

Regelung von RGBX LEDs mittels JENCOLOR

Fredrik Hailer, Gunter Sieß
MAZeT GmbH, 07745 Jena

www.mazet.de

www.jencolor.de

Einleitung

Der Einsatz von LEDs als Beleuchtungselement findet aufgrund seiner technischen und wirtschaftlichen Vorteile immer mehr Einsatzgebiete. Weißlicht-LEDs kommen aufgrund ihres höheren Farbwiedergabeindex (CRI) noch häufiger zum Einsatz, sie unterliegen aber nicht nachstellbaren Farb- und Helligkeitsunterschieden durch Binning, Alterung, Temperatur- und Strom-/Spannungsänderungen. Zwar unterliegen RGB LEDs den selben Nachteilen, diese lassen sich allerdings aufgrund ihrer drei Primärvalenzen Rot, Grün und Blau mit optischen Sensoren nachregeln. Deren Nachteil ist wiederum ein geringer Farbwiedergabeindex. Um diesen Index zu erhöhen werden die Primärvalenzen RGB mit zusätzlichen LEDs X, beispielsweise Amber oder Weiß, ergänzt. Während die Regelung von RGB LEDs inzwischen auf einen fundierten Stand der Technik zurückgreift, finden sich für die Regelung von RGBX LEDs noch wenige zur Verfügung stehende Informationen. Welche optischen Eigenschaften muss ein Sensor besitzen, um RGBX LEDs zu messen? Welche Anforderungen sind an die Hardware gestellt? Zu welchen Anteilen müssen die LEDs angesteuert werden, um einen möglichst hohen und konstanten Farbwiedergabeindex über die gesamte Lebensdauer zu erreichen? Dieser Vortrag behandelt die Herausforderung zur Regelung von RGBX LEDs mit optischen JENCOLOR Sensoren zum praktischen Einsatz.

Anforderungen der Beleuchtungstechnik

In der Beleuchtungstechnik ist ein entscheidendes Kriterium der Color Rendering Index CRI. Der CRI ist ein Maß für eine Beleuchtung, wie gut Farben wiedergegeben werden. Für die Bestimmung des CRI wird der Farbstandard TCS15 zu Grunde gelegt. Dieser besteht aus 15 natürlichen Farben über das Farbspektrum verteilt. Zur Berechnung des CRI werden die Sollfarben des TCS15 unter einer gewünschten Normlichtart, beispielsweise D65, bestimmt. Auf dieselbe Weise werden die Farben unter der genutzten Beleuchtung bestimmt. Die Differenz beider Farben ergibt den CRI, wobei 100 der Normlichtart selbst entspricht. Je kleiner der Wert, desto schlechter ist der Farbwiedergabeindex der Beleuchtung. Folglich ist ein CRI ohne Angabe der zu Grunde liegenden Normlichtart nutzlos. Tabelle 1 zeigt den CRI einer Weißlicht-LED unter Normlichtart D65 und D50 bei zwei Temperaturen der LED mit $\Delta\vartheta = 60\text{K}$.

LED	ϕ	CRI	
		D65	D50
W LED	0K	47	64
W LED	60K	52	68

Tabelle 1: CRI einer Weißlicht-LED

Zum Einen wird hier die Tatsache deutlich, dass die LED nur bei D50 einen hohen CRI von 64 besitzt. Bei Normlichtart D65 sinkt der CRI auf 47. Aber auch die Temperaturerhöhung von 60K lässt den CRI um 4 bis 5 steigen.

LED basierte Farbmischung

Bei qualitativ hochwertigen Beleuchtungen ist diese Schwankung nicht tolerierbar. Aus diesem Grund wird versucht diesen Schwankungen mit geregelten, mehrfarbigen LEDs entgegenzuwirken. Zur Erzeugung beliebiger Mischfarben, also farbmetrisch gesehen jede beliebige Farbtemperatur respektive Normlichtart, sind prinzipiell drei LEDs rot, grün und blau (RGB) hinreichend. Typische Peakwellenlängen dieser LEDs liegen bei etwa 455nm (B), 518nm (G) und 630nm (R). Durch die geringe mittlere Halbwertsbreite von 20nm bis 30nm dieser LEDs entstehen Defizite im Spektrum und dadurch ein sehr geringer zu realisierender CRI. Durch hinzufügen einer Amber LED bei 590nm (A) und / oder einer Weißlicht-LED (W) können diese Spektralen Lücken geschlossen werden. Jedoch ist es längst nicht damit getan die LEDs einfach „einzuschalten“ und einen hohen CRI zu realisieren. Das Ergebnis ist in Tabelle 2 aufgelistet.

LED	ϕ	D65	D50
RGB	0K	12	18
RGBA	0K	24	29
RGBW	0K	55	69

Tabelle 2: CRI von LED-Beleuchtungen durch einfaches „Einschalten“

Regelung von Mehr-LED-Applikationen (RGBX)

Es besteht die Notwendigkeit einer Regelung, die die spektrale Charakteristik der LEDs bewertet und diese entsprechend nachregelt, um die gewünschte Normlichtart zu erhalten. Durch eine aktive Regelung lassen sich auch die Intensitätsverringern und Wellenlängenverschiebung einer LED durch Temperaturschwankung ausgleichen. Ein optimiertes Beleuchtungssystem aus LEDs und optischem Sensor in der Regelstrecke zeigt Tabelle 3.

LED	ϕ	CRI	
		D65	D50
RGB	0K	33	30
RGB	60K	29	25
RGBA	0K	59	62
RGBA	60K	46	46
RGBW	0K	90	93
RGBW	60K	91	94

Tabelle 3: CRI von LED-Beleuchtungen mit MTCS geregelt

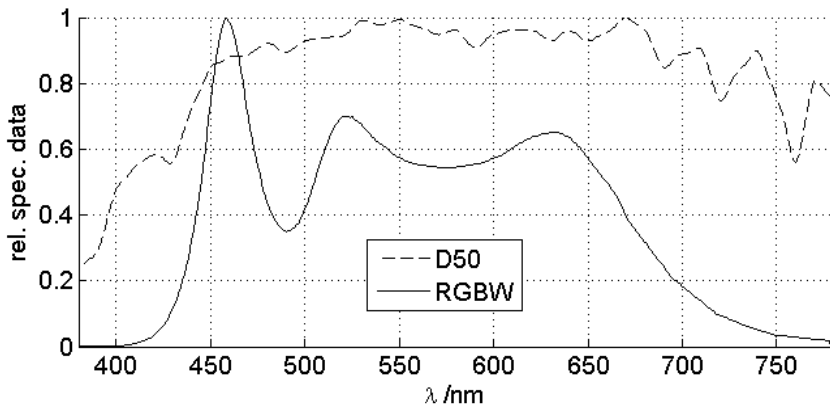


Diagramm 1: RGBW Beleuchtung mit CRI = 94 (D50)

Als Sensor ist bei den Simulationen der True Color Sensor MTCS der MAZeT eingesetzt. Die drei Empfindlichkeiten dieses Sensors sind an die Normspektralwertfunktion des menschlichen Auges aus DIN5033 angepasst. Die so gemessenen Farbwerte des Sensors entsprechen nach einer einmaligen Kalibrierung somit den Normvalenzen XYZ. Die Herausforderung der Regelung besteht nun aus den drei Eingangssignalen XYZ vier oder mehr Ausgangssignale als LED Ansteuerung zu berechnen. Diese Unterbestimmtheit des Systems führt zu unendlich vielen Kombinationsmöglichkeiten der RGBX Ansteuerung zur Erreichung des gewünschten Zielfarborts. Ein einfaches Beispiel für RGBW. Das Ziel soll der Farbort der Weißlicht LED sein. Dieser Farbort wird durch Ausschalten von RGB und Einschalten von W erreicht oder durch eine eindeutige Kombination von RGB und ausgeschalteter W LED. Aber auch beliebige Linearkombinationen dieser beiden Einstellungen ergeben den Zielfarbort, jeweils mit unterschiedlichem CRI. Um das Ziel eines hohen und konstanten CRI zu erhalten, müssen weitere

Restriktionen in die Regelung implementiert werden. Ansätze gibt es hier in der Zerlegung in Subgamuts bei RGBx Beleuchtungen oder einer dynamischen Anpassung der Weißlicht-LED bei RGBW. In Tabelle 3 ist der Ansatz der Subgamuts für die RGBA Beleuchtung und die dynamische Anpassung für die RGBW Beleuchtung umgesetzt.

Zusammenfassung

In der zugrunde liegenden Simulation konnte gezeigt werden, dass die spektralen Defizite bezüglich des CRI von LED-Beleuchtungen durch RGBx LEDs ausgeglichen werden. Durch Regelung mit einem True Color Sensor werden zudem bekannte Nachteile der LED durch Alterung, Temperaturschwankung und Binning ausgeglichen. Ein konstant hoher CRI kann so über die gesamte Lebensdauer der Beleuchtung erzielt werden. Im Weiteren werden die gefundenen Ansätze zur RGBX Regelung an einem Demonstrator verifiziert.