

DIN EN ISO 11664-1

ICS 17.180.20

Farbmetrik –**Teil 1: CIE farbmetrische Normalbeobachter (ISO 11664-1:2007);
Deutsche Fassung EN ISO 11664-1:2011**

Colorimetry –

Part 1: CIE standard colorimetric observers (ISO 11664-1:2007);

German version EN ISO 11664-1:2011

Colorimétrie –

Partie 1: Observateurs CIE de référence pour la colorimétrie (ISO 11664-1:2007);

Version allemande EN ISO 11664-1:2011

Gesamtumfang 36 Seiten

Normenausschuss Farbe (FNF) im DIN
Normenausschuss Beschichtungsstoffe und Beschichtungen (NAB) im DIN
Normenausschuss Pigmente und Füllstoffe (NPF) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 11664-1:2011) enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm ISO 11664-1:2007, die von der „International Commission on Illumination“ ausgearbeitet wurde. Auf europäischer Ebene liegt die Zuständigkeit beim Technischen Komitee CEN/TC 139 „Lacke und Anstrichstoffe“ (Sekretariat: DIN, Deutschland).

Das zuständige nationale Gremium ist der NA 025-00-02 GA „Gemeinschaftsarbeitsausschuss FNF/FNL: Farbmeterik“ des Normenausschuss Farbe (FNF).

DIN EN ISO 11664, *Farbmeterik*, besteht aus:

- *Teil 1: CIE farbmeterische Normalbeobachter*
- *Teil 2: CIE Normlichtarten*
- *Teil 4: CIE 1976 $L^*a^*b^*$ Farbenraum*
- *Teil 5: CIE 1976 $L^*u^*v^*$ Farbenraum und gleichabständige u' , v' -Farbtafel*

Deutsche Fassung

Farbmetrik - Teil 1: CIE farbmétrische Normalbeobachter (ISO 11664-1:2007)

Colorimetry - Part 1: CIE standard colorimetric observers
(ISO 11664-1:2007)

Colorimétrie - Partie 1: Observateurs CIE de référence pour
la colorimétrie (ISO 11664-1:2007)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 17. März 2011 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 Management-Zentrum des CEN-CENELEC 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, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

Inhalt

Seite

Vorwort	3
Einleitung.....	4
1 Anwendungsbereich	5
2 Normative Verweisungen.....	5
3 Begriffe	5
4 Festlegungen.....	7
4.1 Spektralwertfunktionen	7
4.2 Spektrale Normfarbwertanteile.....	7
5 Abteilung der Spektralwertfunktionen für den Normalbeobachter CIE 1931	8
5.1 Experimentelle Grundlage	8
5.2 Transformationsverfahren	8
5.3 Transformationseigenschaften	8
5.4 Vergleich mit früheren Daten.....	9
6 Ableitung der Spektralwertfunktionen für den Normalbeobachter CIE 1964	9
6.1 Experimentelle Grundlage	9
6.2 Transformationsverfahren	9
6.3 Transformationseigenschaften	9
6.4 Vergleich mit früheren Daten.....	10
7 Praktische Anwendung der Spektralwertfunktionen für farbmetrische CIE-Normalbeobachter.....	10
7.1 Ermittlung von Farbwerten	10
7.2 Grundlage für die Integration	10
7.3 Aktivität der Stäbchen	11
7.4 Verwendung von eingeschränkten Daten	11
7.5 Reflexionsstandard.....	11
Literaturhinweise	34

Vorwort

Der Text von ISO 11664-1:2007 wurde vom Technischen Komitee CIE „International Commission on Illumination“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als EN ISO 11664-1:2011 durch das Technische Komitee CEN/TC 139 „Lacke und Anstrichstoffe“ übernommen, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Oktober 2011, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Oktober 2011 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Texte dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind 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, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 11664-1:2007 wurde vom CEN als EN ISO 11664-1:2011 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Einleitung

Farben von unterschiedlicher spektraler Zusammensetzung können ähnlich aussehen. Eine wichtige Aufgabe der Farbmeterik ist es, zu bestimmen, ob ein Paar solcher metamerer Farben ähnlich aussehen wird. Die Anwendung visueller Farbmessgeräte für diesen Zweck ist durch Schwankungen in den Farbüber-einstimmungen von Beobachtern, die als farbennormalsichtig eingestuft wurden, erschwert. Visuelle Farbmessung neigt auch dazu, zeitaufwändig zu sein. Aus diesen Gründen wurde es schon vor langer Zeit Praxis in der Farbmessung, Sätze von Spektralwertfunktionen zu verwenden, um Farbwerte von Farben zu berechnen: Gleichheit von Farbwerten für ein Paar von Farben zeigt an, dass das Aussehen der beiden Farben übereinstimmt, wenn sie unter den gleichen Bedingungen von einem Beobachter betrachtet werden, für den die Spektralwertfunktionen gelten. Die Anwendung von genormten Sätzen von Spektralwertfunktionen macht den Vergleich von Farbwerten zu unterschiedlichen Zeiten und an unterschiedlichen Orten möglich.

1 Anwendungsbereich

Diese Internationale Norm legt Spektralwertfunktionen zur Anwendung in der Farbmeterik fest. Es werden zwei Sätze von Spektralwertfunktionen festgelegt.

a) Spektralwertfunktionen für den Normalbeobachter CIE 1931

Dieser Satz von Spektralwertfunktionen ist repräsentativ für die Farbabgleicheigenschaften von Beobachtern mit normalem Farbsehvermögen für Gesichtsfeldgrößen von etwa 1° bis etwa 4°, bei Adaption des Auges an photopisches Sehen (Tagessehen).

b) Spektralwertfunktionen für den Normalbeobachter CIE 1964

Dieser Satz von Spektralwertfunktionen ist repräsentativ für die Farbabgleicheigenschaften von Beobachtern mit normalem Farbsehvermögen für Gesichtsfeldgrößen über etwa 4°, bei Adaption des Auges an photooptisches Sehen (Tagessehen) mit ausreichend hohem Niveau und mit einer solchen spektralen Strahlungsverteilung, das keine Beteiligung von Stäbchenrezeptoren der Netzhaut zu erwarten ist.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. 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).

CIE 15:2004, *Colorimetry*, 3rd edition

CIE 17.4:1987, *International lighting vocabulary (ILV)* — Joint publication IEC/CIE

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe. Diese Begriffe wurden aus CIE 17.4:1987 übernommen, die weitere themenbezogene Begriffe enthält.

3.1

Farbreizfunktion

$\phi_{\lambda}(\lambda)$ (siehe ILV 845-03-03)

Beschreibung eines Farbreizes durch die spektrale Dichte einer Strahlungsgröße, z. B. Strahldichte, Strahlungsleistung, als Funktion der Wellenlänge

3.2

relative Farbreizfunktion

$\phi(\lambda)$ (siehe ILV 845-03-04)

relative spektrale Energieverteilung der Farbreizfunktion

3.3

bedingt-gleiche Farbreize

metamere Farbreize (siehe ILV 845-03-05)

spektral verschiedene Farbreize mit gleicher Farbvalenz

3.4

spektraler Farbreiz

monochromatischer Farbreiz (siehe ILV 845-03-08)

Farbreiz einer monochromatischen Strahlung

3.5

energiegleiches Spektrum (siehe ILV 845-03-14)

Strahlungsfunktion, die im sichtbaren Spektralbereich in allen gleich breiten Wellenlängenintervallen konstant ist

3.6

additive Farbmischung (siehe ILV 845-03-15)

Einwirkung verschiedener Farbreize auf dieselbe Netzhautstelle, so dass diese nicht getrennt empfunden werden können

3.7

Farbabgleich (siehe ILV 845-03-16)

eine veränderliche oder herzustellende Farbe wird so eingestellt, dass sie einer anderen (vorgegebenen) Farbe ununterscheidbar gleich wird

3.8

trichromatisches System (siehe ILV 845-03-20)

System für die Beschreibung von Farbvalenzen, das auf der additiven Farbmischung mit drei geeignet gewählten Primärvalenzen beruht

3.9

Primärvalenzen

$[R]$, $[G]$, $[B]$; $[X]$, $[Y]$, $[Z]$; $[X_{10}]$, $[Y_{10}]$, $[Z_{10}]$; usw. (siehe ILV 845-03-21)

die drei Farbvalenzen, die ein trichromatisches System festlegen

3.10

Farbwerte R , G , B ; X , Y , Z ; X_{10} , Y_{10} , Z_{10} ; usw. (siehe ILV 845-03-22)

Beträge dreier Primärvalenzen eines trichromatischen Systems, mit denen für eine gegebene Farbvalenz ein Farbabgleich erhalten wird

3.11

Spektralwertfunktionen

$\bar{r}(\lambda)$, $\bar{g}(\lambda)$, $\bar{b}(\lambda)$; $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$; $\bar{x}_{10}(\lambda)$, $\bar{y}_{10}(\lambda)$, $\bar{z}_{10}(\lambda)$; usw. (siehe ILV 845-03-23)

Farbwerte spektraler Farbreize gleicher Strahlungsleistung

3.12

CIE-Normvalenzsystem 1931 (X , Y , Z) (siehe ILV 845-03-28)

farbmessstechnisches System zur Bewertung der Farbwerte beliebiger Strahlungsfunktionen mit Hilfe der drei Primärvalenzen $[X]$, $[Y]$, $[Z]$ und der drei Normspektralwertfunktionen $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$, die 1931 von der CIE angenommen worden sind

3.13

CIE-Normvalenzsystem 1964 (X_{10} , Y_{10} , Z_{10}) (siehe ILV 845-03-29)

farbmessstechnisches System zur Bewertung der Farbwerte beliebiger Strahlungsfunktionen mit Hilfe der drei Primärvalenzen $[X_{10}]$, $[Y_{10}]$, $[Z_{10}]$ und der drei Großfeldnormspektralwertfunktionen $\bar{x}_{10}(\lambda)$, $\bar{y}_{10}(\lambda)$, $\bar{z}_{10}(\lambda)$, die 1964 von der CIE angenommen worden sind

3.14

CIE-Normspektralwertfunktionen (siehe ILV 845-03-30)

Funktionen $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ im CIE-Normvalenzsystem 1931 oder $\bar{x}_{10}(\lambda)$, $\bar{y}_{10}(\lambda)$, $\bar{z}_{10}(\lambda)$ im 10°-CIE- oder CIE-Großfeld-Normvalenzsystem 1964

3.15

farbmessstechnischer Normalbeobachter CIE 1931 (siehe ILV 845-03-31)

idealer Beobachter, dessen farbmessstechnische Eigenschaften den Normspektralwertfunktionen $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ entsprechen

3.16

farbmess technischer Normalbeobachter CIE 1964 (siehe ILV 845-03-32)

idealer Beobachter, dessen farbmess technische Eigenschaften den Normspektralwertfunktionen $\bar{x}_{10}(\lambda)$, $\bar{y}_{10}(\lambda)$, $\bar{z}_{10}(\lambda)$ entsprechen

3.17

Farbwertanteile $r, g, b; x, y, z; x_{10}, y_{10}, z_{10}$; usw. (siehe ILV 845-03-33)

Verhältnisse der drei Farbwerte zu ihrer Summe

3.18

Spektralwertanteile $r(\lambda), g(\lambda), b(\lambda); x(\lambda), y(\lambda), z(\lambda); x_{10}(\lambda), y_{10}(\lambda), z_{10}(\lambda)$; usw. (siehe ILV 845-03-36)

Farbwertanteile der spektralen Farbvalenzen

3.19

spektraler Hellempfindlichkeitsgrad, $V(\lambda)$ (siehe ILV 845-01-22)

Verhältnis der Strahlungsleistung bei der Wellenlänge λ_m zu der bei der Wellenlänge λ , wobei beide Strahlungen unter bestimmten photometrischen Bedingungen den gleichen Helligkeitseindruck hervorrufen. Dabei ist λ_m so zu wählen, dass das Maximum dieses Verhältnisses gleich 1 wird

3.20

vollkommen mattweißes Medium bei Reflexion (siehe ILV 845-04-54)

gleichmäßig streuendes Medium, dessen Reflexionsgrad den Wert 1 hat

4 Festlegungen

4.1 Spektralwertfunktionen

Die Spektralwertfunktionen $\bar{x}(\lambda), \bar{y}(\lambda), \bar{z}(\lambda)$ des Normalbeobachters CIE 1931 sind durch die in Tabelle 1 angegebenen Werte definiert, und die Spektralwertfunktionen $\bar{x}_{10}(\lambda), \bar{y}_{10}(\lambda), \bar{z}_{10}(\lambda)$ des Normalbeobachters CIE 1964 durch die Werte in Tabelle 2. Die Werte sind in Intervallen von 1 nm für die Wellenlängen von 360 nm bis 830 nm angegeben. Falls Werte für kleinere Wellenlängenintervalle als 1 nm benötigt werden, sollten sie durch lineare Interpolation abgeleitet werden.

4.2 Spektrale Normfarbwertanteile

Die Tabellen 1 und 2 geben auch Werte für spektrale Normfarbwertanteile $x(\lambda), y(\lambda), z(\lambda); x_{10}(\lambda), y_{10}(\lambda), z_{10}(\lambda)$ an; diese wurden von den entsprechenden Spektralwertfunktionen abgeleitet, indem folgende Verhältnisse gebildet wurden:

$$x(\lambda) = \frac{\bar{x}(\lambda)}{\bar{x}(\lambda) + \bar{y}(\lambda) + \bar{z}(\lambda)}, \quad y(\lambda) = \frac{\bar{y}(\lambda)}{\bar{x}(\lambda) + \bar{y}(\lambda) + \bar{z}(\lambda)} \quad \text{und} \quad z(\lambda) = \frac{\bar{z}(\lambda)}{\bar{x}(\lambda) + \bar{y}(\lambda) + \bar{z}(\lambda)}$$

$$x_{10}(\lambda) = \frac{\bar{x}_{10}(\lambda)}{\bar{x}_{10}(\lambda) + \bar{y}_{10}(\lambda) + \bar{z}_{10}(\lambda)}, \quad y_{10}(\lambda) = \frac{\bar{y}_{10}(\lambda)}{\bar{x}_{10}(\lambda) + \bar{y}_{10}(\lambda) + \bar{z}_{10}(\lambda)} \quad \text{und}$$

$$z_{10}(\lambda) = \frac{\bar{z}_{10}(\lambda)}{\bar{x}_{10}(\lambda) + \bar{y}_{10}(\lambda) + \bar{z}_{10}(\lambda)}$$

ANMERKUNG Wellenlängen gelten für Normluft.

5 Abteilung der Spektralwertfunktionen für den Normalbeobachter CIE 1931

5.1 Experimentelle Grundlage

Die Spektralwertfunktionen $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ wurden aus experimentellen Arbeiten von Wright (1928–1930) und von Guild (1931) abgeleitet, bei denen insgesamt 17 Beobachter die monochromatischen Farbreize des Spektrums durch additive Mischungen von rotem, grünem und blauem Licht im Bereich von etwa 400 nm bis 700 nm nachstellten und dabei Beobachtungsfelder mit einem Winkel von 2° anwendeten.

5.2 Transformationsverfahren

Die experimentellen Ergebnisse wurden umgewandelt in solche, die erhalten worden wären, wenn die Nachstellungen mit monochromatischen Strahlungen der Wellenlängen 700 nm für das Rot $[R]$, 546,1 nm für das Grün $[G]$ und 435,8 nm für das Blau $[B]$ durchgeführt worden wären, gemessen in solchen Einheiten, dass gleiche Anteile von $[R]$, $[G]$ und $[B]$ erforderlich wären, um das energiegliche Spektrum nachzustellen.

Aus den Ergebnissen der 17 Beobachter wurden Durchschnittswerte gebildet, die geringfügig geändert wurden, so dass durch Addieren geeigneter Anteile der $[R]$ -, $[G]$ - und $[B]$ -Spektralwertfunktionen $\bar{r}(\lambda)$, $\bar{g}(\lambda)$, $\bar{b}(\lambda)$ es möglich war, eine Funktion zu erhalten, die mit der der spektralen Hellempfindlichkeit $V(\lambda)$ identisch ist; die verwendeten Anteile waren in den Verhältnissen von 1,000 0 zu 4,590 7 zu 0,060 1, und diese waren dann die relativen Leuchtdichten einheitlicher Anteile von $[R]$, $[G]$ und $[B]$. Die Spektralwertfunktionen CIE 1931 wurden dann nach folgenden Gleichungen bestimmt:

$$\begin{aligned}\bar{x}(\lambda) &= [0,49 \bar{r}(\lambda) + 0,31 \bar{g}(\lambda) + 0,20 \bar{b}(\lambda)]n \\ \bar{y}(\lambda) &= [0,176\,97 \bar{r}(\lambda) + 0,812\,40 \bar{g}(\lambda) + 0,010\,63 \bar{b}(\lambda)]n \\ \bar{z}(\lambda) &= [0,00 \bar{r}(\lambda) + 0,01 \bar{g}(\lambda) + 0,99 \bar{b}(\lambda)]n\end{aligned}$$

wobei n eine Normalisierungskonstante ist, gegeben durch die Gleichung

$$n = \frac{V(\lambda)}{0,176\,97 \bar{r}(\lambda) + 0,812\,40 \bar{g}(\lambda) + 0,010\,63 \bar{b}(\lambda)}$$

n ist eine Konstante, nicht eine Funktion der Wellenlänge, weil die Koeffizienten 0,176 97, 0,812 40 und 0,010 63 im gleichen Verhältnis zueinander stehen wie 1,000 0 zu 4,590 7 zu 0,060 1; n ist gleich

$$\frac{1,000\,0 + 4,590\,7 + 0,060\,1}{0,176\,97 + 0,812\,40 + 0,010\,63} = 5,650\,8$$

Die Werte von $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$, angegeben in Tabelle 1, von 360 nm bis 400 nm und von 700 nm bis 830 nm sind durch Extrapolieren erhaltene Zahlenwerte.

5.3 Transformationseigenschaften

Die in den vorstehenden Gleichungen angegebene Transformation wurde gewählt, um die folgenden Ziele zu erreichen. Erstens ist die $\bar{y}(\lambda)$ -Funktion mit der $V(\lambda)$ -Funktion identisch. Zweitens sind die Werte von $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ immer positiv für alle Wellenlängen des Spektrums (ungleich $\bar{r}(\lambda)$, $\bar{g}(\lambda)$, $\bar{b}(\lambda)$, von denen ein Wert bei den meisten Wellenlängen negativ ist, wegen der Notwendigkeit, die spektralen Farbreize beim Abgleich mit roten, grünen und blauen Primärvalenzen zu entsättigen). Drittens sind die Werte von $\bar{z}(\lambda)$ bei längeren Wellenlängen als 650 nm Null. Viertens sind die Werte von $\bar{x}(\lambda)$ etwa Null bei Wellenlängen um 505 nm. Fünftens sind die Werte von $\bar{x}(\lambda)$ und $\bar{y}(\lambda)$ klein am kurzwelligen Ende des Spektrums. Sechstens ist das energiegliche Spektrum festgelegt durch gleiche Anteile von X , Y und Z .

Weil die $\bar{y}(\lambda)$ -Funktion mit der $V(\lambda)$ -Funktion identisch ist, ist der Farbwert Y der Leuchtdichte proportional.

5.4 Vergleich mit früheren Daten

Die in Tabelle 1 in Intervallen von 5 nm angegebenen Werte von $\bar{x}(\lambda)$, $\bar{y}(\lambda)$, $\bar{z}(\lambda)$ für den Spektralbereich von 380 nm bis 780 nm stimmen, wenn sie auf vier Dezimalstellen gerundet sind, eng mit den 1931 veröffentlichten Werten überein. Es gibt nur drei geringfügige Unterschiede: Bei $\lambda = 775$ nm ist der neue Wert von $\bar{x}(\lambda)$ 0,000 1 anstelle von 0,000 0; bei $\lambda = 555$ nm ist $\bar{y}(\lambda) = 1,000 0$ anstelle von 1,000 2 und bei $\lambda = 740$ nm ist $\bar{y}(\lambda) = 0,000 2$ anstelle von 0,000 3. Diese Veränderungen werden für die meisten farbmétrischen Berechnungen als unbedeutend angesehen.

Wenn die relativen Leuchtdichten von Mengeneinheiten von $[R]$, $[G]$ und $[B]$ von den Daten in Tabelle 1 abgeleitet werden, sind die erhaltenen Werte 1,000 0 zu 4,588 8 zu 0,060 3 anstelle von 1,000 0 zu 4,590 7 zu 0,060 1, die relativen Strahldichten 71,893 8 bis 1,374 7 bis 1,000 0 anstelle von 72,096 2 bis 1,379 1 bis 1,000 0. Diese Veränderungen werden in der Praxis ebenfalls als unbedeutend angesehen.

Die in CIE 15:2004 in Intervallen von 5 nm angegebenen Werte stimmen genau mit den Werten in Tabelle 1 überein.

6 Ableitung der Spektralwertfunktionen für den Normalbeobachter CIE 1964

6.1 Experimentelle Grundlage

Die Spektralwertfunktionen CIE 1964 $\bar{x}_{10}(\lambda)$, $\bar{y}_{10}(\lambda)$, $\bar{z}_{10}(\lambda)$ wurden aus experimentellen Arbeiten von Stiles und Burch (1959) und von Speranskaya (1959) abgeleitet, bei denen insgesamt 67 Beobachter monochromatische Farbteize des Spektrums von etwa 390 nm bis 830 nm durch additive Mischungen von rotem, grünen und blauen Licht nachstellten und dabei Beobachtungsfelder mit einem Winkel von 10° anwendeten (aber den zentralen Winkel von 4° oder so ignorierten).

6.2 Transformationsverfahren

Die experimentellen Ergebnisse wurden umgewandelt in solche, die erhalten worden wären, wenn die Nachstellungen mit monochromatischen Strahlungen der Wellenzahlen 15 500 cm⁻¹ für das Rot $[R_{10}]$, 19 000 cm⁻¹ für das Grün $[G_{10}]$ und 22 500 cm⁻¹ für das Blau $[B_{10}]$ als Primärvalenzen durchgeführt worden wären, entsprechend etwa Wellenlängen von 645,2 nm, 526,3 nm und 444,4 nm. Die für die Größen $[R_{10}]$, $[G_{10}]$ und $[B_{10}]$ benutzten Einheiten waren so, dass gleiche Anteile erforderlich waren, um das energiegeliche Spektrum nachzustellen. Ein gewichteter Durchschnittswert der Ergebnisse der 67 Beobachter wurde verwendet, um einen Satz von Spektralwertfunktionen $\bar{r}_{10}(\nu)$, $\bar{g}_{10}(\nu)$, $\bar{b}_{10}(\nu)$ zu erhalten. Die Spektralwertfunktionen CIE 1964 wurden dann nach folgenden Gleichungen abgeleitet:

$$\bar{x}_{10}(\nu) = 0,341\,080 \bar{r}_{10}(\nu) + 0,189\,145 \bar{g}_{10}(\nu) + 0,387\,529 \bar{b}_{10}(\nu)$$

$$\bar{y}_{10}(\nu) = 0,139\,058 \bar{r}_{10}(\nu) + 0,837\,460 \bar{g}_{10}(\nu) + 0,073\,316 \bar{b}_{10}(\nu)$$

$$\bar{z}_{10}(\nu) = 0,000\,000 \bar{r}_{10}(\nu) + 0,039\,553 \bar{g}_{10}(\nu) + 2,026\,200 \bar{b}_{10}(\nu)$$

In Tabelle 2 sind die Spektralwertfunktionen CIE 1964 $\bar{x}_{10}(\lambda)$, $\bar{y}_{10}(\lambda)$, $\bar{z}_{10}(\lambda)$ auf Wellenlängenbasis angegeben. Diese wurden durch Interpolieren aus den vorstehenden Funktionen auf Frequenzbasis erhalten. Die Werte im Bereich von 360 nm bis 390 nm sind extrapoliert.

6.3 Transformationseigenschaften

Die in den Gleichungen in 6.2 angegebene Transformation wurde gewählt, um ein farbmétrisches System (X_{10} , Y_{10} , Z_{10}) zu erreichen, das ein Koordinatensystem besitzt, welches weitgehend dem des Systems CIE 1931 (X , Y , Z) ähnlich ist. In dem System 1964 wurden jedoch die Daten nicht so festgelegt, dass sie an die Funktion CIE $V(\lambda)$ des spektralen Hellempfindlichkeitsgrades angepasst sind, und der Farbwert Y_{10} ist der nach der $V(\lambda)$ -Funktion berechneten Leuchtdichte nicht proportional.