

Einfluss elektrischer Ansteuerungsparameter auf den Degradationsprozess organischer Leuchtdioden

*Dipl.-Ing. (FH) Verena Kraft, L-LAB, 59552 Lippstadt, Rixbecker Straße 75
Dr.-Ing. Tobias Hemsel, Universität Paderborn, 33102 Paderborn, Fürstenallee 11*

Einleitung

Organische Leuchtdioden (OLEDs) werden derzeit als Displays in MP3-Playern, Handys oder Kameras genutzt. Als erste flächenhafte Lichtquelle besitzen OLEDs aber auch im Beleuchtungs- und Signagebereich ein hohes Zukunftspotential. Neben ihrem extrem dünnen Aufbau überzeugen OLEDs mit einer hohen Energieeffizienz und ihrer annähernd lambert'schen Abstrahlcharakteristik, wodurch sich völlig neue Anwendungs- und Designmöglichkeiten ergeben.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung unterstützt innerhalb der Förderinitiative „Organische Leuchtdioden Phase 2“ das Verbundprojekt So-Light (Forschung und Demonstratoren hinsichtlich Spezialbeleuchtungs- und Signage-Anwendungen basierend auf OLED-Lichttechnologie). Die elf beteiligten Unternehmen und Forschungsinstitute verfolgen das Ziel, neue Emittiermaterialien zu erforschen, Demonstratoren aufzubauen und organische Leuchtdioden umfassend lichttechnisch zu charakterisieren. Innerhalb des Projektes liegt der Schwerpunkt auf der Verbesserung flächiger, weißer OLEDs.

Im Forschungsinstitut für Lichttechnik und Mechatronik der Universität Paderborn und der Hella KGaA Hueck & Co., dem L-LAB, werden die lichttechnischen Eigenschaften von OLEDs hinsichtlich der Betriebsdauer analysiert. In Langzeitstudien werden Leuchtdichte, Spektrum und Farbort in Abhängigkeit unterschiedlicher Parameter untersucht. Aus den erhobenen Daten soll ein Modell zum Degradationsverhalten erstellt werden, denn hier besteht noch ein Defizit der neuen Technologie. Werden weiße OLEDs mit einem konstanten Strom betrieben, liegt die maximale Lebensdauer zurzeit im Bereich von 5000 bis 15.000 Stunden. Die Lebensdauer ist hierbei definiert als die Betriebszeit bis zum Erreichen des Lebensdauerkriteriums L50, 50% der Anfangsleuchtdichte [Os2011]. Angaben zur Lebensdauer bei gepulstem Betrieb finden sich hingegen nicht. Da es jedoch bei einer Veränderung der Leuchtdichte durch Regelung des Konstantstroms zu Farbortverschiebungen kommen kann, ist eine gepulste Ansteuerung von großem Interesse.

Forschungsstand und Versuchsdesign

Im L-LAB wurde ein Langzeitforschungsstand realisiert, in dem organische Leuchtdioden mit unterschiedlichen Ansteuerungskonzepten betrieben wurden. Innerhalb des mehrmonatigen Versuchs wurden in regelmäßigen Abständen die orts aufgelöste Leuchtdichte und der Farbort bestimmt. So konnten auftretende Inhomogenitäten dieser beiden Parameter bewertet werden und der Einfluss der realisierten Ansteuerungsvarianten auf die Lebensdauer der OLEDs (Betriebszeit bis zum Erreichen von 50% der Anfangsleuchtdichte) dargestellt werden. Der Messstand bietet die Möglichkeit, die OLEDs während des Dauerbetriebs zu vermessen. Hierfür werden die OLEDs auf einem Goniometertisch

positioniert, welcher auch winkelabhängige Messungen erlaubt. Zur Aufnahme der orts aufgelösten Leuchtdichte und des Farbortes sind eine Leuchtdichtemesskamera LMK 98-3 color der Firma TechnoTeam sowie das Spektroradiometer Optronic OL770 implementiert.

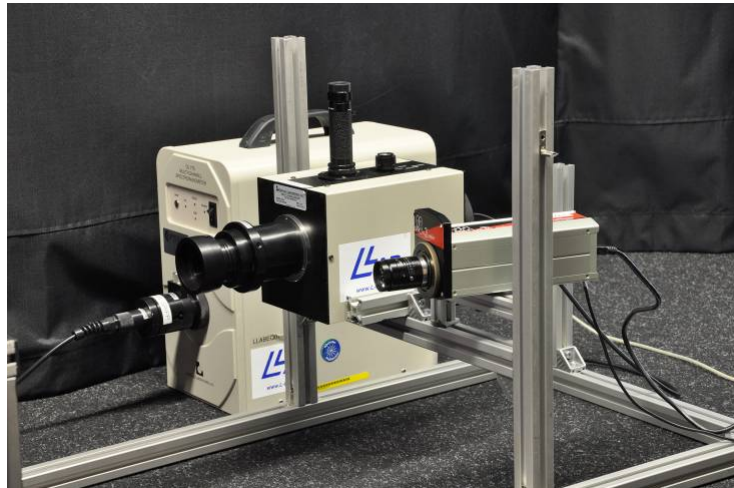


Abb.1: Messequipment im Messstand; vorne: LMK 98-3 color; hinten: OL770

Für die Untersuchungen wurden 35 Lumiblade OLEDs im Format „rectangle small“ der Firma Philips mit einer Nennleuchtdichte von 1500 cd/m² bei 123 mA verwendet. In einer Eingangsmessung wurde die Konstanz von Leuchtdichte und Farbort überprüft. Insgesamt wurden sieben verschiedene Ansteuerungsvarianten realisiert und somit je Ansteuerung fünf OLEDs eingesetzt:

Konstantstrombetrieb

- 120 mA (Nennstrom)
- 240 mA
- 360 mA

Pulsweitenmoduliert mit einem mittleren Strom von 120 mA

- 200 Hz, 40% Tastgrad
- 400 Hz, 40% Tastgrad
- 600 Hz, 40% Tastgrad
- 200 Hz, 20% Tastgrad

Diese Aufteilung ermöglichte die gleichzeitige Untersuchung des Einflusses von Stromstärke, Pulsfrequenz und Tastgrad. Die Stromversorgung erfolgte dabei über separate und für diese Untersuchung eigens entwickelte Stromquellen.

Folgende Parameter standen nach der Datenerfassung zur Verfügung: Leuchtdichte (orts aufgelöst), Spektrum und Farbort (orts aufgelöst). Während des gesamten Versuches wurden die Temperaturen der OLEDs auf den Rückseiten und die Umgebungstemperatur überwacht. Die Messdatenerfassung erfolgte drei Mal pro Woche. Zur Auswertung wurde eine eigens entwickelte Software verwendet, welche alle Messdaten, Auswertungsparameter und -ergebnisse in einer Datenbank ablegt und in Abhängigkeit der Zeit darstellt.

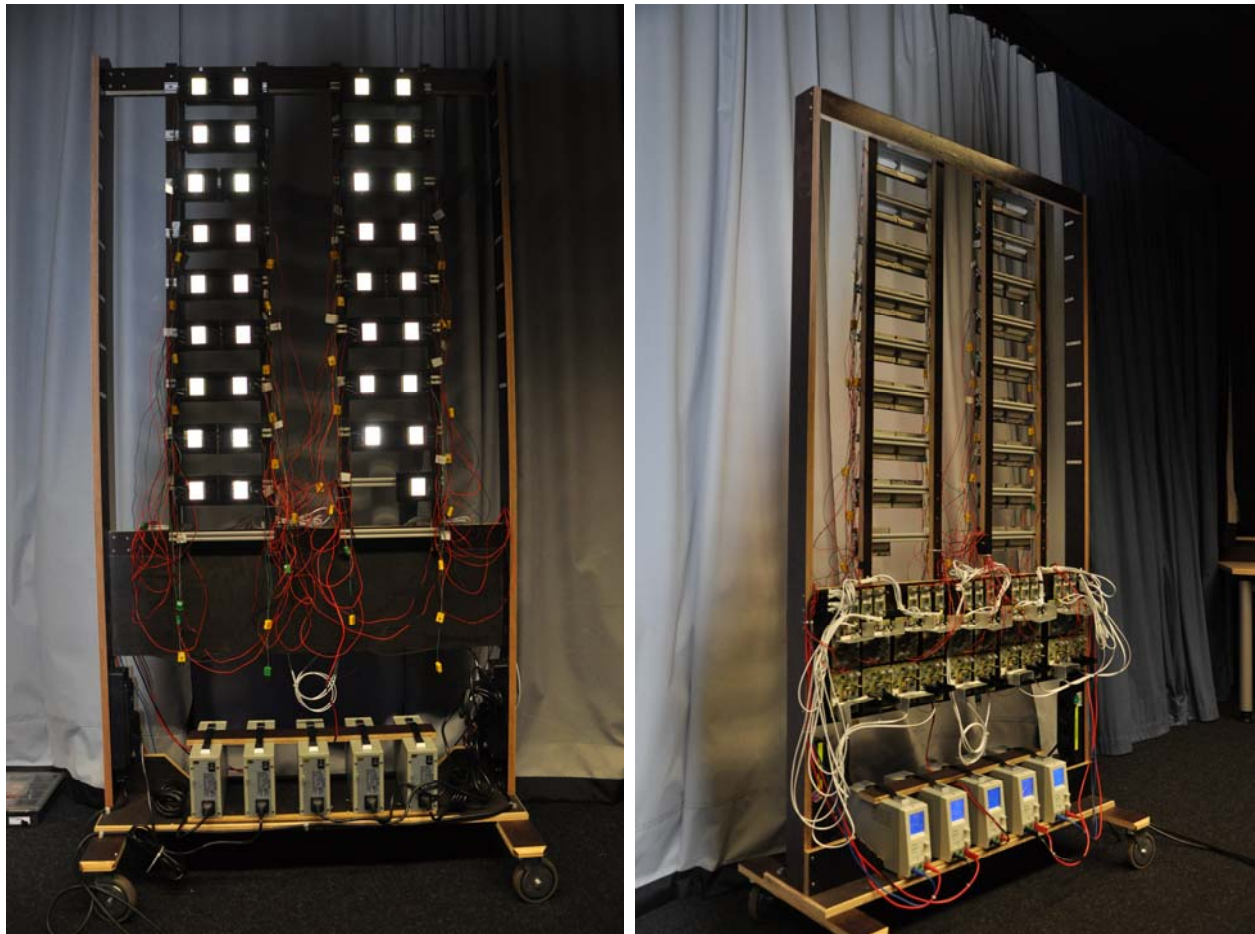


Abb. 2: Vorder- und Rückseite des Langzeitversuchsstands mit OLEDs und Schaltungen

Ergebnisse

Die OLEDs wurden über einen Zeitraum von 3000 Stunden betrieben. Bei Inbetriebnahme des Langzeitversuchs stellte sich auf der Rückseite der konstant mit 120 mA betriebenen und der gepulsten OLEDs eine Temperatur von circa 35°C ein, die im Laufe der Untersuchung auf 40°C anstieg. Die mit doppeltem Nennstrom angesteuerten OLEDs wiesen zu Beginn eine Temperatur von 50°C auf, welche sich auf 58°C erhöhte. Bei 360 mA änderte sich die Temperatur von 60°C auf 70°C.

Die Ergebnisse der Leuchtdichte- und Farbortmessungen sind in den folgenden Abbildungen dargestellt. Abbildung 3 zeigt den absoluten und den relativen Verlauf der mittleren Leuchtdichte über die Betriebsdauer. Es sind die Mittelwerte aller OLEDs der entsprechenden Ansteuerungsvariante dargestellt. Wie erwartet wurden bei 120 mA zu Untersuchungsbeginn 1500 cd/m² erreicht, was den Herstellerangaben entspricht. Für 240 mA und 360 mA ergaben sich zu Beginn der Messreihe annähernd die doppelte beziehungsweise dreifache Leuchtdichte. Im Untersuchungsverlauf unterlagen sie allerdings einer deutlich größeren Abnahme verglichen zum Nennstrombetrieb. Die Leuchtdichte der mit 360 mA betriebenen OLEDs lag nach 3000 Betriebsstunden bereits unterhalb des Leuchtdichteniveaus der mit 120 mA betriebenen OLEDs. Schon nach 1000 Betriebsstunden wurde die Hälfte der Anfangsleuchtdichte erreicht. Der Vergleich

zwischen den konstant mit 120 mA betriebenen und den pulsweitenmodulierten OLEDs (mittlerer Strom 120 mA) zeigt einen ähnlichen Verlauf der Leuchtdichteabnahme. Ein Einfluss der Frequenz konnte in dieser Untersuchung nicht festgestellt werden. Einzig die OLEDs, die mit einem Tastgrad von 20% betrieben wurden, zeigten einen geringfügig stärkeren Leuchtdichteverlust, welcher möglicherweise durch den höheren Spitzenstrom bedingt ist.

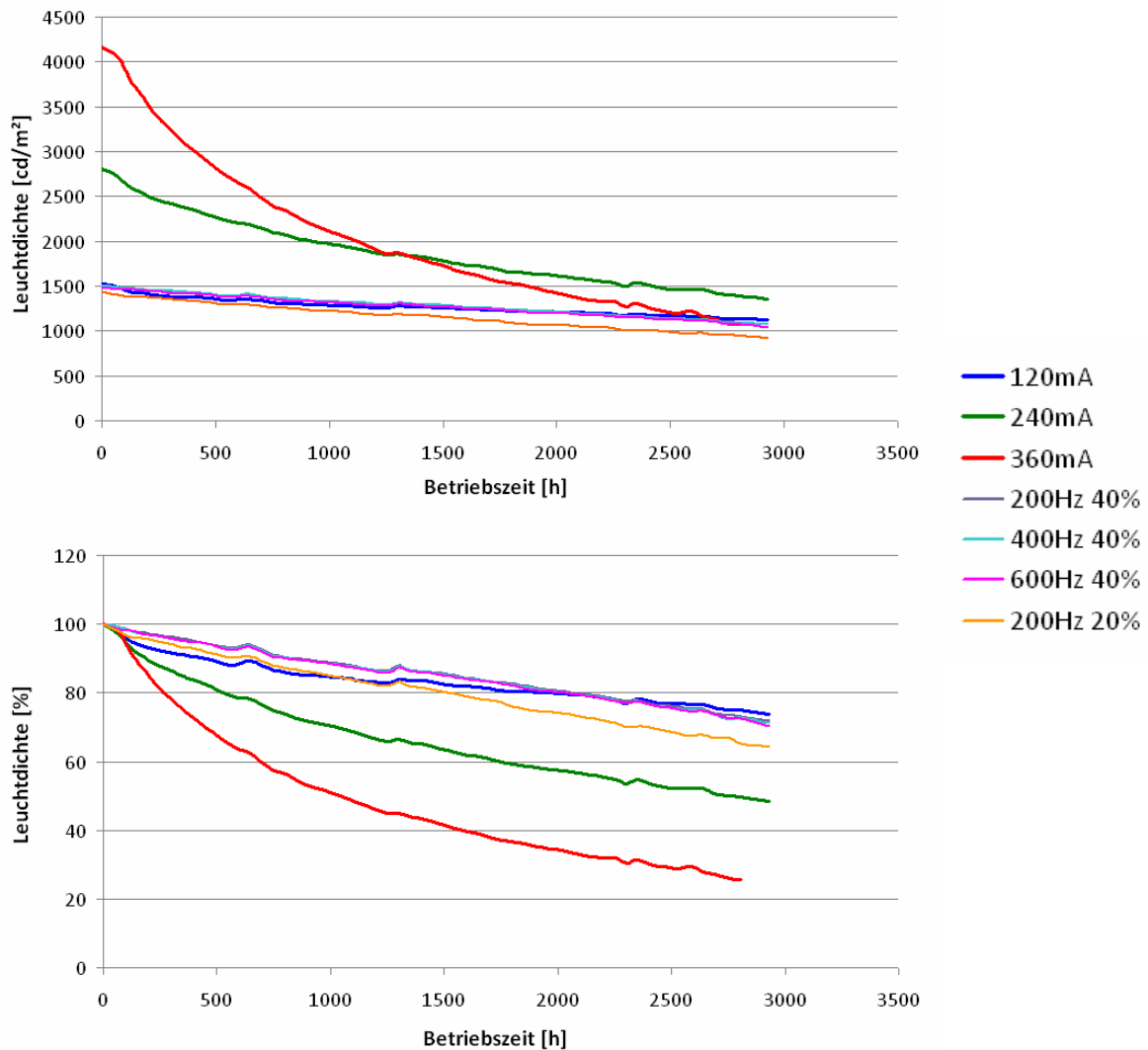


Abb. 3: Verlauf der mittleren Leuchtdichte bei verschiedenen Ansteuerungsvarianten;
oben: absolute Darstellung; unten: relative Darstellung

Eine Extrapolation der Daten ergab, dass im Nennstrombetrieb das Lebensdauerkriterium L70 (70% der Anfangsleuchtdichte) nach ca. 3500 Stunden und L50 nach ca. 7000 Stunden erreicht wird. Laut Herstellerangaben liegt die Lebensdauer der verwendeten OLEDs bei 5000 Betriebsstunden (L50).

Abbildung 4 zeigt die zeitliche Veränderung des Farbortes der vermessenen OLEDs in der CIE-Normfarbtabelle. Dargestellt sind die Farbkoordinaten einer exemplarisch gewählten OLED je unterschiedlicher Ansteuerungsvariante über eine Dauer von 3000 Betriebsstunden. Bei allen OLEDs ist zu erkennen, dass der rote Spektralanteil mit der Zeit

deutlich abnimmt. Dies konnte auch subjektiv beobachtet werden. Besonders die konstant bestromten OLEDs wiesen schon nach kurzer Zeit einen grünen Farbeindruck auf, der im Verlauf der Untersuchung durch den zusätzlichen Intensitätsverlust der blauen Emitterschicht verstärkt wurde. Schon weit vor dem Erreichen der halben Anfangsleuchtdichte, war bei allen OLEDs eine erhebliche Farbortverschiebung erkennbar.

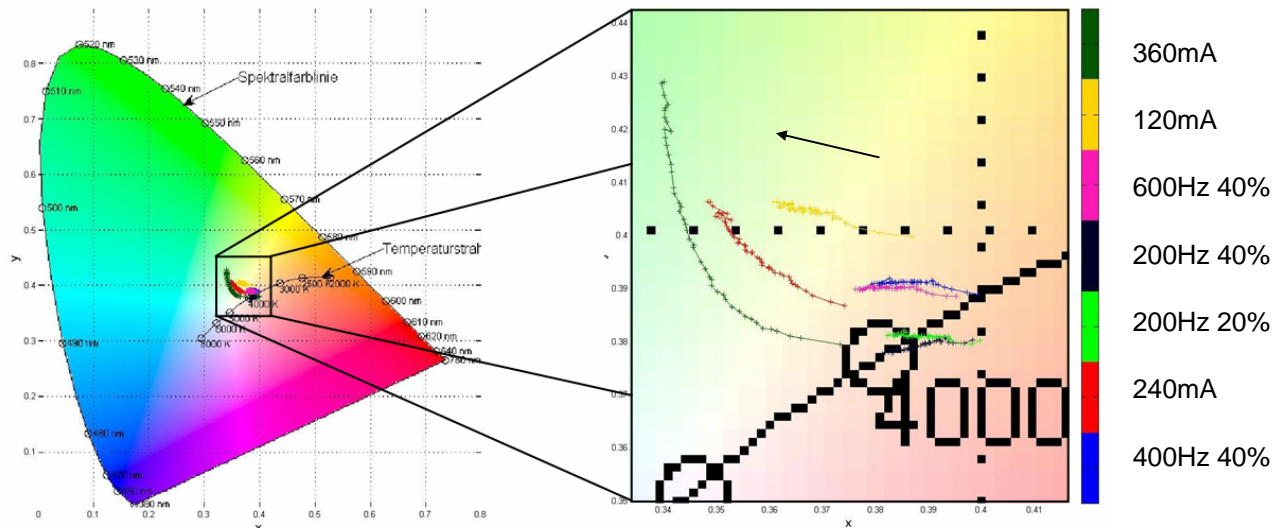


Abb. 4: Farbortverschiebung bei verschiedenen Ansteuerungsvarianten

Zusammenfassung und Ausblick

Die Langzeituntersuchung zeigte, dass die Lebensdauer organischer Leuchtdioden beim Betrieb mit höheren Strömen deutlich zurückgeht. Bei Verdoppelung des Nennstroms wird das Lebensdauerkriterium L50 statt nach 7000 Betriebsstunden schon nach 2750 Stunden erreicht. Bei Verdreifachung des Stroms reduziert sich die Lebensdauer der untersuchten OLEDs weiter auf 1000 Stunden. Die Ansteuerung mit pulsweitenmodulierten Stromquellen hat dagegen keinen Einfluss auf die Abnahme der Leuchtdichte und damit die Lebensdauer gezeigt. Weitere Untersuchungen zum Einfluss des Spitzenstroms bei sehr kleinen Tastverhältnissen stehen aus.

Der Betrieb mit erhöhten Strömen führt zu einer signifikant größeren Veränderung der Farbkoordinaten über die Zeit. Bei gepulstem Betrieb der OLEDs verschob sich der Farbort im Vergleich zu den Farborten der konstant bestromten OLEDs in den roten Bereich. Bei allen OLEDs zeigte sich schon nach kurzer Zeit eine deutliche Änderung des Farbeindrucks. Dies stellt die Leuchtdichte als einziges Maß zur Bestimmung der Lebensdauer in Frage.

Ungeklärt ist bisher, ob die auftretenden Degradationseffekte durch die eingestellte Stromstärke oder die damit verbundenen thermischen Belastungen hervorgerufen werden. Hierzu werden weitere Untersuchungen im L-LAB durchgeführt.

Quelle:

[Os2011] Osram, Datenblatt: ORBEOS™ for OLED Lighting, CDW-031, 03.01.2011