

Farb- und Lichtqualität mit LED



Abbildung 1: Vergleich zwischen Darstellung bei hohem CRI (links) und niedrigem CRI (rechts).

Langzeitstabiler Dreibandphosphor mit hohem Rotanteil bei LED als Schlüssel für neue Applikationen bietet ausgewogene, der menschlichen Wahrnehmung adäquate Beleuchtung.

Für Evolutionsbiologen steht ausser Frage, dass ein sonnenlichtähnliches Spektrum Vorteile für die Wahrnehmung bietet. Die Atmosphäre besitzt nur für die Strahlung zwischen 400 nm und 800 nm (und für Radiowellen) ein «Fenster». Unter diesen Bedingungen haben sich die Evolution und Anpassung der biologischen Strukturen und damit auch der Organe für die visuelle Wahrnehmung vollzogen. Das Auge hat sich auf die optimale Ausnützung des Tageslichtes eingestellt. ¹⁾

Sonnenlichtspektrum

Ein sonnenlichtähnliches, kontinuierliches Spektrum bietet Vorteile bei der Farbdifferenzierung. Bestimmte Aufgaben können besser durchgeführt werden, die Belastung der Augen und in weiterer Folge die Ermüdung sind geringer. Ebenfalls ist der Einfluss der Lichtqualität auf das subjektive Wohlbefinden auf den Menschen - wenn auch physiologisch nicht immer eindeutig - nachweisbar.

Bei einer Farbtemperatur zwischen 2000 K und 8000 K entspricht das Spektrum des Sonnenlichts weitgehend dem Spektrum des Planck'schen Strahlers. Die seit 1974 unverändert angewendete CIE-Methode ²⁾

zur Bestimmung des CRI (Color Rendering Index) nützt diese Tatsache und vergleicht die Spektren von Lichtquellen mit der des Planck'schen Strahlers beziehungsweise bei Tageslicht mit 6500 K. Eine Lichtquelle, die dieses Spektrum bei der zugehörigen Farbtemperatur abstrahlt, hat einen CRI von 100. Als Standard wird der generelle CRI (Ra8) mit acht Referenzfarben geringer und mittlerer Sättigung verwendet (Abbildung 1).

CIE-Methode hat Grenzen

Der Berechnungsformalismus der CIE-Methode zur Normierung der Ergebnisse berücksichtigt jedoch verschiedene Aspekte nicht ausreichend, z. B. die Verschiebung der Chromaticity - Koordinaten entlang des planckschen Locus sowie die Richtung der chromatischen Abweichung der gemessenen Werte. Der Einsatz neuer Technologien, z.B. für Musterausdrucke, zeigt die Grenzen der CIE-Bewertungsmethode auf. ³⁾ Diese Unzulänglichkeiten der CIE-Methode führen auch bei der Beurteilung von LEDs durchwegs zu schlechteren Ergebnissen als die Beurteilung durch Testpersonen.

Die theoretisch erreichbaren Grenzen der Effizienz (Lumen/Watt) korrelieren aufgrund der Augenempfind-

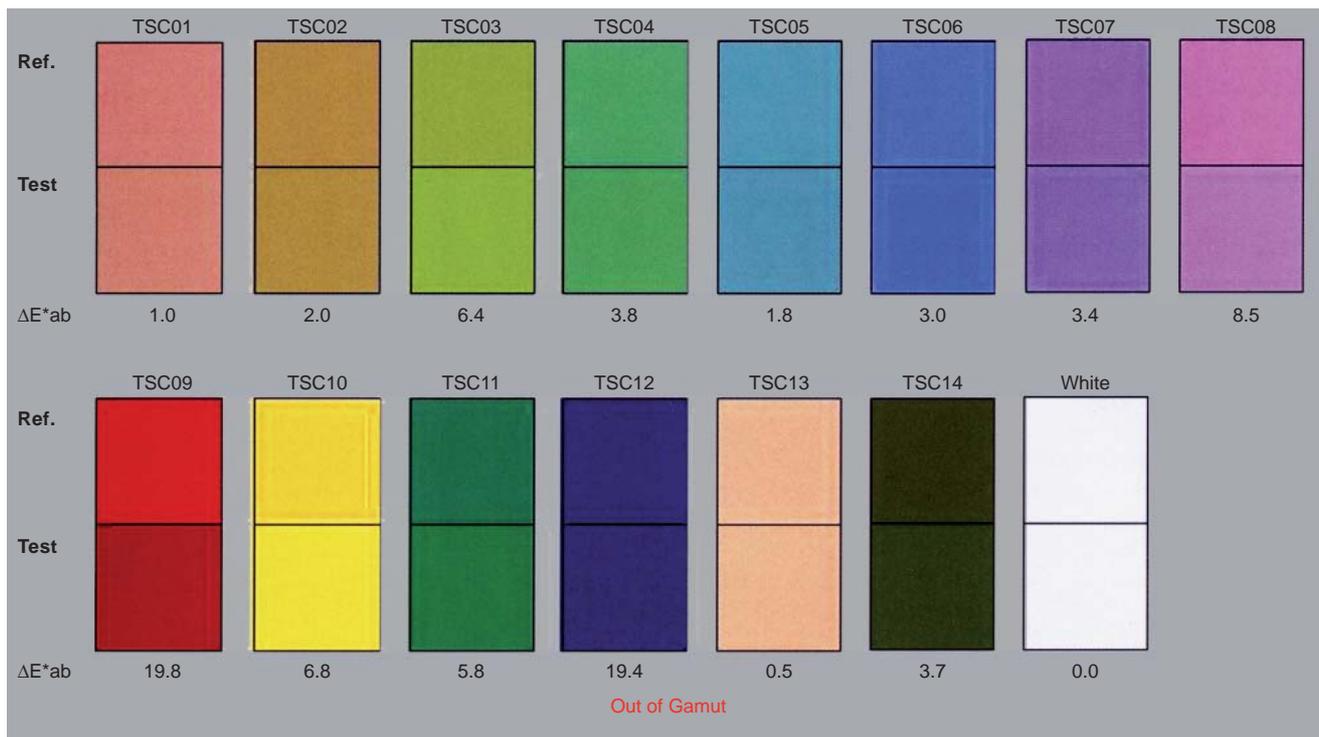


Abbildung 2: Typische Farbverschiebung bei weissen LEDs mit fehlendem Rotanteil (partieller Farbwiedergabewert für die Standardfarbe R12 - tiefrot - liegt zwischen 30-40).

lichkeitskurve mit der spektralen Verteilung des Lichts. So ist es bei optimierter spektraler Zusammensetzung theoretisch möglich, bei einer Farbtemperatur von 3000K und einem CRI um 40 etwa 400 lm/W zu erzielen, wogegen bei einem CRI von go etwa 330 lm/W und bei einem CRI über 95 gerade noch etwa 250 lm/W möglich sind. 4) Diese reduzierte Effizienz ist zu einem grossen Teil auch auf den unteren und oberen Grenzbereich des sichtbaren Spektrums zurückzuführen, wo die Augenempfindlichkeitskurve deutlich abfällt (purpur, rot). Dies könnte dazu verleiten, diese Bereiche zu vernachlässigen, um so eine höhere Effizienz zu erzielen. Ein Fehlen dieser Bereiche führt jedoch zu einem gelblichen Farbstich. Dieses Problem wird dadurch etwas gemindert, dass bei einer Beleuchtung mit hohem CRI durch grössere visuelle Klarheit Objekte natürlicher und 10-40% heller erscheinen. 5)

Verbesserte LED

Bislang erreichten weisse LEDs - insbesondere warmweisse LEDs - nur einen CRI zwischen 60 und 85. Zudem wurden keine weissen LEDs mit hohem Rotanteil entwickelt, da die Effizienz bzw. Stabilität des ro-

ten Phosphors nicht ausreichend gewährleistet werden konnte. In der Vergangenheit wurden überwiegend Ein- oder Zweibandenphosphore eingesetzt. Der fehlende Rotanteil führte dazu, dass selbst bei einem hohen CRI die Farbwiedergabe von Rottönen unbefriedigend war (Abbildung 2).

Für zahlreiche Anwendungen stellt der fehlende Rotanteil ein erhebliches Manko dar. Für eine qualitativ

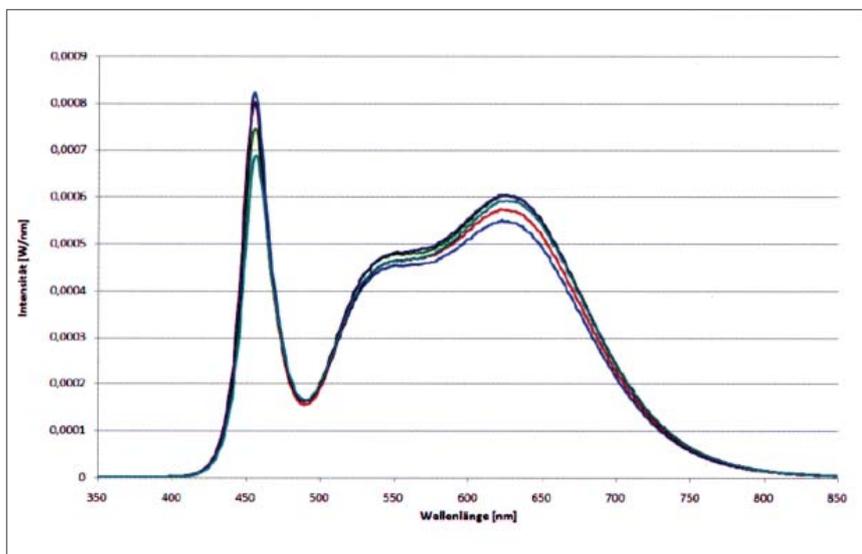


Abbildung 3: Spektrum der powerXED mit Dreibandemission bei Farbtemperaturen von 3800K bis 4200K.

hochwertige Beleuchtung z.B. von Shops, Museen, Ausstellungsvitrinen und in medizinischen Räumen (z.B. für Chirurgie) mussten in aufwendigen Verfahren LEDs verschiedener Lichtfarbe - gegebenenfalls sogar mit farbigen LEDs - kombiniert und dementsprechend unterschiedlich angesteuert werden.

In der neuen powerXED von Ledon (Abbildung 3) kommt erstmals ein Dreibandphosphor mit guter Langzeitstabilität, gutem Wirkungsgrad und mit hohem Rotanteil zum Einsatz. Für die Standardfarbe R12 (tiefrot) liegt der partielle Farbwiedergabewert bei 60-70 und konnte damit um den Faktor 2 gegenüber herkömmlichen Technologien gesteigert werden. Durch die damit erzielte ausgewogene spektrale Farbverteilung bis in den roten Bereich wird ein CRI von 90 und darüber erzielt.

Auch bei der powerXED kommt das von Ledon entwickelte Zero-Colour-Binning zum Einsatz, das gewährleistet, dass bei Verwendung mehrerer LEDs kein sichtbarer Unterschied in der Lichtfarbe und der Farbwiedergabe entsteht. Das elektronische Design der Ansteuerung wird ebenfalls vereinfacht und es eröffnen sich in Verbindung mit der kompakten Bauform von 2,5 mm x 2,5 mm x 0,6 mm sowie den standardmässigen verfügbaren korrelierten Farbtemperaturen 3000 K, 4200 K, 5700 K und 6500 K zahlreiche neue Anwendungen und Designoptionen.

Anwendungsgebiete in denen hohe CRI-Werte benötigt werden und die powerXED optimal zum Einsatz kommt, sind medizinische Anwendungen wie z. B. Operationsräume sowie Museen, Einkaufszentren, Shops und vielzählige Arten der direkten bzw. indirekten Werbebeleuchtung.

- 1) Lorenz K., 1943, v. Dittfurth, 1972
- 2) CIE = Commission Internationale de l'Eclairage
- 3) Schanda J. and team, 2001
- 4) Yoshi Ohno, 2004; Maria R. Thompson, Una-May O'Reilly, 2006; Bretschneider, E., 2007
- 5) Kanaya S. and team, 1979; Aston, S.M and team, 1969; Boyce, P.R., 1977