11
info@electrosuisse.ch
www.electrosuisse.ch