

Praktikumsversuch „Betriebsparameter von anorganischen Leuchtdioden“

Stefan Wolf

5. Dezember 2016

1 Ziel des Versuches

Ziel des Versuches ist das Kennenlernen der Abhängigkeiten der photometrischen und colorimetrischen Eigenschaften des von anorganischen Leuchtdioden emittierten Lichtes von den elektrischen und thermischen Betriebsparametern einer Leuchtdiode.

2 Grundlagen

Anorganische Leuchtdioden — auch als lichtemittierende Dioden (LED) bezeichnet — sind Halbleiterbauelemente mit einem PN-Übergang, die durch Anregung mit einem elektrischen Strom eine inkohärente optische Strahlung (auch) im sichtbaren Spektralbereich aussenden. Die absolute spektrale Verteilung der emittierten Strahlung, und damit die lichttechnischen und farbmtrischen Werte, sind dabei im Wesentlichen vom zeitlichen Verlauf des Wertes des durch die LED fließenden elektrischen Stromes und der Temperatur im PN-Übergang abhängig.

2.1 Farbmtrische Grundlagen

Der Lichtstrom Φ der LED berechnet sich aus der Verteilung des spektralen Strahlungsflusses $\Phi_{e,\lambda}$ nach Gleichung 1.

$$\Phi = K_m \int_0^\infty \Phi_{e,\lambda} \cdot V(\lambda) d\lambda \quad (1)$$

Die Farbe der Strahlung wird mit den Normfarbwerten X, Y, Z (Gleichungen 2 bis 4) vollständig beschrieben.

$$X = K_m \int_0^{\infty} \Phi_{e,\lambda} \cdot \bar{x}(\lambda) d\lambda \quad (2)$$

$$Y = K_m \int_0^{\infty} \Phi_{e,\lambda} \cdot \bar{y}(\lambda) d\lambda \quad (3)$$

$$Z = K_m \int_0^{\infty} \Phi_{e,\lambda} \cdot \bar{z}(\lambda) d\lambda \quad (4)$$

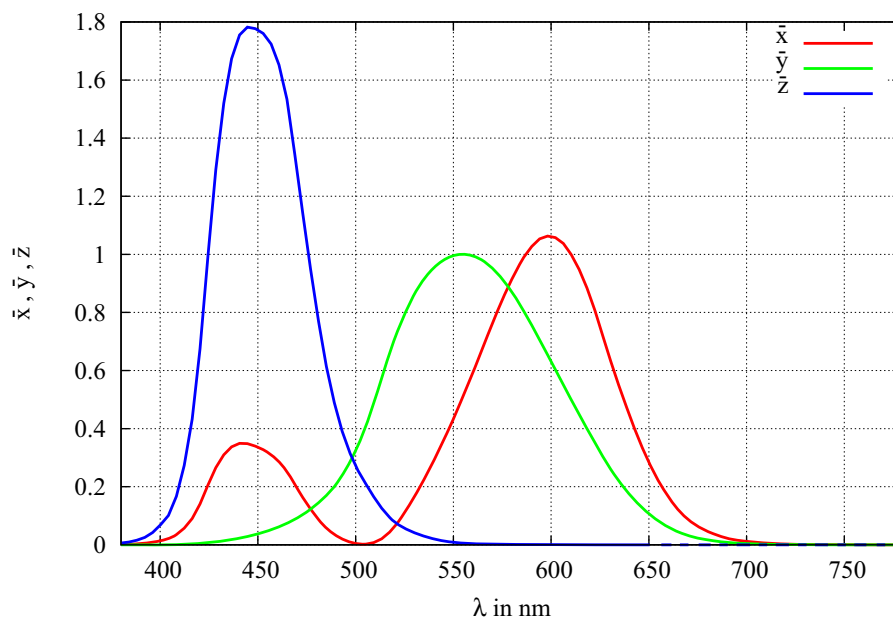


Abbildung 1: Die Normspektralwertfunktionen \bar{x} , \bar{y} und \bar{z}

Die Wichtungsfunktionen \bar{x} , \bar{y} und \bar{z} sind dabei die Normspektralwertfunktionen, welche letztendlich die Farbempfindung des menschlichen Auges beschreiben (Abb. 1).

Wenn sich die Farbe mit drei Maßzahlen beschreiben lässt, kann man sich die Farbe auch als Vektor \vec{F} im dreidimensionalen Raum mit dem Komponenten (X, Y, Z) vorstellen (Abb. 2).

Um von dem Farbvektor \vec{F} nur die Richtung zu beschreiben und den Betrag zu ignorieren, wird in der Farbmeterik in den 3-dimensionalen X-Y-Z-Farbraum die im Bild 2 blau schraffierte Ebene durch die Punkte $(1, 0, 0)$, $(0, 1, 0)$ und $(0, 0, 1)$ gelegt. Da die Normspektralwertfunktionen \bar{x} , \bar{y} und \bar{z} für alle Wellenlängen λ nicht negativ sind und sich demzufolge der Farbvektor \vec{F} immer im ersten Oktanten des Koordinatensystems befindet, muss der Farbvektor oder dessen Verlängerung diese Ebene innerhalb der dreieckigen Fläche D zwischen den angegebenen Punkten schneiden. Dieser Schnittpunkt

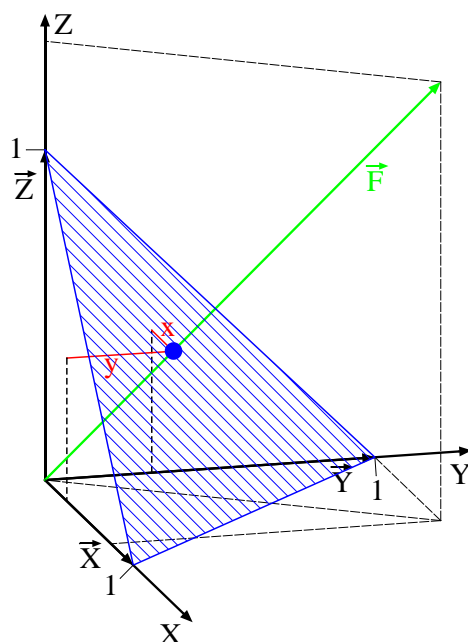


Abbildung 2: Farbvektor \vec{F} im Farbraum X, Y, Z und Übergang zu den Normfarbwertanteilen.

heißt dann Farbort und dessen Koordinaten bezüglich der Fläche D Normfarbwertanteile. Mathematisch berechnen sich die Normfarbwertanteile x, y nach den Gleichungen 5 bis 6.

$$x = \frac{X}{X + Y + Z} \quad (5)$$

$$y = \frac{Y}{X + Y + Z} \quad (6)$$

Betrachtet man die Fläche D aus Richtung der positiven Z -Achse, erhält man die Normfarbtafel CIE-1931 (Abb. 3) mit dem grün eingezeichneten Farbort des Farbvektors \vec{F} . Weiterhin sind in Abb. 3 der Unbuntpunkt E als Farbort des energiegelichen Spektrums, die Farborte der monochromatischen Spektren, welche den Spektralfarbenzug und die Purpurgerade bilden und die Farborte des Schwarzen Körpers in Abhängigkeit von dessen Temperatur eingezeichnet.

2.2 Dimmung

Um den von der LED abgegebenen Lichtstrom zu steuern — auch als „Dimmen“ bezeichnet — gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten:

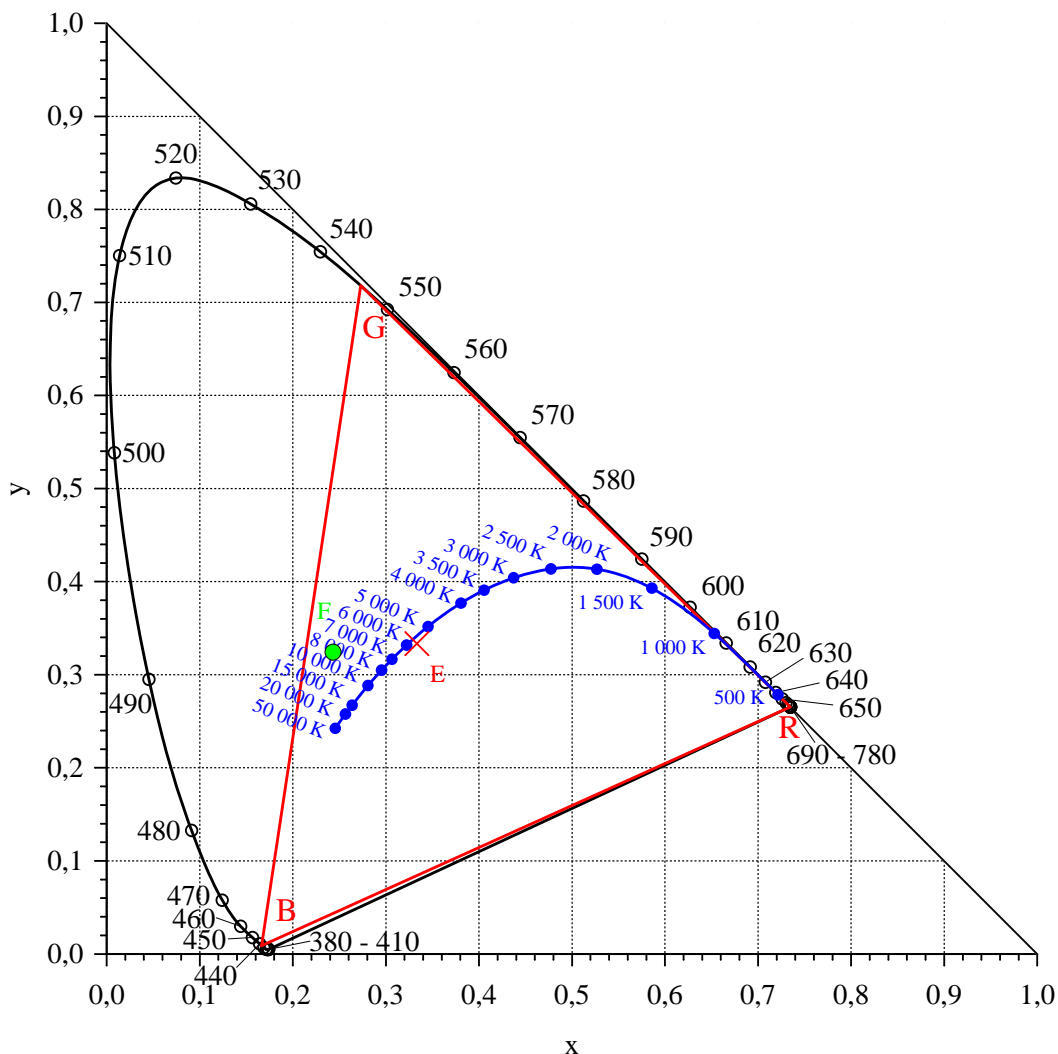


Abbildung 3: Normfarbtafel CIE1931

- Man kann die LED mit einem zeitlich kontinuierlichen Strom versorgen und zum Dimmen den Wert dieses Stromes verändern. Diese Art der Dimmung soll im Weiteren als kontinuierliche Dimmung bezeichnet werden. Das Maß für den Grad der Dimmung — der Dimmlevel — bestimmt sich hierbei aus dem Verhältnis des fließenden Diodenstromes I zum Diodennennstrom I_{nenn} (siehe Abb. 4).
- Wird die LED immer mit dem Nennstrom I_{nenn} versorgt und dieser mit einer Frequenz f_{dim} ein- bzw. ausgeschaltet, deren Wert deutlich über der Flimmererschmelzungsfrequenz liegt, bezeichnet man dies als Dimmung mittels Pulsweitenmodulation (PWM). Das Verhältnis von Einschaltdauer t_{on} zur Periodendauer $t_{\text{dim}} = \frac{1}{f_{\text{dim}}}$ bestimmt dann den Dimmlevel (Abb. 5).

Beide Verfahren haben Vor- und Nachteile, die in diesem Praktikumsversuch kennengelernt werden sollen.

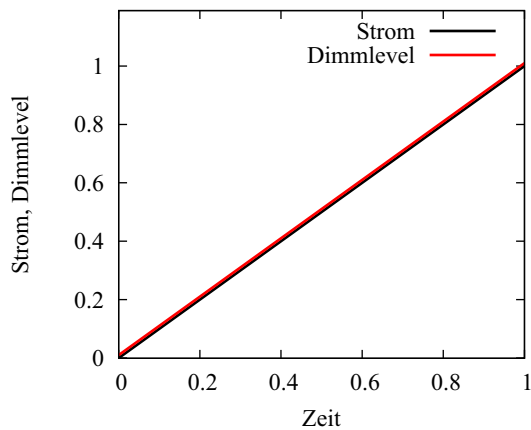


Abbildung 4: Kontinuierliche Dimmung

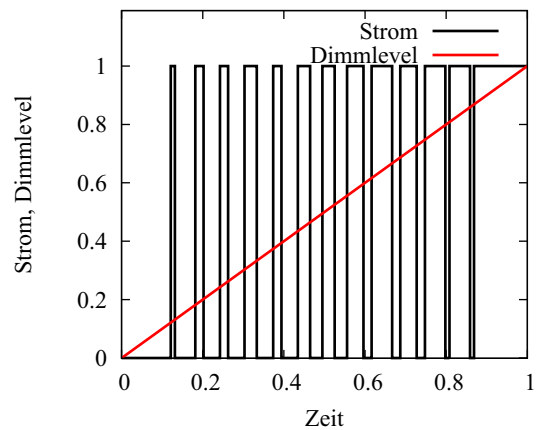


Abbildung 5: PWM-Dimmung

3 Versuchsaufbau

Der Versuchsaufbau ermöglicht es, die Temperatur der LED, den LED-(Nenn-)strom und die Einschaltdauer bei PWM-Dimmung unabhängig voneinander einzustellen. Weiterhin besteht die Möglichkeit, die an der LED anliegende Spannung während der Einschaltdauer, die relative spektrale Verteilung des emittierten Lichtes und den Lichtstrom zu messen. Der gesamte Aufbau wird über einen Touch-Monitor gesteuert, in die Bedienung werden Sie vom Versuchsleiter zu Beginn des Praktikums eingewiesen.

4 Vorbereitung

1. Lassen Sie sich vom Versuchsleiter per E-Mail das Datenblatt der gerade im Versuchsaufbau eingebauten LED und das Excel-Arbeitsblatt für das Versuchsprotokoll schicken.
2. Machen Sie sich mit den Angaben im Datenblatt vertraut.
3. Zeichnen Sie in die Diagramme auf den Seiten 7 und 8 die zu erwartenden **qualitativen** Verläufe auf der Grundlage der Angaben im Datenblatt ein, soweit dies möglich ist.

5 Durchführung

1. Messen Sie die Flussspannung, den Lichtstrom, den Farbort und die dominante Wellenlänge in Abhängigkeit des Dimmlevels bei kontinuierlicher und PWM-Dimmung bei zwei verschiedenen Temperaturen.

2. Messen Sie die Flussspannung, den Lichtstrom, den Farbort und die dominante Wellenlänge in Abhängigkeit von der Temperatur der LED.

Die genauen Parameter der Messungen entnehmen Sie dem Protokoll.

6 Auswertung

Vergleichen Sie die gemessenen Werte mit denen, die aus dem Datenblatt ermittelt wurden. Begründen Sie eventuelle Abweichungen.

Literatur

- [1] DIN 5032-9
Lichtmessung — Teil 9: Messung der lichttechnischen Größen von inkohärent strahlenden Halbleiterlichtquellen
Beuth Verlag Berlin, Januar 2015
- [2] DIN EN ISO 11664-3
Farbmetrik — Teil 3: CIE-Farbwerte
Beuth Verlag Berlin, August 2013

