

Energieeffizienz ist das große Beleuchtungsthema – die Zukunft gehört den smarten LEDs und OLEDs. Und die hat zumindest für die LEDs schon begonnen.



Das weiße LEDs unterschiedliche Lichtfarben produzieren können, zeigt dieses Bild mit drei Wandflutern. Erco löst das Problem durch strenge Selektierung der LEDs und eine softwarebasierte Farbkompensation.

■ Noch vor wenigen Jahren waren LED-Leuchten Exoten – doch die technische Entwicklung macht die kleinen Halbleiterelemente heute salonfähig. Und das nicht nur für Akzent- oder Dekorlichter, sondern auch für die Allgemein- und sogar Freiraumbeleuchtung. So läuft derzeit in Düsseldorf ein Pilotprojekt mit elf LED-Straßenlaternen, die nur noch 50 Prozent des üblichen Strombedarfs aufweisen. Fällt der Test gut aus, so eröffnet sich ein enormes Potenzial für die LED, denn viele Außenleuchten an Straßen

gen der Lichtfarbe. Das musste auch Diehl, Hersteller von Flugzeugkabinen-Beleuchtungssystemen, feststellen. Weder Flugzeughersteller noch Airlines akzeptieren abweichende Farben, auch wenn die LEDs wegen ihrer geringen Einbautiefe und Langlebigkeit große Vorteile bieten.

Denn: Eine LED leuchtet unter Normalbedingungen über 50.000 Stunden lang und wird auch danach nicht plötzlich ausfallen, wie eine Glühlampe dies bereits nach rund 1.000 Stunden tut.

**Dünn, flächig, transparent: OLEDs**  
Während die LEDs auf der Siliziumtechnologie beruhen, die Lichtemission also in einem halbleitenden Siliziumchip erfolgt, dreht sich das Rad der Lichttechnologie schon weiter. In vermutlich drei bis fünf Jahren könnte es dann marktreife OLEDs geben, ganz ohne die aufwändig herzustellenden Siliziumchips. „Organic Light Emitting Devices“ bestehen aus halbleitenden Polymerschichten und arbeiten bereits heute als kleine Displays, etwa in MP3-Playern.

Schwerpunkt **40** Gestalten mit Licht **Elektronen auf dem Sprung**

oder Plätzen sind hoffnungslos veraltet und teuer. In Stuttgart beispielsweise erhellen rund 65.000 Leuchten die Nacht, deren Betriebskosten sich jährlich auf vier Millionen Euro summieren.

Eine andere interessante LED-Anwendung: Museen mit UV-sensiblen Exponaten. Da LEDs monochromatisches Licht ohne Infrarot- oder UV-Anteil emittieren, eignen sie sich für die Inszenierung kleinerer empfindlicher Objekte.

**LEDs – oder: Effizienz hat ihren Preis**  
Noch allerdings ist die LED-Leuchte eine relativ hochpreisige Angelegenheit: Erstens macht eine einzelne LED noch lange keine Leuchte und zweitens sind nach wie vor strenge Selektierungen der Produktionschargen notwendig, um LEDs mit gleicher Lichttemperatur zu erhalten. Der Leuchtenhersteller Erco geht so weit, die LED-Module auszumessen, ihre dominante Wellenlänge, also den Farbton, zu ermitteln, um dann via softwarebasierter Farbkompensation und Dali-Steuerung die Lichtfarben anzupassen. Denn das Auge reagiert bei benachbarten Leuchten sehr sensibel auf Abweichun-

Stattdessen beginnt die Degradation, das heißt, die Lichtausbeute nimmt schleichend ab. Während Glühlampen eine Energieeffizienz von zwölf Lumen je eingesetztem Watt Strom haben und nur fünf Prozent des Energie-Inputs in Licht umsetzen, bringen es LEDs heute bereits auf 75 bis 100 Lumen je Watt. Ein LED-Downlight mit drei Watt Leistung bringt laut Philips die gleiche Lichtleistung wie das 20 Watt starke Halogen-Pendant. Allerdings: Diese Werte werden nur unter optimalen Bedingungen erreicht. Denn entgegen verbreiteter Annahmen entsteht auch bei der LED Abwärme, weil selbst sie den Strom nicht zu 100 Prozent in Licht wandelt. Diese Abwärme geht komplett über den Chip nach hinten ab, da das Licht selbst keinen Infrarotanteil besitzt. Wird das LED-Modul nicht ausreichend gekühlt, so sinkt nicht nur die Effizienz, sondern auch die Lebensdauer.

Die Kosten gehen tendenziell nach unten: Je Dekade, so schätzt man, fallen die Preise um den Faktor zehn, während die Leistung um das 20fache ansteigt. Lichte Aussichten also.

Während die Entwicklung von OLED-Displays vor allem in Asien stattfindet, konzentriert man sich in Europa auf den Einsatz als Beleuchtungsmittel. Die Bundesregierung fördert unter dem Titel OLED 2015 die hiesige Forschung mit 100 Millionen Euro; das EU-Programm OLLA versammelt 24 Institute, Universitäten und Unternehmen aus acht Ländern für die Entwicklung weißer OLEDs mit hoher Effizienz. OLEDs werden aus mehreren Gründen steile Nachfragekurven prophezeit. Erstens: Sie sind extrem dünn. Zweitens: Sie werden in Sachen Energieeffizienz die Kompaktleuchtstofflampe um Längen schlagen. Die augenblicklich verfügbaren Energiesparlampen setzen nur 15 Prozent des Stromes in Licht um, OLEDs sollen 50 Prozent erreichen. Drittens: OLEDs leuchten über ihre ganze Fläche homogen, was sie für Flächenleuchten prädestiniert, die auch transparent sowie dreidimensional geformt sein können.

Im Kern bestehen OLEDs aus mehreren, wenige Nanometer dünnen Schichten halbleitender Polymere, etwa Polyphenylenvinyl (PPV). Verpackt werden diese Polymere zwischen zwei Elektroden, der-



21.900 LEDs illuminieren die Steinernen Brücke in Regensburg höchst energieeffizient. Über die Kosten allerdings schweigt sich Hersteller Osram aus.



Bislang wurden Hinweisschilder mit Leuchtstoffröhren beleuchtet. Mit den Posterbox-Modulen von Philips lässt sich dies nun auch per LED erledigen, was für einen 50 Prozent geringeren Stromverbrauch und homogenere Lichtflächen sorgt.



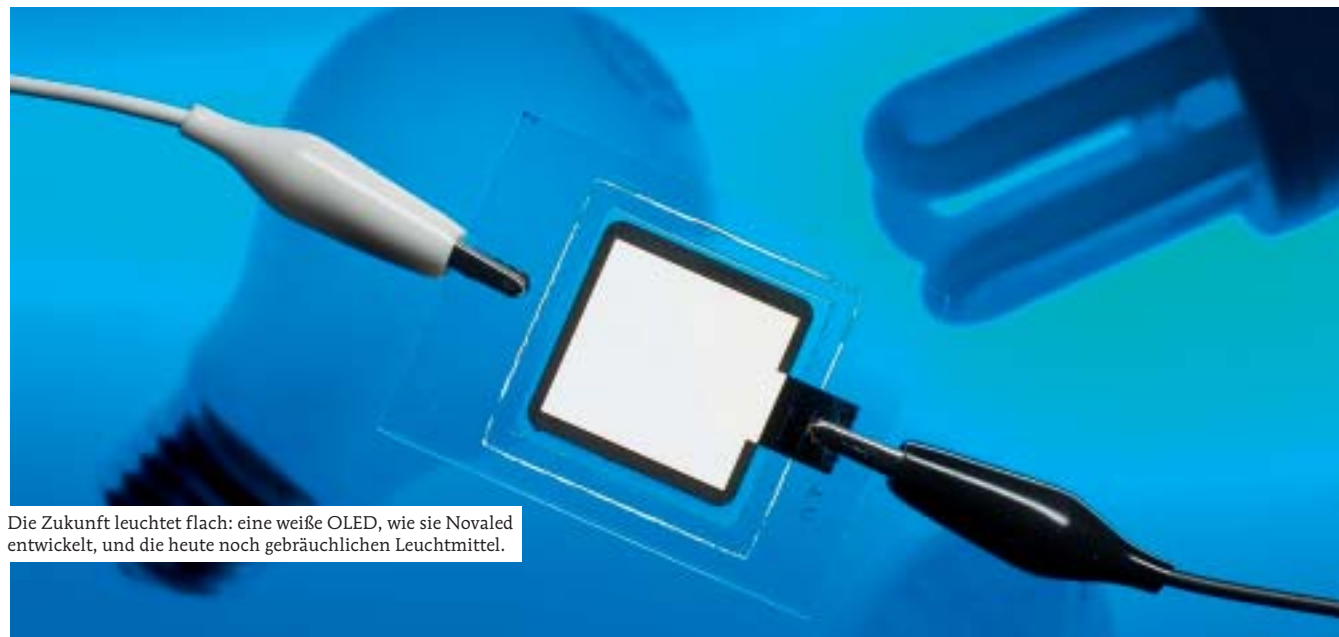
Im Migros-Supermarkt St. Gallen beleuchten 18.000 Hochleistungs-LEDs den Verkaufsraum, außerdem die Tiefkühlvitrinen; da LEDs bei tiefen Temperaturen mit hohem Wirkungsgrad arbeiten und wenig Wärme abgeben.



„StreetSun“ nennt sich diese Laterne von EPS Soltec. Oben gewinnen Solarzellen Energie, darunter strahlen zwölf LEDs mit jeweils 60 Lumen und 0,35 Watt Leistung ihr Licht in einem klar definierten Bereich ab. Weil autark, entfällt die Verlegung von Versorgungskabeln.



Bereits zwei Straßenzüge lassen die Stadtwerke Düsseldorf seit kurzem mit LED-Straßenbeleuchtung erhellen. Für einen 200 Meter langen Straßenabschnitt ist nur noch eine Leistung von 360 Watt notwendig.



Die Zukunft leuchtet flach: eine weiße OLED, wie sie Novalled entwickelt, und die heute noch gebräuchlichen Leuchtmittel.

Foto: Novalled



Und noch ein OLED-Prototyp, hier dank entsprechender Polymerschichten als gelb leuchtendes Exemplar präsentiert.

Foto: Philips



Dieser OLED-Prototyp ist zu 55 Prozent transparent. Derzeit könnten sich damit nach innen leuchtende Fenster realisieren lassen, denn die Flächenlichtquelle kann so modifiziert werden, dass sie nur in eine Richtung abstrahlt.

Foto: Osram

zeit zwischen eine negative Aluminiumelektrode und eine positive, mit leitendem Indiumzinnoxid (ITO) beschichtete Glas- elektrode. Wird nun an den Elektroden eine Gleichspannung angelegt, so entsteht in den Polymeren eine Ladungsverschiebung. Die nur schwach fixierten Elektronen im PPV nehmen Energie auf, beginnen zu wandern und hinterlassen so genannte Löcher. Beim Rückfall der Elektronen in die Löcher, Rekombination genannt, wird die zuvor aufgenommene Energie als Licht abgegeben. Theoretisch kann jedes transparente Material als Substrat für die Elektrode dienen, sofern es sich leitfähig beschichten lässt und die empfindlichen Polymere vor dem Zutritt von Luft und Feuchtigkeit schützt – beides würde die OLED in kurzer Zeit zerstören. Und genau dieser Umstand begrenzt derzeit noch die Lebensdauer und die maximale Größe: Je größer, desto schwieriger fällt die Kapselung.

Noch beschränkt sich die Größe der Prototypen auf maximal 15 mal 15 Zentimeter; nächstes Ziel sind 60 mal 60 Zentimeter. Novalled will bereits OLEDs mit 100 Quadratzentimetern auf Glassubstrat im

Labor hergestellt haben. Doch auch damit ist man von der Vision großflächiger Lichtdecken für Läden, Büros oder Flugzeugkabinen noch weit entfernt. Weitere offene Punkte sind das Alterungsverhalten der PPV-Schichten, etwaige Lichtfarbenverschiebungen sowie letztlich auch das industrielle Produktionsverfahren.

Zur Energieeffizienz und Lebensdauer gibt es derzeit noch sehr unterschiedliche Angaben aus den Labors. Novalled hat bereits eine Effizienz von 100 Lumen pro Watt elektrischer Energie erreicht, allerdings keine Angaben zur Lebensdauer gemacht. Umgekehrt hat das Unternehmen auch schon 100.000 Stunden Betriebszeit für eine OLED publiziert, allerdings bei nur 35 Lumen je Watt. Beide Aspekte scheinen derzeit noch gegenläufig zu sein. Dennoch sehen OLEDs wohl einer großen Zukunft entgegen: „Lichtquellen auf Basis organischer elektroluminiszierender Materialien bieten das Potenzial, eine hohe Lichtstärke bei geringem Energieverbrauch auf mechanisch flexiblen Substraten zu ermöglichen“, so Professor Dr. Karl Leo vom IAPP, dem Institut für Angewandte Photo- physik der TU Dresden. Armin Scharf

#### Links

- [www.iapp.de](http://www.iapp.de)
- [www.novaled.com](http://www.novaled.com)
- [www.osram.de](http://www.osram.de)
- [www.research.philips.com](http://www.research.philips.com)
- [www.philipslumiled.com](http://www.philipslumiled.com)
- [www.dle.diehl.com](http://www.dle.diehl.com)
- [www.eps-soltec.com](http://www.eps-soltec.com)
- [www.swd-ag.de](http://www.swd-ag.de)
- [www.dali-ag.org](http://www.dali-ag.org)

#### ■ Lux, Lumen und Lichtfarbe

**Beleuchtungsstärke:** Bezeichnet das Verhältnis des auf einer Fläche auftreffenden Lichtstroms zur Größe dieser Fläche; Maßeinheit ist Lux.

**Lichtausbeute:** Wird in Lumen/Watt angegeben und besagt, wie effizient eine Lichtquelle die elektrische Energie in sichtbares Licht umsetzt.

**Lichtstrom:** Gibt an, wie viel Licht insgesamt eine Lichtquelle abgibt; Einheit ist Lumen.

**Lichtfarbe:** Wird in Kelvin (K) gemessen und steht für die Farbe des von der Lichtquelle abgegebenen Lichts. Je höher die Temperatur, desto weißer die Lichtfarbe. Man unterscheidet zwischen warmweißem (< 3300 K), neutralweißem (3300 bis 5300 K) und tageslichtweißem (> 5300 K) Licht.

**Dali:** „Digital Addressable Lighting Interface“; herstellerübergreifender Standard zur digitalen Ansteuerung elektronischer Vorschaltgeräte (EVG). Dali ist ein busbasiertes System zur Beleuchtungssteuerung auf lokaler Ebene.