Zeitschrift: Bulletin Electrosuisse
Herausgeber: Electrosuisse, Verband für Elektro-, Energie- und Informationstechnik
Band: 107 (2016)
Heft: 1

Artikel: LED-Beleuchtung : quo vadis?
Autor: Pier, Harald
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-857074

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

LED-Beleuchtung – quo vadis?

Technologische Entwicklungen führen zu neuen Möglichkeiten

Leuchtdioden sind schon lange bekannt. Sie wurden zunächst als Lämpchen zur Statusanzeige eingesetzt, konnten später dank der Entwicklung von blauen LEDs auch zur Erzeugung von weissem Licht für Beleuchtungszwecke eingesetzt werden. Die Energieeffizienz und Lichtausbeute steigen kontinuierlich, die Lichtquellen werden kleiner und ermöglichen heute auch Lösungen in Objekten, die eigentlich anderen Funktionen dienen, wie die Taschenlampenfunktion im Smart Phone beweist.

Harald Pier

Leuchtdioden (LEDs) kennen wir schon lange, beispielsweise als Indikatorlämpchen an elektrischen Geräten oder im Auto. Zunächst halfen die neuartigen Eigenschaften der LED weniger preissensitive (und lichthungrige) Anwendungen zu erschliessen, bei denen Aspekte wie Styling oder Sicherheit im Vordergrund standen; bereits vor mehr als 20 Jahren gab es die ersten hochgesetzten Bremsleuchten, ausgestattet mit der neuen Technologie!

Etwa um diese Zeit herum gelang es schliesslich, auch blaue LEDs zur Serienreife zu bringen. Damit waren die Voraussetzungen geschaffen, weisses Licht zu erzeugen. Ein Schritt fehlte jedoch noch – nämlich die Erfindung der Hochleistungs-LED (HP-LED) um die Jahrhundertwende. Dieses radikal andere Konzept mit dem Schwerpunkt auf optimale Entwärmung und optische Eigenschaften des LED-Package initiierte den Siegeszug der LED.

Einsatz der HP-LED

Wieder war es die Automobil-Industrie, die sich als eine der ersten für diese Fortschritte interessierte. Bereits wenige Jahre später, 2004, fand die HP-LED als Tagfahrlicht Eingang in die Serie, und nur vier Jahre danach rollte bereits der erste Voll-LED-Scheinwerfer im Audi R8 auf der Strasse. Heute sind wir bereits zwei Generationen weiter. Nun kommen auch Laserlicht und LED-Matrixlösungen zum Einsatz, um immer eine optimale Ausleuchtung der Fahrbahn zu garantieren.

Die LED-Technologie profitierte enorm von zusätzlichen Anwendungsbereichen parallel zum Einsatz in Fahrzeugen. Die beiden wichtigsten sind der Blitzlichtersatz in Mobiltelefonen und die Hintergrund-Beleuchtung für grossformatige TV oder Monitore. Bei letzteren gab es innerhalb weniger Jahre einen kompletten Schwenk hin zu LEDs, weg von den bis dahin üblichen CCFL-Röhren.

Umwälzungen in der Beleuchtungsindustrie

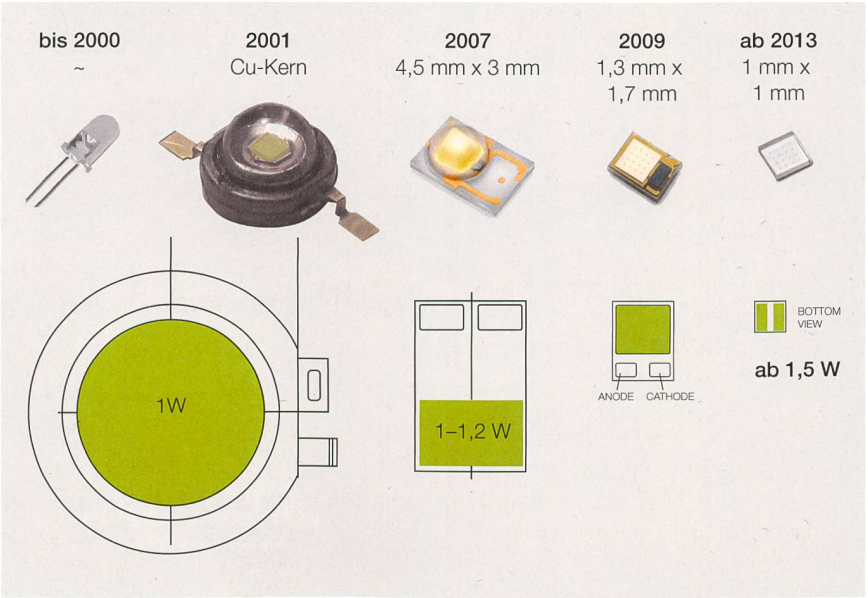
In der Beleuchtungsindustrie befinden wir uns ebenfalls in diesem Wandel – die meisten Leuchtenhersteller erzielen bereits heute die Hälfte oder mehr ihres Umsatzes mit Produkten basierend auf LED-Technologie.

Seit der Erfindung der HP-LED ist ihre Effizienz um mehr als eine Grössenordnung gestiegen, die Lichtqualität deutlich besser. Ihr Preis ist hingegen um über 80 % zurückgegangen. Als Resultat sind heute fast überall LED-Leuchten in der Gesamtkostenrechnung günstiger als konventionelle. Aus dieser Sicht spricht also nichts mehr gegen LED-Beleuchtung! Doch welche Innovationen und technologischen Veränderungen stehen uns noch bevor?

Fangen wir bei den Komponenten an: Die LED-Hersteller bieten zunehmend kleinere Packages an, bis hin zu praktisch packagelosen LEDs (chip scale package, CSP). Dadurch reduzieren sich deren Kosten, allerdings wird die mechanische, thermische und optische Einbindung umso wichtiger. Auf **Bild 1** sind die thermischen Kontaktflächen verschiedener Generationen von HP-LEDs dargestellt und die sich daraus ergebende Wärmestromdichte in **Bild 2**.

Neue Herausforderungen

Über die letzten drei HP-LED-Generationen hat die Wärmestromdichte also trotz gestiegener Effizienz um das Zwanzigfache zugenommen! Die zu lötende Fläche wird immer kleiner, was nach einer präzisen Verarbeitung und Prozessführung, aber auch teureren Leiterplatten verlangt. Damit sind Elektronikfertiger



Pier

Bild 1 Entwicklung der HP-LED-Packages und ihrer thermischen Pfade (grün).

Pier

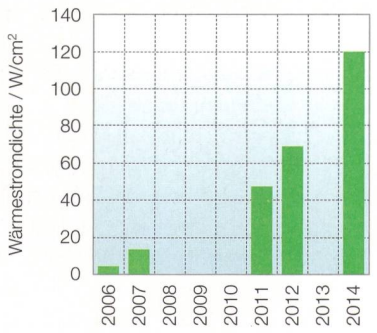


Bild 2 Entwicklung der Wärmestromdichte.

und Integratoren weit mehr gefordert als bisher. Es ergeben sich jedoch auch neue optische Möglichkeiten, da durch das extrem kompakte Package die leuchtende Oberfläche des LED-Chips unmittelbar zugänglich ist. Damit verbessert sich die Kontrolle über das emittierte Licht. Bestücker, die sich mit diesen Herausforderungen beschäftigen, werden darin ein lohnendes Betätigungsfeld erkennen!

Obwohl erst die HP-LEDs Beleuchtungsanwendungen ermöglicht haben, sind diese in einigen Bereichen – vorübergehend – bereits wieder auf dem Rückzug. Andere LED-Typen breiten sich zunehmend aus. Mid- und Low-Power LEDs verdrängen HP-LEDs von geringeren Leistungen her kommend, da sie aufgrund ihrer weniger aufwendigen Herstellung ein günstigeres Verhältnis Lichtstrom zu Preis aufweisen. Zudem sind mit ihnen die optischen Anforderungen gerade bei flächigen Leuchten, also die homogene Ausleuchtung mit hoher Effizienz, leichter zu erfüllen. Sogenannte Chip-on-Board (CoB) LEDs mit Lichtströmen von 15 000 lm und mehr aus einem einzigen Package sind wiederum geeignet, um viele HP-LEDs auf einmal zu ersetzen, um z.B. Strassenleuchten oder High-Bay-Lösungen zu realisieren.

Wir erkennen jetzt, dass die Entwicklung bei den Komponenten grossen Einfluss auf die Lösungsansätze bei den Systemen hat. Wie wird diese Entwicklung weitergehen und welche Beleuchtungssysteme resultieren daraus? Dazu betrachten wir die folgenden Grössen und ihren Einfluss:

- Effizienz (lm/W)
- Kosten (lm/CHF)
- Miniaturisierung (lm/mm²)

Mit dem zunehmenden Preisverfall und dem Effizienzgewinn der LEDs werden sich die Beleuchtungslösungen in den nächsten Jahren grundlegend verändern. Heute wird oft noch nach der minimalen Anzahl von LEDs gesucht, um eine Beleuchtungsaufgabe einschliesslich der gewünschten Lebensdauer und Lichtqualität auszuführen. Dies wird jedoch immer weniger der Fall sein. Eine Leuchte wird zusätzliche LEDs enthalten, die z.B. für die Änderung der Farbtemperatur, Farbstimmungen, Dimmen, zusätzliche Spotbeleuchtung oder andere variable Lichtverteilungen, Nachtszenarien, Hinweisfunktionen, oder auch für optische Kommunikation zuständig sind. Sensorik, Intelligenz zur Beurteilung der Sensordaten sowie Kommunikation (Internet der Dinge, «IoT») sind dafür essenzielle Voraussetzungen. Letzten Endes dient Beleuchtung dem Zweck, das Wohlbefinden des Menschen auf allen Ebenen zu fördern; er steht also im Mittelpunkt, was mit der Bezeichnung «Human Centric Lighting» treffend umschrieben wird. Gemeint ist damit die Anpassung der Beleuchtung in Helligkeit, Lichtfarbe und Lichtszenario an die Tageszeit. Aber auch medizinische Aspekte wie die Empfindlichkeit der Netzhaut gegenüber Blau- und UV-Licht werden aktuell untersucht.

Trend zur Integration

Die Entwicklung wird aber nicht bei besseren, funktionaleren und ästhetischeren Leuchten stehen bleiben. Vielmehr ist dies nur ein Zwischenschritt. Bereits sind einige Ansätze erkennbar, Licht zum Bestandteil von Oberflächen und Materialien zu machen, es also in die bereits vorhandene Infrastruktur zu integrieren. Beispiele dafür wurden bereits vorgestellt; dazu gehört Licht aus textilen Materialien ebenso wie aus Bodenbelägen, Tapeten, Fliesen, Beton, oder Deckenelementen (Bild 3).

Allerdings bedingt diese Art von Integration einen völlig anderen Ansatz beim Aufbau und der Verarbeitung der lichtabgebenden Komponenten, also den LEDs. Stromzuführung und Entwärmung werden in vielen der oben genannten Fällen nicht mehr über konventionelle Leiter-

Philips

Bild 3 Architektonisch integrierte Lichtlösungen mit LEDs.

Volasystems GmbH

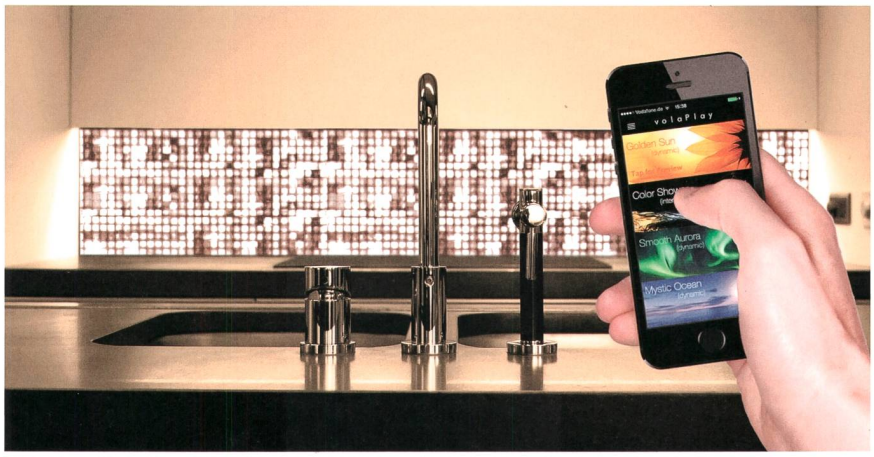


Bild 4 Gebäudeintegrierte LED-Lösung mit IoT-Programmierung der Stimmung (Farbe und Helligkeit).

platten erfolgen können. Die LED-Chips müssen – ohne Package – unmittelbar in die lichtabgebende Struktur eingebettet werden können. Das erfordert ein Umdenken in der gesamten Herstellungs- und Lieferkette. Das Packaging miniaturisierter LED-Chips («Dies» genannt) würde die Einbettung und elektrische Kontaktierung in lichtführende Fasern beinhalten – oder aber über als Fasern ausgebildete OLEDs realisiert werden. Die dritte Möglichkeit wäre die Einkopplung von Licht in Fasern mit Hilfe sogenannter «Light Engines».

Grössere Gestaltungsfreiheit

Diese Variante, die aufgrund ihrer Vorteile immer mehr Freunde finden wird, baut auf die Miniaturisierung leistungsstarker und hocheffizienter Lichtquellen. Mit derartigen Lichtquellen würde die gestalterische Freiheit für alle Leuchtobjekte dramatisch verbessert und völlig neue Möglichkeiten der Beleuchtung würden eröffnet. Beispiele hierfür sind hochreflektierende, angestrahlte Flächen oder auch Flächen nahezu beliebiger Form, bei denen das Licht an einer oder mehreren Stellen in eine lichtführende Schicht eingekoppelt werden kann.

Die noch steigende Effizienz, die weiter sinkenden Kosten sowie die fortschreitende Miniaturisierung sorgen aber auch dafür, dass Beleuchtungsfunktionen in Objekte integriert werden, die primär einem anderen Zweck dienen – Licht als Zusatzfunktion, die nur wenig Raum einnimmt, wenig Energie benötigt und auch wenig Kosten verursacht. Die Taschenlampen-Funktion im Smartphone ist ein gutes Beispiel dafür, wie weit die Miniaturisierung bereits fortgeschritten ist. Andere Ideen hierfür wären der Kaffeeautomat mit Umfeldbeleuchtung, Licht abgebende Bilderrahmen, Lüftungselemente, Möbel, usw.

Für die Leuchtenindustrie ist diese Entwicklung der Auftakt zu einer radikalen Transformation der Geschäftsmodelle und -strategie: Was verkaufe ich als Leuchtenhersteller, wenn das Licht aus der Decke oder dem Wandbelag kommt? Welche Geschäftspartner habe ich dann? Fliesenhersteller? Tapeten- und Teppichproduzenten? Mit welchen Stromversorgungen, Kommunikationsprotokollen, Sensoren und welcher Hardware werden derartige «Leuchten» ausgestattet sein? Welche Kernkompetenzen muss ich bereits jetzt aufbauen, um im Markt erfolgreich zu bleiben? Ähnlichen Fragen sehen sich alle Beteiligten der Wertschöpfungskette ausgesetzt, vom LED-Hersteller über den Lichtplaner bis zum Endkunden.

Der kurze Ausflug in die Historie, die dargestellte aktuelle Situation bei den Komponenten und die aufgezeigten Tendenzen bei den Systemen und den daraus resultierenden Produkten sowie die Ergebnisse aus den Entwicklungslabors zeigen, dass in der Lichttechnik eine Ära zu Ende geht. Der von der LED ausgelöste Innovationsschub führt uns in das Zeitalter praktisch materiallosen, digitalen Lichtes, das präzise und wunschgemäss gesteuert und in seinen Eigenschaften angepasst werden kann. Wie beim Smartphone, das verschiedenste Technologien in kompakten Gehäusen integriert, wird auch Licht stark von Sensoren, Kommunikation und Intelligenz beeinflusst werden, um den Nutzern besser zu dienen, um unsere Umwelt und Wahrnehmung zu verbessern, zu Hause und unterwegs.

Technologien, die an Bedeutung gewinnen werden, um diese Zukunft zu ermöglichen, sind Mikrooptik und Photonik, Sensorik, Internet der Dinge (IoT), und nicht zuletzt die Fähigkeit, all diese Technologien präzise, sicher und langlebig zu integrieren. Der Mut, Neues zu versuchen und bei den Ersten zu sein, die diese Zukunft entdecken, wird sich auszahlen.

Autor

Dr. **Harald Pier** berät Unternehmen, die neue Technologien wie LED, generative Herstellungsverfahren oder Internet der Dinge für ihre Produkte nutzbar machen möchten.
1785 Cressier/FR, harald@pier.ch

Anzeige

Mit Erfahrung zum Erfolg

Verstärken Sie Ihr Team mit Expertise – genau dann und solange Sie das entsprechende Know-how benötigen! Expert Service 50+ ist unser neuer exklusiver Personalverleih für die Branche.

www.electrosuisse.ch/expertservice

electro suisse