SONDERHEFT LED-/OLED-BELEUCHTUNGSTECHNIK II

ELEKTRONIK PRAXIS

Wissen.
Impulse.
Kontakte.

www.elektronikpraxis.de

Oktober 2015

# Von der Lichtplanung bis zur kompletten Lichttechnik

Vernetztes Licht, Treiberbausteine und Wärmemanagement sind einige der Themen auf unserem Praxisforum am 22. Oktober in Würzburg.

**Deckenlicht auf LED umrüsten**

Welche Designschritte notwendig sind, um eine LED zur Deckenbeleuchtung zu verwenden **Seite 12**

**LED-Treiber regelt aktiv die Farben**

Die Farben in einem DLP-Projektor werden von Sensoren gemischt und vom Treiber überwacht. **Seite 22**

**Die LED vor Überspannung schützen**

Mit geeigneter Hardware lassen sich LED-Straßenleuchten vor Überspannung schützen. **Seite 30**

KOSTENLOSER VERSAND FÜR BESTELLUNGEN ÜBER 65 €!
DIGIKEY.DE
Digi-Key ELECTRONICS

Vogel Business Media

# DIE MACHT einer EINZELNEN WEBSITE

ALLE PREISE VERSTEHEN SICH IN EURO UND ENTHALTEN ZOLLGEBÜHREN

AUF ANFRAGE - 30 TAGE NETTO ZAHLUNGSKONDITIONEN VERFÜGBAR

ÜBER 1.100.000 PRODUKTE AUF LAGER

ONLINE-RESSOURCEN

KOSTENLOSER BOM-MANAGER

100%-IGER VERTRAGSDISTRIBUTOR

DIE NEUESTEN PRODUKTE UND TECHNOLOGIEN

LOKALER VERTRIEB & TECHNISCHER SUPPORT

3,9 MILLIONEN TEILE ONLINE

EDA- & ENTWICKLUNGSTOOLS

ÜBER 650 BRANCHENFÜHRENDE ANBIETER

KOSTENLOSER VERSAND FÜR BESTELLUNGEN ÜBER 65 €!*

TELEFON: 0800 180 01 25

DIGIKEY.DE

Digi-Key® ELECTRONICS

*Für alle Bestellungen unter 65,00 € wird eine Versandgebühr von 18,00 € erhoben. Alle Bestellungen die mit UPS versandt werden, haben eine Lieferzeit von 1-3 Tagen (abhängig vom Endbestimmungsort). Keine Bearbeitungsgebühren. Alle Preise verstehen sich in Euro und enthalten Zollgebühren. Bei einem zu großen Gewicht oder bei unvorhergesehenen Umständen, die eine Abweichung von diesem Tarif erfordern, werden Kunden vor dem Versand der Bestellung kontaktiert. Digi-Key ist ein autorisierter Distributor für alle Lieferpartner. Neue Produkte werden täglich hinzugefügt. © 2015 Digi-Key Electronics, 701 Brooks Ave. South, Thief River Falls, MN 56701, USA

ecia MEMBER ecsn member CEDA

# Mit der LED lassen sich auch Emotionen steuern

Licht ist Emotion. Und diese lässt sich mit der LED-Technik noch viel stärker ausdrücken, als mit konventionellen Beleuchtungsmitteln. Das Herzstück bilden die Steuerkomponenten und Treiber, um die Leuchten auch in der gewünschten Farbe erstrahlen zu lassen.

Wenn Sie abends von Norden auf der Autobahn Richtung München fahren, sehen Sie mit etwas Glück die leuchtende Allianz-Arena. Doch ein einfaches Leuchten ist das bei weitem nicht. Nicht mehr muss man sagen. Denn bisher waren nur die drei statischen Farben Rot, Blau und Weiß möglich. Damit ließen sich kaum Emotionen übertragen. Denn richtig eingesetztes Licht ist immer auch Emotion. Das ist jetzt anders. Für seine Heimstätte ist der FC Bayern München eine Partnerschaft mit Philips eingegangen. Innerhalb von 100 Tagen wurden 45 Tonnen Material verbaut und mehr als 300.000 LED installiert, mit denen sich bis zu 16 Millionen Farben darstellen lassen. Die meisten davon sind angeblich Rottöne, wie ein Vertreter des Fußballclubs meinte. Das war allerdings nicht sehr ernst gemeint. Jetzt sind nämlich auch Farbwechsel und -übergänge möglich. Ganz davon abgesehen, dass man mit der neuen Technik auch Energie spart. Aber das ist bei der LED-Beleuchtung mittlerweile nur noch eine Randnotiz wert.

*„Licht mit LED bietet viele Möglichkeiten. Wir zeigen Ihnen, was Sie aus richtig vernetzter LED-Technik herausholen können.“*

***Hendrik Härter,*** *Redakteur*
*hendrik.haerter@vogel.de*

An der Allianz-Arena zeigt sich, was wir künftig mit Licht erreichen können. Nicht einfach nur etwas beleuchten, sondern auch eine sehr genau definierte Stimmung erzielen. Denn mit LED lässt sich nicht nur einfach Licht erzeugen, mit Treiber-Hardware lässt sich Licht geschickt steuern. Auch wenn es viele nicht mehr hören können – Licht wird intelligent, vernetzt und aus der Ferne steuerbar. Somit wird Licht Teil des Smart Home: Der Treiber ist über ein Bussystem verbunden. Was bedeutet das für den Leuchtenentwickler? Auf unserem Praxisforum LED und OLED (Seite 8) zeigen wir Ihnen unter anderem, was man unter Lighting 4.0 versteht und wie sich Licht intelligent steuern lässt.

Herzlichst, Ihr

Panasonic

**Pyroelektrische Sensoren der EKMB-Serie** mit niedrigem Stromverbrauch – mehr als ein PIR-Sensor, **eine Komplettlösung**!

Highlights:

- Quad PIR-Sensor
- 1, 2 und 6 µA Stromverbrauch
- Mit integrierten Verstärkern und Komparatorschaltkreis
- Linsen mit kleinem Durchmesser
- Max. Detektionsbereich: 12 m
- Extrem zuverlässig
- Leicht integrierbar
- Kompaktlösung ermöglicht schnelle Markteinführung

**Panasonic Electric Works Europe AG**
Tel.: +49 (0) 8024 648-0 • Fax: +49 (0) 8024 648-111
info.peweu@eu.panasonic.com

**www.panasonic-electric-works.de**

# INHALT

TITELTHEMA

## LED- und OLED-Praxisforum am 22. Oktober in Würzburg

*Das zentrale Thema auf unserem Praxisforum ist das verentztes Licht mit LED oder auch Lighting 4.0. Um Licht zu vernetzen, sind Treiberbausteine notwendig, Licht ein und ausschalten reicht nicht mehr aus, es muss sich an den Menschen anpassen. Damit Licht smart wird und Teil des Internet of Things wird, braucht es den richtigen Treiber. Und um untereinander kommunizieren zu können, steht ein Standard wie ZigBee LightLink dem Anwender zur Verfügung.*

## SCHWERPUNKTE


6 **Allianz-Arena in München erstrahlt in 16 Mio. Farben**
Die Spielstätte des FC Bayern wurde innerhalb von 100 Tagen auf moderne LED-Beleuchtung umgerüstet. Jetzt kann die Arena in bis zu 16 Mio. Farben erstrahlen.

LED-Beleuchtung

TITELTHEMA

8 **LED-/OLED-Praxisforum**
Von der Lichtplanung bis zur kompletten Leuchte – Vernetztes Licht, Treiberbausteine und Wärmemanagement sind einige der Themen auf unserem Praxisforum am 22. Oktober in Würzburg.

16 **Forschung & Industrie entwickeln flexible Elektronik**
Neue Anwendungen und Märkte für flexible Elektronik ist das Ziel des Forums flex+. Von der Grundlagentechnologie bis zur Anwendung lässt die offene Struktur auch kleine Firmen an der Forschung teilhaben.

18 **Präzise Glasoptiken für die LED-Beleuchtung**
Präzise Optiken aus Glas sind gefragt. Dank neuer Konzepte der Heißformgebung ist es möglich, komplexe und gleichzeitig kostengünstige Beleuchtungsoptiken zu fertigen.

22 **LED-Treiber regelt die Farben eines DLP-Projektors**
Hochstrom-LEDs eignen sich dank ihrer Helligkeit für DLP-Projektoren. Die Farben werden von Sensoren gemischt und der LED-Treiber überwacht aktiv die Farben des abgegebenen Lichts.

Leuchten-Design

26 **Mit Lichtleitern das Potenzial der LED ausschöpfen**
Mit einem entsprechend konstruierten Lichtleiter für die LED lassen sich individuelle Beleuchtungen erschaffen. Wir zeigen verschiedene Beispiele.

30 **Wie Sie eine LED vor Überspannung schützen**
Mit der entsprechenden Hardware lassen sich Straßenleuchten mit LED vor Überspannungen schützen. Denn im Vergleich zu konventioneller Beleuchtung wäre eine Reparatur wesentlich teurer.

LED-Leuchtenplanung

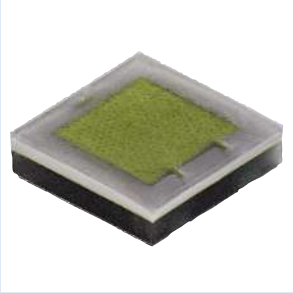
34 **Digitalisierte Papierprodukte mit gedruckten OLEDs**
Mit dem Tintenstrahldruck lassen sich OLED-Materialen preiswert auf einen Träger aufbringen. Wie das funktioniert und welche Probleme auftreten können, zeigen wir im Text.

Normen und Richtlinien

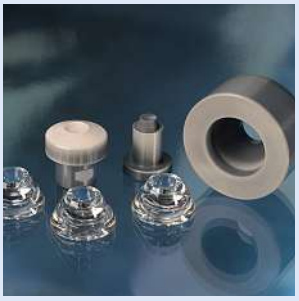
38 **Die Ökodesign-Richtlinie und die Effizienz**
Die Ökodesign-Richtlinie 2009/125/EG formuliert Anforderungen an die Effizienz bei energieverbrauchenden Produkten. Hinzu kommen Kennzeichnung und umweltgerechte Gestaltung. In diesem Beitrag geben wir einen detaillierten Überblick.

Lichtsteuerung

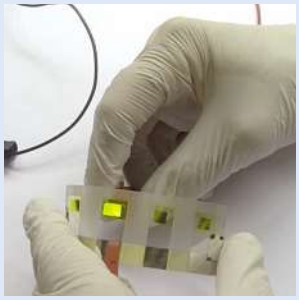
42 **So lässt sich mit ZigBee Light Link das Licht steuern**
Über ZigBee Light Link lässt sich LED-Licht steuern. Zudem bietet die Schnittstelle noch ergänzende Sicherheitsschichten im Netzwerk an. Wir stellen das System vor.



**12** *Deckenleuchte auf LED umrüsten*



**18** *Glasoptiken für LED präzise fertigen*



**34** *OLED aus dem Tinten-strahldrucker*

**38** *Ökodesign-Richtlinie und Effizienz von Leuchten*

46 **Ein drahtloses Netzwerk für die Straßenbeleuchtung**
Straßenbeleuchtungen lassen sich über ein drahtloses Netzwerk über große Entfernungen steuern. Wir zeigen Sensorik und Netzwerk-Architektur, um solch ein Netz aufzubauen.

## TIPPS & SERIEN

12 **LED-Beleuchtungstipp**
So rüsten Sie auf eine LED-Deckenleuchte um

## RUBRIKEN

3 **Editorial**
6 **Aktuelles**
49 **Impressum & Inserentenverzeichnis**

### 1. Power Kongress

**20.-21.10.2015, Würzburg**
Der Power-Kongress 2015 bietet den Teilnehmern zwei Tage mit Expertenvorträgen, Best-Practice-Beispielen und einer Ausstellung.
www.power-kongress.de

DAS ORIGINAL SEIT 1994
PCB-POOL®
Beta LAYOUT

Flex-Prototypen & kleine Serien

NEU

Flexible Leiterplatten:
Günstige Preise dank Pool-Produktion
Online kalkulierbar • Made in Germany

PCB-POOL® ist eine eingetragene Marke der

www.pcb-pool.com

Beta LAYOUT
create:electronics

# Allianz-Arena in München erstrahlt in 16 Mio. Farben

*Die Spielstätte des FC Bayern wurde innerhalb von 100 Tagen auf moderne LED-Beleuchtung umgerüstet. Jetzt kann die Arena in bis zu 16 Mio. Farben erstrahlen.*

Großer Auflauf vor der Allianz-Arena in München. Doch dieses mal lockt kein Fußballspiel. Denn vor der Spielsaison 2015/16 am 14. August hatte Philips die Presse eingeladen, um die neue LED-Installation der Öffentlichkeit vorzustellen. Denn die Außenfassade der Arena kann jetzt mit bis zu 16 Millionen Farben leuchten. Möglich machen das die drei Grundfarben rot, grün und blau sowie weiß.

Seit Mitte 2014 ist Philips offizieller Lichtpartner des FC Bayern München. Im Oktober 2014 startete die Installation der Leuchten. Von dem Umbau war nicht viel zu sehen. Denn die Industriekletterer waren hinter den insgesamt 2760 Luftkissen nicht zu sehen. In bis zu 25 m über Grund installierten die österreichischen Bergsteiger die 6500 Leuchten in 1056 der Luftkissen. Das entspricht einer Fläche von 26.000 m² oder 285 LEDs pro Luftkissen, die auf sieben bis acht Leuchten aufgeteilt sind. Somit erstrahlt die Fassade in einem homogenen Licht. Pro Luftkissen stehen 24 einzeln ansteuerbare LED-Einheiten zur Verfügung. Getauscht wurden die alten Leuchtstoffröhren, die nur die drei Farben Rot, Blau und Weiß beherrschten. Mit der Umrüstung auf LED-Technik sind jetzt technisch bis zu 16 Mio. Farben möglich.

Bild: Philips

***Die Allianz-Arena im neuen Licht:*** *Bis zu 16 Millionen Farben sind dank der LED-Technik von Philips möglich. Zum Start der Spielsaison 2015/16 wurde die neue Lichttechnik eingeweiht.*

## Nur sanfte Lichtwechsel wegen Nähe zur Autobahn

Während der 100 Tage Umbau wurden 45 Tonnen Material verbaut. Darunter die 6500 LED-Leuchten, mehrere Hundert Steuerkomponenten, wie Data Enabler, sowie mehr als 5000 m Netzwerkkabel. Würde man die einzelnen LED-Leuchten hintereinander anordnen, so ergäbe das eine Länge von 7,5 km. Eine Besonderheit ist die Rautenstruktur der Außenhülle der Arena. Durch die unterschiedlich geformten Kissen mussten die LED-Leisten exakt ausgerichtet werden, was durch speziell angefertigte, Säbelzahnförmige Montagevorrichtungen möglich war. Zudem sind die LEDs mit speziellen Optiken ausgestattet, um das Licht auf die Oberfläche der Rauten zu streuen. Da sich die Allianz-Arena direkt an einem Autobahn-Kreuz befindet, musste vor dem Umbau ein Gutachten von einem Verkehrsgutachter eingeholt werden. Die der Autobahn zugewandten Seite ist aus verkehrstechnischen Gründen von einem sanften Lichtwechsel bestimmt. Was nicht auf die Fläche darf, sind Blitzeffekte oder sehr langsame Farbwechsel. Diese würden die Fahrer ablenken.

Im Kern des Sicherheitskonzeptes sind zwei ineinandergreifend Dynamik- und Farbfilter, welche die Geschwindigkeit der Farbwechsel und die Verwendung von Farbfamilien kontrollieren. Somit lassen sich komplexe und dynamische Beleuchtungsszenarien Dritter auf ein sicherheitstechnisch verträgliches Maß entschleunigen. Auch war nicht vorgesehen, die Arena als Videoleinwand zu benutzen. Technisch könnte man die Fassade mit 40 Bildern je Sekunde bespielen. Und das mit den Farben aus dem kompletten Farbspektrum. Allerdings wurde früh entschieden, auf Farbwechsel innerhalb eines Kissens zu verzichten, damit die Fassadengeometrie mit ihrem Rautenmuster ablesbar bleibt. Die Standardbeleuchtung der Arena leuchtet abwechselnd Rot, Blau und Weiß. Dafür wurden zwölf Übergangsszenarien für die spielfreie Zeit entworfen, die auf unterschiedliche Weise und in zufälliger Reihenfolge den Farbwechsel von einer zur anderen Farbe vollziehen. Zu den bei der Umrüstung entstandenen Kosten machten weder der FC Bayern noch Philips eine Aussage. Positiv anzumerken ist, dass durch die Umrüstung auf LED rund 60 Prozent an Energiekosten eingespart werden können. Das entspricht in etwa 362 Tonnen an $CO_2$ pro Jahr. // **HEH**

**Philips**

# Die weltweit grösste Auswahl an elektronischen Komponenten für die sofortige Lieferung!™

**AUF ANFRAGE - 30 TAGE NETTO ZAHLUNGSKONDITIONEN VERFÜGBAR**

**KOSTENLOSER VERSAND FÜR BESTELLUNGEN ÜBER 65 €***

**ALLE PREISE VERSTEHEN SICH IN EURO UND ENTHALTEN ZOLLGEBÜHREN**

## LOKALER VERTRIEB & TECHNISCHER SUPPORT VERFÜGBAR

Digi-Key® ELECTRONICS

TELEFON: 0800 180 01 25

# DIGIKEY.DE

ÜBER 1.100.000 PRODUKTE AUF LAGER | ÜBER 650 BRANCHENFÜHRENDE ANBIETER | 3,9 MILLIONEN TEILE ONLINE

*Für alle Bestellungen unter 65,00 € wird eine Versandgebühr von 18,00 € erhoben. Alle Bestellungen die mit UPS versandt werden, haben eine Lieferzeit von 1-3 Tagen (abhängig vom Endbestimmungsort). Keine Bearbeitungsgebühren. Alle Preise verstehen sich in Euro und enthalten Zollgebühren. Bei einem zu großen Gewicht oder bei unvorhergesehenen Umständen, die eine Abweichung von diesem Tarif erfordern, werden Kunden vor dem Versand der Bestellung kontaktiert. Digi-Key ist ein autorisierter Distributor für alle Lieferpartner. Neue Produkte werden täglich hinzugefügt. © 2015 Digi-Key Electronics, 701 Brooks Ave. South, Thief River Falls, MN 56701, USA

ecia MEMBER ecsn member CEDA

# Praxistreffen LED und OLED im Oktober in Würzburg

***Von der LIchtplanung bis zur kompletten LIchttechnik: Auf unserem Praxisforum LED und OLED am 22. Oktober in Würzburg bekommen Sie praktische Tipps von Experten aus der Industrie.***

Bild: ELEKTRONIKPRAXIS

***LED und OLED in der Beleuchtung:*** *Auf unserem Praxisforum am 22. Oktober in Würzburg steht die Lichtsteuerung in diesem Jahr im Mittelpunkt.*

Ein Sprichwort besagt „Planung ist das halbe Leben“. So ist das auch in der Beleuchtungstechnik mit LEDs. Auf unserem LED- und OLED-Praxisforum am 22. Oktober in Würzburg gibt **Dr. Rainer Kling** vom Lichttechnischen Institut des KIT in Karlsruhe in seiner Keynote einen Überblick von der Lichtplanung bis zur Lichttechnik. Denn eine LED oder OLED ist ein komplexes Halbleiterelement. Die Grundlage einer optimierten und normgerechten Beleuchtungslösung mit guter Lichtqualität ist nur mit einer unabhängigen Lichtplanung erreichbar. Wesentliche Punkte für eine LED-Leuchte sind das Thermo-Management, die Höhe der System-Nenn-Lebensdauer oder Lichtfarbe und Farbort-Stabilität.

## Intelligente Lichtsysteme und der Treiberbaustein

Warum ist die LED die dominante Lichttechnik? Das fragt **Artur Grösbrink** von Osram Opto Semiconductor. Obwohl die LED bereits in den 1950er Jahren mit der roten LED entdeckt wurde, kam der entscheidende Durchbruch erst 1994 mit der blauen LED. Denn jetzt lässt sich weißes Licht erzeugen. Schub bekommt die LED von Seiten der Politik. Wesentliche Treiber sind die kommunale öffentliche Beleuchtung aber auch die Automobilindustrie. Dem Halbleiterlicht sind nur die Grenzen der Physik gesetzt.

Schaut man sich um so kann man feststellen, dass die LED in der Beleuchtung angekommen ist. Der nächste logische Schritt in der Beleuchtungstechnik heißt Vernetzung. Denn dank intelligenter Treiberlösungen ist das Licht im smart Home ein Teil des größeren Ganzen. **Guido Körber** von Code Mercenaries Hard- und Software gibt in seinem Vortrag praktische Tipps und zeigt gleichzeitig Fallstricke auf, die bei intelligenten Lichtsystemen auftreten können. Das Stichwort hier heißt Lighting 4.0. Welches Benutzerinterfaces benötige ich und warum muss ich mich jetzt auch mit Cybersecurity beschäftigen?

Herzstück der sogenannten intelligenten Leuchte ist der bereits erwähnte Treiber. Denn einfach das Licht ein und ausschalten reicht nicht mehr aus. Licht soll sich uns Menschen anpassen. **Thomas Rechlin** von

## Power-Woche für Geräteentwickler

Das Praxisforum LED und OLED richtet sich an Entwickler, die sich in ihrem Arbeitsalltag mit Beleuchtungslösungen beschäftigen. Vom 20. bis 21. Oktober zeigen wir Ihnen auf unserem Power-Kongress (www.power-kongress.de) Best Practices zu Stromversorgungs-Designs und Auswahl von Stromversorgungen. Und vom 20. bis 22. Oktober lernen Sie auf unseren Cooling-Days (www.cooling-days.de) Grundlagen und Best Practices in der Elektronikkühlung und Wärmemanagement kennen. Profitieren Sie von den Synergien der Kongresse.

Recom zeigt, mit welchen Mitteln Licht smart und Teil des Internet of Things wird. Das Licht wird erst durch den geeigneten Treiber schlau.

## Das Wärmemanagement bei der LED nicht vergessen

Neben dem Treiberbaustein ist das Wärmemanagement ein wichtiger Aspekt bei der Beleuchtung. Denn nur ein Teil der eingebrachten elektrischen Energie wird bei der LED in Licht umgesetzt. Bei entsprechender Leistungsdichte und ungünstiger Konfiguration können unerwünschte Temperaturspitzen entstehen. Die Folge ist ein geringerer Wirkungsgrad und ein früherer Ausfall der LED. **Heiko Schüler** von CADFEM beschreibt in seinem Vortrag, wie die Finite-Element-Methode bei der numerischen Simulation eines LED-Kühlkonzepts hilft. Dabei hilft der Grundsatz „So einfach wie möglich – so komplex wie nötig."

Damit das Licht auch dort ankommt, wo es benötigt wird, sind Optiken notwendig. Doch Kunststoffe sind nicht immer geeignet. Ein besserer Werkstoff ist Glas: es ist beständig gegenüber UV-Strahlung, Feuchtigkeit und Wärme. **Holger Kreilkamp** vom Fraunhofer-Institut IPT Aachen stellt mit dem nicht-isothermen Blankpressen von komplexen LED-Optiken aus Glas ein überzeugendes Verfahren vor. Und das in einem einzigen Prozessschritt.

Auf unserem Kongress soll auch die OLED berücksichtigt werden. **Patrick Barkowski** vom Start-up SIOD stellt sogenannte Polymer-Leuchtdioden (PLEDs) vor, die gerade für Displayanwendungen in Frage kommen. Der Vortrag geht auf die praktischen Herausforderungen ein, die sich aus dem Druck von organischen Leuchtdioden mit dem Tintenstrahldruck ergeben. Aus dem Vergleich der theoretischen Vorüberlegungen mit den praktischen Erkenntnissen wird ein Ausblick gegeben, welche Möglichkeiten das gedruckte Licht nun tatsächlich hat.

Zum Abschluss unseres Kongresses zeigt **Mike Ludwig** von dresden elektronik, dass ein gemeinsamer Standard in der Beleuchtungstechnik notwendig ist. Das Stichwort hier heißt ZigBee LightLink (ZLL). Im Vortrag zeigt der Referent die wichtigsten Aspekte des ZLL Profils und erläutert, warum das der neue Standard für die drahtlose Vernetzung im Gebäude ist. // **HEH**

**www.led-praxis.de**

**PROGRAMM AM 22. OKTOBER 2015**

| ZEIT | TITEL DES VORTRAGS | REFERENT/FIRMA | THEMA |
|---|---|---|---|
| 8.00 Uhr | Registrierung | | |
| 8.55 Uhr | Begrüßung | Hendrik Härter, ELEKTRONIKPRAXIS | |
| 9.00 - 9.45 Uhr | Keynote: Von der Lichtplanung zur Lichtsteuerung | Dr. Rainer Kling, Lichttechnisches Institut am KIT Karlsruhe | Die Keynote gibt einen Überblick von der Lichtplanung bis zur Technik der LED-Leuchten und deren geregelter Betrieb. Dabei geht der Referent unter anderem auf das Thermo-Management, Lichtfarbe und Farbort-Stabilität aber auch auf elektrotechnische Normen und Richtlinienkonformität ein. |
| 9.45 - 10.30 Uhr | Warum die LED die dominante Lichtquelle ist | Artur Grösbrink, Osram Opto Semiconductor | Der Durchbruch bei der LED gelang mit der blauen LED, womit sich weißes Licht erzeugen lässt. Der Referent geht sowohl auf die europäische Roadmap ein und welche Herausforderungen bestehen, um die LED im Auto oder zur Straßenbeleuchtung einzusetzen. Ebenfalls Thema wird die Photobiologische Sicherheit sein. |
| 10.30 - 11.00 Uhr | Kaffeepause | | |
| 11.00 - 11.45 Uhr | Lighting 4.0: Best Practices und Fallstricke | Guido Körber, Code Mercenaries | Intelligente Leuchten sind vernetzt. Doch welche Benutzerinterfaces benötige ich und warum muss ich mich mit Cybersecurity beschäftigen? |
| 11.45 - 12.30 Uhr | Smart Lighting – Wie sich Licht intelligent steuern lässt | Thomas Rechlin, Recom | Herzstück der intelligenten Leuchte ist der Treiber. Licht ein und ausschalten reicht nicht, es soll sich uns Menschen anpassen. Der Referent zeigt, wie Licht smart und Teil des Internet of Things wird. Denn Licht wird erst durch den Treiber schlau. |
| 12.30 - 13.30 Uhr | Mittagspause | | |
| 13.30 - 14.15 Uhr | LED-Kühlkonzepte durch numerische Simulation | Heiko Schüler, Cadfem | Das Wärmemanagement stellt einen wesentlichen Aspekt der LED-Beleuchtung dar. Der Referent beschreibt, wie die Finite-Element-Methode bei der numerischen Simulation eines LED-Kühlkonzepts hilft. |
| 14.15 - 15.00 Uhr | Nicht-isoliertes Blankpressen komplexer LED-Optiken aus Glas | Holger Kreilkamp, Fraunhofer-Institut IPT in Aachen | Damit das Licht dort ankommt, wo es benötigt wird, sind Optiken notwendig. Glas eignet sich hier ausgezeichnet, da es beispielsweise beständig gegenüber UV-Strahlung ist. Das nicht-isotherme Blankpressen von komplexen LED-Optiken erfolgt in einem einzigen Prozessschritt. |
| 15.00 - 15.30 Uhr | Kaffeepause | | |
| 15.30 - 16.15 Uhr | Gedruckte OLED am Beispiel eines Tintenstrahldruckers | Patrick Barkowski, SIOD | Polymer-Leuchtdioden (PLEDs) lassen sich preiswert in Displays einsetzen. Was für Herausforderungen bestehen beim Druck von organischen Leuchtdioden beim Tintenstrahldruck? |
| 16.15 - 17.00 Uhr | Anknipsen war gestern – Lichtsteuerung mit ZigBee LightLink | Dr. Thomas Will dresden elektronik | Ein gemeinsamer Standard in der LED-Beleuchtungstechnik ist notwendig. Das Stichwort heißt ZigBee LightLink (ZLL). Der Referent beschreibt, warum ZLL der Standard für die drahtlose Vernetzung im Gebäude sein könnte. |

# Maßgeschneiderte Beleuchtungssysteme aus Deutschland

*Von der Planung bis zur kompletten LED: Die Deutsche Lichtmiete bietet ein komplette Paket, um auf die effizienteren LED-Leuchten umzurüsten. Das passende Lichtkonzept ist dabei inklusive.*

Viele Unternehmer schrecken davor zurück, ihre Beleuchtung auf moderne LED-Systeme umzurüsten. Egal ob es Beleuchtungen für die Industrie, für Bürokomplexe oder Krankenhäuser sind. Die Gründe sind sehr vielfältig. Doch meist sind es die hohen Investitionskosten oder der unüberschaubare Markt an unterschiedlichen Anbietern für LED-Beleuchtungen.

## Warum die Lichtplanung entscheidend ist

Der klassische Entscheidungsweg für die Planung einer neuen Lichtanlage mit LEDs sieht in der Praxis heute oft so aus: Zuerst möchte man sich einen Marktüberblick verschaffen, also werden verschiedene Anbieter von LED-Leuchten für Produktpräsentationen eingeladen. Eine Reihe von LED-Produzenten führen ihre Verkaufsargumente auf und stellen technische Merkmale ihrer Leuchten vor. Es wird viel getestet, wobei es häufig nicht bei einem einzigen Testlauf bleibt. Zudem ersetzen Produktanbieter bei diesen Testangeboten einfach bestehende Lichtquellen durch LED-Leuchten.

Dabei wird allerdings oft nicht überprüft, ob die Anordnung der Leuchten vor Ort noch immer den aktuellen Produktionsbedürfnissen entspricht oder gar durch die nun effektivere Ausleuchtung eine andere Aufteilung sinnvoll wäre. Diese Fragestellung fällt in das Ressort eines Lichtplaners oder Elektrikers, der hinzugezogen werden müsste, um das Beleuchtungssystem ausgewogen zu konzipieren. Schließlich geht es in den meisten Fällen um ein erhebliches Investitionsvolumen. Alle diese Planungsschritte müssen aufeinander abgestimmt werden. Im Ergebnis bleiben nach einer internen Umfrage der Deutschen Lichtmiete rund 70 bis 80 Prozent der Entscheider im Unternehmen unentschlossen zurück, weil neben den finanziellen auch keine personellen Ressourcen für die Planung des Umrüstungsprozesses zur Verfügung stehen.

## Das Lichtkonzept, das zum Unternehmen passt

Eine Umstellung der Beleuchtungsanlage auf LED-Technik will wohl geplant sein. Es sollte ein Lichtkonzept entwickelt werden, das in Bezug auf die betrieblichen Anforderungen und das erreichte Einsparungsziel genau zum Unternehmen passt – und damit auch in den Folgejahren optimale Ergebnisse liefert. Die Deutsche Lichtmiete hat eine kleine Checkliste entwickelt, die Unternehmen beim Upgrade der Beleuchtung auf LED-Technik unterstützen soll. Der Fragenkatalog reicht von der Analyse der Ist-Situation, inklusive der zu berücksichtigenden Vorschriften, über den sehr wichtigen Bereich der

Bilder: Deutsche Lichtmiete, Mario Dirks

***LED-Produkte aus Deutschland:*** *Die verwendeten LED-Treiber verfügen über alle wichtigen Zertifikate wie ENEC, TÜV, CE, VDE oder DIN 61000.*

***Maßgeschneiderte Beleuchtung:*** *Die Experten der Deutschen Lichtmiete in Bremen fertigen komplette LED-Beleuchtungen und beziehen die LEDs von Nichia aus Japan.*

Produktauswahl bis hin zur Ermittlung des Montageaufwandes.

Entscheidend ist die Auswahl passender Produkte, denn die LED-Leuchten sollten langlebig sein. Hier ist die Qualität der verwendeten Materialien wichtig. Günstig produzierte LED-Leuchten fallen zwar nicht gleich aus, aber ihre Lichtleistung nimmt im Laufe der Zeit graduell ab, was vom Zusammenspiel von Treiberstrom und Betriebstemperatur abhängt. Wichtig ist, dass die einzelnen Komponenten optimal aufeinander abgestimmt sind. Auch die Selektion der Lichtfarbe erfordert besondere Aufmerksamkeit. Farben und Lichtfarben dienen nicht nur der Funktionalität, sondern beeinflussen auch das Wohlbefinden der Belegschaft. Nicht zuletzt sollte der Brandschutz-Aspekt berücksichtigt werden. Hier kommt das Know-how von der Deutschen Lichtmiete ins Spiel: Das Oldenburger Unternehmen geht andere Wege als Dienstleister, die Lichtplanung und Installation anbieten. Angeboten wird ein reines Mietmodell. Investitionskosten für Umrüstung und Betrieb fallen so weg. Bezahlt wird eine monatliche Miete für ein komplett maßgeschneidertes, voll installiertes Beleuchtungssystem.

Noch ein weiterer Vorteil: Die Deutsche Lichtmiete lässt ihre Hallendeckenstrahler, LED-Röhren und Panels in Oldenburg produzieren. Die verwendeten LEDs stammen von Nichia aus Japan. Andere Hardware-Komponenten werden aus Deutschland bezogen. Die eigene Fertigung erlaubt die notwendige Qualität. Dabei beträgt die Ausfallrate unter 0,1 Prozent. // **HEH**

**Deutsche Lichtmiete**
+49(0)441 2093730

## Drei Schritte zum neuen Licht mit LED

Die Deutsche Lichtmiete rüstet bestehende Beleuchtungssysteme auf effizientes LED-Licht um. Dazu sind drei Schritte notwendig. *1. Analyse:* Es wird eine Bestandsaufnahme durchgeführt, die gegebenen Lichtverhältnisse analysiert und der Energiebedarf der aktuellen Leuchtenanlage erfasst. Daraus erstellt das Unternehmen ein konkretes Angebot. Danach folgt *2. Angebot und Testphase.* Es enthält die kostenlose Analyse der Ist-Situation – von Verbrauch über Stromkosten und Emissionen bis zu Wartungs- und Nachinvestitionskosten sowie eine individuelle Prognose der Strompreisentwicklung für die kommenden Jahre. Im letzten Schritt erfolgt *3. das Umrüsten.* Der Mietvertrag basiert auf dem erstellten Angebot. Für kleinere und mittlere Betriebe kann die Deutsche Lichtmiete auf ein Lager an Standardprodukten zurückgreifen.

msc technologies
an Avnet Company
Intelligent Solutions

**Bis zu 40% niedrigere Systemkosten durch die neue SC5 Technology Plattform**

**XHP35 LED High Density**
- Größe: 3,45 x 3,45 mm
- Bis zu 1528 lm @13 W

**XHP70A LED High Intensity**
- Größe: 3,45 x 3,45 mm
- Bis zu 1490 lm @13 W

**XHP50A LED**
- Größe: 5 x 5 mm
- Bis zu 2070 lm @19 W

**XHP70A LED**
- Größe: 7 x 7 mm
- Bis zu 3270 lm @30 W

CREE

**MSC Technologies GmbH**
+49 7249 910-0 • info@msc-technologies.eu
www.msc-technologies.eu

# So rüsten Sie auf eine LED-Deckenleuchte um

***Eine Alternative zu Kompaktleuchtstofflampen sind Hochstrom-LEDs für die Deckenbeleuchtung. Wir zeigen Ihnen die notwendigen Designschritte, um auf eine LED-Lösung umzurüsten.***

KAI KLIMKIEWICZ *

Bild: Eduard Shelesnjak - Fotolia

***Von der Planung bis zur fertigen Leuchte:*** *Bei der Entwicklung einer LED-Leuchte für Innenräume sind optische, thermische und elektrische Eigenschaften zu beachten.*

Eine Alternative zu Halogen- oder Flureszenz-Lampen sind Leuchten mit LED, vor allem mit High-Power- und Extreme-High-Power-Versionen. Am Beispiel einer Deckenleuchte zeigen wir die Design-Schritte zu einer LED-Leuchte. Bevor man mit der Entwicklung einer LED-Leuchte beginnt sollte man sich fragen, ob ein neues Lampendesign entworfen oder LEDs in ein bestehendes Konzept integriert werden sollen. Ein auf LED ausgerichtetes Design punktet mit besserer optischer, thermischer und elektrischer Performance, weil es keine Rücksicht auf ein bestehendes Design nehmen muss. Das folgende Beispiel demonstriert den Entwicklungsprozess einer Leuchte mit Hochleistungs-LEDs, die eine bestehende Deckenbeleuchtung mit einer Kompaktleuchtstofflampe ersetzen soll.

Im ersten Schritt gilt es die Beleuchtungsanforderungen der Zielapplikation zu definieren. Bei manchen Applikationen existieren entsprechende Beleuchtungsstandards, bei anderen ist die Charakterisierung einer bestehenden Leuchte ein guter Ansatz. Das kann anhand von kritischen Daten erfolgen, etwa des Lichtstroms, des Stromverbrauchs und der Streuung des Lichts. Außerdem ist es hilfreich, eine Liste mit weiteren wichtigen Faktoren zu erstellen. Dazu gehören die Betriebstemperatur und Farbtemperatur, die Lebensdauer und der Preis. Alle Anbieter von Beleuchtungssystemen verfügen über Dokumentationen, in denen zumindest die kritischen Werte aufgeführt sind. Anschließend legt man die Beleuchtungsanforderungen

*** Kai Klimkiewicz**
*... arbeitet als Field Application Engineer Central Europe bei Cree..*

Bilder: Cree

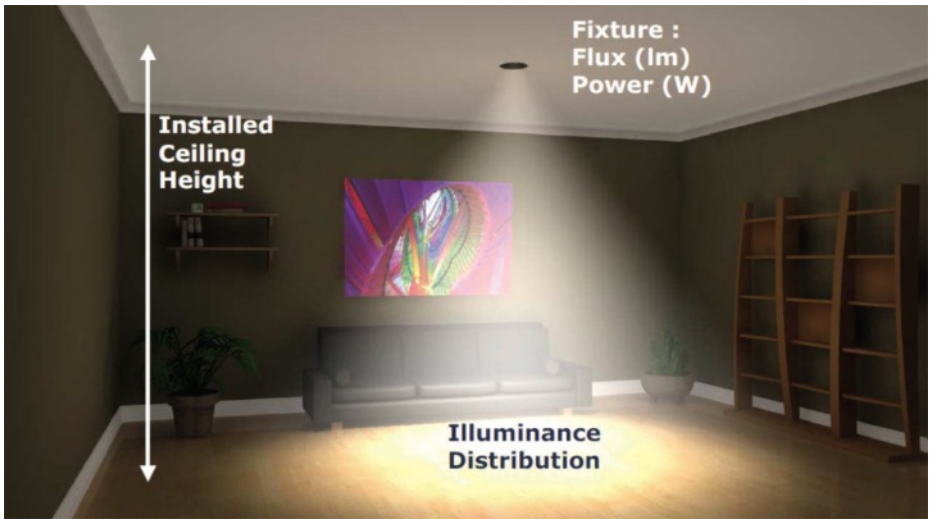



***Bild 1:*** *Bei der Installation einer LED-Leuchte entscheiden die Paramter Leistung und Lichtstrom und Faktoren wie Raumhöhe oder auszuleuchtende Fläche.*

der LED-Leuchte fest. Auch hier gilt, zunächst die zentralen Kennwerte wie Lichtleistung (lm), Lichtausbeute (lm/W) oder Leistung (W) als Maßstab zu nehmen. Der Entwickler muss zudem prüfen, welche anderen Anforderungen erfüllt werden müssen, etwa in Bezug auf den Color Rendering Index (CRI) und die Lebensdauer.

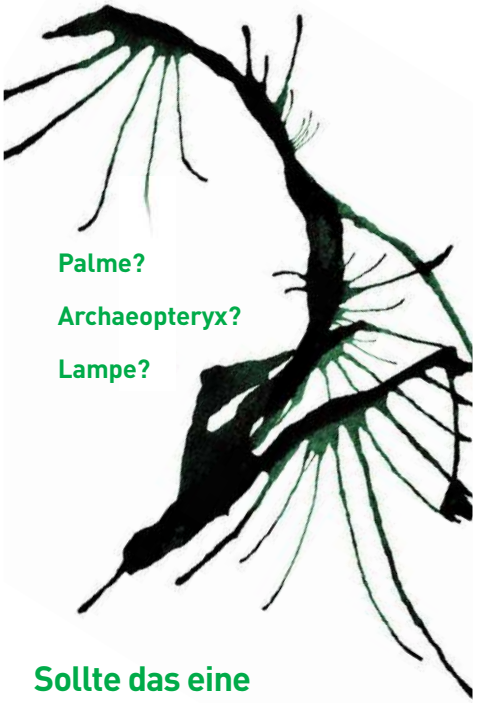
## Das optische, thermische und elektrische System

Zu den wichtigsten Schritten zählt, die Zahl der LEDs abzuschätzen, die für die Designziele erforderlich sind. Davon hängen Parameter ab wie die Lichtleistung und der Stromverbrauch. Ungenaue Resultate ergeben sich jedoch, wenn der Entwickler alleine die Lichtstrom-Angaben im Datenblatt heranzieht. Der Grund ist, dass der Lichtstrom von mehreren Faktoren abhängt, etwa dem Treiberstrom und der Sperrschicht-Temperatur. Um die korrekte Zahl von LEDs zu berechnen, muss deshalb zunächst die Effizienz des optischen, thermischen und elektrischen Systems abgeschätzt werden. Optische Systeme, dazu gehören Linsen oder Reflektoren, sind mit Verlusten behaftet. Das hängt zum einen mit der Sekundäroptik und zum anderen mit dem Gehäuse zusammen. Ein Gehäuse kann beispielsweise aus Glasabdeckungen bestehen. Gute Optiken liegen bei 80 bis 95 Prozent. Das bedeutet auch, dass bei einer schlechten Effizienz initial mehr Licht spendiert werden muss, um das angestrebte Lichtstromziel zu erreichen.

Beim Leuchtendesign sollten Entwickler in jedem Fall den Einsatz von High-Power-LEDs oder Extreme-High-Power-LEDs in Betracht ziehen. Der LED-Experte Cree bietet die Reihe XLamp XHP an, die auf der SC5-Technologie-Plattform basiert. Extreme-High-Power-LEDs haben einen Leistungsbereich von 20 bis 30 W und stellen 130 bis 160 lm/W im eingeschwungenen Zustand bereit. Soll mit einer möglichst kleinen LED-Fläche eine hohe Lichtausbeute erreicht werden, sind solche Leuchtdioden die ideale Lösung. Die hohe Effizienz ermöglicht es Entwicklern, kleinere Kühlkörper und weniger Optiken einzusetzen. Das reduziert die Größe der Leuchten und damit die Kosten um bis zu 40 Prozent.

Ebenfalls zu berücksichtigen sind die thermischen Verluste. Bei den meisten LEDs sinkt der Lichtstrom mit steigender Sperrschicht-Temperatur $T_j$. Bei den Treibern beträgt die Effizienz typischerweise zwischen 80 und 90 Prozent. Bei der Ausgangslast sollte ein Wert von 50 Prozent und höher eingeplant werden, um die Effizienz zu erhöhen und die Kosten zu senken. Bei Anwendungen in Innenräumen sind 87 Prozent ein guter Anhaltspunkt für die Effizienz eines LED-Treibers. Auf Grundlage der Systemeffizienz lässt sich anschließend die Zahl der benötigten LEDs berechnen. Welche Lumen-Werte in der Praxis erforderlich sind, können Entwickler mithilfe der folgenden Formel ermitteln: Benötigte Lumen = Ziel-Lumen-Wert/(Optische Effizienz x Thermische Effizienz).

Ebenfalls zu berücksichtigen ist der Betriebsstrom. Er spielt eine wichtige Rolle bei Effizienz und Lebensdauer der LED. Ein höherer Strom resultiert in einer höheren Lichtausbeute und möglichweise in einer geringeren Zahl von LEDs pro Leuchte, kann jedoch die Lebensdauer der LEDs reduzieren. Daher sollten Entwickler auch in diesem Fall prüfen, ob High-Power- und Extreme-High-Power-LEDs die bessere Wahl sind. So weisen




Sollte das eine Lampe sein –

bringen wir sie zum Leuchten!

Die neuen Acrich3 Module ermöglichen **flimmerfreie** Beleuchtung im Innen- und Außenbereich. Sie sind **Smart Lighting** fähig und können somit über eine Vielzahl von Drahtlos-Netzwerken und Sensoren angesteuert werden. **Ohne** die Notwendigkeit für einen **Konverter** bieten diese Module **grenzenlose Designfreiheit.**

www.seoul-be-bright.com

**ACRICH3**

· Entwickelt für High Voltage AC/DC Betrieb
· Dimmbare und flimmerfreie Lösung
· Typ. Effizienz von bis zu 100-120 lm/W
· 2700 K - 6500 K; CRI von 70, 80 und 90
· Leistungsfaktor > 0,97 und THD < 15 %

SEOUL

SEOUL SEMICONDUCTOR

die Extreme-High-Power-Modelle Cree XLamp XHP50 und XHP70 bei 105 Grad Lötpunkttemperatur $T_{sp}$ und deutlich höheren Stromwerten dieselbe Lebensdauer auf wie High-Power-Versionen bei 85 °C $T_{sp}$. Bei der Berechnung der Zahl der LEDs ist es wichtig, dass der minimale Lichtstrom-Wert berücksichtigt wird.

## Die optischen und thermischen System-Optionen

Der nächste Schritt besteht darin, eine Reihe von Systemversionen zu erstellen und zu prüfen. Bei den **optischen Komponenten** stehen folgende Optionen zur Wahl: *1. LEDs ohne Sekundäroptik mit vorhandenem Lampenreflektor:* Das kommt in Betracht, weil die Abstrahlwinkel der CFL-Halterung und der LEDs ähnlich sind. Der Nachteil ist, dass möglicherweise ein mehrfacher Schattenwurf (Multiple-Source Shadow Effect) auftritt, wenn mehrere LEDs nahe beieinander platziert werden. Ein Diffusor kann dies verhindern. *2. LEDs mit Sekundäroptik und dem vorhandenem Lampenreflektor:* Mit einer Sekundäroptik lässt sich der Abstrahlwinkel der LED individuell gestalten. Die Nachteile sind höhere Kosten, ein komplexerer Systemaufbau und eine niedrigere optische Effizienz. Allerdings stehen speziell für High-Power- und Extreme-High-Power-LEDs mittlerweile Silikon-Optiken sowie Glaslinsen und Glasreflektoren zur Verfügung. Sie erlauben es, die LEDs mit Temperaturen von bis zu 150 °C zu betreiben. Dadurch erhöht sich die Lichtausbeute und Entwickler stehen neue Design-Optionen zur Verfügung. *3. Reine LEDs mit einem vorhandenen Lampenreflektor und Diffusor:* Statt einer separaten Optik pro High-Power-LED kann ein Diffusor verwendet werden, um das Licht zu streuen. Neben den Kosten ist die niedrigere Effizienz ein Nachteil des Ansatzes. Außerdem lässt sich das Licht nicht fokussieren. Dazu ist eine Optik erforderlich.

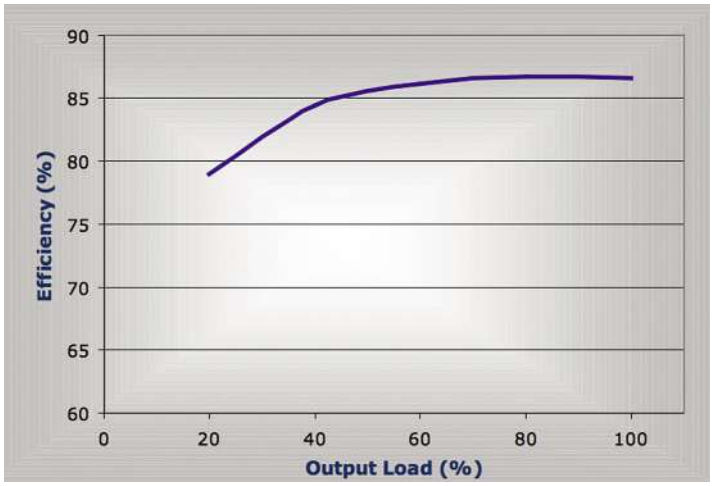



***Bild 3:*** *Die Effizienz [y-Achse] eines LED-Treibers kann je nach Ausgangslast [x-Achse] variieren. Das muss der Entwickler beim Designprozess berücksichtigen.*

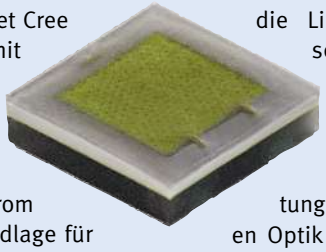
Auch beim **thermischen System** stehen mehrere Möglichkeiten zur Wahl. *1. Das vorhandene System nutzen:* Das ist die preisgünstigste Option. Sie kommt jedoch nicht für Neuentwicklungen in Frage. Außerdem sind die meisten Komponenten aus Stahl und eignen sich daher nicht für Kühlkomponenten. *2. Einen Standard-Kühler nutzen:* Solche Komponenten weisen ein bewährtes Design auf, schränken jedoch die Gestaltungsmöglichkeiten ein. *3. Ein anwendungsspezifischer Kühlkörper:* Er lässt sich optimal an ein Design anpassen, jedoch benötigt der Entwickler eine Software für die Simulation der thermischen Eigenschaften des Gesamtsystems. Das wirkt sich negativ auf die Kosten aus. High-Power-LEDs haben in dieser Beziehung den Vorteil, dass sie mit kleineren Kühlkörpern auskommen. Das spart Material, Gewicht und damit Geld. Wird jedoch das Leuchtendesign beibehalten, können Entwickler die Leistung der Systeme mithilfe von High-Power-LEDs um den Faktor zwei bis drei erhöhen.

## Verschiedene Varianten des elektrischen Systems

Auch bei den elektrischen Systemkomponenten stehen Entwicklern mehrere Möglichkeiten offen. *1. Standard-LED-Treiber:* Er wurde vom Hersteller auf EMI- und Sicherheitsvorgaben getestet, ist schnell verfügbar und preisgünstig. Zu den Nachteilen eines Standard-Treibers zählen die durchschnittlichen Effizienzwerte um 85 Prozent sowie möglicherweise niedrige Betriebstemperaturen und eine geringere Lebensdauer. *2. LED-Treiber der nächsten Generation:* Sie werden oft in Zusammenarbeit mit Halbleiter-Firmen entwickelt und bieten optimierte Leistungsdaten. Wer jedoch auf die Entwicklung solcher Produkte wartet, nimmt Verzögerungen beim seinem Entwicklungsprojekt in Kauf. *3. Kundenspezifisches Design:* Der Vorteil ist eine optimale Effizienz. Zu den Nachteilen zählt, dass der Hersteller der Leuchten die Aufwendungen für Entwicklung und Zertifizierung tragen muss. Hinzu kommen die höheren Kosten pro Treiber im Vergleich zu Standard-Produkten. Für Beleuchtungsentwickler sind LEDs eine Alternative zu Kompaktleuchtstoff-Lampen. Dabei spielt es keine Rolle, ob es sich um eine Neuentwicklung oder ein Retro-Fit-Modell handelt. Vor allem High-Power-LEDs und Extra-High-Power-Modelle ermöglichen verbesserte Gestaltungsmöglichkeiten für Innen- und Außenleuchten. Fachleute sollten bei der Entwicklung und Umsetzung eines Leuchten-Designs vor allem Hochleistungs-LEDs in Betracht ziehen. // **HEH**

**Cree Europe**
+49(0)89 54807410

## Eine Hochstrom-LED mit einem 12-V-Die



Mit der XLamp XHP35 bietet Cree eine Hochstrom-LED, die mit einem Strom von 1 A betrieben wird. Die auf einen monolithischen 12-V-Power-Die aufgebaute LED erzeugt einen Lichtstrom von 1833 Lumen. Als Grundlage für die LED nutzt der Hersteller die selbstentwickelte SC5-Technology-Plattform. Dabei handelt es sich um eine spezielle Siliziumkarbid-Technik, welche die Epitaxie-Struktur, die Chip-Struktur sowie die Lichtumwandlung verbessert. Die LED-Serie ist in zwei Ausführungen erhältlich. Zum einen für Außenanwendungen und die Hallenbeleuchtung oder mit einer sekundären Optik für Stadienbeleuchtung, bei Taschenlampen oder Lichtschienen. Die Hochstrom-LED-Familie gibt es mit einem CRI von 70, 80 und 90 sowie Farbtemperaturen von 2700 bis 8300 K mit 2-Step und 3-Step EasyWhite-Optionen.

LED-RETROFIT

## Glasröhren mit 18 und 22 Watt

Gegenüber LED-Röhren aus Kunststoff bieten LED-Glasröhren eine höhere Lichtausbeute und sind stabiler. Denn im Gegensatz zu Kunststoff ist Glas lichtdurchlässiger. Die Röhren sind mit einem T8/G13-Sockel ausgestattet und in zwei Ausführungen erhältlich: mit 150 cm und einer Leistung von 22 Watt, um 58-Watt-Röhren zu ersetzen und mit einer Länge von 120 cm und 18 Watt, um 36-Watt- Röhren zu ersetzen. Als Farbtemperatur gibt es neutral- und kaltweiß mit matter Abdeckung. Die LED-Röhren bieten eine Lichtausbeute von 130 Lumen pro Watt. Der Lichtstrom beträgt 2850 Lumen bei der 22-Watt-Röhre und 2340 Lumen bei der 18-Watt-Röhre. Alle LED-Glasröhren bieten eine Abstrahlfläche von 330°.

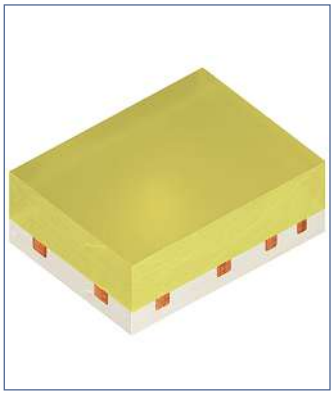
Einzelne LEDs sind bei den Röhren nicht zu erkennen. Die LED-Glasröhren entsprechen der Schutzklasse IP20 und sind für Betriebstemperaturen von -25 bis 55 °C ausgelegt. Der Hersteller garantiert eine Nennlebensdauer von 50.000 Stunden bzw. 100.000 Schaltzyklen. Zudem gibt es eine Garantie von 3 Jahren. Einsatz finden die LED-Leuchten in Büros, öffentlichen Gebäuden und Sporteinrichtungen oder Hotels und Tagungszentren.

**Antaris**

LED-RÖHREN

## Randlose LED mit 160 lm/W

Die Duris S2 ist eine 2 mm x 1,6 mm große LED, die keinen Rand hat. Sie eignet sich besonders für längliche Beleuchtungslösungen wie beispielsweise LED-Röhren. Ihre typische Lichtausbeute beträgt 160 lm/W bei einem Strom von 65 mA. Der Abstrahlwinkel beträgt 150°. Somit strahlt die Chip-Size-LED mehr Licht zur Seite ab als LED mit klassischem Gehäuse. Damit wird das Licht in linearen Lampen und Leuchten besser verteilt und Hot Spots vermieden. Die Farbwiedergabe $R_a$ beträgt mindestens 80 und typisch 85 und der typische Lichtstrom liegt bei 30 lm @ 4000 K.



Durch Übersteuerung auf bis zu 150 mA kann das Einsatzspektrum der LED auf Deckeneinbauleuchten und Flächenleuchten erweitert werden. Die Lebensdauer gibt der Hersteller mit 50.000 Stunden an. Derzeit ist die Duris S 2 in verschiedenen korrelierten Farbtemperaturen erhältlich: 3000, 3500, 4000 und 5000 Kelvin. Weitere Versionen mit Farbtemperaturen von 2700 bis 6500 Kelvin sollen folgen. Der Zertifizierungsprozess nach dem Langlebigkeitsstandard LM-80 läuft und Ergebnisse sollen im Winter 2015/16 vorliegen.

**Osram Opto Semiconductors**

Spezial-Newsletter für Elektronik-Profis

kostenlos unter
www.elektronikpraxis.de/newsletter

ELEKTRONIK PRAXIS



Vogel Business Media www.vogel.de

# Forschung und Industrie entwickeln gemeinsam flexible Elektronik

*Neue Anwendungen und Märkte für flexible Elektronik ist das Ziel des Forums flex+. Von der Grundlagentechnologie bis zur Anwendung lässt die offene Struktur auch kleine Firmen an der Forschung teilhaben.*

CHRISTIAN KIRCHHOF UND ANASTASIYA ZAGORNI *

Die flexible Elektronik ist schon seit Jahrzehnten in vielen Produkten vertreten und hat sich dabei immer weiter entwickelt. Der Begriff flexibel bezieht sich auf das verwendete Trägermaterial für elektronische Komponenten und Systeme. Allerdings ist nicht sofort zu erkennen, ob es sich um flexible Elektronik handelt.

So sind Leiterplatten auf Basis flexibler Folien aus Polyimid bereits Standard. Die Organische oder auch gedruckte Elektronik ist vergleichsweise neu. International ist der Begriff gedruckte Elektroink auch als Printed Electronics bekannt. Hier werden Leiterbahnen und Funktionsschichten mit Hilfe von Drucktechniken auf ein flexibles Trägermaterial aufgebracht. Getrieben durch die organischen Halbleiter ist gedruckte Elektronik ein sehr großer technologischer Trend.

Die flexible Elektronik wird im Wesentlichen durch geringere Kosten- und Ressourcen vorangetrieben, aber auch durch neuartige Anwendungen. Dennoch steckt die gedruckte Elektronik noch in den Kinderschuhen. Einige Anwendungen wie Schaltfolien von Tastaturen sind bereits Massenprodukte. Mit konventionellen Druckverfahren, wie Siebdruck oder Flexodruck, werden Silberleitbahnen auf PET-Folien aufgebracht. Ziel ist es, komplette einfache elektronische Schaltungen zu drucken.

## Forum soll flexible Elektronik effizient voranbringen

Um effizient die flexible Elektronik voranzubringen, werden effektive Formen einer Zusammenarbeit von Unternehmen und Technologiepartnern definiert und in die Praxis umgesetzt. Das Forum flex+startete regional mit den beiden Fraunhofer Instituten FEP und IAP in Dresden und Golm als Technologiepartner. Später soll sich eine globale Struktur entwickeln. Ziel von flex+ist es, mehrere anwendungsorientierte, branchenübergreifende Arbeitsgruppen im Umfeld der flexiblen Elektronik entstehen zu lassen. Im ersten Schritt werden Unternehmen und Technologiepartner befragt, um Planung und Strategie der neuen Plattform zu definieren. Die Plattform will erreichen, dass sich die Entwicklung der flexiblen Elektronik stärker auf Forschung und Entwicklung sowie produktorientierte Themen fokussiert. Die Intension ist einerseits, individuelle Bedürfnisse von Unternehmen zu berücksichtigen und andererseits einen branchenübergreifenden Austausch zu forcieren, um neue Produkte auf den Markt zu bringen. Durch den Austausch von Wissen und den Zugriff auf die Technologiepartner sollen Entwicklungskosten und -Zeit reduziert werden. Mit der Zusammenführung in Arbeitsgruppen können gemeinsam Ressourcen in der Forschung viel effektiver genutzt werden.

Eine Organisationsform nach dem Open-Innovation-Ansatz ist vorstellbar was bedeutet, dass sich der Innovationsprozess von Unternehmen und Organisationen öffnen soll. Innerhalb des Forums soll ein Wissensaustausch unter den Teilnehmern und Partnern erfolgen. Wobei es Technologiepartner gibt, die Technologien und Prozesse allen zur Verfügung stellen. Diese Partner können Fraunhofer-Institute und andere Forschungseinrichtungen mit verschiedenen Schwerpunkten sein. Auch sehr kleine und mittelständische Unternehmen haben Zu-

***Flexible Elektronik:*** *Im Netzwerk flex+ können sich Forscher und Unternehmen austauschen, um marktreife Produkte branchenübergreifend zu entwickeln.*

Bilder: Fraunhofer FEP

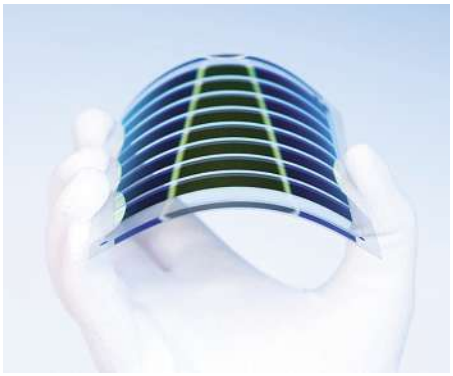
*** Christian Kirchhof und Anastasiya Zagorni**
*... koordinieren das Projekt am Fraunhofer-Institut für Organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP in Dresden.*

gang zur Forschung und Entwicklung der flexiblen Elektronik.

Die Fraunhofer-Institute können innerhalb des Verbundes ein starker und unabhängiger Technologiepartner sein. Sie bieten Grundlagenforschung für die Industrie und legen die Grundlage für neue Technologien und Prozesse, die zusammen mit Partnern entwickelt werden können. So forscht das Fraunhofer IAP in Golm beispielsweise an Hochleistungsfasern oder Polymersystemen für den Leichtbau und künstlichen Augenhornhäuten als Implantate. Es bedient dabei das gesamte Spektrum der Polymeranwendungen.

## OLED und Solarzellen aus Polymeren

Synthetische Polymere stehen dabei ebenso im Fokus der Arbeiten wie Biopolymere und biobasierte Kunststoffe aus nachwachsenden Rohstoffen. Das Institut forscht auf dem Gebiet der organischen Leuchtdioden und Solarzellen auf Basis von Polymeren. Dazu synthetisieren die Labore eigene Materialien. Zur Abscheidung stehen moderne Beschichtungsanlagen zur Verfügung. Das in Dresden angesiedelte Fraunhofer FEP besitzt ein hohes technisches Know-how in der Beschichtung von starren und flexiblen Materialien. Die Kernkompetenzen sind Elektronenstrahltechnologie, Sputtertechnologie, plasmaaktivierte Hochratebedampfung und Hochrate-PECVD. Die Arbeitsgebiete umfassen Vakuumbeschichtung sowie Oberflächenbearbeitung und -behandlung mit Elektronen und Plasmen. Neben der Entwicklung von Schichtsystemen und Produkten liegt ein Schwerpunkt auf der Aufskalierung von Technologien für die Beschichtung und Behandlung großer Flächen mit hoher Produktivität. 2014 wurde das Fraunhofer COMEDD in das Fraunhofer FEP integriert. Damit stehen Anlagen zur Verfügung, um organische Leuchtdioden und Solarzellen auf starren und flexiblen Substraten herzustellen. Eine Besonderheit ist die Rolle-zu-Rolle-Anlage, um flexible Substrate wie Kunststoff- oder Metallfolie oder Dünnglas mit organischen Materialien zu beschichten. Außerdem lassen sich OLED-Mikrodisplays auf Waferebene herstellen. Als organische Materialien werden hauptsächlich Small-Molecules im Hochvakuum aufgedampft. // **HEH**



***Flexible Solarzelle:*** *Die gedruckte Elektronik steckt noch in den Kinderschuhen. Mit dem Forum flex+ soll die Grundlagenforschung in Produkte überführt werden.*

**Forum Flex+**
www.flex-plus.de


Kompakte 36V-
DC/DC-Module mit
integrierter Spule!

CODICO®

- Synchrone Current-Mode-Regler mit integrierter Spule
- 4,5-36V Eingang
- MPM3606A mit 600mA und MPM3510A mit 1,2A
- 1,5MHz Schaltfrequenz (extern synchronisierbar auf 0,8-2MHz)
- Hohe Effizienz (bis zu 92%)
- Kleine QFN-Gehäuse: 3 x 5 x 1,6mm

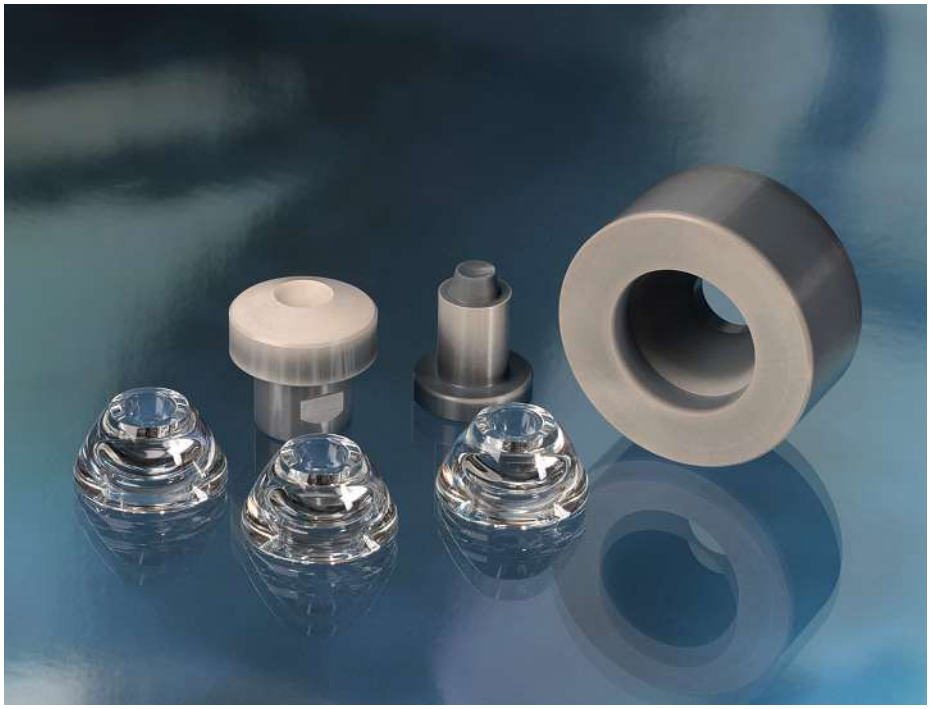
MPS Monolithic Power Systems

Kontakt: +43 1 86 305–0 | office@codico.com | www.codico.com

# Präzise Glasoptiken für die LED-Beleuchtung

*Präzise Optiken aus Glas sind gefragt. Dank neuer Konzepte der Heißformgebung ist es möglich, komplexe und gleichzeitig kostengünstige Beleuchtungsoptiken zu fertigen.*

HOLGER KREILKAMP UND OLAF DAMBON *



Bilder: Fraunhofer IPT

***Glas als optische Komponente:*** *Die Formeinsätze aus Keramik für das Blankpressen. Damit lassen sich Optiken aus Glas fertigen, die gegenüber extremen Temperaturen und UV-Strahlung beständig sind.*

Für viele Anwendungen in der Beleuchtung bietet sich der Werkstoff Glas an: So weist Glas eine hohe Temperaturbeständigkeit sowie eine hohe Widerstandsähigkeit gegenüber UV-Strahlung und Feuchtigkeit auf.

Weiterhin ist der Werkstoff Glas, vor allem im Vergleich zu optischen Kunststoffen, extrem kratzfest und langzeitbeständig. Mit seinem breiten Spektrum an optischen Eigenschaften lässt er sich damit für vielfältigste Anwendungen einsetzen und ist für die LED-Beleuchtungstechnik geradezu prädestiniert. Während für LED-Optiken aus Kunststoff bereits etablierte und kostengünstige Fertigungsprozesse zur Verfügung stehen, ist die Herstellung von Glasoptiken noch immer mit hohem Aufwand verbunden: So werden Glasoptiken klassischerweise immer noch aufwändig geschliffen und poliert. Aufgrund der hohen Komplexität typischer Beleuchtungsoptiken, die in großen Stückzahlen unter extremem Kostendruck hergestellt werden müssen, ist diese Direktfertigung der Optiken für den Beleuchtungsmarkt bis heute nicht wirtschaftlich möglich.

Eine vielversprechende Technik, um kostengünstig LED-Optiken herzustellen, sind replikative Verfahren der Heißformgebung, vor allem das nicht-isotherme Blankpressen. Dabei wird ein vorportionierter Glasrohling unter hoher Temperatur und hohem Druck umgeformt. Die aufwendige Herstellung der komplexen optischen Oberfläche ist dabei nur jeweils einmal für das Formwerkzeug erforderlich. Kurze Prozesszeiten und der Verzicht auf weitere Schritte zur Nachbearbeitung der Bauteile erlauben es, Beleuchtungsoptiken in Serie zu fertigen. Bei der Heißformgebung von Beleuchtungsoptiken lassen sich ganz unterschiedliche Eigenschaften einbringen, die mit der klassischen Direktfertigung durch Schleifen und Polieren nicht zu erzielen sind. Beispielsweise Fresnelstrukturen, Facetten oder nicht-roationssysmmetrische Oberflächen. Außerdem lassen sich Ausrichtmarken integrieren und komplexe Optikdesigns mit einer Vielzahl optischer Funktionsflächen in nur einem Bauteil erzeugen.

## Angepasstes Optikdesign als Ausgangspunkt

Am Anfang der Prozesskette zur Heißformgebung steht das Optikdesign, das die fertigungstechnischen Randbedingungen der Heißformgebung berücksichtigen muss. So sind beispielsweise sehr dünne Wandstärken, scharfe Kanten und Hinterschneidungen unbedingt zu vermeiden, da diese sich mit dem Verfahren kaum herstellen lassen. Andererseits erlaubt die Heißformgebung jedoch komplexe optische Freiformflächen oder mikrostrukturierte Oberflächen und Designs mit einer Vielzahl unterschiedlicher optischer Funktionsflächen.

In jedem Fall liefert das Optikdesign die Grundlage für das Formwerkzeug, das nicht nur das Negativ der zu pressenden Optik sein darf, sondern auch die thermischen Schrumpfungsvorgänge des Glases während der Abkühlung berücksichtigen muss. Das Fraunhofer IPT setzt hier auf ein FEM-Simulationsmodul, mit dessen Hilfe eine kompensierte Formwerkzeuggeometrie berechnet werden kann. Das Modell wurde vom Fraunhofer FEP entwickelt. Zusätzlich wird das

*** Holger Kreilkamp**
*... ist Leiter der Gruppe Optik am Fraunhofer IPT und wissenschaftlicher Autor.*

**Dr.-Ing. Olaf Dambon**
*... ist Leiter der Abteilung Feinbearbeitung und Optik am Fraunhofer IPT.*

***Bild 1:*** *Die Diamantzerspanung eines Formeinsatzes. Damit lassen sich sie die Formen in hoher Präzision bearbeiten.*

***LED-Vorsatzoptiken aus Borosilikatglas:*** *Es wird bei einer Temperatur von 800 °C umgeformt. Die Umformkraft beträgt 5 bis 15 kN.*

Formwerkzeug thermisch sowie hinsichtlich des Glasflusses während der Umformung optimiert. Nicht zuletzt müssen dabei auch die Randbedingungen der Bearbeitungsverfahren für den Formenbau berücksichtigt werden.

## Hohe Präzision bei der Diamantzerspanung

Zum nicht-isothermen Blankpressen kommen in der Regel hochlegierte Warmarbeitsstähle oder Nickelbasislegierungen als Formwerkstoffe zum Einsatz. Die Werkstoffe lassen sich anhand ultraschallunterstützter Diamantzerspanung in hoher Präzision bearbeiten. Im Vergleich zur klassischen Diamantzerspanung, die überwiegend auf Nicht-Eisen-Metalle, Kunststoffe und einige kristalline Werkstoffe begrenzt ist, wird das Werkzeug bei der ultraschallunterstützten Zerspanung zu einer einachsigen Schwingung angeregt. Durch die Schwingung und die damit hervorgerufenen Effekte, wie bessere Kühlschmierung und Unterbindung von Diffusionsvorgängen, gelingt es, auch eisenhaltige Werkstoffe, also vor allem auch die oben genannten Formwerkstoffe zu bearbeiten. So können ohne weitere Nachbearbeitung Oberflächenrauheiten von Ra <10 nm und Formgenauigkeiten von PV <1 µm erreicht werden. Durch die Wahl spezieller Bearbeitungskinematiken können so in einem Prozessschritt komplexe Oberflächen wie diffraktiv strukturierte und freigeformte, nicht-rotationssymmetrische Oberflächen in optischer Güte erzeugt werden.

Zur Abformung wird zunächst ein Glasrohling bei Raumtemperatur auf der unteren Formhälfte positioniert. Diese verfährt dann in vertikaler Richtung in einen speziellen Heiztopf, der den Glasrohling auf die notwendige Umformtemperatur erwärmt. Die erforderliche Umformtemperatur hängt stark von der verwendeten Glassorte ab und wird durch entsprechende Anpassung der Heiztopftemperatur und Verweilzeit eingestellt. Das Glas SUPRAX8488 beispielsweise, ein für Beleuchtungsanwendungen häufig verwendetes Borosilikatglas, benötigt Temperaturen von circa 800 °C, damit es sich umformen lässt. Hat der Rohling die notwendige Temperatur zum umformen erreicht, wird er zwischen den beiden Formhälften mit einer Umformkraft von 5 bis 15 kN zu einer Optik geformt. Da sich die obere Formhälfte während des Aufheizens des Glasrohlings nicht im Heiztopf befindet, muss diese über gesonderte Aufheizvorrichtungen erwärmt werden. Das kann beispielsweise mit flexiblen Heizschläuchen oder durch induktives Beheizen erfolgen. Typischerweise beträgt die Temperatur der Form etwa 400 bis 550 °C und ist damit deutlich kälter als das umzuformende Glas. Damit klärt sich der Begriff nicht-isothermes Blankpressen: Während des Umformens gibt das Glas einen Teil seiner Wärme an das Formwerkzeug ab. Das hat den Vorteil, dass die gepresste Glasoptik bereits nach etwa 10 bis 15 Sekunden entformt werden kann. Aufgrund der noch immer hohen Glastemperaturen von circa 500 °C muss die Glasoptik im Anschluss in einem externen Kühlofen über mehrere Stunden langsam bis auf Raumtemperatur abkühlen. Erst dann kann Sie ohne weitere Nachbearbeitung direkt für die LED-Beleuchtung eingesetzt werden.

## Kostengünstige und abgestimmte Glasrohlinge

Um LED-Optiken kosteneffizient durch nicht-isothermes Blankpressen fertigen zu können, müssen kostengünstige und auf die jeweilige Anwendung abgestimmte Glasrohlinge verfügbar sein.

Bereits die Geometrie der Glasrohlinge nimmt einen großen Einfluss auf das Ergebnis der Umformung. Im Besonderen auf die resultierende Genauigkeit der Optik. Daher wird die ideale Rohlingsgeometrie vorab anhand von FEM-Simulationen berechnet. Hier wird vor allem der Glasfluss analysiert und

fischer elektronik
kühlen schützen verbinden

Elektromechanik für LEDs
- Verschiedenartige LED-Kühlkörper
- Vielfältige Wärmeleitmaterialien
- LED-Steckverbinder für LED-Line Module und Leiterkarten
- Sonderlösungen und Varianten für Ihre spezielle Applikation

Mehr erfahren Sie hier:
www.fischerelektronik.de

Fischer Elektronik GmbH & Co. KG
Nottebohmstraße 28
D-58511 Lüdenscheid
Telefon +49 (0) 23 51 43 5-0
Telefax +49 (0) 23 51 4 57 54
E-mail info@fischerelektronik.de
www.facebook.com/fischerelektronik

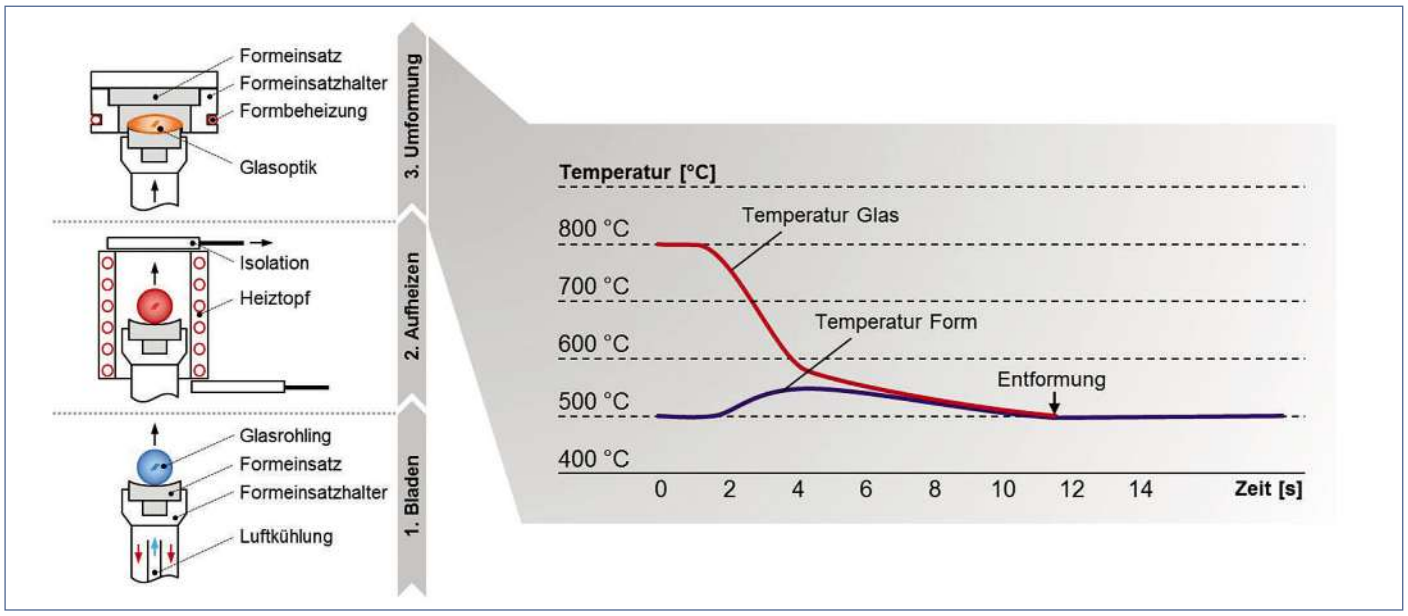



***Bild 2:*** *Der Prozessablauf beim nicht-isothermen Blankpressen.*

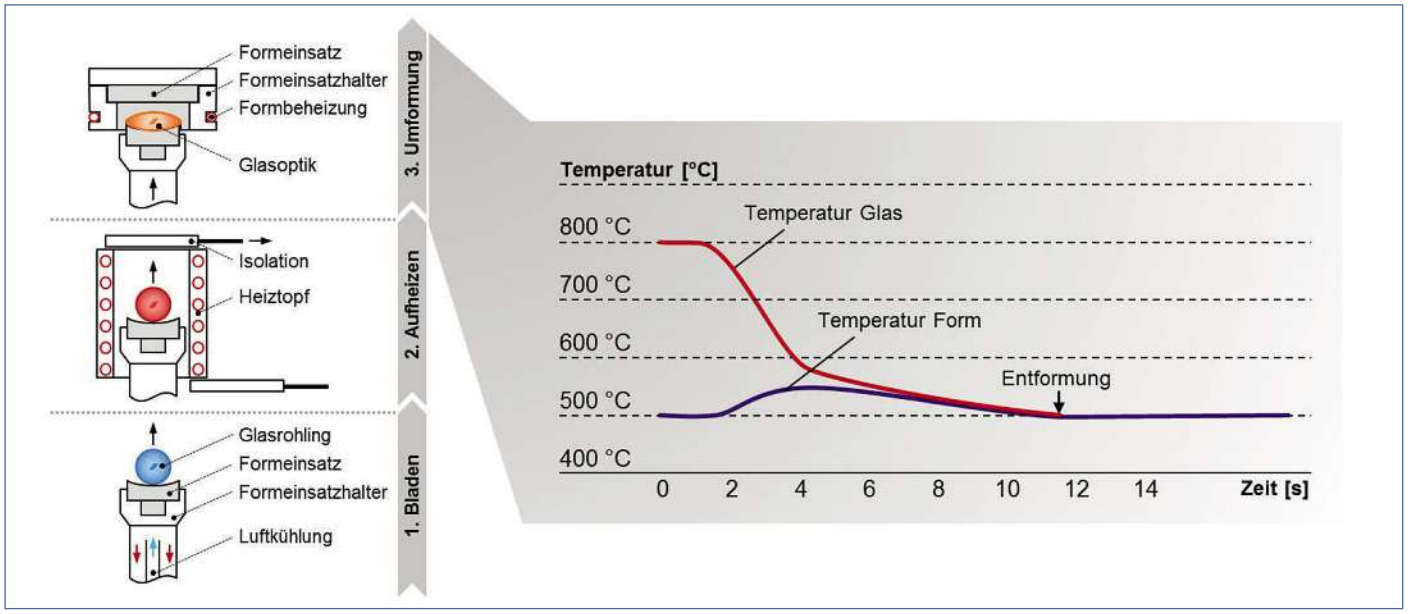



***Bild 3:*** *Mit einem eigens entwickelten FEM-Simulationsmodul lässt sich eine kompensierte Formwerkzeuggeometrie berechnen.*

die Lage der Schnittmarken optimiert. Der Glasrohling wird direkt aus der Glasschmelze hergestellt, indem ein schmelzflüssiger Glastropfen in eine Vorform gespeist und langsam abgekühlt wird. Das Volumen der Glasrohlinge kann dafür mit einer Schwankung von etwa ±1 Prozent genau an das Volumen der späteren Glasoptik angepasst werden.

## Umfassendes Wissen bei der Rohling-Produktion

Erst auf diese Weise ist es möglich, die gepressten Glasoptiken ohne jegliche Nachbearbeitung direkt einzusetzen. Die Herstellung der Rohlinge mit einem präzise abgestimmten Gewicht erfordert jedoch umfassendes Know-how, gerade wenn die Rohlinge geringe Gewichte unterhalb von 20 Gramm aufweisen. Ziel aktueller Forschungs- und Entwicklungsarbeiten ist es, die Formgenauigkeit der Optiken weiter zu verbessern. Zu diesem Zweck qualifizieren die Forscher neue Formwerkstoffe für das nichtisotherme Blankpressen. Keramische Formwerkstoffe verlängern nicht nur die Lebensdauer der Formwerkzeuge. In Kombination mit einer angepassten Prozessführung können sie auch dazu beitragen, die erzielbaren Formgenauigkeiten zu verbessern. Weitere Arbeiten zielen auf die Fertigung besonders kleiner Glasoptiken mit wenigen Millimetern Durchmesser. Erste Ansätze werden getestet, um mit kommerziell verfügbarem Flachglas Einzeloptiken in nur einem Prozessschritt zu erzeugen. Das kann die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens noch weiter verbessern und helfen, gänzlich neue Anwendungsfelder zu erschließen. Die in diesem Artikel vorgestellten Entwicklungen sind im Rahmen des EU-geförderten Projekts CENTiMO (Förderkennzeichen: 606105) entstanden. // **HEH**

**Fraunhofer IPT**
+49(0)241 89040

LED-NETZTEIL

## Konstantstrom von 350 bis 1050 mA bei weniger als 0,5 W

Das LED-Netzteil der Serie PLM-12/25 von Mean Well (Vertrieb: M+R Multitronik) ist für den Einsatz in Netzen mit einer Spannung von 230 $V_{AC}$ optimiert.

Hierzu wurde bei der PLM-12E/25E-Serie der Eingangsspannungsbereich auf 180 bis 295 $V_{AC}$ reduziert. Enthalten ist bei der LED-Serie eine aktive PFC (Leistungsfaktorkorrektur), sie startet in einer Zeit von weniger als 0,5 s und hat bei Nulllast eine Leistungsaufnahme von weniger als 0,5 W. Zudem erfüllt das LED-Netzteil alle Anforderungen der nächsten Stufe der ErP-Richtlinie 2009/125/EG (Energy-related-Products-Directive), die ab September 2016 in Kraft tritt. Die Serie gibt es in zwei Leistungsklassen mit 12 und 25 W. Beide Leistungen bieten dem Anwender wahlweise einen Konstantstromausgang von 350, 500, 700 oder 1050 mA. Die schraubenlosen Druckklemmen vereinfachen dem Elektroinstallateur den Anschluss. Ausgelegt ist der Baustein für Arbeitstemperaturen von -30 bis 50 °C beim PLM-12E und von -30 bis 45 °C für den PLM-25E.

Dank der flachen und kompakten Bauform und nicht zuletzt die Zulassungen nach Möbelnormen und ein schwerentflammbares Kunststoffgehäuse machen es möglich, dass das Netzteil für Downlights im Deckeneinbau und für Möbelbeleuchtung verwendet werden kann. Das LED-Netzteil ist nach ENEC zertifiziert und erfüllt somit die vom TÜV geforderten Normen und macht die Treiberbausteine zuverlässiger. Mit dem Schutz von IP30 lassen sich mit der Treiberlösung alle Leuchtenanwendungen im Haus abdecken.

Der Hersteller gewährt eine Garantiezeit von zwei Jahren.

**M+R Multitronik**

PROGRAMMIERBARES LED-NETZTEIL

## Mit integrierter Dimm-Funktion

Die Serien EUD-096SxxxDT/DV und EUD-150SxxxDT/DV von Inventronics (Vertrieb: MSC) sind programmierbare Konstantstrom-LED-Treiber mit Leistungen von 96 und 150 W. Die Treiberbausteine lassen sich für 0-10V, PWM- oder Zeit-Dimmen programmieren und verfügen über je sechs Konstantstrommodelle, um die volle Leistung von jeweils 96 und 150 W bei fast jedem Ausgangsstrom zwischen 450 und 3600 mA sowie zwischen 650 und 5200 mA zu liefern. Jedes Modell bietet einen vollständigen Lastwirkungsgrad von 90 bis 91 bzw. 90,5 bis 92 Prozent und eine Hilfsausgangspannung von 12 bzw. 200 mA.

**MSC Technologies**

WASSERDICHTE LED-NETZTEILE

## Eingang von 90 bis 305 $V_{AC}$

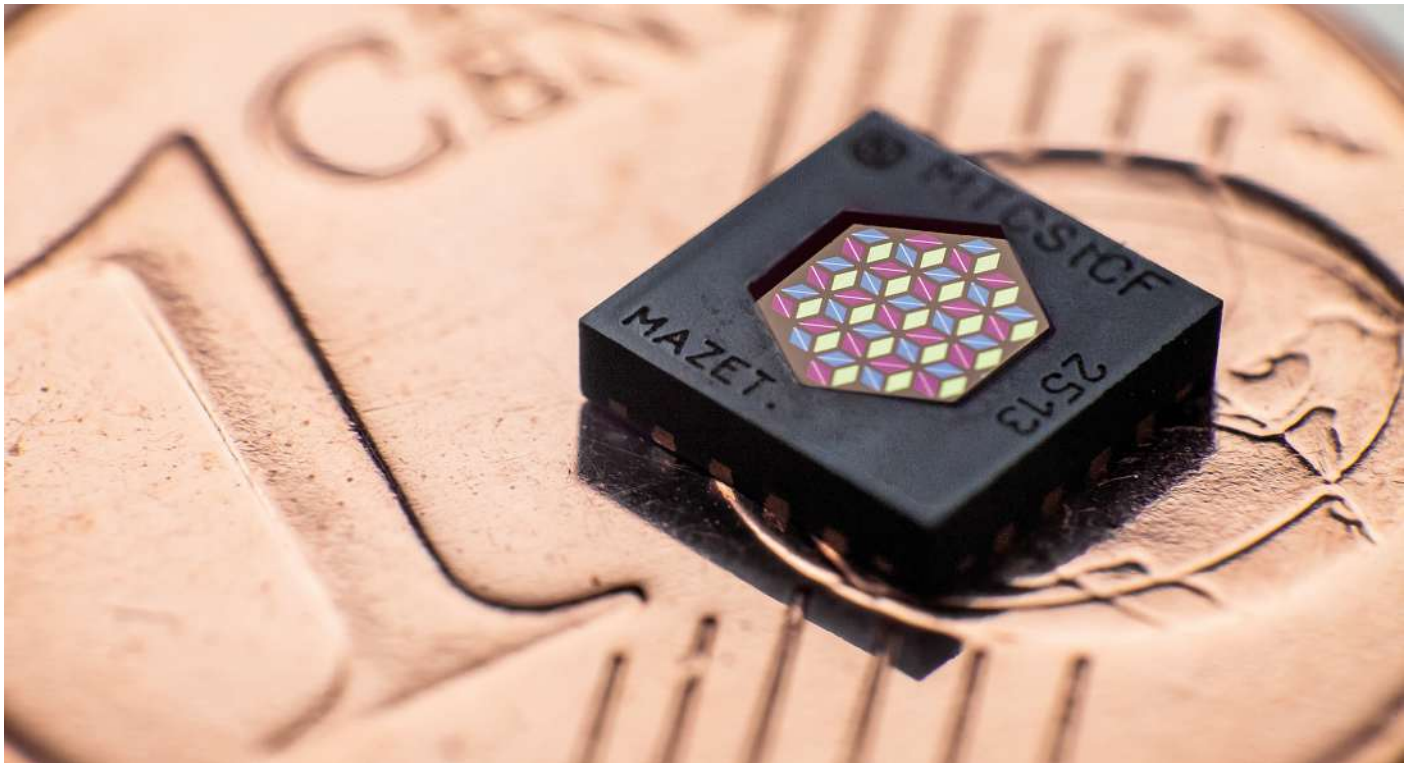
Die LED-Netzteile der Serien NPF-40(D)/60(D) und PWM-40/60 von MeanWell (Vertrieb: Schukat) bieten einen Wirkungsgrad von bis zu 90 Prozent und die Startzeit liegt bei <500 ms. Die Stromaufnahme gibt der Hersteller mit 0,5 W bei Nulllast an. Zudem verfügen die Netzteile über einen Eingangsbereich von 90 bis 305 $V_{AC}$ und einen integrierten aktiven PFC (Leistungsfaktorkorrekturfilter). Eine 3-in-1-Dimmfunktion ist in beide Modelle integriert. Die Netzteile lassen sich bei Umgebungstemperaturen von -40 bis 70 °C mit einfacher Luftkonvektion betreiben. Beide LED-Netzteile sind nach IP67 geschützt.

**Schukat**

# LED-Treiber regelt aktiv die Farben eines DLP-Projektors

*Hochstrom-LEDs eignen sich dank ihrer Helligkeit für DLP-Projektoren. Die Farben werden von Sensoren gemischt und der LED-Treiber überwacht aktiv die Farben des abgegebenen Lichts.*

JEFF GRUETTER UND KEVIN JENSEN *




***DLP-Anwendung:*** *Der True-Color-Sensor MTCSiCF im QFN16-Gehäuse ist mit einer Filterfunktion ausgestattet und auf das Farbempfinden des menschlichen Auges ausgelegt.*

Mit der LED in der Beleuchtung für Haushalt, Gewerbe und Industrie lässt sich die Leistungsaufnahme um 88 Prozent senken. Weiße LEDs ersetzen auch Kaltkathodenröhren, die bisher Flachbildschirme beleuchteten. Man kann sie lokal dimmen und so Kontrastverhältnisse von über 7 Millionen zu 1 erzielen, das ist um Größenordnungen besser als bei einem Bildschirm, der von Kaltkathodenröhren beleuchtet wird. Ein homogenes Licht zu erzeugen ist nicht einfach. Vor allem nicht dann, wenn die verwendete Steuerelektronik von verschiedenen Herstellern stammt, speziell wenn die LEDs dynamisch gesteuert werden sollen.

Früher kaufte man üblicherweise eng tolerierte, ausgesuchte LEDs. Das ist allerdings eine teure Lösung. Im Rahmen von Projekten steigert das die Kosten erheblich: Eng tolerierte LEDs sind nur begrenzt verfügbar, es stellt sich das Problem der Ersatzteilhaltung, und es kann sein, dass die gleiche Lösung kein zweites Mal reproduzierbar ist. Eine Kostenersparnis durch den Wechsel der eingesetzten LED oder des Herstellers sind kritisch, denn Farbe und Helligkeit von LEDs hängen sehr stark von dem verwendeten Herstellungsverfahren, dem Leuchtstoff, der Alterung und der Betriebstemperatur ab. Muss man in größeren LED-Installationen später eine defekte LED austauschen, steht man manchmal vor unvorhersehbaren Problemen bezüglich Lichtqualität und -homogenität, auch wenn man hochqualitative LEDs verwendet.

Die Helligkeit sinkt beispielsweise um fast 40 Prozent, wenn die Betriebstemperatur von 5 auf 70 °C steigt. Wird das Licht aus verschiedenen LEDs gemischt, verschieben sich die Farbwahrnehmung und Helligkeit. Außerdem muss der Anwender entscheiden, wie er die Lichtquelle je nach Temperatur und Druck kalibriert, um die gewünschte Lichtfarbe zu erhalten. Speziell in größeren

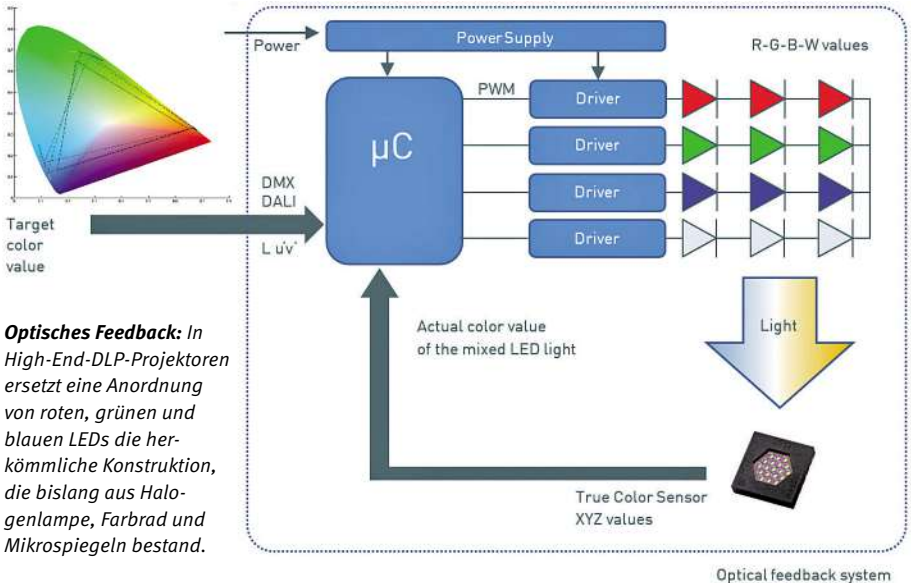
*** Jeff Gruetter**
*... ist Senior Product Marketing Engineer, Power Products bei Linear Technology.*
**Kevin Jensen**
*... ist für International Sales & Marketing bei MAZeT verantwortlich.*

Projekten mit vielen Lichtquellen ist es schwierig, die Lichtfarbe langfristig stabil zu halten. Auch der unerfahrene Betrachter erkennt Farbunterschiede und ungleiche Lichtverteilung bei Lichtpunkttoleranzniveaus von ΔE = 2,5 bis 3.

## Eine Hochstrom-LED für einen DLP-Projektor

Mit der Einführung von Hochstrom-LEDs kamen weitere Hochleistungsanwendungen in Reichweite, bei denen Glühlampen mit relativ geringem Wirkungsgrad ersetzt wurden. Das gilt beispielsweise für die Illumination von Gebäuden und für Videoprojektoren. Bisher hat man für diese Anwendungen Halogenlampen mit Leistungen von 500 bis 1000 W eingesetzt. 20-A-LEDs bieten den gleichen Lichtstrom [lm]. Für die Illumination von Gebäuden muss der LED-Treiber einen sehr guten Wirkungsgrad aufweisen und einen breiten Dimmbereich, damit der abgegebene Lichtstrom weitgehend unabhängig von den Umweltbedingungen konstant gehalten werden kann.

Hochleistungs-DLP-(Digital-Light-Processing-)Projektoren sind bisher stets mit leistungsfähigen Glühlampen gebaut worden. In Verbindung mit einem Farbrad und einer Anordnung von beweglichen Mikrospiegeln konnten sie ein recht hochauflösendes Bild projizieren. Viele der Projektoren arbeiten mit Glühlampen mit Leistungen von 500 W oder 5 kW, deswegen ist die Wärmeabfuhr bei ihnen ein zentrales Designproblem. Auch mit gutem Kühlsystem mit ständigem Luftstrom leben die Projektionslampen nur relativ kurz.




***Optisches Feedback:*** *In High-End-DLP-Projektoren ersetzt eine Anordnung von roten, grünen und blauen LEDs die herkömmliche Konstruktion, die bislang aus Halogenlampe, Farbrad und Mikrospiegeln bestand.*

Sie zu tauschen ist teuer. Neue Designs arbeiten statt mit einer leistungsstarken Glühlampe, Farbrad und Mikrospiegeln mit einer Anordnung vieler Hochstrom-RGB-LEDs. Das reduziert die Wärmeentwicklung erheblich, verbessert die Farbmischung und erhöht das Kontrastverhältnis sowie die Auflösung.

Um allerdings die gewünschte Leistung zu erreichen, braucht man ein spezielles Design des LED-Treibers. Dieser muss erstens einen Dauerstrom von 20 A und gepulste Ströme bis 40 A an die LED liefern können. Zweitens muss sein Wirkungsgrad über 90 Prozent liegen, um die Wärmeentwicklung zu minimieren. Schließlich muss er ohne Unterbrechung schnell und genau zwischen drei wohldefinierten Stromzuständen hin- und herschalten können, damit bei der Farbmischung ein breiter Dynamikbereich erreicht wird.

## Die Farben in DLP-Anwendungen mischen

In High-End-DLP-Projektoren ersetzt eine Anordnung von roten, grünen und blauen LEDs die herkömmliche Konstruktion, die bislang aus Halogenlampe, Farbrad und Mikrospiegeln bestand. Damit allerdings die Farbmischung stimmt, muss ein LED-Treiber schnell und ohne Unterbrechung zwischen zwei unterschiedlichen geregelten Spitzenströmen umschalten und darüber ein PWM-

Kingbright
Kingbright Electronic Europe GmbH
Quality Efficiency Innovation First-class service

KPG-0603 SERIE
BAUFORM 0201 - DAS KLEINSTE SMD-LED GEHÄUSE!

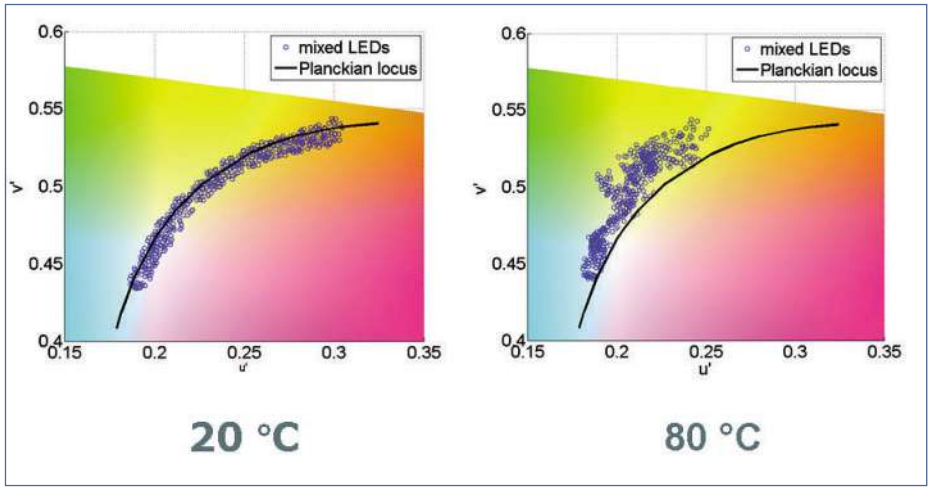
Eigenschaften:
Abmessung = 0,65 mm x 0,35 mm x 0,2 mm
Breiter Abstrahlwinkel = 135° und 145°
Hohe Helligkeit
Erhältlich in den Farben rot, orange, grün, gelb und blau

Das 0,65 mm x 0,35 mm x 0,20 mm Gehäuse eignet sich sehr gut für Mobiltelefone und portable Elektronikgeräte, Digitalkameras und Camcordern, Tastaturen, Lautsprechern, Kopfhörern und Mikrofonen, Hörgeräte und medizinischen Geräten, sowie für alle Applikationen in den die Bauform 0402 schon zu groß ist.

Kingbright Electronic Europe GmbH • Lindenau 7 / Gewerbegebiet • D-47661 Issum • ✆ +49 (28 35) 44 46-0 • www.kingbright-europe.de

Dimming legen können. Solche Systeme überwachen aktiv die Farbe des abgegebenen Lichts und regeln die LEDs mit einem Mikrocontroller auf den gewünschten Farbton ein. Dazu sendet der Mikrocontroller Steuersignale direkt an die LED-Treiber.

Die vorgestellte Lösung unterscheidet sich von der ungeregelten Option durch einen Farbsensor, der abhängig vom Lichtkonzept RGB- oder andere Farbwerte zu einem Mikrocontroller schickt, der wiederum direkt den Lichtstrom der LEDs steuert. Die Software des Mikrocontrollers vergleicht Ist- und Sollwerte und schickt ein Korrektursignal an die LED-Treiber. Dieses Verfahren funktioniert bei jeder LED-Lichtquelle, bei RGB, RGBW oder RGBx, und in verschiedenen Anwendungen. Ein weiterer Vorteil für DLP-Projektoren ist, dass man mit diesem Verfahren die Startzeit drastisch reduzieren kann, denn die Regelung kompensiert den Einfluss der Temperatur auf die Lichtfarbe.




***Farbdrifts:*** *Im Vergleich wird deutlich, dass bei steigenden Temperaturen die Farben von gemischten LEDs von der Planckschen Kurve abweichen.*

## Ein Interferenzfilter für spezielle Wellenlängen

Der MTCSiCF ist ein True-Color-Sensor-IC mit einer Filterfunktion basierend auf CIE1931/DIN5033, dem Farbempfinden des menschlichen Auges, in einem QFN16-Gehäuse. Der Sensor-IC ist stabil über die gesamte Produktlebensdauer und dank eines speziellen Interferenzfilters von MAZeT unempfindlich gegen Einflüsse wie etwa Temperaturdrift. Das Geheimnis hinter den Sensoren ist die Interferenzfiltertechnik. Die Interferenzfilter mit Mikrostapeln sorgen dafür, dass nur spezielle Wellenlängen den Detektor erreichen. Bezüglich der Wellenlänge zeigen sie keine zeitliche oder temperaturabhängige Drift. Anders als die üblicherweise in Farbsensoren eingesetzten Absorptionsfilter hängt die Interferenzfiltertechnik nicht von Filtermaterialien ab, deren Eigenschaften sich verschlechtern können.

Sie sind daher für eine langzeitstabile Kompensation und Korrektur von speziellen Farbwerten wie Farbtemperatur, Helligkeit oder Koordinaten der Farbe geeignet. Hohe Transmission, verbunden mit starker Dämpfung jenseits des 95-Prozent-Punktes, sind in anspruchsvollen Anwendungen und Umgebungen hoch genau. Die True-Colour-Sensoren können in Farbregelkreisen von LED-Systemen eingesetzt werden und erreichen eine Genauigkeit von bis zu 1 bis 2 MacAdams-Ellipsen.

Bei dem MCDC04 handelt es sich um einen vierkanaligen Analog-Digital-Wandler mit einer Auflösung von 16 Bit und I²C-Schnittstelle. Er arbeitet nach dem Ladungsbilanzverfahren und hat eine Empfindlichkeit von 20 fA/LSB bei einem Dynamikbereich von 1 zu 1 Million. Der Signalaufbereitungs-IC ist temperaturkompensiert und kann von außen über PWM synchronisieren.

## Synchron-Abwärtswandler für Hochstrom-LEDs

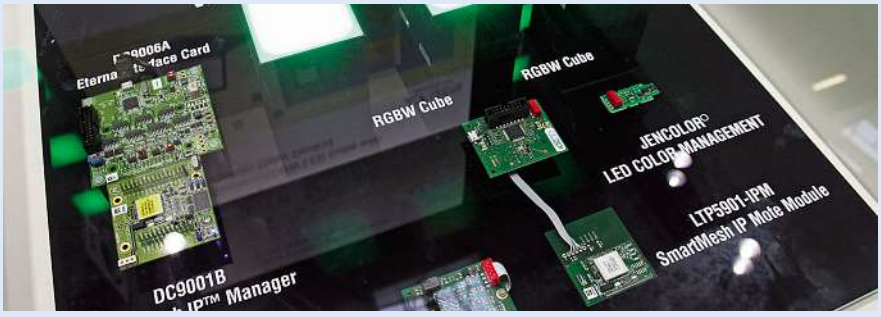
Der LT3743 ist ein Synchron-Abwärtswandler für Hochstrom-LEDs. Mit einer Eingangs-Spannung von 5,5 bis 36 V eignet sich das Bauteil für industrielle Anwendungen, in DLP-Projektoren und für die Illumination von Gebäuden. Er liefert bei einer Eingangsspannung von 12 V einen Dauerstrom von bis zu 20 A und hat eine Ausgangsleistung von mehr als 80 W.

In Anwendungen mit gepulstem LED-Strom kann die Schaltung bis zu 40-A-LED-Strom liefern oder 160 W aus einer Eingangsspannung von 12 V. Bei einem Wirkungsgrad von 95 Prozent muss auch nicht extern gekühlt werden. Über einen Pin lässt sich die Schaltfrequenz zwischen 100 kHz und 1 MHz programmieren und die Größe der extern notwendigen Bauelemente lässt sich damit ebenfalls minimieren. Der Abwärtswandler-Baustein ist in einem 4 mm x 5 mm großen QFN- oder einem TSSOP-28-Gehäuse verbaut. // **HEH**

**MAZeT**
+49(0)3641 28090

## Viele Hersteller, unterschiedliche Lichtfarben

Das Problem ist bekannt: Die Farben und Helligkeiten von LEDs unterschiedlicher Hersteller weichen ab. MAZeT bietet dafür seine RGBW-Cube an. Mit dem Spotlight-Demonstrator ist es möglich, dass die LEDs von unterschiedlichen Herstellern zusammen mit Sensoren von MAZeT problemlos das gleiche Erscheinungsbild der LED-Leuchte in Bezug auf Lichtfarbe und Helligkeit bieten. Diese bleibt zusätzlich über Temperatur und Lebensdauer stabil und kompensiert den Helligkeitsverlust infolge der Alterung. Die mit SmartMesh-Technologie vernetzten RGBW-Cubes sind mit LEDs unterschiedlicher Hersteller bestückt.



AKTIVE LED-KÜHLUNG

## Passt für verschiedene LED-Typen

Die Lebensdauer einer LED ist unmittelbar abhängig von deren Entwärmungskonzept, starke Temperaturschwankungen verkürzen die Betriebsdauer erheblich und eine wenn die zulässige Chiptemperatur überschritten wird, hat das direkten Einfluss auf die Lichtausbeute. Stranggepresste Aluminiumkühlkörper für die freie Konvektion ist bereits heute ein probates Konzept, um LEDs zu entwärmen. Die Serie LA LED 68 von Fischer Elektronik ist speziell für gewichtssensitive Anwendungen ausgelegt. Die Basis besteht aus einem wärmetechnisch optimierten Hohlkammerprofil aus Aluminium. Auf der Vorderseite lassen sich Zhaga konforme LED-Module direkt mit zusätzlichen Gewinde verschrauben. Optional besteht die Möglichkeit, mit einem Adapter, welcher in das Grundprofil eingeschraubt wird, verschiedene LED-Module unterschiedlicher Hersteller sowie deren Haltersystem auf die vorgewindete Montageplatte zu befestigen. Auf der Rückseite des Grundprofils wird ein spezieller geräuscharmer Lüftermotor in runder Ausführung integriert und befestigt, der ein doppeltes Gleitlager besitzt und in puncto Geräusch und Lebensdauer auf die LED ausgelegt ist.

**Fischer Elektronik**

LED-RETROFIT MIT PASSIVER KÜHLUNG

## Mit einem E27-Gewinde

Die LED-Leuchten des Typs Metis A55 von Aeon Lighting Technology sind mit einem E27-Gewinde ausgestattet und im Programm von Kruse Lighting Solutions. Das Modell bietet eine Alternative zu herkömmlichen 60-Watt-Glühllampen. Die anfallende Wärme wird über die Kühlrippen abgeführt und der Abstrahlwinkel reicht von 180 bis 270 Grad. Verfügbar sind die LED-Leuchten in den Farbtemperaturen neutral, rein oder warmweiss. Die entstehende Wärme ist jedoch ein wichtigerer Faktor als bei herkömmlichen Leuchten, da Lichtausbeute und Lebensdauer des LED-Chips maßgeblich durch die Temperatur beeinflusst wird.

Deshalb ist ein wesentlicher Vorteil der A55 die Wärmeableitung, um die Lebensdauer der LED-Retrofit zu erhöhen. Damit die Abwärme der LED bestmöglich abgeleitet wird, setzt der Hersteller auf reines Aluminium mit hoher Dichte und damit sehr guter Wärmeleitfähigkeit. Das wird unterstützt durch die spezielle Konstruktionsweise: Eine Rippen-Technik lässt möglichst viel Luftraum in der LED-Lampe und führt so die anfallende Wärme ab. Gleichzeitig erhöht sich dadurch die Stabilität der LED-Lampe.

**Kruse Lighting Solutions**

Wir sind spezialisiert auf kundenspezifische Kühlkörper und verfügen über eine große Auswahl an verschiedenen Fertigungstechnologien um Ihre LED optimal kühlen zu können.

Durch die langjährige Erfahrung und den Einsatz moderner Entwicklungswerkzeuge wie Simulationssoftware und Thermografie sind wir in der Lage, schnell und flexibel Ihre Lösungen zu liefern.

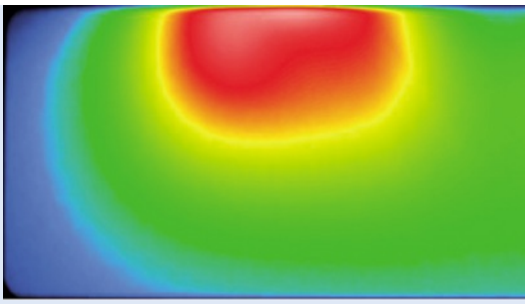
**Weitere Produkte wie z. B. Hochleistungskühlkörper zeigen wir Ihnen auf den:**

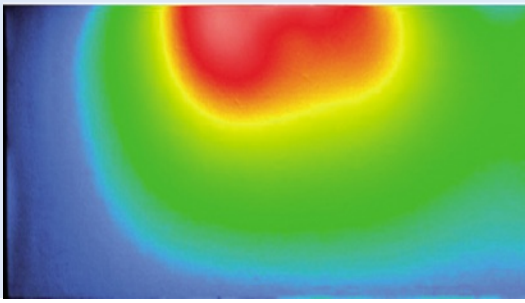
COOLING DAYS
21. Oktober 2015 in Würzburg

www.ekl-ag.de

***Freiformoptik:*** *In der Kennzeichenleuchte von Mentor verteilt das Licht normgerecht.*

Bilder: Mentor





# Mit Lichtleitern das volle Potenzial der LED ausschöpfen

***Mit einem entsprechend konstruierten Lichtleiter für die LED lassen sich ganz individuelle Beleuchtungen erschaffen. Wir schauen uns die Grundlagen an und zeigen verschiedene Beispiele.***

SEBASTIAN WETTE *

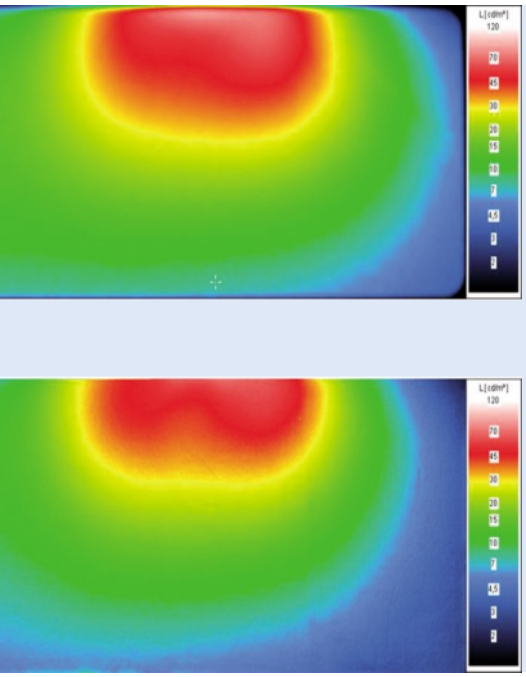
Kunststofflichtleiter spielen eine immer wichtigere Rolle in den unterschiedlichsten Anwendungen. Und mit Blick auf den Designaspekt steigen auch die Anforderungen an den Lichtleiter aus Kunststoff. Unterstützt von Ray-Tracing-Software lassen sich unterschiedliche Kundenwünsche realisieren. Es gibt kaum noch ein Gebrauchsgut, welches nicht mit LED-Technik versehen ist. Das beginnt bei einem einfachen Lichtleiter für eine Indikationsanzeige im Frontplatteneinbaubereich und endet bei komplexen Ambientbeleuchtung-Szenarien im Auto. Mit steigender Marktdurchdringung der LED für Beleuchtungsanwendungen stellen sich auch an das gewünschte Lichtbild und der damit verbundenen Konstruktion des lichtleitenden Kunststoffbauteils neue Herausforderungen.

*** Sebastian Wette**
*... ist Experte für Lichttechnik und optische Techniken bei MENTOR Präzisions-Bauteile und entwickelt lichttechnische Produkte.*

## Die Anforderungen an einem Lichtleiter

Gleichzeitig erhöhten sich auch die Anforderungen in Bezug auf Präzision und Formtreue im Werkzeugbau und dem Spritzgussprozess. In der Praxis stehen dabei oft die gegebenen Bauraumbedingungen im Gegensatz zu den Bedingungen für eine optimale Beleuchtung, wodurch der Anspruch an das Design und die Spritzteileigenschaften für das bestmögliche Ergebnis extrem ansteigen. In unserem Text erläutern wir die aktuellen Anforderungen an einen Lichtleiter und die damit verbundenen Konsequenzen hinsichtlich Konstruktion und optischem Design sowie den damit erforderlichen Werkzeugbau.

Verantwortlich für die Lichtleitung innerhalb von transparenten Kunststoffen ist das snelliussche Brechungsgesetz. Es besagt, dass ein Lichtstrahl beim Übergang von einem Medium in ein anderes gebrochen wird und somit seine Richtung ändert. Der Sachverhalt wird durch die folgende Formel ausgedrückt $n_1 \times \sin\alpha_1 = n_2 \times \sin\alpha_2$, wobei n die Brechzahl des Mediums angibt und $\alpha$ den Brechungswinkel relativ zur Flächensenkrechten. Das Brechungsgesetz ist nicht nur dafür verantwortlich, dass eine Richtungsablenkung von Lichtstrahlen von einem Medium ins nächste auftritt, sondern auch dafür, dass Licht unterhalb eines bestimmten Eintrittswinkel vom Kunststoff zur Luft hin reflektiert wird und nicht in die Luft überge-



***Lichtverteilung:*** *Das obere Bild zeigt die vorab simulierten Ergebnisse. Das untere Bild zeigt die reale Verteilung der Leuchtdichte auf einem Nummernschild gemessen mit der Leuchtdichtekamera. Die Werte sind in Falschfarbendarstellung gezeigt.*

hen kann. Ob ein Lichtstrahl transmittiert oder reflektiert wird hängt zum einen vom Einfallswinkel zum anderen vom verwendeten Kunststoff und dessen Brechungsindex $n_K$ ab. Der Grenzwinkel $\alpha$, unter dem alle einfallenden Strahlen reflektiert werden, lässt sich nach folgender Formel berechnen:

$$\alpha \leq \arcsin\frac{n_{Luft}}{n_K}$$

wobei $\alpha$ den Winkel zwischen Flächensenkrechter und einfallendem Strahl definiert. Der Brechungsindex n ist eine materialabhängige Größe, die je nach Wellenlänge des Lichtes variieren kann. Die Variation der Brechzahl wird auch Dispersion genannt. Neben der Dispersion tritt auch der Effekt der Absorption innerhalb des Lichtleiters auf. Zwar mag auf den ersten Blick ein transparenter Kunststoff durchsichtig, also nicht absorbierend wirken, bei genauerer Betrachtung gibt es eine partielle wellenlängenabhängige Absorption, die je nach Wegstrecke im Kunststoff variiert. Werden die physikalischen Effekte berücksichtigt, können computergestützte vereinfachte virtuelle Modelle aufgebaut werden, die ein fast gänzliches Bild der Realität abbilden. Damit ist es möglich, Vorhersagen über das resultierende Lichtbild zu machen, welches sich aus LED und Lichtleiter zusammensetzt.

Um das Verhalten von Lichtstrahlen vorauszusagen, werden zunächst verschiedenste Parameter der Lichtquelle definiert. Darunter fallen unter anderem das emittierte Spektrum, der Lichtstrom und die winkelabhängige Intensität. Zur vollständigen Beschreibung von Lichtquellen fehlen noch einige Parameter, die wir im Moment vernachlässigen wollen. Im nächsten Schritt wird der verfügbare Bauraum analysiert. Hierbei steht das Beleuchtungsziel im Fokus und wie es sich mit einem Lichtleiter umsetzen lässt. Zunächst muss der optimale Transport des Lichtes von Ort A der LED zu Ort B der gewünschten Leuchtfläche gewährleistet werden. Dazu sind geeignete Geometrien für den Lichtleiter zu wählen, damit die Lichtstrahlen eine Vorzugsrichtung aufweisen und somit durch den Kunststoff optimal transportiert werden.

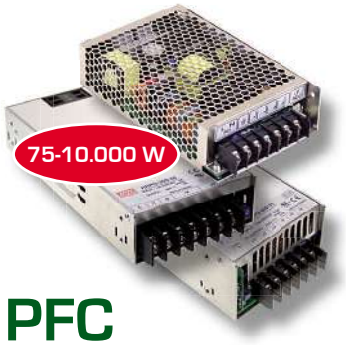
## Die Lichtleiter simulieren und optimieren

Nachdem die Form festgelegt wurde, wird der Lichtleiter mit entsprechenden Strukturen innerhalb des Lichtleiters optimiert. Hierbei können die gewollten Störstellen in den Lichtleiter eintauchen oder hervorstehen, je nach Ziel der Ausleuchtung und der Realisierbarkeit im Werkzeug. Für die Optimierung müssen die geometrischen Rahmenparameter, die Zielleuchtfläche und je nach SituatioVariablen definiert werden. Als Grundlage für die Optimierung einer Beleuchtungsstärkeverteilung werden die Strahlen der Leuchtquelle mit dem Monte-Carlo-Ray-Tracing-Verfahren simuliert. Hierbei werden zufällig verteilte Lichtstrahlen mit einer gewissen Wellenlänge und Richtung erzeugt und die Ausbreitung im Kunststoff berechnet und nachverfolgt. Für eine

EMTRON
A FORTEC GROUP MEMBER

LED Netzteile

DIN
Hutschienen-
netzteile




PFC
Schaltnetzteile

Jetzt die aktuellen
Kataloge anfordern

www.emtron.de

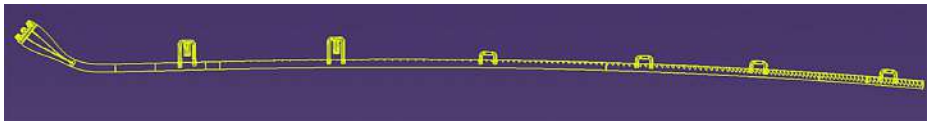
aussagekräftige Simulation müssen je nach Anwendung mehrere Millionen Strahlen simuliert und auf einem virtuellen Sensor nachverfolgt werden. Auf Grundlage der Beleuchtungsstärkeverteilung (physikalische Größe) auf dem Sensor werden dann die variablen Parameter der Störstellen angepasst, um die Verteilung durch einen Optimierungsalgorithmus zu verbessern. Ziel ist es, der gewünschten Beleuchtungsstärkeverteilung mit jedem Berechnungsschritt näher zu kommen.

Am Ende der Optimierungen und Simulationen soll ein Ergebnis erreicht werden, das den Anforderungen und der Realität entspricht. Das impliziert, dass das Ergebnis als Leuchtdichteverteilung aufgezeigt werden muss, da das menschliche Auge nur die genannte physikalische Größe wahrnehmen kann. Die Leuchtdichte ist anders als die Beleuchtungsstärke winkelabhängig. Da dieses realitätsnah, also dem menschlichen Sehen entsprechend nachgebildet werden muss, steigen die Anforderungen in diesem Schritt an das Ray-Tracing-Verfahren weiter. Daher muss als finale Nachbildung meist eine Simulation mit Milliarden virtuellen Strahlen durchgeführt werden, um der Realität möglichst nahe zu kommen. Untersuchungen zeigen, dass die virtuellen Modelle sehr nahe an die Realität heran kommen, wenn alle Parameter des Bauraumes berücksichtigt werden.

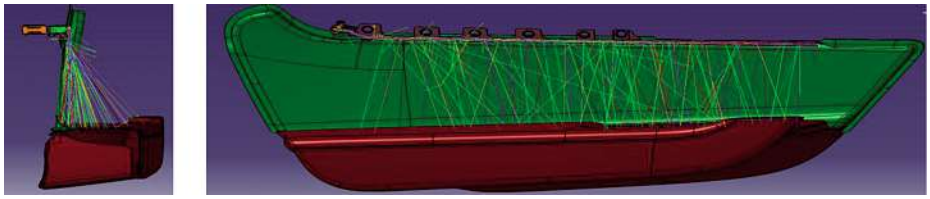
## Virtuelle Modelle werden in die Realität überführt

Maßgeblich für den Erfolg eines Spritzteils ist es, die virtuellen Modelle in den Werkzeugbau und den nachfolgenden Spritzprozess zu überführen. Grundsätzlich gilt dabei, dass eine steigende Qualität des Lichtbildes zu steigenden Kosten im Werkzeugbau führt. Daher muss gemeinsam mit dem Kunden ein Kompromiss zwischen Anforderungen des Lichtbildes und den korrespondierenden Werkzeugkosten erreicht werden. Mit der Erfahrung aus vielen Projekten können spezialisierte Hersteller wie Mentor mit der virtuellen Simulationen Werkzeugalternativen für unterschiedlichen Oberflächengüten aufzeigen. Für das Spritzgusswerkzeug muss ein geeignetes Verfahren gewählt werden, um den Lichtleiter anzuspritzen und mit einem transparenten Kunststoff zu füllen. Hier sollte unbedingt vermieden werden, dass ungewollte Störstellen in Form des Anspritzpunktes auftreten. Der Anspritzpunkt sollte möglichst nicht auf einer optischen Funktionsfläche platziert sein.

Wie ein virtuelles Modell in einen realen Aufbau überführt wird, zeigt das Beispiel der Kennzeichenleuchte (Seite 26 und 27) von Mentor. Die Parameter der Umgebung und des Systems wurden optimal erfasst. Das macht ein Vergleich zwischen realer Leuchtdichteverteilung gemessen mit einer Leuchtdichtekamera und dazugehöriger Simulation deutlich. Zusätzlich wurde beim Design der Leuchte die Regelung für die verschiedenen Automobilmärkte berücksichtigt, wodurch sich die Leuchte weltweit einsetzten lässt. Ein weiteres Beispiel aus der Automobilbranche ist die Ambientebeleuchtung. Dazu wurde ein Lichtleiter konstruiert, der die Türinnenverkleidung bestrahlt. In den Lichtleiter eingebrachte Mikroprismen erzielen die gewünschte Leuchtdichteverteilung. Ein weiteres Beispiel aus der Industrie ist das Ice-Light von Busch-Jäger, das es in zwei Varianten gibt. Die erste Variante richtet das Licht von vier LEDs in Richtung Boden mit einem aluminiumbedampften Reflektor, der das ankommende Licht auf ein diffuses Austrittsfenster fokussiert und somit eine definierte Abstrahlcharakteristik erzeugt. Die zweite Version lenkt das Licht über eine refraktive Optik in alle vier Richtungen um 90° herum (Bilder im Online-Beitrag).



***3-D-Modell:*** *Ein Lichtleiter im Auto mit integrierten Mikroprismen für die Stofffeldbeleuchtung in einer Tür.*



***Lichtsiimulation:*** *Eine schematische Darstellung der virtuellen Lichtstrahlen für die Stofffeldbeleuchtung.*

***In der Praxis:*** *Die reale Beleuchtungssituation mit dem gezeigten Lichtleiter. (Bild: Audi)*

## Nur die LED in der Beleuchtung reicht nicht mehr aus

Mit hochqualitativem Licht lassen sich bei individuellen Produkten entscheidende Akzente setzen. Und dieser Trend wird sich bei bestimmten Produktgruppen weiter fortsetzen. Die Beispiele der Interieursbeleuchtung zeigen, wohin die Entwicklung geht. Allein die LED reicht nicht aus, um aktuellen Designansprüchen gerecht zu werden. Die Kombination von LED und professionell entwickeltem LIchtleiter ermöglicht es aber, ein individuelles Produkt zu erschaffen. // **HEH**

**Mentor Präzisions-Bauteile**
+49(0)211 200020

HEADLIGHT LED

## Gleichmäßig ausgeleuchtet

Für wissenschaftliche und handwerkliche Berufe hat Eschenbach Optik eine Headlight LED entwickelt. Er kombiniert zwei Hochleistungs-SMD-LEDs mit einer lichtbündelnden CPC-(Compound-Parabolic-Concentrator-)Optik. Es wird eine nahezu konstante Beleuchtungsstärke für bis zu acht Stunden im Normalmodus und 14 Stunden im Eco-Modus garantiert.

Die Beleuchtungsstärke beträgt 3200 Lux in 250 mm oder 1200 Lux in 400 mm. Ein Vorteil des LED-Strahlers ist, dass das Licht vertikal in die jeweils gewünschte Position schwenkbar ist. Durch die Lichtfokussierung eignet sich Headlight LED für eine punktgenaue Ausleuchtung. Der LED-Strahler lässt sich separat nutzen. So lässt er sich mit einem Clip einfach an der Lesebrille befestigen und von Nicht-Brillenträgern kann er mit einem Tragesystem verwendet werden. Über ein kompaktes Batteriegehäuse mit entsprechender Kabelführung wird die Leuchte mit Energie versorgt. Einsatz findet die LED-Leuchte beispielsweise in der Zahnmedizin, in der Elektronikbranche oder im Uhrmacherhandwerk. Ein Hartschaumetui ist im Lieferumfang enthalten. Der Preis liegt bei 118 Euro.

**Eschenbach**

ERSATZ FÜR HALOGEN-LEUCHTEN

## Lichtstrom von 3500 Lumen

Die TrueWhite-LEDs von Cree verfügen über eine Lichtaustrittsfläche von 19 mm und eine Lichtausbeute von 140 Lumen je Watt. Damit kann der amerikanische LED-Spezialist die ersten LED-Arrays präsentieren, die einen Lichtstrom von 3500 Lumen bei einer kleinen Lichtaustrittsfläche von 19 mm erreichen. Außerdem erreichen die LED einen Farbwiedergabeindex (CRI) von über 90. Die Leistungsaufnahme soll bei 33 W liegen. Im Gegensatz zu anderen Lösungen erlaubt es diese Technik, Leuchtenherstellern LED-Spots zu entwickeln, ohne Abstriche bei Farbqualität, Lichtausbeute, Effizienz, Haltbarkeit oder Größe hinnehmen zu müssen. Nach Herstellerangaben bieten die TrueWhite LEDs alle Vorteile der Keramik-Halogenmetalldampflampen ohne allerdings deren Nachteile. Die Anforderungen an die Wärmeableitung sind nach Ansicht von Cree höher als bei herkömmlichen TrueWhite LEDs, aber mit passiven Kühlkörpern lässt sich das gut beherrschen.

Einsatz sollen die LED beispielsweise im Einzelhandel, in der Gastronomie und im Gesundheitswesen finden.

**Cree**

Neue AC Technologie macht Stromversorgungen überflüssig!

**Die Technische Lösung:** 230 V AC wird gleichgerichtet und ohne Glättung dem IC Direkt-treiber zugeführt. Dieser taktet mit 100 – 120 Hz und treibt die LED mit konstantem Strom mit einer Spannung von 60 – 70 V DC.

- Dimmbar – alle LED werden gleichmäßig gedimmt
- Sicherung, Varistor, NTC integriert
- Für AC oder DC Betrieb geeignet
- CRI ab 80 bis > 90, TFC > 98
- Leistungsbereich 1 W bis > 150 W
- Standardmodule und kundenspezifische Lösungen (rund, quadratisch u. Streifen)
- DALI Anschluss möglich
- Zhaga Modul bis 35 W

Bitte sofort 2-teiligen Katalog anfordern!

euroLighting 72202 Nagold · Tel.: 07452 6007-16 · www.eurolighting-gmbh.eu

ELEKTRONIK PRAXIS
elektronikpraxis.de/newsletter

LIQUID CRYSTALS
als Folien und Thermometer
www.celsi.com
Kostenlose Muster auf Anfrage an celsi@spirig.com
SPIRIG

GL TEC CONTROLLER
Wärmeregulierung bei LED-Messungen

**Stabilisieren. Simulieren. Messen. Auswerten.**

- stellt stabile Temperaturbedingungen her
- simuliert Betriebstemperaturen von LEDs
- entspricht dem aktuellen CIE Standard 025 / E:2015

GL OPTIC Light measurement solutions www.gloptic.com

# Wie Sie eine LED-Beleuchtung vor Überspannung schützen

*Mit der entsprechenden Hardware lassen sich Straßenleuchten mit LED vor Überspannungen schützen. Denn im Vergleich zu konventioneller Beleuchtung wäre eine Reparatur wesentlich teurer.*

ANDREAS SCHAMBER *

***Schutz vor Überspannungen:*** *Die Überspannungsableiter Typ 2 schützen Straßenleuchten mit LED vor zerstörerischen Spannungsspitzen.*

Bilder: Phoenix Contact

LEDs im privaten und gewerblichen Umfeld haben sich in großen Teilen etabliert. Wer Schäden vermeiden und seine Investitionen sichern möchte, kommt allerdings an einen umfassenden Überspannungsschutz nicht vorbei. Dank der LED-Bausteine sind die Leuchten zudem deutlich kompakter geworden, und dank der Sensoren lassen sich die Leuchten dimmen und an die Bedürfnisse der Nutzer anpassen. Allerdings ist LED-Beleuchtung im Vergleich zu konventioneller Beleuchtung empfindlicher gegen Überspannungen. Eine Zerstörung der sensiblen Vorschaltgeräte sowie der LED-Module selbst durch Überspannungen mindert den Spareffekt – auch weil die Kosten für die Widerbeschaffung der Betriebsmittel viel höher sind als bei konventioneller Leuchttechnik.

## Sorgfältige Wahl der elektrischen Komponenten

Soll eine LED-Leuchte über viele Jahre sicher und effizient betrieben werden, müssen für die Elektroinstallation alle Komponenten sorgfältig ausgewählt werden. Für alle Arten der Beleuchtung wie Innen-, Außen-, Tunnel- und Objektbeleuchtung empfiehlt sich ein fachgerechter Blitzstrom- und Überspannungsschutz. Geeignete Schutzgeräte erhöhen die Lebensdauer der LED-Technik und tragen zur Personen- und Anlagensicherheit bei.

Außerdem werden dadurch Wartungseinsätze reduziert und Reparaturkosten verringert. Um die teuren Komponenten vor dem frühzeitigen Ausfall bewahren zu können, hat Phoenix Contact spezielle Blitzstrom- und Überspannungsableiter für ein abgestimmtes Schutzkonzept entwickelt. Am Beispiel der Straßenbeleuchtung mit LED lassen sich für Überspannungen verschiedene Ursachen identifizieren:

- direkte Blitzeinschläge in die Leuchte, in die Versorgungsleitung oder in die Peripherie der Straßenbeleuchtung
- indirekte Blitzeinwirkungen aufgrund kapazitiver oder induktiver Einkopplung in die Versorgungsleitung
- Schalthandlungen als Folge von Erd- oder Kurzschlüssen sowie als Folge vom Auslösen von Sicherungen

Ob es dabei zu Teil- oder Komplettausfällen kommt, hängt von der Energiedichte des Stromimpulses und von der Überspannungsempfindlichkeit der Komponenten ab. Zudem können funktionsfähige LED-Leuchten durch ein Überspannungsereignis vorgeschädigt werden, was die Lebensdauer der Leuchte reduziert. Blitzeinschläge in der Umgebung der Leuchte können in den Leitungen Spannungen bis zu mehreren 10.000 V erzeugen. Schlägt beispielsweise ein Blitz in ein Gebäude ein, das über einen äußeren Blitzschutz verfügt, oder auch in einen Baum in der Umgebung, so entsteht ein Spannungstrichter, und das Erdpotenzial steigt auf mehrere tausend Volt an. Höhe und Intensität der Überspannungen hängen wiederum von der Blitzstärke und vom Bodeninnenwiderstand ab. Wenn die Isolationsfestigkeit der Komponenten überschritten wird, wird die Isolation an der schwächsten Stelle überschlagen. Elektronisches Gerät, LED-Modul, Versorgungsleitung oder Kabelübergangskasten werden beschädigt oder zerstört. Bei Isolationsfehlern besteht immer Gefahr für Leib

*** Andreas Schamber**
*... ist Produktmanager Power Protection bei Phoenix Contact in Blomberg.*

und Leben, und im ungünstigen Fall kann es beim Berühren metallischer Teile, etwa beim Leuchtenmast, zum Stromschlag kommen

## Umfassendes Blitzstrom- und Überspannungsschutzkonzept

Auch durch kapazitive oder induktive Einkopplung in der Versorgungsleitung können Überspannungen entstehen. Dafür verantwortlich ist der fließende Blitzstrom zur Erde. So erzeugt beispielsweise der Stromfluss in den Ableitungen vom äußeren Blitzschutzsystem ein elektromagnetisches Feld um sich herum, das wiederum Überspannungen in die parallel verlaufende Versorgungsleitung induziert. Auch bei einem direkten Blitzeinschlag in den Baum ist mit ähnlichen Effekten zu rechnen. Auch hier kann unter ungünstigen Umständen die Straßenbeleuchtung komplett ausfallen. Ein umfassendes Blitzstrom- und Überspannungsschutzkonzept schützt auch in diesem Fall die LED-Leuchten vor Überspannungen und erhöht gleichzeitig die Verfügbarkeit der Verkehrs-Infrastruktur.

Ein mehrstufiges Überspannungsschutz-Konzept für ein Straßenbeleuchtungssystem auf LED-Basis konzentriert sich auf drei Installationsorte: direkt in der LED-Leuchte, im Kabelübergangskasten am Mastfuß sowie in den Kabelverteilern der Einspeisung. Durch die Integration eines Überspannungsschutzgerätes des Typs 2 in die Leuchte sind die elektronischen Komponenten direkt in der Leuchte vor Überspannungen durch Blitzeinschlag aus der Umgebung geschützt. Dabei hat der Leuchtenhersteller direkten Einfluss auf die Positionierung der aufeinander abgestimmten Komponenten. Außerdem ist zu beachten, dass der Schutzleiter in einer LED-Leuchte der Schutzklasse II mit doppelter oder verstärkter Isolierung nicht angeschlossen werden darf. Denn zu diesem Zweck gibt es geeignete Überspannungsschutzgeräte zwischen Phase (L) und Neutralleiter (N). Die aktuelle Produktnorm für Leuchten IEC 60598-1, die für die Schutzklassen I und II gilt, besagt, dass bei ortsfesten Leuchten der Schutzklasse II die Überspannungsschutzgeräte nicht gegen Erde oder gegen das metallische Leuchtengehäuse geschaltet werden dürfen. In Leuchten der Schutzklasse I dürfen dagegen Überspannungsschutzgeräte gemäß IEC / EN 61643-11 installiert werden.

Auch der Kabelübergangskasten eignet sich zur Installation des Überspannungsschutzgerätes. Der Vorteil gegenüber einer Installation in der Leuchte liegt darin, dass der Schutzleiter in den Kabelübergangskasten mit eingeführt ist. So kann der Schutzleiter für die Beschaltung gegen Erde auch für LED-Leuchten der Schutzklasse II verwendet werden. Damit besteht ein wirksamer Schutz gegen transiente Überspannungen. Vorteilhaft ist dann der bequeme Zugang bei der Inspektionen oder Nachrüstung. Gerade das Nachrüsten eines geeigneten Überspannungsschutzes wird aus Kosten- und Zeitgründen gern vernachlässigt.

## Schutzgeräte in bestehende Installationen integrieren

Für beide Installationsorte eignen sich die Überspannungsschutzableiter aus der Produktfamilie Blocktrab von Phoenix Contact. Dank ihrer Bauform lassen sich die Schutz-

***Bild 1:*** *Die Straßenbeleuchtung ist durch Blitze und Potenzialanhebung bei einem Blitz-Naheinschlag in Gebäude gefährdet. Dabei entsteht eine Überspannung durch induktive Einkopplung.*

SEPA GmbH EUROPE
25 Jahre 1990-2015
Lüfter
• extrem langlebig
• außerordentlich zuverlässig
• optimale Lösungen

& Zubehör

Hier aktuellen Katalog anfordern:
Tel. +49(0)7634/5 94 59-0
Mail: info@sepa-europe.com
SEPA-EUROPE.COM

geräte in die bestehende Installation integrieren. Außerdem bieten sie dem Anwender eine hohe Flexibilität bei der Verdrahtung. Das gilt nicht nur für die Schraubklemme mit ihrem breiten Anschlussbereich von 0,2 bis 4 mm², sondern auch in Bezug auf unterschiedliche Verdrahtungsarten: für die serielle V-Verdrahtung genauso wie für die parallele Stich-Verdrahtung. Damit können die Leuchtenhersteller und Installateure bei Neuinstallation und Nachrüstung von Leuchten uneingeschränkt auf Kabellängen, -querschnitte und -farben zugreifen.

## Verstärkte Isolierung und geerdete Systeme

Durch die verstärkte Isolierung ist der Einsatz der Schutzgeräte in LED-Anwendungen der Schutzklasse II ohne weiteres möglich. Für geerdete Systeme steht ein Schutzgerät mit Schutzleiter-Anschluss zur Verfügung. Der Zustand der Schutzgeräte wird direkt am Gerät signalisiert, und über den sogenannten L'-Anschluss kann die Signalisierung an die Lampe übertragen werden. Hat die Abtrennvorrichtung des Überspannungsschutzes aufgrund einer Überlastung ausgelöst, wird die Leuchte ebenfalls abgeschaltet. Damit wird die routinemäßige Überprüfung der Überspannungsschutzgeräte erheblich erleichtert.

Die Schutzgeräte sind mit einem niedrigeren Schutzpegel (L-N) <1,3 kV für typische LED-Anwendungen ausgelegt. Denn die Schutzwirkung ist nur dann gegeben, wenn der Schutzpegel des Überspannungsschutzgerätes unterhalb der Stoßspannungsfestigkeit der Leuchtmittel und des LED-Treibers liegt. Außerdem wurden die Überspannungsschutzgeräte aus der Blocktrab-Familie von der Dekra auf Qualität und Sicherheit überprüft und nach der aktuellen IEC/EN 61643-11 durch die Kema-Zulassung zertifiziert. Zudem ist die LED-Leuchte nach Enec (European Norms Electrical Certification) zertifiziert. Für den Schutz in den Stromkreisverteilern sind Kombi-Ableiter aus Typ 1 und Typ 2 zu empfehlen, da die Ableiter vor direkten Blitzeinschlägen und transienter Überspannung schützen, die durch indirekte Auswirkungen eines Blitzes oder durch Schalthandlungen entstehen. Damit sind alle speisenden LED-Leuchten gegen direkte und indirekte Blitzbeeinflussungen aus dem Verteilnetz geschützt. // **HEH**

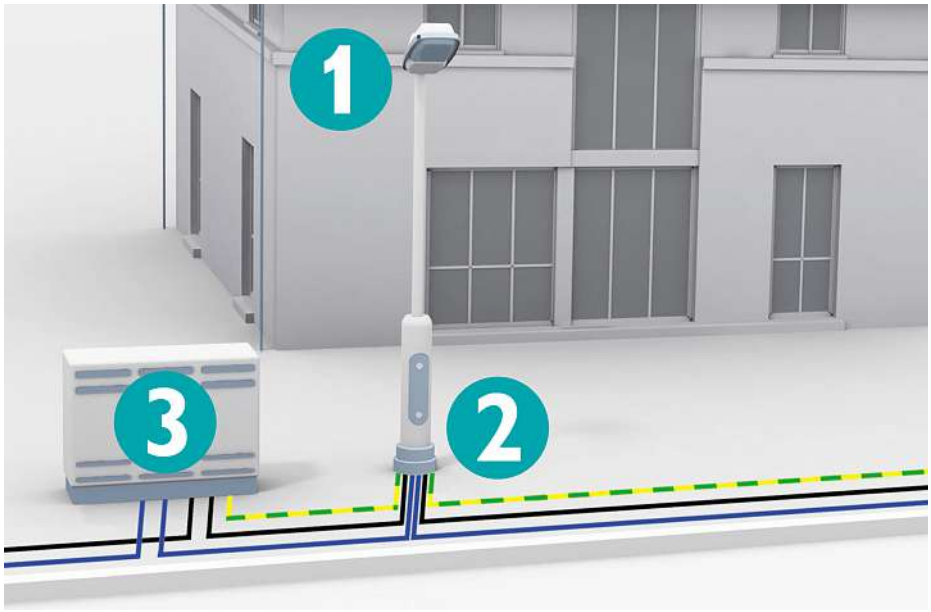



***Bild 2:*** *Mögliche Einsatzorte für den umfassenden Überspannungsschutz in der Straßenbeleuchtung sind direkt in der LED-Leuchte (1), im Kabelübergangskasten am Mastfuß (2) sowie in den Kabelverteilern der Einspeisung (3).*

**Phoenix Contact**
+49(0)5235 312000

# Ein Überspannungsschutz bei LED-Leuchten

Blitzeinschläge und deren Folgen sind nicht vorhersehbar. Sie sind allerdings mit geeigneten Schutzkomponenten beherrschbar.

Durch die Fortschritte der Leuchten-Industrie hat in den letzten Jahren große Fortschritte gemacht – und dabei besonders auf energieeffiziente LED-Technik gesetzt. Weil die Technik empfindlicher gegen Überspannungen ist als konventionelle Beleuchtungstechnik, kommen hier spezifische Schutzmechanismen zum Tragen. So ist ein geeignetes Schutzkonzept für die empfindliche LED-Beleuchtung ein wichtiger Faktor, wenn es darum geht, die Lebensdauer der LED-Leuchten zu erhöhen und die Investitionen in die neue Technik langfristig zu sichern. Phoenix Contact bietet dazu zwei Überspannungsableiter Typ 2 für eine universelle Montage an. Ein Modell für die Isolationsschutzklasse II und ein weiteres Modell für Isolationsschutzklasse I. Beide sind mit optischen Defektanzeige ausgestattet und für 230 $V_{AC}$ geeignet. Die Überspannungsschutzgeräte können sowohl im Anschaltkasten im Mast als auch direkt in der Leuchte vor dem Vorschaltgerät installiert werden.

Der Einsatz in LED-Anwendungen der Schutzklasse II ist durch die verstärkte Isolierung ohne weiteres möglich. Für geerdete Systeme steht ein Schutzgerät mit PE-Anschluss zur Verfügung. Der Zustand der Schutzgeräte wird direkt am Gerät signalisiert. Über den L-Anschluss kann die Signalisierung an die Lampe übertragen werden. Hat die Abtrennvorrichtung des Überspannungsschutzes aufgrund einer Überlastung ausgelöst, so wird die Leuchte ebenfalls mit abgeschaltet. Das erleichtert den Service und die routinemäßige Überprüfung der Überspannungsschutzgeräte.

LEDS ÜBERPRÜFEN

## Bis zu 10 Messungen pro Sekunde

In einer Serienprüfanlage für elektronische Schaltungen und Platinen mit LEDs stellt sich fortlaufend die Frage nach der richtigen Funktion von LED- und anderen Anzeigelampen. Gemessen werden verschiedene Parameter wie Farbe, Farbsättigung und Helligkeit (Intensität) und die Funktion wird ermittelt.

Diese Voraussetzungen wurden bei der Entwicklung einer eigenen Produktlinie für LED-Prüfungen mitberücksichtigt. Mit der EyeSens Multi Color Inspect (MCI) von EVT lassen sich verschiedene Prüfungen durchzuführen und die Prüfungsergebnisse als Wert oder als Gut-Schlecht-Signal dem Anwender zur Verfügung stellen. Damit die exakte Farbmischung bestimmt werden kann, werden pro Messstelle etwa 100 Pixel verwendet. Das Leistungsspektrum des Testsystems ermöglicht es, die Farbwerte, Intensitäten und Funktionen von bis zu 100 Messstellen zu überprüfen. Das geschieht mit einer standardmäßigen Geschwindigkeit von 10 Messungen pro Sekunde und lässt sich optional auf 30 Messungen pro Sekunde erhöhen. Alles Messdaten können über eine RS232- oder Ethernet-Schnittstelle per TCP/IP-Protokoll weitergeleitet werden.

**EVT Eye Vision Technology**

LED-MODULE FÜR DIE FORSCHUNG

## Tiefes Ultraviolett bis Infrarot

Die LEDMOD-Serie von Omicron ist eine High-Power-LED für Industrie und Forschung. Die LED-Module sind sowohl in einer fasergekoppelten Variante als auch mit freier Emission erhältlich. Die Module verfügen über Modulationseingänge für schnelle analoge Intensitätsmodulation mit bis zu 200 kHz und digitale Modulation mit einer Schaltzeit von <2 µs. Durch hochpräzise Temperaturstabilisierung der LED-Chips wird eine sehr gute Leistungs- und Wellenlängenstabilität gewährleistet. Das ist vor allem in Anwendungen wichtig, in denen es nicht nur auf eine exakte Leistung, sondern auch wenn eine hohe Stabilität des Emissionsspektrums wichtig ist.

Die digitale Modulation kann sowohl über externe Modulationssignale als auch durch einen internen, programmierbaren Signalgenerator erfolgen. Ein SYNC-Ausgang verbindet Geräte wie Kameras, Spektrometer oder Lock-in-Verstärker. Durch die mitgelieferte Software Omicron Control Center oder durch eine kundeneigene Software lassen sich ein oder wahlweise auch mehrere LEDMOD-Module über die integrierte RS-232- sowie USB-2.0-Schnittstelle ansteuern.

**Omicron**

Bauteile
Komponenten & Geräte
Halbleiter
Bright-ness
by EVERLIGHT
schukat.com
SCHUKAT
electronic

GEFÄLLT MIR
Werde jetzt Fan und verpasse keine unserer Aktionen!
facebook.com/elektronikpraxis
ELEKTRONIK PRAXIS
09232

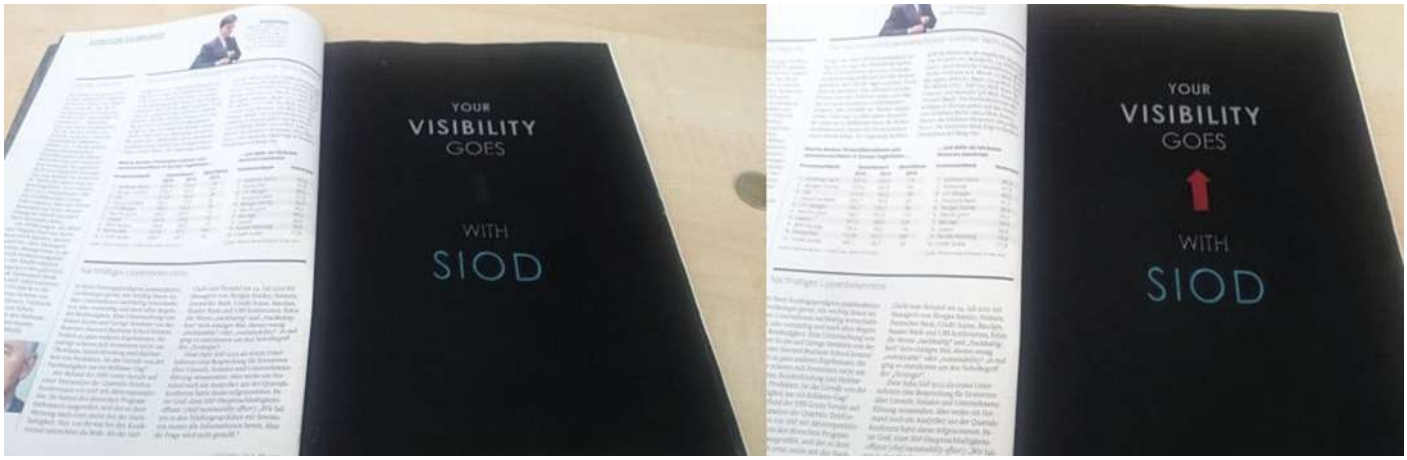


Vogel Business Media www.vogel.de

# Digitalisierte Papierprodukte mit gedruckten OLEDs

***Mit dem Tintenstrahldruck lassen sich OLED-Materialen preiswert auf einen Träger aufbringen. Wie das funktioniert und welche Probleme auftreten können, zeigen wir im Text.***

PATRICK BARKOWSKI *




Bilder: SIOD

***Leuchtendes Papier:*** *Das Demo einer SIOD. Mit einem Tintenstrahldruckverfahren lassen sich mehrschichtige Systeme auf Nanometerebene drucken. Eine flexible gedruckte Batterie von 0,8 mm ist integriert.*

Seit einigen Jahren sind dank Firmen wie LG und Samsung die OLEDs in das öffentliche Bewusstsein gerückt und bringen viele Menschen immer wieder ins Staunen. Für die breite Anwendung in verschieden Gebieten muss allerdings von Seiten der Hersteller die Produktionskapazität gesteigert, die Herstellungskosten gesenkt und die entsprechenden Lebensdauern garantiert werden. Die OLED-Materialien selbst, also Polymere und Moleküle auf Kohlenwasserstoffbasis sowie Metallnanopartikel, lassen sich aus Lösungen verarbeiten und erlauben so einen Druckprozess der gesamten OLED. Durch die Druckprozesse versprechen sich die Unternehmen und Forschungsinstitute die oben genannten Herausforderungen zu meistern. Die Frage stellt sich nun, was versteht man unter dem Drucken? Der klassische Produktionsprozess einer OLED basiert auf dem kontrollierten Aufdampfen der kleinen Moleküle, Schicht für Schicht. Bei diesem Verfahren kann man sehr gut definierte Schichtdicken sowie Strukturen im Nanometerbereich erzeugen, allerdings auf Kosten eines hohen Materialverlustes. Etablierte Aufdampfprozesse besitzen hierbei eine Materialausbeute bei knapp über 30 Prozent. Weiterhin gibt es Lösungsmittelprozesse, die im Labormaßstab funktionieren, aber keine eigentlichen Druckprozesse und auch nicht für die Großproduktion geeignet sind. Dazu gehört beispielsweise das Spin-Coating. Die verschiedenen Druckverfahren, die man von dem genannten Lösungsmittelprozess unterscheiden muss, erlauben zunächst theoretisch einen viel höhere Materialausbeute von ungefähr 90 Prozent gegenüber dem Aufdampfverfahren, doch es gibt erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Druckmethoden.

*** Patrick Barkowski**
*... ist CTO und Mitbegründer des Technologie-Startup SIOD in Chemnitz.*

## Der Einfluss der Schichtdicke und -morphologie auf die OLED

Bereits etablierte Druckverfahren für die OLED sind der Tintenstrahldruck, der Siebdruck, der Rakeldruck und der Tiefdruck. Das Technologieunternehmen SIOD fokussiert sich hierbei auf den Tintenstrahldruck, da dieser im Vergleich die niedrigsten Kosten verursacht, die höchste Flexibilität in Bezug auf das Design ermöglicht und die höchste Anzahl an Prozessparametern hat. Die große Menge an Prozessparametern bei dieser Methode eröffnet hier viele Möglichkeiten, die gewünschte Schichtdicke und Schichtmorphologie zu erhalten. Diese beeinflussen direkt die elektrischen Eigenschaften der OLED, stellen aber zugleich eine Herausforderung dar.

Fassen wir kurz die Schwierigkeit zusammen: OLEDs sind mehrschichtige Systeme auf Nanometerebene, bei denen die Anordnung und Ausrichtung der Moleküle bzw. Polymere von entscheidender Bedeutung sind. Zudem müssen, mit einigen wenigen Ausnahmen, die Grenzflächen zwischen den verschiedenen Schichten sehr eben sein. Hier kommt es zu Schichtrauhigkeiten unter 1 Nanometer bei teilweise Schichtdicken von nur 10 Nanometer. Diese strukturell definierten OLED-Schichten sollen nun nach dem Trocknen der Nassschichten, die statistisch zufällig verteilte organische Teilchen bein-

halten, entstehen. Die Anzahl an Prozessparametern erlaubt also mehr Einfluss auf das Ergebnis zu nehmen, erfordert aber zugleich auch die vollständige Kontrolle aller dieser Parameter, um das gewünschte Ergebnis zu erhalten.

## Der Tintenstrahldruck ist günstig aber komplex

Die Druckparameter beim Tintenstrahldruck ergeben sich aus fünf Sätzen.

- Parametersatz 1: Limitierung durch den Druckkopf (PS1),
- durch die mechanischen Komponenten, die den Druckkopf bewegen (PS2),
- den Umgebungsbedingungen (PS3),
- dem Trocknungsverfahren (PS4)
- und den physikalischen Parametern der Tinte (PS5).

Bezüglich der Parametersätze PS1, PS2, PS3 und PS4 kann man sich hauptsächlich an die Hersteller wenden, die ein breites Spektrum an Druckköpfen, wie Fujifilm Dimatix oder Konica Minolta, Steuersystemen, wie Meyer Burger mit PiXDRO, Trocknungsvarianten, wie Heizplatten von VWR, oder Gloveboxsystemen mit gewünschter Inertgasatmosphäre, wie MBraun kommerziell vertreiben. Bei den Drucktinten mit organischen Materialien (PS5) gibt es allerdings keine kommerziellen Anbieter.

Weiterhin sind leider die meisten Parameter aus den verschiedenen Sätzen nicht entkoppelt voneinander, was zusätzlich die Komplexität erhöht um einen geeigneten Prozess zu etablieren. Dazu ein Beispiel: Man verwendet eine Tinte basierend auf einem flüchtigen Lösungsmittel wie dem Alkohol Isopropanol. Will man mit dieser Tinte nun eine große Fläche drucken, so ist darauf zu achten, dass man eine entsprechend hohe Druckgeschwindigkeit erreicht. Die hohe Flüchtigkeit des Isopropanols kann bewirken, dass an der Stelle, an der man mit dem Druck angefangen hat, die Tinte bereits anfängt zu trocknen und dadurch einen Fluss der Nassschicht in Richtung der Trocknungsstelle bewirkt.

Der Fluss der Nassschicht zieht das enthaltende organische Material mit. Das hat wiederum einen Einfluss auf die Oberflächenmorphologie der Trockenschicht, die möglichst 1 nm genau sein soll. Um dem entgegenzuwirken kann man die Druckgeschwindigkeit erhöhen. Das Ziel soll immer sein, eine immer reproduzierbare und sehr homogene Trockenschicht zu erzeugen, da die Schichthomogenitäten direkten Einfluss auf die Lebensdauer und die Kenndaten der OLED haben. Aus unserer Erfahrung heraus beläuft sich die Hauptschwierigkeit auf das Zusammenstellen einer geeigneten Tinte. Sie muss neben den geforderten physikalischen Parametern, wie Oberflächenspannung, Viskosität und Verdunstungsrate, auch das gewünschte Material lösen können und darf zudem die unteren Schichten nicht lösen. Für uns ergibt sich daraus, dass man immer mit einer geeigneten Lösungsmittelkombination anfangen muss (PS5) und resultierende Abweichungen in den Schichten mit den Parametern der anderen Sätze aus-

| Druckkopf PS 1 | Drucksystem PS 2 | Umgebung PS 3 | Heizsystem PS 4 | Tinte PS 5 |
|---|---|---|---|---|
| Düsendurchmesser | Positionspräzision | Raumtemperatur | Art des Heizsystems (thermisch/Infrarot) | Oberflächenspannung |
| Spannung am Düsenpiezo | X-Y-Geschwindigkeit | Atmosphäre | Selektivität der Wärmeübertragung | Viskosität |
| Tropfenvolumen | Abstand Druckkopf-Substrat | Partikelfilter | | Verdunstungsrate |
| Temperatur am Druckkopf | | Laminarflow | | Löslichkeitsgrenze des Feststoffes |
| Frequenz des Düsenpiezo | | | | |
| Anzahl der Düsen | | | | |

***Bild 1:*** *Die fünf verschiedenen Parametersätze beim Tintenstrahldruck ohne Darstellung der Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Parametern.*

LICHT
EVOLUTION

www.mentor.de.com

Mit Liebe zum Detail und großer Leidenschaft für das Thema Licht entwickeln wir kontinuierlich die Möglichkeiten weiter, mit denen wir die Produkte unserer Kunden ins rechte Licht rücken.

Unser Spektrum reicht heute von Lichtleitern über kundenspezifische Beleuchtungssysteme bis hin zu Light Engines. So entwickeln und produzieren wir innovative OEM Lichtlösungen für unsere Kunden. Vom Konzept bis zur Produktion – alles aus einer Hand.

**Alles aus Licht. Für Ihr Produkt.**

Nutzen auch Sie das Potential des Lichts in Ihren Produkten und schaffen Sie so einen echten Mehrwert für Ihre Kunden.

MENTOR
INNOVATIONS FOR THE FUTURE

gleicht. Dabei kann man leider nicht eine beliebige Mixtur aus Lösungsmitteln nehmen, wobei man noch auf die Toxizität achten muss. Das Verhalten des verdruckten Feststoffes während des Trocknungsvorganges eines Tropfens hängt zunächst davon ab, ob das benutzte Lösungsmittel einen sogenannten Kaffeering-Effekt verursacht oder ob das Material sich in das Zentrum des gesetzten Tropfens zurückzieht. Dann spricht man von einem Marangoni-Effekt. Diese beiden Effekte spiegeln die allgemeine Ausgangslage auf Nanoebene wieder, gegen die es anzukämpfen gilt. Zu diesem Zeitpunkt bestehen die OLEDs von SIOD aus fünf gedruckten Schichten mit einer Gesamtdicke von 160 nm. Geplant ist derzeit ein Aufbau aus acht Schichten, um die Effizienz der OLEDs weiter zu steigern.

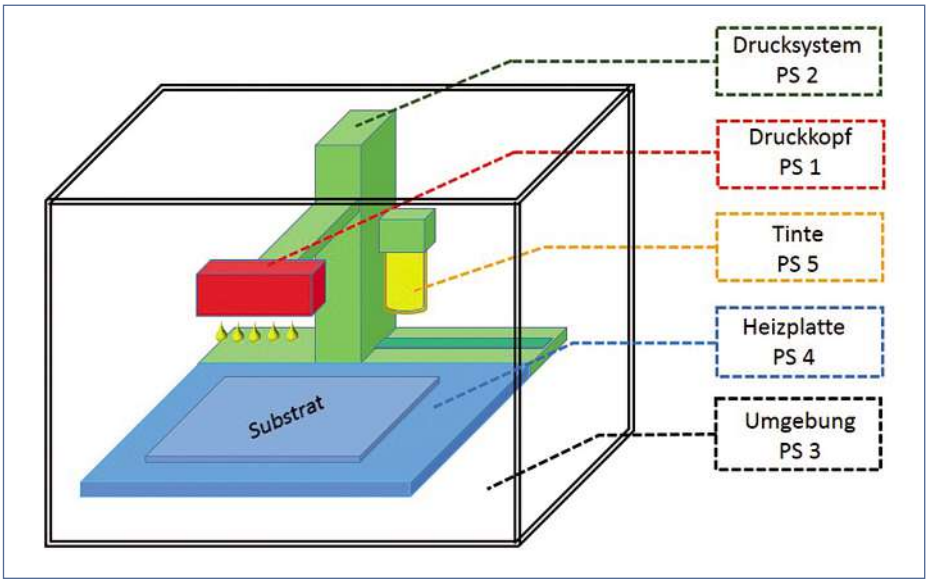



***Bild 2:*** *Vereinfachte Darstellung eines Tintenstrahldruckers, um die Parametersätze zuzuordnen.*

## Was der Tintenstrahldruck bieten kann

Geht man von einer konkreten Materialkombination aus und vergleicht dazu eine lösungsmittelprozessierte Spin-Coating-OLED mit einer OLED aus dem Tintenstrahldruck, gilt bei der gedruckten Variante mit einem sehr gut eingefahrenen Prozess als Daumenregel, dass im Durchschnitt mit einer Effizienzeinbuße von ungefähr 5 Prozent gegenüber der lösungsmittelprozessierten Variante zu rechnen ist. Die Daumenregel erklärt sich hierbei aus der Tatsache, dass sich die Reproduzierbarkeit der gedruckten OLEDs bezüglich Ihrer elektrisch-optischen Parameter viel schwieriger gestaltet als bei dem Spin-Coating-Pendant. Obwohl manche OLEDs aus dem Tintenstrahldruck nur Abweichungen unter 1 Prozent gegenüber der Spin-Coating-Variante haben, so ist im Durchschnitt eine Abweichung von 5 Prozent als sehr gut einzuschätzen. SIOD akzeptiert in einem massentauglichen Produktionsprozess eine I-V-L- (Strom-Spannung-Lichtdichte-)Reproduzierbarkeit der OLEDs mit einer Abweichung von 9 Prozent in einer Serie von 1000 Stück. Mit einem veränderten Druckprozess konnten wir die prozentuale Abweichung bei den elektrischen Kennwerten unter 6 Prozent bringen, allerdings steht dem eine Kostensteigerung des Produktionsprozesses um über 20 Prozent gegenüber.

## Was ist SIOD?

Das Akronym SIOD steht für Surface Integrable OLED Device. Es stellt eine Plattform für Werbung dar und integriert eine gedruckte OLED, eine Energiequelle und Schalterelemente für die Funktion. Der Vorteil ist, dass SIOD fast so dünn wie Papier ist und zudem biegsam. Dank der autarken Energiequelle muss das leuchtende Papier an keine Stromversorgung angeschlossen werden. Zudem lässt sich SIOD recyceln. Da SIOD im Druck hergestellt wird, ist es zudem noch preiswert und lässt sich in hoher Stückzahl fertigen.

## Die OLED als Komponente in einem Gesamtprodukt

SIOD produziert OLEDs als Komponente für ein Gesamtprodukt, welches bewegte und animierte Bilder in Zeitschriften, Magazinen und Verpackungen ermöglicht. Daher ist es für uns mehr von Interesse zunächst, den Fokus auf den Preis zu legen als auf langlebige High-End-OLEDs. Die I-V-L-OLED-Parameter müssen nur die Anforderungen an das Gesamtprodukt erfüllen.

Die Lebenszeiten der entwickelten Produkte sind dadurch mehr durch die Kapazität der gedruckten, flexiblen und grünen Batterien bedingt, als durch die Lebenszeiten der eigentlichen OLED selbst. Da die Spannungsversorgung und Stromzufuhr bei den meisten unserer Anwendungen durch die Batterien begrenzt ist, können die elektrischen Parameter der OLED jedoch nicht vollständig außer Acht gelassen werden. Das Ziel von SIOD ist das ermittelte Optimum zwischen Preis-Lebensdauer-elektrischer Effizienz der OLED mit einem Schwerpunkt auf dem Preis. Der entwickelte Tintenstrahldruckprozess erlaubt es, OLEDs in einem Bereich von 0,03 bis 0,05 Euro je cm² herzustellen. Das Ziel liegt bei einem Wert von 0,01 Euro, das im Jahr 2017 erreicht werden soll.

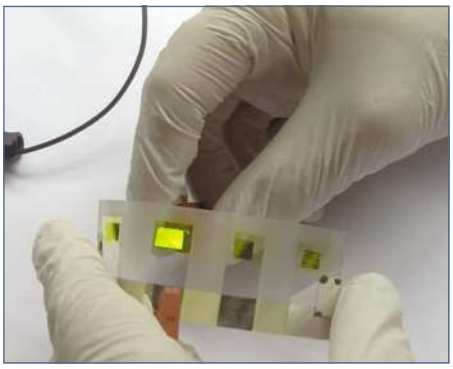


***Bild 3:*** *Ein im Tintenstrahldruck hergestelltes OLED-Modul bestehend aus vier einzelnen OLEDs. Die aktive Fläche der OLEDs beträgt hier 1 cm².*

Ein SIOD, sprich „Surface Integrable OLED Device“, ist im engeren Sinn eine Werbeplattform und besteht aus der gedruckten OLED. Dazu gehört eine grüne Energiequelle, wie beispielsweise eine gedruckte Solarzelle, und aus Schalterelementen. Die Schalterelemente erfüllen die gewünschte Funktion des Kunden. Im weiteren Verlauf sieht der Entwicklungsplan vor, gedruckte Kommunikationseinheiten bis 2017 zu integrieren. Das können beispielsweise Lösungen mit drahtlosen Protokollen wie WLAN oder RFID sein. Damit ist es möglich, direkt eine Werbefläche in Druckerzeugnissen mit mehreren Inhalten darzustellen, die auch noch personalisiert sein können. // **HEH**

**SIOD**
+49(0)371 53135486

## LED-LICHTMESSUNG

# Spektrometer für den Standard-Schaltschrank

Mit seinem baugruppenträgergeeigneten 2U/19''-Gehäuse und den Maßen 480 mm x 262 mm x 88,9 mm eignet sich das Spektrometer 6.0 von GL Optic für den Einbau in Standard-Schaltschränken. Das Gerät unterstützt einen Spektralbereich von 200 bis 1050 nm, der von Ultraviolett (UV) über das sichtbare Spektrum (VIS) bis hin zum Nahinfrarotbereich (NIR) reicht. Die Auflösung liegt bei 3,5 nm. Damit lassen sich Hochgeschwindigkeitsmessungen von LED-Wafern oder großen Leuchtkörpern, wie Straßenlaternen, realisieren. Die strengeren internationalen Beleuchtungsstandards, wie CIE 127:2007 für LED-Messungen, unterstützt die Messlösung ebenfalls. Hinzu kommen IESNA LM-79-08 für reproduzierbare Messungen des Gesamtlichtstroms, die Lichtstärkeverteilung oder der Farbtemperatur von SSL-Produkten. Das Spektrometer erfüllt zudem die Ökodesign-Anforderungen für LEDs nach EU-Verordnung Nr. 1194/2012, die eine Mindesteffizienz vorschreibt und die Etikettierung der LED-Verpackung regelt.

### Die Energieeffizienz messen

Ein weiteres Problem von LED-Beleuchtungen ist die Energieeffizienz, die häufig im Vergleich mit konventionellen Lichtquellen beschrieben wird. Diese wird meist durch den Lichtwirkungsgrad [lm/W] ausgedrückt und durch die Messung der Spektralcharakteristiken des betreffenden Leuchtkörpers festgelegt. Das erfolgt hauptsächlich auf Grundlage des Lichtstroms und der Strahlungsleistung.

Diese Messungen erfolgen durch Kopplung des Spektrometers mit einer Ulbrichtkugel. Hier eignet sich beispielsweise die Ulbrichtkugel GL OPTI SPHERE 500. Zusammen mit dem Spektrometer werden alle Bedürfnisse hinsichtlich Entwicklung und Qualitätskontrolle von Leuchtmittelherstellern sowie von wissenschaftlichen Instituten, Materialwissenschaftlern oder Gutachtern erfüllt.

Das Spektrometer misst im Durchmesser 500 mm und ermittelt Strahlungsleistung und Lichtverteilung in mittelgroßen LED-Arrays. Es lassen sich außerdem fotometrische Parameter überprüfen. Dazu zählen Farbkoordinaten, Farbtemperatur oder Farbwiedergabeindex. Mit einem entsprechenden Adapter lassen sich einzelne LED oder andere Arten von Lichtquellen überprüfen.

**GL Optic**

LEUCHTDICHTE- UND FARBMESSKAMERA

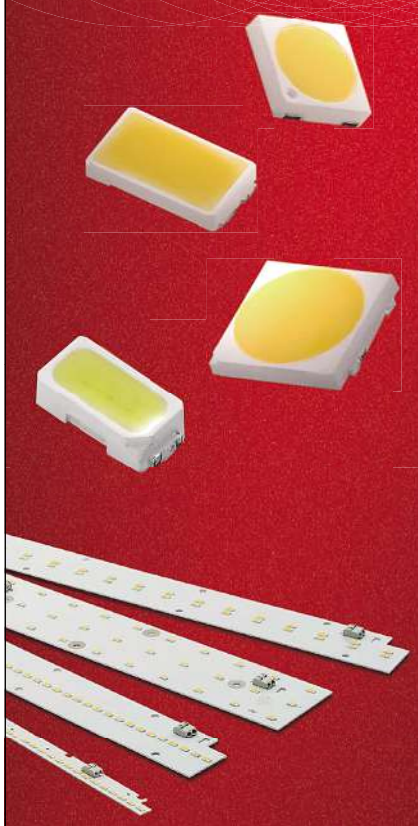
# Vermisst Displays, LED und SSL-Quellen

Mit der LumiCam 1300 von Instrument Systems lassen sich die Leuchtdichte und die Farben bei Displays, LEDs und SSL-Quellen messen. Beispielsweise ist mit Hilfe von frei bestimmbaren Polygonen eine optimierte Analyse von Symbolen hinsichtlich Kontrast und Leuchtdichte der Vorder- und Hintergrundbereiche möglich. Die Verteilung der Leuchtdichte kann dabei in einer äußerst anschaulichen 3-D-Darstellung visualisiert werden. Die genaue Position von Farborten lässt sich im integrierten XY-Diagramm der CIE darstellen und im Messbericht abbilden. Je nach Systemkonfiguration lassen sich Spektralbereiche von 200 bis 5000 nm abdecken. Alle berechneten Daten können nach Excel übertragen werden. Frei definierbare Pass/Fail Kriterien erlauben den automatisierten Test von Leuchtdichte und Farbort.

Neben der Windows-Software bietet der Hersteller eine Windows-DLL sowie einen LabVIEW-Treiber für kundenspezifische Programme an. Damit lässt sich die Kamera in automatisierte Messabläufe integrieren. Die Kamera misst 275 mm x 120 mm x 175 mm.

**Instrument Systems**

90 JAHRE 1925–2015
Elektronik Bauelemente BECK



The True Vertical Integrator

Herstellung vom ersten bis zum letzten Schritt:

Epitaxie, Chipproduktion und Packaging

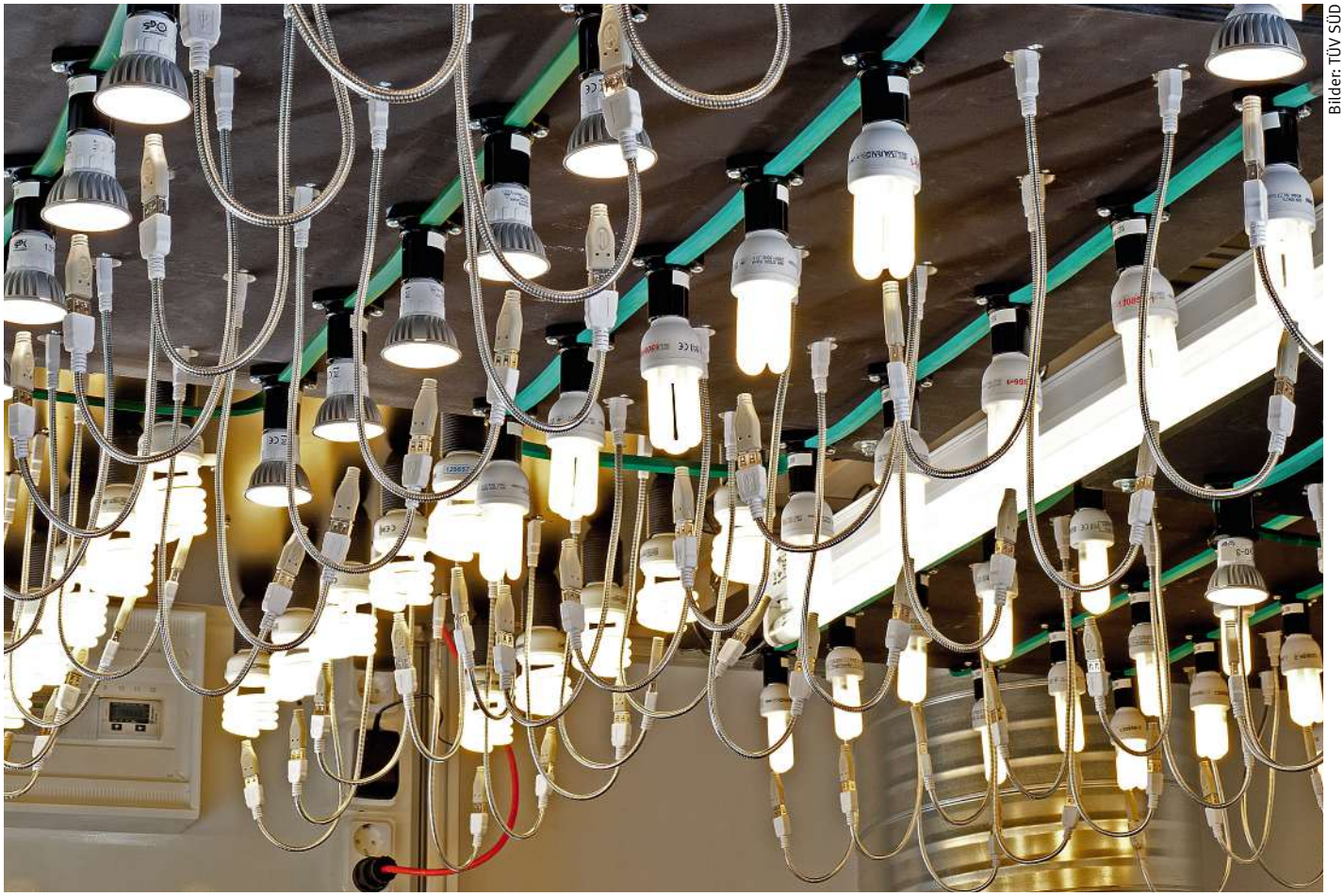
Lextar
Smarting Lighting Amazing Life

Vertrieb durch:
Beck Elektronik
Tel.: 09 11 9 34 08-0
led@beck-elektronik.de
www.beck-elektronik.de

# Die Ökodesign-Richtlinie und die Effizienz von Lampen und Leuchten

*Die Ökodesign-Richtlinie 2009/125/EG formuliert Anforderungen an die Effizienz bei energieverbrauchenden Produkten. Hinzu kommen Kennzeichnung und umweltgerechte Gestaltung. Ein Überblick.*

FABIAN FLIGGE *



Bilder: TÜV SÜD

***Ungebündeltes und gebündeltes Licht:*** *Welche Richtlinie zur umweltgerechten Gestaltung von Lampen und Leuchten anzuwenden ist, richtet sich zum einen nach der Art der Lichtausstrahlung und zum anderen der Art der Lampe bzw. Leuchte. Im Bild das Prüfzentrum des TÜV Süd in Garching.*

Für künstlich oder technisch erzeugtes Licht gilt bekanntermaßen: Je ähnlicher es dem Spektrum des natürlichen Sonnenlichtes ist, desto angenehmer empfindet es das menschliche Auge. Sinn und Zweck der Lichterzeugung ist es, möglichst nah an das Sonnenspektrum heranzukommen. Das ist auch bei der Solid-State-Beleuchtung nicht anders: Moderne LEDs mit hohem Farbwiedergabeindex (Ra) liefern hier bereits sehr gute Werte.

Eine nicht weniger wichtige Rolle spielt bei der Beurteilung einer künstlichen Lichtquelle die Energieeffizienz. LEDs führen unter diesem Aspekt die Entwicklung an: Standard-LEDs erreichen heute gut 100 Lumen pro Watt, unter Laborbedingungen sind sogar Werte von über 300 Lumen pro Watt möglich. Trotz oder gerade wegen dieser Fortschritte nehmen die Effizienzanforderungen besonders in Europa immer weiter zu – nicht nur wegen steigender Energiepreise, sondern vor allem aufgrund der umweltpolitisch motivierten Vorgaben der Europäischen Union.

Den rechtlichen Rahmen schafft die Ökodesign-Richtlinie 2009/125/EG. Sie formuliert generelle Anforderungen an die Kennzeichnung und an die umweltgerechte Gestaltung

*** Fabian Fligge**
*... ist Produktspezialist Licht & Multimedia bei TÜV SÜD Product Service GmbH in Garching bei München.*

energieverbrauchsrelevanter Produkte (Energy-related Products, ErP). Dazu zählen mit Ausnahme von Verkehrsmitteln nahezu alle Elektrizität verbrauchenden Produkte. Ergänzende Richtlinien regeln die Umsetzung im Detail. Für Lampen (Leuchtmittel) und Leuchten sind das vier: Die (EU) 874/2012 regelt Kennzeichnung und Etikettierung. Die umweltgerechte Gestaltung beschreiben die Richtlinien (EC) 244/2009, (EU) 1194/2012 und (EC) 245/2009.

## Ein Energieetikett für Lampen und Leuchten

Die seit dem 1. September 2013 verpflichtende Richtlinie (EU) 874/2012 beschreibt, wie Lampen korrekt gekennzeichnet werden. Seit dem 1. März 2014 gilt die Energieverbrauchskennzeichnung auch für Leuchten. Die Verordnung legt eine einheitliche Gestaltung sowie einheitliche Inhalte fest. Darüber hinaus definiert sie auch Anforderungen an die technischen Unterlagen für elektrische Lampen und Leuchten sowie Anforderungen an das Datenblatt für elektrische Lampen und Anforderungen an die Informationen. Anders als die Vorgänger-Verordnung 98/11/EG ist die (EU) 874/2012 gemäß Artikel 1 für alle Arten von Lampen und Leuchten gültig. Das heißt: für gerichtetes wie für ungerichtetes und auch farbiges Licht, für Kompaktleuchtstofflampen, LED-Lampen und -Module oder Glühlampen. Ausnahmen bilden lediglich Lampen mit einem Lichtstrom von unter 30 lm, Lampen mit Batterien und Lampen, die nicht zur Beleuchtung dienen, beispielsweise in Projektoren.

Für alle Lampen und Leuchten, die nicht unter diese Ausnahmen fallen, fordert die (EU) 874/2012 eine einheitliche Kennzeichnung. Dabei sind nicht nur die zu kennzeichnenden Inhalte vorgegeben, sondern auch die Form der Etikettierung. Das so genannte Energielabel oder Energieetikett muss folgende Informationen enthalten: Name des Herstellers sowie Typbezeichnung, Energieeffizienzklasse sowie Angaben zum Energieverbrauch (in kWh/1000 h). Das Label selbst darf für Lampen auch einfarbig sein, allerdings muss der Hintergrund immer weiß sein. Zentrales Element des Energieetiketts ist die Angabe der Effizienzklasse. Die (EU) 874/2012 definiert die heute gültigen sieben Effizienzklassen von A++ bis E.

Die Berechnung der Energieklasse erfolgt über den Energieeffizienzindex, der sich in Anhang IV der Verordnung findet. Damit wurde das zuvor gültige System mit Klassen von A bis G abgelöst. Angesichts künftiger Optimierungsmöglichkeiten lassen die Effizienzklassen der (EU) 874/2012 noch Luft nach oben: So ist die Klasse A++ bisher nicht besetzt. Die besten LED-Lampen am Markt haben die Energieklasse A+. Ineffiziente LEDs und Energiesparleuchtmittel fallen in die Energieklasse B. Die (EU) 874/2012 zur Energieverbrauchskennzeichnung sorgt dafür, dass der Endverbraucher die Kompatibilität einer Leuchte mit der dazugehörigen Lampe selbst prüfen kann. Neben dem Energielabel legt sie zudem explizit Pflichten von Lieferanten und Händlern fest. Das sind vor allem Informationen für den Verbraucher. Unabhängig davon, ob der Lieferant oder Händler die LEDs direkt oder über einen Zwischenhändler an den Endverbraucher verkauft, muss er festgelegte Produktinformationen erstellen und zugänglich machen. Speziell für die Kennzeichnung des Energieverbrauches und der Energieeffizienzklasse im Internet wurde die Verordnung (EU) 874/2012 durch die Verordnung (EU) 518/2014 verpflichtend ergänzt. Um den jeweiligen

***Lichtmesstechnik:*** *Die Energieeffizienz spielt eine zentrale Rolle, wenn eine künstliche Lichtquelle beurteilt werden soll. Mit der Ulbrichtkugel lässt sich die Leistung oder der Gesamt-Lichtstrom von Lichtquellen vermessen, ohne dass durch deren Richtcharakteristik die Messungen beeinflusst werden.*

Spezial-Newsletter
für Elektronik-Profis
Jobs & Karriere
Tages-Newsletter
Wochen-Newsletter
Themen-Newsletter
Elektro-mobilität
Beschaffung & SCM
kostenlos unter
--> www.elektronikpraxis.de/newsletter
ELEKTRONIK PRAXIS
08860

Energieeffizienzindex und damit die Effizienzklasse festzustellen, legt die Ökodesign-Richtlinie generell den Energiebedarf fiktiver Referenzgeräte fest. Jedes Gerät wird dann mit dem entsprechenden Referenzgerät verglichen und der gemessene Verbrauch mit der theoretischen Vorgabe ins Verhältnis gesetzt. Dieses Verhältnis zwischen realem Verbrauch und theoretischer Vorgabe gibt der Energieeffizienzindex (EEI) an.

## Art der Lichtausstrahlung und der Lampe

Welche der drei Richtlinien zur umweltgerechten Gestaltung von Lampen und Leuchten anzuwenden ist, richtet sich zum einen nach der Art der Lichtausstrahlung und zum anderen der Art der Lampe bzw. Leuchte: So gilt die (EC) 244/2009 ausschließlich für ungebündeltes, also ungerichtetes Licht, und damit beispielsweise für Kompaktleuchtstoffröhren, LEDs und matte Glühlampen inkl. Halogen, die einen Gesamtlichtstrom ausstrahlen. Ausnahmen bilden Lampen und Leuchten mit einem ungebündelten Lichtstrom kleiner 60 lm oder größer 12.000 lm sowie Reflektorlampen. Um gerichtetes Licht handelt es sich hingegen, wenn eine Lampe mehr als 80 Prozent ihres Lichtstroms innerhalb eines Kegels von 120 Grad abgibt.

In diesem Fall greift die (EU) 1194/2012. Sie betrifft nicht nur die entsprechenden Lampen und Leuchten, sondern auch alle dazugehörigen Geräte zwischen Stromnetz und Lichtquelle, unabhängig davon, ob diese Geräte mit gerichteten oder ungerichteten Lichtquellen betrieben werden. Speziell die umweltgerechte Gestaltung von Leuchtstofflampen, wie sie zum Beispiel in Büro-Leuchten eingesetzt werden, regelt schließlich die Richtlinie (EC) 245/2009. Aktuell noch nicht betroffen von den Verordnungen sind organische Leuchtdioden. Die Umsetzung der drei genannten Richtlinien (EC) 244/2009, (EU) 1194/2012 und (EC) 245/2009 erfolgt stufenweise. Allerdings ist zu erwarten, dass schon vor Abschluss dieses Prozesses, 2016/2017, die Ergebnisse auf den Prüfstand gestellt und in neue Regelungen überführt werden.

Bild: pixelio.de

***LED-Taschenlampe:*** *Das Beispiel zeigt, wie komplex die Ökodesign-Richtlinie in ihrer Anwendung ist.*

## Kompaktleuchtstofflampen und Halogenlampen

Die (EC) 244/2009 brachte mit den Stufen 1 bis 4 das Ende von herkömmlichen Glühlampen ab inzwischen 25 Watt. Mit dem 1. September 2013 begann die fünfte und aktuell gültige Stufe. Seitdem gelten höhere Anforderungen an die Betriebseigenschaften für Kompaktleuchtstofflampen und Halogenlampen. LEDs müssen dabei mindestens in die Energieeffizienzklasse A fallen. Einschneidender sind jedoch die neuen schärferen Anforderungen an die Betriebseigenschaften. Die sechste und letzte Stufe sieht noch einmal eine Verschärfung der Mindesteffizienz vor. Klarglaslampen müssen dann mindestens der Energieeffizienzklasse B (C für G9- und R7-Sockel) entsprechen. Diese Stufe 6 sollte ursprünglich zum 1. September 2016 kommen, wird aber voraussichtlich auf 2018 verschoben.

Die (EU) 1194/2012 wird seit September 2013 in drei Stufen umgesetzt. Die aktuell gültige Stufe 2 fordert seit September 2014 für gebündelte Netzspannungsglühlampen mindestens die Effizienzklasse D, für alle anderen gebündelten Lampen mindestens B. Ab der dritten Stufe, die voraussichtlich im September 2016 in Kraft tritt, gilt dann als Mindestanforderung: für Netzspannungsglühlampen und sonstige Glühlampen Klasse B, für Hochdruckentladungslampen Klasse A (EEI max. 0,36) und für alle sonstigen Lampen A+ (EEI max. 0,2). Auch für die (EC) 245/2009 gilt aktuell die zweite von drei Umsetzungsstufen. Die dritte Stufe, die zum 1. April 2017 erwartet wird, wird dann die Mindesteffizienz bei Leuchtstofflampen auch für Metallhalogenidlampen und alle Vorschaltgeräte verschärfen.

Trotz dieser klaren Vorgaben bergen die Energieeffizienz-Richtlinien einige Unsicherheiten bzw. einigen Ermessensspielraum. Das beginnt mit den zugrundliegenden Definitionen. So definiert zum Beispiel die (EU) 1194/2012 eine Leuchtdiode (LED) als Lichtquelle, die aus einem Halbleiterbauelement mit p-n-Übergang aus anorganischem Material besteht. Eine aus einer oder mehreren Leuchtdioden bestehende Baugruppe, die umgangssprachlich als LED bezeichnet wird, ist laut EU-Definition hingegen ein „LED-Paket“. Ein „LED-Modul“ schließlich bezeichnet eine Baugruppe ohne Sockel, die mit mindestens einem LED-Paket auf einer Leiterplatte angeordnet ist. Das ist insofern von Bedeutung, als die (EU) 1194/2012 bisher auf LED-Module anzuwenden ist, nicht jedoch für LEDs und LED-Pakete im Sinne der Definition.

## Das Beispiel einer LED-Taschenlampe

Als Beispiel kann die Frage nach der Anwendbarkeit der Richtlinien auf eine LED-Taschenlampe dienen: Weil die Taschenlampe batteriebetrieben arbeitet, entfällt die Kennzeichnungspflicht nach (EU) 874/2012. Bleibt die Frage, ob die (EU) 1194/2012 zu beachten ist. Das Licht ist zweifellos gerichtet. Gehäuse, Reflektor und Schalter bilden die Leuchte. Das entscheidende Kriterium ist jedoch die Lampe: Kommt ein LED-Modul zum Einsatz, ist die (EU) 1194/2012 im Normalfall anzuwenden.

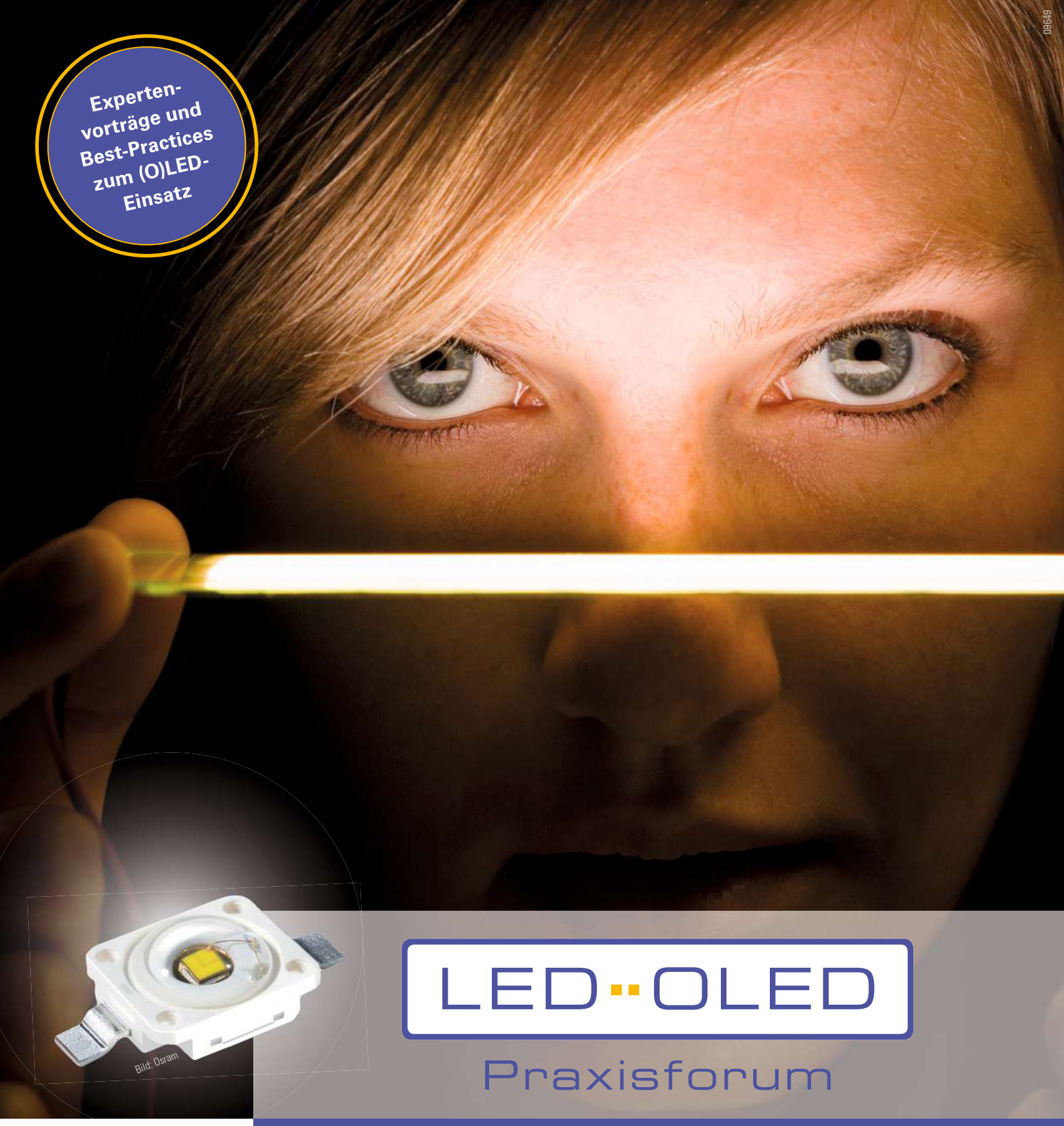
Doch je nach Design der Lampe gibt es Ausnahmen. Ist das LED-Modul beispielsweise als Spezialprodukt (bei extremen Temperaturen) konzipiert und als solches mit entsprechenden Hinweisen aus Anhang I der Richtlinie gekennzeichnet. Ähnlich komplex stellt sich die Richtlinien-Situation speziell der (EU) 1194/2012 in Hinblick auf Betriebsgeräte und auf Geräte zwischen Netz und Lampen dar. // **HEH**

**TÜV SÜD**
+49(0)89 361965355

## Bei Richtlinien kommt es auf den Einzelfall an

Vier Richtlinien regeln, die wie Ökodesign-Richtlinie 2009/125/EG für Lampen und Leuchten umgesetzt wird: Die *EU 874/2012* bezieht sich auf die Kennzeichnung und Etikettierung. Das Thema umweltgerechte Gestaltung ist in den Richtlinien *EC 244/2009, EU 1194/2012* und *EC 245/2009* festgeschrieben. Wie sich zeigt, verschärfen sich die Anforderungen an die Mindesteffizienz mit jeder neuen Stufe.
Dennoch bleiben noch verschiedene Ermessensspielräume, die im Einzelfall zu beurteilen sind.

69960



Experten-vorträge und Best-Practices zum (O)LED-Einsatz




# LED OLED Praxisforum

22. Oktober 2015, Vogel Convention Center VCC, Würzburg

## www.LED-Praxis.de

Kosten- und energieeffizient, lange Lebensdauer, intelligent – die (O)LED vereint viele Vorteile.
Wie man sie am besten einsetzt und vernetzt, kühlt und versorgt, lernen Sie auf dem **LED- und OLED-Praxisforum** von ELEKTRONIKPRAXIS.

VERANSTALTER:

ELEKTRONIK PRAXIS Akademie

# So lässt sich mit ZigBee Light Link das Licht steuern

*Über ZigBee Light Link lässt sich LED-Licht steuern. Zudem bietet die Schnittstelle noch ergänzende Sicherheitsschichten im Netzwerk an. Wir stellen das System vor.*

SIMON PLÄTZER *

Smart Home, Internet of Things oder Cloud: Aus einer Vielzahl solcher Begriffe setzt sich der derzeitige Trend zur Digitalisierung unseres heutigen Lebens zusammen. Die verschiedenen Mottos der Weltleitmessen, wie beispielsweise der embedded world 2015, verdeutlichen die Relevanz dieses Trends und veranlassen zunehmend immer mehr Unternehmen, auch die entsprechenden Produkte dafür anzubieten.

Doch je mehr verschiedene Produkte existieren, desto wichtiger werden einheitliche Standards, um Kompatibilität, Stabilität und Sicherheit zu gewährleisten. Den aus heutiger Sicht wichtigsten Standard im Umfeld der drahtlose Lichtsteuerung stellt das Profil ZigBee Light Link, kurz ZLL, dar. Es ist neben dem Profil ZigBee Home Automation (ZHA) und ZigBee Smart Energy (ZSE) der meistgenutzte einer größeren Familie von Standards der ZigBee-Allianz, die auf den von IEEE 802.15.4 spezifizierten Schichten für die Funkübertragung aufsetzen.

*** Simon Plätzer**
*... beschäftigt sich bei dresden elektronik unter anderem mit dem ZigBee Light Link.*

## Ein integrierter ZigBee-Funktransceiver spart Energie

Von Branchengrößen wie Philips und Osram speziell für die Bedürfnisse der Beleuchtungsindustrie entwickelt, bietet ZLL einen kompakten Stack mit nutzbaren Funktionen zur drahtlosen Steuerung, Verwaltung und Kommunikation zwischen Geräten eines intelligenten Beleuchtungsnetzwerks, der auch auf 8-Bit-Mikrocontrollern Platz findet.

Der Trend geht jedoch deutlich hin zu Mikrocontrollern von ARM mit 32 Bit und einem integrierten ZigBee-Funktransceiver. Der Unterschied zu anderen Funk-Techniken, wie beispielsweise Z-Wave oder Bluetooth, besteht hauptsächlich in den deutlich niedrigeren Übertragungsraten. Das mag im ersten Augenblick als Nachteil erscheinen, ist jedoch genau das Ziel von ZLL, um durch den verringerten Energieverbrauch auch mobile Komponenten über Jahre wartungsfrei und ohne einen Batteriewechsel oder gar Aufladen zu betreiben. Niemand würde beispiels-

Bild: ra2studio, Fotolia

***Das Licht im Griff:*** *Mit ZigBee Light Link lassen sich Beleuchtungen ein- und ausschalten sowie Farbe und Helligkeit ändern.*

Bilder: dresden elektronik

***Bedienoberfläche:*** *Über eine WebApp lässt sich Licht drahtlos ansteuern. Neben dem einfachen Ein- und Ausschalten kann auch die Farbe und Helligkeit einzelner Leuchten oder ganzer Gruppen geändert werden.*

weise Fernbedienungen oder Bewegungssensoren zur Steuerung der häuslichen Beleuchtung einsetzen wollen, welche ähnliche Ladezyklen erfordern wie die heutigen Smartphones mit Wi-Fi und Bluetooth.

Die Funk-Techniken erlauben es, große Datenmengen wie Videos, Bilder oder Musik zu übertragen und fokussieren damit einen ganz anderen Anwendungsfall als die ZigBee-Profile, welche für die befehlsgesteuerte Kommunikation zwischen Geräten konzipiert wurden. Es gibt mittlerweile auch Weiterentwicklungen der Techniken wie Bluetooth Low Energy, welche für den energieeffizienten Betrieb ausgelegt sind.

## Wenn hunderte Knoten zuverlässig kommunizieren

ZLL und einige andere Techniken und Protokolle zur drahtlosen Lichtsteuerung wurden von der Connected Lighting Allianz ein Jahr lang tiefgehend analysiert. Die Recherche führte zu dem Ergebnis, dass für die verschiedenen Sektoren Straßen-, Industrie und Heimbeleuchtung auch unterschiedliche Standards verwendet werden müssen, wobei die Stärken von ZLL größtenteils im privaten Wohnumfeld gesehen werden.

Keiner der untersuchten Standards konnte die hohen Anforderungen der modernen Beleuchtungsindustrie vollständig erfüllen, jedoch kam ZLL dem am nächsten und man entschied sich deshalb für diesen Standard. Das Profil erlaubt es, selbstheilende Multi-Hop-Mesh-Netzwerke zu etablieren, in welchen mehrere hundert Knoten miteinander zuverlässig kommunizieren können, ohne ihre Telegramme über einen zentralen Koordinator (Gateway) leiten zu müssen.

## Jeder Knoten ist eine Sende- und Empfangsstation

Jeder der Knoten bildet eine eigenständige Sende- und Empfangsstation, die auch fremde Telegramme weiterleiten kann und somit große Reichweiten ermöglicht. Der Preis für diese über Weiterleitungen erreichte Kommunikationsdistanz ist natürlich eine entsprechend längere Übertragungszeit. Für intelligente Klima- oder Rollladensteuerungen im Haus erweist sich das als nicht weiter problematisch, jedoch bei der Beleuchtung können ungewohnte Effekte entstehen.

In Wohnräumen ist ein Zeitversatz im Millisekunden-Bereich zwischen dem einzelnen Aufleuchten der Lampen vom menschlichen Auge kaum wahrnehmbar, in Hallen oder Großraumbüros entsteht jedoch schon ein spürbarer „La-Ola-Wellen-Effekt“. Aus Versorgungssicht ergibt sich hieraus jedoch der entscheidende Vorteil, dass nämlich Spannungsspitzen und Netzüberlastung vermieden werden können. Die Sicherheit in solchen Netzwerken spielt eine entscheiden-

## Ein Ausblick auf den Standard ZigBee 3.0

Die Weiterentwicklung der Spezifikation für drahtlose Netzwerke ZigBee in der Version 3.0 ist für das vierte Quartal 2015 angekündigt. Sie wird die verschiedenen Profile vereinheitlichen, so dass die nach dem neuen Standard zertifizierten Geräte gleichzeitig für mehrere Anwendungen wie Smart Home, Beleuchtung, Energiemanagement, Sicherheit, Sensoren oder Health Care genutzt werden können. Die Anpassung soll ZigBee zum beworbenen allumfassenden Standard für Heimautomation und das Internet der Dinge werden lassen. Die Interoperabilität zwischen den Geräten verschiedenster Hersteller ist damit garantiert.

Sie finden ELEKTRONIKPRAXIS auch auf dem Smartphone oder Tablet-PC. News aus der Elektronikbranche, Produktinformationen und Bildergalerien – immer aktuell, 24/7 verfügbar.

Schauen Sie vorbei:

**mobil.elektronikpraxis.de**

ELEKTRONIK PRAXIS

Vogel Business Media

07334

de Rolle. Aus diesem Grund wurden für die ZigBee-Profile zusätzlich zu den beiden Schichten Physical Layer (PHY) und Medium Access Control Layer (MAC) von IEEE 802.15.4 zwei ergänzende Security-Schichten eingebaut, sodass ein mehrstufiges Sicherheitskonzept entsteht. Durch verschiedene AES 128-Bit-Schlüssel, die nach dem RSA-Verfahren berechnet werden, wird die Authentifizierung und Kommunikation im Netzwerk sichergestellt.

## Austausch zwischen Gerät und verschiedenen ZigBee-Profilen

Der weltweit einheitliche Zertifizierungsprozess der ZigBee-Allianz gewährleistet die Interoperabilität zwischen den Geräten der verschiedenen ZigBee-Profile wie beispielsweise Home Automation, Smart Energy oder Light Link. Das angestrebte Ziel des Standards stellt eine Win-Win-Situation für Konsumenten und Hersteller dar. Allerdings ist die reine Definition eines einheitlichen Standards nur der erste Schritt. Die Verbraucher benötigen ein einfach bedienbares, aber dennoch vielfältiges System zur Steuerung der eigenen Hausautomation, bei welchem die Komponenten verschiedener Hersteller beliebig kombiniert und ausgetauscht werden können. Die Komplexität darf dabei nicht direkt spürbar sein, beim Anwender soll ein Plug-and-play-Gefühl entstehen.

Die WebApp zur drahtlosen Lichtsteuerung von dresden elektronik ermöglicht genau das: Indem es neben dem einfachen Ein-/Ausschalten möglich ist, auch Farbe und Helligkeit für einzelne Leuchten oder Gruppen zu ändern (Bild auf Seite 43). Es lassen sich beliebige Gruppen erstellen, bearbeiten oder auch wieder entfernen – alles durch wenige Klicks. Auch ein zeitlich gesteuerter Betrieb ist seit dem kürzlich erschienenen Update 2.0 möglich. Das mächtige Backend der zugehörigen deCONZ-Gateway-Applikation übersetzt die Eingaben in die notwendigen ZigBee-Befehle. Das Backend läuft auf einem Gateway auf Basis von RaspberryPi und dem Erweiterungsmodul RaspBee, ebenfalls von dresden elektronik. Das Frontend ist zugänglich von allen webfähigen Geräten wie Smartphones, Tablets, PCs und Laptops.

***Vorschaltgerät:*** *Das ZLL-Funkvorschaltgerät FLS-PP lp für eine RGB/RGBW-LED-Beleuchtung.*

## LED-Streifen bis Leistungen von 144 Watt ansteuern

Derzeit gibt es bereits über 1000 verschiedene ZigBee-zertifizierte Produkte. Speziell im Bereich ZigBee Light Link sind Unternehmen wie Philips, Osram, General Electric (GE) und CREE mit dabei. Hier gibt es insgesamt bereits 130 Produkte. Neben der genannten Gateway-Lösung mit WebApp bietet dresden elektronik bei den Lichtsteuerungen unter anderem das Funkvorschaltgerät FLS-PP lp an. Gegenüber Lichtsteuerungen von Philips und Osram bietet die FLS-PP lp deutlich mehr Leistung und kann somit LED-Streifen mit Leistungen von bis zu 144 W betreiben. Dadurch können Flächen besser ausgeleuchtet und eine höhere Leuchtkraft erzielt werden. Das Kürzel lp steht für low profile und kennzeichnet eine schmale Bauform mit 141 mm x 30 mm x 13 mm. Im Gegensatz zu Philips ist die FLS-PP lp mit vier statt drei Kanälen ausgestattet. Die RGB/RGBW-Farbsteuerung ermöglicht es, umfangreiche Farbnuancen stufenlos einzustellen. Das reicht von dezenten Pastelltönen bis hin zu voll gesättigten Farben. Der optional nutzbare Weiß-Kanal erweitert das Farbspektrum für natürliche Farben mit hohem Weißanteil. Neben Leuchtmitteln mit 12 V werden auch 24 V für professionelle Anwendungen unterstützt. Verschiedene Bundles mit Vorschaltgeräten sind erhältlich.

Das Funkvorschaltgerät FLS-A lp im Low-Profile-Gehäuse ist vorrangig für Industriekunden gedacht. Damit ist es möglich, in bewährten analogen 1-10V-Systeme die erweiterten Steuerungsmöglichkeiten des ZigBee-Profils zu nutzen. Leuchten mit einem 1-10V-Anschluss lassen sich mit diesem Gerät in ZigBee-Netzwerke integrieren, um gestalterische Möglichkeiten besser auszuschöpfen.

## Ein Steuergerät bedient bis zu 40 Leuchten

Das drahtlos vernetzte Licht kann über alle Bedien- und Beobachtungsmöglichkeiten, die in der ZigBee-Welt üblich sind, gemanagt werden. Eine FLS-A lp verfügt über vier Kanäle und an jedem Kanal können in Abhängigkeit vom Netzteil mindestens zehn Lampen angeschlossen werden. Ein Steuergerät bedient bis zu 40 Leuchten. Die Kanäle werden unabhängig voneinander gesteuert. Die angeschlossenen Lampen werden auf Wunsch kanalweise verschiedenen Gruppen zugeordnet und unterschiedlich bedient. Es lassen sich verschiedene Szenarien schaffen. Vorteile bietet so eine tageslicht- oder ereignisabhängige Steuerung im Sinne einer effektiven Energienutzung. Zur Installation müssen keine aufwendigen Kabelkanäle gefräst und Kabel verlegt werden. Bestehende Beleuchtungsanlagen können nachgerüstet werden.

Der Hersteller bietet demnächst seine Produktpalette online zum Kauf an. Unter https://shop.dresden-elektronik.de findet sich auch das Funkvorschaltgerät FLS-A lp für die analoge 1-10V-Lichttechnik. // **HEH**

***Funkvorschaltgerät FLS-A lp:*** *Für die bewährte 1-10V-Lichttechnik eignet sich die Steuerung für den professionellen Einsatz.*

**dresden elektronik**
+49(0)351 318500

PREMIUM SPONSOR

TDK PULS

BUSINESS SPONSOR

HEIDEN COMPETENCE IN POWER

HY-LINE POWER COMPONENTS

TRACO POWER

ENTWICKLUNG & AUSWAHL VON STROMVERSORGUNGEN

# POWER KONGRESS

20./21. Oktober 2015, Vogel Convention Center VCC, Würzburg

**Alle Details zu Programm und Kongress unter:**

## www.power-kongress.de

Versorgen Sie Ihre Geräte effizient, sicher und zuverlässig. Auf dem Power-Kongress lernen Sie in Fachvorträgen aktuelle Best Practices in Auswahl und Design von Stromversorgungen kennen – und dank der Fachausstellung die passenden Komponenten gleich dazu.

VERANSTALTER:

ELEKTRONIK PRAXIS Akademie

Vogel Business Media

www.vogel.de

# Ein drahtloses Netzwerk für die Straßenbeleuchtung

*Straßenbeleuchtungen lassen sich über ein drahtloses Netzwerk über große Entfernungen steuern. Wir zeigen Sensorik und Netzwerk-Architektur, um solch ein Netz aufzubauen.*

LÁSZLÓ FISI *

Bild: Petair - Fotolia

***Angepasste LED-Beleuchtung:*** *Mit Sensorik und einem drahtlosen Netzwerk lassen sich Straßenleuchten an ihre Umgebung anpassen und zentral steuern.*

Einer der Vorteile für die LED in der Beleuchtung ist die einfache und lineare Steuerung der Lichtausbeute von nahezu 0 Prozent bis zu maximaler Helligkeit. Mit Hilfe einer durchdachten Steuerung lässt sich zusätzlich Energie einsparen. So kann beispielsweise eine LED-Straßenbeleuchtung auf die Intensität des Umgebungslichts reagieren und das natürliche Licht ergänzen. Verwendet man zusätzlich noch Bewegungsmelder, lassen sich die Leuchten noch dimmen. Moderne LED-Treiber regulieren die Einschaltdauer einer LED-Lampe durch unterschiedliche Vorgehensweisen. Dazu zählen ein Mikrocontroller-PWM-Signal oder das analoge Gleichspannungssignal 0-10V oder 1-10V.

*** László Fisi**
*... ist Field Applications Engineer bei Future Electronics.*

## LED-Straßenbeleuchtung an ein Netzwerk anzubinden

Im folgenden Text erklären wir eine Installation mit geeigneter Sensorik und Architektur und wie sie sich steuern lässt. Eine Möglichkeit besteht darin, nicht miteinander verbundene Beleuchtungskörper vollkommen autonom jeweils mit eigenem Umgebungslichtsensor (Photometer), Annäherungssensor und eigener Schaltung auszustatten. Allerdings geht eine solche Architektur mit zwei Nachteilen einher. Für jede Beleuchtungseinheit fallen Kosten für Sensorkomponenten an und darüber hinaus werden zentrale Steuerungs- und Diagnosefunktionen nicht unterstützt.

In der Realität ist es vorteilhaft, eine Straßenbeleuchtung an ein Steuerungsnetzwerk anzubinden. Der Betreiber erkennt, wenn eine Leuchte defekt ist und kann durch schnelle Reparatur längere Ausfallzeiten vermeiden. Darüber hinaus lässt sich durch ein Netzwerk die gesamte Beleuchtungsanlage zentral regulieren. So kann beispielsweise eine Gemeinde die normale, durch Umgebungs-/Näherungssensoren gesteuerte Beleuchtung zu besonderen Zeiten überschreiben, wenn kulturelle oder sportliche Großereignisse anstehen.

In der Vergangenheit verwendeten Netzwerke für die Außenbeleuchtung ein dediziertes Netzwerkkabel, was ein RS-485-Link sein kann. Allerdings ist die Option eines zusätzlichen Signalkabels neben der Stromverkabelung aufgrund der anfallenden Kosten für Beschaffung und Installation unattraktiv. Mit der Power Line Communication (PLC) können Steuerungssignale durch das gleiche Kupferkabel wie der Strom übertragen werden. Rauschen und Interferenzen mindern allerdings die Zuverlässigkeit der PLC-Systeme über herkömmliche Stromleitungen. Im Gegensatz dazu ermöglicht der Einsatz von drahtloser HF-Kommunikation Kosten und Zeitaufwand für die Datenverkabelung. Zudem hilft das Channel-Hopping, dass Störungen gar nicht erst auftreten.

Allerdings sind die notwendigen Netze für eine LED-Straßenbeleuchtung durch große Entfernungen gekennzeichnet. Die große Ausdehnung eines Beleuchtungsnetzes lässt die Gesamtstrecke von der zentralen Kontrollstation zum am weitesten entfernten Knoten stark anwachsen. Aus Kostengründen sollte die Übertragung von HF-Signalen auf dem lizenzfreien ISM-Band erfolgen. Mobilfunknetze garantieren zwar ebenfalls die WAN-Abdeckung, aber die Kosten für Ausstattung und monatliche Datentarife schließen diesen Lösungsansatz für den Ein-

satzbereich von kostensensitiven Beleuchtungsanwendungen aus. Das ISM-Funkband hat in der Regel eine maximale Reichweite von 2 km. Der Einsatz einer Wide-Area-Lösung erfordert daher ein Kommunikationsprotokoll, das Multipath-Routing der Datenpakete unterstützt. In einem solchen Modell leiten Zwischenknoten die Daten an Knoten am Rande des Netzes weiter und gleichzeitig lassen sich Übertragungsfehler durch Kollisionen zwischen den Paketen vermeiden.

## Das Netzwerk-Protokoll verhindert Kollisionen

Für eine neue Straßenbeleuchtungsanlage in Ungarn hat Future Electronics beratend unterstützt und eine Lösung empfohlen, die auf einem ISM-Bandbreiten-Modell ansetzt. Dabei wurden hunderte von Beleuchtungseinheiten über ein Wide Area-Netz verteilt an eine Steuereinheit angebunden. Die bei der Installation auf einer kleinen Zahl von Einheiten eingesetzten Foto-Sensoren helfen dabei, nahe gelegene Beleuchtungseinheiten über Lichtsensoren zu steuern. Nah beieinander gelegenen Einheiten sind einem ähnlichen Umgebungslicht ausgesetzt. Das kann bei der Installation berücksichtigt werden. In dieser Installation enthält jede Beleuchtungseinheit einen SPIRIT1-RF-Transceiver von STMicroelectronics, der für den Betrieb in unterschiedlichen Frequenzen unter 1 GHz konfiguriert werden kann. Im gesteigerten Power-Modus mit 16 dBm maximaler Sendeleistung kann das Modul im offenen Gelände Daten bis zu 3 km übertragen. Diese Reichweite variiert je nach der vom Anwender gewählten Bit-Rate und der Konfiguration der Übertragungsleistung.

Das Bild 1 zeigt das Hardware-Design jedes Straßenbeleuchtungsknotens. Die Stromversorgung ist so konfiguriert, dass die analogen Gleichspannungssignale 0-10V oder 1-10V über einen Mikrocontroller-PWM-Kanal gesteuert werden. Über diese analoge Spannung wird das Dimmen der LED-Lichtquelle geregelt. Wird ein solches Multipath-HF-Netzwerk errichtet, muss das Kommunikationsprotokoll folgende Eigenschaften unterstützen:

- Konfliktlösungsfunktion
- Paket-Wiederholung
- Routen-Zuordnung und Optimierung
- Insel-Betriebsmodus im Falle einer Kommunikationsstörung
- Fehlfunktionsreports

Im Installationsbeispiel galt es eine Lösung für zwei häufig auftretende Herausforderungen in einem Multipath-Drahtlosnetzwerk zu unterbinden, die mit verborgenen und exponierten Knoten einhergehen. Bei einem komplexen Netzwerk werden Pakete durch eine Serie von Knoten übertragen, wobei jeder Knoten die Nachricht wiederum an seinen benachbarten Knoten weiterreicht. Im Unterschied zu einem sternförmigen Netzwerk hat die Topologie keinen zentralen Hub oder Router, der das Timing und Routing von jeder Übermittlung regeln könnte. Im Falle eines verborgenen Knotens hat A keine Sicht auf C; sowohl A und C könnten beide versuchen, zum gleichen Zeitpunkt nach B zu übertragen und damit einen Konflikt durch eine fehlgeschlagene Übertragung herbeiführen (Bild 2). In der Problemstellung mit dem exponierten Knoten verlangt A nach der Berechtigung eine Nachricht an B zu schicken. Wenn B diese Berechtigung an A erteilt meint C, dass der Kanal belegt ist und verzögert die anstehenden Nachrichten an D, obwohl der Kanal zwischen C und D gar nicht beschäftigt ist.

Einer der Vorteile des SPIRIT1-Transceivers besteht darin, dass die Paketstruktur das

Bilder: Future Electronics

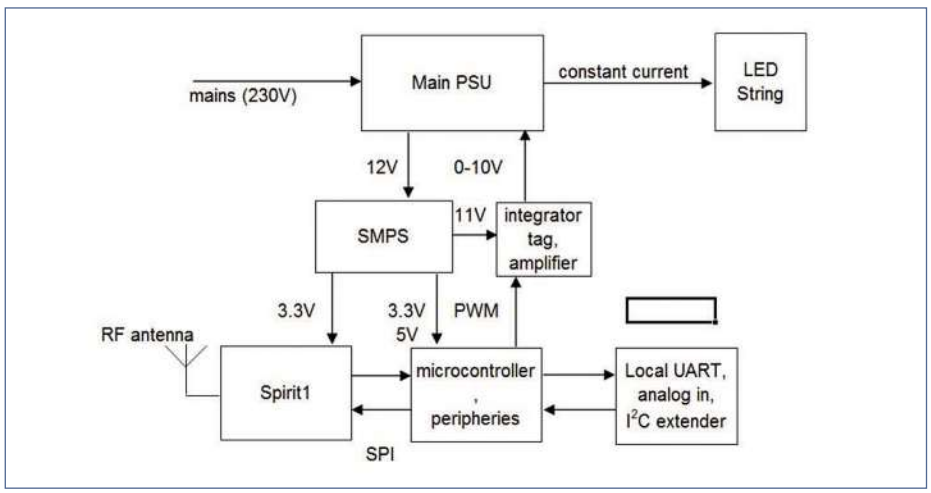



***Bild 1:*** *Blockschaltbild einer Straßenleuchte, die über den SPIRIT1-HF-Transceiver kommuniziert.*

**elektromobilität PRAXIS**

...von den Rahmenbedingungen zum technischen Fachwissen

...vom Leistungshalbleiter zur Ladeinfrastruktur

08691

Mit Themen aus

Forschung | Entwicklung
Konstruktion | Fertigung
Markt | Politik | Gesellschaft
Umwelt

elektromobilität PRAXIS ist das Online-Portal für Ingenieure im Bereich Elektromobilität.

Sie finden dort tiefgehendes Fachwissen zu den Herausforderungen bei der Entwicklung, Konstruktion und Fertigung von Elektrofahrzeugen sowie aktuelle News, Informationen und Fakten aus der Branche.

emoPRAXIS
www.elektromobilität-praxis.de

**---> www.elektromobilität-praxis.de**



Vogel Business Media www.vogel.de

erweiterte Anti-Kollisions-Netzwerkprotokoll unterstützt. Damit lässt sich das Problem der verborgenen Knoten beseitigen (Bild 3). Die Präambel hat eine Synchronisations-Funktion inne, wohingegen „Credit" für die Spezifizierung des Zustands des Pakets sorgt, so dass eine endlose Zirkulation von Paketen unterbunden wird. Die Priorität wird durch den dritten Block angezeigt. Die Quell- und Ziel-Blöcke enthalten die Quell- und Ziel-Adressen. Der Control-Block enthält die Beschreibung des Kontroll-Byte Pakets. Die Last enthält die eigentliche Information, die es zu übertragen gilt und die „Checksum" kontrolliert abschließend.

Der SPIRIT1 kann in der Hardware bestimmte andere Paket-Strukturen verarbeiten, wie die von Wireless-Metering-Bus-(WM-Bus-)Netzwerken und von STs eigenen STack-Protokollen transportierten Informationen. Jedoch haben sowohl die WM-Bus- als auch die STack-Protokolle 1-Byte-Adressfelder, so dass ein Netzwerk auf ein Maximum von 256 Knoten begrenzt wird. Für weitläufiger angelegte Straßenbeleuchtungsnetze ist dementsprechend ein 2-Byte-Adressfeld erforderlich. Die beispielhaft herangezogene Installation in Ungarn basiert aus auf dem MACAW- (Multiple-Access-with-Collision-Avoidance-for-Wireless-)Protokoll, das von den SPIRIT1-Transceivern unterstützt wird. Eine MACAW-Übertragung folgt diesem Prozess: 1. Der Absender überträgt einen Request to Send und fragt damit, ob er ein Paket an den Empfänger senden kann. Dadurch schweigen alle Knoten rund um den Absender temporär, um eine Kollision zu vermeiden. 2. Der RTS-Frame enthält die Adresse des Empfängers. Erhält der Empfänger die Nachricht, sendet dieser einen Clear-to-Send-Frame. Jetzt ist der Empfänger für das Paket bereit. 3. Der Absender sendet das Datenpaket an den Empfänger. 4. Der Empfänger antwortet mit einem ACK oder NACK-Rahmen und bestätigt damit dem Absender den Empfang oder alternativ wenn der Frame nicht eingegangen ist. Mit dem MACAW-Protokoll lassen sich sowohl die Probleme der verborgenen also auch exponierten Knoten bewältigen. Ein verborgener Knoten kann möglicherweise den RTS-Frame des Senders nicht erhalten, aber er kann den CTS-Frame des Empfängers aufnehmen und darauf aufbauend inaktiv bleiben, um den Kanal zwischen Sender und Empfänger nicht zu blockieren. Bei einem exponierten Knotens kann A zeitgleich ein RTS an B schicken und D ein RTS an C sende, was eine Kollision verursacht.

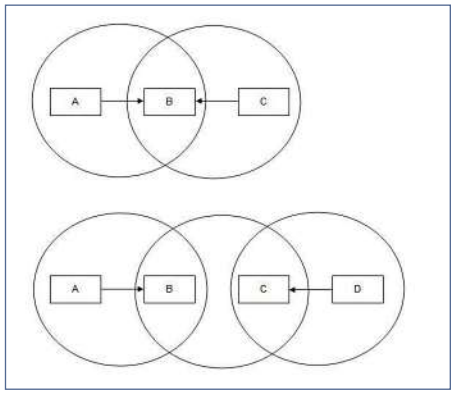



***Bild 2:*** *Versteckter (oben) und exponierter Knoten und die daraus entstehenden Probleme.*

***Bild 3:*** *Die schematische Struktur eines SPIRIT1-Pakets.*

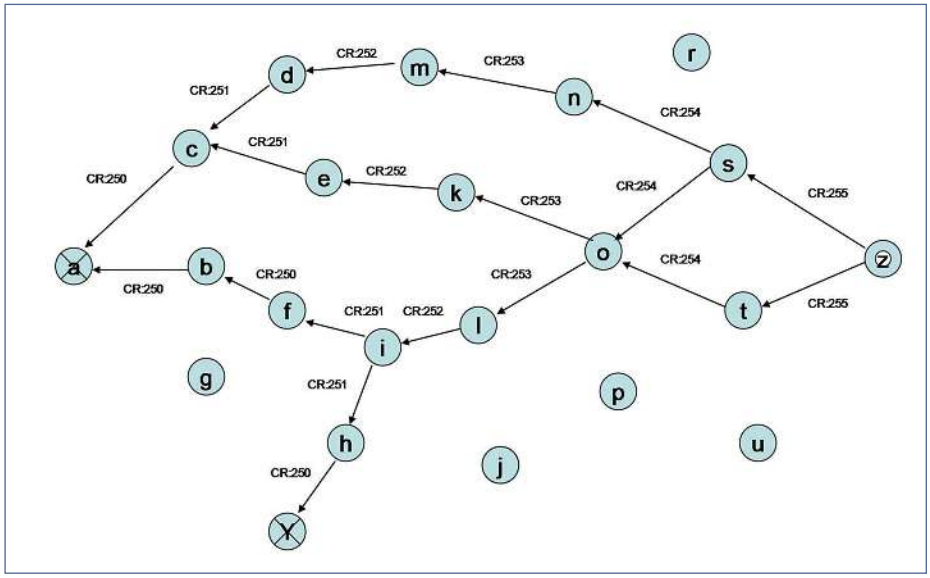



***Bild 4:*** *Die Routing-Fähigkeit des MACAW-Protokolls ermöglicht es, die Netzkapazität effizient zu nutzen.*

## Schnelle Datenübertrag mit durchdachtem Routing

Das MACAW-Netzwerk beherrscht intelligente Routings. Alle Knoten sind im Empfangsbereich von einem oder mehreren Knoten. Immer wenn ein neuer Knoten an das Netzwerk angeschlossen wird, sendet er eine Suchmeldung an seine benachbarten Knoten, die dieses Signal weiterleiten, bis es den Netzwerk-Access-Point erreicht. Am Beispiel der Straßenbeleuchtung handelt es sich um ein drahtloses Gateway, der im Kontrollzentrum des Betreibers steht. Wird die Nachricht weitergeleitet, reduziert sich der Kredit-Wert um einen Faktor und der Wert der Stärke des empfangenen Signals und die zu routenden Daten werden zu dem Paket hinzugefügt (Bild 4). Der Kredit-Score beginnt bei 256, so dass sich theoretisch linearer 256 km End-to-End abdecken lassen, wenn 256 Knoten in Reihe geschaltet werden und diese 1 km voneinander entfernt stehen. Mehrere Discovery-Pakete kommen dann an dem Access Point an. Er wählt die Route des neuen Knotens, die die beste Kombination von Features bietet. Dazu gehört der höchste Kredit-Score oder eine ausreichende Signalstärke zu allen Knoten. Der Pfad wird in Zukunft für die gesamte Kommunikation zwischen dem Access Point und dem neuen Knoten verwendet.

Intelligentes Routing führt zu einer besseren Netzwerkleistung als Mesh-Netze. Im Mesh-Netz herrscht ein Überfluss an Datenverkehr. In einem komplexen Mesh-Netzwerk kann es bis zu 30 Minuten dauern, bis ein Paket von einem Ende des Netzes zur anderen Seite wandert. Das Pfad-Management eines Netzwerks, das vom MACAW-Protokoll unterstützt wird, verursacht viel weniger Datenverkehr. Somit sind kürzere Übertragungszeiten zuverlässig einzuhalten, in dem in einem Netzwerk von hunderten von Knoten und einer Ausbreitung von 100 km Daten nur den Bruchteil einer Sekunde benötigen. // **HEH**

**Future Electronics**
+49(0)89 957270

## Kostenloses DIGITAL-KOMPENDIUM

# Messtechnik-Grundlagen

**Jetzt als ePaper lesen!**

- Grundlagenbeiträge
- Fachartikel
- Applikationsbeispiele
- Referenzdesigns
- Design-Tipps
- weiterführende Informationen als Online-Verlinkung

Lesen Sie das gesammelte ELEKTRONIKPRAXIS-Wissen auf Ihrem PC, Laptop oder iPad und sichern Sie sich kostenlos Ihr gedrucktes Kompendium* unter

**www.elektronikpraxis.de/messtechnik-kompendium**

*limitierte Auflage

19860

## Lesen Sie auch unsere anderen Digital-Kompendien:

**Antriebstechnik & Antriebselektronik**
www.elektronikpraxis.de/antriebstechnik-kompendium

**Power Design & Stromversorgungen**
www.elektronikpraxis.de/powerdesign-kompendium

**Die 10 großen Irrtümer in der PCB-Entwicklung**
www.elektronikpraxis.de/leiterplattentechnik-kompendium

**CompactPCI Serial - der Star auf der Embedded-Bühne**
www.elektronikpraxis.de/compactpci-serial-kompendium

**Analoge Schaltungstechnik**
www.elektronikpraxis.de/analogtechnik-kompendium

ELEKTRONIK PRAXIS

# Inserenten


Beck GmbH & Co. Elektronik Bauelemente KG ..... 37
Beta LAYOUT GmbH ..... 5

Codico GmbH ..... 17

Digi-Key Corp ..... 1.US, 2.US, 7
Dipl. Ing. Ernest Spirig ..... 29

EKL AG ..... 25
Emtron electronic GmbH ..... 27
euroLighting GmbH ..... 29

Fischer Elektronik GmbH & Co. KG ..... 19

GL OPTIC Just Normlicht GmbH ..... 29

inpotron Schaltnetzteile GmbH ..... 39

KINGBRIGHT ELECTRONIC EUROPE GmbH ..... 23

LPKF Laser & Electronics AG ..... 21

MENTOR GmbH & Co. Präzisions-Bauteile KG ..... 35
MSC Technologies GmbH ..... 11

Panasonic Electric Works Europe AG ..... 3

Schukat Electronic Vertriebs GmbH ..... 33, 43
Seoul Semiconductor Europe GmbH ..... 13
SEPA Europe GmbH ..... 31

WAGO Kontakttechnik GmbH & Co. KG ..... 4.US

Scannen & direkt verbunden werden

Ab sofort finden Sie ELEKTRONIKPRAXIS auch auf dem Smartphone. News aus der Elektronikbranche, Produktinformationen und Bildergalerien – immer aktuell, 24/7 verfügbar.

**---> mobil.elektronikpraxis.de**

ELEKTRONIK PRAXIS

Vogel Business Media www.vogel.de


# Impressum


ELEKTRONIK PRAXIS

## REDAKTION

**Chefredakteur:** Johann Wiesböck (jw), V.i.S.d.P. für die redaktionellen Inhalte, Ressorts: Zukunftstechnologien, Kongresse, Kooperationen, Tel. (09 31) 4 18-30 81
**Chef vom Dienst:** David Franz (df), Ressorts: Beruf, Karriere, Management, Tel. -30 97
**Verantwortlich für dieses Sonderheft:** Hendrik Härter (heh)
**Redaktion München:** Tel. (09 31) 4 18-
Sebastian Gerstl (sg), ASIC, Entwicklungs-Tools, Mikrocontroller, Prozessoren, Programmierbare Logik, SOC, Tel. -30 98;
Franz Graser (fg), Prozessor- und Softwarearchitekturen, Embedded Plattformen, Tel. -30 96;
Martina Hafner (mh), Produktmanagerin Online, Tel. -30 82;
Hendrik Härter (heh), Messtechnik, Testen, EMV, Medizintechnik, Laborarbeitsplätze, Displays, Optoelektronik, Embedded Software Engineering, Tel. -30 92;
Holger Heller (hh), ASIC, Entwicklungs-Tools, Embedded Computing, Mikrocontroller, Prozessoren, Programmierbare Logik, SOC, Tel. -30 83;
Gerd Kucera (ku), Automatisierung, Bildverarbeitung, Industrial Wireless, EDA, Leistungselektronik, Tel. -30 84;
Thomas Kuther (tk), Kfz-Elektronik, E-Mobility, Stromversorgungen, Quarze & Oszillatoren, Passive Bauelemente, Tel. -30 85;
Kristin Rinortner (kr), Analogtechnik, Mixed-Signal-ICs, Elektromechanik, Relais, Tel. -30 86;
Margit Kuther (mk), Bauteilebeschaffung, Distribution, E-Mobility, Tel. -30 99;
**Freie Mitarbeiter:** Prof. Dr. Christian Siemers, FH Nordhausen und TU Clausthal; Peter Siwon, MicroConsult; Sanjay Sauldie, EIMIA; Hubertus Andreae, dreiplus
**Verantwortlich für die FED-News:** Jörg Meyer, FED, Alte Jakobstr. 85/86, D-10179 Berlin, Tel. (0 30) 8 34 90 59, Fax (0 30) 8 34 18 31, www.fed.de
**Redaktionsassistenz:** Eilyn Dommel, Tel. -30 87
**Redaktionsanschrift:**
München: Grafinger Str. 26, 81671 München, Tel. (09 31) 4 18-30 87, Fax (09 31) 4 18-30 93
Würzburg: Max-Planck-Str. 7/9, 97082 Würzburg, Tel. (09 31) 4 18-24 77, Fax (09 31) 4 18-27 40
**Layout:** Agentur Print/Online

**ELEKTRONIKPRAXIS ist Organ des Fachverbandes Elektronik-Design e.V. (FED).**
**FED-Mitglieder erhalten ELEKTRONIKPRAXIS im Rahmen ihrer Mitgliedschaft.**

## VERLAG

Vogel Business Media GmbH & Co. KG, Max-Planck-Straße 7/9, 97082 Würzburg,
**Postanschrift:**
Vogel Business Media GmbH & Co. KG, 97064 Würzburg
Tel. (09 31) 4 18-0, Fax (09 31) 4 18-28 43
**Beteiligungsverhältnisse:** Vogel Business Media Verwaltungs GmbH,
Kommanditistin: Vogel Medien GmbH & Co. KG, Max-Planck-Straße 7/9, 97082 Würzburg
**Geschäftsführung:** Stefan Rühling (Vorsitz), Florian Fischer, Günter Schürger
**Publisher:** Johann Wiesböck, Tel. (09 31) 4 18-30 81, Fax (09 31) 4 18-30 93
**Verkaufsleitung:** Franziska Harfy, Grafinger Str. 26, 81671 München,
Tel. (09 31) 4 18-30 88, Fax (09 31) 4 18-30 93, franziska.harfy@vogel.de
**Stellv. Verkaufsleitung:** Hans-Jürgen Schäffer, Tel. (09 31) 4 18-24 64, Fax (09 31) 4 18-28 43, hans.schaeffer@vogel.de
**Key Account Manager:** Claudia Fick, Tel. (09 31) 4 18-30 89 , Fax (09 31) 4 18-30 93, claudia.fick@vogel.de
**Crossmedia-Beratung:** Susanne Müller, Tel. (09 31) 4 18-23 97, Fax (09 31) 4 18-28 43 susanne.mueller@vogel.de
Annika Schlosser, Tel. (09 31) 4 18-30 90, Fax (09 31) 4 18-30 93, annika.schlosser@vogel.de
**Marketingleitung:** Elisabeth Ziener, Tel. (09 31) 4 18-26 33
**Auftragsmanagement:** Claudia Ackermann, Tel. (09 31) 4 18-20 58, Maria Dürr, Tel. -22 57;
**Anzeigenpreise:** Zur Zeit gilt Anzeigenpreisliste Nr. 49 vom 01.01.2015.
**Vertrieb, Leser- und Abonnenten-Service:** DataM-Services GmbH,
Franz-Horn-Straße 2, 97082 Würzburg, Carsten Lurz, Tel. (09 31) 41 70-4 88, Fax -4 94, clurz@datam-services.de, www.datam-services.de.
**Erscheinungsweise:** 24 Hefte im Jahr (plus Sonderhefte).
**Verbreitete Auflage:** 38.312 Exemplare (II/2015).
Angeschlossen der Informationsgemeinschaft zur Feststellung der Verbreitung von Werbeträgern – Sicherung der Auflagenwahrheit.
**Bezugspreis:** Einzelheft 12,00 EUR. Abonnement Inland: jährlich 230,00 EUR inkl. MwSt. Abonnement Ausland: jährlich 261,20 EUR (Luftpostzuschlag extra). Alle Abonnementpreise verstehen sich einschließlich Versandkosten (EG-Staaten ggf. +7% USt.).
**Bezugsmöglichkeiten:** Bestellungen nehmen der Verlag und alle Buchhandlungen im In- und Ausland entgegen. Sollte die Fachzeitschrift aus Gründen, die nicht vom Verlag zu vertreten sind, nicht geliefert werden können, besteht kein Anspruch auf Nachlieferung oder Erstattung vorausbezahlter Bezugsgelder. Abbestellungen von Voll-Abonnements sind jederzeit möglich.
**Bankverbindungen:** HypoVereinsbank, Würzburg (BLZ 790 200 76) 326 212 032,
**S.W.I.F.T.-Code:** HY VED EMM 455, IBAN: DE65 7902 0076 0326 2120 32
**Herstellung:** Andreas Hummel, Tel. (09 31) 4 18-28 52,
Frank Schormüller (Leitung), Tel. (09 31) 4 18-21 84
**Druck:** Vogel Druck und Medienservice GmbH, 97204 Höchberg.
**Erfüllungsort und Gerichtsstand:** Würzburg
**Manuskripte:** Für unverlangt eingesandte Manuskripte wird keine Haftung übernommen. Sie werden nur zurückgesandt, wenn Rückporto beiliegt.
**Internet-Adresse:** www.elektronikpraxis.de www.vogel.de
**Datenbank:** Die Artikel dieses Heftes sind in elektronischer Form kostenpflichtig über die Wirtschaftsdatenbank GENIOS zu beziehen: www.genios.de

## VERLAGSBÜROS

**Verlagsvertretungen INLAND:** Auskunft über zuständige Verlagsvertretungen:
Tamara Mahler, Tel. (09 31) 4 18-22 15, Fax (09 31) 4 18-28 57; tamara.mahler@vogel.de.
**AUSLAND: Belgien, Luxemburg, Niederlande:** SIPAS, Peter Sanders, Sydneystraat 105, NL-1448 NE Purmerend, Tel. (+31) 299 671 303, Fax (+31) 299 671 500, peter.sanders@vogel.de.
**Frankreich:** DEF & COMMUNICATION, 48, boulevard Jean Jaurès, 92110 Clichy,
Tel. (+33) 14730-7180, Fax -0189.
**Großbritannien:** Vogel Europublishing UK Office, Mark Hauser, Tel. (+44) 800-3 10 17 02, Fax -3 10 17 03, mark.hauser@comcast.net, www.vogel-europublishing.com.
**USA/Canada:** VOGEL Europublishing Inc., Mark Hauser, 1632 Via Romero, Alamo, CA 94507, Tel. (+1) 9 25-6 48 11 70, Fax -6 48 11 71.



***Copyright:*** *Vogel Business Media GmbH & Co. KG. Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck, digitale Verwendung jeder Art, Vervielfältigung nur mit schriftlicher Genehmigung der Redaktion. Nachdruck und elektronische Nutzung: Wenn Sie Beiträge dieser Zeitschrift für eigene Veröffentlichung wie Sonderdrucke, Websites, sonstige elektronische Medien oder Kundenzeitschriften nutzen möchten, erhalten Sie Information sowie die erforderlichen Rechte über http://www.mycontentfactory.de, (09 31) 4 18-27 86.*

Vogel Business Media

SPONSOREN

ALPHA-Numerics

RITTAL

10816

# COOLING DAYS

## Elektronikkühlung + Wärmemanagement

20. – 22. Oktober 2015, Vogel Convention Center VCC, Würzburg

## www.cooling-days.de

Kompaktere Applikationen und stetig steigende Leistung: die Auslegung des Wärmemangements ist kein leicht zu lösendes Problem. Auf dem Fachkongress „Cooling Days“ erleben Sie aktuelle Lösungen und Best Practices aus der Industrie, dank derer Ihr Device und Sie cool bleiben.

VERANSTALTER

ELEKTRONIK PRAXIS Akademie

# So klein kann groß sein.

**Die SMD-Leiterplattenklemmen-Familie**

www.wago.com/SMD

WE INNOVATE!

WAGO®