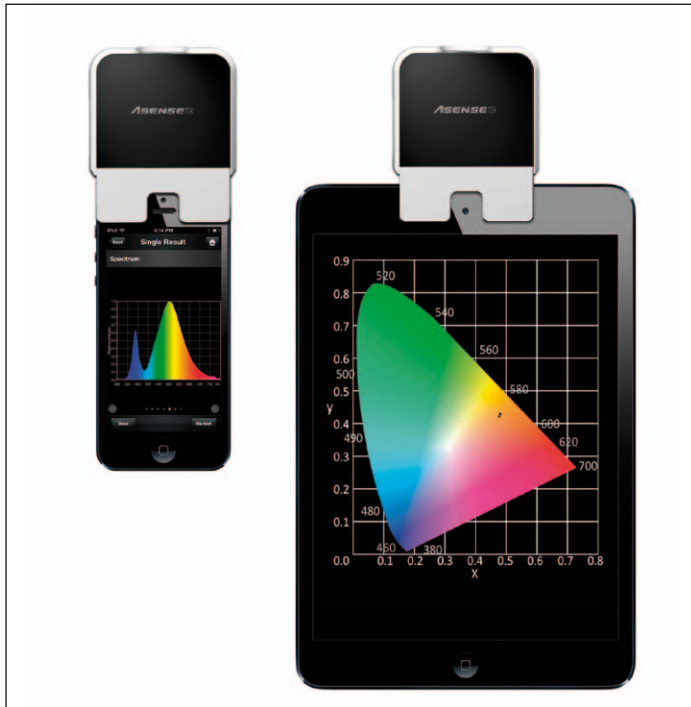


TM-30-15 - Moderner Farbwiedergabeindex für Licht

IES publizierte einen neuen Standard zur Bestimmung der Farbwiedergabe von Leuchtmitteln und Leuchten. Dieser löst vielleicht schon bald den bekannten CRI ab.



Smart-Spektrophotometer Lighting Passport Pro Standard

Dieser Artikel informiert anschaulich über die Funktion und Nachteile bisheriger, bekannter Farbwiedergabeparameter (R_a bzw. CRI, R_e , GAI) und leitet dann verständlich von Farbdigrammen und Farbbereichen über zu den neuen Indizes R_f (Fidelity-Index) und R_g (Gamut-Index) aus dem IES-Standard TM-30-15.

Die nachstehend dargestellten Messungen wurden mit dem Smart-Spektrophotometer Lighting Passport Pro Standard des Herstellers Asense durchgeführt. Dieser hatte als einer der Ersten bereits die Berechnungsformeln in der Anwendung umgesetzt.

R_a (=CRI) kennt nur 8 Referenzfarben

Der seit 1965 verwendete Lichtparameter neben der Farbtemperatur ist

der Farbwiedergabeindex R_a (bzw. engl. CRI- Color Rendering Index.) und gilt als allgemein bekannt. Über entsprechende Lichtmesstechnik wird die Fähigkeit von Licht geprüft, wie gut die bekannten 8 Referenzfarben (R1-R8: Altrosa, Senfgelb, Gelbgrün, Hellgrün, Türkisblau, Himmelblau, Asterviolett, Fliederviolett) abgebildet werden können. Die Hersteller von Leuchtstoffröhren z.B. hatten es verstanden die Konversionsschichten auf diese acht Referenzfarben zu optimieren. Diesen unterschiedlichen Grad der Optimierung kennt man als 3-Band- bzw. 5-Band-Röhren. Das macht sich natürlich auch im Preis bemerkbar. Auch das Konvertierungsmaterial (häufig als Phosphor bezeichnet) von blauen LEDs zur weißen LED folgte dieser Vorgabe. Da diese acht Farben nicht genügen, wurde auf 14 bzw. 15

Referenzfarben erweitert, (incl. Asia Skin-Color) insbesondere mit R_9 für „rot“ und unter der Bezeichnung R_e (für erweitert). Erwähnenswert ist am Rande noch ein Lichtparameter der Filmindustrie TLCI (Television Lighting Consistency Index), welcher auf 24 Referenzfarben basiert.

CIE1931 oder CIE1976 Farbdigramm und seine vielen anderen Farben

Die 1931 bzw. 1976 entwickelten Farbdigramme zeigen alle Farben, welche das menschliche Auge wahrnehmen kann. Dieses, ursprünglich in Anlehnung an drei verschiedene Rezeptoren des Auges aufgebaute, drei-dimensionale Gebilde bildet den sogenannten Farbraum (engl. Gamut) ab.

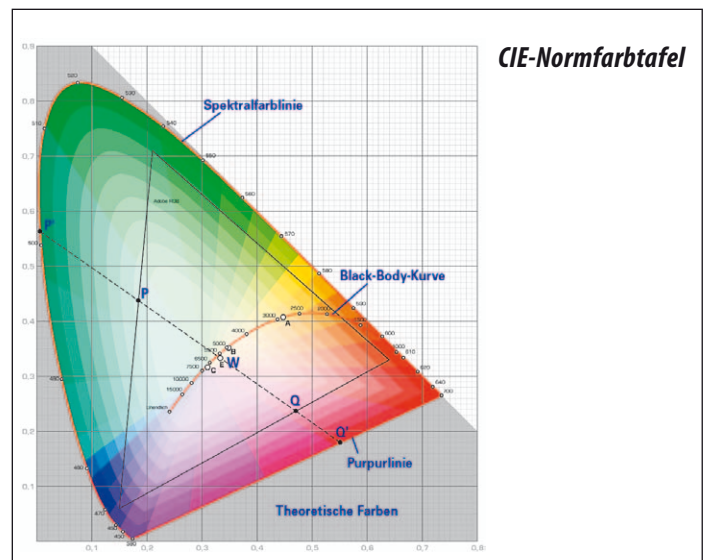
Durch eine mathematischen Definition (z.B. $x+y+z=1$) ist es möglich diese Diagramme zweidimensional (x,y-Koordinaten für CIE1931) darzustellen. Bekannt als „Farbsegel“, „Horseshoe-Diagramm“ o.ä.

Eine ideale Lichtquelle verfügt somit über die Möglichkeit all diese

Farben abzubilden. Damit ist folgendes gemeint: Gegenstände können in ihrer echten Farbe nur dann erscheinen, wenn das den Gegenstand beleuchtende Licht diese Farben auch im Spektrum enthält, bzw. durch Mischung verschiedener Spektren erzeugt werden kann. Spätestens hier wird klar, dass der R_a oder R_e maximal eine kleine Stichprobe aus endlos vielen Farben darstellt.

Farbraum (Gamut) und sein Index GAI (Gamut Area Index)

Einen extrem begrenzten Farbraum kennen wir aus der Fernsehetechnik, wo insbesondere durch die Verwendung von RGB (Rot-Grün-Blau) und Mischung dieser Farben ein Farbraum als Dreieck aufspannt. Farben außerhalb können nicht erzeugt werden. Es ist nur ein begrenzte Sättigung an Farben möglich. Ein Qualitätskriterium ist somit die Größe des Dreiecks, abgeleitet von den Farborten in



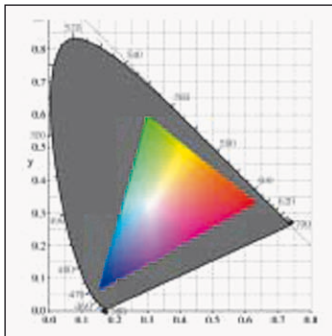
Linksammlung - Vorstellung TM30-15 durch Michael Royer beim IES-Meeting Oct 2015

- http://www.led-professional.com/products/leds_led_modules/xicato-publishes-ies-tm-30-15-color-rendering-data-for-its-modules
- <http://www.ies.org/publications/TM-30-15.html>
- <https://www.ies.org/PDF/Erratas/TM-30-15-Errata.pdf>
- <http://www.asensetek.com/ies-tm30-15-standard/>

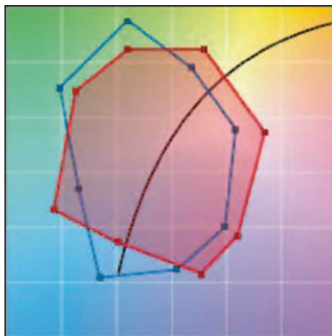
	CRI klein	CRI hoch
GAI klein	Weder Farbtreue noch Farbsättigung erkennbar	Gute Farbtreue, doch „fades“ Bild
GAI hoch	Buntes Bild, jedoch fehlende oder falsche Farben	Naturgetreue Abbildung. Farbton- und Sättigung sind optimal.

Tabelle 1

RGB. Soweit die Veranschaulichung des Begriffes Farbraum.



Einige namhafte LED-Hersteller sind bereits in den letzten Jahren dazu übergegangen ihren Datenblättern noch den Wert GAI zuzufügen. Dieser ist ein Indikator, wie gut die (Oktaeder-) Fläche, welche durch die acht Referenzfarben des R_a definiert wird, von der Lichtquelle quasi „beleuchtet“ wird.



Ist die von der Lichtquelle erreichte Fläche gleich groß wie das Referenzoktaeder spricht man von einem GAI = 100. Dieser Wert kann bei guten Leuchtmitteln sogar > 100 werden. Nämlich dann, wenn der abbildbare Gamut größer als der des R_a -Oktaeders (Referenzoktaeders) ist.

Experten nennen den Index GAI gerne den „Lebhaftigkeitsindex“, denn z.B. in Museen kennzeichnet die Sättigung von Farben bei Gemälden deren „Lebhaftigkeit“. Kurzum, erst eine Betrachtung von beiden Indizes gibt Auskunft über „Farbechtheit“ und „Farbsättigung“. Die möglichen Kombinationen zeigt Tabelle 1.

Zwei Leuchtmittel mit identischen Werten in CCT, CRI können vollständig unterschiedliche Lichtwirkung ergeben. Grund genug für die Einführung von TM30-15.

Die bisherige Erklärung diene als Basis für die nun folgende Beschreibung des neuen Lichtparameters.

Fidelity-Index R_f

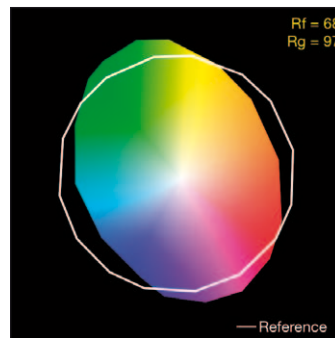
Ähnlich wie der oben genannte R_a mit 8 Referenzfarben wurde für den Fidelity-Index die Zahl erheblich erweitert. Unzulänglich bei bisheriger Betrachtung bleiben z.B. Farben wie „Rot“. Und da es verschiedene „Rot“ gibt und auch noch viele weitere Farben, greift der neue Standard nun auf 99 Referenzfarben (CES = Colour Evaluation Samples) zurück. Diese sind über den gesamten Farbraum verteilt. Nach Messung mit dem Lichtspektrometer vergleicht dieses Lichtmessgerät die ermittelten Farborte mittels aufwendigem Rechenverfahren mit den Referenzfarborten und bildet daraus den sogenannten Fidelity-Index R_f . (Quasi ein wesentlich erweiterter CRI)

Gamut-Index R_g

In Anlehnung an den oben erwähnten GAI funktioniert dieser Index. Zur Analyse der Farbsättigung, sowie ggf. Farbtonverschiebung wurde ein kreisförmiger Farbraum aus 16 Farborten festgelegt. (GAI nur 8)

Der daraus resultierende Kreis gilt als Referenzfläche. Abweichungen von dieser Fläche lassen Rückschlüsse hinsichtlich Farbsättigung zu. Werte über 100, analog zur obigen GAI-Betrachtung sind möglich.

Die graphische Umsetzung erlaubt weiterführende Auswertungen.



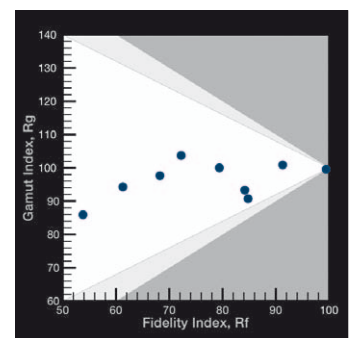
So zeigt die Grafik oben eine LED-Lampe mit einem übersättigten Grünbereich. Dies findet man leider häufig bei billigen LED-Lampen. Dadurch wird die spektrale Dichte passend für die V-Lambda optimiert und somit der Lumen-Wert nach oben getrickst. Leider werden jedoch z.B. die roten Farbbereiche nicht gesättigt.

Weitere Werte der Messung ergaben: $R_f = 68$
 $R_g = 70$

GAI=53,5

Die hier gezeigte graphische Darstellung erlaubt es somit, lokale Abweichungen vom Referenzkreis/Referenzfarbraum sofort zu erkennen und ermöglicht eine schnelle Aussage der farbabhängigen Sättigungsgrade. Nur in Verbindung beider Werte ist eine finale qualitative und quantitative Bewertung des Leuchtmittels oder Leuchte möglich.

Beides zusammen: Fidelity- und Gamut-Index innerhalb eines Diagramms



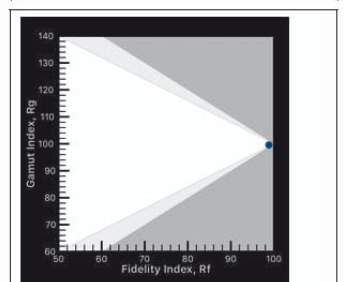
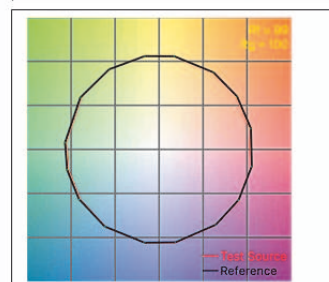
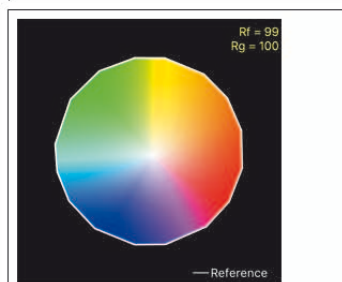
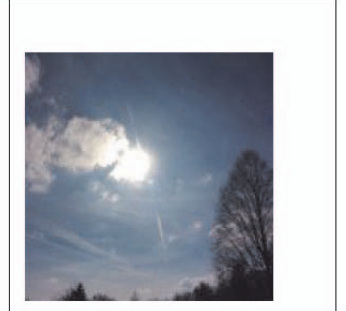
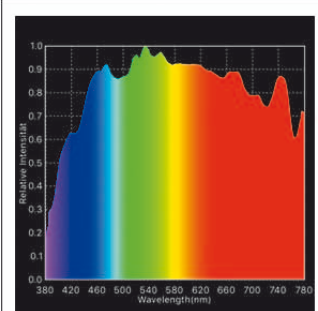
Entsprechend hat das IES-Gremium sich für eine Darstellung beider Werte in einem Koordinatensystem entschieden. Die Abbildung wird vorzugsweise gerne verwendet, um Qualitätsunterschiede von Leuchtmitteln bzw. deren Streuung aufzuzeigen.

Obige Abbildung zeigt das Ergebnis einer Messreihe verschiedenster LED-Lampen, Glühlampen, sowie Leuchtstofflampen.

Sonnenlicht direkt 17 Uhr

CCT = 5162 K
 $R_a = 99$
 $R_e = 99$
GAI=89,6
TLCI = 98

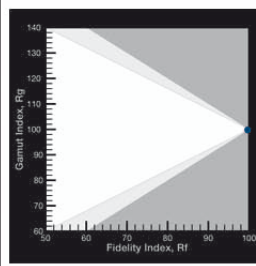
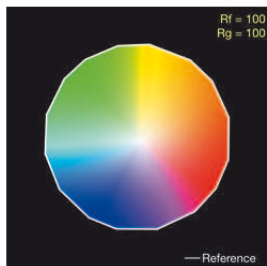
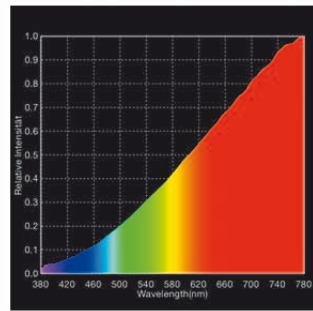
TM-30-15 R_f 99
TM-30-15 R_g 100



Glühlampe E27 40W

CCT = 2678 K
 Ra = 100
 Re = 100
 GAI = 47,7
 TLCI = 100

TM-30-15 Rf 100
 TM-30-15 Rg 100



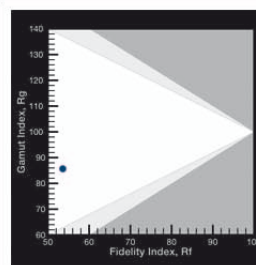
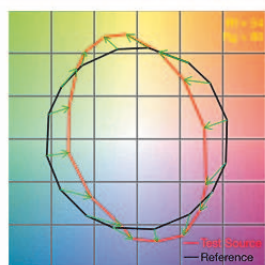
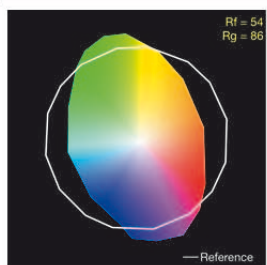
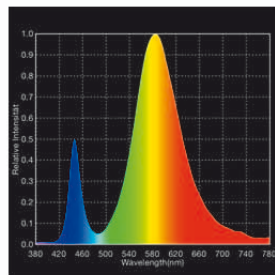
Eindeutig identifizierbar ist definitiv die Glühlampe rechts an der Spitze mit $R_f=100$, $R_g=100$. Sie stellt somit das Optimum an Lichtqualität dar. Auch das Sonnenlicht findet dort seine Werte. Es folgen Beispiele von Messungen mit dem Lichtspektrometer Lighting Passport von Asensetek.

Tageslicht, Sonnenlicht oder Glühlampe stellen jeweils eine ideale Lichtquelle dar. R_g und R_f finden sich jeweils in der Spitze des TM30-15 Dreieckdiagramms (Grafiken: Sonnenlicht 17 Uhr, Glühlampe E27).

Die Schwachstellen von billigen Lampen und auch Energiesparlampen werden mittels TM30-15 schnell aufgedeckt. Selbst der hohe R_g der Energiesparlampe genügt nicht, um in die „Spitzenposition“ zu gelangen (Grafiken: Energiesparlampe, LED-Lampe China), Glühlampe E27).

LED-Lampe China (billig)

CCT = 2888 K
 Ra = 54
 Re = 40
 GAI = 44,7
 TLCI = 21,6
 TM-30-15 Rf 54
 TM-30-15 Rg 86



Fazit

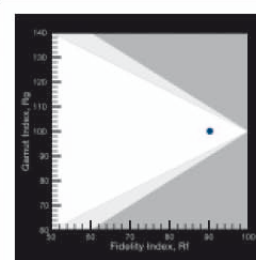
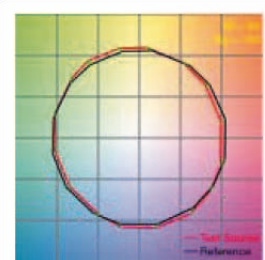
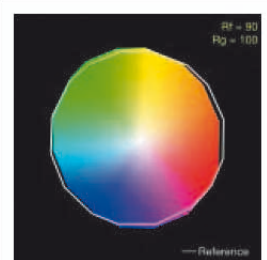
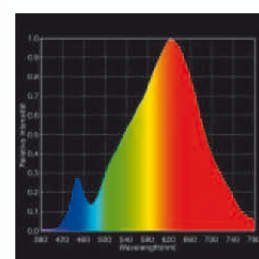
Wie obige Beispiele zeigen, ist der neue lichttechnische Parameter TM30-15 eine gelungene Umsetzung. Auch die Messung der Parameter ist heute mit preiswerten mobilen Spektrometern möglich. Warum also nicht gleich überall einsetzen?

1931 wurden die Grundlagen für den CRI gelegt. 1960 wurde dieser überarbeitet. Doch bis heute wird er hartnäckig trotz vieler Unzulänglichkeiten von Lichtplanern und Leuchtenherstellern verwendet. Doch insbesondere Lichtplaner und Lichtdesigner kennen die Nachteile und begrüßen diesen neuen Standard. Dies wiederum jedoch stellt die Industrie vor neuen Aufgaben und einer kostspieligen Umstellung. Entsprechend abwartend ist die Haltung. Die Hersteller von Lichtmesstechnik starteten ein Wettrennen in der Umsetzung und so war Asensetek mit dem Lighting Passport das erste Handheld auf der Lichtmesse 2016 in Frankfurt.

Entscheidend wird sein, welche neuen Richtlinien in Europa in den nächsten Jahren herausgegeben werden. So ist offiziell bekannt, dass die CIE das Thema aufgegriffen hat. Jedoch ist vollständig unbekannt, ob dieser neue Standard der IES von der CIE vollständig so übernommen wird, oder nur zum Teil, bzw. in abgewandelter Form.

LEDON-LED-Lampe

CCT = 2673 K
 Ra = 91
 Re = 88
 GAI = 45,7
 TLCI = 89
 TM-30-15 Rf 90
 TM-30-15 Rg 100



■ LEDclusive.de
info@ledclusive.de
www.ledclusive.de