Planung und Errichtung von LED-Beleuchtungsanlagen

Orientierung in einem sich wandelnden Umfeld

Der Beitrag vermittelt Fachwissen für die Anwendungspraxis in der LED-Beleuchtung. Dazu gehören Planungsgrundlagen sowie typische technische Besonderheiten und Probleme der LED-Technik wie z.B. das Einschaltverhalten ebenso wie eine Einführung zum Aufbau eines modernen smarten Leuchtennetzwerkes und Hinweise auf Marktveränderungen, wie beispielsweise zunehmende Servicedienstleistungen der Leuchtenhersteller.

LED-Leuchten haben sich als Standard in der Beleuchtungstechnik etabliert. Jedoch ist die Unterscheidung zwischen guten und schlechten Produkten und technischen Merkmalen auch für den Fachmann nicht immer einfach. Die große Variabilität der am Markt befindlichen Produkte macht eine Auswahl von geeigneten Leuchten schwierig. Zur Bewertung kommen neue Kriterien hinzu, welche teilweise auch noch nicht genau quantifiziert sind. Ein Beispiel ist das Flickern [1] (engl. Begriff) von LED-Systemen [2]. Sehr häufig tritt insbesondere bei dimmbaren Retrofitlampen ein störendes Flickern auf, welches schon beim Kameramodus des Smartphones sichtbar ist und bis zur gesundheitlichen Beeinträchtigung des Menschen führen kann [3]. Aufgrund der Komplexität des Produktes ist es wichtig, dem Techniker die richtigen Bewertungskriterien an die Hand zu geben und diese klar zu definieren [4].

Planungsgrundlagen

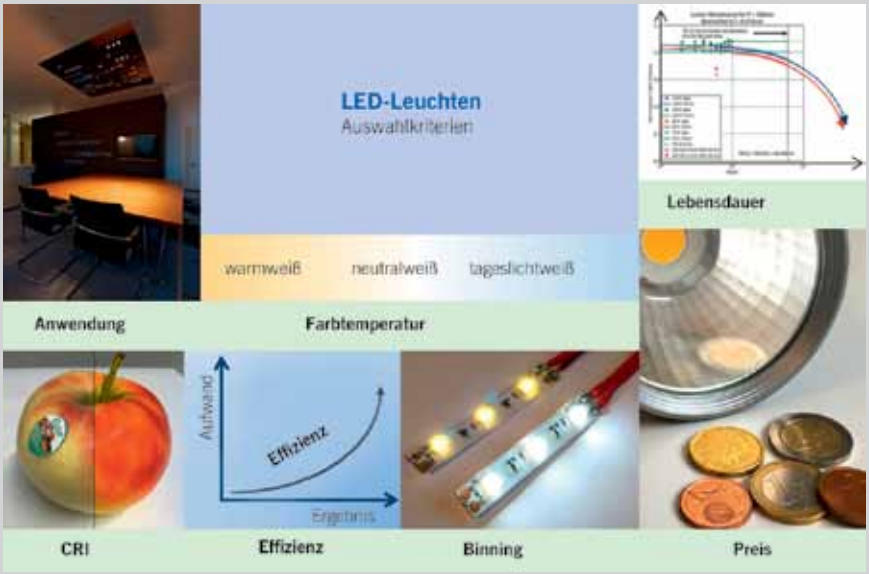
Die Anwendung und der Ort bestimmen im Wesentlichen die Parameterwahl der LED. Typische Anwendungsbereiche sind beispielsweise die Beleuchtung von Lagerhallen, Büros, in Verkaufsräumen oder im Privatbereich. Je nach Anwendung und Art der Sehaufgabe treten bestimmte Parameter in den Vordergrund. Im Büro wird auf eine möglichst blendfreie und sehleistungsoptimierte Beleuchtung für die Mitarbeiter Wert gelegt. In Verkaufsräumen, z. B. in einer Backzone, ist eine hohe Farbwiedergabe im roten Bereich wichtig, um die Ware ansprechend und frisch erscheinen zu lassen [5]. Im Privatbereich spielt die Lichtfarbe eine wichtige Rolle, da hier meist „gemütliches“ Licht bevorzugt wird. So werden im Privatbereich eher LED-Leuchten mit einer warmweißen Lichtfarbe unter 3 000 K eingesetzt [6].

Es sind aber auch einige technisch-physikalische Kriterien notwendig, um die allgemeine Qualität einer LED-Leuchte zu bestimmen. Dazu zählen beispielsweise die Effizienz, die Lebensdauer und das Binning, die sogenannte Klasseneinteilung einzelner LEDs nach kleinen Farbunterschieden. Diese Kriterien sollten bei einer guten LED-Leuchte unabhängig von der Anwendung einen gewissen Stand der Technik erreichen. Leider hat die Weiterentwicklung der Technik noch eine hohe Dynamik. Das Binning tritt zunehmend in den Hintergrund, während die Preise in Richtung Preisneutralität zur konventionellen Technik gehen. Die Effizienz im Büro mit über 150 lm/W ist heute schon sehr hoch. Die Zuverlässigkeit der Produkte wird immer besser, die Angaben der Hersteller damit belastbarer. Für eine qualitative Beleuchtung zeigt Bild 1 zusammenfassend die Grundauswahlkriterien [7]. LED-Leuchten zeigen aufgrund der fortschrittlichen Technologie neue Fehlerbilder. Diese Fehlerbilder richtig zu beurteilen, erfordert auch ein weiterentwickeltes gezieltes Fachwissen.

Bei der Planung von Neuanlagen ist eine Zusammenarbeit mit professionellen Planern wichtig, da hinsichtlich der Anlagenauslegung, insbesondere für die Auslegung der Schalt- und Schutzgeräte, technisches Know-how gefragt ist. So sollte das Wissen über mögliche Fehlerbilder vorhanden sein und das notwendige Wissen, welches sich in der modernen LED-Technik sehr dynamisch entwickelt, vertieft werden.

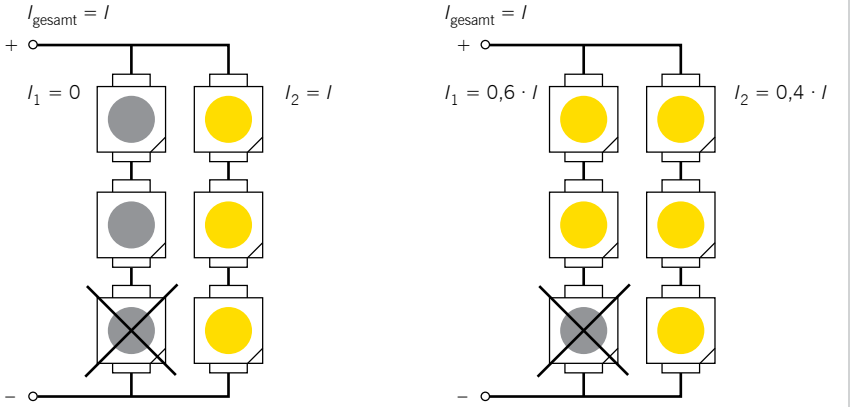
Einige typische technische Probleme der LED-Leuchte

Die möglichen Fehlerbilder von LED-Leuchten sind vielfältig. Eine einfache Fehlfunktion der Lampe und den damit einhergehenden Ausfall einer Leuchte wie früher gibt es nicht mehr. Eines der neuen Fehlerbilder ist der Lichtstromrückgang, auch Degradation genannt, was daher resultiert, dass einzelne LEDs oder komplette LED-Segmente über ihre Lebensdauer ausfallen oder an Lichtstrom verlieren.



1 Übersicht der grundlegendsten Leuchtenauswahlkriterien

Autor
Dr.-Ing. Uwe Slabke war viele Jahre in der Lichtindustrie tätig, ist Direktor des durch ihn gegründeten LED-Instituts in Bensheim, Mitarbeiter in verschiedenen Arbeitskreisen bei ZVEI, LiTG und VDI sowie an Hochschulen und auch als Fachautor tätig.

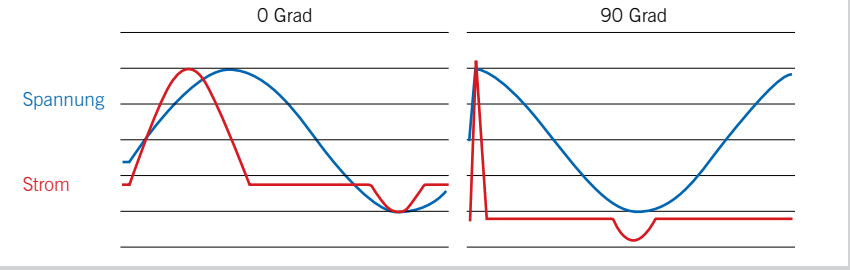


Im „hochohmigen" Fall fällt das Cluster aus, in dem sich die fehlerhafte LED befindet. Allerdings führt der noch intakte Strang den doppelten Strom gegenüber seiner ursprünglichen Dimensionierung

Im „niederohmigen" Fall ist der Stromfluss der beiden Cluster asymmetrisch. Hierbei wird dem fehlerhaften Cluster ein höherer Strom zugeführt.

Quelle: Slabke/ep

2 Fehlerfälle bei Leuchten mit Chipausfällen



Quelle: Slabke/ep

3 Einschaltstrom und Phasenlage

Gute LED-Leuchten erreichen einen Lichtstromrückgang von nicht mehr als 30 % bei 50 000 Stunden. Es werden für Industriebetriebe mit mindestens 2-Schichtbetrieb auch 100 000 Stunden verlangt. Aufgrund von technischen Unzulänglichkeiten der Hersteller, gerade bei billiger Importware, kommt es vor, dass stärkere Lichtstromrückgänge auftreten. Die Messung und Dokumentation festgelegter Referenzpunkte im Gebäude mit geeigneten Messgeräten in Bezug auf die Beleuchtungsstärke ist hier hilfreich [8].

Auch ein Chipausfall der LED ist ein möglicher Fehlerfall. Die Ausfallraten einer LED sind extrem niedrig. Wenn dies in einem Projekt häufiger vorkommt, hat das verwendete Produkt meistens erhebliche Qualitätsmängel. Fällt eine einzelne LED aus, kann dies Einfluss auf den Ausfall eines kompletten Clusters/Segments haben. Je nach Verschaltung, in Reihe oder parallel, kann dann ein ganzes Segment ausfallen, da in diesem Fall die LED hochohmig wird. Ein ähnliches Phänomen kennt man von der Lichterkette, wenn man eine Lampe entfernt. Im niederohmigen Ausfall der LED leitet diese den Strom, aber es wird kein Licht erzeugt. Am folgenden Beispiel (Bild 2) sieht man einen 50-%-Lichtstromrückgang der Leuchte in der Abbildung links, rechts fällt nur 1/6 des Lichts aus.

Einschaltverhalten

Für die Verschaltung von LED-Leuchten ist auch das Einschaltverhalten wichtig. LED-Vorschaltgeräte in den Leuchten können sehr hohe Einschaltströme verursachen. Dieser sogenannte Inrush Current (engl. Begriff) ist zurückzuführen auf den EMV-Filter im Eingangsbereich und das Aufladen der Kondensatoren des Vorschaltgeräts. Dieser Effekt ist auch abhängig von den Kapazitäten der Leitungen, der Anzahl der Leuchten und vom Schaltmoment [9]. Die Ströme von LED-Leuchten und deren Vorschaltgeräte in einem Versorgungsstrang können sich addieren und einen hohen Einschaltpeak, wie in Bild 3 dargestellt, erzeugen.

JOKARI® original

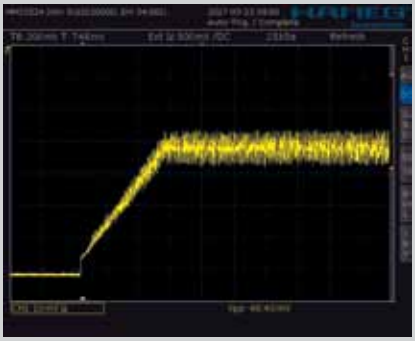


Um Längen einfacher
JOKARI® original XL

Art.-Nr. 30125
Video: www.jokari.de/JOKARI-XL

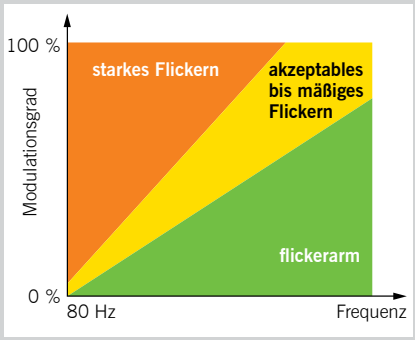
light+building
Halle 8 | B08

JOKARI-Krampe GmbH
Abisoliertechnik
Partner im EGH cimco
info@cimco.de www.cimco.de



Quelle: LED-Institut Dr. Slabke

4 Einschaltverhalten qualitativ hochwertiger LED-Leuchten



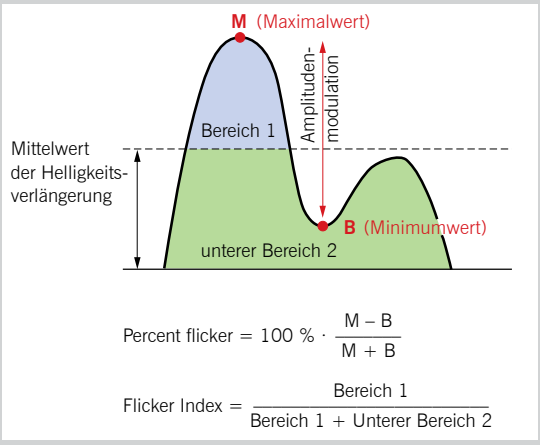
Quelle: Slabke/ep

5 Flickerwahrnehmung und Störempfindung



Quelle: LED-Institut Dr.

6 Grobe Flickerdiagnose: Schwarze Streifen auf dem Kamerastandbild eines Handydisplays



Quelle: Slabke/ep

7 Aktuelle Flickerdefinition

Je nach Phasenlage der Speisespannung fällt die Stromspitze dabei höher aus. Die 90°-Lage des Schaltimpulses ist der ungünstigste Zeitpunkt (Bild 3) bezüglich der Einschaltstromspitzen.

Diese starken Ströme können zu einer Beschädigung der Leitungen und Betriebsmittel wie LED-Module führen. Es werden in der Industrie deshalb teils Vorschaltgeräte eingesetzt, die im Nulldurchgang schalten. Bei großen Leuchtengruppen in einem Strang kann der hohe Einschaltstrom dazu führen, dass der in der Elektroinstallation befindliche Leistungsschutzschalter (LS) ungewollt auslöst. Gute LED-Leuchten zeigen ein rampenförmiges Einschaltverhalten und einen stabilisierten Ausgangsstrom mit geringen Rippeleigenschaften (Bild 4). Zur Vermeidung der Auslösung des LS geben die Hersteller in den Produktdatenblättern der LED-Betriebsgeräte Hinweise zur zulässigen Anzahl ihrer Betriebsgeräte für den Anschluss an den LS unterschiedlicher Strombelastbarkeit und Spezifizierung der magnetischen Auslösung. In der Industriebeleuchtung wird für Beleuchtungsgruppen der Einsatz von C-Automaten empfohlen. Die Anzahl der Leuchten am Automaten muss dann mit dem Datenblatt der Leuchte ermittelt werden [10].

Transiente Überspannungen

Transiente Überspannungen im Versorgungsnetz entstehen durch elektrostatische Entladungen, Abschalten von Verbrauchern, Schaltfunken an Schaltkontakten oder durch Blitzeinschlag in der unmittelbaren Umgebung. Sie können auch von benachbarten Störquellen kapazitiv oder induktiv in Versorgungs- oder Signalleitungen eingekoppelt werden.

Transiente Überspannungen treten oft für den Verbraucher willkürlich nur für wenige Mikro- oder Nanosekunden auf, können aber zur Fehlfunktion und Zerstörung der Vorschaltgeräte führen oder LEDs durch mikroskopische thermische Überlastung zerstören [11]. Qualitativ hochwertige Vorschaltgeräte haben eine Reihe von Surgetests (Stoßspannungsprüfungen) durchlaufen. In der Straßenbeleuchtung werden in blitzaktiven Bereichen Überspannungsschutzeinrichtungen im Kabelübergangskasten eingesetzt. Leuchtenhersteller bieten auch zusätzliche Komponenten in der Straßenleuchte an. Heutige gute Straßenleuchten haben einen 10-kV-Schutz und sind deutlich unempfindlicher gegenüber Transienten-Effekten geworden.

Flickern

Das Flickern einer Leuchte war bei der Verwendung von Glühlampen noch völlig unbekannt, obwohl auch hier ein 100-Hz-Flickern sichtbar sein kann. Durch die schnellen Reaktionszeiten von LEDs kann vor allem durch die Vorschaltgerätetechnik der LEDs ein erhebliches Flickern auftreten. Die Flickerfrequenz und der Modulationsgrad des Signals bestimmen, wie stark Flickern wahrgenommen wird und ob es einen störenden Einfluss für den Menschen hat (Bild 5). Je höher die Frequenz ist, desto weniger Flickern tritt auf. Der Modulationsgrad beschreibt das Verhältnis von maximaler zu minimaler Amplitude im Verhältnis zum Mittelwert des Signals. Je höher dieser ausfällt, desto höher ist auch die Wahrscheinlichkeit, dass das Flickern wahrgenommen wird [12].

Starkes Flickern wird von 75 % der Menschen wahrgenommen und als störend empfunden. Akzeptables bis mäßiges Flickern wird nur von empfindlichen Personen detektiert, kann sich jedoch auch ohne sichtbare Wahrnehmung negativ auf den Menschen auswirken. Aktuell ist die Bewertung von Flickern für professionelle Anwender immer noch schwierig, da es keine etablierten Mess- und Bewertungsverfahren gibt.

Eine Möglichkeit zur groben Bestimmung von Flickern ist die Verwendung einer Digitalkamera, deren Standbild bei Flickern schwarze Streifen aufweist (Bild 6).

Eine messtechnische Möglichkeit, um Flickern zu quantifizieren, ist die Bestimmung des Flicker Index (FI) mittels Messgeräten. Dieser bietet eine erste Einschätzung für das Auftreten von Flickern, berücksichtigt jedoch nicht exakt die Wahrnehmungsschwelle des Menschen. Der Flicker Index und der Percent Flicker lassen sich nach Bild 7 berechnen oder vom Hersteller erfragen.

Der Techniker Peter Erwin hat sich intensiv mit der Bewertung der Flickererscheinungen von Retrofitlampen beschäftigt und einen sogenannten Kompaktflimmergrad, kurz: CFD (Abkürzung für Compact Flicker Degree), entwickelt [3]. Dieses Messverfahren berücksichtigt im Gegensatz zu allen anderen Verfahren für alle vorkommenden Frequenzen die jeweilige Amplitude im Hinblick auf den

Einfluss auf den Menschen. Das Messergebnis wird in einem Prozentwert angegeben. Eine Lampe gilt als so gut wie flimmerfrei, wenn der CFD < 12 % beträgt.

Intelligente oder smarte LED-Beleuchtung

Neben den jetzt schon enormen technischen Herausforderungen steht die nächste Revolution in der Beleuchtung an. LED-Produkte werden deutlich intelligenter und zunehmend in die IT-Umgebung integriert. Diese Veränderung ist getrieben durch das IoT (Internet of Things) und die Etablierung von Industrie 4.0 in der professionellen Beleuchtung.
Elektronikfunktionen – speziell Vernetzung und Sensorik – werden starken Einfluss auf die zukünftige Entwicklung nehmen. Für eine einfache Installation ohne aufwendige Programmierung und Verkabelung (zumindest für die Steuerung...) stellt die intelligente, kabellose Leuchte den nächsten und logischen Schritt in der Beleuchtungstechnik dar.

Aufbau eines modernen Leuchten-Netzwerks

Ein smartes Leuchten-Netzwerk besteht mehr oder weniger aus kabelgebundenen und kabellosen („wireless“) Leuchten, Aktoren (Schalter), Sensoren (Präsenzmelder), aus einem WiFi-Accesspoint, Server, intelligenten persönlichen Sprachassistenten sowie der Cloud (Bild 8).
In Bezug auf Sensoren sind vor allem die Tageslicht- und Präsenzsensoren zu nennen, die bei Bedarf das Licht zu- oder abschalten und gegebenenfalls dimmen. Die digitalen Sprachassistenten spielen gerade im Privatbereich eine nicht zu ignorierende Technologierolle. Leuchten werden über Low-Power-Funkschnittstellen wie z. B. Zigbee, EnOcean oder Z-Wave mit einer Basisstation verbunden und diese über einen Router mit dem IoT vernetzt. Die Verbindung zur Cloud muss hergestellt und freigegeben werden. Die Steuerung kann dann über intelligente Sprachassistenten oder über das Smartphone erfolgen. Das Gesamtnetzwerk kann aber deutlich größer sein, da u. a. auch Fernseher, Smartwatch und die Jalousie Geräte darstellen, die mit dem Leuchtensystem interagieren sollen.
Für Leuchten sind besonders verschiedene Lichtszenen angepasst an den Benutzer oder die Tageszeit- und Anwendungs-abhängige Nutzung interessant. Eine optimierte und effiziente Beleuchtung wird dann mit Smartlighting ermöglicht.

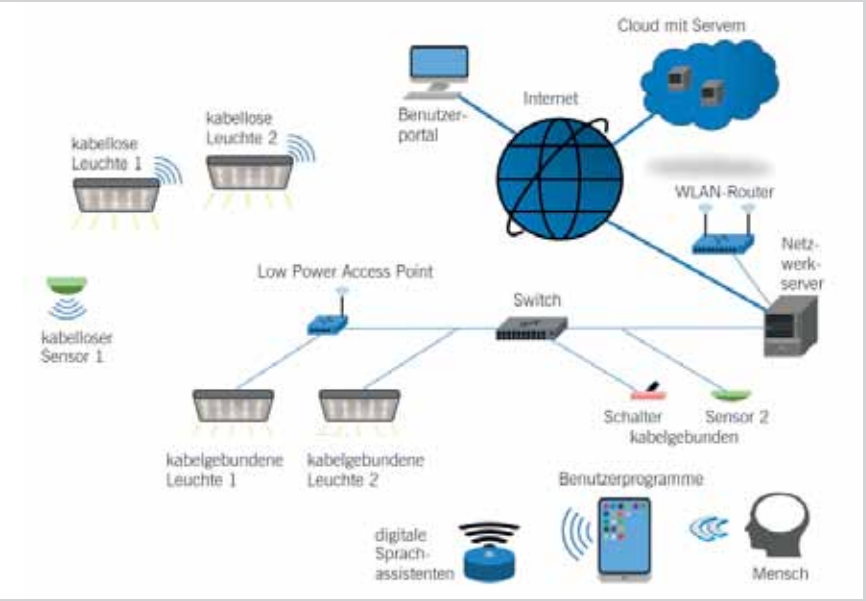


Natürliches Licht ist für Menschen unentbehrlich. Es unterstützt das Sehen, sorgt für Wohlbefinden und beeinflusst unsere Aktivierungs- und Erholungsphasen. Ein Licht zu schaffen, das dem natürlichen möglichst nahe kommt und die menschlichen Bedürfnisse in den Mittelpunkt stellt, ist unsere Leidenschaft. Erfahren Sie mehr auf der Light & Building.

Herbert Waldmann GmbH & Co. KG · Telefon 07720 601-100
sales.germany@waldmann.com · waldmann.com/lb

PoE-Leuchtennetzwerk

DC-Netze als Niedervoltnetze, in denen Daten und Versorgung zusammen über einen Kabelstrang vernetzt sind und PoE-Lösungen (Power over Ethernet) werden als Insellösung im Markt schon angeboten. Grundlage bildet die IEEE 802.3aT in ihrer aktualisierten Version von 2009 [13]. Hier werden der Datentransport und die Versorgung der Leuchte gemeinsam über Patchkabel gewährleistet (CAT5-, CAT6-Kabel...).
Die momentanen Grenzen der Technik sind der höhere Verkabelungsaufwand durch eine Sternverkabelung und der finanzielle Mehraufwand durch die Switches, welche benötigt werden. Die Leistung der Leuchten darf momentan 25 W nicht überschreiten (das sogenannte PoE+ mit max. 30 W Speiseleistung), es gibt aber bereits Lösungen mit bis zu 60 W Speiseleistung (sog. High PoE), welche aber nicht IEEE-konform sind und dementsprechend zu Problemen führen können.
Die häufigsten Büroleuchten haben eine Leistungsaufnahme von 20 bis 50 W. Der Vorteil der PoE-Variante ist eine einfache Plug-and-Play-Lösung mit Betrieb bei sicherer Schutzkleinspannung. Die Systeme lassen sich dann einfach ins IT-Netzwerk integrieren. Die Standardisierung hierzu ist in vollem Gange.



8 Aufbau eines smarten Leuchtennetzwerkes

Sensoren und Aktoren in der Beleuchtung – Mehrwert Leuchte

Die wichtigsten technologischen Eigenschaften von LED-Leuchten sind mittlerweile die Sensorik und die Netzwerkfähigkeit über drahtlose Verbindungstechnik. Gerade der hohe Verdrahtungsaufwand und die Programmierung entfallen, wenn smarte kabellose LED-Leuchten eingesetzt werden. Apps und Programme übernehmen die einfache Bereitstellung und Bedienbarkeit der Leuchten. Dem Nutzer werden neue Funktionen und Daten zur Verfügung gestellt.
Die Vorteile der vernetzten Leuchten sind sehr zahlreich. So können beispielsweise Betriebskosten durch Anpassung an das Nutzungsverhalten reduziert werden. Die Optimierung des Verhaltens der Leuchte wird verwendet, um den Komfort zum Beispiel am Arbeitsplatz für die Arbeitnehmer zu erhöhen (human centric lighting/HCL). Die Vernetzung von Leuchten liefert viele zusätzliche Daten, die zur Auswertung und zur weiteren Vernetzung beitragen können. Es wird hierdurch ein komplettes Monitoring ermöglicht, was ein Beobachten, Warten und Optimieren als Dienstleistung beinhalten kann. Die Vernetzung dient der Erhöhung der Sicherheit in Form einer möglichen Zutrittsüberwachung. Systeme, die nicht auf permanente Netzwerkanbindung oder auf ständige Updates angewiesen sind und schnelle Reaktionszeiten kennen, sollten allerdings bevorzugt werden.

Digitale Assistenten und Leuchtensteuerung

Zurzeit existieren viele sogenannte Sprachassistenten zur Steuerung der Leuchten auf dem Markt. Die Sprachassistenten sind immer auf Hersteller von Devices angewiesen, da Google & Co. keine eigenen Sensoren, Aktoren und Leuchten herstellen, sondern lediglich das Steuerungssystem und das Back-End bereitstellen. Moderne Steuersysteme sind neben den Sprachassistenten auch Smartphones, PCs oder auch Smart-TVs und Spielekonsolen.
Eine gemeinsame Eigenschaft der unterschiedlichen Sprachassistenten besteht in der teils direkten Konnektivität zu den Devices, sei es das Heizungsthermostat oder eine Leuchte. Der Sprachassistent ist über WLAN an das Internet und die Cloud gekoppelt. Für die Sprachassistenten sind je nach Hersteller mehr oder weniger verschiedene Skills (Fähigkeiten) verfügbar, mit denen Informationen abgerufen oder Aktionen ausgeführt werden können. Ein Sprachbefehl, zum Beispiel „Alexa Tischleuchte AN“, muss richtig interpretiert werden, um den Befehl dementsprechend richtig an die Tischleuchte zu senden. Mit einer App sind dann verschiedene Befehle und Skills auszuführen oder Informationen abrufbar. Für einen Heimanwender sind völlig andere Lichtszenen („use cases“) interessant als für Gewerbetreibende, beispielsweise ein Shopbetreiber, welcher seine Waren möglichst in gutem Licht und somit attraktiv für den Kunden erscheinen lassen will. Nachteile dieser Entwicklungen sind die möglichweise erhöhten Standby-Verluste der gesamten Steuerungstechnik, die Verwundbarkeit des Datennetzwerks und die Datenhoheit. Aktuell sind die Skills und die Funktionen noch mit einigen Fehlern belegt und das Leuchtensystem macht nicht immer das, was es soll.

Geschäftsmodell Serviceleistung

Aufgrund der neuen Installationsmöglichkeiten durch die kabellose Konnektivität und der intelligenten Funktionen der Leuchten ergeben sich neue Serviceleistungen und damit Geschäftsmodelle für die Elektrofachkräfte und andere am Bau Beteiligte. Ein großes Stichwort in der Branche ist hier „Light as a Service“.
Wo früher vor allem die Montage und die mechanische Wartung der Leuchte im Vordergrund standen, muss heute auch die digitale Infrastruktur installiert und in Stand gehalten werden. Leuchten müssen in das jeweilige Netzwerk eingepflegt und mit den richtigen Einstellungen bzw. Parametern versehen werden. Die Steuerung muss immer zuverlässig funktionieren. Es müssen beispielsweise (Sicherheits-) Updates aufgespielt werden, um die Funktionstüchtigkeit und die allgemeine Sicherheit zu gewährleisten. Die Aufgaben des Technikers in dieser Branche werden sich

grundlegend verändern und das vorhandene Wissen muss signifikant erweitert werden.
Je nach Anwendung muss der Systemintegrator die Definition und Abstimmung von Lichtszenen („use cases“) beispielsweise in Verbindung mit einem Skill des Sprachassistenten durchführen. Ein einfaches Beispiel für ein „use case“ mit Verwendung von Sensorik und Aktorik wäre die Beleuchtung eines Aufenthaltsraumes. In Abwesenheit von Personen sollen die Leuchten auf 10 % gedimmt werden. Man unterscheidet dann noch die Abhängigkeit von der Tageszeit. In der Mittagspause werden 70 % Helligkeit benötigt und bei Pausen am späten Nachmittag sowie Eintritt der Dunkelheit 100 % Helligkeit. In der Nachtschicht kann der Nutzer des Aufenthaltsraumes über „Alexa, starte den Skill Nachtlicht“ die Beleuchtung auf angenehmes Licht einstellen.

Beleuchtungsprojektablauf und Kompetenzen

Durch den Wandel vom reinen Leuchtenprodukt zum „Light as a Service“ gewinnen die Inbetriebnahme, die Instandhaltung und die Planung der Beleuchtungslösung immens an Bedeutung – dies nicht nur physikalisch sondern auch softwaretechnisch. Folgender Projektablauf lässt sich skizzieren.

- **Planung** durch Elektro- und Lichtplanungsfirmen (u.a. auch Architekten, Hersteller);
- **Installation** der Hardware durch Elektrofachkräfte mit einfachen Netzwerkkenntnissen;
- Systemintegratoren für die **Inbetriebnahme** (Einbindung in Netzwerk, Apps, Skills, Use Cases, Sicherheit, Datenmanagement...) mit IT-Kenntnissen;
- Technische **Wartung und Service** für den Betrieb durch speziell geschulte Elektrofachkräfte/Informatiker;
- **Reparatur** durch Elekrofachkraft, die physikalische Komponenten instand setzt und einfache Netzwerkkenntnisse besitzt;
- **Automatisierter neuer digitaler Service** für Monitoring, Optimierung, Mehrwert und Security durch IT-Mitarbeiter (Dienstleistung).

Fazit

LED-Leuchten zu bewerten und die richtige Auswahl zu treffen ist bedeutend schwerer geworden. Typische technische Probleme haben sich gegenüber den konventionellen Leuchten gewandelt und können von Ausfällen und Degradation über hohe Einschaltströme und Flickern variieren.
Das Einpflegen von Sensoren und Aktoren in die LED-Beleuchtung kann über das IoT mehr Komfort bringen und sich als bedeutend einfacher erweisen. Durch die Vernetzung werden digitale Sprachassistenten zur Steuerung gesamter Haushalte bezüglich des Komforts schon genutzt.
Allerdings birgt die Vernetzung auch Gefahren, welche sich durch höheren Aufwand in der Netzwerksicherheit zeigen. Fernerhin gewinnen die Aufgaben der Inbetriebnahme, der Instandhaltung und der Planung von Beleuchtungslösung an Bedeutung.
Hier ergeben sich schlussendlich ganz neue Servicemöglichkeiten für (Elektro-)Techniker und andere Dienstleister im Projekt.

Literatur

[1] DIN EN 61000-3-3 (VDE 0838-3):2014-03: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 3-3: Grenzwerte – Begrenzung von Spannungsänderungen, Spannungsschwankungen und Flicker in öffentlichen Niederspannungs-Versorgungsnetzen für Geräte mit einem Bemessungsstrom ≤ 16 A je Leiter, die keiner Sonderanschlussbedingung unterliegen.
[2] DIN EN 61000-4-15 (VDE 0847-4-15):2011-10: Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) – Teil 4-15: Prüf- und Messverfahren – Flickermeter – Funktionsbeschreibung und Auslegungsspezifikation.
[3] www.derlichtpeter.de/de/lichtflimmern sowie der Kommentar unter: www.eup-network.de/fileadmin/user _ upload/Lichtquellen _ Flimmern _ Erwin _ 2017 _ 10 _ DE.pdf.
[4] Slabke, U.: LED Beleuchtungstechnik. Berlin: VDE Verlag, 2018.
[5] Kramer, H.; von Lom, W.: Licht. Köln, Verlagsgesellschaft R. Müller, 2002.
[6] Brandi, U.; Geissmar-Brandi, C.: Lichtbuch. Basel, Birkhäuser Verlag für Architektur, 2001.
[7] Baer, R.; Barfuß, M.; Seifert D.: Beleuchtungstechnik – Grundlagen. Hrsg.: LiTG Deutsche Lichttechnik Gesellschaft e.V. Berlin: Huss-Medien, 4. Aufl. 2016.
[8] www.zvei.org/verband/fachverbaende/fachverband-licht/leitfaden-planungssicherheit-in-der-led-beleuchtung-ueberarbeitete-2-ausgabe/
[9] Kenner, M.: Oberschwingungen und Netzrückwirkungen von LED-Beleuchtungen. Basel: Vortrag LED Forum 2018.
[10] www.docs.lighting.philips.com/en _ gb/oem/download/assets/20160615 _ Xitanium-Outdoor-LED-drivers.pdf
[11] Appert, C.: Herausforderungen der Anlaufströme bei LED. Basel: Vortrag LED Forum 2018.
[12] IEEE 1789-2015 – IEEE Recommended Practices for Modulating Current in High-Brightness LEDs for Mitigating Health Risks to Viewers.
[13] Eine Übersicht der Standardisierung bietet www.ieee802.org/3/

NextEnergy NXE 250 und 300 kVA
Hocheffizient.
Transformatorlos.
- Hoher Wirkungsgrad
  bis zu 97% im Doppelwandler-Modus
- kW = kVA (pf 1) bis 40°C
  ohne Leistungsreduzierung
- Transformatorlose USV
- Hohe Überlastungsfähigkeit
- Touchscreen-Display
- Geeignet für Wandaufstellung
- EMV freundliche Installation



Halle 11
Stand A88

light+building
18.-23.03.2018
Frankfurt a. Main

Riello UPS GmbH
Wilhelm-Bergner-Straße 9b • 21509 Glinde
vertrieb@riello-ups.de • www.riello-ups.de

riello ups