

DIN EN 4706

ICS 29.140.99; 49.095

**Luft- und Raumfahrt –
LED Farb- und Helligkeitsklassifizierung;
Deutsche und Englische Fassung EN 4706:2019**

Aerospace series –
LED colour and brightness ranking;
German and English version EN 4706:2019

Série aérospatiale –
Classement de couleur et brillance des LED;
Version allemande et anglaise EN 4706:2019

Gesamtumfang 47 Seiten

DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL)

Nationales Vorwort

Der Verband der Europäischen Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie — Normung (ASD-STAN) ist vom Europäischen Komitee für Normung (CEN) für zuständig erklärt worden, Europäische Normen (EN) für das Gebiet der Luft- und Raumfahrt auszuarbeiten. Durch die Vereinbarung vom 3. Oktober 1986 wurde ASD Assoziierte Organisation (ASB) des CEN.

Das vorliegende Dokument (EN 4706:2019) wurde von ASD-STAN, Fachbereich Kabine, unter Mitwirkung deutscher Experten des DIN-Normenausschusses Luft- und Raumfahrt (NL) erarbeitet.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 131-09-05 AA „Anzeigen, Projektion und Beleuchtung“ im DIN-Normenausschuss Luft- und Raumfahrt (NL).

Entsprechend Beschluss 57/9 des Technischen Ausschusses des Beirats des DIN-Normenausschusses Luft- und Raumfahrt (NL) sind die europäischen Luft- und Raumfahrt-Normungsergebnisse zweisprachig, in Deutsch und Englisch, in das Deutsche Normenwerk zu überführen. Aus diesem Grund wurde der Deutschen Fassung dieses Dokumentes die Englische Fassung hinzugefügt.

Deutsche Fassung

Luft- und Raumfahrt — LED Farb- und Helligkeitsklassifizierung

Aerospace series —
LED colour and brightness ranking

Série aérospatiale —
Classement de couleur et brillance des LED

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 6. August 2018 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim CEN-CENELEC-Management-Zentrum oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, der Republik Nordmazedonien, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort.....	3
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich.....	5
2 Normative Verweisungen	5
3 Begriffe	5
4 Klassifizierung der Farbart.....	8
4.1 Farbortkoordinaten von weißen LEDs.....	8
4.2 Farbtoleranzen von monochromatischen LEDs	9
4.3 Abstand der Farbkoordinaten	9
5 Klassifizierung der Helligkeit.....	11
6 Klassifizierung der Farbwiedergabe.....	12
Anhang A (normativ) Farbörter der genormten Farbarten	13
A.1 Genormte Farbart S 6500	13
A.2 Genormte Farbart S 5700	14
A.3 Genormte Farbart S 5000	15
A.4 Genormte Farbart S 4500	16
A.5 Genormte Farbart S 4000	17
A.6 Genormte Farbart S 3500	18
A.7 Genormte Farbart S 3000	19
A.8 Genormte Farbart S 2700	20
Anhang B (informativ) Übersicht der Änderungen zur Vorgängerversion.....	21
Literaturhinweise	22

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN 4706:2019) wurde vom Verband der Europäischen Luft-, Raumfahrt- und Verteidigungsindustrie – Normung (ASD-STAN) erstellt.

Nachdem Umfragen und Abstimmungen entsprechend den Regeln dieses Verbandes durchgeführt wurden, hat diese Norm die Zustimmung der nationalen Verbände und offiziellen Behörden der Mitgliedsländer der ASD erhalten, bevor sie CEN vorgelegt wurde.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Dezember 2019, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Dezember 2019 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Einleitung

Bedingt durch den Fertigungsprozess sind die Farbkoordinaten und die Helligkeiten von LEDs der gleichen Bauart unterschiedlich; das gilt für weiße LEDs und farbige (monochromatische) LEDs. Deshalb müssen LEDs vom Hersteller in „Farbklassen“ eingeteilt werden. Hinsichtlich der Helligkeit von LEDs gibt es auch bestimmte Unterschiede; deshalb werden die LEDs ebenfalls in „Helligkeitsklassen“ eingeteilt.

Die Schrittweite dieser Klassifizierungssysteme hängt vom Hersteller und vom LED-Typ ab. Bei bestimmten Anwendungen, z. B. innerhalb einer Flugzeugkabine, ist hochwertiges Licht erforderlich, deshalb ist eine herstellerunabhängige Normung erwünscht.

Der Zweck dieser Norm besteht darin, ein einfaches Klassifizierungssystem zur Verfügung zu stellen, um es dem Endanwender zu ermöglichen, die Farbgenauigkeit der Beleuchtung festzulegen.

Das Dezimalzeichen in diesem Dokument ist ein Komma.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt Rangfolgen der Klassifizierungen für LED-Leuchten und LEDs einschließlich OLEDs für die Anwendung in der Flugzeugbeleuchtung fest. Die Größe dieser Klassen wird mithilfe von Stufen festgelegt. Diese Europäische Norm gilt nur für photopische Messverfahren.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

IEC 60050-845:1987, *International electrotechnical vocabulary — Chapter 845: Lighting*

CIE 013.3:1995, *Method of measuring and specifying colour rendering properties of light sources*¹

D. L. MacAdam, *Specification of small chromaticity differences*²

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

— IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

— ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <http://www.iso.org/obp>

3.1

lichtemittierende Diode

LED

Halbleiterbauteil mit einem p-n-Übergang, das optische Strahlung bei Anregung durch einen elektrischen Strom emittiert

3.2

organische lichtemittierende Diode

OLED

organisches Halbleiterbauteil mit einem p-n-Übergang, das optische Strahlung bei Anregung durch einen elektrischen Strom emittiert

3.3

Farbraum

Beschreibungsmodell zur Festlegung von Farbtönen in einem zweidimensionalen (Farbton ohne Intensität, z. B. CIE 1931 xy) Farbraum oder dreidimensionalen (Farbton und Intensität, z. B. CIE 1931 Yxy) Farbraum

1 Veröffentlicht von der Internationalen Beleuchtungskommission (CIE), Kegelgasse 27, A-1030 Wien, Österreich.

2 Veröffentlicht im Journal of the Optical Society of America, Bd. 32, Nr. 5, Mai 1942, Seiten 247–274 und in Bd. 1, Nr. 1, Januar 1943, Seiten 18–26.

3.4

LED-Leuchte

Bauteil, das auf LEDs als Lichtquelle basiert, einschließlich optischer und elektronischer Bauelemente sowie eines Kühlkörpers, die von einem Gehäuse umschlossen sind

3.5

CIE 1931-Farbraum

Beschreibung eines zweidimensionalen Farbraums für Lichtfarben

Anmerkung 1 zum Begriff: Im CIE 1931-Farbdigramm wird der Farbtort im Diagramm mithilfe der Koordinaten x und y beschrieben. Für diese Norm wird der CIE-1931-2°-Beobachter benutzt.

Anmerkung 2 zum Begriff: CIE 015 enthält weitere Informationen zum CIE 1931-Farbraum.

3.6

Farbkoordinate

zweidimensionale Darstellung der Farbe im entsprechenden Farbraum, z. B. x und y für CIE 1931

3.7

MacAdam-Ellipse

Bereich im entsprechenden Farbraum (z. B. CIE 1931), in dem alle Farben bei einem Beobachter den gleichen optischen Eindruck wie die Farben in der Mitte dieses Bereiches hinterlassen

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Begrenzungslinie der Ellipse stellt den gerade noch wahrnehmbaren Farbunterschied dar. Basierend auf experimentellen Daten wurden ursprünglich 25 MacAdam-Ellipsen im CIE 1931-Farbraum festgelegt. Bei dem Experiment wurde dem Beobachter ein bestimmter Farbton vorgegeben und der Versuchsaufbau war dazu in der Lage, den Farbtort eines zweiten Farbtöns abzuändern. Die Farbörter, an denen der Beobachter einen Unterschied zwischen den zwei Farbtönen festgestellt hat, wurden aufgezeichnet. Nachdem alle diese Punkte im CIE 1931-Diagramm aufgetragen wurden, ergaben sie eine Ellipse um die Farbörter des vorgegebenen Farbtöns. Die Größe und die Ausrichtung der Ellipsen sind für die unterschiedlichen Farbtöne unterschiedlich.

[QUELLE: D. L. MacAdam]

3.8

Standardabweichung des Farbabgleichs

SDCM

Metrik des Abstandes zwischen Lichtfarben bei photopischem Leuchtdichteniveau, die den ungefähren wahrnehmbaren Abstand zwischen zwei Farbörtern als ein Vielfaches der MacAdam-Ellipsen für diese Farbörter beschreibt

Anmerkung 1 zum Begriff: n SDCM bedeutet, dass der Abstand zwischen den zwei Farbörtern dem n -Fachen des Radius der entsprechenden MacAdam-Ellipse in dieser Richtung entspricht. Die Mitte der Ellipse wird durch die Farbörter der Bezugsfarbe angegeben. Zwei Farbörter auf den gegenüberliegenden Seiten der MacAdam-Ellipse haben einen Abstand von $(2n)$ SDCM zueinander. Die Berechnung von SDCM zwischen zwei Farbörtern ist in Abhängigkeit vom gewählten Farbraum möglicherweise nichtlinear. Deshalb sind Abstände auf weniger als 10 SDCM begrenzt.

Anmerkung 2 zum Begriff: Für dieses Dokument wurden die berechneten Daten aus den MacAdam-Ellipsen verwendet.

3.9

Abstand der Farbkoordinaten

R

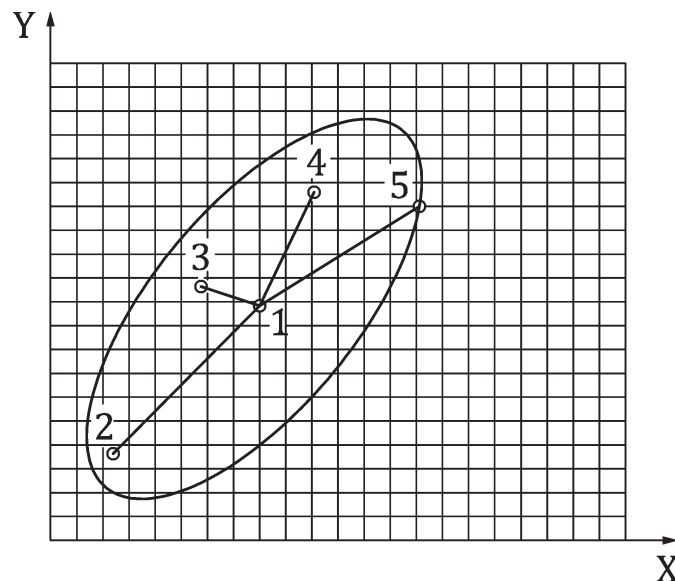
wahrgenommener Abstand der Farbkoordinaten zwischen allen Farbörtern und dem Sollfarbort im entsprechenden Farbraum, der als SDCM-Wert angegeben wird

Anmerkung 1 zum Begriff: Der maximale Abstand der Farbkoordinaten zwischen zwei Farbörtern entspricht dem vollen Durchmesser $2 \times R$ des entsprechenden n -fachen Maßstabs der MacAdam-Ellipse:

R ist die Funktion, die den Radius eines n -fachen Maßstabs einer MacAdam-Ellipse beschreibt:

$$R = n \times \text{SDCM}$$

Bild 1 zeigt den Abstand der Farbkoordinaten in einer n -SDCM-Ellipse.



Legende

- 1 Sollfarbort
- 2 Farbe 1
- 3 Farbe 2
- 4 Farbe 3
- 5 Grenzwert $R = n \times \text{SDCM}$
- X Anteil x der Farbkoordinate
- Y Anteil y der Farbkoordinate

Bild 1 — Abstand der Farbkoordinate in einer n -SDCM-Ellipse

3.10

Farbtemperatur

CT

Temperatur des Planckschen Strahlers, bei der dieser eine Strahlung der gleichen Farbart hat wie der zu kennzeichnende Farbreiz (Einheit: K)

[QUELLE: IEC 60050-845:1987]

3.11 ähnlichste Farbtemperatur CCT

Temperatur des Planckschen Strahlers, bei der die Farbe des Strahlers der Farbe des zu kennzeichnenden Farbreizes bei gleicher Helligkeit und unter festgelegten Beobachtungsbedingungen am ähnlichsten ist (Einheit: K)

[QUELLE: IEC 60050-845:1987]

3.12 Farbwiedergabe-Index CRI

quantitatives Maß der Fähigkeit einer Lichtquelle, die Farben eines festgelegten Satzes von acht Prüffarben durch einen Vergleich mit einer idealen oder natürlichen Lichtquelle, wie in CIE 013.3:1995 beschrieben, wiederzugeben

Anmerkung 1 zum Begriff: Der mittlere Farbwiedergabe-Index für R1 bis R8 wird als R_a angegeben.

3.13 Farbe R9

zusätzliche rote Prüffarbenprobe, die den CRI-Wert ergänzt

4 Klassifizierung der Farbart

4.1 Farbortkoordinaten von weißen LEDs

Die Bezeichnung einer Farbart besteht aus dem Buchstaben „S“ (für Festkörper-Beleuchtung) und dem Wert für die angrenzende Farbtemperatur, z. B. „S 4000“. Die Farbörter werden aus der Schnittstelle zwischen den Isolinen der Temperatur (Farbtemperaturlinie) nach Judd und der Black-Body-Kurve abgeleitet.

Die genormten Farbarten für weiße LEDs haben die Farbkoordinaten x und y von CIE 1931, siehe Tabelle 1. In IEC 60081:2002 und NEMA ANSI C78.377:2015 sind ähnliche Werte für x und y festgelegt, aber diese Normen enthalten keine Koordinaten für alle Farbarten, die in Tabelle 1 aufgelistet sind. Für die Produktkennzeichnung wird ein Kennzeichen vorgeschlagen.

Tabelle 1 — Farbörter für weiße LEDs

Genormte Farbart und Kennzeichen	CCT Kelvin	x	y	Name
S 6500	6 500	0,314	0,324	tageslichtweiß
S 5700	5 700	0,329	0,342	—
S 5000	5 000	0,345	0,352	neutralweiß
S 4500	4 500	0,361	0,364	—
S 4000	4 000	0,380	0,377	warmweiß
S 3500	3 500	0,405	0,391	—
S 3000	3 000	0,437	0,404	—
S 2700	2 700	0,460	0,411	Glühlampe

4.2 Farbtoleranzen von monochromatischen LEDs

Die Farbart von monochromatischen LEDs in Beleuchtungseinheiten ist möglicherweise anwendungsspezifisch und die Farbart in mehrfarbigen Anwendungen ist üblicherweise einstellbar, deshalb ist bei einigen Anwendungen die genaue Farbart weniger wichtig als der Abstand der Farbkoordinaten zwischen verschiedenartigen Beleuchtungseinheiten.

Bei besonderen Anwendungen ist es erforderlich, dass unterschiedliche Beleuchtungseinheiten immer eine spezifische Farbe erzeugen. Die Namen dieser Farben und deren Wellenlängenbereiche sind in Tabelle 2 aufgelistet. Die vorgegebenen Toleranzen gelten für jede spezifische dominante Wellenlänge innerhalb der festgelegten Intervalle.

Tabelle 2 — Klassifizierung der Toleranzen bei monochromatischen LEDs

			Toleranzen bei dominanten Wellenlängen für ein gegebenes n							
			nm							
Farbe	Wellenlängenintervall nm	n	0,5	1	1,5	2	2,5	3	6	> 6
		Kennzeichen	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
Blau	420 bis < 490	—	±1	±2	±3	±4	±5	±6	±12	> 12
Türkis	490 bis < 510		±1	±2	±3	±4	±5	±6	±12	> 12
Grün	510 bis < 565		±1	±2	±3	±4	±5	±6	±12	> 12
Gelb	565 bis < 590		±0,5	±1	±1,5	±2	±2,5	±3	±6	> 6
Braun	590 bis < 615		±1	±2	±3	±4	±5	±6	±12	> 12
Rot	615 bis 700		±1,5	±3	±4,5	±6	±7,5	±9	±18	> 18

4.3 Abstand der Farbkoordinaten

Der Abstand der Farbkoordinate wird in R angegeben. Der Abstand der Farbkoordinate ist in Stufen aufgeteilt, die in Tabelle 3 aufgelistet sind. Für die Produktkennzeichnung wird ein Kennzeichen vorgeschlagen.

Tabelle 3 — Klassifizierung der Farborttoleranz

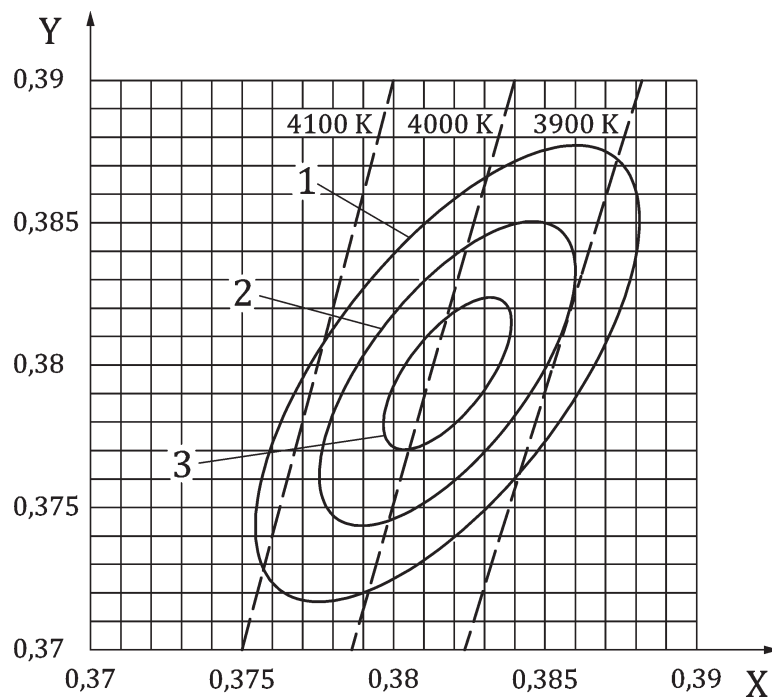
		SDCM							
R		0,5	1	1,5	2	2,5	3	6	> 6
Kennzeichen		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8

In Bild 2 sind einige Abstände der Farbkoordinate für S 4000 als Beispiele angegeben. In Bild 3 ist die Beziehung zwischen 3 SDCM und $\Delta F = 6$ angegeben. Der SDCM-Wert entspricht dem Radius der Ellipse, während der ΔF -Wert dem Durchmesser der Ellipse entspricht. In Anhang A sind alle ΔF -Ellipsen der Koordinaten für die weißen Farbörter, die in Tabelle 1 aufgelistet sind, angegeben.

$$\Delta F = 2 \times R$$

Dabei ist

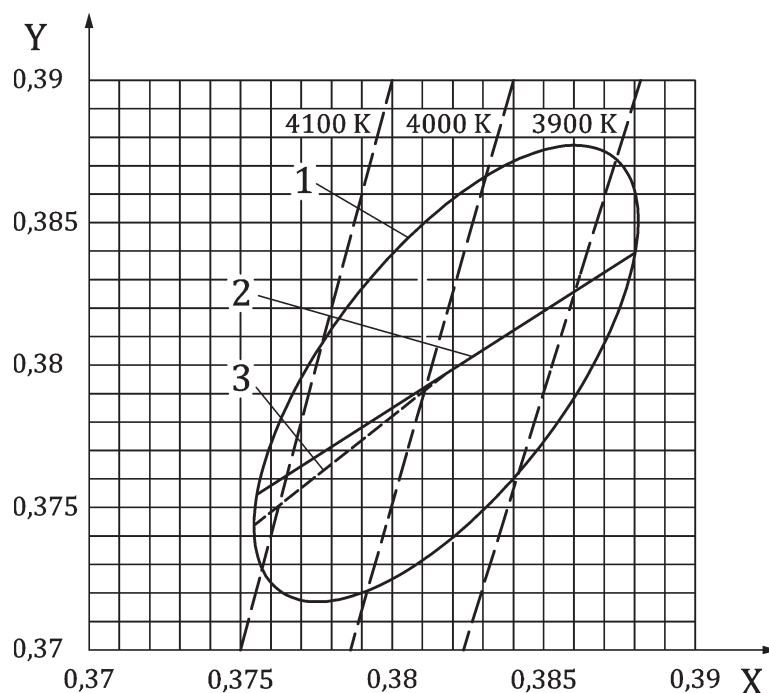
R Abstand der Farbkoordinaten



Legende

- 1 S 4000 mit $\Delta F = 6$ (= 3 SDCM)
- 2 S 4000 mit $\Delta F = 4$ (= 2 SDCM)
- 3 S 4000 mit $\Delta F = 2$ (= 1 SDCM)
- X Anteil x der Farbkoordinate
- Y Anteil y der Farbkoordinate

Bild 2 — Beispiel für einige Farbkoordinaten für S 4000



Legende

- 1 S 4000 mit $\Delta F = 6$ (= 3 SDCM)
- 2 Beispiel für $\Delta F = 6$
- 3 Beispiel für 3 SDCM
- X Anteil x der Farbkoordinate
- Y Anteil y der Farbkoordinate

Bild 3 — S 4000 mit $\Delta F = 6$

5 Klassifizierung der Helligkeit

Die Helligkeitstoleranz wird als prozentualer Anteil einer photometrischen Größe bei maximaler Helligkeitseinstellung angegeben (z. B. Lichtstrom oder Lichtstärke). Die Helligkeitstoleranz ist in Stufen aufgeteilt, die in Tabelle 4 aufgelistet sind. Für die Produktkennzeichnung wird ein Kennzeichen vorgeschlagen.

Tabelle 4 — Helligkeitstoleranzstufen

Toleranzen %	Kennzeichen
±1	B1
±2	B2
±5	B3
±10	B4
±20	B5
±50	B6

6 Klassifizierung der Farbwiedergabe

Die Farbwiedergabe wird als CRI-Wert angegeben und gilt für Weißlicht, wie in 4.1 beschrieben. Die Qualität der Farbwiedergabe wird in sechs Klassen aufgeteilt, die in Tabelle 5 aufgelistet sind. Für die Produktkennzeichnung wird ein Kennzeichen vorgeschlagen. Bei $\text{CRI} \geq 90$ muss der Wert für die Farbe R9 (rot) ebenfalls angegeben werden.

Tabelle 5 — Farbwiedergabestufen

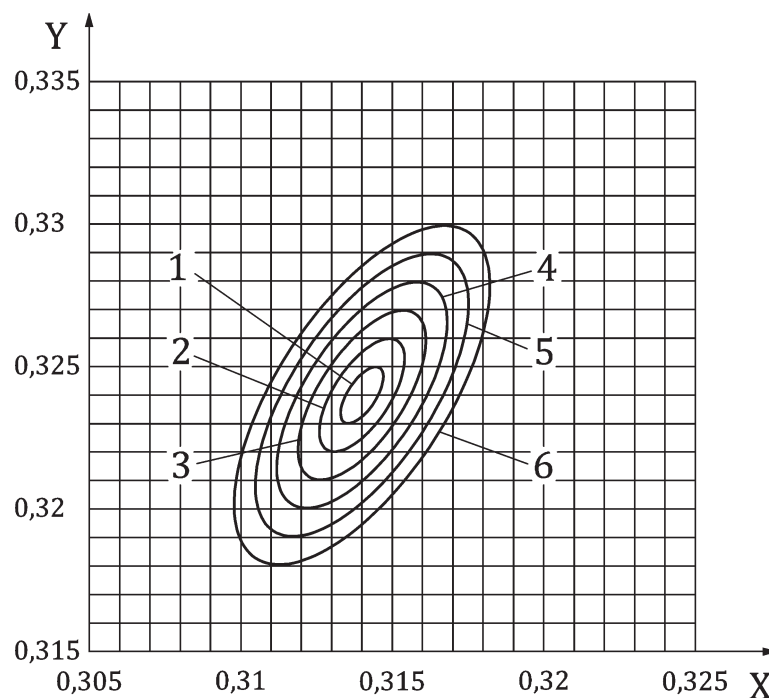
CRI	R9	Kennzeichen
≥ 95	≥ 60	R1
≥ 90		R2
≥ 85	—	R3
≥ 80	—	R4
≥ 70	—	R5
≤ 70	—	R6

Anhang A (normativ)

Farbörter der genormten Farbarten

In Anhang A sind die Farbörter der genormten Farbarten in Bild A.1 bis Bild A.8 angegeben. Die Parameter der MacAdam-Ellipsen entsprechen D. L. MacAdam, *Specification of small chromaticity differences*.

A.1 Genormte Farbart S 6500



Legende

- 1 S 6500 mit 0,5 SDCM
- 2 S 6500 mit 1,0 SDCM
- 3 S 6500 mit 1,5 SDCM
- 4 S 6500 mit 2,0 SDCM
- 5 S 6500 mit 2,5 SDCM
- 6 S 6500 mit 3,0 SDCM
- X Anteil x der Farbkoordinate
- Y Anteil y der Farbkoordinate

Bild A.1 — S 6500