Untersuchungen des Einflusses der Umgebungstemperatur auf die Leuchtdichte und der Farbwertanteile von OLEDs

Laura Kallenbach, Mario Taddeo, Thorsten Gerloff
Fachbereich 4.15 Photometrie
Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig, Germany
Laura.Kallenbach@ptb.de

Der CIE International Standard S 025, welcher aktuell nur anorganische LEDs umfasst, soll um den Bereich der organischen Leuchtdioden (OLEDs) erweitert werden. Dazu werden Standard-Testbedingungen festgelegt, wie beispielsweise die Umgebungstemperatur. Wie bei den anorganischen LEDs soll diese bei 25 °C liegen, wobei momentan ein willkürlich festgelegtes Toleranzintervall mit +/- 5 °C diskutiert wird, welches im Vergleich zu anorganischen LEDs viermal so groß ist. Aus diesem Grund soll überprüft werden, ob diese Temperaturschwankungen tatsächlich zu einer akzeptablen Änderung des elektrischen und optischen Verhaltens von OLEDs führen, oder das Toleranzintervall der Temperatur reduziert werden muss.

Durchführung:
Zur Überprüfung des Einflusses der Umgebungstemperatur wurde die OLED in einer Klimakammer von einem Netzgerät mit Gleichstrom betrieben, in dessen Stromkreis zusätzlich ein Messwiderstand zur indirekten Strommessung verbaut wurde. Gleichzeitig wurde parallel an der OLED die Spannung gemessen (Vierdrahtmessung). Die Temperaturaufzeichnung erfolgte mit zwei Thermistoren, die um die OLED platziert wurden und deren Widerstandswert ebenfalls aufgezeichnet wurde. Da die OLED liegend betrieben werden sollte, musste in der Klimakammer ein Spiegel im 45° Winkel zur Hauptausstrahlrichtung der OLED platziert werden, sodass die Kamera durch ein Sichtfenster aus Quarzglas an der Seitenwand der Klimakammer die OLED sehen konnte.

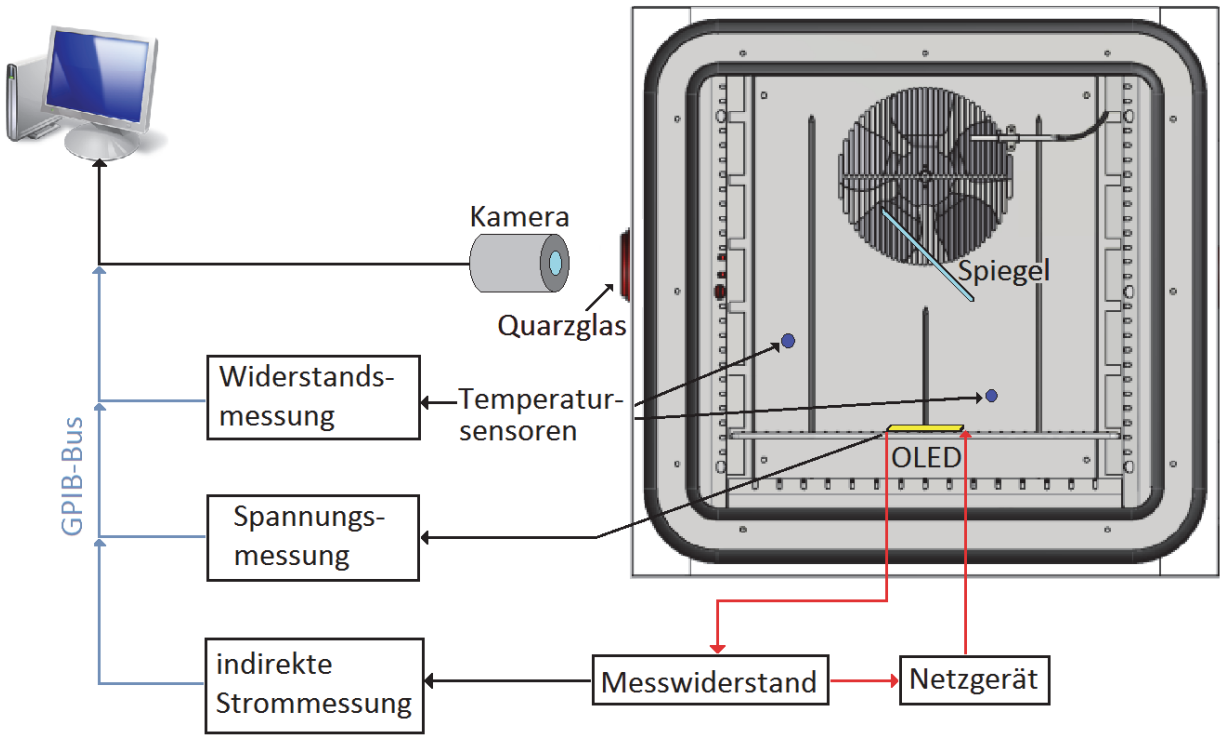

Abbildung 1: Messaufbau mit Klimakammer

Die Messungen verliefen S 025 konform. So wurde beispielsweise erst dann eine Messung beendet und neue Parametereinstellungen vorgenommen, wenn die Spannung über der OLED nur noch in einem definierten Bereich schwankte.
Die Charakterisierung einer OLED begann bei einer Umgebungstemperatur von 25 °C. Anschließend wurde die Temperatur in der Klimakammer von 31 °C bis 19 °C variiert, und die elektro-optischen Eigenschaften der untersuchten OLED gemessen. Eine abschließende Messung bei 25 °C gab Informationen über mögliche Alterungseffekte.

Auswertung:
Die Kamera zeichnet ein Farbbild im CIE-RGB-Format auf. Mit Hilfe einer Transformationsmatrix lassen sich diese Farbwerte in die nach CIE definierten Farbwerte X, Y und Z umrechnen. Hierbei ist von besonderer Bedeutung der aufgenommene Farbwert Y, der identisch zur Leuchtdichte ist.
Da das aufgezeichnete Kamerabild neben der OLED auch den schwarzen Bereich um die OLED erfasst, wurden Werte unterhalb eines definierten Schwellenwertes verworfen. Die übrigen Farbwerte wurden gemittelt, sodass man einen zur mittleren Leuchtdichte proportionalen Farbwert erhält. Dessen relative Abweichung zum ersten ermittelten Farbwert bei 25 °C wird in den folgenden Diagrammen dargestellt.
Gleichzeitig wurde für jede Messung die relative Abweichung des Spannungswertes vom ersten aufgezeichneten Spannungswert ermittelt.

Aus den berechneten Farbwerten X, Y und Z konnte zusätzlich die Temperaturabhängigkeit der für die CIE-Normfarbtabelle typischen Normfarbwertanteile x und y ermittelt werden. Hierbei ist die relative Änderung dieser Größen ebenfalls in einem Diagramm dargestellt.

Ergebnisse:
Abbildung 2 zeigt die auf eine Umgebungstemperatur von 25 °C normierte relative Änderung der Leuchtdichte zweier exemplarischer OLEDs in Abhängigkeit von der Temperatur. Bei Änderungen der Umgebungstemperatur von bis zu 10 °C ändert sich die Leuchtdichte zum Teil um mehr als 3 %. Hierbei kann die relative Leuchtdichte bei steigender Temperatur je nach Materialeigenschaften der OLED sowohl ansteigen als auch abfallen. Darüber hinaus ändert sich auch die über der OLED abgefallene Spannung mit der Umgebungstemperatur. Hierbei zeigte sich, dass die Leitfähigkeit der untersuchten OLEDs bei steigender Temperatur zunimmt.

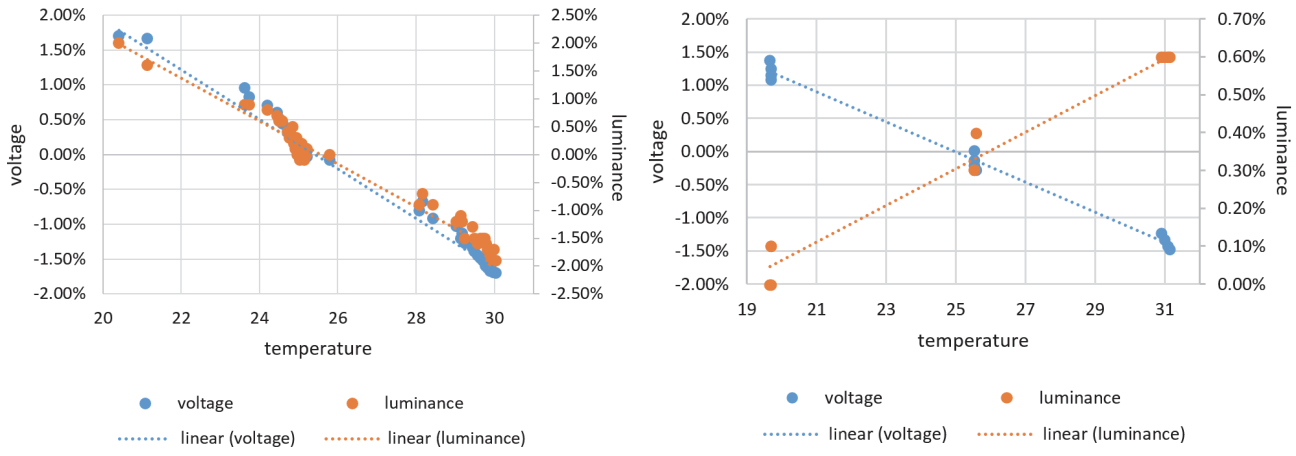

Abbildung 2: Spannungs- und Leuchtdichteänderung bei Variation der Umgebungstemperatur

Insgesamt lässt sich daraus ableiten, dass das Toleranzintervall für die Umgebungs-temperatur kleiner gewählt werden muss, wenn man eine geringere Messunsicherheit bei der Charakterisierung von OLEDs anstrebt.
Betrachtet man nun noch das Farbverhalten von OLEDs bei Variation der Umgebungstemperatur, so erhält man die in Abbildung 3 dargestellte Grafik. Diese zeigt, dass sich der x Normfarbwertanteil bei einer Temperaturänderung von bis zu 10 °C um 0,001 ändert und der y Anteil sogar um mehr als 0,002. Auch hier gilt die Aussage, dass bei einer gewünschten geringeren Messunsicherheit das Toleranzintervall kleiner gewählt werden muss. Insgesamt wurden mehr als 20 OLED vermessen, die prinzipiell ähnliche Abhängigkeiten von der Temperatur aufwiesen.

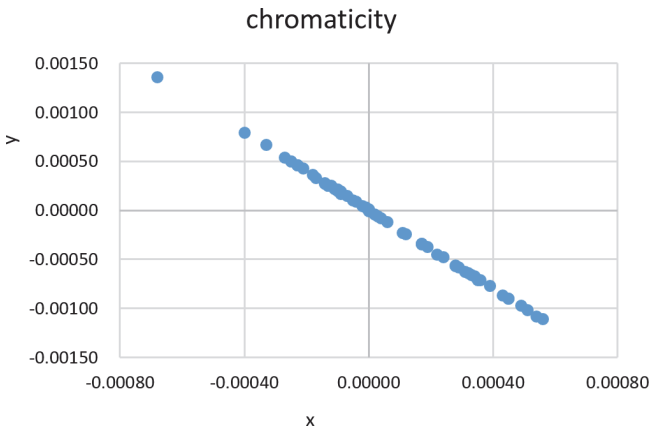

Abbildung 3: Farbwertänderung

Ausblick:
In den zuvor besprochenen Auswertungen wurde die Strömungsgeschwindigkeit des Luftstroms in der Klimakammer konstant gehalten, denn Änderungen des Luftstroms sind, wie die folgenden Diagramme zeigen, nicht zu vernachlässigen.
In Abbildung 4 wurde die OLED einem variablen Luftstrom ausgesetzt, weshalb die Leuchtdichte um ein halbes Prozent und die Spannung sogar um 1 Prozent schwankt.
Die in Abbildung 5 dargestellten Graphen zeigen deutlich, dass ein stärkerer Luftstrom die OLEDs so stark kühlt, dass die Leuchtdichte und die Spannung einen Wert annehmen, der einer 5°C kühleren Temperatur entsprechen.

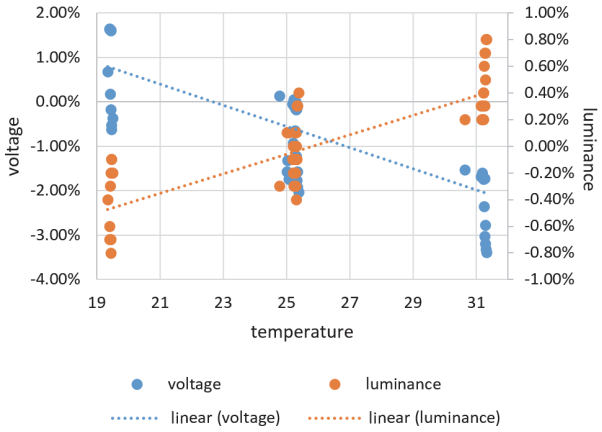

Abbildung 4: Schwankung bei Variation des Luftstroms

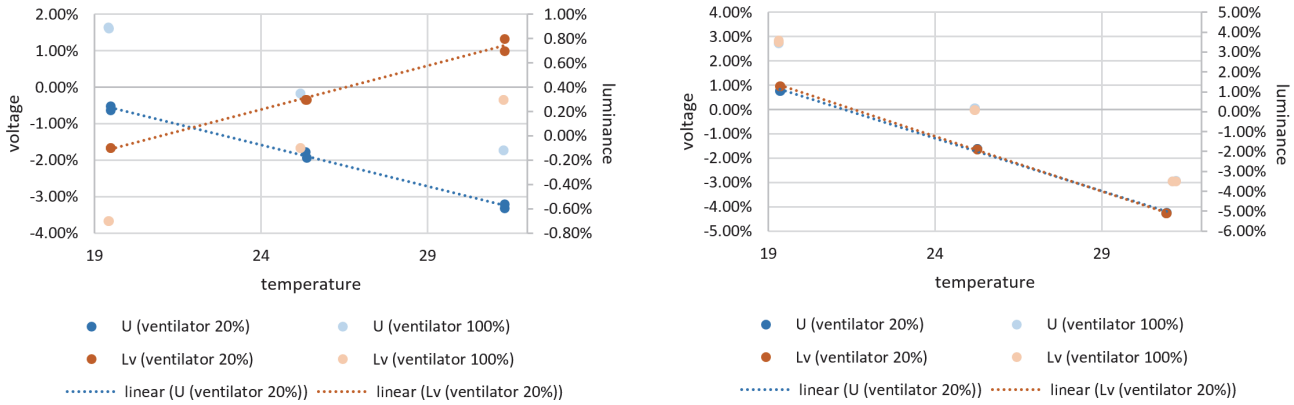

Abbildung 5: Einfluss des Luftstroms auf die Spannung und Leuchtdichte einer OLED

Acknowledgement:
This work is a part of the MESaIL project, referenced as EMRP JRP-ENG62, and funded by the European Union in the framework of the European Metrology Research Programme (EMRP).