

Multimediasysteme und -geräte
Farbmessung und Farbmanagement
Teil 2-1: Farbmanagement – Vorgabe-RGB-Farbraum – sRGB
(IEC 61966-2-1:1999 + A1:2003)
Deutsche Fassung EN 61966-2-1:2000 + A1:2003

DIN
EN 61966-2-1

ICS 33.160.60

Ersatz für
DIN EN 61966-2-1:2000-09
Siehe Beginn der Gültigkeit

Multimedia systems and equipment – Colour measurement and management – Part 2-1: Colour management – Default RGB colour space – sRGB; (IEC 61966-2-1:1999 + A1:2003);
German version EN 61966-2-1:2000 + A1:2003

Mesure et gestion de la couleur dans les systèmes et appareils multimedia – Partie 2-1: Gestion de la couleur – Espace chromatique RVB par défaut – sRVB; (CEI 61966-2-1:1999 + A1:2003);
Version allemande EN 61966-2-1:2000 + A1:2003

Die Europäische Norm EN 61966-2-1:2000, zusammen mit der eingearbeiteten Änderung A1:2003, hat den Status einer Deutschen Norm.

Beginn der Gültigkeit

Die EN 61966-2-1 wurde am 2000-01-01 angenommen.
Die Änderung A1 wurde 2003-03-01 angenommen.

Daneben darf DIN EN 61966-2-1:2000-09 noch bis 2006-03-01 angewendet werden.

Nationales Vorwort

Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 742 „Audio-, Video- und Multimediasysteme, -geräte und -komponenten“ der DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik im DIN und VDE zuständig.

Norm-Inhalt war veröffentlicht als E DIN EN 61966-2-1/A1:2001-09.

Die enthaltene IEC-Publikation wurde vom TC 100 „Audio, video and multimedia systems and equipment“ erarbeitet.

Das IEC-Komitee hat entschieden, dass der Inhalt dieser Publikation bis zum Jahr 2006 unverändert bleiben soll. Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Publikation

- bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine Folgeausgabe ersetzt oder
- geändert.

Fortsetzung Seite 2
und 36 Seiten EN

DIN EN 61966-2-1:2003-09

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm ohne Angabe des Ausgabedatums und ohne Hinweis auf eine Abschnittsnummer, eine Tabelle, ein Bild usw.) bezieht sich die Verweisung auf die jeweils neueste gültige Ausgabe der in Bezug genommenen Norm.

Für den Fall einer datierten Verweisung im normativen Text bezieht sich die Verweisung immer auf die in Bezug genommene Ausgabe der Norm.

Der Zusammenhang der zitierten Normen mit den entsprechenden Deutschen Normen ergibt sich, soweit ein Zusammenhang besteht, grundsätzlich über die Nummer der entsprechenden IEC-Publikation. Beispiel: IEC 60068 ist als EN 60068 als Europäische Norm durch CENELEC übernommen und als DIN EN 60068 ins Deutsche Normenwerk aufgenommen.

IEC hat 1997 die Benummerung der IEC-Publikationen geändert. Zu den bisher verwendeten Normnummern wird jeweils 60000 addiert. So ist zum Beispiel aus IEC 68 nun IEC 60068 geworden.

Änderungen

Gegenüber DIN EN 61966-2-1:2000-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

Anhänge F bis H wurden hinzugefügt. Dadurch wurde ergänzt:

- Vorgabe YCC-Farbraum – sYCC und zugehörige Transformationen;
- erweiterte Farbraumcodierung für sRGB und deren YCC-Transformation bg-sYCC;
- CIELAB (L*a*b*)-Transformation.

Frühere Ausgaben

DIN EN 61966-2-1:2000-09

ICS 33.160.60; 37.080

Deutsche Fassung

**Multimediasysteme und -geräte
Farbmessung und Farbmanagement
Teil 2-1: Farbmanagement
Vorgabe-RGB-Farbraum – sRGB**
(Einschließlich Änderung A1:2003)
(IEC 61966-2-1:1999 + A1:2003)

Multimedia systems and equipment
Colour measurement and management
Part 2-1: Colour management
Default RGB colour space
sRGB
(Includes Amendment A1:2003)
(IEC 61966-2-1:1999 + A1:2003)

Mesure et gestion de la couleur
dans les systèmes et appareils multimedia
Partie 2-1: Gestion de la couleur
Espace chromatique RVB par défaut
sRVB
(Inclut l'amendement A1:2003)
(CEI 61966-2-1:1999 + A1:2003)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2000-01-01 und die A1 am 2003-03-01 angenommen. Die CENELEC-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 Zentralsekretariat oder bei jedem CENELEC-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

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

CENELEC-Mitglieder sind die nationalen elektrotechnischen Komitees von Belgien, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn und dem Vereinigten Königreich.

CENELEC

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
European Committee for Electrotechnical Standardization
Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Zentralsekretariat: rue de Stassart 35, B-1050 Brüssel

Vorwort

Der Text des Schriftstücks 100/104/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 61966-2-1, ausgearbeitet von dem IEC/TC 100 „Audio, video and multimedia systems and equipment“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2000-01-01 als EN 61966-2-1 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2000-10-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2003-01-01

Anhänge, die als „normativ“ bezeichnet sind, gehören zum Norminhalt.
Anhänge, die als „informativ“ bezeichnet sind, enthalten nur Informationen.
In dieser Norm ist Anhang ZA normativ und die Anhänge A, B, C, D und E sind informativ.
Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 61966-2-1:1999 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm übernommen.

Vorwort der Änderung A1:2003 zur EN 61966-2-1:2000

Der Text des Schriftstücks 100/555A/FDIS, zukünftige Änderung 1 zu IEC 61966-2-1:1999, ausgearbeitet von dem IEC TC 100 „Audio, video and multimedia systems and equipment“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2003-03-01 als Änderung A1 zu EN 61966-2-1:2000 angenommen.

Nachstehende Daten wurden festgelegt:

- spätestes Datum, zu dem die EN auf nationaler Ebene durch Veröffentlichung einer identischen nationalen Norm oder durch Anerkennung übernommen werden muss (dop): 2003-12-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2006-03-01

Anhänge, die als „normativ“ bezeichnet sind, gehören zum Norminhalt.
Anhänge, die als „informativ“ bezeichnet sind, enthalten nur Informationen.
In dieser Norm ist Anhang F normativ und die Anhänge G und H sind informativ.

Anerkennungsnotiz der Änderung A1:2003 zur EN 61966-2-1:2000

Der Text der Änderung 1:2003 zur Internationalen Norm IEC 61966-2-1:1999 wurde von CENELEC als Änderung zur Europäischen Norm ohne irgendeine Abänderung angenommen.

Inhalt

	Seite
Einleitung	4
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen.....	6
3 Begriffe	6
4 Bezugsbedingungen	7
4.1 Eigenschaften des Bezugs-Bildanzeigesystems.....	7
4.2 Bezugs-Betrachtungsbedingungen	8
4.3 Bezugsbeobachter.....	8
5 Codierungstransformationen	8
5.1 Einführung	8
5.2 Transformation von RGB-Werten in XYZ-Werte nach CIE 1931	9
5.3 Transformation von XYZ-Werten nach CIE 1931 in RGB-Werte	10
Anhang A (informativ) Mehrdeutigkeit in der Definition des Begriffes „Gamma“	12
Anhang B (informativ) Kompatibilität zwischen sRGB und ITU-R BT.709-3	13
Anhang C (informativ) Leitfaden für den Gebrauch.....	15
Anhang D (informativ) Typische Betrachtungsbedingungen	19
Anhang E (informativ) Empfohlene Bearbeitung der Betrachtungsbedingungen.....	20
Anhang F (normativ) Vorgabe-YCC-Codierungstransformation für den genormten Luminanz-Chrominanz-Chrominanz-Farbraum sYCC	21
Anhang G (informativ) Erweiterte Farbraumcodierung für sRGB: bg-sRGB und ihre YCC-Transformation: bg-sYCC.....	26
Anhang H (informativ) CIELAB (L*a*b*)-Transformation.....	33
Literaturhinweise.....	35
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	36
Bilder	
Bild B.1 – Umfassende Systemübersicht nach ITU-R BT.709-3	13
Bild B.2 – Detaillierte Systemübersicht nach ITU-R BT.709-3	14
Bild B.3 – Beziehung zwischen ITU-R BT.709-3 und sRGB	14
Tabellen	
Tabelle 1 – CIE-Farbarten für ITU-R BT.709-3 – Bezugsprimärfarben und CIE-Standardbeleuchtung	8
Tabelle C.1 – Zusammenhang zwischen sRGB- und ICC-Profilen	16
Tabelle C.2 – Durchführung von Farbmanagement durch eine Anzeigeanwendung.....	16

Einleitung

Das in diesem Teil von IEC 61966 beschriebene Digitalisierungsverfahren wurde entwickelt, um gängige Farbmanagementstrategien mit einem Verfahren zur Handhabung der Farben in Betriebssystemen, in Gerätetreibern und im Internet zu ergänzen. Das Verfahren, das eine einfache und robuste geräteunabhängige Farbdefinition verwendet, bietet eine gute Qualität und Rückwärtskompatibilität mit geringstem Übertragungs- und Systemaufwand. Es basiert auf einem kalibrierten farbmetrischen RGB-Farbraum und ist gut geeignet für Sichtgeräte mit Kathodenstrahlröhren (CRT) oder mit flachen Anzeigeeinheiten, Fernsehempfänger, Scanner, digitale Kameras und Drucksysteme. Ein solcher Farbraum kann von Software- und Hardwarelieferanten mit minimalen Kosten unterstützt werden. Obwohl es Unterschiede in der zugrunde liegenden physikalischen Wiedergabe zwischen den Technologien von CRT und flachen Bildschirmen gibt, haben die meisten Anzeigegeräte mit flachem Bildschirm, um kommerziell zu bestehen, interne Kompensationen zur Simulation von CRT-Anzeigen. Die Akzeptanz des Norm-Farbraums sRGB soll gefördert werden, indem der Nutzen seiner Anwendung und Eignung betont werden.

Kürzlich hat das International Colour Consortium (ICC) bahnbrechende Lösungen für Probleme der Farbkommunikation in offenen Systemen vorgeschlagen. Doch das ICC-Profil liefert keine vollständige Lösung für alle Situationen.

Hierbei handelt es sich um ein Hilfsmittel der ICC zum Verfolgen und Sicherstellen, dass eine Farbe vom Eingangs-Farbraum in den Ausgangs-Farbraum korrekt abgebildet wird. Dies geschieht durch Anbringen eines Profils für den Eingangs-Farbraum an dem in Frage kommenden Bild. Dies ist für Drucktechnik hoher Qualität geeignet. Es gibt jedoch einen breiten Bereich von Benutzern, die dieses Niveau an Flexibilität und Steuerung in einem eingebetteten Profilmechanismus nicht benötigen. Statt dessen ist es möglich, eine Definition für einen einzigen Norm-Vorgabe-Farbraum zu schaffen, die wie ein implizites ICC-sRGB-Profil verarbeitet werden kann. Außerdem unterstützen die meisten bestehenden Dateiformate keine Farbprofil-Einbettung. Sie werden diese auch künftig nicht unterstützen und schließlich gibt es einen breiten Bereich von Anwendungen, in denen eigentlich abgeraten wird, irgendwelche Zusatzdaten an ihre Dateien anzuhängen. Ein einheitlicher RGB-Norm-Farbraum, der zweckmäßig und notwendig ist, berücksichtigt diese Probleme. Dieser Lösungsweg hat den Vorteil einer klaren Beziehung zum ICC-Farbmanagementsystem, wobei Softwareprozesse und Anforderungen an Unterstützung minimiert werden.

Entwickler und Benutzer von Anwendungen, die den Zusatzaufwand eingebetteter Profile in Dokumenten und Bildern nicht wünschen, sollten diese für die Speicherung in einen allgemeinen Farbraum umsetzen. Es gibt eine Fülle von auf Kathodenstrahlröhren basierenden RGB-Farbräumen, die versuchen, diese Lücke mit etwas Anleitung oder Standardisierungsansätzen zu füllen. Es ist notwendig, die vielen genormten und ungenormten RGB-Anzeigenräume in einem einzigen RGB-Norm-Anzeigenraum zu vereinigen. Die vorliegende Norm verbessert durch Erfüllen dieser Forderung die Farbtreue in der Arbeitsplatzumgebung drastisch. Unterstützen beispielsweise die Hersteller von Betriebssystemen diesen RGB-Norm-Farbraum, können die diese Norm unterstützenden Hersteller von Eingabe- und Ausgabegeräten in gebräuchlichen Situationen einfach und sicher ohne weiteren Farbmanagementaufwand mit Farbe umgehen. Die drei Hauptfaktoren dieses RGB-Raumes sind die farbmetrischen Definitionen von RGB, der einfache Wert des Exponenten 2,2 und die gut definierten Beobachtungsbedingungen zusammen mit einer Anzahl von zweitrangigen Einzelheiten, die für eine klare und eindeutige Farbkommunikation notwendig sind.

Der Gegensatz geräteabhängiger Farbräume (z. B. basierend auf Tintenmengen, ausgedrückt in CMYK, oder auf digitalisierter Videospannung, ausgedrückt in RGB) und geräteunabhängiger Farbräume (wie CIELAB oder CIEXYZ) hat zu einer Verringerung der Leistungsfähigkeit von Anwendungen geführt, bei denen versucht wurde, diese Geräte-Farbräume zu vermeiden. Dies wird primär durch die Komplexität der Farbtransformationen verursacht, die das Rückführen der Farben in den geräteabhängigen Farbraum erforderlich machen. Verschlechtert wird diese Situation durch eine Zuverlässigkeitsdiskrepanz zwischen Komplexität und Mannigfaltigkeit der Transformationen, die es erschwert eine korrekte Systemkonfiguration sicherzustellen.

Diese Norm berücksichtigt diese Umstände, erfüllt die Erfordernisse von PC- und Web-basierenden Farbbildungssystemen und beruht auf der durchschnittlichen Leistungsfähigkeit von PC-Anzeigen. Diese Lösung wird durch die folgenden Feststellungen gestützt:

- Die meisten Anzeigen der Computer sind in ihren Schlüssel-Farbeigenschaften – den Leuchtstoffarten (Primärfarben) und der Übertragungsfunktion – ähnlich.

- Systembedingte RGB-Räume bei Anzeigen, Scannern und digitalen Kameras – den Geräten mit den höchsten Leistungsbeschränkungen.
- RGB-Räume können einfach geräteunabhängig gemacht werden. Sie können auch Farbskalen umfassen, die für nahezu alle Anwendungen groß genug sind.

Die Verbindung dieser Faktoren sorgt für eine breite Akzeptanz des farbmetrischen RGB-Raums, da er sowohl Farben auf eindeutige Art beschreiben kann als auch der systembedingte Farbraum aktueller Geräte ist. Wie viele Leser erkennen werden, beschreibt dies auf umständliche Art, was in der Praxis seit 45 Jahren im Farbfernsehen geschieht. Dieses erprobte Vorgehen ergibt exzellente Leistungsdaten dort, wo sie am meisten benötigt werden, bei der schnellen Anzeige von Bildern in Anzeigen mit Kathodenstrahlröhren.

In dieser Norm werden zwei Gesichtspunkte beschrieben: die Codierungstransformationen und die Bezugsbedingungen. Die Codierungstransformationen liefern unter den Bezugsbedingungen alle erforderlichen Informationen für die Codierung eines Bildes zur optimalen Anzeige. Unterscheiden sich aktuelle Bedingungen von den Bezugsbedingungen, können zusätzliche Wiedergabetransformationen erforderlich sein. Ist keine andere Farbrauminformation verfügbar oder passend, entsprechen die Codierungstransformationen den vorgegebenen RGB-Farbdefinitionen.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von IEC 61966 gilt für die Codierung und die Übertragung von RGB-Farben, die in Computersystemen und ähnlichen Anwendungen verwendet werden. Für die Anwendung unter definierten Bezugsbedingungen werden Codierungstransformationen festgelegt.

Unterscheiden sich die aktuellen Bedingungen von den Bezugsbedingungen, können zusätzliche Wiedergabetransformationen erforderlich sein. Diese zusätzlichen Wiedergabetransformationen liegen außerhalb des Anwendungsbereiches dieser Norm.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden normativen Dokumente enthalten Angaben, die durch Verweise in diesem Text Angaben dieses Teils von IEC 61966 darstellen. Für datierte Verweisungen gelten nachträgliche Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen. Jedoch werden Vertragspartner, deren Vereinbarungen auf diesem Teil der IEC 61966 basieren, gebeten, die Möglichkeit zu prüfen, ob die jeweils neuesten Ausgaben der im folgenden genannten normativen Dokumente angewendet werden können. Für undatierte Verweisungen gelten die neuesten Ausgaben der angeführten normativen Verweisungen. Mitglieder von IEC oder ISO halten Verzeichnisse der jeweils gültigen Internationalen Normen bereit.

IEC 60050 (845):1987, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 845: Lighting*.

ISO 3664, *Viewing conditions for graphic technology and photography*.

ISO 9358:1994, *Optics and optical instruments – Velling glare of image forming systems – Definitions and methods of measurement*.

ISO/CIE 10527:1991, *CIE standard colorimetric observers*.

CIE 15.2:1986, *Colorimetry*.

CIE 122:1996, *The relationship between digital and colorimetric data for computer-controlled CRT displays*.

ITU-Recommendation BT.709-3:1998, *Parameter values for the HDTV standards for production and international programme exchange*.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieser Internationalen Norm gelten die folgenden Begriffe. Die Begriffe Beleuchtungsstärke, Leuchtdichte, Farbwert und weitere, die Beleuchtung betreffende Begriffe werden in IEC 60050(845) angegeben. Streulicht wird in ISO 3664 definiert.

3.1

Umgebungs-Beleuchtungsstärke

Beleuchtungsstärke aufgrund der Beleuchtung in der Betrachtungsumgebung, ausschließlich der von der Anzeige, gemessen senkrecht zur Frontseite der Anzeige

3.2

Umgebungsweißwert

Koordinatenpunkt in XYZ-Farbartkoordinaten nach CIE 1931^{N1)}, definiert in ISO/CIE 10527 und CEI 15.2, aufgrund der Beleuchtung in der Betrachtungsumgebung, ausschließlich der von der Anzeige, gemessen in der Ebene der Frontseite der Anzeige

^{N1)} Nationale Fußnote: Hierbei handelt es sich um Festlegungen der CIE (Commission Internationale de l'Éclairage) aus dem Jahre 1931.

3.3**Anzeigeweißwert**

Punkt im *XYZ*-Farbartdiagramm nach CIE 1931, definiert in ISO/CIE 10527 und CIE 15.2, bei dem die roten, grünen und blauen Intensitäten der Anzeige zu 100 % angesteuert sind. Hierbei wird in einer Richtung senkrecht zur Frontseite der Anzeige gemessen und auf einen vollkommen reflektierenden Diffusor Bezug genommen.

3.4**Anzeigehintergrund**

Umgebung des Farbelementes, typischerweise für ungefähr zehn Grad Blickwinkel, vom Rand des Nahfeldes aus in alle oder fast alle Richtungen. Wenn das Nahfeld dieselbe Farbe hat wie der Hintergrund, wird der Hintergrund als vom Rand des betrachteten Farbelementes ausgehend angesehen.

3.5**Anzeigemodelloffset**

Parameter, gemessen nach CIE 122, entspricht der Schwarzabhebung der Gitterspannung der Anzeigeröhre

3.6**Eingabe/Ausgabe-Kennlinie der Anzeige**

Übertragungskennlinie der normierten digitalen Codewerte und der normierten Ausgangsleuchtdichte, dargestellt durch eine Exponentialfunktion¹⁾

3.7**Anzeige-Leuchtdichte**

Leuchtdichte der Anzeige, gemessen nach CIE 122

3.8**Anzeigeumfeld**

Feld außerhalb des Hintergrundes, das das Blickfeld ausfüllt

3.9**Angrenzendes Feld**

unmittelbare Umgebung des betrachteten Farbelementes, typischerweise bei ungefähr zwei Grad Blickwinkel, vom Rand des betrachteten Farbelementes aus in alle oder fast alle Richtungen

4 Bezugsbedingungen**4.1 Eigenschaften des Bezugs-Bildanzeigesystems**

Das Bezugs-Bildanzeigesystem ist ein computergesteuertes Kathodenstrahlröhren-Anzeigegerät und muss folgende Eigenschaften haben:

- | | |
|---|------------------------------|
| • Anzeige-Leuchtdichte | 80 cd/m ² |
| • Anzeigeweißwert | x = 0,3127, y = 0,3290 (D65) |
| • Anzeigemodelloffset (R, G und B) | 0,0 |
| • Anzeige-Eingabe/Ausgabe-Charakteristik (R, G und B) | 2,2 |

Die CIE-Farbarten für rote, grüne und blaue Bezugsprimärfarben und für die CIE-Standardbeleuchtung D65 sind in Tabelle 1 angegeben. Diese Primärfarben- und Weißpunktwerte sind mit denen in ITU-R BT.709-3 identisch.

¹⁾ Der Begriff „Gamma“ wird in dieser Norm aus den in Anhang A diskutierten Gründen nicht verwendet.

Tabelle 1 – CIE-Farbarten für ITU-R BT.709-3 – Bezugsprimärfarben und CIE-Standardbeleuchtung

	Rot	Grün	Blau	D65
x	0,6400	0,3000	0,1500	0,3127
y	0,3300	0,6000	0,0600	0,3290
z	0,0300	0,1000	0,7900	0,3583

Die Beschreibung der Bezugsanzeige basiert auf der Beschreibung der Anzeige nach CIE 122. Nach diesem Verfahren wird die Bezugsanzeige durch die nachstehende Gleichung beschrieben, dabei ist V'_{sRGB} der normierte digitale Eingangswert und V_{sRGB} die normierte Luminanz des Ausgangssignals.

$$V_{sRGB} = (V'_{sRGB} + 0,0)^{2,2} \quad (1)$$

4.2 Bezugs-Betrachtungsbedingungen

Die Festlegungen für die Bezugs-Betrachtungsumgebungen basieren auf ISO 3664 und sind nachstehend definiert:

- | | |
|---|---|
| a) Bezugsleuchtdichte des Hintergrundes | Für den Hintergrund als Teil des Anzeige-Bildschirmes beträgt die Leuchtdichte 20 % der Leuchtdichte der Bezugsanzeige (16 cd/m ²); die Farbart sollte durchschnittlich $x = 0,3127$, $y = 0,3290$ betragen (D65). |
| b) Bezugsbeleuchtungsstärke des Umfeldes | 20 % Reflexionsgrad der Bezugsbeleuchtungsstärke der Umgebung (4,1 cd/m ²); die Farbart sollte durchschnittlich $x = 0,3457$, $y = 0,3585$ (D50) betragen. |
| c) Bezugsleuchtdichte des angrenzenden Feldes | 20 % der Leuchtdichte der Bezugsanzeige (16 cd/m ²); die Farbart sollte durchschnittlich $x = 0,3127$, $y = 0,3290$ (D65) betragen. |
| d) Bezugsbeleuchtungsstärke der Umgebung | 64 lx. |
| e) Bezugsweißwert der Umgebung | $x = 0,3457$, $y = 0,3585$ (D50). |
| f) Bezugsstreulicht | 0,2 cd/m ² . |

ANMERKUNG Beim Aufstellen einer Anzeige in der Betrachtungsumgebung ist es wichtig, einen Winkel von mindestens 45° relativ zur Umgebungsbeleuchtung und der Beobachtungsblickrichtung (0° relativ zur Senkrechten der Anzeige) zu erreichen. Diese Anordnung ergibt eine Oberflächenreflexion, bei der die Lambertsche (diffuse) Reflexion überwiegt und die andere spektrale Reflexionskomponenten vermeidet. Weitere Informationen über die Messung der Reflexion von Anzeigeflächen mit dieser Anordnung enthält IEC 61966-3.

4.3 Bezugsbeobachter

Der Bezugsbeobachter ist der 2-Norm-Beobachter nach CIE 1931 aus ISO/CIE 10527.

5 Codierungstransformationen

5.1 Einführung

Wird das Bild unter Bezugs-Betrachtungsbedingungen vom Bezugsbeobachter auf der Bezugsanzeige betrachtet, liefert die Codierungstransformation zwischen XYZ-Werten (nach CIE 1931) und 8-Bit-RGB-Werten eindeutige Verfahren für eine optimale Bild-Farbmeterik. Die XYZ-Werte nach CIE 1931 werden von

0,0 bis 1,0 skaliert, nicht von 0,0 bis 100. Diese nichtlinearen sR'G'B'-Werte verkörpern das Aussehen des Bildes, wie es unter Bezugs-Betrachtungsbedingungen auf der Bezugsanzeige angezeigt wird. Die sRGB-Farbwerte sind lineare Kombinationen der XYZ-Werte nach CIE 1931, wie sie an der Frontseite der Anzeige gemessen werden, wobei das Fehlen von jeglichem signifikantem Streulicht vorausgesetzt wird. Die Fehlanpassung zwischen theoretischen Farbwerten der Bezugsanzeige und denen, die von der Codierungsimplementierung erzeugt wurden ist eine Auswirkung der Codierungsfestlegung. Um die Codierungsimplementierungen zu optimieren, wird ein linearer Anteil der Übertragungsfunktion des Signals am dunklen Ende in die Codierungsfestlegung integriert. In den Anhängen D und E werden die empfohlene Behandlung sowohl von Streulicht als auch der Betrachtungsbedingungen angegeben.

5.2 Transformation von RGB-Werten in XYZ-Werte nach CIE 1931

Die digitalen Codewerte werden in nichtlineare sR'G'B'-Werte gewandelt. Diese Umwandlung skaliert die digitalen Codewerte unter Verwendung nachstehender Gleichung, dabei stellen WDC den digitalen Wert für Weiß und KDC den digitalen Wert für Schwarz dar.

$$\begin{aligned} R'_{sRGB} &= \frac{(R_{8\text{Bit}} - KDC)}{(WDC - KDC)} \\ G'_{sRGB} &= \frac{(G_{8\text{Bit}} - KDC)}{(WDC - KDC)} \\ B'_{sRGB} &= \frac{(B_{8\text{Bit}} - KDC)}{(WDC - KDC)} \end{aligned} \quad (2)$$

Diese Norm legt einen digitalen Wert 0 für Schwarz und einen digitalen Wert 255 für Weiß für die 24-Bit-Codierung (8 Bit/Kanal) fest. Die resultierenden nichtlinearen sR'G'B'-Werte werden nach folgenden Gleichungen gebildet.

$$\begin{aligned} R'_{sRGB} &= \frac{(R_{8\text{Bit}} - 0)}{(255 - 0)} \\ G'_{sRGB} &= \frac{(G_{8\text{Bit}} - 0)}{(255 - 0)} \\ B'_{sRGB} &= \frac{(B_{8\text{Bit}} - 0)}{(255 - 0)} \end{aligned} \quad (3)$$

Die Beziehung wird wie folgt definiert:

$$\begin{aligned} R'_{sRGB} &= \frac{R_{8\text{Bit}}}{255} \\ G'_{sRGB} &= \frac{G_{8\text{Bit}}}{255} \\ B'_{sRGB} &= \frac{B_{8\text{Bit}}}{255} \end{aligned} \quad (4)$$

Wenn $R'_{sRGB}, G'_{sRGB}, B'_{sRGB} \leq 0,04045$

$$\begin{aligned} R_{sRGB} &= \frac{R'_{sRGB}}{12,92} \\ G_{sRGB} &= \frac{G'_{sRGB}}{12,92} \\ B_{sRGB} &= \frac{B'_{sRGB}}{12,92} \end{aligned} \quad (5)$$

oder wenn $R'_{sRGB}, G'_{sRGB}, B'_{sRGB} > 0,04045$

$$\begin{aligned}
 R_{sRGB} &= \left[\frac{(R'_{sRGB} + 0,055)}{1,055} \right]^{2,4} \\
 G_{sRGB} &= \left[\frac{(G'_{sRGB} + 0,055)}{1,055} \right]^{2,4} \\
 B_{sRGB} &= \left[\frac{(B'_{sRGB} + 0,055)}{1,055} \right]^{2,4}
 \end{aligned} \tag{6}$$

und

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,4124 & 0,3576 & 0,1805 \\ 0,2126 & 0,7152 & 0,0722 \\ 0,0193 & 0,1192 & 0,9505 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{sRGB} \\ G_{sRGB} \\ B_{sRGB} \end{bmatrix} \tag{7}$$

Die vorstehenden Gleichungen beschreiben annähernd eine einfache Potenzfunktion mit einem Exponenten 2,2. Dies stellt die Konsistenz von Abkömmlingen der Desktop-Bilder mit Videobildern sicher.

Diese XYZ-Werte nach CIE 1931 stellen eine optimale Bildfarbmetrik bei der Betrachtung auf der Bezugsanzeige unter Bezugsbedingungen durch den Bezugsbeobachter dar und wie sie an der Frontseite der Anzeige gemessen werden, wobei das Fehlen von jeglichem signifikanten Streulicht vorausgesetzt wird.

5.3 Transformation von XYZ-Werten nach CIE 1931 in RGB-Werte

Die sRGB-Farbwerte können nach der folgenden Beziehung berechnet werden:

$$\begin{bmatrix} R_{sRGB} \\ G_{sRGB} \\ B_{sRGB} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,2406 & -1,5372 & -0,4986 \\ -0,9689 & 1,8758 & 0,0415 \\ 0,0557 & -0,2040 & 1,0570 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \tag{8}$$

Bei dem RGB-Codierungsprozess bleiben negative sRGB-Farbwerte und sRGB-Farbwerte größer als 1,00 nicht erhalten. Der Leuchtdichte-Dynamikbereich und die RGB-Farbpalette werden durch einfaches Abschneiden auf die Farbwerte zwischen 0,0 und 1,0 begrenzt.

Die sRGB-Farbwerte werden in die nichtlinearen sR'G'B'-Werte wie folgt transformiert:

Wenn $R_{sRGB}, G_{sRGB}, B_{sRGB} \leq 0,0031308$

$$\begin{aligned}
 R'_{sRGB} &= 12,92 \times R_{sRGB} \\
 G'_{sRGB} &= 12,92 \times G_{sRGB} \\
 B'_{sRGB} &= 12,92 \times B_{sRGB}
 \end{aligned} \tag{9}$$

oder wenn $R_{sRGB}, G_{sRGB}, B_{sRGB} > 0,0031308$

$$\begin{aligned}
 R'_{sRGB} &= 1,055 \times R_{sRGB}^{(1,0/2,4)} - 0,055 \\
 G'_{sRGB} &= 1,055 \times G_{sRGB}^{(1,0/2,4)} - 0,055 \\
 B'_{sRGB} &= 1,055 \times B_{sRGB}^{(1,0/2,4)} - 0,055
 \end{aligned} \tag{10}$$

Die nichtlinearen sR'G'B'-Werte werden in digitale Codewerte konvertiert. Diese Konversion skaliert die oben genannten sR'G'B'-Werte unter Verwendung der nachstehenden Gleichung, wobei *WDC* den digitalen Wert für Weiß und *KDC* den digitalen Wert für Schwarz darstellt.

$$\begin{aligned}
 R_{8\text{Bit}} &= \text{gerundet } (((WDC - KDC) \times R'_{s\text{RGB}}) + KDC) \\
 G_{8\text{Bit}} &= \text{gerundet } (((WDC - KDC) \times G'_{s\text{RGB}}) + KDC) \\
 B_{8\text{Bit}} &= \text{gerundet } (((WDC - KDC) \times B'_{s\text{RGB}}) + KDC)
 \end{aligned}
 \tag{11}$$

In dieser Norm wird der digitale Wert für Schwarz mit 0 und der digitale Wert für Weiß mit 255 für 24 Bit (8 Bit/Kanal) codiert. Die sich ergebenden RGB-Werte werden den folgenden Gleichungen entsprechend umgeformt, wobei die Funktion „round“ den sich ergebenden Wert auf die nächste ganze Zahl rundet:

$$\begin{aligned}
 R_{8\text{Bit}} &= \text{gerundet } (((255,0 - 0,0) \times R'_{s\text{RGB}}) + 0,0) \\
 G_{8\text{Bit}} &= \text{gerundet } (((255,0 - 0,0) \times G'_{s\text{RGB}}) + 0,0) \\
 B_{8\text{Bit}} &= \text{gerundet } (((255,0 - 0,0) \times B'_{s\text{RGB}}) + 0,0)
 \end{aligned}
 \tag{12}$$

Dies wird vereinfacht zu:

$$\begin{aligned}
 R_{8\text{Bit}} &= \text{gerundet } (255,0 \times R'_{s\text{RGB}}) \\
 G_{8\text{Bit}} &= \text{gerundet } (255,0 \times G'_{s\text{RGB}}) \\
 B_{8\text{Bit}} &= \text{gerundet } (255,0 \times B'_{s\text{RGB}})
 \end{aligned}
 \tag{13}$$

Anhang A (informativ)

Mehrdeutigkeit in der Definition des Begriffes „Gamma“

Historisch gewachsen verwenden sowohl die photographische Industrie als auch die Fernsehindustrie den Begriff „Gamma“ für unterschiedliche Effekte. Zuerst benutzten Hurter und Driffield den Begriff in den 1890er Jahren zum Beschreiben des geradlinigen Teils der Dichtekurve (über der logarithmischen Belichtung), die die photographische Sensitometrie beschreibt. Auf dem Gebiet der photographischen Sensitometrie werden einige untereinander zusammenhängende Begriffe, einschließlich Gamma, Anstieg, Gradient und Kontrast, zur Beschreibung ähnlicher Effekte benutzt. Sowohl Languimier in den 1910er Jahren als auch Oliver in den 1940er Jahren definierten „Gamma“ für die Fernsehindustrie (und somit für die Computergrafik-Industrie) als den exponentiellen Wert in sowohl einfachen als auch komplexen Potenzfunktionen, die die Beziehung zwischen der Spannung am Strahlsystem und der Intensität (oder Leuchtdichte) beschreiben. Sogar innerhalb der Fernsehindustrie gibt es mehrere kollidierende Definitionen von „Gamma“. Diese unterscheiden sich in der Beschreibung physikalischer Aspekte (wie Kanonen-„Gamma“ und Phosphor-„Gamma“). Auch die Gleichungen für denselben physikalischen Aspekt sind verschieden (Um die Beziehung zwischen der Spannung am Strahlsystem und der Intensität zu beschreiben, gibt es in der Computergrafik-Industrie im Augenblick mindestens drei geläufige Gleichungen, die alle signifikant unterschiedliche Ergebnisse liefern.). Auf Grund aussagekräftiger, aufschlussreicher Antworten vieler Industriefirmen wurde für die Norm entschieden, die Verwendung des Begriffes „Gamma“ ausdrücklich zu vermeiden. Darüber hinaus scheint es, dass der Ausdruck als eindeutiger genormter Begriff unbrauchbar und die weitere Verwendung für widerspruchsfreie Bezüge in Normen und für eine unmissverständliche Kommunikation schädlich ist.

Anhang B (informativ)

Kompatibilität zwischen sRGB und ITU-R BT.709-3

Eine primäre Bedingung bei der Entwicklung dieser Norm war die Kompatibilität zwischen dieser Norm und ITU-R BT.709-3. Unglücklicherweise kann ITU-R BT.709-3 etwas verwirrend sein. Dieser Anhang ist ein Versuch, diese Verwirrung zu klären und zu verringern.

Im April 1990 wurde in ITU-R BT.709-3 einstimmig eine weltweite Vereinbarung über einen kalibrierten nicht-linearen RGB-Raum für HDTV-Produktions- und Programmaustausch erreicht. Sie legt die Codierung von Farbwerten aus Szenen der realen Welt in einen Bezugsanzeige-RGB-Farbraum fest, der Betrachteten im Dunkeln voraussetzt. Die ITU-Spezifikation ist bei der Definition der Bezugsanzeige ziemlich vage. Die vorliegende Norm liefert eine klare und gut definierte Bezugsanzeige für ITU-R BT.709-3 in einer abgedunkelten Beobachtungsumgebung.

ITU-R BT.709-3 beschreibt speziell die Übertragungsfunktion der Codierung für eine Videokamera, die, wenn das sich ergebende Bild an einer genormten Anzeige betrachtet wird, eine „exzellente“ Bildqualität liefert. Das implizite Ziel dieser ITU-Codierung ist eine genormte Videoanzeige, deren Übertragungsfunktion nicht ausdrücklich beschrieben wird. Statt dessen wird die Aufstellung einer typischen Anzeige vorausgesetzt. Die vorliegende sRGB-Norm versucht, eine Charakterisierung einer Norm-Anzeige ausführlich zu beschreiben, die mit ITU-R BT.709-3 kompatibel ist.

Dies veranschaulichen die Bilder B.1 bis B.3. Bild B.1 ist direkt von ITU-R BT.709-3 abgeleitet, die mathematische Verfahren liefert, um von den mit einer Videokamera erhaltenen Farbwerten der Szene in den Bezugsraum des Anzeigegerätes zu transformieren. Die Abbildung der Bäume stellt die Farbmetrik der Originalszene dar, die Pfeile die vollständige Transformation nach ITU-R BT.709-3 und das Anzeigegerät die Zielanzeige für diese Transformation.



Bild B.1 – Umfassende Systemübersicht nach ITU-R BT.709-3

Bild B.2 erweitert die implizite Stufe dieser Verfahren und zeigt die Transformation der Farbwerte der Originalszene in die Farbwerte der Zielanzeige. Da diese beiden Betrachtungsbedingungen verschieden sind, wird eine implizite Kompensation durchgeführt, um diese Unterschiede zu berücksichtigen (d. h. Streulicht, Umgebungs- und Raumbelichtung). Um einen unabhängigen Bezugsanzeige-Farbraum zur Verfügung zu stellen, müssen die Bezugsanzeige, die Betrachtungsbedingungen und die Beobachter, die in der Codierungs-Transformation implizit enthalten sind, aus dieser unübersichtlichen Kompensation gewonnen werden. Dies ist genau das Ziel dieser sRGB-Norm. Die Abbildung der Bäume stellt noch die Farbmetrik der Originalszene dar. Die Kamera repräsentiert die implizite Aufnahmecodierung, die in das ITU-System eingebaut ist und erforderlich ist, um die Farbmetrik der Szene zu codieren. Der erste Pfeil repräsentiert die Transformation von der Farbmetrik der Szene in den Raum der Aufnahmecodierung, und der zweite Pfeil stellt die Transformation von dieser Aufnahmecodierung zur Zielanzeige dar. Eine Kompensation der Unterschiede in den Betrachtungsbedingungen wird als Teil jeder Transformation vorausgesetzt.



Bild B.2 – Detaillierte Systemübersicht nach ITU-R BT.709-3

Bild B.3 verdeutlicht sowohl den sRGB-Farbraum als auch die implizite Gewinnung der Festlegungen für die Bezugsanzeige (mit ihren Betrachtungsbedingungen) in ITU-R BT.709-3. Durch diesen Systemaufbau liefert der sRGB-Farbraum eine von ITU-R BT.709-3 unabhängige Anzeigedefinition unter Erhaltung der Kompatibilität. Die Bäume, der erste Pfeil, die Kamera, der zweite Pfeil und das mit dem Kreis gekennzeichnete Anzeigegerät repräsentieren die gleichen Konzepte wie in Bild B.2. Das untere Anzeigegerät stimmt mit dem Ziel-ITU-Anzeigegerät überein und soll zeigen, dass sRGB einfach die angestrebte, vom Farbraum für die Aufnahmecodierung unabhängige Anzeige des ITU-Aufnahme/Anzeigesystems ist.

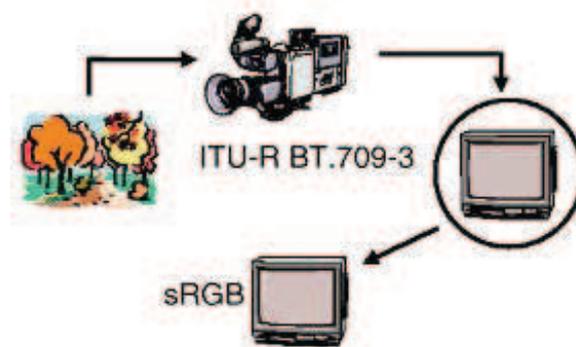


Bild B.3 – Beziehung zwischen ITU-R BT.709-3 und sRGB

Diese sRGB-Norm definiert im Wesentlichen den zweiten Teil dieser Transformation zwischen dem RGB-Bezugsanzeigeraum und den *XYZ*-Farbwerten (nach CIE 1931) der Anzeige in einer abgedunkelten Betrachtungsumgebung.

Anhang C (informativ)

Leitfaden für den Gebrauch

C.1 Überblick Farbmanagement

Für eine über verschiedene Geräte und Materialien hinweg vorhersehbare Farbwiedergabe wird ein Weg beschrieben, der unabhängig vom speziellen Verhalten der benutzten Mechanismen und Materialien ist. Zum Beispiel verwenden Farbanzeigen und Farbdrucker für das Erzeugen der Farben sehr unterschiedliche Mechanismen. Bei diesen Ausgabegeräten ist es bei den heutigen Verfahren erforderlich, die Farbe unter Verwendung geräteunabhängiger Koordinaten zu beschreiben, die für jedes Gerät in geräteabhängige Farbkordinaten umgesetzt werden.

Traditionell haben Betriebssysteme Farben unterstützt, indem sie einen speziellen Farbraum (meist RGB) enthalten. Da jedoch die Interpretation von RGB-Werten verschiedener Geräte voneinander abweicht, war deren Farbwiedergabe nicht zuverlässig.

Mit herkömmlichen Mitteln der Farbunterstützung können die Anforderungen im Bereich der qualitativ hochwertigen Druckerzeugnisse nicht erfüllt werden. Deshalb ergänzten verschiedene Computer-Betriebssysteme die Anwendung der Profile des internationalen Farbkonsortiums (ICC-Profile), um die geräteabhängigen Farben auf eine geräteunabhängige Art zu beschreiben. Sie benutzen die Profile des Eingangsgerätes (das ein Bild erzeugte) und des Ausgangsgerätes (das das Bild anzeigte), um eine Transformation zu erzeugen, die das Bild vom Farbraum des Eingangsgerätes in den Farbraum des Ausgangsgerätes transportiert. Dies ergab sehr genaue Farben. Es erforderte jedoch auch den Aufwand, mit dem Bild das Profil des Eingangsgerätes zu transportieren.

Diese Norm liefert ein zusätzliches Mittel zum Verwalten der Farbe. Um die Anforderungen der meisten Benutzer zu erfüllen, ohne den Aufwand, mit dem Bild ein ICC-Profil transportieren zu müssen, wurde dieses Mittel optimiert: Ergänzung von Betriebssystem und Internet zur Unterstützung des Norm-Farbraums. Die Endverbraucher können den Nutzen des Farbmanagements ohne den Aufwand größerer Dateien genießen, da sich das Bild in einem bekannten Farbraum befindet und das Profil für diesen Farbraum im Betriebssystem und der Anzeigeanwendung enthalten ist. Während gezeigt werden kann, dass Profile geringfügig höhere Farbgenauigkeit erreichen, überwiegen für einen großen Teil der Benutzer die Vorteile der Verwendung eines Norm-Farbraumes bei weitem die Nachteile. Die zunehmende Umstellung der Geräte auf systembedingte Unterstützung des Norm-Farbraums wird ferner Arbeitsgeschwindigkeit und Qualität der Benutzerkenntnisse erhöhen.

Die Anwendung von ITU-R BT.709-3 als Norm-Farbraum für Betriebssysteme und Internet wird empfohlen. sRGB ist vereinbar mit ITU-R BT.709-3, aber eine enger festgelegte Ableitung davon. Im April 1990 erhielt die ITU-R BT.709-3 einmütige weltweite Zustimmung als kalibrierter nichtlinearer RGB-Raum für Produktion und Programmaustausch von HDTV.

C.2 Festlegen der Farben der Seitenelemente

Komplexe Dokumente werden oft aus mehreren Seitenelementen zusammengesetzt, z. B. Grafik, Text und Bilder. Diese Elemente können in verschiedenen Farbräumen liegen. Es wird empfohlen, für alle Seitenelemente vorauszusetzen, dass sie sich im sRGB-Farbraum befinden, außer eingebettete ICC-Profile (oder andere explizite Verfahren) geben es anders an. Den Zusammenhang zwischen sRGB- und ICC-Profilen zeigt Tabelle C.1.

Tabelle C.1 – Zusammenhang zwischen sRGB- und ICC-Profilen

ICC und sRGB	Bild hat Quellenprofil	Bild hat kein Quellenprofil
Ziel hat Farbprofil	Beide Profile werden in der Farbumsetzung benutzt.	sRGB wird als Quellenprofil und Zielprofil in der Farbumsetzung benutzt.
Ziel hat kein Farbprofil	Das Quellenprofil und sRGB als Zielprofil werden in der Farbumsetzung benutzt.	Keine Maßnahme (vorausgesetzt sRGB ist das Profil für Quelle und Ziel)

C.3 sRGB in der Praxis

Wenn Seitenelemente in sRGB konvertiert werden, um die Seite abzubilden, sollten die Anzeigeanwendungen den Farbraum korrekt interpretieren und das Farbmanagement vom Betriebssystem nutzen. Tabelle C.2 fasst zusammen, wie die Anzeigeanwendungen in jedem möglichen Szenario mit dem Farbmanagement umgehen.

Tabelle C.2 – Durchführung von Farbmanagement durch eine Anzeigeanwendung

	Farben der Seitenelemente (sRGB)	Seite ohne Farbraum-information	Daten für Zwecke außerhalb der Anzeige-Anwendungsumgebung
Eingebettetes Profil im Bild	Farbraum für Bild durch eingebettetes Profil bestimmt	Farbraum für Bild durch eingebettetes Profil bestimmt	Farbraum für Bild durch eingebettetes Profil bestimmt
Bilddatei legt sRGB fest	Farbraum für Bild ist sRGB	Farbraum für Bild ist sRGB	Farbraum für Bild ist sRGB
Bild hat keine Farb-rauminformation	Farbraum für Bild ist sRGB	Farbraum für Bild wird als sRGB vorausgesetzt	Farbraum für Bild wird als sRGB vorausgesetzt
Text	Farbraum für Text ist sRGB	Farbraum für Text wird als sRGB vorausgesetzt	Farbraum für Text wird als sRGB vorausgesetzt
Grafiken	Farbraum für Grafiken ist sRGB	Farbraum für Grafiken wird als sRGB vorausgesetzt	Farbraum für Grafiken wird als sRGB vorausgesetzt

C.4 Szenarien der Anzeigeanwendung

Die folgenden Fälle beschreiben, was ein Endverbraucher in den verschiedenen Szenarien sieht.

C.4.1 Bild nicht in sRGB, ohne eingebettetes ICC-Profil und kein ICC-Profil für Anzeige- oder Ausgabegeräte

Dies ist das Verhalten vor Anwendung von Farbmanagementsystemen. Selbst wenn für das Bild vorausgesetzt wird, dass es im sRGB-Farbraum ist, wird es ohne Umsetzung in den Geräte-Farbraum abgebildet (angezeigt, gedruckt usw.), weil das Ausgangsprofil nicht vorhanden ist. Die Qualität schwankt stark, weil sich die Eigenschaften der Ausgabegeräte sehr unterscheiden.

C.4.2 Bild nicht in sRGB, ohne eingebettetes ICC-Profil und System hat ICC-Profil für Anzeige- oder Ausgabegeräte

Da das Bild kein ICC-Profil hat, wird vorausgesetzt, dass es im sRGB-Farbraum ist. Weil das System für das Ausgabegerät ein ICC-Profil hat, kann das Bild in den Farbraum des Ausgabegerätes konvertiert und angezeigt werden. In diesem Szenario wird das sich ergebende Bild bei verschiedenen Geräten gleichbleibend sein; es könnte sich jedoch vom Originalbild unterscheiden.

C.4.3 Bild in sRGB und kein ICC-Profil für Anzeige-/Ausgabegeräte

In diesem Szenario durchlief das Bild eine Transformation, die aus dem Eingangsgeräte-ICC-Profil und dem sRGB-ICC-Profil besteht, oder es wurde mit Hilfe von sRGB-kompatiblen Geräten erzeugt. Da jedoch das System für das Ausgabegerät kein ICC-Profil hat, wird einfach vorausgesetzt, dass das Bild im Farbraum des Gerätes ist. Wenn alle zu dem Ausgabegerät übertragenen Bilder in sRGB sind, dann werden sie mindestens an einem gegebenen Anzeige-/Ausgabegerät untereinander gleichbleibend sein.

C.4.4 Bild in sRGB und System hat ein ICC-Profil für Anzeige-/Ausgabegeräte

In diesem Szenario durchlief das Bild eine Transformation, die aus dem Eingangsgeräte-ICC-Profil und dem sRGB-ICC-Profil besteht, oder es wurde mit Hilfe von sRGB-kompatiblen Geräten erzeugt. Weil das System für das Ausgangsgerät ein ICC-Profil hat, kann das Bild in den Ausgabegeräte-Farbraum konvertiert und dargestellt werden. Das sich ergebende Bild wird bei den verschiedenen Geräten gleichbleibend sein und im Aussehen sehr dicht am Original liegen.

C.4.5 Bild in sRGB und Anzeige-/Ausgabegerät ist sRGB-verträglich

In diesem Szenario durchlief das Bild eine Transformation, die aus dem Eingangsgeräte-ICC-Profil und dem sRGB-ICC-Profil besteht, oder es wurde mit Hilfe von sRGB-kompatiblen Geräten erzeugt. Da das Ausgabegerät so entwickelt wurde, dass es mit sRGB konform und mit diesem ICC-Profil verbunden ist, ist in diesem Fall keine Transformation nötig. Das Betriebssystem erkennt, dass keine Transformation erforderlich ist, und stellt das Bild direkt auf dem Ausgabegerät dar. Dieser Fall ist ideal, da zum Ausgabezeitpunkt keine Farbtransformation durchgeführt werden muss und das Bild kompakter ist, da es kein eingebettetes ICC-Profil gibt. Das sich ergebende Bild wird bei verschiedenen Geräten gleichbleibend sein und im Aussehen sehr dicht am Original liegen.

C.4.6 Bild nicht in sRGB, mit eingebettetem ICC-Profil und kein ICC-Profil für Anzeige-/Ausgabegeräte

Die Entscheidung, das Bild in einem gerätespezifischen Farbraum und ein ICC-Profil eingebettet zu speichern, sollte gleiche oder höhere Qualität ergeben, als das Bild in sRGB zu speichern. Da der gerätespezifische Farbraum an einem unbekanntem Ausgabegerät nicht korrekt angezeigt wird, wird es in sRGB transformiert werden, wobei das eingebettete ICC-Profil als Quellenprofil und sRGB als Zielprofil benutzt werden.

C.4.7 Bild nicht in sRGB, mit eingebettetem ICC-Profil und System hat ein ICC-Profil für Anzeige- oder Ausgabegeräte

Dies ist das übliche Farbmanagement-Szenario. Die beiden ICC-Profile werden kombiniert, um eine Transformation zu erzeugen, die die Farben des Bildes in den Farbraum des Ausgabegerätes umsetzt. Das sich ergebende Bild wird bei verschiedenen Geräten gleichbleibend sein und im Aussehen sehr dicht am Original liegen.

C.5 Szenarien beim Erzeugen von Bildern

Die folgenden Szenarien beschreiben, wie ein Bild in den sRGB-Farbraum gelangt, wenn es erzeugt wird.

C.5.1 Bild mit Gerät erzeugt, das kein ICC-Profil hat und nicht sRGB-verträglich ist

Das Bild wird mit einer sRGB-verträglichen Anzeige oder einer Anzeige mit ICC-Profil angezeigt und bearbeitet, bis es auf der Anzeige gut aussieht. Abhängig von den Möglichkeiten der Anwendung muss bei Anzeigen, die nicht sRGB-verträglich sind, aber ICC-Profil haben, das Bild entweder mit Hilfe der Anwendung als sRGB gespeichert werden oder das Profil der Anzeige in das Bild eingebettet und ein Hilfsmittel benutzt werden, um eine Transformation mit dem Profil der Anzeige und dem sRGB-Profil zu erzeugen und das Bild durch die Transformation laufen zu lassen. Wenn es das Bilddateiformat unterstützt, wird angegeben, dass das Bild in sRGB vorliegt.

C.5.2 Bild mit Gerät erzeugt, das ICC-Profil hat und nicht sRGB-verträglich ist

Mit einem Hilfsmittel wird eine Transformation mit dem Profil des Gerätes und dem sRGB-Profil erzeugt. Dann durchläuft das Bild die Transformation, die angibt, dass das Bild in sRGB vorliegt, wenn es das Bilddateiformat unterstützt.

C.5.3 Bild mit Gerät erzeugt, das sRGB-verträglich ist

Wenn es das Bilddateiformat unterstützt, wird angegeben, dass das Bild in sRGB vorliegt.

C.6 Ausgaben mit Farbpaletten

Im Umgang mit Bildern und Anzeigen mit Farbpaletten müssen verschiedene Szenarien berücksichtigt werden:

C.6.1 Bild hat keine Farbtabelle (> 8 bpp) und das Benutzer-Grafiksystem hat keine Farbpalette

Das Bild durchläuft, wie in C.5 beschrieben, eine Farbmanagement-Transformation und das sich ergebende 24-bpp-Bild wird auf der Anzeige angezeigt.

C.6.2 Bild hat eine Farbtabelle (8 bpp) und die Benutzeranzeige hat keine Farbpalette

Die das Bild begleitende Farbtabelle durchläuft eine Farbmanagement-Transformation und die sich ergebende Farbtabelle wird mit dem Bild zur Anzeige benutzt. Das angezeigte Bild liegt sehr dicht beim Originalbild.

C.6.3 Bild hat keine Farbtabelle (> 8 bpp) und die Benutzeranzeige hat eine Farbpalette

Die das Bild anzeigende Software (z. B. Anzeigeanwendung) sollte die im sRGB-Raum definierte Vorgabepalette benutzen, diese mit einer Farbmanagement-Transformation in den Geräte-Farbraum konvertieren und zur Anzeige des Bildes diese Palette benutzen. Um auf der Anzeige die am nächsten möglichen Farben zu erhalten wird dem sich ergebenden Bild Dither hinzugefügt. Voraussetzung ist, dass das Anzeigeprofil mit der gewählten Vorgabepalette erzeugt wird.

C.6.4 Bild hat eine Farbtabelle (8 bpp) und wurde mit Hilfe der Vorgabepalette erzeugt und die Benutzeranzeige hat eine Farbpalette

Die das Bild anzeigende Software sollte die gleichen Schritte wie vorstehend genannt durchführen. Das sich ergebende Bild liegt sehr dicht am Originalbild und ein unbeabsichtigter Dither wird beseitigt. Wenn das Originalbild nur Farben der Vorgabepalette hat, sollte das endgültige Bild keinerlei Dither mehr haben.

C.6.5 Bild hat eine Farbtabelle (8 bpp) und wurde mit Hilfe einer beliebigen Palette erzeugt und die Benutzeranzeige hat eine Farbpalette

Das Farbmanagement wird nicht empfohlen, wenn die Benutzeranzeige nur ein auf einer Palette basierendes Profil hat und das Bild nur durch Aufgeben dieser Profilpalette und Ersetzen durch eine unkalibrierte Palette angezeigt werden kann. Ist die Benutzeranzeige in der Lage, das Bild so zu verarbeiten, als wenn es ein Echtfarbbild (ohne Farbpalette) wäre, sollte wie in C.6.3 verfahren werden.

Es ist zu beachten, dass C.6.3 und C.6.4 eine Industrienorm-Vorgabepalette voraussetzen, die im sRGB-Farbraum definiert ist. Dieser wird von der Erzeugungs- und Anzeigesoftware benutzt, um die 8-bpp-Bilder zu handhaben.

Anhang D (informativ)

Typische Betrachtungsbedingungen

Obwohl bei Arbeitsplätzen theoretisch Betrachtungsbedingungen benutzt werden, die die aktuelle oder typische Büro-Betrachtungsumgebung repräsentieren, ergibt dies mit 24-Bit-Bildern einen signifikanten Qualitätsverlust in den Schattendetails. Dies ergibt sich aus dem Umstand, dass gegenüber dem Bezugs-Betrachtungstreulicht von 1 % das typische Betrachtungstreulicht bei einem 24-Bit-Bild ungefähr 5 % beträgt. Dies wird ein wenig durch den scheinbaren visuellen Verdunkelungseffekt der helleren Umgebung kompensiert. Es wird deshalb für die meisten Situationen empfohlen, die Bezugs-Betrachtungsumgebung zu benutzen, auch bei einer Betrachtungsumgebung, die mit der typischen Betrachtungsumgebung und nicht mit der Bezugs-Betrachtungsumgebung übereinstimmt.

- | | | |
|----|---------------------------------------|---|
| a) | Typische Umgebungs-Beleuchtungsstärke | 350 lx |
| b) | Typischer Umgebungsweißpunkt | $x = 0,3457, y = 0,3585$ (D50) |
| c) | Typisches Betrachtungstreulicht | 5,0 %, gemessen beim Betrachter unter Ausschluss von Spiegelungen |

Die *typische Umgebungs-Beleuchtungsstärke* sollte repräsentativ für die typische Büro-Betrachtungsumgebung sein. Es muss beachtet werden, dass die Beleuchtungsstärke mindestens eine Größenordnung unter den Durchschnittswerten im Freien liegt.

Die Farbarten des *typischen Umgebungsweiß* entsprechen CIE D50.

Typisches Streulicht wird auf eine Leuchtdichte von 5,57 cd/m² entsprechend D50-Farbarten festgelegt.

Anhang E (informativ)

Empfohlene Bearbeitung der Betrachtungsbedingungen

Weil das menschliche Auge den Betrachtungsbedingungen entsprechend seine Empfindlichkeit ändert, wird der Farbeindruck auf dem Bildschirm einer Kathodenstrahlröhre merklich durch die Umgebungsbeleuchtung beeinflusst. Es gibt jedoch viele Situationen, in denen es wünschenswert ist, die Farberscheinung zu berechnen. Anhang E liefert eine Empfehlung für ein derartiges Verfahren. Dieses Verfahren betrifft drei eng gekoppelte Komponenten: Kompensation von Streulicht, Neuskalierung der Schwarz- und Weißpunkte und die Anwendung des Farberscheinungsmodells CIECAM97^{*)}. Die Kompensation von Streulicht wird immer zuerst durchgeführt. Die Umsetzungen in IEC 61966-2-1 und IEC 61966-3 bis IEC 61966-9 werden detaillierter in künftigen Normen der IEC angesprochen. Bei der im Mai 1997 in Kyoto abgehaltenen Tagung stimmte das Technical Committee TC 1-34 der CIE zu, als einfache Version das Farberscheinungsmodell CIECAM97 anzunehmen. Mit Einbeziehen der Jahreszahl 97 in die Bezeichnung ist beabsichtigt, die Interimsnatur des Modells zu kennzeichnen. Derselbe Vorbehalt gilt für die CIELAB- und CIELUV-Farbenräume, die heute überall bei der Farbproduktion zu finden sind. Dies sollte aber nicht entmutigen, dieses Modell zu benutzen. Weil dieses Modell noch neu ist, ist die Verträglichkeit mit dieser Norm noch eine Empfehlung und keine Forderung. Zur Anwendung dieser Norm bei nicht mit den Bezugsbedingungen verträglichen Betrachtungsbedingungen wird dringend empfohlen, das Farberscheinungsmodell CIECAM97 zu benutzen, um Transformationen von und nach den Bezugs-Betrachtungsbedingungen durchzuführen.

Der in den Berechnungen von Farberscheinungsmodell CIECAM97 verwendete angenommene Weißpunkt sollte unter Verwendung des gemischten, von Katoh (siehe Literaturhinweise) vorgeschlagenen Anpassungsverfahrens berechnet werden.

Unglücklicherweise berücksichtigt das Farberscheinungsmodell CIECAM97 zwei wichtige Aspekte der Betrachtungsbedingungen nicht: Streulicht und Abbildung von Schwarz.

Die empfohlene Kompensation von Streulicht wird nachstehend gezeigt, dabei stellt VG das Streulicht dar und die Farbwerte für die Umgebung entsprechen D50.

$$\begin{aligned} X_{\text{CRT}} &= X_{\text{sRGB}} + VG \times X_{\text{ambient}} \\ Y_{\text{CRT}} &= Y_{\text{sRGB}} + VG \times Y_{\text{ambient}} \\ Z_{\text{CRT}} &= Z_{\text{sRGB}} + VG \times Z_{\text{ambient}} \end{aligned} \quad (\text{E.1})$$

$$\begin{aligned} X_{\text{sRGB}} &= X_{\text{CRT}} - VG \times X_{\text{ambient}} \\ Y_{\text{sRGB}} &= Y_{\text{CRT}} - VG \times Y_{\text{ambient}} \\ Z_{\text{sRGB}} &= Z_{\text{CRT}} - VG \times Z_{\text{ambient}} \end{aligned} \quad (\text{E.2})$$

Wird das Bild unter Bezugs-Betrachtungsbedingungen vom Bezugsbeobachter auf der Bezugsanzeige betrachtet, stellen die XYZ -Werte nach CIE 1931 die optimale Bild-Farbmessung dar und wie diese auf der Oberfläche der Anzeige bei Fehlen jeglichen signifikanten Streulichts gemessen wird.

Schließlich wird empfohlen, die Helligkeitspegel für Schwarz und Weiß des Modells CIECAM97 auf 0 bis 100 linear umzuskalieren oder die Leuchtdichtepegel für Schwarz und Weiß des Modells CIECAM97 passend linear umzuskalieren. Dies ermöglicht, dass die auf der Frontplatte der Anzeige gemessenen schwarzen Farben annähernd ein visuelles Schwarz darstellen. Von Experten wird dieses Umskalieren empfohlen [3], [6] und ist zudem in der Farbproduktionsindustrie allgemeine Praxis.

Da dies weder mit der CIE-Farbmessung noch mit der Farberscheinungs-Empfehlung verträglich ist, muss beachtet werden, dass es problematisch ist, nur Streulicht zu berücksichtigen und kein Betrachtungsbedingungenmodell und kein Umskalieren. Statt dessen repräsentiert dies eine zwischengeschaltete physikalische Messung, die nicht die Farberscheinung darstellt, aber von den Farberscheinungsmodelle beschreibenden Betrachtungsbedingungen abhängt.

^{*)} Nationale Fußnote: siehe [4]

Anhang F (normativ)

Vorgabe-YCC-Codierungstransformation für den genormten Luminanz-Chrominanz-Chrominanz-Farbraum sYCC

Das Digitalisierungsverfahren in diesem Anhang ist bestimmt zur Ergänzung laufender sRGB-basierter Farbmanagementstrategien durch explizite Normung einer Vorgabe-Transformation zwischen sRGB und dem genormten Luminanz-Chrominanz-Chrominanz-Farbraum (sYCC). Anwendungs- und Gerätekonstrukteure, die verschiedene Farbkompensationsverfahren in Luminanz-Chrominanz-Chrominanz-Farbräumen anwenden möchten, können diesen Anhang verwenden. Da der sYCC-Farbraum eine einfache Erweiterung des in dieser Norm festgelegten sRGB-Farbraums ist, werden von beiden Farbräumen dieselben Bezugsbedingungen verwendet.

F.1 Allgemeines

Die Codierungstransformationen zwischen sYCC-Werten und Werten nach CIE 1931 liefern eindeutige Verfahren für eine optimale Farbmessung bei Betrachtung auf einer hypothetischen Bezugsanzeige, die in der Lage ist, alle von der sYCC-Codierung festgelegten Farben unter Bezugsbedingungen mit einem Bezugsbeobachter darzustellen. Das nichtlineare Gleitkomma-sRGB liefert die Bilddarstellung, wie sie unter Bezugsbedingungen auf der Bezugsanzeige unter den Bezugsbedingungen nach Abschnitt 4 dieser Norm beschrieben ist.

F.2 Transformation von sYCC-Werten (Y_{sYCC} , Cb_{sYCC} , Cr_{sYCC}) zu Werten nach CIE 1931

Die nichtlinearen sY'Cb'Cr'-Werte können nach folgenden Gleichungen bestimmt werden:

$$\begin{aligned} Y'_{sYCC} &= \frac{(Y_{sYCC} - KDC)}{(WDC - KDC)} \\ Cb'_{sYCC} &= \frac{(Cb_{sYCC} - Offset)}{Range} \\ Cr'_{sYCC} &= \frac{(Cr_{sYCC} - Offset)}{Range} \end{aligned} \quad (F.1)$$

Bei 24-Bit-Codierung (8 Bit/Kanal), $WDC = 255$, $KDC = 0$, $Range = 255$ und $Offset = 128$, ist der Zusammenhang festgelegt als:

$$\begin{aligned} Y'_{sYCC} &= \frac{(Y_{sYCC(8)} - 0)}{(255 - 0)} = \frac{Y_{sYCC(8)}}{255} \\ Cb'_{sYCC} &= \frac{(Cb_{sYCC(8)} - 128)}{255} \\ Cr'_{sYCC} &= \frac{(Cr_{sYCC(8)} - 128)}{255} \end{aligned} \quad (F.2)$$

Als Vorgabe für die Codierungstiefe von sYCC muss die 24-Bit-Codierung (8 Bit/Kanal) verwendet werden. Für die allgemeine Anwendung dürfen andere Codierungstiefen nicht unterstützt werden.

Werden andere N-Bit/Kanal-Codierungen ($N > 8$) unterstützt, ist der Zusammenhang festgelegt als:

$$\begin{aligned}
 Y'_{sYCC} &= \frac{Y_{sYCC(N)}}{(2^N - 1)} \\
 Cb'_{sYCC} &= \frac{(Cb_{sYCC(N)} - 2^{N-1})}{(2^N - 1)} \\
 Cr'_{sYCC} &= \frac{(Cr_{sYCC(N)} - 2^{N-1})}{(2^N - 1)}
 \end{aligned}
 \tag{F.2}$$

Bei 24-Bit-Codierung (8 Bit/Kanal) werden die nichtlinearen $sY'C_B'Cr'$ -Werte in nichtlineare $sR'G'B'$ -Werte wie folgt transformiert:

$$\begin{bmatrix} R'_{sRGB} \\ G'_{sRGB} \\ B'_{sRGB} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,000\ 0 & 0,000\ 0 & 1,402\ 0 \\ 1,000\ 0 & -0,344\ 1 & -0,714\ 1 \\ 1,000\ 0 & 1,772\ 0 & 0,000\ 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y'_{sYCC} \\ Cb'_{sYCC} \\ Cr'_{sYCC} \end{bmatrix}
 \tag{F.3}$$

Bei anderen N-Bit/Kanal-Codierungen ($N > 8$) wird empfohlen, die Matrixkoeffizienten in Gleichung F.3 durch die Koeffizienten der Umkehrmatrix von Gleichung F.12 in ausreichender Dezimalstellengenauigkeit zu ersetzen. Beispielsweise besitzt folgende Matrix mit 6 Dezimalstellen eine ausreichende Genauigkeit für den Fall mit 16 Bit/Kanal.

$$\begin{bmatrix} R'_{sRGB} \\ G'_{sRGB} \\ B'_{sRGB} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,000\ 000 & 0,000\ 037 & 1,401988 \\ 1,000\ 000 & -0,344\ 113 & -0,714\ 104 \\ 1,000\ 000 & 1,771\ 978 & 0,000\ 135 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y'_{sYCC} \\ Cb'_{sYCC} \\ Cr'_{sYCC} \end{bmatrix}
 \tag{F.3'}$$

Die nichtlinearen $sR'G'B'$ -Werte werden wie folgt in XYZ -Werte nach CIE 1931 transformiert:

Wenn $R'_{sRGB}, G'_{sRGB}, B'_{sRGB} < -0,040\ 45$, gilt

$$\begin{aligned}
 R_{sRGB} &= -\left[\frac{(-R'_{sRGB} + 0,055)}{1,055} \right]^{2,4} \\
 G_{sRGB} &= -\left[\frac{(-G'_{sRGB} + 0,055)}{1,055} \right]^{2,4} \\
 B_{sRGB} &= -\left[\frac{(-B'_{sRGB} + 0,055)}{1,055} \right]^{2,4}
 \end{aligned}
 \tag{F.4}$$

Wenn $-0,040\ 45 \leq R'_{sRGB}, G'_{sRGB}, B'_{sRGB} \leq 0,040\ 45$, gilt

$$\begin{aligned}
 R_{sRGB} &= \frac{R'_{sRGB}}{12,92} \\
 G_{sRGB} &= \frac{G'_{sRGB}}{12,92} \\
 B_{sRGB} &= \frac{B'_{sRGB}}{12,92}
 \end{aligned}
 \tag{F.5}$$

Wenn $R'_{sRGB}, G'_{sRGB}, B'_{sRGB} > 0,040\ 45$, gilt

$$\begin{aligned}
 R_{sRGB} &= \left[\frac{(R'_{sRGB} + 0,055)}{1,055} \right]^{2,4} \\
 G_{sRGB} &= \left[\frac{(G'_{sRGB} + 0,055)}{1,055} \right]^{2,4} \\
 B_{sRGB} &= \left[\frac{(B'_{sRGB} + 0,055)}{1,055} \right]^{2,4}
 \end{aligned} \tag{F.6}$$

Bei 24-Bit-Codierung (8 Bit/Kanal) werden die linearen sRGB-Werte in Werte nach CIE 1931 wie folgt transformiert:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,412\,4 & 0,357\,6 & 0,180\,5 \\ 0,212\,6 & 0,715\,2 & 0,072\,2 \\ 0,019\,3 & 0,119\,2 & 0,950\,5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{sRGB} \\ G_{sRGB} \\ B_{sRGB} \end{bmatrix} \tag{F.7}$$

F.3 Transformation von Werten nach CIE 1931 zu sYCC-Werten (Y_{sYCC} , Cb_{sYCC} , Cr_{sYCC})

Die XYZ-Werte nach CIE 1931 können in nichtlineare sR'G'B'-Werte wie folgt transformiert werden:

$$\begin{bmatrix} R_{sRGB} \\ G_{sRGB} \\ B_{sRGB} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,240\,6 & -1,537\,2 & -0,498\,6 \\ -0,968\,9 & 1,875\,8 & 0,041\,5 \\ 0,055\,7 & -0,204\,0 & 1,057\,0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \tag{F.8}$$

Bei N-Bit/Kanal-Codierungen ($N > 8$) wird empfohlen, die Matrixkoeffizienten in Gleichung F.8 durch die Koeffizienten der Umkehrmatrix von Gleichung F.7 in ausreichender Dezimalstellengenauigkeit zu ersetzen. Beispielsweise besitzt folgende Matrix mit 7 Dezimalstellen eine ausreichende Genauigkeit für den Fall mit 16 Bit/Kanal.

$$\begin{bmatrix} R_{sRGB} \\ G_{sRGB} \\ B_{sRGB} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,240\,625\,5 & -1,537\,208\,0 & -0,498\,628\,6 \\ -0,968\,930\,7 & 1,875\,756\,1 & 0,041\,517\,5 \\ 0,055\,710\,1 & -0,204\,021\,1 & 1,056\,995\,9 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \tag{F.8'}$$

Im sYCC-Codierverfahren ergeben sich negative sRGB-Farbwerte und sRGB-Farbwerte größer 1,0.

Wenn $R_{sRGB}, G_{sRGB}, B_{sRGB} < -0,003\,130\,8$, gilt

$$\begin{aligned}
 R'_{sRGB} &= -1,055 \times (-R_{sRGB})^{(1,0/2,4)} + 0,055 \\
 G'_{sRGB} &= -1,055 \times (-G_{sRGB})^{(1,0/2,4)} + 0,055 \\
 B'_{sRGB} &= -1,055 \times (-B_{sRGB})^{(1,0/2,4)} + 0,055
 \end{aligned} \tag{F.9}$$

Wenn $-0,003\,130\,8 \leq R_{sRGB}, G_{sRGB}, B_{sRGB} \leq 0,003\,130\,8$, gilt

$$\begin{aligned}
 R'_{sRGB} &= 12,92 \times R_{sRGB} \\
 G'_{sRGB} &= 12,92 \times G_{sRGB} \\
 B'_{sRGB} &= 12,92 \times B_{sRGB}
 \end{aligned} \tag{F.10}$$

Wenn $R_{sRGB}, G_{sRGB}, B_{sRGB} > 0,003\,130\,8$, gilt

$$\begin{aligned}
 R'_{sRGB} &= 1,055 \times (R_{sRGB})^{(1,0/2,4)} - 0,055 \\
 G'_{sRGB} &= 1,055 \times (G_{sRGB})^{(1,0/2,4)} - 0,055 \\
 B'_{sRGB} &= 1,055 \times (B_{sRGB})^{(1,0/2,4)} - 0,055
 \end{aligned}
 \tag{F.11}$$

Der Zusammenhang zwischen nichtlinearen sRGB-Werten und sYCC ist wie folgt festgelegt:

$$\begin{bmatrix} Y'_{sYCC} \\ Cb'_{sYCC} \\ Cr'_{sYCC} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,299\ 0 & 0,587\ 0 & 0,114\ 0 \\ -0,168\ 7 & -0,331\ 3 & 0,500\ 0 \\ 0,500\ 0 & 0,418\ 7 & -0,081\ 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R'_{sRGB} \\ G'_{sRGB} \\ B'_{sRGB} \end{bmatrix}
 \tag{F.12}$$

ANMERKUNG Die Koeffizienten in Gleichung F.12 ergeben sich aus ITU-R BT.601-5. Dort ist Y' von YCC mit einer Genauigkeit von drei Dezimalstellen festgelegt. Um mit anderen in dieser Norm festgelegten Matrixkoeffizienten überein zu stimmen, wird eine zusätzliche Dezimalstelle wie vorstehend festgelegt.

Die Quantisierung von sYCC ist festgelegt als:

$$\begin{aligned}
 Y_{sYCC} &= \text{gerundet} \left[(WDC - KDC) \times Y'_{sYCC} + KDC \right] \\
 Cb_{sYCC} &= \text{gerundet} \left[(Range \times Cb'_{sYCC}) + Offset \right] \\
 Cr_{sYCC} &= \text{gerundet} \left[(Range \times Cr'_{sYCC}) + Offset \right]
 \end{aligned}
 \tag{F.13}$$

Bei 24-Bit-Codierung (8 Bit/Kanal) ist der Zusammenhang festgelegt als:

$$\begin{aligned}
 Y_{sYCC(8)} &= \text{gerundet} \left[(255-0) \times Y'_{sYCC} + 0 \right] = \text{gerundet} \left[255 \times Y'_{sYCC} \right] \\
 Cb_{sYCC(8)} &= \text{gerundet} \left[(255 \times Cb'_{sYCC}) + 128 \right] \\
 Cr_{sYCC(8)} &= \text{gerundet} \left[(255 \times Cr'_{sYCC}) + 128 \right]
 \end{aligned}
 \tag{F.14}$$

Bei 24-Bit-Codierung müssen die $sYCC_{(8)}$ -Werte nach Gleichung F.14 auf einen Bereich von 0 bis 255 begrenzt werden.

Als Vorgabe für die Codierungstiefe von sYCC muss die 24-Bit-Codierung (8 Bit/Kanal) verwendet werden. Für die allgemeine Anwendung müssen andere Codierungstiefen nicht unterstützt werden.

Werden andere N-Bit/Kanal-Codierungen ($N > 8$) unterstützt, ist der Zusammenhang festgelegt als:

$$\begin{aligned}
 Y_{sYCC(N)} &= \text{round} \left[(2^N - 1) \times Y'_{sYCC} \right] \\
 Cb_{sYCC(N)} &= \text{round} \left[\left((2^N - 1) \times Cb'_{sYCC} \right) + 2^{N-1} \right] \\
 Cr_{sYCC(N)} &= \text{round} \left[\left((2^N - 1) \times Cr'_{sYCC} \right) + 2^{N-1} \right]
 \end{aligned}
 \tag{F.14'}$$

In N-Bit/Kanal-Codierungen ($N > 8$) müssen die $sYCC_{(N)}$ -Werte nach Gleichung F.14' auf einen Bereich von 0 bis 2^{N-1} begrenzt werden.

F.4 Transformation von 8-Bit-sYCC-Werten ($Y_{sYCC(8)}$, $Cb_{sYCC(8)}$, $Cr_{sYCC(8)}$) nach 8-Bit-sRGB-Werten ($R_{sRGB(8)}$, $G_{sRGB(8)}$, $B_{sRGB(8)}$)

$$\begin{aligned}
 Y'_{sYCC} &= \frac{Y_{sYCC(8)}}{255} \\
 Cb'_{sYCC} &= \frac{(Cb_{sYCC(8)} - 128)}{255} \\
 Cr'_{sYCC} &= \frac{(Cr_{sYCC(8)} - 128)}{255}
 \end{aligned} \tag{F.15}$$

$$\begin{bmatrix} R'_{sRGB} \\ G'_{sRGB} \\ B'_{sRGB} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,000\ 0 & 0,000\ 0 & 1,402\ 0 \\ 1,000\ 0 & -0,344\ 1 & -0,714\ 1 \\ 1,000\ 0 & 1,772\ 0 & 0,000\ 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y'_{sYCC} \\ Cb'_{sYCC} \\ Cr'_{sYCC} \end{bmatrix} \tag{F.16}$$

$$\begin{aligned}
 R_{sRGB(8)} &= \text{gerundet}(255 \times R'_{sRGB}) \\
 G_{sRGB(8)} &= \text{gerundet}(255 \times G'_{sRGB}) \\
 B_{sRGB(8)} &= \text{gerundet}(255 \times B'_{sRGB})
 \end{aligned} \tag{F.17}$$

ANMERKUNG Da 8-Bit-sYCC-Werte nicht durch den Bereich der 8-Bit-sRGB-Werte begrenzt sind, wird eine Abbildung für die Farben benötigt, die nichtlineare Gleitkomma-sRGB-Farbwerte außerhalb des Wertebereichs (unterhalb 0,0 oder über 1,0) bei der Konvertierung von 8-Bit-sYCC nach 8-Bit-sRGB enthalten.

F.5 Transformation von 8-Bit-sRGB-Werten ($R_{sRGB(8)}$, $G_{sRGB(8)}$, $B_{sRGB(8)}$) nach 8-Bit-sYCC-Werten ($Y_{sYCC(8)}$, $Cb_{sYCC(8)}$, $Cr_{sYCC(8)}$)

$$\begin{aligned}
 R'_{sRGB} &= \frac{R_{sRGB(8)}}{255} \\
 G'_{sRGB} &= \frac{G_{sRGB(8)}}{255} \\
 B'_{sRGB} &= \frac{B_{sRGB(8)}}{255}
 \end{aligned} \tag{F.18}$$

$$\begin{bmatrix} Y'_{sYCC} \\ Cb'_{sYCC} \\ Cr'_{sYCC} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,299\ 0 & 0,587\ 0 & 0,114\ 0 \\ -0,168\ 7 & -0,331\ 3 & 0,500\ 0 \\ 0,500\ 0 & -0,418\ 7 & -0,081\ 3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R'_{sRGB} \\ G'_{sRGB} \\ B'_{sRGB} \end{bmatrix} \tag{F.19}$$

$$\begin{aligned}
 Y_{sYCC(8)} &= \text{gerundet}(255 \times Y'_{sYCC}) \\
 Cb_{sYCC(8)} &= \text{gerundet}[(255 \times Cb'_{sYCC}) + 128] \\
 Cr_{sYCC(8)} &= \text{gerundet}[(255 \times Cr'_{sYCC}) + 128]
 \end{aligned} \tag{F.20}$$

Anhang G (informativ)

Erweiterte Farbraumcodierung für sRGB: bg-sRGB und ihre YCC-Transformation: bg-sYCC

G.1 Allgemeines

Dieser Anhang stellt die für die erweiterte Farbraumcodierung von sRGB benötigten Gleichungen zur Verfügung. Obwohl sich aus dem Hauptteil dieser Norm ergibt, dass die erweiterte Farbraumcodierung durch Ersetzen der Variablen KDC und WDC in den Gleichungen 2 und 11 möglich ist, wird keine klare Empfehlung ausgesprochen. Dieser Anhang liefert solche Empfehlungen, dabei ist für 10 Bits $KDC = 384$ und $WDC = 894$ ($KDC = 3 \times 2^{(N-3)}$ und $WDC = 3 \times 2^{(N-9)} + KDC$ bei N Bits mit $N > 10$). Diese Codierung wird als bg-sRGB und ihre YCC-Transformation wird als bg-sYCC bezeichnet.

G.2 Transformation von bg-sRGB-Werten ($R_{bg-sRGB}, G_{bg-sRGB}, B_{bg-sRGB}$) zu Werten nach CIE 1931

Die nichtlinearen Gleitkomma-sR'G'B'-Werte können nach folgendem Zusammenhang bestimmt werden:

$$\begin{aligned} R'_{sRGB} &= (R_{bg-sRGB} - KDC) / (WDC - KDC) \\ G'_{sRGB} &= (G_{bg-sRGB} - KDC) / (WDC - KDC) \\ B'_{sRGB} &= (B_{bg-sRGB} - KDC) / (WDC - KDC) \end{aligned} \quad (G.1)$$

Bei 30-Bit-Codierung (10 Bit/Kanal), $WDC = 894$, $KDC = 384$ ist der Zusammenhang festgelegt als:

$$\begin{aligned} R'_{sRGB} &= \frac{(R_{bg-sRGB(10)} - 384)}{510} \\ G'_{sRGB} &= \frac{(G_{bg-sRGB(10)} - 384)}{510} \\ B'_{sRGB} &= \frac{(B_{bg-sRGB(10)} - 384)}{510} \end{aligned} \quad (G.2)$$

Als Vorgabe für die Codierungstiefe von bg-sRGB muss die 30-Bit-Codierung (10 Bit/Kanal) verwendet werden. Für die allgemeine Anwendung brauchen andere Codierungstiefen nicht unterstützt werden.

Werden andere N -Bit/Kanal-Codierungen ($N > 10$) unterstützt, ist der Zusammenhang festgelegt als:

$$\begin{aligned}
 R'_{sRGB} &= \frac{\left(R_{bg-sRGB(N)} - \left(3 \times 2^{(N-3)} \right) \right)}{255 \times 2^{(N-9)}} \\
 G'_{sRGB} &= \frac{\left(G_{bg-sRGB(N)} - \left(3 \times 2^{(N-3)} \right) \right)}{255 \times 2^{(N-9)}} \\
 B'_{sRGB} &= \frac{\left(B_{bg-sRGB(N)} - \left(3 \times 2^{(N-3)} \right) \right)}{255 \times 2^{(N-9)}}
 \end{aligned} \tag{G.2'}$$

Die nichtlinearen sR'G'B'-Werte werden dann wie folgt in XYZ-Werte nach CIE 1931 transformiert:

Wenn $R'_{sRGB}, G'_{sRGB}, B'_{sRGB} < -0,040\,45$, gilt

$$\begin{aligned}
 R_{sRGB} &= - \left[\frac{(-R'_{sRGB} + 0,055)}{1,055} \right]^{2,4} \\
 G_{sRGB} &= - \left[\frac{(-G'_{sRGB} + 0,055)}{1,055} \right]^{2,4} \\
 B_{sRGB} &= - \left[\frac{(-B'_{sRGB} + 0,055)}{1,055} \right]^{2,4}
 \end{aligned} \tag{G.3}$$

Wenn $-0,040\,45 \leq R'_{sRGB}, G'_{sRGB}, B'_{sRGB} \leq 0,040\,45$, gilt

$$\begin{aligned}
 R_{sRGB} &= \frac{R'_{sRGB}}{12,92} \\
 G_{sRGB} &= \frac{G'_{sRGB}}{12,92} \\
 B_{sRGB} &= \frac{B'_{sRGB}}{12,92}
 \end{aligned} \tag{G.4}$$

Wenn $R'_{sRGB}, G'_{sRGB}, B'_{sRGB} > 0,040\,45$, gilt

$$\begin{aligned}
 R_{sRGB} &= - \left[\frac{(R'_{sRGB} + 0,055)}{1,055} \right]^{2,4} \\
 G_{sRGB} &= - \left[\frac{(G'_{sRGB} + 0,055)}{1,055} \right]^{2,4} \\
 B_{sRGB} &= - \left[\frac{(B'_{sRGB} + 0,055)}{1,055} \right]^{2,4}
 \end{aligned} \tag{G.5}$$

Bei 24-Bit-Codierung (8 Bit/Kanal) werden die linearen sRGB-Werte in XYZ-Werte nach CIE 1931 wie folgt umgewandelt:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,412\,4 & 0,357\,6 & 0,180\,5 \\ 0,212\,6 & 0,715\,2 & 0,072\,2 \\ 0,019\,3 & 0,119\,2 & 0,950\,5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R_{sRGB} \\ G_{sRGB} \\ B_{sRGB} \end{bmatrix} \tag{G.6}$$

G.3 Transformation von XYZ-Werten nach CIE 1931 in bg-sRGB-Werte

$$(R_{bg-sRGB}, G_{bg-sRGB}, B_{bg-sRGB})$$

Die XYZ-Werte nach CIE 1931 können wie folgt in nichtlineare sR'G'B'-Werte umgewandelt werden:

$$\begin{bmatrix} R_{sRGB} \\ G_{sRGB} \\ B_{sRGB} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,240\ 6 & -1,537\ 2 & -0,498\ 6 \\ -0,968\ 9 & 1,875\ 8 & 0,041\ 5 \\ 0,055\ 7 & -0,204\ 0 & 1,057\ 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (G.7)$$

Bei anderen N -Bit/Kanal-Codierungen ($N > 10$) wird empfohlen, die Matrixkoeffizienten in Gleichung G.7 durch die Koeffizienten der Umkehrmatrix von Gleichung G.6 in ausreichender Dezimalstellengenauigkeit zu ersetzen. Beispielsweise besitzt folgende Matrix mit 7 Dezimalstellen eine ausreichende Genauigkeit für den Fall mit 16 Bit/Kanal.

$$\begin{bmatrix} R_{sRGB} \\ G_{sRGB} \\ B_{sRGB} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3,240\ 625\ 5 & -1,537\ 208\ 0 & -0,498\ 628\ 6 \\ -0,968\ 930\ 7 & 1,875\ 756\ 1 & 0,041\ 517\ 5 \\ 0,055\ 710\ 1 & -0,204\ 021\ 1 & 1,056\ 995\ 9 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} \quad (G.7')$$

Im bg-sRGB-Codierverfahren ergeben sich negative sRGB-Farbwerte und sRGB-Farbwerte größer 1,0.

Wenn $R_{sRGB}, G_{sRGB}, B_{sRGB} < -0,003\ 130\ 8$, gilt

$$\begin{aligned} R'_{sRGB} &= -1,055 \times (-R_{sRGB})^{(1,0/2,4)} + 0,055 \\ G'_{sRGB} &= -1,055 \times (-G_{sRGB})^{(1,0/2,4)} + 0,055 \\ B'_{sRGB} &= -1,055 \times (-B_{sRGB})^{(1,0/2,4)} + 0,055 \end{aligned} \quad (G.8)$$

Wenn $-0,003\ 130\ 8 \leq R_{sRGB}, G_{sRGB}, B_{sRGB} \leq 0,003\ 130\ 8$, gilt

$$\begin{aligned} R'_{sRGB} &= 12,92 \times R_{sRGB} \\ G'_{sRGB} &= 12,92 \times G_{sRGB} \\ B'_{sRGB} &= 12,92 \times B_{sRGB} \end{aligned} \quad (G.9)$$

Wenn $R_{sRGB}, G_{sRGB}, B_{sRGB} > 0,003\ 130\ 8$, gilt

$$\begin{aligned} R'_{sRGB} &= 1,055 \times (R_{sRGB})^{(1,0/2,4)} - 0,055 \\ G'_{sRGB} &= 1,055 \times (G_{sRGB})^{(1,0/2,4)} - 0,055 \\ B'_{sRGB} &= 1,055 \times (B_{sRGB})^{(1,0/2,4)} - 0,055 \end{aligned} \quad (G.10)$$

Die Quantisierung von bg-sRGB ist festgelegt zu:

$$\begin{aligned} R_{bg-sRGB} &= \text{gerundet}[(WDC - KDC) \times R'_{sRGB} + KDC] \\ G_{bg-sRGB} &= \text{gerundet}[(WDC - KDC) \times G'_{sRGB} + KDC] \\ B_{bg-sRGB} &= \text{gerundet}[(WDC - KDC) \times B'_{sRGB} + KDC] \end{aligned} \quad (G.11)$$

Bei 30-Bit-Codierung (10 Bit/Kanal), $WDC = 894$, $KDC = 384$ ist der Zusammenhang festgelegt als:

$$\begin{aligned}
R_{\text{bg-sRGB}_{(10)}} &= \text{gerundet}(R'_{\text{sRGB}} \times 510 + 384) \\
G_{\text{bg-sRGB}_{(10)}} &= \text{gerundet}(G'_{\text{sRGB}} \times 510 + 384) \\
B_{\text{bg-sRGB}_{(10)}} &= \text{gerundet}(B'_{\text{sRGB}} \times 510 + 384)
\end{aligned}
\tag{G.12}$$

Bei 30-Bit-Codierung müssen die $\text{bg-sRGB}_{(10)}$ -Werte entsprechend Gleichung G.12 auf einen Bereich von 0 bis 1023 begrenzt werden.

Als Vorgabe für die Codierungstiefe von bg-sRGB muss die 30-Bit-Codierung (10 Bit/Kanal) verwendet werden. Für die allgemeine Anwendung brauchen andere Codierungstiefen nicht unterstützt werden.

Werden andere N -Bit/Kanal-Codierungen ($N > 10$) unterstützt, ist der Zusammenhang festgelegt als:

$$\begin{aligned}
R_{\text{bg-sRGB}_{(N)}} &= \text{gerundet} \left[R'_{\text{sRGB}} \times \left(255 \times 2^{(N-9)} \right) + \left(3 \times 2^{(N-3)} \right) \right] \\
G_{\text{bg-sRGB}_{(N)}} &= \text{gerundet} \left[G'_{\text{sRGB}} \times \left(255 \times 2^{(N-9)} \right) + \left(3 \times 2^{(N-3)} \right) \right] \\
B_{\text{bg-sRGB}_{(N)}} &= \text{gerundet} \left[B'_{\text{sRGB}} \times \left(255 \times 2^{(N-9)} \right) + \left(3 \times 2^{(N-3)} \right) \right]
\end{aligned}
\tag{G.12'}$$

Bei N -Bit/Kanal-Codierungen ($N > 10$) müssen die $\text{gb-sRGB}_{(N)}$ -Werte nach Gleichung G.12' auf den Bereich von 0 bis 2^{N-1} begrenzt werden.

G.4 Transformation zwischen 8-Bit-sRGB-Werten ($R_{\text{sRGB}_{(8)}}, G_{\text{sRGB}_{(8)}}, B_{\text{sRGB}_{(8)}}$) und 10-Bit-bg-sRGB-Werten ($R_{\text{bg-sRGB}_{(10)}}, G_{\text{bg-sRGB}_{(10)}}, B_{\text{bg-sRGB}_{(10)}}$)

Die Transformation zwischen 8-Bit-sRGB-Werten und 10-Bit-bg-sRGB-Werten kann aus folgendem Zusammenhang bestimmt werden:

$$\begin{aligned}
R_{\text{bg-sRGB}_{(10)}} &= \left(R_{\text{sRGB}_{(8)}} \times 2 \right) + 384 \\
G_{\text{bg-sRGB}_{(10)}} &= \left(G_{\text{sRGB}_{(8)}} \times 2 \right) + 384 \\
B_{\text{bg-sRGB}_{(10)}} &= \left(B_{\text{sRGB}_{(8)}} \times 2 \right) + 384
\end{aligned}
\tag{G.13}$$

$$\begin{aligned}
R_{\text{sRGB}_{(8)}} &= \text{gerundet} \left[\frac{\left(R_{\text{bg-sRGB}_{(10)}} - 384 \right)}{2} \right] \\
G_{\text{sRGB}_{(8)}} &= \text{gerundet} \left[\frac{\left(G_{\text{bg-sRGB}_{(10)}} - 384 \right)}{2} \right] \\
B_{\text{sRGB}_{(8)}} &= \text{gerundet} \left[\frac{\left(B_{\text{bg-sRGB}_{(10)}} - 384 \right)}{2} \right]
\end{aligned}
\tag{G.14}$$

Nach Gleichung G.14 werden die $\text{sRGB}_{(8)}$ -Werte auf den Bereich von 0 bis 255 begrenzt.

Im Fall der N -Bit-Codierung:

$$\begin{aligned}
 R_{\text{bg-sRGB}_{(N)}} &= \left(R_{\text{sRGB}_{(8)}} \times 2^{N-9} \right) + \left(3 \times 2^{(N-3)} \right) \\
 G_{\text{bg-sRGB}_{(N)}} &= \left(G_{\text{sRGB}_{(8)}} \times 2^{N-9} \right) + \left(3 \times 2^{(N-3)} \right) \\
 B_{\text{bg-sRGB}_{(N)}} &= \left(B_{\text{sRGB}_{(8)}} \times 2^{N-9} \right) + \left(3 \times 2^{(N-3)} \right)
 \end{aligned} \tag{G.13'}$$

$$\begin{aligned}
 R_{\text{sRGB}_{(8)}} &= \text{gerundet} \left[\frac{\left(R_{\text{bg-sRGB}_{(N)}} - \left(3 \times 2^{(N-3)} \right) \right)}{2^{N-9}} \right] \\
 G_{\text{sRGB}_{(8)}} &= \text{gerundet} \left[\frac{\left(G_{\text{bg-sRGB}_{(N)}} - \left(3 \times 2^{(N-3)} \right) \right)}{2^{N-9}} \right] \\
 B_{\text{sRGB}_{(8)}} &= \text{gerundet} \left[\frac{\left(B_{\text{bg-sRGB}_{(N)}} - \left(3 \times 2^{(N-3)} \right) \right)}{2^{N-9}} \right]
 \end{aligned} \tag{G.14'}$$

Nach Gleichung G.14' werden die sRGB₍₈₎-Werte auf den Bereich von 0 bis 2^{N-1} begrenzt.

G.5 Transformation von bg-sYCC-Werten (Y_{bg-sYCC}, C_{b_{bg-sYCC}}, C_{r_{bg-sYCC}}) in XYZ-Werte nach CIE 1931

Die nichtlinearen Gleitkommawerte sY'C'_bC'_r können aus folgendem Zusammenhang bestimmt werden:

$$\begin{aligned}
 Y'_{\text{sYCC}} &= \frac{\left(Y_{\text{bg-sYCC}} - KDC \right)}{\left(WDC - KDC \right)} \\
 Cb'_{\text{sYCC}} &= \frac{\left(Cb_{\text{bg-sYCC}} - Offset \right)}{Range} \\
 Cr'_{\text{sYCC}} &= \frac{\left(Cr_{\text{bg-sYCC}} - Offset \right)}{Range}
 \end{aligned} \tag{G.15}$$

Bei 30-Bit-Codierung (10 Bit/Kanal), WDC = 1023, KDC = 0, Range = 1023/2, Offset = 512 ist der Zusammenhang festgelegt als:

$$\begin{aligned}
 Y'_{\text{sYCC}} &= \frac{Y_{\text{bg-sYCC}_{(10)}}}{1023} \\
 Cb'_{\text{sYCC}} &= \frac{Cb_{\text{bg-sYCC}_{(10)}} - 512}{511,5} \\
 Cr'_{\text{sYCC}} &= \frac{Cr_{\text{bg-sYCC}_{(10)}} - 512}{511,5}
 \end{aligned} \tag{G.16}$$

Als Vorgabe für die Codierungstiefe von bg-sRGB muss die 30-Bit-Codierung (10 Bit/Kanal) verwendet werden. Für die allgemeine Anwendung brauchen andere Codierungstiefen nicht unterstützt werden.

Werden andere N-Bit/Kanal-Codierungen (N > 10) unterstützt, ist der Zusammenhang festgelegt als:

$$\begin{aligned}
 Y'_{sYCC} &= \frac{Y_{bg-sYCC(N)}}{(2^N - 1)} \\
 Cb'_{sYCC} &= \frac{Cb_{bg-sYCC(N)} - 2^{N-1}}{(2^N - 1)/2} \\
 Cr'_{sYCC} &= \frac{Cr_{bg-sYCC(N)} - 2^{N-1}}{(2^N - 1)/2}
 \end{aligned} \tag{G.16'}$$

Bei 30-Bit/Kanal-Codierung ($N > 10$) werden die nichtlinearen $sY'C_b'C_r'$ -Werte in nichtlineare $sR'G'B'$ -Werte wie folgt transformiert:

$$\begin{bmatrix} R'_{sRGB} \\ G'_{sRGB} \\ B'_{sRGB} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,000\ 0 & 0,000\ 0 & 1,402\ 0 \\ 1,000\ 0 & -0,344\ 1 & -0,714\ 1 \\ 1,000\ 0 & 1,772\ 0 & 0,000\ 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y'_{sYCC} \\ Cb'_{sYCC} \\ Cr'_{sYCC} \end{bmatrix} \tag{G.17}$$

Bei anderen N-Bit/Kanal-Codierungen ($N > 10$) wird empfohlen, die Matrixkoeffizienten in Gleichung G.17 durch die Koeffizienten der Umkehrmatrix von Gleichung G.18 in ausreichender Dezimalstellengenauigkeit zu ersetzen. Beispielsweise besitzt folgende Matrix mit 6 Dezimalstellen eine ausreichende Genauigkeit für den Fall mit 16 Bit/Kanal.

$$\begin{bmatrix} R'_{sRGB} \\ G'_{sRGB} \\ B'_{sRGB} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,000\ 000 & 0,000\ 037 & 1,401988 \\ 1,000\ 000 & -0,344\ 113 & -0,714\ 104 \\ 1,000\ 000 & 1,771978 & 0,000\ 135 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y'_{sYCC} \\ Cb'_{sYCC} \\ Cr'_{sYCC} \end{bmatrix} \tag{G.17'}$$

Die nichtlinearen $sR'G'B'$ -Werte werden dann mit G.3, G.4, G.5 und G.6 in XYZ -Werte nach CIE 1931 umgewandelt.

G.6 Transformation von XYZ -Werten nach CIE 1931 in $bg-sYCC$ -Werte

$$(Y_{bg-sYCC}, Cb_{bg-sYCC}, Cr_{bg-sYCC})$$

Die Transformation von XYZ -Werten nach CIE 1931 in nichtlineare $sR'G'B'$ -Werte sind in G.7 (oder G.7'), G.8, G.9 und G.10 festgelegt.

Der Zusammenhang zwischen nichtlinearem $sR'G'B'$ und $sY'C_b'C_r'$ ist wie folgt:

$$\begin{bmatrix} Y'_{sYCC} \\ Cb'_{sYCC} \\ Cr'_{sYCC} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0,299\ 0 & 0,587\ 0 & 0,114\ 0 \\ -0,168\ 7 & -0,3313 & 0,500\ 0 \\ 0,500\ 0 & -0,418\ 7 & -0,0813 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R'_{sRGB} \\ G'_{sRGB} \\ B'_{sRGB} \end{bmatrix} \tag{G.18}$$

ANMERKUNG Die Koeffizienten in Gleichung G.18 ergeben sich aus ITU-R BT.601-5. Dort ist Y von YCC mit einer Genauigkeit von drei Dezimalstellen festgelegt. Um mit anderen in dieser Norm festgelegten Matrixkoeffizienten übereinzustimmen, wird eine zusätzliche Dezimalstelle wie vorstehend festgelegt.

Die Quantisierung von $bg-sYCC$ ist festgelegt als:

$$\begin{aligned}
 Y_{bg-sYCC} &= \text{gerundet}[(WDC - KDC) \times Y'_{sYCC} + KDC] \\
 Cb_{bg-sYCC} &= \text{gerundet}[(Range \times Cb'_{sYCC}) + Offset] \\
 Cr_{bg-sYCC} &= \text{gerundet}[(Range \times Cr'_{sYCC}) + Offset]
 \end{aligned} \tag{G.19}$$

Bei 30-Bit-Codierung (10 Bit/Kanal), $WDC = 1023$, $KDC = 0$, $Range = 1023/2$, $Offset = 512$ ist der Zusammenhang festgelegt als:

$$\begin{aligned} Y_{bg-sYCC(10)} &= \text{gerundet}(1023 \times Y'_{sYCC}) \\ Cb_{bg-sYCC(10)} &= \text{gerundet}\left(\frac{1023 \times Cb'_{sYCC} + 512}{2}\right) \\ Cr_{bg-sYCC(10)} &= \text{gerundet}\left(\frac{1023 \times Cr'_{sYCC} + 512}{2}\right) \end{aligned} \quad (G.20)$$

Bei 30-Bit-Codierung müssen die $bg-sYCC(10)$ -Werte nach Gleichung G.20 auf einen Bereich von 0 bis 1023 begrenzt werden.

Als Vorgabe für die Codierungstiefe von $bg-sYCC$ muss die 30-Bit-Codierung (10 Bit/Kanal) verwendet werden. Für die allgemeine Anwendung brauchen andere Codierungstiefen nicht unterstützt werden.

Werden andere N -Bit/Kanal-Codierungen ($N > 10$) unterstützt, ist der Zusammenhang festgelegt als:

$$\begin{aligned} Y_{bg-sYCC(N)} &= \text{gerundet}\left[\left(2^N - 1\right) \times Y'_{sYCC}\right] \\ Cb_{bg-sYCC(N)} &= \text{gerundet}\left(\frac{\left(2^N - 1\right) \times Cb'_{sYCC} + 2^{N-1}}{2}\right) \\ Cr_{bg-sYCC(N)} &= \text{gerundet}\left(\frac{\left(2^N - 1\right) \times Cr'_{sYCC} + 2^{N-1}}{2}\right) \end{aligned} \quad (G.20')$$

In N -Bit/Kanal-Codierungen ($N > 10$) müssen die $sYCC(N)$ -Werte nach Gleichung G.20' auf einen Bereich von 0 bis 2^{N-1} begrenzt werden.

Der höchste Luminanzwert auf der achromatischen Achse von $bg-sYCC$ ist gleich 1,0. Der niedrigste Luminanzwert auf der achromatischen Achse von $bg-sYCC$ ist gleich 0,0.

ANMERKUNG Der Nenner „2“ bei Cb und Cr dient zur Abdeckung des optimalen Farbbereiches, Siehe Seiten 179 bis 181 von [16].

G.7 Transformation von $bg-sRGB$ -Werten ($R_{bg-sRGB}, G_{bg-sRGB}, B_{bg-sRGB}$) in $bg-sYCC$ -

Werte ($Y_{bg-sYCC}, Cb_{bg-sYCC}, Cr_{bg-sYCC}$)

Die Transformation von 10-Bit- $bg-sRGB$ -Werten in 10-Bit- $bg-sYCC$ -Werte kann aus den Gleichungen G.2, G.18 und G.20 bestimmt werden. Im Falle der N -Bit-Codierung sollten die Gleichungen G.2', G.18 und G.20' verwendet werden.

G.8 Transformation von $bg-sYCC$ -Werten ($Y_{bg-sYCC}, Cb_{bg-sYCC}, Cr_{bg-sYCC}$) in $bg-sRGB$ -

Werte ($R_{bg-sRGB}, G_{bg-sRGB}, B_{bg-sRGB}$)

Die Transformation von 10-Bit- $bg-sYCC$ -Werten in 10-Bit- $bg-sRGB$ -Werte kann aus den Gleichungen G.16, G.17 und G.12 bestimmt werden. Im Falle der N -Bit-Codierung sollten die Gleichungen G.16', G.17 und G.12' verwendet werden.

Anhang H (informativ)

CIELAB (L*a*b*)-Transformation

H.1 Allgemeines

Die folgenden Gleichungen beschreiben den Zusammenhang zwischen sRGB- und L*a*b*-Koordinaten nach CIE 15.2:1986. Es sollte darauf geachtet werden, dass sich der Grad der Nichtlinearität von dem nichtlinearen Zusammenhang zwischen den Komponenten R'_{sRGB} und R_{sRGB} , G'_{sRGB} und G_{sRGB} und B'_{sRGB} und B_{sRGB} unterscheidet.

H.2 Transformation von sRGB- in CIELAB (L*a*b*)-Koordinaten

Mit Gleichung (7) in 5.2 werden die XYZ-Koordinaten von R_{sRGB} , G_{sRGB} und B_{sRGB} bestimmt und die L*a*b*-Koordinaten berechnet nach:

$$\begin{aligned}
 L^* &= 116f(Y/Y_n) - 16 && \text{wenn } Y/Y_n > 0,008\,856 \\
 L^* &= 903,3f(Y/Y_n) && \text{wenn } Y/Y_n \leq 0,008\,856 \\
 a^* &= 500[f(X/X_n) - f(Y/Y_n)] \\
 b^* &= 200[f(Y/Y_n) - f(Z/Z_n)]
 \end{aligned} \tag{H.1}$$

Dabei ist

$$f(Y/Y_n) = (Y/Y_n)^{1/3} \quad \text{wenn } Y/Y_n > 0,008\,856$$

$$f(Y/Y_n) = 7,787 \times (Y/Y_n) + 16/116 \quad \text{wenn } Y/Y_n \leq 0,008\,856$$

$$f(X/X_n) = (X/X_n)^{1/3} \quad \text{wenn } X/X_n > 0,008\,856$$

$$f(X/X_n) = 7,787 \times (X/X_n) + 16/116 \quad \text{wenn } X/X_n \leq 0,008\,856$$

$$f(Z/Z_n) = (Z/Z_n)^{1/3} \quad \text{wenn } Z/Z_n > 0,008\,856$$

$$f(Z/Z_n) = 7,787 \times (Z/Z_n) + 16/116 \quad \text{wenn } Z/Z_n \leq 0,008\,856$$

und X_n , Y_n und Z_n sind die Koordinaten des Weißpunkts der Leuchtquelle D65 (4.1) von der Bezugsanzeige mit:

$$X_n = 0,950\,5$$

$$Y_n = 1,000\,0$$

$$Z_n = 1,089\,0$$

H.3 Transformation von CIELAB (L*a*b*)-Koordinaten nach R_{sRGB} , G_{sRGB} , B_{sRGB}

Zu bestimmen ist:

$$\begin{aligned}
 f(Y/Y_n) &= (L^* + 16)/116 \\
 f(X/X_n) &= a^*/500 + f(Y/Y_n) \\
 f(Z/Z_n) &= f(Y/Y_n) - b^*/200
 \end{aligned}
 \tag{H.2}$$

XYZ sind zu berechnen aus:

$$\begin{aligned}
 X &= X_n [f(X/X_n)]^3 && \text{wenn } f(X/X_n) > 0,206\,893 \\
 X &= X_n [f(X/X_n) - 16/116] / 7,787 && \text{wenn } f(X/X_n) \leq 0,206\,893 \\
 Y &= Y_n [f(Y/Y_n)]^3 && \text{wenn } f(Y/Y_n) > 0,206\,893 \text{ oder } L^* > 7,999\,59 \\
 Y &= Y_n [f(Y/Y_n) - 16/116] / 7,787 && \text{wenn } f(Y/Y_n) \leq 0,206\,893 \text{ oder } L^* \leq 7,999\,59 \\
 Z &= Z_n [f(Z/Z_n)]^3 && \text{wenn } f(Z/Z_n) > 0,206\,893 \\
 Z &= Z_n [f(Z/Z_n) - 16/116] / 7,787 && \text{wenn } f(Z/Z_n) \leq 0,206\,893
 \end{aligned}
 \tag{H.3}$$

Die XYZ-Koordinaten werden mit Gleichung (9) in 5.3 zu $R_{sRGB}, G_{sRGB}, B_{sRGB}$ umgewandelt.

Literaturhinweise

- [1] Motta R., *An Analytical Model for the Colorimetric Characterisation of Colour CRTs*, Rochester Institut of Technologie, 1991.
- [2] Stokes M., *Color management in the Real World: sRGB, ICM2, ICC, ColorSync and Other Attempts to Make Color Management Transparent*, Proceedings of SPIE, Vol 3299, p. 360, 1998.
- [3] Johnson T., *Colour management in the graphic arts and publishing*, Pira International, Surrey England, 1996.
- [4] Hunt R.W.G. and Luo M.R., *The Structure of the CIE 1997 Colour Appearance Model (CIECAM97)*, CIE x014 – 1998: Proceedings of the CIE Expert Symposium '97 on Colour Standards for Imaging Technology, Scottsdale, 1997.
- [5] Berns R. and Katoh N., *The digital to radiometric transfer function for computer controlled CRT displays*, CIE x014 – 1998: Proceedings of the CIE Expert Symposium '97 on Colour Standards for Imaging Technology, Scottsdale, 1997.
- [6] Fairchild M., *Progress Report of CIE TC1-34 with an Introduction of the CIECAM97s Colour Appearance Model*, CIE x014 – 1998: Proceedings of the CIE Expert Symposium '97 on Colour Standards for Imaging Technology, Scottsdale, 1997.
- [7] Newman T. and Stokes M., *RGB Colour Standards: A Case Study*, CIE x014 – 1998: Proceedings of the CIE Expert Symposium '97 on Colour Standards for Imaging Technology, Scottsdale, 1997.
- [8] Katoh N. and Deguchi T., *Reconsideration of CRT Monitor Characteristics*, Proceedings of Fifth Color Imaging Conference, IS&T/SID, Scottsdale, 1997.
- [9] Katoh N., *Practical Method for Appearance Match between Soft Copy and Hard Copy*, JSPIE 2170, 170–181, 1994.
- [10] Katoh N., *Appearance Match between Soft Copy and Hard Copy (III)*, Color Forum Japan, 96 Proc., Tokyo, 33–36, 1995.
- [11] Katoh N., Nakabayashi K., *Effect of Ambient Light on Color Appearance of Soft Copy Images*, Proc. AIC Color 97 Kyoto, 1997.
- [12] Brainard D.H., Ishigami K., *Factors Influencing the Appearance of CRT Colors*, Proc. IS&T/SID Color Imaging Conf. 3, 22–25, 1995.
- [13] Choh K.H. et. al, *Effects of Ambient Illumination on the Appearance of CRT Colors*, Proc. IS&T/SID Color Imaging Conf. 4, 224–226, 1996.
- [14] Berns R.S., Choh K.H., *Cathode-Ray-Tube to Reflection-Print Matching under Mixed Chromatic Adaptation Using RLAB*, J. Elec. Imaging 4, 347–359, 1995.
- [15] ICC Profile Specification, Version 3.4, International Color Consortium, <http://www.color.org>.
- [16] N.X: Wysecki G. and Stiles W.S. *Color Science: Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae*, 2 nd Ed., John Wiley & Sons, Inc. (1982).
- [17] ITU-R BT.601-5, *Studio encoding parameters of digital televisions for standard 4:3 and wide-screen 16:9 aspects ratios*.

Anhang ZA (normativ)

Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen

Diese Europäische Norm enthält durch datierte oder undatierte Verweisungen Festlegungen aus anderen Publikationen. Diese normativen Verweisungen sind an den jeweiligen Stellen im Text zitiert, und die Publikationen sind nachstehend aufgeführt. Bei datierten Verweisungen gehören spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen zu dieser Europäischen Norm nur, falls sie durch Änderung oder Überarbeitung eingearbeitet sind. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe der in Bezug genommenen Publikation (einschließlich Änderungen).

ANMERKUNG Ist eine Internationale Publikation durch gemeinsame Abweichungen modifiziert worden, gekennzeichnet durch (mod.), dann gilt die entsprechenden EN/HD.

Publikation	Jahr	Titel	EN/HD	Jahr
IEC 60050-845	1987	International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 845: Lighting	–	–
ISO 3664	¹⁾	Viewing conditions for graphic technology and photography	–	–
ISO 9358	1994	Optics and optical instruments – Veiling glare of image forming systems – Definitions and methods of measurement	–	–
ISO/CIE 10527	1991	CIE standard colorimetric observers	–	–
CIE 15.2	1986	Colorimetry	–	–
CIE 122	1996	The relationship between digital and colorimetric data for computer-controlled CRT displays	–	–
ITU-R Recommendation BT.709-3	1998	Parameter values for the HDTV standards for production and international programme exchange	–	–

¹⁾ In Vorbereitung.