

Multimediasysteme und -geräte
Farbmessung und Farbmanagement
Teil 3: Geräte mit Kathodenstrahlröhren (IEC 61966-3:2000)
Deutsche Fassung EN 61966-3:2000

DIN
EN 61966-3

Diese Norm enthält die deutsche Übersetzung der Internationalen Norm **IEC 61966-3**

ICS 17.180.20; 33.160.60; 37.040.10

Multimedia systems and equipment – Colour measurement and management – Part 3: Equipment using cathode ray tubes (IEC 61966-3:2000);
German version EN 61966-3:2000

Systèmes et appareils multimédia – Mesure et gestion de la couleur – Partie 3: Appareils utilisant des tubes cathodiques (CEI 61966-3:2000);
Version allemande EN 61966-3:2000

Die Europäische Norm EN 61966-3:2000 hat den Status einer Deutschen Norm.

Beginn der Gültigkeit

Die EN 61966-3 wurde am 2000-04-01 angenommen.

Nationales Vorwort

Für die vorliegende Norm ist das nationale Arbeitsgremium K 742 „Audio-, Video- und Multimedia-systeme, -geräte und -komponenten“ der Deutschen Elektrotechnischen Kommission im DIN und VDE (DKE) zuständig.

Norm-Inhalt war veröffentlicht als E DIN IEC 100/47A/CD:1997-11.

Die Normen der Reihe DIN EN 61966 bestehen aus folgenden, teilweise noch in Bearbeitung befindlichen Teilen unter dem allgemeinen Titel: Multimediasysteme und -geräte – Farbmessung und Farbmanagement:

- Teil 1: Allgemeines (in Vorbereitung)
- Teil 2-1: Farbmanagement – Vorgabe-RGB-Farbraum – sRGB
- Teil 2-2: Farbmanagement – Erweiterter RGB-Farbraum – sRGB64 (z. Z. Entwurf)
- Teil 2-3: Farbmanagement – Vorgabe-YCC-Farbraum – sYCC (z. Z. Entwurf)
- Teil 3: Geräte mit Kathodenstrahlröhren
- Teil 4: Geräte mit Flüssigkristallanzeigeeinheiten (z. Z. Entwurf)
- Teil 5: Geräte mit Plasmaanzeigeeinheiten (z. Z. Entwurf)
- Teil 6: Geräte zur digitalen Bildprojektion (in Vorbereitung)
- Teil 7-1: Farbdrucker – Reflektierende Drucke – RGB-Eingänge (z. Z. Entwurf)
- Teil 7-2: Farbdrucker – Reflektierende Drucke – CMYK-Eingänge (in Vorbereitung)
- Teil 7-3: Farbdrucker – Transparente Drucke (in Vorbereitung)
- Teil 8: Farbscanner (z. Z. Entwurf)
- Teil 9: Digitale Kameras (z. Z. Entwurf)
- Teil 10: Gütebewertung – Farbbild in vernetzten Systemen (in Vorbereitung)
- Teil 11: Gütebewertung – Beeinträchtigt Video in vernetzten Systemen (in Vorbereitung)

Fortsetzung Seite 2
und 25 Seiten EN

Deutsche Elektrotechnische Kommission im DIN und VDE (DKE)

Nationaler Anhang NA
(informativ)
Zusammenhang mit Europäischen und Internationalen Normen

Für den Fall einer undatierten Verweisung im normativen Text (Verweisung auf eine Norm oder andere Unterlage 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 oder anderen Unterlage.

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

Der Zusammenhang der zitierten Normen und anderen Unterlagen mit den entsprechenden Deutschen Normen und anderen Unterlagen ist nachstehend wiedergegeben. Zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieser Norm oder anderen Unterlagen waren die angegebenen Ausgaben gültig.

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.

Tabelle NA.1

Europäische Norm	Internationale Norm	Deutsche Norm	Klassifikation im VDE-Vorschriftenwerk
–	IEC 60050-845:1987	–	–
	ISO 5-4:1995	DIN 4512-10:1993-01	–
–	ISO/CIE 10526:1999	–	–
–	ISO/CIE 10527:1991	DIN 5033-2:1992-05	–
–	CIE 15.2:1986	DIN 5033-4:1992-07	–
–	CIE 63:1984	–	–
EN 9241-8:1997	ISO 9241-8:1997	DIN EN ISO 9241-8:1998-04	–

Nationaler Anhang NB
(informativ)
Literaturhinweise

DIN 4512-10, *Photographische Sensitometrie – Bestimmung der optischen Dichte – Geometrische Bedingungen für Messungen bei Reflexion.*

DIN 5033-2, *Farbmessung – Normvalenz-Systeme.*

DIN 5033-4, *Farbmessung – Spektralverfahren.*

DIN EN ISO 9241-8, *Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten – Teil 8: Anforderungen an Farbdarstellungen (ISO 9241-8:1997); Deutsche Fassung EN ISO 9241-8:1997.*

ICS 33.160.60; 37.080

Deutsche Fassung

Multimediasysteme und -geräte
Farbmessung und Farbmanagement
Teil 3: Geräte mit Kathodenstrahlröhren
(IEC 61966-3:2000)

Multimedia systems and equipment – Colour
measurement and management – Part 3: Equipment
using cathode ray tubes
(IEC 61966-3:2000)

Systèmes et appareils multimédia – Mesure et
gestion de la couleur – Partie 3: Appareils utilisant
des tubes cathodiques
(CEI 61966-3:2000)

Diese Europäische Norm wurde von CENELEC am 2000-04-01 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, Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, der Tschechischen Republik 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 IEC 100/118/FDIS, zukünftige 1. Ausgabe von IEC 61966-3, ausgearbeitet von dem IEC TC 100 „Audio, video and multimedia systems and equipment“, wurde der IEC-CENELEC Parallelen Abstimmung unterworfen und von CENELEC am 2000-04-01 als EN 61966-3 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): 2001-01-01
- spätestes Datum, zu dem nationale Normen, die der EN entgegenstehen, zurückgezogen werden müssen (dow): 2003-04-01

Anhänge, die als „normativ“ bezeichnet sind, gehören zum Norminhalt.

Anhänge, die als „informativ“ bezeichnet sind, enthalten nur Informationen.

In dieser Norm sind die Anhänge A, B, ZA normativ und die Anhänge C und D informativ.

Der Anhang ZA wurde von CENELEC hinzugefügt.

Anerkennungsnotiz

Der Text der Internationalen Norm IEC 61966-3:2000 wurde von CENELEC ohne irgendeine Abänderung als Europäische Norm angenommen.

Auszug aus dem Vorwort der IEC 61966-3:

Das Komitee hat beschlossen, dass diese Veröffentlichung bis 2004 gültig bleibt.

Zu diesem Zeitpunkt wird entsprechend der Entscheidung des Komitees die Veröffentlichung

- wieder bestätigt,
- zurückgezogen,
- durch eine überarbeitete Version ersetzt oder
- ergänzt.

Inhalt

	Seite		Seite
Vorwort	2	8 Farbmétrische Grundeigenschaften	9
1 Anwendungsbereich	3	8.1 Zu messende Eigenschaften	9
2 Normative Verweisungen	3	8.2 Messverfahren	9
3 Begriffe	4	8.3 Darstellung der Ergebnisse	10
4 Buchstaben und Symbole	4	9 Tonwertkurven	11
5 Bedingungen	5	9.1 Zu messende Eigenschaften	11
5.1 Umgebungsbedingungen	5	9.2 Messbedingungen	11
5.2 Messbedingungen	5	9.3 Messverfahren	11
5.3 Digitale Eingangsdaten	7	9.4 Darstellung der Ergebnisse	12
6 Messgeräte	7	10 Abhängigkeit zwischen den Kanälen ..	13
6.1 Spektroradiometer	7	10.1 Zu messende Eigenschaften	13
6.2 Farbmessgerät	7	10.2 Messbedingungen	14
7 Spektrale Eigenschaften und Intensität der Primärfarben und Weiß	8	10.3 Messverfahren	14
7.1 Zu messende Eigenschaften	8	10.4 Darstellung der Ergebnisse	15
7.2 Messbedingungen	8	11 Räumliche Ungleichmäßigkeit	16
7.3 Messverfahren	8	11.1 Zu messende Eigenschaften	16
7.4 Darstellung der Ergebnisse	8	11.2 Messbedingungen	16
		11.3 Messverfahren	16
		11.4 Darstellung der Ergebnisse	17

	Seite		Seite
12 Zeitliche Stabilität	18	14.2 Messbedingungen	22
12.1 Kurzzeit-Stabilität	18	14.3 Messverfahren	22
12.1.1 Zu messende Eigenschaften	18	14.4 Darstellung der Ergebnisse	22
12.1.2 Messbedingungen	18	Anhang A (normativ)	
12.1.3 Messverfahren	18	Erforderliche farbmessende Messgeräte	23
12.1.4 Darstellung der Ergebnisse	19	Anhang B (normativ)	
12.2 Mittelfristige Stabilität	19	Alternatives Messverfahren für Oberflächen- reflexionen	23
12.2.1 Zu messende Eigenschaften	19	Anhang C (informativ)	
12.2.2 Messbedingungen	19	Bewertung der Wirkung externer Licht- quellen	23
12.2.3 Messverfahren	20	Anhang D (informativ)	
12.2.4 Darstellung der Ergebnisse	20	Bewertung interner und externer Über- strahlung	24
13 Oberflächenreflektion	21	Literaturhinweise	24
13.1 Zu messende Eigenschaften	21	Anhang ZA (normativ)	
13.2 Messbedingungen	21	Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	25
13.3 Messverfahren	21		
13.4 Darstellung des Ergebnisses	22		
14 Interne Überstrahlung	22		
14.1 Zu messende Eigenschaften	22		

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil der IEC 61966 behandelt Geräte mit Kathodenstrahl-Bildröhren (CRT) zur Anzeige von Farbbildern in Multimedia-Anwendungen.

Eine Reihe von Verfahren und Parametern für Farbmessung und Farbmanagement für Multimediasysteme und -geräte ist für die Beurteilung der Farbwiedergabe anwendbar. Die in diesem Teil der IEC 61966 festgelegten Messverfahren wurden für die objektive Leistungsbeurteilung und die Beschreibung der Farbwiedergabe von Bildwiedergabegeräten mit Kathodenstrahlröhren entwickelt, bei denen rote, grüne und blaue analoge und/oder digitale Signale an den elektrischen Eingangsanschlüssen angelegt und auf den Bildschirmen als Ausgangssignale Farbbilder erzeugt werden. Kathodenstrahlröhren-Bildwiedergabegeräte für analoge Eingangssignale sind in Beratung; Geräte für entsprechende digitale Signale müssen unter Anwendung dieses Teils der IEC 61966 berücksichtigt werden. Die Messergebnisse sind dazu bestimmt, beim Farbmanagement in Multimediasystemen benutzt zu werden.

Dieser Teil der IEC 61966 legt die Eingangsprüfsignale, Messbedingungen und Messverfahren fest, so dass die Handhabung der Farben und ein umfassender Vergleich der Messergebnisse möglich sind.

Die Farbsteuerung innerhalb der Geräte liegt außerhalb des Anwendungsbereiches dieses Teils der IEC 61966. Grenzwerte für die verschiedenen Parameter werden nicht festgelegt.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden normativen Dokumente enthalten Festlegungen, die durch Verweisungen in diesem Text Bestandteil dieses Teils der IEC 61966 sind. Bei datierten Verweisungen gelten spätere Änderungen oder Überarbeitungen dieser Publikationen nicht. Anwender dieses Teils der IEC 61966 werden jedoch gebeten, die Möglichkeit zu prüfen, die jeweils neuesten Ausgaben der nachstehend angegebenen normativen Dokumente anzuwenden. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen normativen Dokuments. Mitglieder von ISO und IEC führen Verzeichnisse der gültigen Internationalen Normen.

IEC 60050-845:1987, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 845: Lighting.*¹⁾

ISO 5-4: 1995, *Photography – Density measurements – Part 4: Geometric conditions for reflection density.*

ISO/CIE 10526:1991^{N1)}, *CIE standard colorimetric illuminants.*

1) Auch erschienen als CIE Publication 17-4:1987, International Lighting Vocabulary.

N1) Nationale Fußnote: Ersetzt durch ISO 10526:1999.

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

CIE 15.2:1986, *Colorimetry*.

CIE 63:1986, *The spectroradiometric measurement of light sources*.

ISO 9241-8:1997, *Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) – Part 8: Requirements for displayed colours*.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Teils der IEC 61966 gelten die Begriffe nach IEC 60050-845 sowie die folgenden.

3.1

Hintergrund

Abbildung auf dem Bildschirm eines CRT-Bildwiedergabegerätes außerhalb des Prüfbereiches.

3.2

Farb-Messfeld, Prüfbereich

Quadratische farbige Abbildung auf dem Bildschirm eines zu messenden CRT-Bildwiedergabegerätes, bei dem die Eingangsdaten für den roten, grünen und blauen Kanal innerhalb des Bereiches der Abbildung konstant bleiben.

3.3

CRT-Bildwiedergabegerät

Jedes Multimediagerät mit digitalen Eingängen, in dem zur Darstellung eines zu betrachtenden Farbbildes eine Kathodenstrahlröhre benutzt wird.

3.4

Wirksame Bildschirmhöhe

Vertikales Maß des Bereiches, in dem ein Bild erzeugt werden kann.

3.5

Wirksame Bildschirmbreite

Horizontales Maß des Bereiches, in dem ein Bild erzeugt werden kann.

3.6

Normiertes (Bild)signal

Eingangssignal, dividiert durch seinen Vollaussteuerungswert (siehe auch 5.3).

3.7

Messunsicherheit

Zum Ergebnis einer Messung gehörender Parameter, der die Verteilung der Werte kennzeichnet, die vernünftigerweise den einzelnen zu messenden Größen zugeordnet werden können (siehe auch [9] *).

4 Buchstaben und Symbole

Die in diesem Teil der IEC 61966 konsequent angewandte Schreibweise wird nachstehend zusammengefasst.

N Die Anzahl der Bits in digitalen Daten für jeden Kanal.

M Größte ganze Zahl für nicht-negatives N -Bit-System; $M = 2^N - 1$.

D_R, D_G, D_B An den roten, grünen und blauen Kanal angelegte digitale Daten.

R, G, B Normierter Eingangsspiegel für den roten, grünen und blauen Kanal.

*) Ziffern in Klammern beziehen sich auf die Literaturhinweise.

X, Y, Z	Mit Spektroradiometer oder Farbmessgerät gemessene, den Farbwerten entsprechende Rohdaten. Y wird in cd/m^2 angegeben.
R', G', B'	Linearisierte Daten für den roten, grünen und blauen Kanal, die die entsprechenden Tonwertkurven berücksichtigen.
X', Y', Z'	Farbwerte, die mit Y_n (cd/m^2) für Spitzenweiß normiert sind.
h	Wirksame Höhe des CRT-Bildschirmes.
w	Wirksame Breite des CRT-Bildschirmes.
d	Abstand zwischen der Frontseite der Kathodenstrahlröhre und dem Messgerät; $d \geq 4 h$.

5 Bedingungen

5.1 Umgebungsbedingungen

Alle in dieser Norm festgelegten Messungen müssen in einem von signifikanten elektromagnetischen Feldern freien Bereich durchgeführt werden. Alle Messungen in dieser Norm, außer nach Abschnitt 13, müssen in einer Dunkelkammer-Umgebung vorgenommen werden. Es sollte besonders darauf geachtet werden, reflektierte Beleuchtung zu vermeiden, die durch Teile der Umgebung (Schreibtischplatte, Wände usw.) und direkte Beleuchtung durch Anzeigelampen der Messgeräte verursacht wird.

Den Messungen nach 7.2, 9.2, 10.2, 11.2 und 14.2 sollte, wenn vom Hersteller des Gerätes nicht anders angegeben, eine Stunde Aufwärmzeit vorangehen.

Die Netzspannung und Netzfrequenz sollten auf die vom Hersteller des zu messenden Gerätes festgelegten Bemessungswerte eingestellt sein. Wenn die Netzspannung schwankt, muss eine geregelte Stromversorgung verwendet werden, die eine Versorgungsspannung innerhalb von $\pm 5 \%$ vom Bemessungswert sicherstellt.

Weitere Umgebungsbedingungen, wie Temperatur und relative Luftfeuchte, müssen zusammen mit den Messergebnissen angegeben werden.

Wenn zusätzliche Umgebungsbedingungen in den Vorgaben des Herstellers beschrieben werden, sollten diese berücksichtigt werden.

5.2 Messbedingungen

- Kontrast, Helligkeit und zusätzliche Einstellungen müssen in die vom Hersteller des zu messenden CRT-Bildwiedergabegerätes angegebenen Positionen gestellt werden. Wenn die Einstellung nicht den Vorgaben des Herstellers entspricht, muss die aktuelle Position oder der entsprechende Wert mit den Messergebnissen angegeben werden.
- Die Geräteanordnung für (berührungslose) Spotmessungen muss Bild 1 entsprechen. Sie besteht, abhängig von den zu messenden Eigenschaften, aus einem Spektroradiometer oder einem Farbmessgerät für Spotmessungen. Die optische Achse des Gerätes muss im Mittelpunkt auf dem Bildschirm des CRT-Bildwiedergabegerätes senkrecht stehen. Der Abstand d muss $4 h$ oder größer sein.
ANMERKUNG Es sollte darauf geachtet werden, dass die Messungen nicht durch Schwingungen beeinflusst werden und keine Bildelemente innerhalb des Blickfeldes des Messgerätes fehlen.
- Die Anordnung für Messungen mit dem Farbmessgerät muss Bild 2 entsprechen, wobei eine Messsonde auf der Frontscheibe der Bildröhre angebracht ist.
- An den roten, grünen oder blauen Kanal angelegte Prüfsignale müssen ein Farb-Messfeld von der in Bild 3 dargestellten Größe ergeben. Die Positionsangaben des Farb-Messfeldes müssen sich auf dessen Mittelpunkt (Bild 3) beziehen. Wenn nicht anders angegeben, muss der Hintergrund schwarz sein.
- Der Messfleck muss ein auf dem Messfeld zentrierter runder Bereich sein. Der Durchmesser muss zwischen $0,05 h$ und $0,15 h$ liegen.

ANMERKUNG Wenn der Durchmesser des Bereiches den Anforderungen für extrem große oder kleine CRT-Bildwiedergabegeräte nicht genügt, dürfen andere Maße benutzt werden.

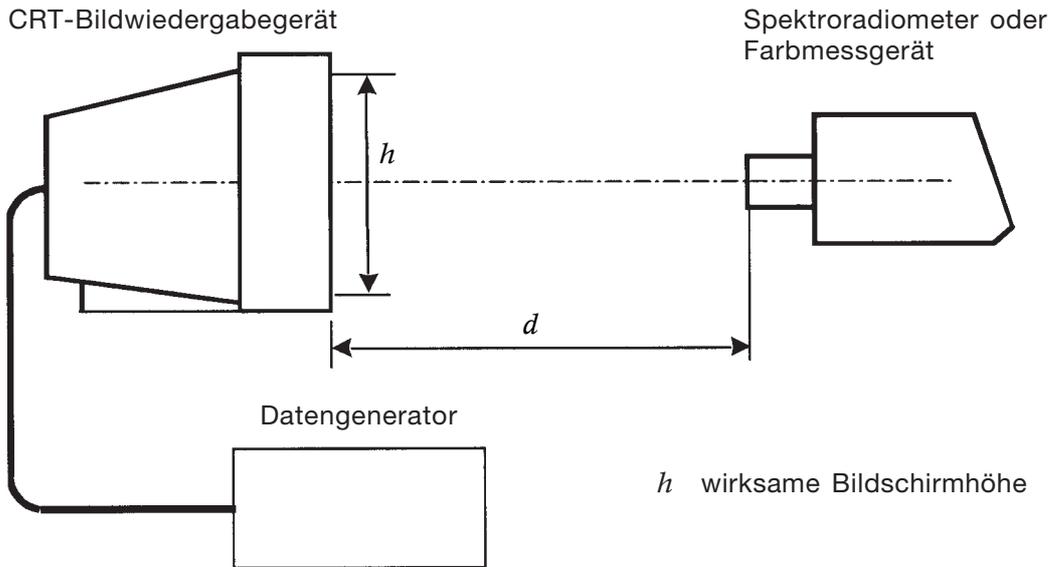


Bild 1 – Geräteanordnung für berührungslose Spotmessungen

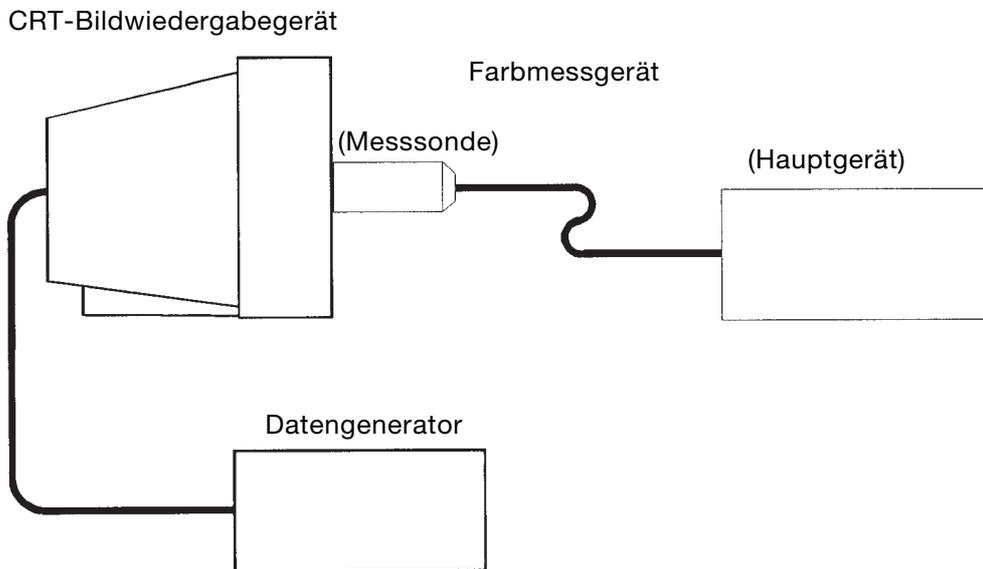


Bild 2 – Geräteanordnung für Messungen mit aufgelegter Messsonde

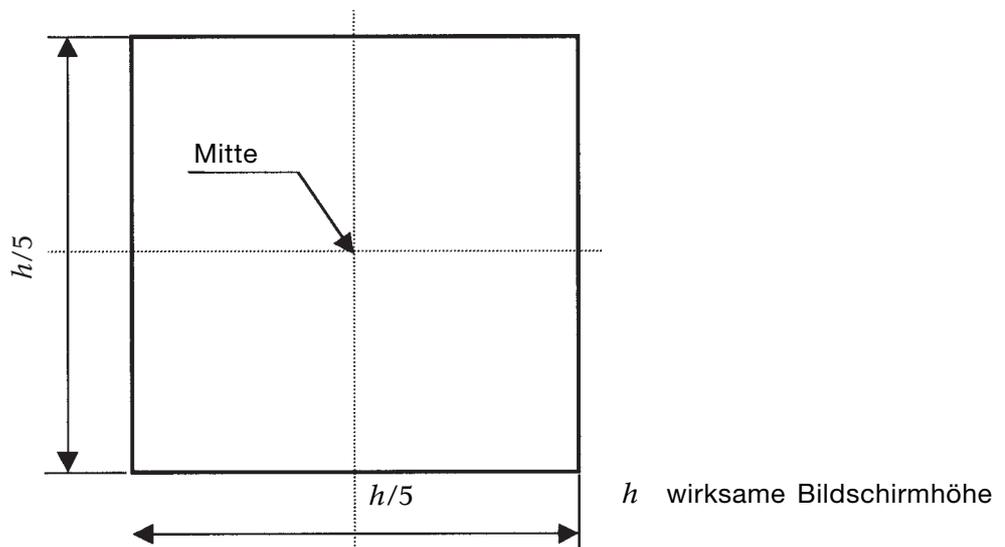


Bild 3 – Größe des Farb-Messfeldes

5.3 Digitale Eingangsdaten

Die Beziehungen zwischen den digitalen Eingangsdaten D_R , D_G und D_B mit N Bits je Kanal und den entsprechenden normierten Signalpegeln R , G und B zur Berechnung müssen wie folgt sein:

$$R_i = \frac{D_{R_i}}{2^N - 1}$$

$$G_i = \frac{D_{G_i}}{2^N - 1}$$

$$B_i = \frac{D_{B_i}}{2^N - 1}$$

Dabei gibt Index i die i -te Messstufe an.

6 Messgeräte

6.1 Spektroradiometer

Für die Messungen sollte ein Spektroradiometer entsprechend folgenden Vorgaben benutzt werden.

- a) Wellenlängenbereich von 380 nm bis 780 nm;
- b) Blickwinkel zwischen $0,1^\circ$ und $2,0^\circ$;
- c) Wellenlängenunsicherheit über dem ganzen Wellenlängenbereich weniger als 0,5 nm;
- d) Abtastintervall 5 nm oder weniger;
- e) Bandbreite 5 nm oder weniger;
- f) Wiederholpräzision 0,001 in x , y und 0,5 % in der Leuchtdichte (cd/m^2);
- g) Messunsicherheit 0,005 in x , y für Rot, Grün, Blau und Weiß einer Kathodenstrahlröhre und 4 % in der Leuchtdichte (cd/m^2).

x und y sind die Farbwertanteile nach CIE 1931.

ANMERKUNG 1 Mit einer Normquelle bekannter spektraler Leistungsverteilung sollten periodische Kalibrierungen durchgeführt werden.

ANMERKUNG 2 Weitere technische Einzelheiten des Aufbaus, der Kennzeichnung und der Kalibrierung von Spektroradiometern siehe CIE 63 und [7].

ANMERKUNG 3 Das Blickfeld sollte zusammen mit dem Abstand d so gewählt werden, dass der gemessene Bereich an dem CRT-Bildwiedergabegerät die Anforderungen nach 5.2 e) erfüllt.

6.2 Farbmessgerät

Das Farbmessgerät sollte den folgenden Vorgaben entsprechen:

- a) Messbereich (aufgelegte Messsonde) 0,05 h bis 0,15 h , wobei h die wirksame Bildschirmhöhe der Kathodenstrahlröhre ist;
- b) Blickfeld (Spotmessung) jeder Wert zwischen $0,1^\circ$ und $2,0^\circ$;
- c) Spektrale Ansprechempfindlichkeit den in ISO/IEC 10527 nach CIE definierten 2° -Farbabgleichsfunktionen entsprechend;
- d) Wiederholpräzision 0,002 in x , y und 0,5 % in der Leuchtdichte;
- e) Messunsicherheit 0,005 in x , y für rot, grün, blau und weiß einer Kathodenstrahlröhre und 4 % in der Leuchtdichte (cd/m^2).

x und y sind die in CIE 15.2 definierten Farbwertanteile nach CIE 1931.

ANMERKUNG 1 Das Blickfeld sollte zusammen mit dem Abstand d so gewählt werden, dass der gemessene Bereich an dem CRT-Bildwiedergabegerät die Anforderungen nach 5.2 e) erfüllt.

ANMERKUNG 2 Wenn die Eigen-Messunsicherheit des Farbmessgerätes dieser Empfehlung nicht entspricht, stehen Korrekturverfahren zur Verfügung, um die Genauigkeit der Messung der Kathodenstrahlröhre zu verbessern. (Siehe [1] und [2] und [13] in den Literaturhinweisen.)

ANMERKUNG 3 Das Messgerät sollte periodisch kalibriert werden, um die in e) gegebene Empfehlung bezüglich der Messunsicherheit sicherzustellen.

Die Ablesungen des Farbmessgerätes X , Y (cd/m^2) und Z müssen mit dem Leuchtdichtepegel für Spitzenweiß Y_n (cd/m^2) wie folgt normiert werden.

$$X' = \frac{X}{Y_n}$$

$$Y' = \frac{Y}{Y_n}$$

$$Z' = \frac{Z}{Y_n}$$

Wenn ein bei Messungen benutztes Farbmessgerät nicht den oben genannten Vorgaben entspricht, müssen die Typbezeichnung und die Vorgaben des Gerätes mit den Ergebnissen angegeben werden.

ANMERKUNG 4 Es ist bekannt, dass bei manchen Geräten schon kleine Kippwinkel zwischen der aufgelegten Messsonde und der Frontseite der Kathodenstrahl-Bildröhre zu großen Farbartfehlern führen können. Deshalb sollte auf die genaue Lage der Messsonde geachtet werden.

ANMERKUNG 5 Die Synchronisation von Farbmessgerät und Abtaststeuerung des CRT-Bildwiedergabegerätes sollten berücksichtigt werden.

7 Spektrale Eigenschaften und Intensität der Primärfarben und Weiß

7.1 Zu messende Eigenschaften

Spektrale Verteilung der Strahlung und entsprechende Farbwerte für Spitzenwerte der drei Primärfarben Rot, Grün und Blau und für Weiß.

7.2 Messbedingungen

- Die Anordnung der Geräte muss Bild 1 mit Spektroradiometer entsprechen.
- Das Farbsignal muss so erzeugt werden, dass das Farb-Messfeld in der Mitte des zu messenden Bildschirms liegt.
- Die digitalen Daten für den Hintergrund müssen $D_R = 0$, $D_G = 0$ und $D_B = 0$ sein.

7.3 Messverfahren

- Das zentrierte Farb-Messfeld muss entsprechend den Stufen der Messung nach Tabelle 1 erzeugt werden, wobei $M = 2^N - 1$ und N die Anzahl der Bits je Kanal ist.

Tabelle 1 – Eingangsdaten für Spitzen-Primärfarben und Weiß

Stufen	Farben	D_R	D_G	D_B
1	Spitzenrot	M	0	0
2	Spitzengrün	0	M	0
3	Spitzenblau	0	0	M
4	Spitzenweiß	M	M	M

- Die spektralen Verteilungen der Strahlungsdichten $r(\lambda)$, $g(\lambda)$, $b(\lambda)$ und $w(\lambda)$ der Abbildungen von Spitzenrot, -grün, -blau und -weiß auf dem Bildschirm müssen über den Wellenlängenbereich von $\lambda = 380$ nm bis 780 nm nacheinander mit dem Spektroradiometer gemessen werden.
- Die Ablesungen des Spektroradiometers X_C , Y_C und Z_C müssen auch notiert werden, wobei C als Index R , G und B den Primärfarben bzw. W Spitzenweiß entspricht.

7.4 Darstellung der Ergebnisse

- Die gemessenen Daten für die spektralen Verteilungen der Strahlungsintensität müssen in elektronischer Form für Spitzenrot, -grün, -blau und -weiß angegeben werden.
- Die spektralen Verteilungen der Strahlungsdichten $r(\lambda)$, $g(\lambda)$, $b(\lambda)$ müssen, wie in Bild 4 als Beispiel gezeigt, für Spitzenrot, -grün bzw. -blau als Kurven graphisch dargestellt werden.
- Die Ablesungen des Spektroradiometers mit einer Emulationsfunktion für Farbmessgeräte X_C , Y_C , Z_C für Spitzenrot, -grün, -blau und -weiß müssen als Tabelle angegeben werden (siehe Tabelle 2).

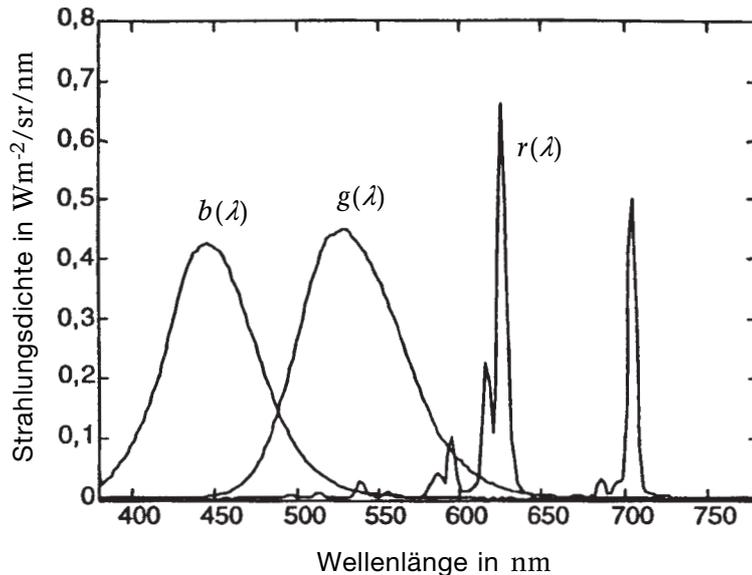


Bild 4 – Beispiel der spektralen Verteilungen der Strahlungsdichten; $r(\lambda)$, $g(\lambda)$, $b(\lambda)$

Tabelle 2 – Beispiel zur Form der Angaben für die Farben in maximaler Anregung

Stufen	Farben	X	Y cd/m ²	Z
1	Spitzenrot	32,71	16,79	1,53
2	Spitzengrün	24,94	55,55	10,87
3	Spitzenblau	15,89	6,31	90,48
4	Spitzenweiß	74,79	80,00	105,80

8 Farbmétrische Grundeigenschaften

8.1 Zu messende Eigenschaften

Lineares Verhältnis zwischen maximaler Eingangsanregung und den Farbwerten des Licht-Ausgangssignals.

8.2 Messverfahren

- a) Die bei der Messung nach 7.4 erhaltenen Ergebnisse werden zur Berechnung der Farbwerte benutzt, mit denen die rote, grüne und blaue Primärfarbe und die weiße Farbe beschrieben werden. Die Leuchtdichte in cd/m² muss wie folgt für Rot, Grün, Blau und Weiß normiert werden, wobei der Index C durch R , G , B , W ersetzt wird.

$$X'_C = \frac{X_C}{Y_n}$$

$$Y'_C = \frac{Y_C}{Y_n}$$

$$Z'_C = \frac{Z_C}{Z_n}$$

Dabei ist der Normierungsfaktor Y_n der gemessene Leuchtdichtewert für Spitzenweiß, der in Tabelle 2 angegeben wird.

- b) Die Farbwertanteile x_C und y_C nach CIE 1931 müssen für die Primärfarben und für Weiß nach CIE 15.2 berechnet werden, wobei C als Index R, G, B für die Primärfarben bzw. W für Weiß entspricht.

$$x_C = \frac{X'_C}{X'_C + Y'_C + Z'_C}$$

$$y_C = \frac{Y'_C}{X'_C + Y'_C + Z'_C}$$

$$z_C = 1 - x_C - y_C$$

- c) Die Elemente einer (3×3) -Matrix \mathbf{S} , festgelegt als

$$\begin{pmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{pmatrix} = \mathbf{S} \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} \quad (1)$$

müssen bestimmt werden wie in:

$$\mathbf{S} = \begin{pmatrix} x_R/y_R & x_G/y_G & x_B/y_B \\ 1 & 1 & 1 \\ z_R/y_R & z_G/y_G & z_B/y_B \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S_R & 0 & 0 \\ 0 & S_G & 0 \\ 0 & 0 & S_B \end{pmatrix}$$

Dabei sind S_R, S_G, S_B Lösungen der Gleichung (2):

$$\begin{pmatrix} x_R/y_R & x_G/y_G & x_B/y_B \\ 1 & 1 & 1 \\ z_R/y_R & z_G/y_G & z_B/y_B \end{pmatrix} \begin{pmatrix} S_R \\ S_G \\ S_B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_W/y_W \\ 1 \\ z_W/y_W \end{pmatrix} \quad (2)$$

8.3 Darstellung der Ergebnisse

- a) Die mit 100 multiplizierten Farbwerte und die Farbwertanteile x und y nach CIE 1931 müssen als Tabelle angegeben werden (siehe Tabelle 3).

Tabelle 3 – Beispiel für die Darstellung der Ergebnisse

Farben	Farbwerte			Farbwertanteile	
	X'	Y'	Z'	x	y
Spitzenrot	40,89	20,99	1,91	0,641	0,329
Spitzengrün	31,18	69,44	13,59	0,273	0,608
Spitzenblau	19,86	7,89	113,10	0,141	0,056
Spitzenweiß	93,49	100,00	132,25	0,287	0,307

ANMERKUNG Die USC-Koordinatenwerte u', v' nach CIE 1976 und die CIELAB-Werte L^*, a^* und b^* dürfen zusätzlich angegeben werden.

- b) Die Koeffizientenmatrix muss, wie gezeigt, angegeben werden.

$$\mathbf{S} = \begin{pmatrix} 0,4130 & 0,3174 & 0,2045 \\ 0,2120 & 0,7068 & 0,0812 \\ 0,0193 & 0,1383 & 1,1648 \end{pmatrix}$$

- c) Die in 5.5 von CIE 15.2 für Spitzenweiß definierte ähnlichste Farbtemperatur T_{cp} muss auch berechnet und zusammen mit der Abweichung δuv in Kelvin angegeben werden.

ANMERKUNG Für das empfohlene Verfahren zur Berechnung der ähnlichsten Farbtemperatur wird auf [18] verwiesen.

9 Tonwertkurven

9.1 Zu messende Eigenschaften

Nichtlineares Übertragungsverhältnis zwischen den am roten, grünen oder blauen Kanal angelegten normierten Eingangs-Signalpegeln R , G , B und den normierten Leuchtdichtepegeln R' , G' , B' des Bildschirms, ausgedrückt durch die folgenden Formeln.

$$\begin{aligned} R' &= (k_{gR}R + k_{oR})^{\gamma_R} + R_o & \text{für } k_{gR}R + k_{oR} \geq 0 \\ G' &= (k_{gG}G + k_{oG})^{\gamma_G} + G_o & \text{für } k_{gG}G + k_{oG} \geq 0 \\ B' &= (k_{gB}B + k_{oB})^{\gamma_B} + B_o & \text{für } k_{gB}B + k_{oB} \geq 0 \end{aligned} \quad (3)$$

Sonst

$$\begin{aligned} R' &= R_o \\ G' &= G_o \\ B' &= B_o \end{aligned} \quad (4)$$

Dabei entsprechen die Koeffizienten k_g und k_o einer Verstärkung bzw. einem Offset für jeden Kanal. R_o , G_o und B_o sind die normierten Offsets für Eingangssignal Null in den entsprechenden Kanälen; der Parameter γ zeigt die Nichtlinearität der Übertragungsfunktion.

9.2 Messbedingungen

- Die Geräteanordnung sollte Bild 1 oder Bild 2 entsprechen.
 - Die Eingangsdaten D_{R_i} , D_{G_i} und D_{B_i} für die Messstufe i müssen so angelegt werden, dass sie die Farb-Messfelder in der Mitte des Bildschirms des zu messenden CRT-Bildwiedergabegerätes erzeugen (siehe Bild 3).
 - Die digitalen Daten für den Hintergrund müssen $D_R = 0$, $D_G = 0$ und $D_B = 0$ sein.
- ANMERKUNG Bezüglich der Beziehung zwischen digitalen Daten D_{R_i} , D_{G_i} , D_{B_i} und den Werten von R_i , G_i , B_i siehe Gleichung in 5.3.

9.3 Messverfahren

- Die zentrierten Farb-Messfelder müssen für 17 Werte der Eingangsdaten von 0 , $\frac{1}{16}2^N$, $\frac{2}{16}2^N$, ..., bis $M = 2^N - 1$ angezeigt werden, dabei ist N die Anzahl der Bits für jeden der drei Kanäle. Bei der Messung des roten Kanals muss $D_G = D_B = 0$, des grünen Kanals $D_R = D_B = 0$ bzw. des blauen Kanals $D_R = D_G = 0$ bleiben.
- Die Ablesungen des Farbmessgerätes müssen die Farbwerte für jedes einzelne Farb-Messfeld auf dem Bildschirm sein und müssen nacheinander mit dem Farbmessgerät gemessen und als X_C^i , Y_C^i , Z_C^i , notiert werden, wobei der Index C durch R , G , B für den roten, grünen bzw. blauen Kanal ersetzt werden muss, und der Index i den Messstufen $i = 0, 1, 2, \dots, 16$ entspricht.
- Die gemessenen Werte müssen mit dem Wert normiert werden, der der maximalen Anregung für die letzte Stufe 16 mit den Eingangsdaten $M = 2^N - 1$ entspricht.

$$R'_i = \frac{X_R^i}{X_R^{16}}$$

$$G'_i = \frac{Y_G^i}{Y_G^{16}}$$

$$B'_i = \frac{Z_B^i}{Z_B^{16}}$$

- Die Koeffizienten in Gleichung (3) müssen durch eine nichtlineare Regression der gemessenen und normierten Datensätze geschätzt werden.

9.4 Darstellung der Ergebnisse

- a) Die errechneten Parameter müssen zusammen mit dem Normierungsfaktor L_{16} und zusammen mit dem benutzten nichtlinearen Regressionsverfahren angegeben werden, siehe Tabelle 4.

Tabelle 4 – Beispiel für die errechneten Parameter und normierten Faktoren

Kanal	Exponent γ	Verstärkung k_g	Eingangsoffset k_0	Ausgangsoffset C_0	Normalisierung
Rot	2,1744	1,1561	-0,1573	0,0027	30,4866
Grün	2,0348	1,2069	-0,2077	0,0049	49,2000
Blau	2,1067	1,1812	-0,1809	0,0031	86,5014

- b) Die Grunddaten für den roten, grünen und blauen Kanal müssen auch als Tabelle angegeben werden, siehe Tabelle 5.

Tabelle 5 – Beispiel für Grunddaten von Tonwertkurven

D	X_R	Y_R	Z_R	X_G	Y_G	Z_G	X_B	Y_B	Z_B
0	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
16	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
32	0,0225	0,0100	0,0025	0,0122	0,0200	0,0045	0,0000	0,0000	0,0000
48	0,1331	0,0700	0,0071	0,0847	0,1800	0,0358	0,0521	0,0200	0,2850
64	0,4719	0,2400	0,0220	0,3250	0,6900	0,1293	0,2282	0,0900	1,2889
80	1,0748	0,5500	0,0520	0,7784	1,6700	0,3119	0,5071	0,2000	2,8643
96	1,9709	1,0100	0,0890	1,4683	3,1500	0,5883	0,9811	0,3800	5,5480
112	3,2002	1,6400	0,1446	2,4145	5,1800	0,9675	1,6007	0,6200	9,0520
128	4,7759	2,4400	0,2232	3,6217	7,7700	1,4513	2,4011	0,9300	13,5780
144	6,6745	3,4100	0,3119	5,0710	10,9000	2,0753	3,4080	1,3200	19,2720
160	8,9841	4,5900	0,4198	6,8389	14,7000	2,7988	4,5956	1,7800	25,9880
176	11,6656	5,9600	0,5451	8,8859	19,1000	3,6366	5,8575	2,3100	33,0825
192	14,7190	7,5200	0,6878	11,1722	24,1000	4,6285	7,4043	2,9200	41,8186
208	18,1835	9,2900	0,8497	13,8146	29,8000	5,7232	9,2300	3,6400	52,1300
224	21,8878	11,2000	1,0585	16,6424	35,9000	6,8947	11,0282	4,3800	62,8061
240	26,1872	13,4000	1,2665	19,7483	42,6000	8,1815	13,2871	5,2400	75,0443
255	30,4866	15,6000	1,4744	22,8458	49,2000	9,5463	15,3157	6,0400	86,5014

- c) Die gemessenen und normierten Daten R'_i , G'_i , B'_i für $i = 0$ bis $i = 16$ müssen, wie in den Gleichungen (3) und (4) definiert und wie in Bild 5 gezeigt, als Kurven mit den berechneten nichtlinearen Übertragungsfunktionen angegeben werden.

ANMERKUNG Bei den Kurven mit logarithmischer Achsenskalierung (log-log) werden die Werte Null sowohl an der Ordinate als auch an der Abszisse nicht berücksichtigt.

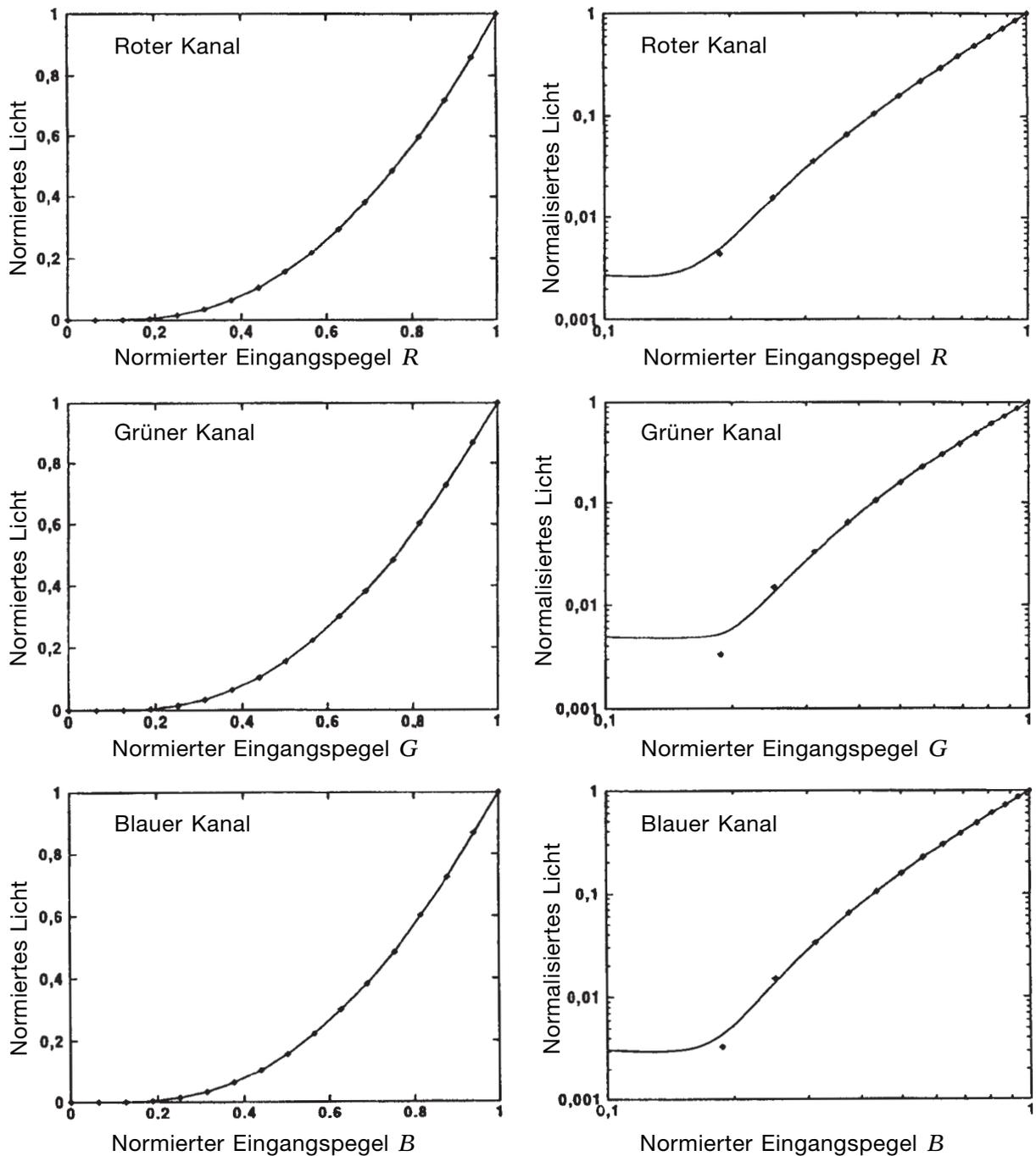


Bild 5 – Gemessene Punkte und angenäherte nichtlineare Kurven in linearen und log-log-Maßstäben

10 Abhängigkeit zwischen den Kanälen

10.1 Zu messende Eigenschaften

Kanal-Wechselbeziehung zwischen den Eingangsdaten und den Farbwerten X' , Y' , Z' der angezeigten Farben.

Die Beziehung, die von der Wechselwirkung zwischen den Kanälen abhängt, muss wie folgt definiert werden:

$$\begin{pmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{pmatrix} = \mathbf{S} \cdot \mathbf{T} \begin{pmatrix} 1 \\ R' \\ G' \\ B' \\ R'G' \\ G'B' \\ B'R' \\ R'G'B' \end{pmatrix} \quad (5)$$

Dabei werden die Variablen R' , G' und B' in Abschnitt 9 als von den Eingangsdaten D_R , D_G , bzw. D_B abhängig definiert. Die abhängigen Variablen X' , Y' und Z' sind gemessene und normierte Farbwerte des Licht-Ausgangssignals wie in 8.2. In Gleichung (5) sind \mathbf{S} und \mathbf{T} (3×3)- und (3×8)-Matrizen, die wie folgt definiert sind.

$$\mathbf{S} = \begin{pmatrix} s_{11} & s_{12} & s_{13} \\ s_{21} & s_{22} & s_{23} \\ s_{31} & s_{32} & s_{33} \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{T} = \begin{pmatrix} t_{0X} & t_{1X} & t_{2X} & t_{3X} & t_{4X} & t_{5X} & t_{6X} & t_{7X} \\ t_{0Y} & t_{1Y} & t_{2Y} & t_{3Y} & t_{4Y} & t_{5Y} & t_{6Y} & t_{7Y} \\ t_{0Z} & t_{1Z} & t_{2Z} & t_{3Z} & t_{4Z} & t_{5Z} & t_{6Z} & t_{7Z} \end{pmatrix}$$

ANMERKUNG Die in 8.3 erhaltene und angegebene Matrix \mathbf{S} ist die dominante Beziehung. Die Matrix \mathbf{T} definiert die Zwischen-Kanal-Beziehungen zwischen roten, grünen und blauen Kanälen.

10.2 Messbedingungen

- Die Geräte müssen wie in Bild 1 oder Bild 2 angeordnet sein.
- Das Farbsignal muss so angelegt werden, dass das Farb-Messfeld in der Mitte des Bildschirms des zu messenden CRT-Bildwiedergabegerätes erzeugt wird.
- Die Eingangsdaten für den Hintergrund müssen $D_R = 0$, $D_G = 0$ und $D_B = 0$ sein.

10.3 Messverfahren

- Die zentrierten Farb-Messfelder müssen mit Eingangsdaten angezeigt werden, die den in Tabelle 6 für die 32 Farben gezeigten Messstufen entsprechen.
- Die normierten Farbwerte X'_i , Y'_i , Z'_i für $i = 1$ bis $i = 32$ müssen für alle Farb-Messfelder auf dem Bildschirm nacheinander mit dem Farbmessgerät gemessen werden.
- Die D_{Ri} , D_{Gi} , D_{Bi} in Tabelle 6 entsprechenden Daten R'_i , G'_i , B'_i müssen für $i = 1$ bis $i = 32$ durch Einsetzen der angegebenen Parameter der Tonwertkurven in den Gleichungen (3) und (4) in 9.1 berechnet werden.

In Tabelle 6 müssen die Werte der Daten D_k wie folgt sein:

$$D_k = \begin{cases} 2^{N-3} k & \text{für } k = 0 \dots 7, \\ 2^{N-3} k - 1 & \text{für } k = 8. \end{cases}$$

Dabei ist N die Anzahl der Bits für jeden Kanal.

Tabelle 6 – Digitale Eingangssignale zum Erzeugen von Farb-Messfeldern für die Messung der Abhängigkeit zwischen den Kanälen

Stufe i	Farbe	D_R	D_G	D_B	Stufe i	Farbe	D_R	D_G	D_B
1	grau 1	D_1	D_1	D_1	17	blau 1	D_0	D_0	D_4
2	grau 2	D_2	D_2	D_2	18	blau 2	D_2	D_2	D_6
3	grau 3	D_3	D_3	D_3	19	blau 3	D_0	D_0	D_8
4	grau 4	D_4	D_4	D_4	20	blau 4	D_4	D_4	D_8
5	grau 5	D_5	D_5	D_5	21	gelb 1	D_4	D_4	D_0
6	grau 6	D_6	D_6	D_6	22	gelb 2	D_6	D_6	D_2
7	grau 7	D_7	D_7	D_7	23	gelb 3	D_8	D_8	D_0
8	grau 8	D_8	D_8	D_8	24	gelb 4	D_8	D_8	D_4
9	rot 1	D_4	D_0	D_0	25	magenta 1	D_4	D_0	D_4
10	rot 2	D_6	D_2	D_2	26	magenta 2	D_6	D_2	D_6
11	rot 3	D_8	D_0	D_0	27	magenta 3	D_8	D_0	D_8
12	rot 4	D_8	D_4	D_4	28	magenta 4	D_8	D_4	D_8
13	grün 1	D_0	D_4	D_0	29	cyan 1	D_0	D_4	D_4
14	grün 2	D_2	D_6	D_2	30	cyan 2	D_2	D_6	D_6
15	grün 3	D_0	D_8	D_0	31	cyan 3	D_0	D_8	D_8
16	grün 4	D_4	D_8	D_4	32	cyan 4	D_4	D_8	D_8

10.4 Darstellung der Ergebnisse

a) Die in Gleichung (5) definierten Werte der Koeffizientenmatrix \mathbf{T} müssen nach folgender Gleichung berechnet werden.

$$\mathbf{T} = \mathbf{S}^{-1} \left[(\mathbf{D}^t \mathbf{D})^{-1} \mathbf{D}^t \mathbf{A} \right]^{-t}$$

Dabei ist

$$\mathbf{D} = \left(\begin{array}{ccc|ccc|c} 1 & R'_1 & G'_1 & B'_1 & R'_1 G'_1 & G'_1 B'_1 & B'_1 R'_1 & R'_1 G'_1 B'_1 \\ 1 & R'_2 & G'_2 & B'_2 & R'_2 G'_2 & G'_2 B'_2 & B'_2 R'_2 & R'_2 G'_2 B'_2 \\ \vdots & \vdots \\ 1 & R'_{32} & G'_{32} & B'_{32} & R'_{32} G'_{32} & G'_{32} B'_{32} & B'_{32} R'_{32} & R'_{32} G'_{32} B'_{32} \end{array} \right)$$

$$\mathbf{A} = \left(\begin{array}{ccc} X'_1 & Y'_1 & Z'_1 \\ X'_2 & Y'_2 & Z'_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ X'_{32} & Y'_{32} & Z'_{32} \end{array} \right)$$

b) Die Matrix muss, wie nachstehend gezeigt, angegeben werden:

$$\mathbf{T} = \left(\begin{array}{ccc|ccc|c} 0,0180 & 0,9894 & 0,0000 & -0,0020 & -0,0079 & 0,0064 & -0,0015 & 0,0048 \\ 0,0189 & -0,0033 & 0,9797 & -0,0045 & 0,0009 & -0,0079 & 0,0051 & 0,0126 \\ 0,0179 & -0,0027 & -0,0028 & 0,9543 & 0,0060 & 0,0120 & 0,0157 & -0,0006 \end{array} \right)$$

c) Die gemessenen Daten müssen auch, wie in Tabelle 7 gezeigt, angegeben werden.

Tabelle 7 – Beispiel der normierten Farbwerte (Matrix A)

<i>i</i>	<i>X'</i>	<i>Y'</i>	<i>Z'</i>
1	0,003 1	0,003 5	0,004 9
2	0,026 3	0,028 9	0,037 1
3	0,080 5	0,087 2	0,111 8
4	0,171 5	0,184 5	0,237 3
5	0,300 7	0,322 5	0,417 2
6	0,472 9	0,505 6	0,657 8
7	0,678 3	0,725 4	0,951 4
8	0,934 9	1,000 0	1,322 5
9	0,074 9	0,038 5	0,003 5
10	0,222 6	0,130 1	0,047 7
11	0,408 9	0,209 9	0,019 1
12	0,504 9	0,356 3	0,255 8
13	0,059 6	0,131 3	0,025 0
14	0,177 8	0,363 4	0,103 1
15	0,311 8	0,694 4	0,135 9
16	0,428 1	0,754 9	0,351 4
<i>i</i>	<i>X'</i>	<i>Y'</i>	<i>Z'</i>
17	0,036 2	0,014 4	0,206 0
18	0,121 9	0,067 5	0,577 3
19	0,198 6	0,078 9	1,131 0
20	0,327 2	0,243 7	1,133 1
21	0,135 0	0,170 4	0,028 7
22	0,375 4	0,466 2	0,113 7
23	0,725 8	0,912 7	0,158 1
24	0,765 5	0,931 0	0,372 4
25	0,110 7	0,052 5	0,209 4
26	0,320 7	0,169 0	0,593 7
27	0,613 4	0,290 1	1,168 9
28	0,673 7	0,423 9	1,193 9
29	0,096 4	0,146 5	0,234 3
30	0,274 3	0,404 2	0,646 8
31	0,516 7	0,780 3	1,286 7
32	0,590 1	0,812 7	1,279 4

11 Räumliche Ungleichmäßigkeit

11.1 Zu messende Eigenschaften

Ungleichmäßigkeit der Helligkeit (siehe IEC 60050(845-03-54) und (845-03-56)) und der Farbkoordinaten über den gesamten Bildschirm des CRT-Bildwiedergabegerätes.

11.2 Messbedingungen

Die Anordnung der Geräte sollte Bild 2 entsprechen.

11.3 Messverfahren

- Die Daten $D_R = M$, $D_G = M$ und $D_B = M$ müssen so angelegt werden, dass auf dem ganzen Bildschirm Weiß abgebildet wird, wobei $M = 2^N - 1$ und N die Anzahl der Bits je Kanal ist.
- Die Farbwerte X_i , Y_i , und Z_i müssen, wie in Bild 6 dargestellt, unter Verwendung des Farbmessgerätes an 25 Punkten ($1 \leq i \leq 25$) gemessen werden.
- Die folgenden Farbabweichungen im CIE 1976 USC- und im $L^*a^*b^*$ -Farbraum nach CIE 1976 müssen bezogen auf die Daten X_{13} , Y_{13} , Z_{13} , die der Mitte des Bildschirms entsprechen, berechnet werden.

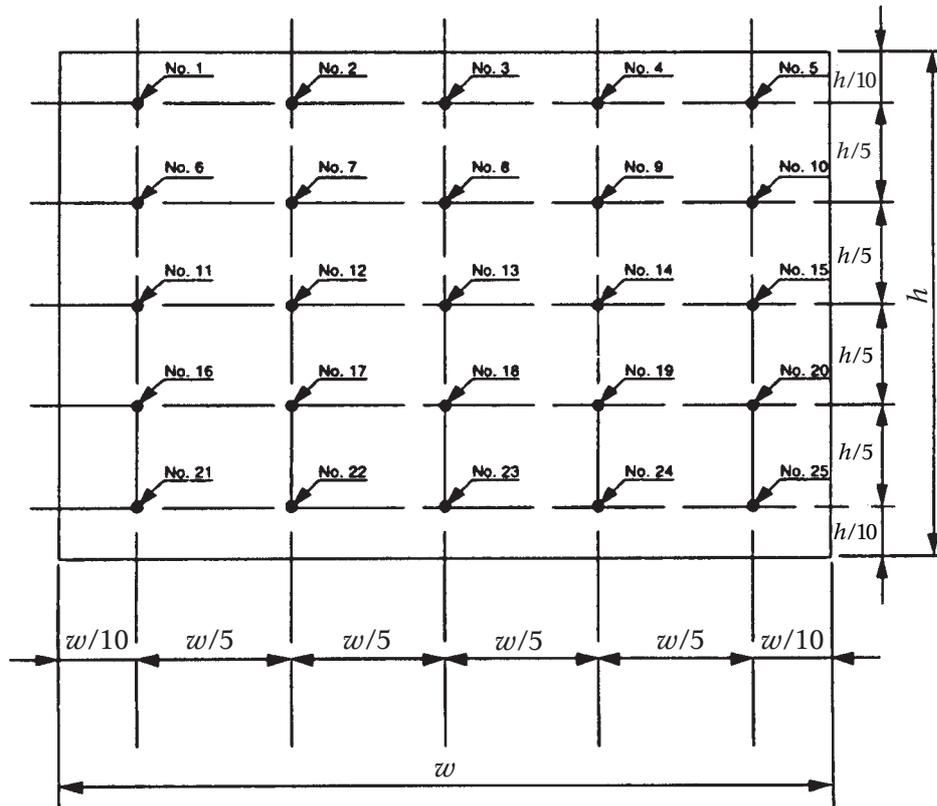
$$\Delta u'_i = u'_i - u'_{13}$$

$$\Delta v'_i = v'_i - v'_{13}$$

$$\Delta u'v'_i = \sqrt{\Delta u_i'^2 + \Delta v_i'^2}$$

$$\Delta L_i^* = L_i^* - L_{13}^*$$

$$\Delta C_{ab_i}^* = \sqrt{a_i^{*2} + b_i^{*2}} - \sqrt{a_{13}^{*2} + b_{13}^{*2}}$$



h wirksame Bildschirmhöhe
 w wirksame Bildschirmbreite

Bild 6 – Messpunkte für räumliche Ungleichmäßigkeit

Dabei sind u' , v' und L^* , a^* , b^* in CIE 15.2 definiert als

$$u'_i = \frac{4X_i}{X_i + 15Y_i + 3Z_i}$$

$$v'_i = \frac{9Y_i}{X_i + 15Y_i + 3Z_i}$$

$$L_i^* = 116 \left(\frac{Y_i}{Y_{13}} \right)^{\frac{1}{3}} - 16$$

$$a_i^* = 500 \left\{ \left(\frac{X_i}{X_{13}} \right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Y_i}{Y_{13}} \right)^{\frac{1}{3}} \right\}$$

$$b_i^* = 200 \left\{ \left(\frac{Y_i}{Y_{13}} \right)^{\frac{1}{3}} - \left(\frac{Z_i}{Z_{13}} \right)^{\frac{1}{3}} \right\}$$

ANMERKUNG Diese Gleichungen sind für $\frac{Y_i}{Y_{13}} \geq 0,008856$ gültig.

11.4 Darstellung der Ergebnisse

Als Maß für die Ungleichmäßigkeit müssen die errechneten Ergebnisse $\Delta u'$, $\Delta v'$, $\Delta u'v'$, ΔL_i^* und ΔC_{ab}^* für $1 \leq i \leq 25$ angegeben werden, siehe Tabelle 8. Für die Interpretation und die Anforderung für die Werte von $\Delta u'v'$ muss auf ISO 9241-8 Bezug genommen werden.

Tabelle 8 – Beispiel für die Form der Darstellung

Position	$\Delta u'$	$\Delta v'$	$\Delta u'v'$	ΔL^*	ΔC_{ab}^*
1	0,001 2	-0,002 8	0,003 0	-0,29	2,96
2	0,000 8	-0,001 1	0,001 4	-0,46	1,28
3	0,001 1	-0,000 4	0,001 2	1,21	1,05
4	0,002 9	-0,000 6	0,003 0	1,38	2,61
5	0,001 9	-0,001 5	0,002 4	1,09	2,29
6	0,000 3	-0,004 9	0,004 9	-6,14	4,18
7	0,001 2	-0,002 8	0,003 0	-4,04	2,86
8	0,001 4	0,000 3	0,001 4	1,21	1,11
9	0,002 5	-0,000 1	0,002 5	2,34	2,11
10	0,001 9	-0,001 5	0,002 4	0,98	2,29
11	-0,000 4	-0,005 1	0,005 1	-8,80	4,04
12	0,000 5	-0,003 0	0,003 0	-5,17	2,67
13	0,000 0	0,000 0	0,000 0	0,00	0,00
14	0,001 8	-0,000 2	0,001 8	2,00	1,57
15	0,002 0	-0,002 7	0,003 4	0,00	3,23
16	0,000 6	-0,004 2	0,004 2	-5,88	3,70
17	-0,001 3	-0,002 7	0,003 0	-2,80	2,27
18	0,001 1	-0,000 4	0,001 2	1,15	1,05
19	0,002 1	0,000 4	0,002 1	2,78	1,69
20	0,000 5	-0,001 8	0,001 9	1,94	1,73
21	-0,001 3	-0,002 7	0,003 0	1,66	2,36
22	0,000 8	-0,001 1	0,001 3	1,26	1,30
23	0,002 1	0,000 4	0,002 1	1,72	1,67
24	0,002 1	0,000 4	0,002 1	2,17	1,68
25	-0,000 1	-0,004 4	0,004 4	2,50	3,91

12 Zeitliche Stabilität

12.1 Kurzzeit-Stabilität

12.1.1 Zu messende Eigenschaften

Die Stabilität der Farbwiedergabe beim ersten Anlegen der Versorgungsspannung an das CRT-Bildwiedergabegerät.

12.1.2 Messbedingungen

- Die Anordnung der Geräte sollte Bild 1 oder Bild 2 entsprechen.
- Das CRT-Bildwiedergabegerät muss vor der Messung länger als 2 h ausgeschaltet sein.
- Die erste Ablesung muss eine Minute nach dem Einschalten des CRT-Bildwiedergabegerätes vorgenommen werden.

12.1.3 Messverfahren

- Die Eingangsdaten $D_R = M$, $D_G = M$, $D_B = M$ müssen so angelegt werden, dass auf der gesamten Frontseite der Bildröhre Weiß angezeigt wird, wobei $M = 2^N - 1$ und N die Anzahl der Bits je Kanal ist.
- Die Leuchtdichte Y in cd/m^2 und die Farbwertanteile x und y im CIE-1931-Diagramm müssen mit einem Farbmessgerät in der Mitte des Bildschirms über einen Zeitraum von 2 h jede Minute gemessen werden.

c) Der zeitliche Mittelwert der gemessenen Leuchtdichte \bar{Y} muss nach folgender Formel berechnet werden.

$$\bar{Y} = \frac{1}{120} \sum_{i=1}^{120} Y_i$$

12.1.4 Darstellung der Ergebnisse

Die Leuchtdichte Y in Abhängigkeit von der Zeit muss als Kurve gezeichnet werden, wobei die vertikale Achse den Bereich von $\bar{Y} - 10$ (cd/m²) bis $\bar{Y} + 10$ (cd/m²) umfassen muss.

Die Farbwertanteile x und y müssen auch als Kurve gezeichnet werden, wobei, wie in Bild 7 gezeigt, die vertikale Achse den Bereich von 0,2 bis 0,4 umfassen muss.

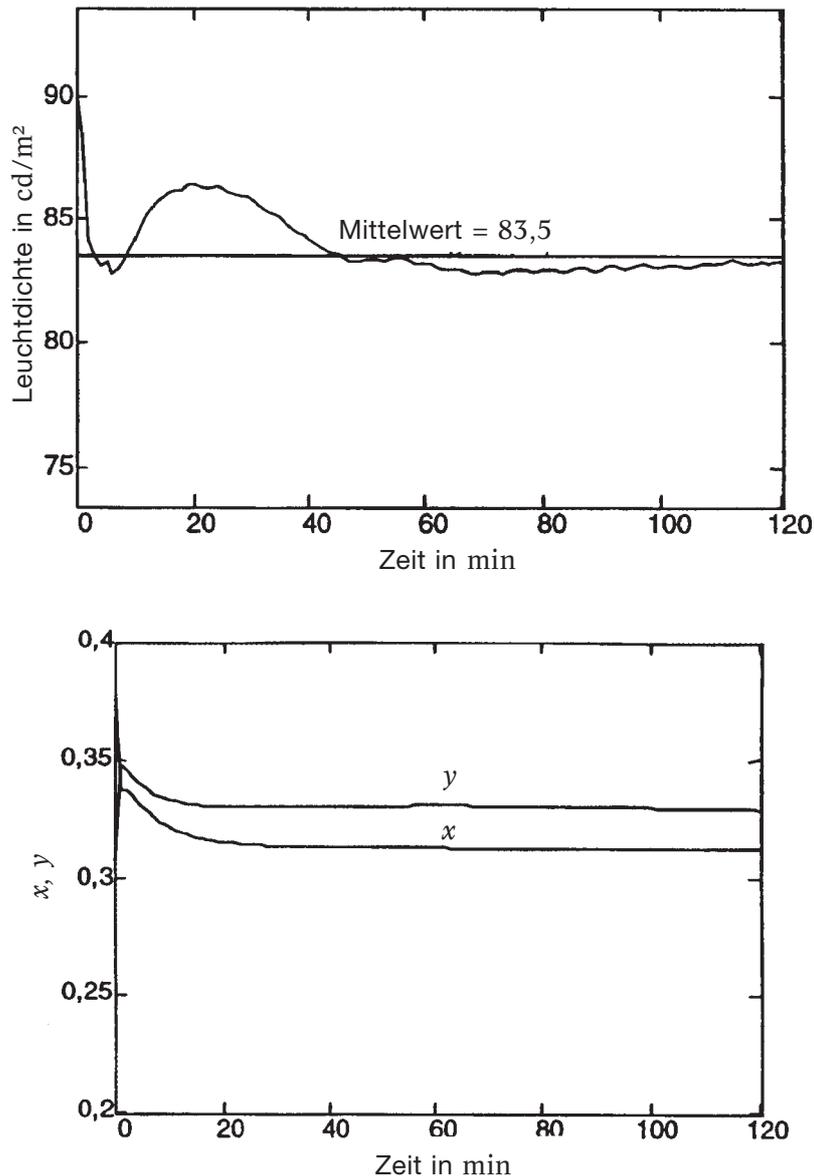


Bild 7 – Beispiel der graphischen Darstellung der Kurzzeit-Stabilität

12.2 Mittelfristige Stabilität

12.2.1 Zu messende Eigenschaften

Die Stabilität der Farbwiedergabe von CRT-Bildwiedergabegeräten beim täglichen Gebrauch.

12.2.2 Messbedingungen

a) Die Anordnung der Geräte muss Bild 1 oder Bild 2 entsprechen.

- b) Vor der Messung muss das CRT-Bildwiedergabegerät länger als 2 h ausgeschaltet sein.
- c) Die erste Ablesung muss 10 min nach dem Einschalten des CRT-Bildwiedergabegerätes vorgenommen werden.

12.2.3 Messverfahren

- a) Die Eingangsdaten $D_R = M$, $D_G = M$, $D_B = M$ müssen so angelegt werden, dass auf der gesamten Frontfläche der Bildröhre Weiß angezeigt wird, wobei $M = 2^N - 1$ und N die Anzahl der Bits je Kanal ist.
- b) Die Leuchtdichte Y in cd/m^2 und die Farbwertanteile x und y im CIE-1931-Diagramm müssen mit einem Farbmessgerät in der Mitte des Bildschirmes über einen Zeitraum von 24 h alle 10 min gemessen werden.
- c) Der zeitliche Mittelwert für die gemessene Leuchtdichte \bar{Y} muss wie folgt berechnet werden:

$$\bar{Y} = \frac{1}{144} \sum_{i=1}^{144} Y_i$$

12.2.4 Darstellung der Ergebnisse

Die Leuchtdichte Y muss über der Zeit als Kurve gezeichnet werden, wobei die vertikale Achse den Bereich von $\bar{Y} - 5$ (cd/m^2) bis $\bar{Y} + 5$ (cd/m^2) umfassen muss.

Die Farbwertanteile x und y müssen auch als Kurven gezeichnet werden, bei denen die vertikale Achse den Bereich von 0,2 bis 0,4 umfassen muss (siehe Bild 8).

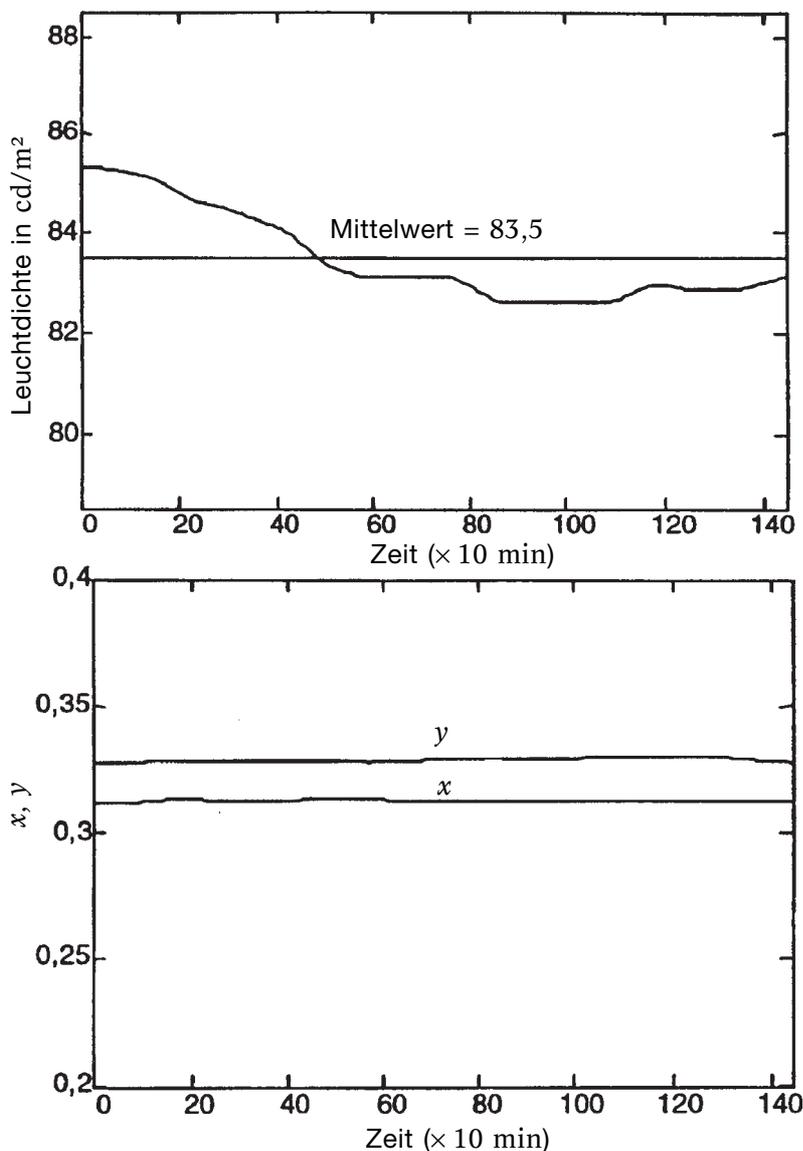


Bild 8 – Beispiel der graphischen Darstellung der mittelfristigen Stabilität

13 Oberflächenreflektion

13.1 Zu messende Eigenschaften

Leuchtdichtefaktor (IEV 845-04-69) der Oberfläche des Bildschirms.

13.2 Messbedingungen

Das zu messende CRT-Bildwiedergabegerät muss ausgeschaltet sein. Die Frontseite der Bildröhre muss, wie in Bild 9 gezeigt, aus 45° beleuchtet und in der 45/0-Geometrie nach ISO 5-4 gemessen werden.

Die Lichtquelle muss eine Glühlichtquelle sein, die ein Spektrum nahe der CIE-Normlichtart A (2 856 K ± 100 K) entsprechend ISO/CIE 10526 aufweist. Die Abmessungen der Quelle und der Abstand zu der Anzeige müssen so gewählt werden, dass der der größten Abmessung der Quelle gegenüberliegende Winkel von der Mitte der Anzeige aus weniger als (5 ± 2,5)° beträgt. Der Einfallswinkel der Lichtquelle muss auf (45 ± 3)° eingestellt werden. Das Spektroradiometer muss bei einem Abstand von $d \geq 4 h$ einen runden Fleck mit einem Durchmesser von 0,05 h bis 0,15 h erfassen, wobei h die wirksame Bildschirmhöhe ist. Das Spektroradiometer muss vor direkter Beleuchtung durch die Lichtquelle optisch abgeschirmt sein.

13.3 Messverfahren

- Ein für den 45/0-Luminanzfaktor β_p geeichtes weißes diffuses Reflektionsnormal (z. B. gepresstes/gesintertes Polytetrafluorethylen (PTFE) oder Bariumsulfat) muss an die Stelle des Bildschirms der Kathodenstrahlröhre gebracht und die Leuchtdichte L_p unter der Beleuchtung gemessen werden.
- Das zu prüfende Bildwiedergabegerät muss an der Messstelle angeordnet werden, und die Leuchtdichte muss unter der Beleuchtung L_s gemessen werden.
- Der Leuchtdichtefaktor β_s muss wie folgt berechnet werden:

$$\beta_s = \frac{\beta_p L_s}{L_p}$$

ANMERKUNG 1 Der Pegel der Beleuchtung sollte so eingestellt werden, dass die Messung innerhalb eines ablesbaren Bereiches des Messgerätes durchgeführt werden kann.

ANMERKUNG 2 Für ein alternatives Messverfahren wird auf Anhang B verwiesen.

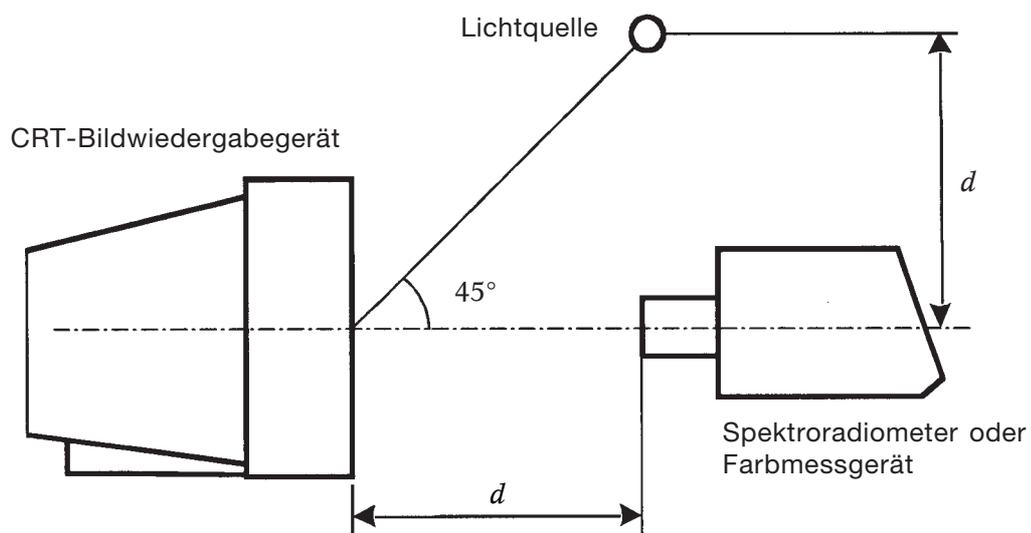


Bild 9 – Geräteanordnung

13.4 Darstellung des Ergebnisses

Der Leuchtdichtefaktor β_S muss als Prozentsatz angegeben werden, siehe Tabelle 9.

Tabelle 9 – Beispiel für die Form der Darstellung

Leuchtdichte cd/m ²		Oberflächenreflektion %
L_S	L_P	β_S
4,97	110,00	4,52

ANMERKUNG Für einen Interpretationsvorschlag des Messergebnisses siehe Anhang C.

14 Interne Überstrahlung

14.1 Zu messende Eigenschaften

Der Grad der farbmtrischen Änderung in der Mitte des Bildschirmes, der von der Helligkeit des Hintergrundes abhängt.

14.2 Messbedingungen

- Die Anordnung der Geräte muss Bild 1 oder Bild 2 entsprechen.
- Die Eingangsdaten müssen so erzeugt werden, dass das in Bild 3 festgelegte Messfeld in der Mitte des Bildschirmes des zu messenden CRT-Bildwiedergabegerätes angeordnet ist.

14.3 Messverfahren

- Der Signalgenerator nach Bedingung 1 muss die Eingangsdaten $D_R = M$, $D_G = M$ und $D_B = M$ für das zentrierte Messfeld und $D_R = 0$, $D_G = 0$ und $D_B = 0$ für den Hintergrund erzeugen.
- Die dem zentrierten Messfeld entsprechenden Farbwerte X_1 , Y_1 und Z_1 müssen gemessen werden.
- Die Daten für den Hintergrund müssen nach Bedingung 2 auf $D_R = 2^{N-1}$, $D_G = 2^{N-1}$, $D_B = 2^{N-1}$ umgeschaltet werden. Dann müssen die Farbwerte X_2 , Y_2 und Z_2 , die demselben Messfeld in der Mitte entsprechen, gemessen werden.

14.4 Darstellung der Ergebnisse

Die Farbverschiebung muss als Differenzen der Farbwerte nach CIE 15.2 wie folgt berechnet

$$X_S = X_2 - X_1$$

$$Y_S = Y_2 - Y_1$$

$$Z_S = Z_2 - Z_1$$

und wie in Tabelle 10 gezeigt angegeben werden.

ANMERKUNG Für eine Interpretation der Ergebnisse siehe Anhang D.

Tabelle 10 – Beispiel für die farbmtrische Änderung

	X	Y	Z
Bedingung 1	0,081 8	0,090 0	0,121 4
Bedingung 2	0,000 0	0,000 0	0,000 0
Differenz	0,081 8	0,090 0	0,121 4

Anhang A (normativ) Erforderliche farbmimetrische Messgeräte

Dieser Anhang dient dazu, die farbmimetrischen Messgeräte, die für die einzelnen Messungen erforderlich sind, zusammenzufassen. Berührungslos messende Geräte sind mit „Bild 1“ gekennzeichnet, Geräte mit aufzulegender Messsonde mit „Bild 2“.

Tabelle A.1 – Typen der Messgeräte

Abschnitt	Erforderliche farbmimetrische Messgeräte
7	Spektroradiometer (Bild 1)
9	Spektroradiometer (Bild 1) oder Farbmessgerät (Bild 1 oder Bild 2)
10	Spektroradiometer (Bild 1) oder Farbmessgerät (Bild 1 oder Bild 2)
11	Farbmessgerät (Bild 2)
12	Spektroradiometer (Bild 1) oder Farbmessgerät (Bild 1 oder Bild 2)
13	Spektroradiometer (Bild 1) oder Farbmessgerät (Bild 1)
14	Spektroradiometer (Bild 1) oder Farbmessgerät (Bild 1 oder Bild 2)

Anhang B (normativ) Alternatives Messverfahren für Oberflächenreflexionen

Anstelle des in Abschnitt 13 beschriebenen Messverfahrens kann, wenn bevorzugt, das folgende Verfahren benutzt werden.

- a) Ein Messgerät für die Beleuchtungsstärke muss vertikal anstelle des Bildschirmes des CRT-Bildwiedergabegerätes angebracht werden und die vertikale Beleuchtungsstärke E_p (lx) der Beleuchtung gemessen werden.
- b) Das zu prüfende CRT-Bildwiedergabegerät muss ersetzt und die Leuchtdichte L_s unter der Beleuchtung gemessen werden.
- c) Der Leuchtdichtefaktor β_s muss berechnet werden mit

$$\beta_s = \frac{\pi L_s}{E_p}$$

Anhang C (informativ) Bewertung der Wirkung externer Lichtquellen

Alle Messungen in dieser Norm, mit Ausnahme der nach Abschnitt 13, werden in einer Dunkelkammer-Umgebung durchgeführt. Der gemessene Leuchtdichtefaktor β_s kann benutzt werden, die Farbwertkomponenten (X_E , Y_E und Z_E) des von der Raumbeleuchtung ausgehenden reflektierten Lichtes zu schätzen.

$$X_E = \frac{\beta_s E_a}{\pi} \frac{x_a}{y_a}$$

$$Y_E = \frac{\beta_s E_a}{\pi}$$

$$Z_E = \frac{\beta_s E_a}{\pi} \frac{1 - x_a - y_a}{y_a}$$

Dabei ist:

- E_a (lx) die durch das Raumlicht erzeugte vertikale Beleuchtungsstärke des Bildschirms des CRT-Bildwiedergabegerätes;
 (x_a, y_a) die Farbart der Raumbelichtung.

Anhang D (informativ)

Bewertung interner und externer Überstrahlung

Die dem Gesamt-Lichtausgangssignal des CRT-Bildwiedergabegerätes entsprechenden Über-Alles-Farbwerte X_O , Y_O und Z_O können wie folgt aufgebaut werden.

$$X_O = (X_p + X_C + X_I) + X_E$$

$$Y_O = (Y_p + Y_C + Y_I) + Y_E$$

$$Z_O = (Z_p + Z_C + Z_I) + Z_E$$

Dabei ist:

- (X_p, Y_p, Z_p) auf die primären und dominanten Emissionen von rotem – grünem – blauen Leuchtstoff zurückzuführen;
 (X_C, Y_C, Z_C) auf die Zwischen-Kanal-Strahlung zwischen roten – grünen – blauen Kanälen;
 (X_I, Y_I, Z_I) auf die interne Streuung (interne Überstrahlung);
 (X_E, Y_E, Z_E) auf die Oberflächenreflexion der Umgebungsbeleuchtung (externe Überstrahlung).

In diesem Teil der IEC 61966 werden jedoch die Messverfahren unter den Bedingungen festgelegt, dass keine Umgebungsbeleuchtung (ausgenommen Abschnitt 13) und kein schwarzer Hintergrund mit digitalen Daten $D_R = 0, D_G = 0, D_B = 0$ (ausgenommen Abschnitt 14) vorhanden sind. Somit werden sowohl die Glieder der externen Überstrahlung (X_E, Y_E, Z_E) als auch der internen Überstrahlung (X_I, Y_I, Z_I) minimiert. Wenn CRT-Bildwiedergabegeräte unter unterschiedlichen Bedingungen benutzt werden, sollten diese Glieder zu den gemessenen Farbwerten addiert werden. Die Glieder (X_E, Y_E, Z_E) können nach Abschnitt 14 und die Glieder (X_I, Y_I, Z_I) nach Abschnitt 13 gemessen werden. Die Auswirkung der Glieder (X_C, Y_C, Z_C) für die Zwischen-Kanal-Strahlung ergibt sich aus Abschnitt 10.

Literaturhinweise

- [1] Y. Ohno, S. W. Brown: „Four-color matrix method for correction of tristimulus calorimeters – Part 2“, *Proc. of 6th Color Imaging Conference*, pp. 65–68 (1998)
- [2] Y. Ohno, J. E. Hardis: „Four-color matrix method for correction of tristimulus calorimeters“, *Proc. of IS&T/SID Color Imaging Conference*, pp. 301–305 (November 1997)
- [3] N. Katoh, T. Deguchi: „Reconsideration of CRT monitor characteristics“, *Proc. of IS&T/SID Color Imaging Conference*, pp. 33–40 (November 1997)
- [4] R. S. Berns: „Methods for characterizing CRT displays“, *Displays*, 16, pp. 173–182 (1996)
- [5] CIE 122 - 1996, *The relationship between digital and calorimetric data for computer controlled displays*
- [6] ASTM E 1455:1996, *Standard practice for obtaining calorimetric data from a visual display unit using tristimulus calorimeter*, (American Society of Testing and Materials)
- [7] JIS Z 8724:1996, *Methods of measurement for light source color*
- [8] P. Bodrogi and J. Schanda: „Testing a calibration method for colour CRT monitors. A method to characterise the extent of spatial interdependence and channel interdependence“, *Displays* Vol.16, pp. 123–133 (1995)
- [9] ISO/IEC Guide to the expression of uncertainty in measurement, (1995)

- [10] EBU tech. 3273-E: 1993, *Methods of measurement of the calorimetric performance of studio monitors*, European Broadcasting Union
- [11] R. S. Berns, R. J. Motta, and M. E. Gorzynski: „CRT colorimetry, part I: theory and practice“, *Color Res. Appl.*, 18, pp. 299–314 (1993)
- [12] R. S. Berns, M. E. Gorzynski, and R. J. Motta: „CRT colorimetry, part II: metrology“, *Color Res. Appl.*, 18, pp. 315–325 (1993)
- [13] ASTM designation E 1455-92:1992, *Standard Practice for Obtaining Colorimetric Data from a Visual Display Unit Using Tristimulus Colorimeters*, American Society of Testing and Materials
- [14] ASTM designation E 1336-91:1991. *Obtaining colorimetric data from a video display unit by spectroradiometry*, American Society of Testing and Materials
- [15] ASTM designation E 1341-91:1991, *Obtaining spectroradiometric data from radiant sources for Colorimetry*, American Society of Testing and Materials
- [16] CIE 87 - 1990, *Colorimetry of self-luminous displays – A bibliography*
- [17] CIE 60 - 1984, *Vision and the visual display unit work station*
- [18] A. R. Robertson: „Computation of correlated color temperature and distribution temperature“, *J. Opt. Soc. Amer.*, Vol. 58, No. 11, pp. 1528–1535 (November, 1968)

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 entsprechende EN/HD.

Publikation	Jahr	Titel	EN/HD	Jahr
IEC 60050-845	1987	International Electrotechnical Vocabulary (IEV) Chapter 845: Lighting	–	–
ISO 5-4	1995	Photography – Density measurements – Part 4: Geometric conditions for reflection density	–	–
ISO/CIE 10526	1991 ^{N1)}	CIE standard colorimetric illuminants	–	–
ISO/CIE 10527	1991	CIE standard colorimetric observers	–	–
CIE 15.2	1986	Colorimetry	–	–
CIE 63	1984	The spectroradiometric measurement of light sources	–	–
ISO 9241-8	1997	Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs) – Part 8: Requirements for displayed colours	EN ISO 9241-8	1997

N1) Siehe Seite 3.