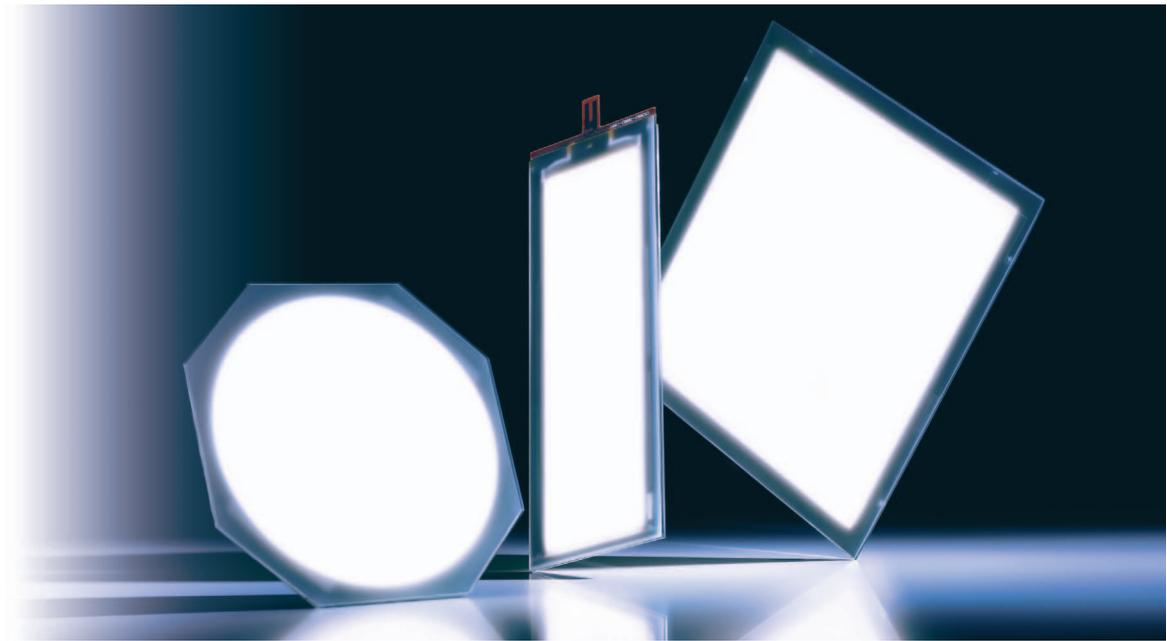


Anforderungen an elektronische Vorschaltgeräte für OLEDs



Impressum

Anforderungen an elektronische Vorschaltgeräte für OLEDs

Herausgeber:

ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik-
und Elektronikindustrie e. V.

Fachverband Licht

Lyoner Straße 9

60528 Frankfurt am Main

Telefon: 069 6302-293

Fax: 069 6302-400

E-Mail: licht@zvei.org

www.zvei.org

Autoren:

Autorengruppe des AK Basistechnologie
– AG OLED Standardisierung

Januar 2013

Trotz größtmöglicher Sorgfalt übernimmt der ZVEI
keine Haftung für den Inhalt. Alle Rechte, insbesondere
die zur Speicherung, Vervielfältigung und Verbreitung
sowie der Übersetzung, sind vorbehalten.

Inhalt

Vorwort	4
Grundlagen der OLED-Technologie	5
Wie sollte eine OLED betrieben werden?	7
Welche Betriebsarten gibt es?	7
Welche Unterschiede treten zwischen den Betriebsarten auf?	8
Wie sollte eine OLED gedimmt werden?	9
Welche allgemeinen Anforderungen werden an die Signalreinheit gestellt?	10
Über welche Funktionen sollte ein EVG für OLEDs verfügen?	10
Leistungsklassen und Verschaltung	11
Zusammenfassung und Ausblick	12
Referenzen	12

Vorwort

Organische Lichtemittierende Dioden, kurz OLEDs, sind neuartige Halbleiterlichtquellen, die im Gegensatz zu den bekannten LEDs bei der Lichterzeugung auf organische Materialien, sogenannte Kohlenwasserstoffe zurückgreifen. Während LEDs als Punktlichtquellen fungieren – das Licht wird in kleinen Chips ($< 1 \text{ mm}^2$) mit hoher Intensität erzeugt – lassen sich OLEDs als ausgedehnte Flächenstrahler ($> 10 \text{ cm}^2$) charakterisieren. Daraus resultieren Unterschiede z. B. in der spezifischen Leuchtdichte, der Abstrahlcharakteristik, aber auch im thermischen Verhalten. Beide Technologien gehören zur Familie der halbleiterbasierten SSL-Lichtquellen (Solid State Lighting), d. h. das Prinzip der Lichterzeugung ist vergleichbar. Aber aus der Verschiedenheit der Basismaterialien und der extremen Dünne der funktionalen Schichten, die bei den OLEDs großflächig appliziert werden, resultieren doch einige feine Unterschiede, die beim elektrischen Betrieb zu beachten sind. Dieser Leitfaden möchte, aufbauend auf den technologischen Grundlagen, auf die Besonderheiten hinweisen, die beim Betrieb von OLEDs beachtet werden sollten. Es werden unterschiedliche Betriebsmodi mit ihren Vor- und Nachteilen vorgestellt. Aus diesen Betrachtungen ergeben sich konkrete Anforderungen an ein OLED-Betriebsgerät, die letztendlich in einem Arbeitsweise-Standard enden könnten. Ein spezifischer Sicherheitsstandard für OLED-EVGs scheint aus heutiger Sicht nicht notwendig zu sein. Da die prinzipiellen Unterschiede zur LED schlussendlich nicht groß genug sind, kann für sicherheitsrelevante Themen der entsprechende Standard für LED-EVGs herangezogen werden [1].

Dieser Leitfaden richtet sich an EVG- und Elektronik-Entwickler, die OLED-Lösungen entwickeln wollen, aber auch an Leuchtenhersteller, die eine passende Elektronik für ihre OLED-basierte Leuchte oder Applikation auswählen müssen. Da unter EVG auch im weitesten Sinne eine Elektroniklösung zu verstehen ist, die integraler Bestandteil eines OLED-Moduls sein kann, sind Entwickler solcher Module auch angesprochen.

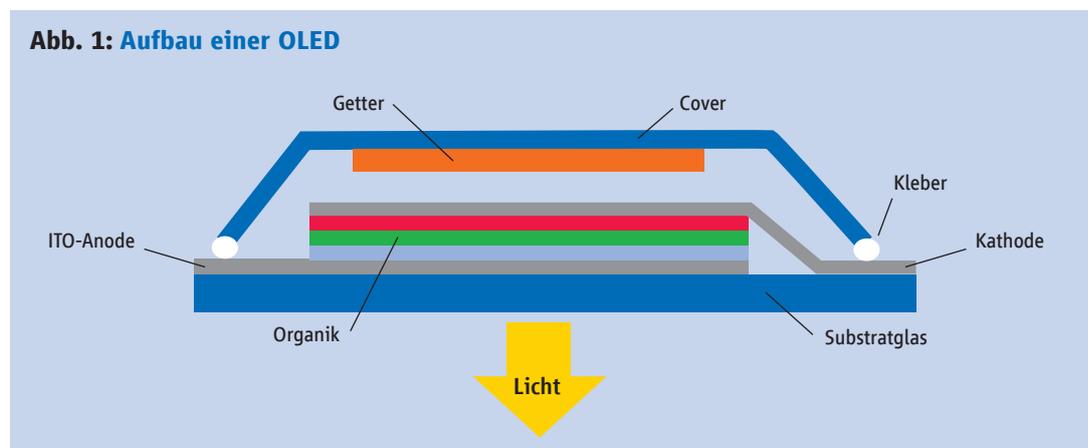
Abschließend sei angemerkt, dass die in diesem Leitfaden angegebenen Werte typische Werte für OLED-Leuchtmittel sind, die im Einzelfall von realen OLED-Produkten abweichen können. Daher ist immer ein vertiefender Blick in die jeweiligen Datenblätter empfehlenswert.

Grundlagen der OLED-Technologie

OLEDs bestehen aus einer Vielzahl dünner Schichten organischer, halbleitender Materialien. Diese befinden sich zwischen zwei Elektroden, von denen mindestens eine transparent sein muss, um das erzeugte Licht nutzen zu können. Als transparente Elektrode (in der Regel die Anode) wird häufig Indium-Zinn-Oxid (ITO) verwendet. Die zweite Elektrode (Kathode) ist oft reflektierend ausgeführt und besteht aus Aluminium, kann aber auch

transparent sein, um eine transparente OLED zu erhalten. Durch die zwei parallelen Elektroden, separiert von organischen Materialien, weist die OLED eine Kapazität auf.

Da die organischen Schichten sehr anfällig gegenüber Wasser, d. h. auch Luftfeuchtigkeit, sind, muss die OLED geschützt werden. Dies geschieht heutzutage mittels einer Glasverkapselung (Abbildung 1).



Quelle: Philips

Am Rand des Glassubstrats befinden sich die elektrischen Kontakte der OLED, die durch die Verkapselung hindurch nach außen geführt werden. Sie bestehen in der Regel aus ITO sowie typischerweise einer zusätzlichen Metallisierung. Es existieren verschiedene Verfahren zur elektrischen Kontaktierung, die sich von Hersteller zu Hersteller unterscheiden (z. B. ACF-Kontakte, Flex-PCBs, Klemmen).

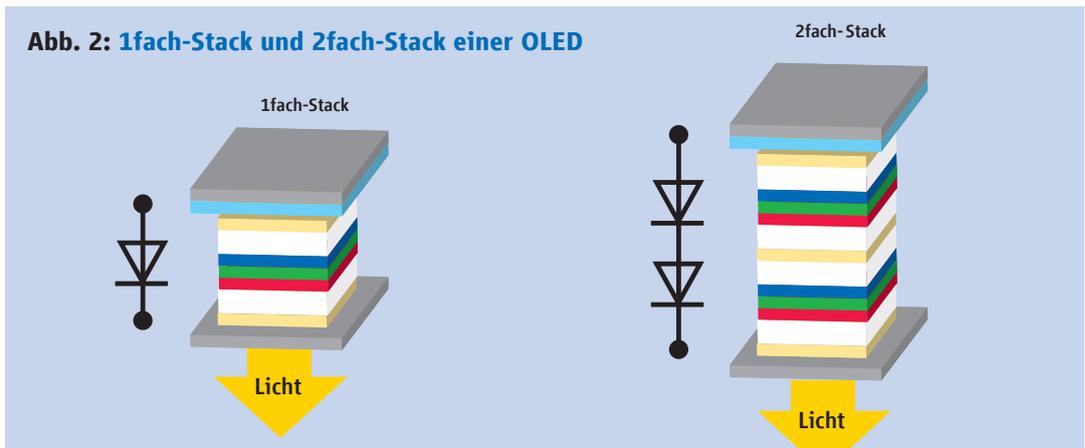
Licht wird in der OLED (analog zur anorganischen LED) erzeugt, indem an der Kathode und Anode Elektronen bzw. Löcher injiziert werden. Diese treffen in den organischen Schichten aufeinander und erzeugen durch Rekombination und strahlenden Zerfall Licht. Da die Ladungsträgerpaare direkt zur Lichterzeugung verwendet werden, ist der Lichtstrom der OLED (die gesamte, abgestrahlte Lichtmenge) linear vom Strom abhängig. Wird der Strom verdoppelt (d. h. werden doppelt so viele Elektronen/Löcher injiziert), so verdoppelt sich auch die gesamte Lichtmenge, die von

der OLED abgestrahlt wird. Erfolgt die Verdoppelung des Stroms bei konstanter Fläche der OLED, so verdoppelt sich gleichzeitig die Helligkeit (näherungsweise). Werden Strom und Fläche gleichzeitig verdoppelt, so bleibt die Helligkeit (Leuchtdichte) konstant. Es besteht also ein näherungsweise linearer Zusammenhang zwischen Strom und Leuchtdichte (bei konstanter Fläche) sowie zwischen Strom und Fläche (bei konstanter Leuchtdichte).

Durch interne Totalreflexion ist ein signifikanter Teil des erzeugten Lichts in den organischen Schichten sowie im Glas „gefangen“. Durch externe oder interne Lichtauskoppelstrukturen kann dieses Licht nutzbar gemacht werden. Dabei verlieren OLEDs die im ausgeschalteten Zustand spiegelnde Eigenschaft und erhalten stattdessen ein mattes Ansehen. Gleichzeitig nimmt die Helligkeit bei gleichem Strom zu.

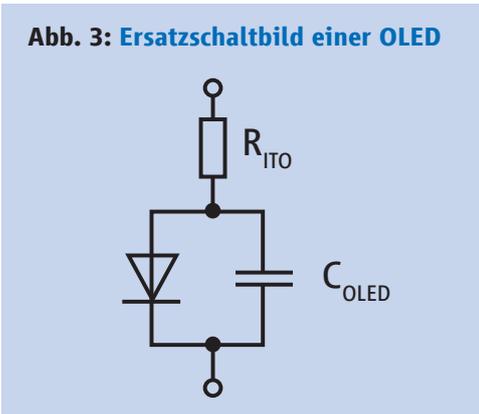
Während der Strom einer OLED durch die gewünschte Helligkeit und die Fläche der OLED bestimmt wird, hängt der Spannungsabfall der OLED im Wesentlichen von den verwendeten Materialien, d.h. vom ITO und vor allem von den Organik-Schichten, ab. OLEDs mit identischem Schichtaufbau weisen (näherungsweise) denselben Spannungsabfall unabhängig von der Leuchtfläche auf.

Die Spannung variiert nur gering mit dem eingestellten Strom (siehe Strom-Spannungskennlinie, Abbildung 5). Es ist möglich, OLEDs intern so aufzubauen, dass mehrere lichtemittierende Bereiche übereinandergeschichtet sind (z.B. bei zwei Emissionsbereichen übereinander sogenannter Zweifach-Stack). In diesem Fall ist die Spannung etwa doppelt so groß wie beim Einfach-Stack.



Quelle: Osram

Um OLEDs elektrisch korrekt zu beschreiben, z. B. in Simulationen, eignet sich folgendes Ersatzschaltbild [2]:



Quelle: Philips

Hierbei ist zu bemerken, dass die Kapazität einer OLED abhängig von der Fläche ist und z. B. im Vergleich zu LEDs sehr groß ausfällt. OLEDs altern, während sie betrieben werden. Dabei nimmt die Leuchtdichte (ähnlich anorganischen LEDs) kontinuierlich ab (typischer Helligkeitsverlauf siehe Abbildung 4).

Die Geschwindigkeit, mit der die Leuchtdichte abnimmt, hängt vom Strom ab. OLEDs, die mit einem hohen Strom betrieben werden, altern überproportional schnell. Es kann folgender vereinfachter Zusammenhang für die stromabhängige Lebensdauer $LT(I)$ angenommen werden:

I_0 ist dabei der Strom, für den eine Lebensdauer $LT(I)$ bekannt ist. n ist der sogenannte Beschleunigungsfaktor. Typische Werte liegen bei 1.5 bis 1.7. Damit nimmt die Lebensdauer

$$LT(I) = LT(I_0) \left(\frac{I}{I_0} \right)^n$$

bei einer Verdoppelung des Stroms um ca. 70% ab. Hellere OLEDs altern überproportional schnell.

Abb. 4: Lichtstrom gegen Zeit



Quelle: Philips

Eine Vielzahl weiterer Parameter weist ebenfalls Stromabhängigkeiten auf. Dies sind insbesondere die Homogenität, der Farbpunkt und die Effizienz der OLED. Allgemein sinken Homogenität und Effizienz mit steigendem

Strom. Der Farbpunkt kann sich stromabhängig verschieben, da die einzelnen Emissionsschichten unterschiedliche Strom-Leuchtdichte-Kennlinien haben.

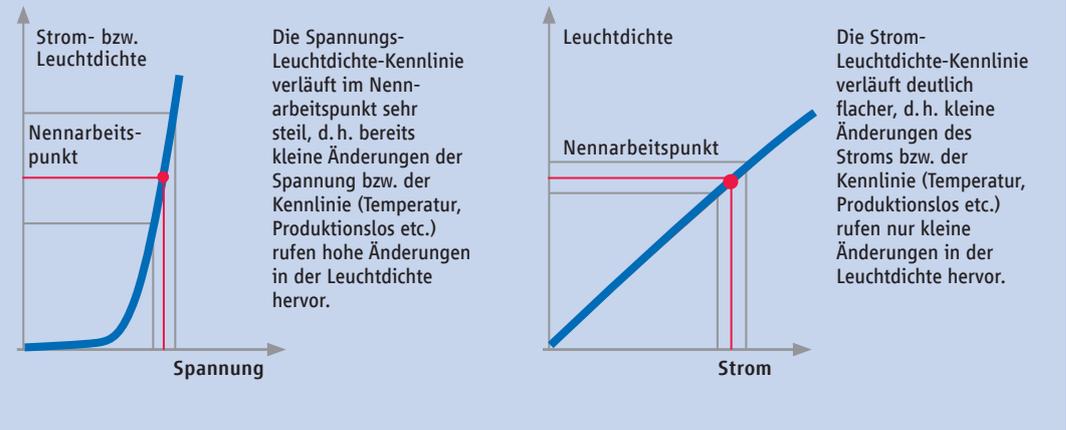
Wie sollte eine OLED betrieben werden?

: Welche Betriebsarten gibt es?

- a) **Spannungskonstanter Betrieb:** Das EVG gibt eine konstante Spannung aus, der Strom durch die OLED ergibt sich aus der OLED-Kennlinie bzw. Charakteristik (abhängig von OLED-Design, Produktionscharge, Temperatur etc.). Spannungskonstante EVGs sind zwar in hoher Vielfalt auf dem Markt erhältlich, jedoch für den OLED-Betrieb nur sehr bedingt geeignet.
- b) **Stromkonstanter Betrieb:** Das EVG hält den Strom durch die OLED konstant, die Spannung an der OLED ergibt sich aus der OLED-Charakteristik. Stromkonstante EVGs eignen sich gut für den Betrieb von OLEDs.
- c) **Leuchtdichtekonstanter Betrieb:** Der Strom durch die OLED wird so nachgeregelt, dass die Leuchtdichte der OLED konstant bleibt. Konstante Leuchtdichte bietet Vorteile in der Beleuchtungstechnik, ein derartiger Betrieb erfordert jedoch einen großen Aufwand an Sensorik und Regelungstechnik und ist deshalb kaum verbreitet.

: Welche Unterschiede treten zwischen den Betriebsarten auf?

Abb. 5: Strom-Spannungs-Leuchtdichte-Kennlinien einer OLED



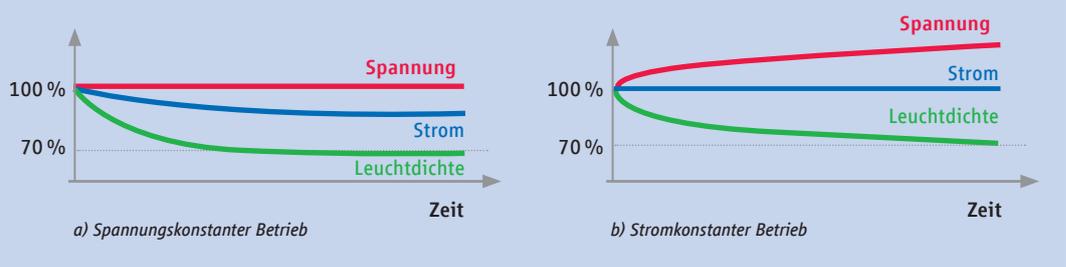
Quelle: Osram

Unterschiede zwischen spannungs- bzw. stromkonstantem Betriebsmodus sind jedoch nicht nur in der Betriebsstabilität der Leuchtdichte zu sehen, sondern auch in der Leuchtdichtelebensdauer.

Bei konstantem Strom sinkt durch Alterungseffekte die Leuchtdichte in einem gestreckten exponentiellen Verlauf ab, während zugleich die Spannung am Bauteil ansteigt (rechts).

Hält man nun anstatt des Stroms die Spannung konstant, so sinkt die Leuchtdichte zusätzlich zur normalen Helligkeitsalterung noch dadurch, dass der Strom durch die OLED aufgrund des Spannungsalterungseffekts über die Betriebsdauer absinkt (links). Somit wird der L_{70} -Punkt bei spannungskonstantem Betrieb deutlich früher erreicht als bei stromkonstantem Betrieb.

Abb. 6: Alterungsverhalten einer OLED in Abhängigkeit von Spannung und Strom



Quelle: Osram

Tab. 1: Konsequenzen der einzelnen Betriebsarten

Konstantleuchtdichte-Betrieb	Konstantstrom-Betrieb	Konstantspannungs-Betrieb
<ul style="list-style-type: none"> Abhängigkeit von Temperatur, Alterung, Produktionsstreuung 	Niedrig (s. Kennlinie)	Hoch (s. Kennlinie)
<ul style="list-style-type: none"> Einstellgenauigkeit als Spannungsquellentoleranz 	Hoch, Toleranz ca. gleich der Stromquellentoleranz	Niedrig, Toleranz deutlich größer
<ul style="list-style-type: none"> Lebensdauer L_{70} 	Höhere Lebensdauer, da Abnahme der Leuchtdichte nur durch Leuchtdichtealterungseffekte	Kürzere Lebensdauer, da zusätzlich zur Leuchtdichtealterung durch Spannungsalterung der Strom sinkt

Konstantstrombetrieb ermöglicht somit eine genauere Einstellung der Leuchtdichte, gleicht Fertigungstoleranzen und Temperaturschwankungen deutlich besser aus und erlaubt eine höhere Lebensdauer der OLED. Zudem

begrenzen Konstantstromgeräte im Fehlerfall eines OLED-Kurzschlusses den Strom durch die OLED und verringern so die Gefahr einer unkontrollierten Überhitzung.

Wie sollte eine OLED gedimmt werden?

Aufgrund des zuvor beschriebenen Zusammenhangs zwischen OLED-Leuchtdichte und Strom eignen sich OLEDs ideal zum stufenlosen Dimmen. Dabei gilt es einige Vor- und Nachteile gängiger Dimm-Verfahren zu berücksichtigen. Es stehen in der Regel zwei Verfahren zur Auswahl: Pulsweiten- und Amplitudenmodulation (PWM und AM). Beim AM-Dimmen wird die OLED mit einem konstanten Strom betrieben, um die Helligkeit der OLED zu ändern, wird der Strom angehoben oder gesenkt (die Amplitude verändert). Beim PWM-Dimmen wird die OLED immer mit ihrem Nennstrom betrieben (d.h. mit

konstanter Amplitude), durch hochfrequentes An- und Ausschalten wird die OLED zwischenzeitlich abgeschaltet. Dieses Abschalten kann vom Menschen allerdings nicht wahrgenommen werden. Es wird nur die mittlere Helligkeit wahrgenommen und die OLED erscheint dunkler. Die folgende Tabelle zeigt exemplarische Stromverläufe für eine OLED, die auf 50% der maximalen Helligkeit gedimmt ist. Durch die Amplituden und Schaltvorgänge im Zusammenhang mit einigen der in Abschnitt 2 erläuterten Abhängigkeiten ergeben sich Unterschiede zwischen AM- und PWM-Dimmen.

Tab. 2: Konsequenzen der einzelnen Dimm-Modi		
	AM-Dimmen	PWM-Dimmen
Stromform (Beispiel 50% Helligkeit)		
OLED-Effizienz	Höhere Effizienz im gedimmten Zustand	Niedrigere Effizienz, da Effizienz bei höherer Amplitude (höherem Strom) abnimmt
Homogenität	Homogener, da Homogenität sich allgemein bei geringerem Strom verbessert	Gleiche Homogenität wie bei Nennstrom
Farbpunkt	Je nach OLED möglicherweise leichte Farbverschiebung bei unterschiedlichen Strömen	Bei idealem Stromverlauf farbstabil, d. h. gleiche Farbe wie bei Nennstrom
Lebensdauer	Überproportionale Verlängerung der Lebensdauer wegen nichtlinearem Zusammenhang zwischen Lebensdauer und Strom (hier: 50% Strom führt zu 300% Lebensdauer)	Annähernd proportionale Verlängerung der Lebensdauer, da während der Einschaltzeit der Nennstrom fließt und die Helligkeitsverringern durch Verkürzung der Einschaltzeit erreicht wird. (hier: ca. 200% Lebensdauer)
Kapazität	Unkritisch wegen seltenem Schalten	Stromspitzen können beim Schaltvorgang, verursacht durch die Kapazität, auftreten

Welche allgemeinen Anforderungen werden an die Signalreinheit gestellt?

Es gibt bereits aus dem Bereich anorganischer LEDs eine Vielzahl an stromkonstanten Betriebsgeräten, deren Eignung jedoch durch zusätzliche spezielle OLED-Anforderungen teilweise eingeschränkt sein kann.

Grundsätzlich muss der Nennstrom als reines DC-Signal einstellbar sein, d.h. eine Einstellung des 100%igen Stromlevels darf wegen Verringerung der Lebensdauer nicht über PWM eingestellt werden. Dieser DC-Nennstrom sollte dabei für eine genaue Leuchtdichte- und Lebensdauererreichung mit einer Genauigkeit von $\pm 5\%$ eingestellt werden können.

Da elektronische Vorschaltgeräte (= getaktete Schaltnetzteile) immer einen Kompromiss zwischen Kosten, Funktionalität und Gehäusegröße darstellen, werden kosten- bzw. bauraumaufwendige Maßnahmen zur Filterung des Ausgangsstromes oft nur begrenzt eingesetzt. Der

damit nicht ganz vermeidbare, dem DC-Signal überlagerte Ripplestrom muss zumindest in Grenzen gehalten werden, um keine Lebensdauerreduktion bei nominalem Betrieb hervorzurufen. Erfahrungsgemäß zeigt ein Ripple von maximal $\pm 15\%$ des Bemessungsstroms keinen signifikanten Einfluss auf die Lebensdauer. Dahingegen zeigte beispielsweise eine bei Osram durchgeführte Messung eine Lebensdauereinbuße von ca. 10%, wenn der Ripple 40% betrug.

Je nach Topologie des Betriebsgeräts können zudem durch die hohe Sperrschichtkapazität der OLED hohe Strom- oder Spannungsüberschwinger (Spitzen) beim Ein- oder Ausschalten und an den PWM-Flanken auftreten. Diese Überschwinger können die OLED-Lebensdauer verringern und sollen auf max. 15% über Nennlevel begrenzt sein.

Über welche Funktionen sollte ein EVG für OLEDs verfügen?

Ein EVG für OLEDs sollte in Ergänzung zu Funktionalitäten eines LED-EVGs weitere OLED-spezifische Möglichkeiten enthalten.

Ein wichtiger Parameter umfasst die Einstellbarkeit des OLED-Nennstroms, welcher als Basis für die Dimmung verwendet wird. Der notwendige Nennstrom hängt hierbei von der Fläche der OLED, der Nennhelligkeit (100% Dimmungswert) und der Effizienz der OLED

ab. Insbesondere die variable Fläche der OLED führt dazu, dass standardisierte Stromwerte nicht angegeben werden können.

In Abbildung 7 ist die simulierte Nennstromabhängigkeit für typische OLEDs bei verschiedenen Effizienzen dargestellt, die benötigten Nennströme sind sehr unterschiedlich entsprechend dem Aufbau der OLED.

Abb. 7: Nennstromsimulation verschiedener OLEDs bei verschiedenen Flächen und Effizienzen [lm/W] (spezifische Lichtausstrahlung: 9000 lm/m², Spannung 6 V)



Quelle: Ledon

Auf Basis dieser Abhängigkeit ist eine variable Nennstromeinstellung am EVG eine wichtige Zusatzfunktion, die für OLEDs eingebaut werden sollte. Die Auflösung der Nennstromeinstellung hängt vom Nennstromeinstellungsbereich (maximaler Nennstrom minus minimaler Nennstrom) ab, eine Einstellbarkeit besser als 5 % des Nennstromeinstellungsbereichs sollte erreicht werden.

Eine zweite Zusatzfunktion umfasst die Detektion von Kurzschlüssen während des Betriebs. Im Betriebsfalle einer OLED besteht die Möglichkeit eines Kurzschlusses zwischen der Kathode und Anode, die zu einer dauerhaft niederohmigen Strombrücke führen kann.

Dieser Kurzschluss sollte im EVG detektiert werden können und zu einer Abschaltung der Betriebsfunktion führen, um die Sicherheit des Gesamtsystems zu gewährleisten.

Leistungsklassen und Verschaltung

OLEDs zeichnen sich durch geringe Leistungsaufnahmen aus, dies resultiert aus den noch geringen Lumenpaketen pro Element (typisch 50 – 200 Lumen) in Kombination mit den steigenden Effizienzen. Daraus resultierend ergeben sich Leistungsaufnahmen von z.T. deutlich unterhalb 10 W pro Element.

OLEDs sollten, wie bereits erwähnt, eher in einer Serienschaltung verschaltet werden, da im Kurzschlussfall ein niederohmiger Pfad auftreten kann. In Kombination mit den niedrigen Leistungsaufnahmen heißt das, dass je nach SELV-Spezifikation nur eine begrenzte Anzahl von OLEDs mit einem EVG betrieben werden kann. Das mindert die Kosteneffizienz der Ansteuerung, wenn mehrere EVGs pro Leuchte gebraucht werden sollten. Eine Lösung stellen hier Mehrkanallösungen dar, die einen besseren Wirkungsgrad des Gesamtsystems ermöglichen.

Bei der Nutzung im Non-SELV-Bereich muss insbesondere die Mindestspannung des EVGs bei der Verschaltung mit OLEDs berücksichtigt werden. Die hohen Leistungsklassen im Non-SELV-Konverterbereich können weiterhin die Gesamteffizienz des Systems negativ beeinflussen, da aufgrund der geringen Last

der OLEDs die Konverter typischerweise in einem Unterlastbereich arbeiten. Im Unterlastbereich haben Konverter eine schlechtere Effizienz, da insbesondere lastunabhängige Verluste der Konverter (**z.B. Verluste in der Niedervolt-Versorgung für ICs, Leerlaufverluste in den Chokes usw.**) sich anteilmäßig stärker auswirken als im Nennlastbereich.

Neben der Gesamtspannung aufgrund der Reihenschaltung ist bei der Berechnung der OLED-Ansteuerung auch die Spannungserhöhung der OLED während der Alterung (siehe Abbildung 6) mit mindestens 10 % der Spannung am Startzeitpunkt zu berücksichtigen, um einen Betrieb über die Alterung hinweg garantieren zu können. Diese Spannungserhöhung muss bei der Dimensionierung des EVGs berücksichtigt werden.

Zusammenfassung und Ausblick

OLEDs für Beleuchtungsanwendungen sind momentan weit davon entfernt, im Hinblick auf ihre Ansteuerparameter schon standardisiert (Größe, Effizienz, Leuchtdichte → Strombedarf) angeboten werden zu können. Gerade die Variabilität beim Nennstrom vieler OLEDs, gepaart mit unterschiedlichen Optionen, welche Anzahl von OLEDs schlussendlich in einer Zielapplikation zum Einsatz kommen können, führt zu einer noch größeren Variabilität bei den Ansteuerszenarien. Dies stellt zu Beginn des Markteintritts der neuen Lichttechnologie OLED eine Hürde für die Bereitstellung geeigneter Ansteuerlösungen dar.

Der OLED-Markt ist derzeit noch klein. Mit einer erheblichen Vergrößerung des Marktes, welche auch zu einer höheren Kosteneffizienz führen würde, ist erst in einigen Jahren zu rechnen. 2015 wird mit Effizienzen von knapp 100 lm/W [3] gerechnet und mit Lumenkosten von ca. 25 \$/klm [4]. Diese Werte sollen sich bis 2020 noch auf bis zu 150 lm/W und ca. 9 \$/klm verbessern. Erst in diesen Bereichen wird die Bereitschaft von EVG-Herstellern steigen, für OLEDs maßgeschneiderte Lösungen anzubieten, weil die EVG-Stückzahlen in allen Applikationen deutlich unter den OLED-Stückzahlen liegen, und erst bei großen Abnahmemengen von OLEDs auch eine Marktattraktivität für EVGs gegeben ist.

Die Produktvielfalt der vorhandenen OLEDs erschwert die Produktdefinition für ein OLED-EVG zusätzlich. Ein universelles EVG, welches alle Betriebsszenarien abdecken könnte, hätte zwar anfängliche Marktchancen, würde sich aber durch deutlich geringere Systemeffizienz auszeichnen. Hinzu kommt noch, dass von vielen Applikationen eine dem Leuchtmittel angepasste Bauform des EVGs angestrebt wird, sodass neben den Leistungsspezifikationen auch der Wunsch nach flachen Elektronikern besteht.

Dies alles macht es zunächst unabdingbar, bestehende EVG-Lösungen, wie sie z. B. für LEDs existieren, auf ihre Tauglichkeit zum Betrieb von OLEDs zu überprüfen. Dieser Leitfaden bietet eine erste Sammlung von Anhaltspunkten, die bei der Auswahl eines passenden EVGs zu beachten sind. Sobald in nächster Zukunft ein erster Arbeitsweise-Standard für OLEDs vorliegen sollte, ist sicherlich auch die Erarbeitung eines Arbeitsweise-Standards für OLED-EVGs sinnvoll.

Referenzen:

- [1] IEC 61347-2-13 (oder EN 61347-2-13), Lamp controlgear – Part 2-13: Particular requirements for d.c. or a.c. supplied electronic controlgear for LED modules
- [2] Joep Jacobs, Dirk Hente, Eberhard Waffenschmidt; IEEE IAS 2007; Drivers for OLEDs
- [3] Cintelliq; OLED Lighting: Products, pricing, capacity, costs and forecasts; 2011
- [4] DOE: SSL Research and Development: Manufacturing Roadmap, p.16; July 2011



ZVEI - Zentralverband Elektrotechnik-
und Elektronikindustrie e.V.
Lyoner Straße 9
60528 Frankfurt am Main
Telefon: 069 6302-0
Fax: 069 6302-317
E-Mail: zvei@zvei.org
www.zvei.org