

Die Zukunft der LED in der Beleuchtungstechnik

Wirtschaftlichkeit und Effizienz der LED-Module

Helmut Doll, Marketing



Kein zweites Leuchtmittel hat, nach Erfindung der elektrischen Glühlampe, die Welt des künstlichen Lichts so massiv beeinflusst wie die LED. Bis vor wenigen Jahren dienten zwei physikalische Prinzipien zur Erzeugung von elektrischem Licht: Wärmestrahler (klassisches Beispiel Glühlampe) und Gasentladung (klassisches Beispiel Leuchtstoffröhre).

Mit der Entwicklung einer Lichtquelle auf Basis eines Halbleiters (Licht Emittierende Diode) wurde eine neue Ära eingeleitet. Es gibt keinen Bereich des täglichen Lebens, im Innen- wie im Außenraum, in dem nicht LEDs die herkömmlichen Lichtquellen verdrängen. Dabei werden immer wieder Schlagworte wie Wirtschaftlichkeit, Lichtqualität und Umwelt genannt.

Abb.1 Schematischer Aufbau eines LED-Strahlers / Downlights mit Reflektor, LED-Modul, Betriebsgerät, passivem Kühlkörper und Lüfter

DIE LICHT EMITTIERENDE DIODE

Die heutigen LED-Module für den klassischen Beleuchtungsbereich werden nach 2 unterschiedlichen technologischen Verfahren hergestellt:

- ▶ SMD (Surface-Mounted Device): die LEDs werden auf die Leiterplatte gelötet, was eine gute thermische Anbindung garantiert (Abb.2).
- ▶ COB (Chip-on-Board): die Halbleiter werden direkt auf das Trägermaterial aufgetragen und erzielen so eine weit aus höhere Packungsdichte, mit der Folge, dass ein homogenes Licht mit hoher Intensität erzeugt wird (Abb.3).

Fragen nach Lichtfarben, Farbstabilität sowie nach Farbwiedergabeeigenschaften, die in vielen Anwendungen eine Rolle spielen, können heute positiv beantwortet werden. Dank den Errungenschaften im Bereich der Phosphate und deren Beimischungen, können nahezu beliebige Farbtemperaturen erzielt werden. Ob warmes Licht von 3.000 K (Kelvin) oder kaltes Licht von 6.000 K gewünscht

wird, die LED-Technologie macht es möglich (Abb.4). Auch eine stufenlose Veränderung der Lichtfarbe von kalt-weiß nach warm-weiß mit Hilfe einer speziellen Steuerelektronik (Tunable White) ist machbar. So können bestimmte Anlässe mit dem passenden Lichtambiente versehen und Stimmungen generiert werden. Oder man simuliert den Tagesverlauf der Sonne in einem geschlossenen Raum. Ebenso lassen sich in der Medizin, in der

Menschen feststellen. Auch die Farbwiedergabeeigenschaft der LED-Module, mit einem CRI (Colour Rendering Index) größer 85, entspricht den hochwertigen Standard-Leuchtmitteln. Ob Frischware, Textilien oder Möbel, mit einer LED-Beleuchtung lassen sich alle Produkte passend ins rechte Licht rücken und das praktisch ohne UV- und Infrarot-Anteile. Ein weiterer Vorteil ist die Schaltfestigkeit der LED. Sie kann beliebig oft ein- und



Abb.2: SMD (einzelne Lichtpunkte)



Abb.3: COB (homogene Lichtabstrahlung)

Altenpflege und in der Physiologie - bis hin zur Beeinflussung des Bio-Rhythmus - positive Wirkungen des Lichts auf den

ausgeschaltet werden, ohne dass sich Auswirkungen auf die LED-Lebensdauer zeigen. Ganz anders sieht es beim Ther-

management aus. Hier wirken sich höhere Temperaturen negativ auf die LED-Lebensdauer der LEDs aus. Oberstes Gebot ist daher, die LED-Module mit einem ausreichend dimensionierten Kühlkörper zu versehen (passive Kühlung) oder in extremen Fällen mit Hilfe eines Lüfters (aktiv) zu kühlen. (Abb. 1) Zur Planungssicherheit für die Anwender von LED-Beleuchtung und ebenso zur Normierung für die Leuchtenindustrie wurde im Jahre 2010 „Zhaga“ als Industriekonsortium gegründet. Dieses normt die zum Austausch von LED-Modulen wichtigen Parameter wie Abmessungen und Produkteigenschaften im thermischen- und lichttechnischen Bereich. Zusätzlich werden notwendige Vorgaben zum Dimmverfahren gegeben. Weltweit haben sich bereits rund 200 Firmen an diesem Konsortium beteiligt.

WIRTSCHAFTLICHKEIT IN DER PRAXIS

Wie steht es nun um die Wirtschaftlichkeit einer LED-Beleuchtung? Hier müssen wir differenzieren, ob im Vergleich die gute alte Glühlampe z.B. in Form einer Halogen-Niedervolt-Lampe (HNV) oder die ebenso verbreitete Leuchtstofflampe (LL) herangezogen wird. Die HNV als „Wärmestrahler“ setzt nur wenige Prozent der elektrischen Energie in Licht, Lumen (lm), um. Ihre Lichtausbeute liegt bei etwa 12 lm/W. Eine vergleichbare LED-Lösung hingegen liegt bei über 70 lm/W (Tab.2). Die LL als Gasentladungslampe bringt um die 90 lm/W im Gegensatz zur LED mit



Abb.5: COB-LED-Modul (Light Engine) mit 10.000lm

etwa 110 lm/W (Tab. 1). Diese Werte spiegeln den Lichtstrom im Verhältnis zur Systemleistung, Lampe plus Betriebsgerät,

wieder und beziehen sich auf vergleichbare Lichtströme (Standardlampe zur LED). Auf den ersten Blick lohnt sich der Tausch einer Halogen-Niedervolt-Lampe eher als der einer Leuchtstofflampe. Be-

melden oder durch einfaches Dimmen, ausgeschöpft. Die Praxis bietet hierzu mannigfaltige Einsatzbereiche, von der Messehalle mit großen Lichtpunkthöhen über Büro- und Unterrichtsräume, Ver-

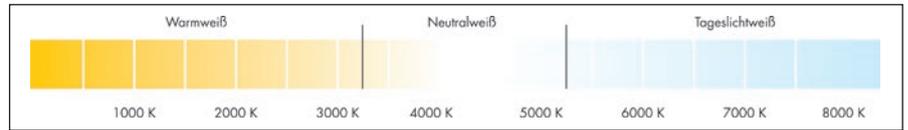


Abb.4: Spektrum der Farbtemperaturen

findet sich die Leuchtstofflampe jedoch an einem nur schwer zugänglichen Ort, bietet die hohe LED-Lebensdauer einen entscheidenden Vorteil. Zum Beispiel in

kaufs- und Produktionsflächen bis hin zur klassischen Straßenbeleuchtung. Dabei sind Sanierungsprojekte ebenso interessant wie Neubauprojekte. Ent-

Systemleistung Lampe plus Vorschaltgerät*			Systemleistung LED-Linearmodul plus Treiber**				
Leistung	Lichtstrom	Effizienz	Treiber	Anz. Module	Leistung	Lichtstrom	Effizienz
55,0 W	5200 lm	94,5 lm/W	700 mA	4	44,9 W	5344 lm	119 lm/W

* Leuchtstofflampe am elektronischen Vorschaltgerät (EVG)

** Beispiel für einen Konstantstrom-Treiber bis 60W

Tab.1: Vergleich der Effizienz (lm / W) LED-Modul zur Leuchtstofflampe

Systemleistung Lampe plus Trafo*			Systemleistung LED-Modul plus Treiber**			
Leistung	Lichtstrom	Effizienz	Treiber	Leistung	Lichtstrom	Effizienz
38,5 W	600 lm	15,6 lm/W	350 mA	7,3 W	560 lm	76,7 lm/W

* Halogen-Niedervolt-Lampe am elektronischen Transformator

** Beispiel für einen Konstantstrom-Treiber bis 22W

Tab.2: Vergleich der Effizienz (lm / W) LED-Modul zur Halogen Niedervolt Lampe

einer Maschinenhalle, wo Leuchtmittel nur mit Hilfe eines Steigers gewechselt werden können, zahlt sich die lange LED-Lebensdauer (in der Regel 50.000 Stunden) schnell aus. Die Wartungsintervalle können deutlich verlängert und somit Kosten eingespart werden. Ebenso lassen sich große Einsparungen bei den Energiekosten erzielen, da die LED-Module eine hohe Effizienz (Lumen pro Watt) besitzen. Zudem wird ein spürbarer Beitrag zur Entlastung der Umwelt durch deutliche Reduktion des CO₂ Ausstoßes geleistet. Kombiniert man eine LED-Beleuchtungsanlage zusätzlich noch mit einer Lichtsteueranlage, werden weitere Einsparpotenziale durch Nutzung des Tageslichts, Einsatz von Bewegungs-

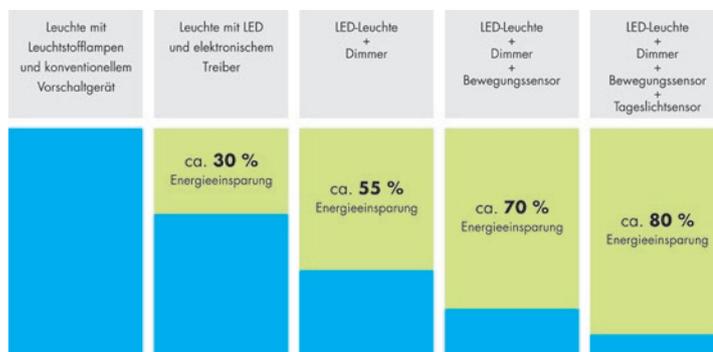
scheidend sind die Randbedingungen wie Stromkosten, Wartungsaufwand, Ersatzleuchtmittel, usw. In extremen Sanierungsfällen, wo alte Leuchten mit schlechtem Wirkungsgrad, ineffizienten Leuchtmitteln und verlustreichen Vorschaltgeräten gegen LED-Leuchten mit Tageslichtsteuerung und Präsenzmelder ausgetauscht wurden, konnten über 80 % der ursprünglich eingesetzten Energie eingespart werden (Tab.3). Hochwertige LED-Module liefern einen nahezu konstanten Lichtstrom über die Lebensdauer von 50.000 Std. D.h. vereinfacht ausgedrückt: die Helligkeit der Anlage verändert sich um max. 10 % im Laufe der LED-Lebensdauer. Danach sind nicht mehr als 10 % der Module

ausgefallen oder unterschreiten den verbleibenden 90 %-Helligkeitswert. Diese Eigenschaften werden mit L90 / F10 bezeichnet. Im Markt befinden sich aber auch Produkte, deren Helligkeit nach 50.000 Betriebsstunden auf 70 % des Ausgangswerts sinken. Dabei kann die Hälfte der Module den 70 %-Wert bereits unterschritten haben (L70 / B50). (Abb. 7) Zusätzlich kommt noch der Anteil ausgefallener Module.

Diese unterschiedlichen Verhaltensweisen der LED-Module (Lichtstromdegradation und Ausfallwahrscheinlichkeit) stellen ein wesentliches Qualitätsmerkmal dar. Ein weiteres, wichtiges Güte-

Gegebenheiten wie Wärmeentwicklung und hohe Leuchtdichten zu beachten. Dank der enormen Investitionen in der gesamten Lichtbranche wird es einher-

eine spannende Zukunft beschieren. Von der praktischen Seite dürften sich die beiden Technologien eher ergänzen als in Konkurrenz treten. OLEDs sind prä-



Tab.3: Einsparpotenziale

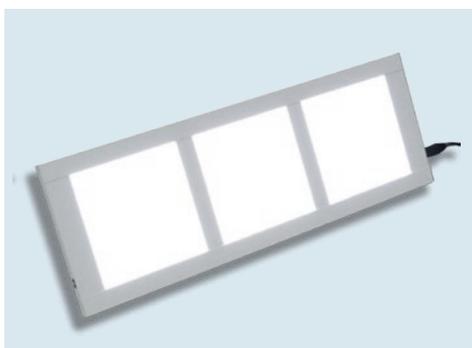


Abb.6: OLED Panels in extrem flacher Ausführung

merkmal ist die Farbstabilität der LED-Module. Hochwertige Produkte haben im Neuzustand eine Abweichung, die so gering ist, dass sie vom menschlichen Auge nicht wahrgenommen wird. Hier bedient man sich zur Klassifizierung u.a. der sogenannten „MacAdam-Ellipsen“.

AUSBLICK

Die rasante Entwicklung der LED-Module hat bereits heute zu einer Effizienz geführt, die im Bereich von 150 lm/W (unter Praxisbedingungen) liegt. Die Forschung ist sich jedoch einig, dass damit der Zenit noch nicht erreicht ist. Werte von 200 lm/W und mehr gelten als realistische Zielsetzung für die Zukunft. Somit ist eine weitere Steigerung der Effizienz klar in Aussicht gestellt. Für die praktische Nutzung sind hierbei physikalische

gehend mit der Modulentwicklung auch passende Lösungen zur Kühlung und Lichtverteilung geben.

Ein weiteres Entwicklungsfeld bilden die organischen LED (OLED), die noch relativ am Anfang ihrer Entwicklung stehen. Mit dem Einsatz von OLED können gänzlich neue Einsatzgebiete erschlossen werden. Themen wie leuchtende Tapeten und Stoffe sowie extrem flache und fle-

destiniert für eine flächige Beleuchtung, während die LED-Module konzentriertes Licht abstrahlen (Abb.5 + 6).

Die Beleuchtung insgesamt hält einen Anteil von weltweiten 19 % am gesamten Stromverbrauch.

Hier bietet sich eine Chance, durch gezielte Maßnahmen, den Energieverbrauch und damit verbunden auch die Kosten deutlich zu reduzieren und zugleich einen

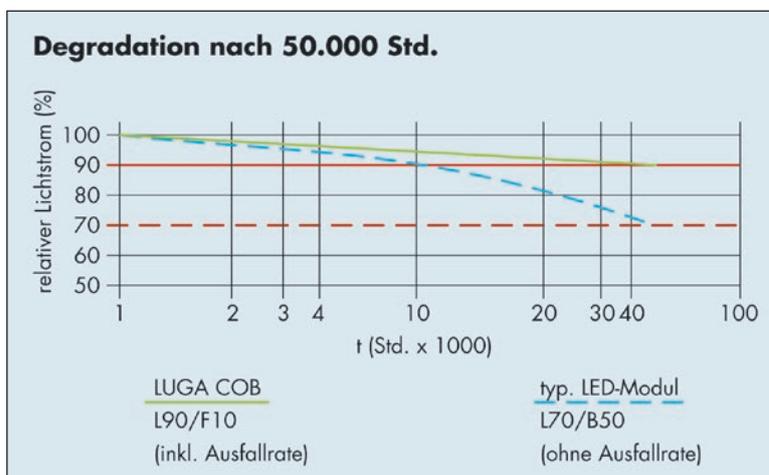


Abb.7: Degradation nach 50.000 Std.

xible Leuchten werden schnell zur Realität. Zur Zeit ist die Lichtausbeute noch eher gering und die Produktionskosten sind hoch. Wenn sich die Entwicklung der OLEDs aber parallel zur Entwicklung der LED verhält, wird uns das Thema OLED

Beitrag zu leisten, die hochgesteckten Klimazielen zu erreichen.

Autor:
Helmut Doll, Marketing
Vossloh-Schwabe, 73657 Urbach
www.vossloh-schwabe.com