

Warum eine Farblichtregelung nicht teuer sein muss

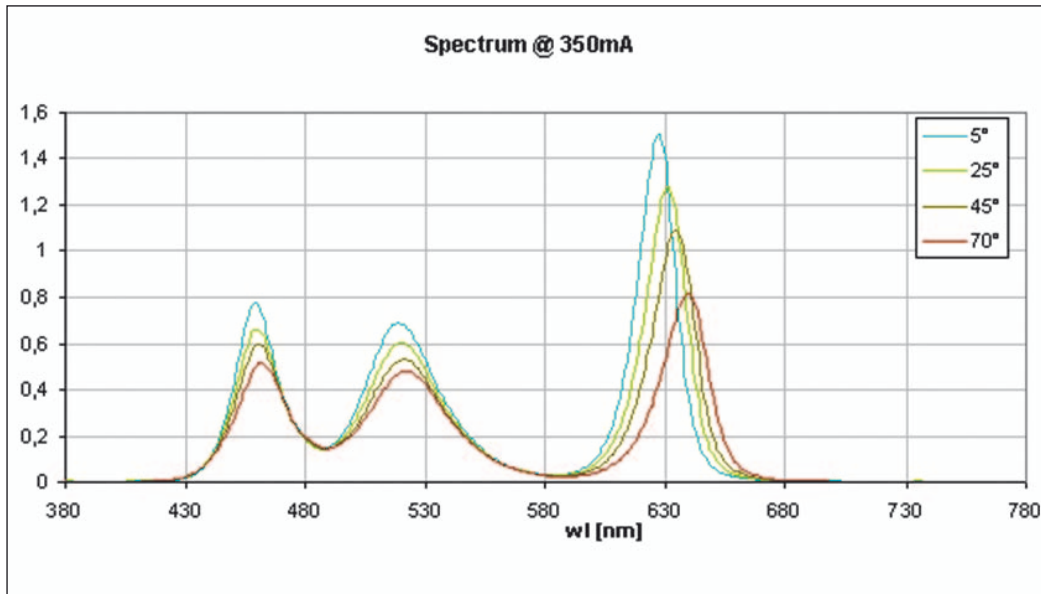


Bild 1: Abhängigkeit der Wellenlänge und der Helligkeit von RGB-LEDs von der Temperatur

Auf den ersten Blick würde man den Aufwand für die Farbmessung in einer Regelung zu den Kosten einer Ansteuerung von LED-Leuchten einfach hinzurechnen. Bei genauerer Betrachtung wird jedoch sichtbar, dass sich an anderer Stelle Kosten sparen lassen. Regelungen mit Rückführung benötigen nur einfachste Ansteuerungen und kommen mit einem sektorweisen Binning der LEDs aus.

Der aktuelle Entwicklungsstand von LEDs weisen zwar einerseits eine erfreuliche hohe Lichtstärke auf, stecken aber andererseits noch in den Kinderschuhen, was die Abhängigkeit der Lichtstärke (Helligkeit) von der Chiptemperatur und die Alterung der lichterzeugenden Schichten einer LED betrifft.

Temperaturabhängigkeit

Die Abhängigkeit der Helligkeit und der Wellenlänge von der Temperatur sind hinlänglich aus den Datenblättern der LEDs bekannt. Die Abbildung 1 stellt ein typisches Verhalten für eine Rot-Grün-Blau-Kombination einer LED-Quelle dar. Sie zeigt, dass die Abhängigkeit der roten LED größer als die der grünen und blauen LED ist. Um fast 40% sinkt die Helligkeit zwischen 5 °C und 70 °C.

Eine Veränderung des Farbeindrucks sowie der Helligkeit des Mischlichtes sind unvermeidbar. Der Anwender muss zudem entscheiden, ob er die Leuchte

im kalten Zustand oder im temperaturmäßig eingeschwungenen Zustand kalibrieren, bzw. justieren will, je nach Vorgabe der Reproduziergenauigkeit der Lichtfarbe. Insbesondere bei größeren Anlagen, die aus mehreren Lichtquellen bestehen, wird die Einhaltung von Toleranzen zu einer anspruchsvollen Aufgabe. Bereits bei Farbtoleranzen um $\Delta E = 2,5$ bis 3 hat der ungeübte Betrachter das Gefühl einer inhomogenen Lichtfarbe.

Beispiel

Die spezifische Eigenschaft des menschlichen Auges ist es, sehr empfindlich auf Farbdifferenzen zu reagie-

ren - während der absolute Farbwert bei fehlendem Vergleich nur schwer bewertet werden kann. So können bei LED-Kachelwänden, Monitoren oder gleichmäßig beleuchteten Flächen, schnell Farb- und allgemeine Wahrnehmungsunterschiede festgestellt werden. Dieser Effekt ist besonders schnell erkennbar, wenn mehrere Einzelgeräte in Reihe angesteuert werden und diese zudem unterschiedlichen Außeneinflüssen unterliegen.

Alterung

Obwohl die Betriebsstundenzahlen der LEDs laut Datenblattangaben weit über denen anderer Lichtquellen liegt, ist vom ersten Einschalten an ein Alterungsprozess zu verzeichnen. Bekanntlich wird die Lebensdauer einer LED-Lichtquelle auf den Helligkeitsabfall von 70% der Ausgangshelligkeit bezogen.

Weit vor der 70%-Marke sind bereits Veränderungen zu verzeichnen, die in Laboren nachgewiesen wurden. In Abbildung 3 ist der Verlauf der Helligkeit einer RGB-LED innerhalb der ersten 10.000 Stunden dargestellt. Interessanterweise wurde nicht nur ein reiner Helligkeitsverlust sondern sogar eine kurzzeitige Verbesserung der Lichtleistung gemessen. Auf Grund der unterschiedlichen Materialien der roten, grünen und blauen LEDs ist dieser Prozess ebenfalls unterschiedlich im Verlauf. Man sieht dass der Abfall schon nach 5.000 Stunden im Bereich von 5% bis 25% liegt. Mit anderen Wor-



Bild 2: Simulation der Beleuchtung einer Kachelwand mit Toleranzen um $\Delta E=3$ (Schematische Darstellung)

Autoren:

Dr. Fred Grunert,
Dr. Winfried Mahler

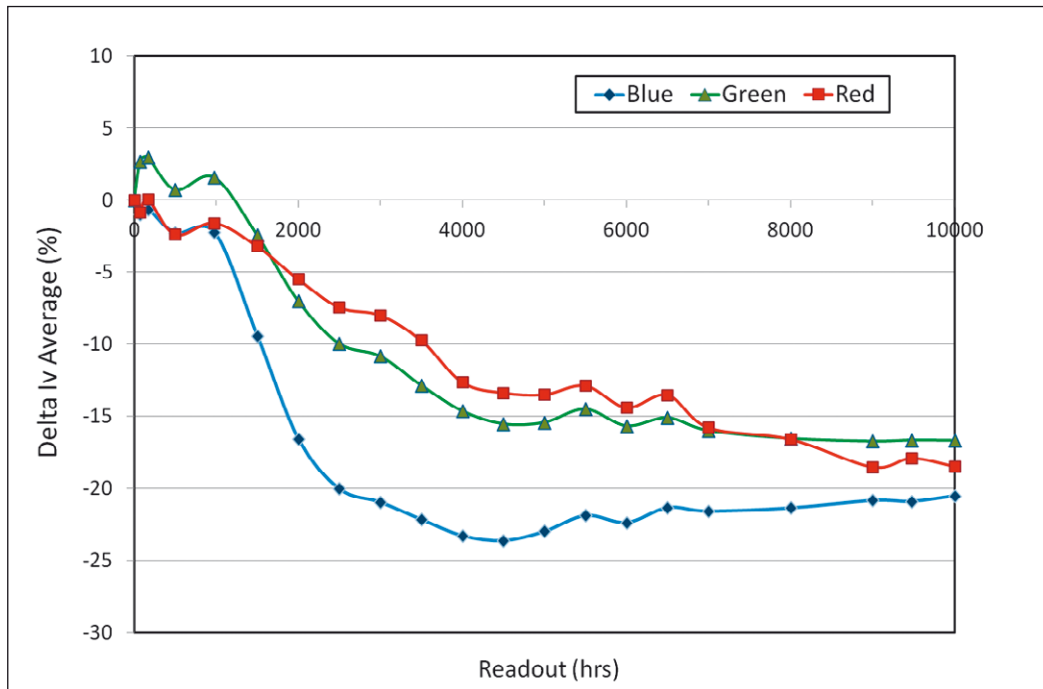


Bild 3: Helligkeitsänderung von RGB-LEDs über die Zeit in Stunden (Quelle: OSRAM)

ten – in jedem Falle im sichtbaren Bereich. Ein Austausch einer einzelnen Leuchte einer Beleuchtungsanlage, im Ergebnis von Vandalismus oder andere Einwirkungen, kann nur so erfolgen, dass vor Ort die Ersatz-

leuchte einjustiert werden muss. Das sind langfristige Instandhaltungskosten für den Betreiber der Anlage. Es drängt sich die Frage auf, ob hier ein anderes technisches Konzept Abhilfe schaffen kann?

Konzept der Optischen Rückkopplung

Bekannt sind Lösungen, die mit Stabilisierung des Stromes und der Spannung der LEDs arbeiten. Ebenso Lösungen,

die die Temperatur der LEDs messen (so nah wie es konstruktiv geht), und dem LED-Treiber zurückmelden und somit eine Temperaturregelung entsteht. Die genannten Lösungen sind indirekte Stabilisierungsmethoden. Betrachtet werden soll jetzt eine Methode der direkten Regelung über das Farblicht. Das Prinzip ist in Abbildung 4 dargestellt.

Die vorgestellte Lösung unterscheidet sich von einer (ungeregelten) Steuerung durch den eingefügten Farbsensor, der – je nach Ausbaustufe – bereits über analoge und digitale Baugruppen für die Übertragung der RGB-Werte an den μ Controller der LED-Ansteuerung verfügt. Im μ Controller wird in der Software der Soll-Ist-Wertvergleich durchgeführt und die entsprechenden Signale für die Leistungstreiber gebildet.

In Abbildung 4 ist ein RGB-System gezeigt. Erweiterbar ist das Prinzip auch auf RGB-Weiß oder RGB-Amber-Weiß. Nicht dargestellt ist, wie das Licht auf den Farbsensor gelangt. Hier sind simple Lösungen sinnvoll, wie den ohnehin notwendigen Reflektor so zu konstruieren, dass ein wenig Licht auch zum Farbsensor gelenkt wird. Mit anderen Worten: Es kommt zu kei-

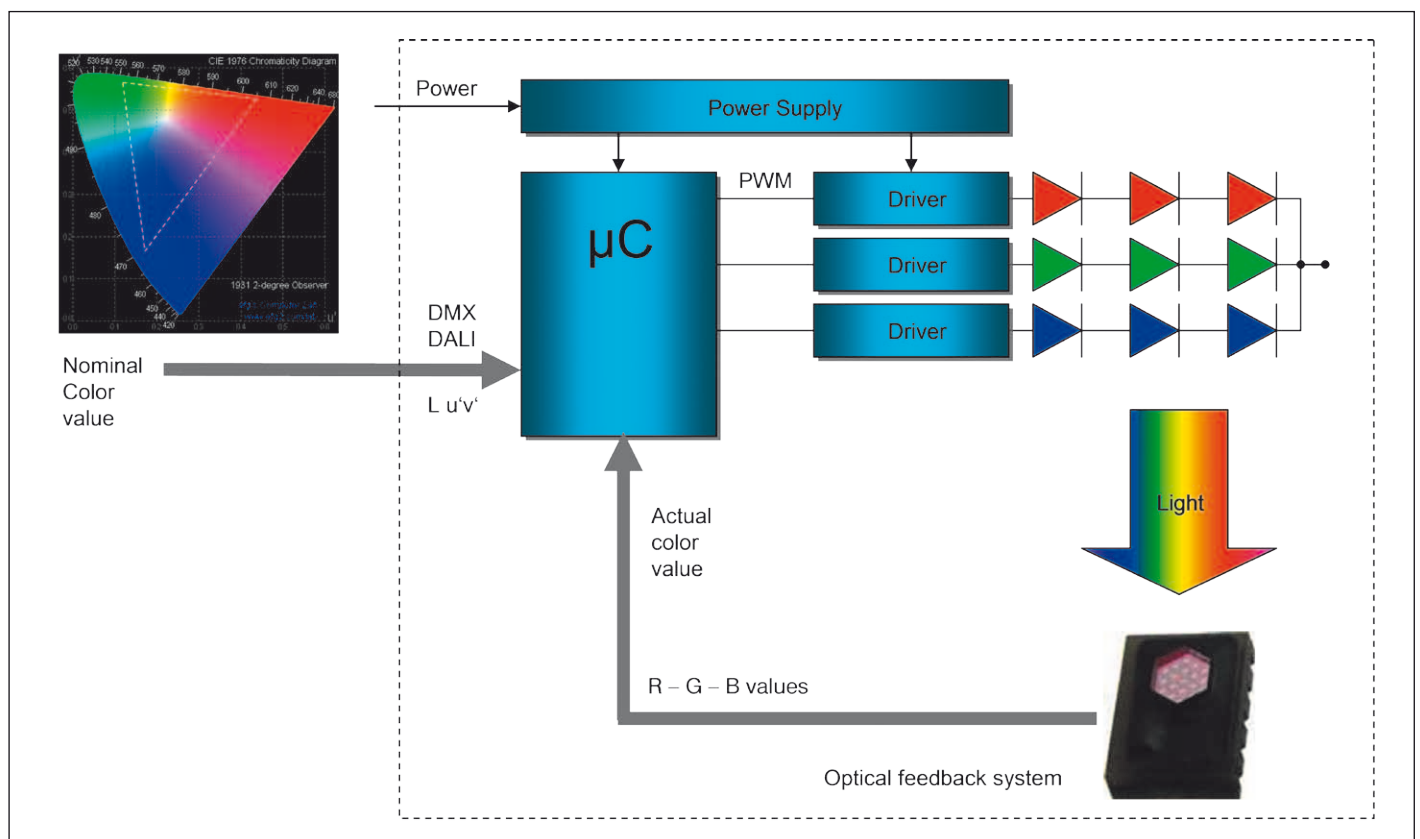


Bild 4: Prinzip der optischen Rückkopplung über das Farblicht der LEDs

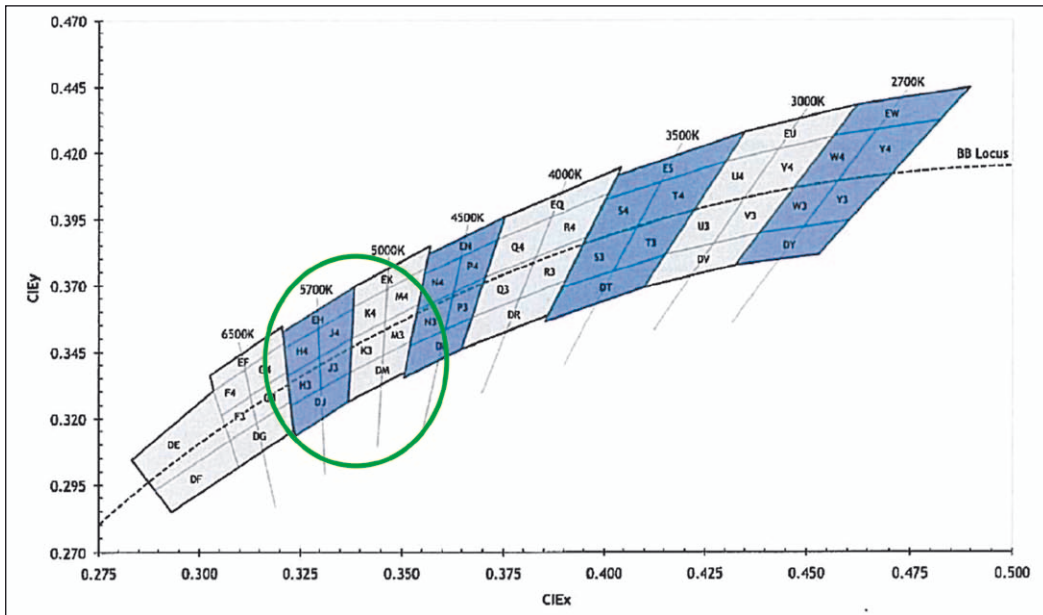


Bild 5: Binning von LEDs nach LED-Hersteller Luminius

nen zusätzlichen Kosten, allenfalls zu geringen Kosten, wenn der Reflektor von einem Hersteller verwendet wird, der in dieser Richtung keine konstruktiven Merkmale aufweist.

Vorteile der Optischen Rückkopplung

Auf folgenden Umstand soll hingewiesen werden, der aus dem Prinzip nach Abbildung 4 nicht sofort sichtbar wird: Der Leistungstreiber der LEDs kann der einfachste und billigste sein, der technisch machbar ist. Ein Treiber ohne Strom, bzw. LED-Spannungsregelung und ohne Temperatursensor und Rückkopplung. Dies ist ein wichtiger Teil der Kostenersparnis und der Kalkulation der Gesamtkosten sowie der Folgekosten durch den Betrieb des Systems.

Binning der LEDs

Ein anderer Punkt ist die Frage des notwendigen Binnings der LEDs. Ideal wäre, wenn jeder Lichtsektor, bzw. jedes RGB-Modul über das Licht geregelt werden würde. Die Notwendigkeit eines Binnings der LEDs entfällt in diesem Falle gänzlich. Technisch und ökonomisch ist dieser Anwendungsfall nur in Ausnahmen sinnvoll. Es genügt, wenn innerhalb von bestimmten Segmenten einer Linienleuchte bzw. innerhalb von Quadraten einer Flächenleuchte ein Binning der LED realisiert wird. Von Segment zu Segment, bzw. von Quadrat zu Qua-

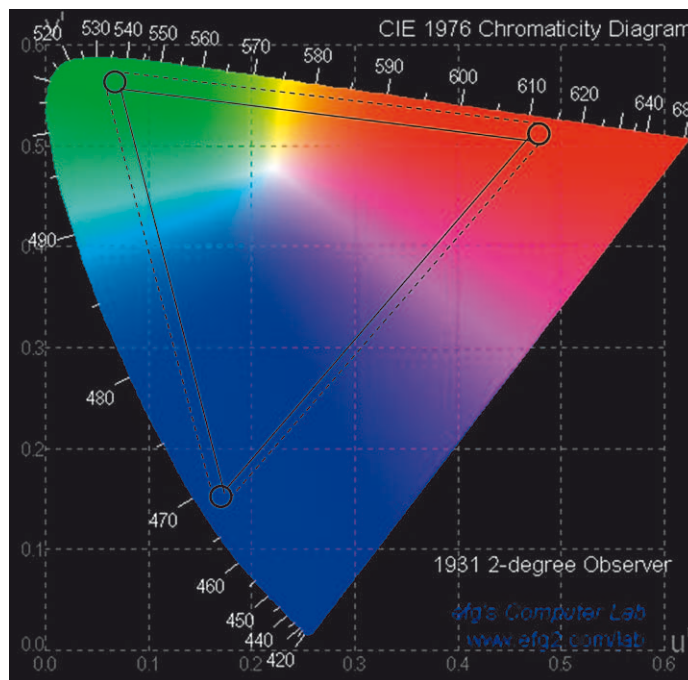


Bild 6: Darstellbarer Bereich im Farbgamut mit RGB-LEDs unter Berücksichtigung der Farbtoleranzen (Binning)

drat wird die Übereinstimmung über die optische Regelung erzeugt. Will man beispielsweise die grün gekennzeichneten Binning-Bereiche ausnutzen, muss lediglich die Regelreserve entsprechend höher ausgelegt werden. Da die Regelreserve jedoch ohnehin auf Grund der Alterung und Temperaturabhängigkeit auf 30% und höher ausgelegt werden muss, fällt der Anteil, der durch das Binning verursacht wird, kaum noch regelungstechnisch ins Gewicht. Wohl aber in Kostensicht,

da Einkauf und Toleranzvorgaben einfacher und damit preiswerter zu handhaben sind. Von der Verfügbarkeit bestimmter Binning-Klassen beim Hersteller abgesehen. Wie oft waren schon bestimmte Klassen schwer oder gar nicht lieferbar. Der insgesamt darstellbare Farblichtbereich wird in der folgenden Abbildung 6 abgebildet. Die durchgezogene Linie zeigt das darstellbare Farbgamut unter Berücksichtigung aller Toleranzen inklusive der Regelreserve.

Wirklich teurer?

Am Ende der Kostenrechnung stehen die Kosten des Farbsensors gegen die Ersparnisse bei den Leistungstreibern und dem Binning der LEDs. Es ist damit nicht gesagt, dass die Gesamtlösung wirklich teurer wird. Es ist vorstellbar, dass sich Kosten und Ersparnisse durchaus eine andere positiv geartete Gewichtung erlangen können. So können potentielle Spareffekte bei den Instandhaltungskosten erzielt werden. Beispielsweise: Manuelle Nachjustierung oder Einstellungen kosten nicht nur Geld sondern auch Zeit und Personalkosten.

In jedem Fall liegt mit der beschriebenen Lösung eine LED-Lichtquelle vor, die sich hinsichtlich der Konstanz ihrer lichttechnischen Parameter über Temperatur und Zeit von Produkten anderer Bauart mit zunehmender Betriebszeit und bei variierenden Umgebungstemperaturen deutlich abheben wird. Wichtig ist, dass man einen Sensor auswählt, der selbst keine Alterung aufweist und in seinem Verhalten dem Farbempfinden des menschlichen Auges folgt.

■ MAZeT GmbH Vertrieb
sales@mazet.de
www.mazet.de

Literaturhinweise

- (1) MAZeT-Webseite: <http://www.mazet.de>
- (2) Produktinformationen zu Farbsensoren: <http://www.mazet.de/en/products/jencolor>
- (3) A. Wego, Korrekte Erkennung von Farben und Oberflächen mit Farbsensoren, Photonik, 5/2010, pp. 38-42, 2010
- (4) OSRAM (Kennlinie zur LED-Alterung) <http://www.osram.de>

Weitere Informationen:

- (1) Video-Webinar: JENCOLOR Webinar: Precise control of LED colors for lighting design