Institut für Rundfunktechnik

Farbwiedergabe in HD
Farbräume und Farbraummanagement

Nr. B 194/2006

Technischer Bericht

Bericht
Nr. B 194 / 2006

Farbwiedergabe in HD
Farbräume und Farbraummanagement

Inhaltsangabe

Ausgehend von den physikalischen und physiologischen Grundlagen beschreibt der Bericht, die jeweiligen Eigenschaften von Farbräumen. Es wird sowohl der Farbraum der konventionellen Fernsehrundfunkwelt beschrieben, als auch die in großen Bereichen der computerbasierten Bildbearbeitungssysteme verwendeten wahrnehmungsorientierten Farbräume. Nach der auszugsweisen Erläuterung der relevanten Normen werden die Wege für den Übergang zwischen Farbräumen dargelegt. Abschließend wird auf die Farbraumkonvertierung und das Farbmanagement in der Praxis eingegangen und dargelegt, welche Probleme bei Wechsel des Farbraums auftreten.

München, August 2006

Verfasser:

Friedrich Gierlinger
Produktionssysteme Fernsehen

INSTITUT FÜR RUNDFUNKTECHNIK GmbH

Dr. Klaus Illgner
Direktor und Sprecher der Geschäftsleitung

Verteiler:
AKAS
AKO
ARV
IRT
ASF
Leiter Fernseh-Betrieb
Leiter Hörfunk-Betrieb
Leiter Sender-Betrieb
PTKO

Einleitung

Die ersten Versuche zur Übertragung von farbigen Bildern wurden bereits am 4. September 1940 mit dem "Field sequential" Verfahren von P.C. Goldmark (CBS) durchgeführt. Am 15. Dezember 1953 erfolgte dann die erste Farbfernsehübertragung über Sender der Rundfunkgesellschaften NBC und CBS in NTSC ("National Television System Commitee") in den USA. Erst im November 1962 nahm sich auch Europa der Thematik an und gründete in London die "EBU Ad-hoc-Gruppe Farbfernsehen".

Das Ziel dieser ersten Schritte zur Übertragung von farbigen Bildern war es, die durch die Kamera aufgenommenen Farben möglichst originalgetreu beim Zuschauer auf dem Bildschirm wiederzugeben. Um dies zu ermöglichen war und ist es notwendig, die von der Physik und der Physiologie vorgegebenen Rahmenbedingungen zu verstehen und zu beachten. Daran ändert sich auch mit der Übertragung der Bilder in hochauflösender Technik nichts. Im Gegenteil, um die hohe Qualität der Bilder richtig zur Geltung zu bringen, muss noch penibler darauf geachtet werden, dass die in der Szene vorherrschende Farbstimmung auch auf dem wiedergebenden Gerät ankommt. Da sowohl bei der Aufnahme bzw. Generierung von Videosequenzen als auch bei der Wiedergabe dieser, unterschiedlichste Techniken und damit unterschiedliche Farbräume verwendet werden, ist es notwendig die verwendeten Farbräume zu kennen, sie zu beachten und den Übergang in einen anderen Farbraum möglichst ohne Artefakte zu ermöglichen.

Farbraum der konventionellen Fernsehrundfunkwelt

In den ersten 20 Jahren der Farbübertragung bezog sich sowohl der Produktionsstandard als auch der Sendestandard auf den FBAS-PAL-Pegelraum, der auf dem RGB-Farbraum basiert. Sowohl die Aufnahmen an der Bildquelle, als auch die Bearbeitung der Bildmaterialen wurde in diesem durchgeführt. Dabei ist zu beachten, dass der E'_R - E'_G - E'_B -Farbraum erst durch die Festlegung, der bei der Aufnahme und Wiedergabe verwendeten Phosphore (EBU-Posphore) zu einem definierten Farbraum wurde. Aufgrund des gerätetechnischen Aufwands und um eine bessere Bildqualität erzielen zu können, begann man Mitte der 80er Jahre die Bearbeitung der Videosignale in der analogen E'_Y - E'_{CB} - E'_{CR} - Ebene durchzuführen. Im **Bild 1** werden die Raumverhältnisse gezeigt die der E'_R - E'_G - E'_B - Farbraum innerhalb des E'_Y - E'_{CB} - E'_{CR} - Würfels einnimmt.

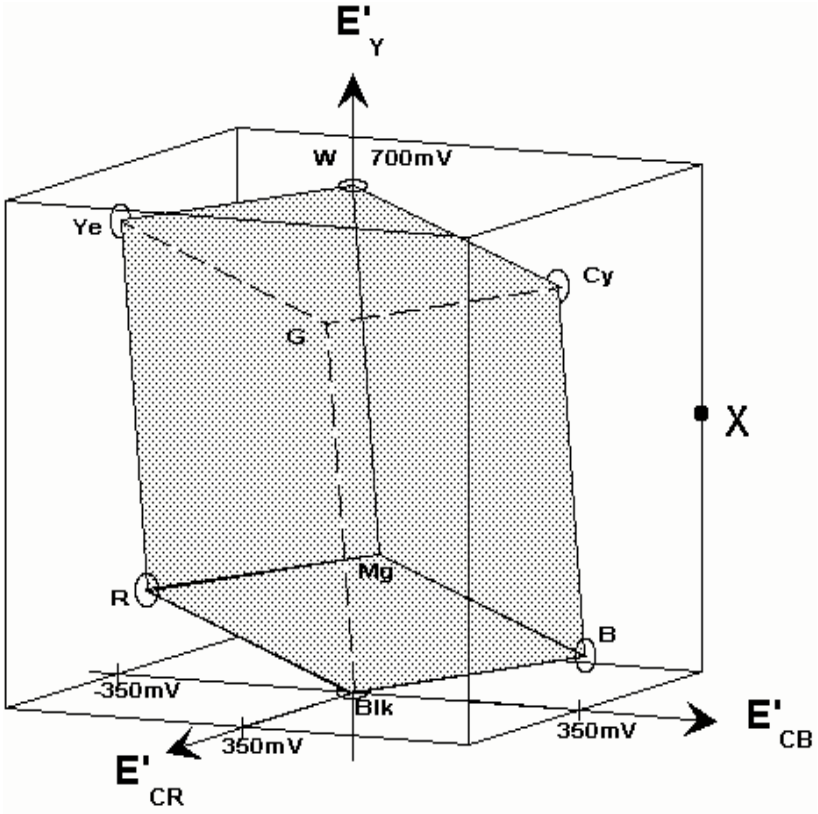


Bild 1: Raumverhältnisse des RGB- und E'_Y - E'_{CB} - E'_{CR} - Würfels

Es ist leicht zu erkennen dass beim Bearbeiten von Videosignalen innerhalb des E'_Y - E'_{CB} - E'_{CR} - Würfels sehr einfach Signale erzeugt werden können, die außerhalb des kleineren E'_R - E'_G - E'_B - Würfels liegen. Diese Farben sind für den E'_R - E'_G - E'_B - Farbraum illegale Farben und können nicht mehr ohne Artefakte in legale E'_R - E'_G - E'_B - Werte zurückgeführt werden. Die Problematik illegaler Farben trat also schon relativ früh auf, ist aber erst durch die Digitalisierung in der E'_Y - E'_{CB} - E'_{CR} - Komponentenebene so richtig in Erscheinung getreten. Ab den 90er Jahren kamen vermehrt digitale Grafiksysteme zum Einsatz, die auf dieser Ebene Schriften und Grafiken erstellten und ebenfalls illegale Farben generieren konnten. Die entsprechenden Geräte wurden zwar vorwiegend von Herstellern entwickelt, die mit der Fernsehrundfunkwelt groß geworden waren und berücksichtigten daher auch die speziellen rundfunkspezifischen Belange, dennoch konnten illegale Farben erzeugt werden. Die Bearbeitung und Generierung von Bildern erfolgte in der E'_Y - E'_{CB} - E'_{CR} - Komponentenebene, die auf dem RGB-Farbraum ba-

siert. Die Kontrolle der Bild- und Farbqualität wurde auf Monitoren mit EBU-Phosphoren durchgeführt. Bis Anfang der 90er Jahre verwendete der Fernsehrundfunkbereich nur den E'_R - E'_G - E'_B-Farbraum und den E'_Y - E'_{CB} - E'_{CR} - Farbraum, die durch lineare Matrixgleichungen ineinander überführt werden konnten.

Weitere Farbräume

Mit der Einführung der computerbasierten Bearbeitungsplattformen traten auch andere Farbräume in Erscheinung, die nicht mehr linear in die Fernsehwelt importiert werden konnten. Grafiken, Bilder und Sequenzen, die auf Computerbildschirmen generierten wurden, konnten nur dann farbrichtig wiedergegeben werden, wenn eine Anpassung der beteiligten Farbräume erfolgte. An welchen Stellen im Signalpfad solche Anpassungen an die Farbräume eventuell notwendig sind, zeigt **Bild 2**.

Werden für die Bildaufnahme- und Wiedergabegeräte dieselben, bzw. die in der EBU festgelegten Phosphore verwendet, so ist für diesen Fall keine Konvertierung notwendig. Scanner, digitale Standbildkameras, Flachbildschirme und auch Druckmedien verwenden zum Teil aus technischen Gründen andere Phosphore und damit auch unterschiedliche Farbräume. Erschwerend kommt hinzu, dass für die Wiedergabe auf den herkömmlichen Röhrenmonitoren die additive Farbmischung (die Mischfarbe entsteht durch addieren von mindestens zwei Lichtquellen unterschiedlicher Wellenlänge) verwendet wird, während die Druckmedien die subtraktive Farbmischung (die Mischfarbe entsteht durch herausfiltern von verschiedenen Wellenlänge aus dem Lichtspektrum) verwenden **(Bild 3)**. Die Überführung der Einen in die Andere ist nicht linear und zum Teil nicht ohne Artefakte möglich. Im Weiteren sollen einige Farbräume näher beleuchtet werden, die für das moderne Produktionsumfeld eine Rolle spielen.

Bild 3: Farbmischung

Perzeptuelle Farbräume

Computerbasierte Bearbeitungsplattformen verwenden vielfach perzeptuelle Farbräume. Perzeptuelle Farbräume sind wahrnehmungsangepasste Farbräume und werden durch Farbton, Helligkeit und Sättigung beschrieben. Der Maler Albert Henry Munsell (1858 - 1918) entwickelte 1915 eine Farbmustersammlung **(Bild 4)**, die auf der empfindungsgemäßen Gleichabständigkeit der Farben beruht.

Ausgehend von dieser Farbmustersammlung entwickelte sich eine ganze Reihe von perzeptuellen Farbräumen **(Bild 5)**, die den Farbton (hue) als eine Achse des jeweiligen Farbraummodels wählten und sich daher sehr stark ähneln. Die Darstellung der Farben als räumliches Gebilde wurde gewählt, um eine Einordnung der Farben so vornehmen zu können, dass Farben für das menschliche Vorstellungsvermögen begreifbar werden.

Die vertikale Achse in den beiden linken Modellen gibt die Grauwerte an und wird als Value (V)

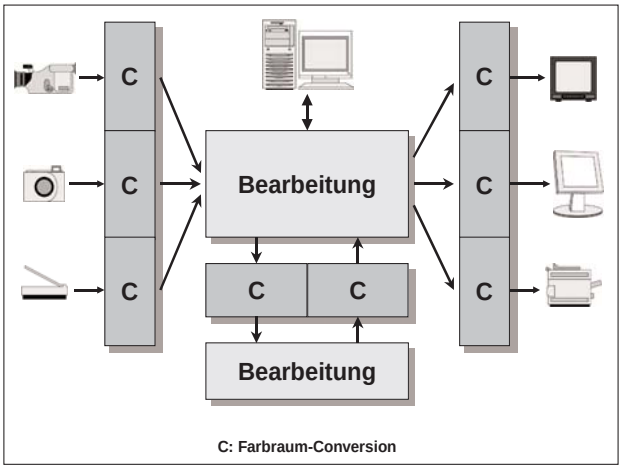
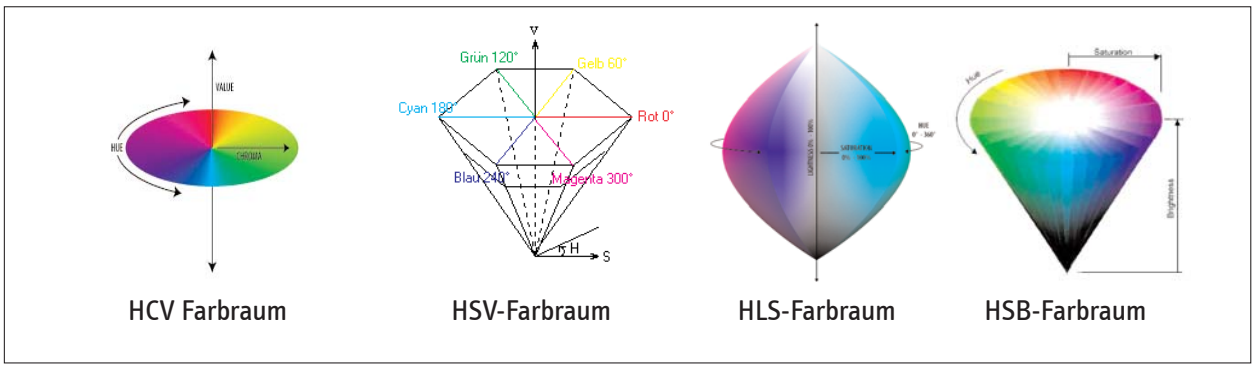


Bild 2: Farbraum-Conversion

Bild 4: Farbmustersammlung gemäß Munsell



HCV Farbraum | HSV-Farbraum | HLS-Farbraum | HSB-Farbraum

Bild 5: Perzeptuelle Farbräume

bezeichnet. Der Abstand von der Achse entspricht der Farbsättigung und wird im ersten Modell Chroma (C) genannt (nicht zu verwechseln mit dem im Fernsehbereich verwendeten Chroma-Begriff). Der Farbton (Hue) gibt die eigentliche Spektralabstufung (meist in Gradangaben) wieder. Die Sättigung (Saturation) gibt die Farbintensität der Farbtöne (blaß oder kräftig) an. Eine Verringerung der Sättigung verschiebt die Farbe, abhängig von ihrer Helligkeit, in Richtung Weiß, Grau oder Schwarz. Die Brightness oder Luminanz ist ein Maßstab für die Helligkeit.

CIE-Farbräume

In den 20er Jahren des vergangenen Jahrhunderts wuchs das Bedürfnis, Farben objektiv, mathematisch bestimmen zu können. Die "Commission Internationale d' Eclairage"(CIE) wurde damals beauftragt eine Methode zu entwikkeln, die dies ermöglicht.

Der Mineraloge Siegfried Rösch beschrieb 1928 einen Körper **(Bild 6)**, dessen Oberfläche von Optimalfarben gebildet wird. Optimalfarben sind unter den Farben (Farbvalenzen) jeweils die Farben, die bei gleicher Farbart die Hellsten sind und unter den Farben (Farbvalenzen) von jeweils gleicher Helligkeit die gesättigsten Farben sind.

Als Grundfläche dieses Körpers ist das von der CIE 1931 veröffentlichte Diagramm zu finden. Aus den Ergebnissen von umfangreichen Versuchsreihen mit normalsichtigen Personen hat man das "CIE 1931" Diagram konstruiert, bei dem man die Position jeder Farbe in Relation zu ihrer Primärfarbe berechnen kann. Dieses zweidimensionale Diagram gilt immer nur für eine Farbtemperatur und ist eine Schnittfläche, die durch einen trichterförmigen Körper führt **(Bild 7)**.

Durch Transformation der im Würfel abgebildeten dreieckigen Fläche auf ein rechtwinkliges Koordinatensystem ergibt sich das CIE1931-Diagram **(Bild 8)**.

Vorteil der zweidimensionalen Darstellungsweise nach CIE ist, dass anstelle der Farbbeschreibung mit drei Normfarbwerten, die Farbbeschreibung mit einer Aussage über Farbton und Sättigung mit nur zwei Normfarbwertanteilen x und y vorgenommen werden kann. Nachteil dieser Darstellung

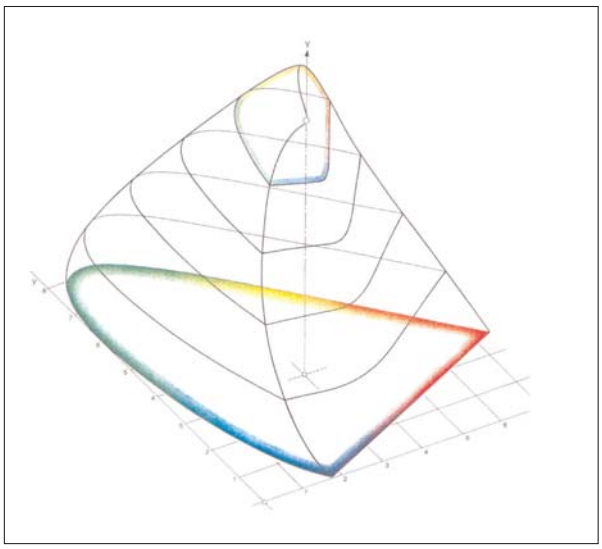


Bild 6: Optimalfarbkörper gemäß Siegfried Röschl

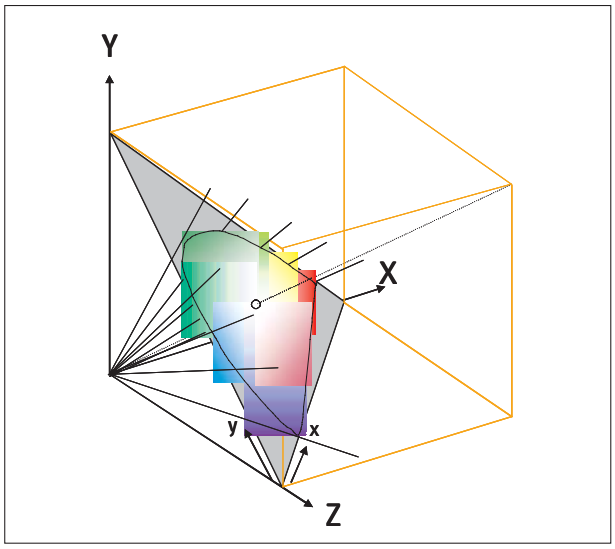


Bild 7: Schnittfläche für die CIE-Diagrame

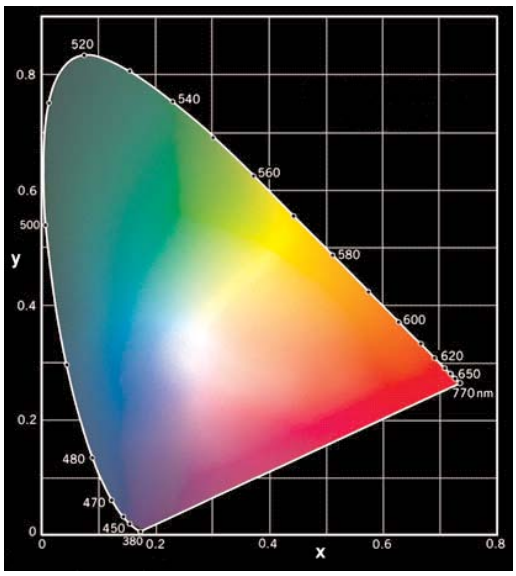


Bild 8: CIE xy-Diagram

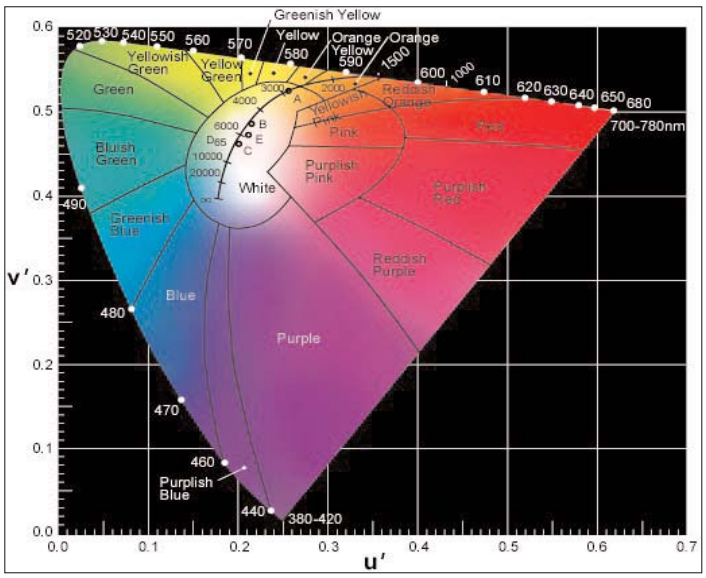


Bild 9: CIE u'v'-Diagram

ist, dass diese nur für eine spektrale Helligkeit gültig ist und dass die so erhaltenen Farbkoordinaten schlecht mit der Farbempfindung des Menschen korrelieren; das heißt, die Farben sind sehr ungleichmäßig im Farbempfindungsraum verteilt. Diese Eigenschaft wurde von MacAdam beschrieben und ist im CIE-1931-Diagram als MacAdam-Ellipsen zu finden.

Um eine gleichmäßigere Verteilung der Farbempfindung zu erreichen, wurde 1976 von der CIE der CIE Luv-Farbraum beschrieben. Er behebt den erwähnten Mangel, so dass der menschliche Farbsehsinn gleiche Abstände von Farben im Diagramm, unabhängig von ihrer Position, auch als gleiche Farbunterschiede empfindet.

Im **Bild 9** wird eine CIE u'v'-Farbtafel gezeigt, in der das Farbempfinden gleichmäßig verteilt ist, wegen der zweidimensionalen Darstellung aber auch nur für eine spektrale Helligkeit gilt.

Die CIE u'v'-Farbtafel eignet sich sehr gut zur empfindungsrichtigen Veranschaulichung farbmetrischer Zusammenhänge bei Untersuchungen von Monitoren, Projektoren und Farbeigenschaften von Bildaufnahmegeräten.

Der ebenfalls 1976 von CIE eingeführte CIE Lab-Farbraum **(Bild 10)** schließlich vereint die gleichmäßige Empfindung der Farben und eine dreidimensionale Farbraum Darstellung.

Der CIE Lab wird oft als geräteunabhängiger Farbraum für die Umrechung zwischen verschiedenen Farbräumen (**P**rofile **C**onnection **S**pace - PCS) verwendet.

Normen und Zusammenhänge der verschiedenen Farbräume

Der RGB-Farbraum basiert auf der additiven Farbmischung mit den realen Primärfarben Rot, Grün und Blau. In einem dreidimensionalen, kartesischen Koordinatensystem kann der

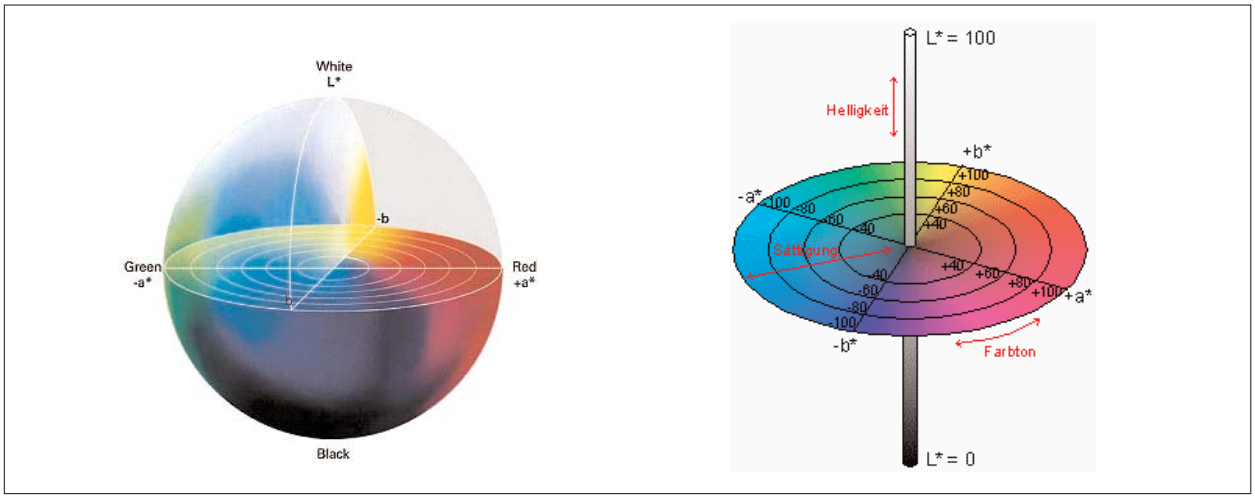


Bild 10: CIE Lab-Farbraum

RGB-Farbraum als Würfel dargestellt werden. Aus **Bild 11** kann der Zusammenhang zwischen dem CIE 1931-Diagram und dem Würfelförmigen RGB-Farbraum ersehen werden.

Die Positionierung des Dreiecks im CIE 1931-Diagram hängt von den in den Geräten verwendeten Phosphoren ab. Aus diesem Grund ist der RGB-Farbraum ein geräteabhängiger Farbraum. Erst durch die Festlegung der Phosphore auf ein exaktes Wellenlängenspektrum, ist eine farbmetrisch korrekte Wiedergabe der Videosignale möglich. Für die in Europa verwendeten Farbfernsehsysteme sind dafür die sog. EBU-Primärvalenzen (Phosphore) festgelegt worden. In der Tabelle **(Bild 12)** werden Eigenschaften der wichtigsten Farbfernsehsysteme gezeigt. Der farbig hinterlegte Teil der Tabelle zeigt die Eigenschaften des in der ITU-R BT.470 festgelegten EBU-Phosphors.
Auf diesen EBU-Phosphor basiert auch der von Microsoft und HP entwickelte und unter IEC 61966-2-1 genormte sRGB-Farbraum. In der IEC-Norm wurden zu der Festlegung auf die EBU-Phosphore, auch noch die Betrachtungsbedingungen, insbesondere Fremdlicht mit D_{50} und 20% Reflexion, berücksichtigt.

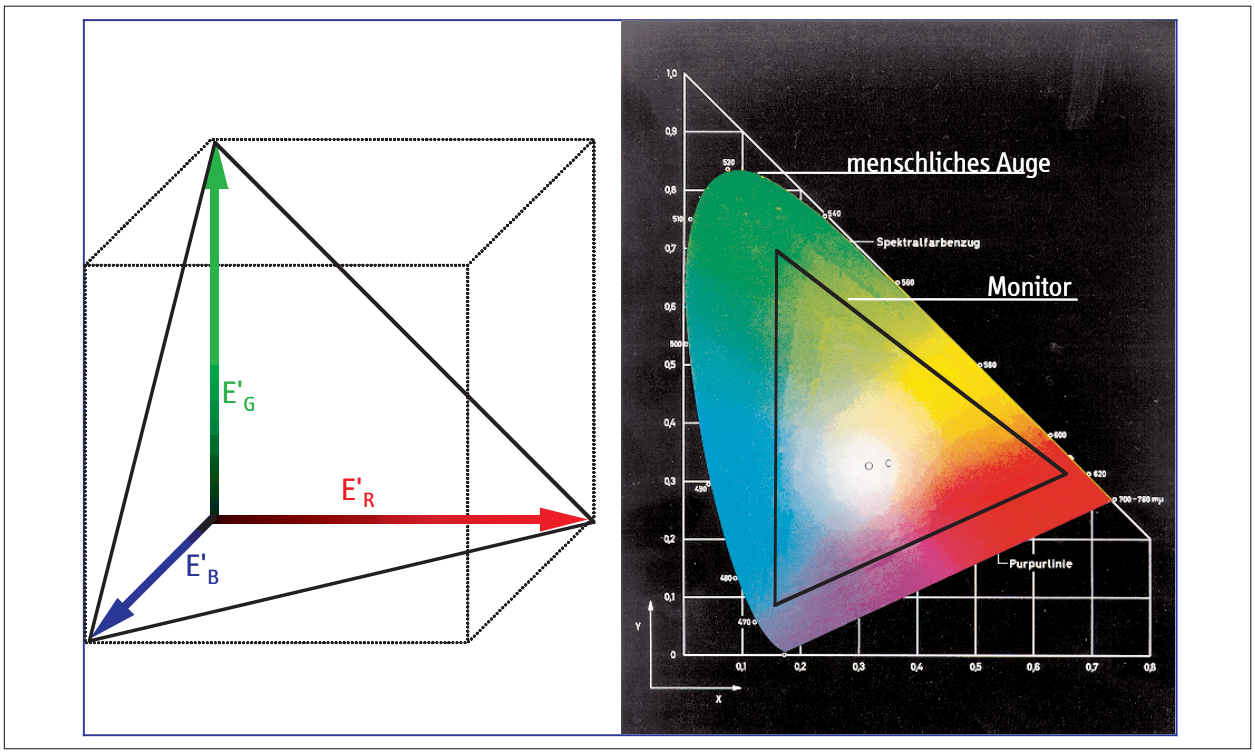


Bild 11: Zusammenhang RGB-Würfel und CIE xy-Diagram

Normen	Primärvalenzen				
	R	G	B	Weiß	Y-Matrix
FCC 1953 (NTSC bis 1979)	x = 0,674 y = 0,326	x = 0,218 y = 0,712	x = 0,140 y = 0,080	x = 0,310 y = 0,316	$E'_Y = 0{,}299 \cdot E'_R + 0{,}587 \cdot E'_G + 0{,}114 \cdot E'_B$
SMPTE-C SMPTE-RP 145-1999 SMPTE-P22-Phosphore (NTSC ab 1979)	x = 0,630 y = 0,340	x = 0,310 y = 0,595	x = 0,155 y = 0,070	x = 0,313 y = 0,329	$E'_Y = 0{,}299 \cdot E'_R + 0{,}587 \cdot E'_G + 0{,}114 \cdot E'_B$
ITU-R BT.470-6 Conventional TV-Systems PAL G	x = 0,64 y = 0,33	x = 0,29 y = 0,60	x = 0,15 y = 0,06	x = 0,313 y = 0,329	$E'_Y = 0{,}299 \cdot E'_R + 0{,}587 \cdot E'_G + 0{,}114 \cdot E'_B$
IEC 61966-2-1 sRGB Unterschied zum ITU-R BT 709 ist nur die Festlegung der Betrachtungsbedingung (Umgebungslicht D_{50} 20% Reflektion)	x = 0,640 y = 0,330	x = 0,300 y = 0,600	x = 0,150 y = 0,060	x = 0,313 y = 0,329	$E'_Y = 0{,}299 \cdot E'_R + 0{,}587 \cdot E'_G + 0{,}114 \cdot E'_B$

Bild 12: Primärvalenzen in den verschiedenen Fernsehnormen

Das **Bild 13** zeigt die Primärvalenzen der verschiedenen Fernsehnormen im CIE xy-Diagram.

Wie die Tabelle in **Bild 12** und das **Bild 13** zeigen, ist der Standard-RGB- und der sRGB-Farbraum im Bereich der Primävalenzen Rot und Blau identisch, im Bereich der Primävalenzen Grün ist der Standard-RGB etwas kleiner. Größere Unterschiede zeigt vor allem die bis 1979 gültige FCC 1953 Festlegung. Deshalb fällt bei der Überspielung von altem NTSC-Material eine fehlende Farbkorrektur besonders auf. Die neuere SMPTE C Festlegung ist erheblich näher an der in Europa verbreiteten Standard-RGB-Festlegung, weicht jedoch in allen drei Primärvalenzen von dieser ab.

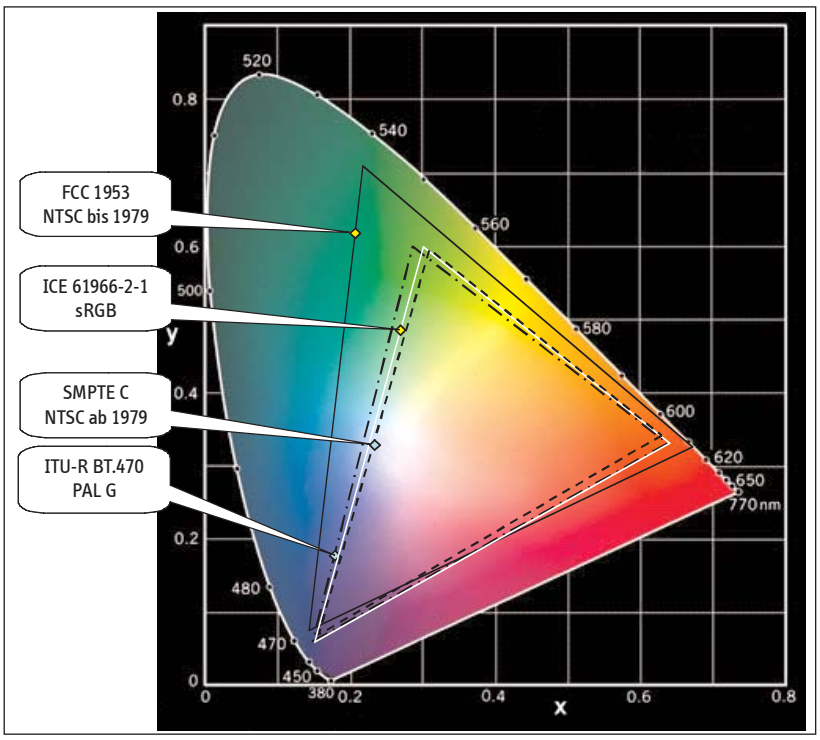


Bild 13: Primärvalenzen der verschiedenen Fernsehnormen im CIE xy-Diagram

Für die Übertragung der Bildsequenzen in hochauflösender Technik gelten allerdings andere Normen wie die nachfolgende Tabelle in **Bild 14** zeigt.

Der farblich hinterlegte Teil in **Bild 14** zeigt die Farbraumfestlegung, die auch für künftige HD-Systeme in Europa gelten wird.

Werden die Primärvalenzen der dargestellten HD-Fernsehnormen wieder in das CIE xy-Diagram übertragen ergibt sich das nachfolgende **Bild 15**.

Verglichen mit dem in Europa verwendeten und in der ITU-R BT.470 genormten SD-Farbraum ist der für HD spezifizierte Farbraum nur für die Primärvalenz Grün etwas größer und entspricht dem sRGB-Farbraum. Bei genauer Betrachtung stellt man jedoch fest, dass in der ITU-R BT.1361 auch negative und über 100% hinausgehende Signalpegel erlaubt sind. Damit können auch Farben übertragen werden die außerhalb des Primärvalenzdreieckes liegen. Dieser

Normen	Primärvalenzen				
	R	G	B	Weiß	Y-Matrix
ITU-R BT.709-5 HDTV-Standard 1250/50/2:1	x = 0,640 y = 0,330	x = 0,300 y = 0,600	x = 0,150 y = 0,060	x = 0,313 y = 0,329	$E'_Y = 0{,}299 \cdot E'_R + 0{,}587 \cdot E'_G + 0{,}114 \cdot E'_B$
ITU-R BT.1361 Colormetry for future TV an Imaging Systems	x = 0,640 y = 0,330	x = 0,300 y = 0,600	x = 0,150 y = 0,060	x = 0,313 y = 0,329	$E'_Y = 0{,}213 \cdot E'_R + 0{,}715 \cdot E'_G + 0{,}072 \cdot E'_B$
SMPTE 240M HDTV-Standard 1125/60/2:1	x = 0,630 y = 0,340	x = 0,310 y = 0,595	x = 0,155 y = 0,070	x = 0,313 y = 0,329	$E'_Y = 0{,}212 \cdot E'_R + 0{,}701 \cdot E'_G + 0{,}087 \cdot E'_B$
ITU-R BT.709-5 HDTV-Standard 1125/50/2:1 SMPTE 274 (Europa System 3, 6 und 9) 11 HDTV-Standards 1920 x 1080 SMPTE 296M (Europa System 3) 8 HDTV-Standards 1280 x 720	x = 0,640 y = 0,330	x = 0,300 y = 0,600	x = 0,150 y = 0,060	x = 0,313 y = 0,329	$E'_Y = 0{,}212 \cdot E'_R + 0{,}715 \cdot E'_G + 0{,}072 \cdot E'_B$

Bild 14: Primärvalenzen in den verschiedenen HD-Fernsehnormen

über den nominalen hinausgehende Farbraum muss jedoch durch geringere und/oder nichtlineare Farbauflösung im nominalen Farbraum erkauft werden.

Im **Bild 15** wird außerdem gezeigt, dass der mögliche Farbraum des Films wesentlich größer ist als der in SMPTE und ITU genormte HD-Farbraum.

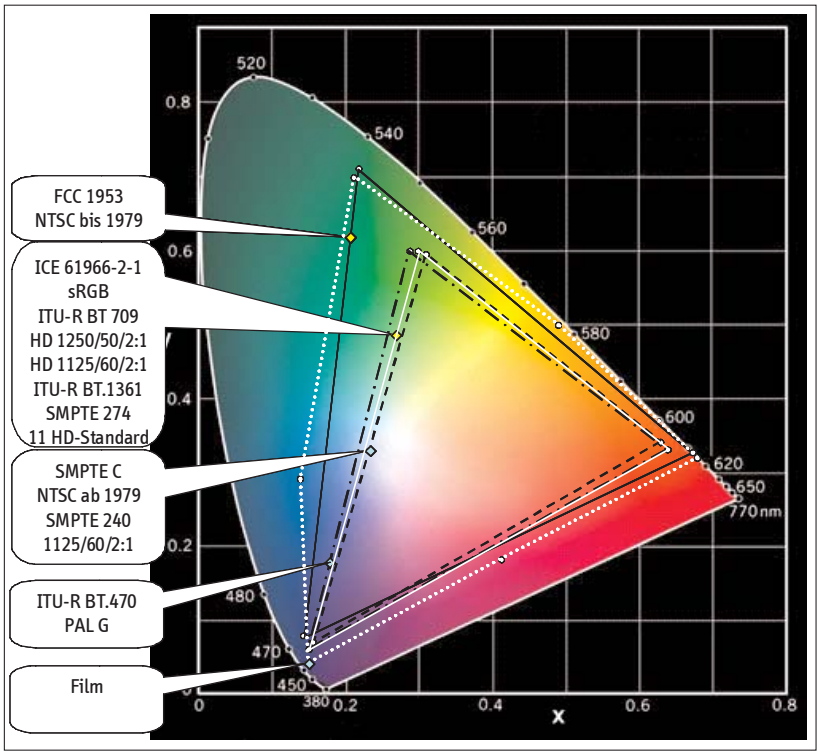


Bild 15: Primärvalenzen der verschiedenen HD-Fernsehnormen im CIE xy-Diagram

Die Filmtechnik, Farbdrucker und die gängigen Druckmaschinen arbeiten mit der subtraktiven Farbmischung im CMY-Farbraum. Für die Filmtechnik sind die drei Primärfarben Cyan, Magenta und Gelb (Yellow) ausreichend, in der Drucktechnik hingegen wird häufig noch Schwarz hinzugefügt und der Farbraum mit CMY(K) bezeichnet. Auch der CMY(K)-Farbraum kann räumlich als Würfel dargestellt werden.

Wie der RGB-Farbraum, ist auch der CMY(K)-Farbraum ein geräteabhängiger Farbraum, da dieser von den verwendeten Farbpigmenten bei Druckerzeugnissen, bzw. von den Farbstoffen beim Film abhängig ist.

Wegen der Streueffekte der verwendeten Farbpigmenten, ist die Umwandlung in den jeweils anderen Farbraum ein nicht linearer Prozess. Im Bereich der jeweiligen Primärfarben, lassen sich die entsprechenden Farben des Quell-Farbraumes nicht im Ziel-Farbraum darstellen und müssen durch ähnliche Farben ersetzt werden. Für diesen Umwandlungsprozess gibt es verschiedene Konvertierungsmethoden, auf die im Folgenden näher eingegangen wird.

Farbraumkonvertierung

Zur Durchführung einer Farbraumkonversion ist es notwendig, sowohl den Quellenfarbraum, als auch den Zielfarbraum genau beschreiben zu können. In den "Profilen" werden die Eigenschaften eines Farbraumes in Bezug auf einem anderen entweder über eine Kennlinie und eine Matrix, oder über eine sog. "Look up table" definiert. Um nicht für jede mögliche Kombination von Quell- und Zielfarbraum jeweils eine eigenes Profil ermitteln zu müssen, wird als Ziel- bzw. als Quellenfarbraum ein geräteunabhängiger "Verbindungsfarbraum" oder **P**rofile **C**onnection **S**pace - PCS gewählt. Damit ist je Farbraum nur noch ein Profil zum PCS und vom PCS notwendig.

Ist der Zielfarbraum kleiner als der Quellenfarbraum, ist eine Farbraumkompression notwendig, die sich auf den gesamten Farbraum oder nur auf Teile davon auswirken kann. Ist der Zielfarbraum hingegen größer als der Quellenfarbraum, kann gewählt werden, ob der Farbwert des Quellenfarbraums beibehalten, oder der Farbumfang erweitert wird. In Abhängigkeit vom beabsichtigten Ergebnis der Farbraumkonversion sind verschiedene, so genannte "Rendering Intents" festgelegt worden, die in den Profilen mit jeweils eigenen Tabelleneinträgen hinterlegt sind.

Der Rendering Intent gibt die beabsichtigte Wirkung der Farbraumkonversion an. Da Farbraumkonversionen vor allem dann nicht ohne Artefakte durchgeführt werden können, wenn der Zielfarbraum kleiner ist als der Quellenfarbraum, muss ein entsprechender Rendering Intent vereinbart werden. Meist kann unter folgenden drei Rendering Intents ausgewählt werden.

Der wahrnehmungsoptimierte Rendering Intent optimiert den farblichen Gesamteindruck im Ausgabefarbraum so, dass Farbtonveränderungen zu Gunsten des Gesamteindruckes in Kauf genommen werden. Beim "absolut farbmetrisch Rendering Intent" wer-

den Farben, die innerhalb des Zielfarbraum liegen, exakt farbmetrisch übernommen Farben, die außerhalb liegen, werden auf die nächstliegende darstellbare Farbe des Zielfarbraums verschoben. Der Weißpunkt wird bei diesem Rendering Intent ohne Veränderung übernommen.

Im Gegensatz dazu wird beim "relativ farbmetrisch Rendering Intent" der Weißpunkt des Quellfarbraums, auf den Weißpunkt des Zielfarbraums abgebildet.

Das ICC (International Color Consortium) hat ein Verfahren zur Beschreibung der Farbräume und der Farbraumtransformation entwickelt, das zunehmend Verwendung findet. Im **Bild 16** ist das vom ICC entwickelte Farbmanagement im Blockdiagram zu sehen.

Wie im Blockdiagramm dargestellt ist, werden die eingehenden Vorlagen über eine Farbraumtransformation in den PCS überführt. Zur Ausgabe auf Druckern oder auch auf Monitoren aus dem PCS, muss eine weitere Farbraumtransformation durchgeführt werden. Zu jeder Farbraumtransformation gehört ein entsprechendes Profil und ein bestimmter "Rendering Intent".

Um Farbräume miteinander vergleichen zu können, entwickelte das ICC ein Programm, mit dem zwei Farbräume dreidimensional in den Ausmaßen, miteinender verglichen werden können (siehe www.iccview.de). Damit besteht die Möglichkeit im Vorfeld sichtbar zu machen, welchen Farben im jeweils anderen Farbraum nicht mehr darstellbar sind und damit Rendering Intent abhängig in den Zielfarbraum, gebracht werden müssen.

Farbmanagement in der Praxis

Wie schon erwähnt, besteht im ursprünglichen Fernsehrundfunkumfeld keine Notwendigkeit, eine Farbraumtransformation durchzuführen. Erst wenn Geräte zum Einsatz kommen, die "fremde" Farbräume nutzen, wird eine Farbraumkonversion notwendig. Im Blockdiagram **(Bild 17)** ist dieses Tatsache berücksichtigt.

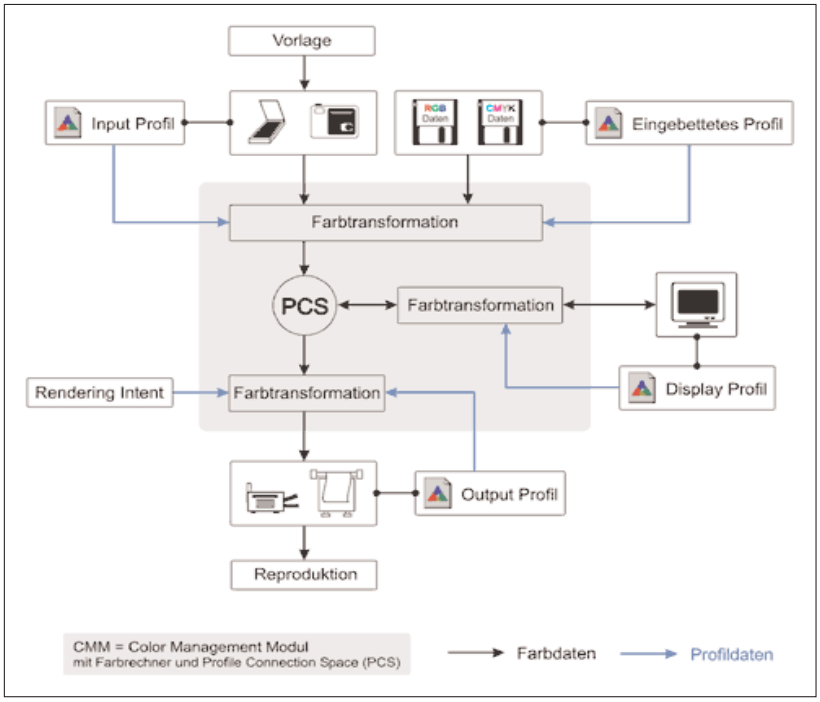


Bild 16: Farbmanagentsystem gemäß ICCview

Werden Quellen und Senken nicht rundfunkspezifischer Art in die Fernsehrundfunkstudios integriert, müssen die jeweiligen Farbräume entsprechend konvertiert werden. Das gleiche gilt, wenn Inhalte aus Fernsehstudios mit PC-Grafiksystemen bearbeitet werden sollen. Wie bereits erläutert ist dazu ein sog. PCS notwendig, der über Profile erreicht werden kann. Leider werden die notwendigen Profile von den Herstellerfirmen nicht immer bereitgestellt. Standardprofile die größtenteils vorhanden sind, reichen erfahrungsgemäß für eine fehlerfreie Konversion nicht aus. Werden keine Profile mitgeliefert, müssen diese durch Kalibrierung und anschließender Profilierung erstellt werden. Für die Erstellung von Profilen stehen derzeit kommerziell nur Testcharts und Software zur Profilierung von Digitalkameras, Scannern, Computermonitoren und Druckern zur Verfügung, für die Profilierungen von Videogeräten (Filmabtaster und -belichter, Videokameras, etc.) ist derzeit noch wenig entsprechende Software am Markt.

Für Eingabegeräte (Scanner, Digitalkameras) werden vom Hersteller standardisierte Vorlage (Dia oder Positiv je nach Art des Gerätes) verwendet, um zusammen mit einer Referenzdatei Abweichungen vom Farbprofil ermitteln zu können.

Drucker können durch den Ausdruck von Testbilddateien, photometrischer Vermessung der gedruckten Testbilder und anschließendem Vergleich mit den Referenzwerten profiliert werden. In diesem Profil sind sowohl das Druckverfahren, als auch Papiersorte, Druckfarben und die Farbauftragsmenge berücksichtigt.

Monitore können am präzisesten mit einem Spektralphotometer und einer entsprechenden Software profiliert werden. Dazu zeigt

die Profilierungssoftware nacheinander verschiedene Farben auf dem Monitor an, vergleicht die mit dem Spektralphotometer gemessenen Werte mit den Referenzwerten und berechnet daraus das Monitorprofil. Bei dieser Methode sind die Eigenschaften der Grafikkarte im Profil enthalten.

Zusammenfassung

Wie aus **Bild 17** zu erkennen ist, wird ein umfangreiches Farbmanagement erst dann notwendig, wenn im Produktionsumfeld Gerätschaften verwendet werden, die nicht speziell für den Fernsehrundfunkbereich entwickelt worden sind und andere Farbräume zur Bearbeitung nutzen, als den in der ITU R BT470 genormten RGB-Farbraum. Werden die in diesem Beitrag beschriebenen Grundlagen nicht beachtet, können zum Teil gravierende Farbverfälschungen auftreten, die im späteren Signalverlauf nur mehr sehr schwer zu korrigieren sind. Obwohl der Endverbraucher wegen der fehlenden Referenz meist keine Möglichkeit hat kleine Fehler in der Farbwiedergabe festzustellen, ist es wegen der wohlüberlegten farblichen Szenengestaltung notwendig, die Farben möglichst so zum Kunden zu bringen, wie es die für die Bildgestaltung zuständigen Verantwortlichen bestimmt haben. Für die Programmteile, in denen Werbung enthalten ist, müssen diese wegen der Werbewirksamkeit und der Produktwiedererkennung sowieso möglichst farbgetreu übertragen werden, da hier auch der Endverbraucher eine Farbreferenz mit dem Produkt hat. Werden zukünfig Videobeiträge in hochauflösender Technik hergestellt und ausgestrahlt, so müssen die Übergänge in die verschiedenen Farbräume besonders sorgfältig durchgeführt werden um die hohe Qualität der Videosequenzen auch zum Endverbraucher zu bringen. Wie aber in der Praxis bewiesen wurde ist es durch korrektes Farbmanagement möglich, selbst sehr kritische Farben wie Terrakotta-Gold über Drucker mit Farbmanagement auszudrucken und diese als Hintergrund der Studioaufnahme, auch auf dem Heimempfänger wieder in Terrakotta-Gold erscheinen zu lassen.

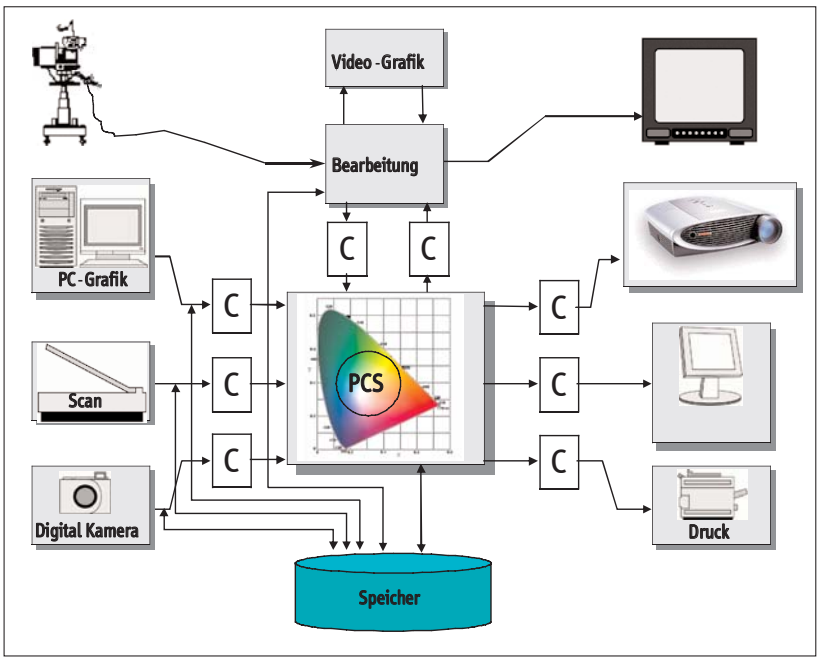


Bild 17: Farbraummanagement vorgeschlagen von einer ASF-Expertengruppe

Danksagung

In diesem Bericht sind Ergebnisse der ASF-Expertengruppe "Farbräume, Farbraummanagement und Illegale Farben" mit eingeflossen. Der Autor bedankt sich an dieser Stelle für die geleistete Arbeit der Expertengruppe.

Technische Berichte des IRT

Titel der zuletzt erschienenen „blauen Berichte“

Nr./Jahr	Bericht	Autor
B 176/2001	Virtuelles Studio (Projektabschlussbericht)	Rotthaler
B 177/2002	Eigeninterferenz im Gleichwellennetz Verifikation von Prognosen durch Messungen	Schramm R.
B 178/2002	DVB-T mit Hierarchischer Modulation	Schertz, Weck
B 179/2002	Inhaus-Versorgung für T-DAB und DVB-T durch Indoor-Repeater und Outdoor-Repeater (Sender mit kleiner Leistung)	Schwaiger
B 180/2003	Flachdisplays im Produktionsumfeld (1)Die Bedeutung von Leuchtdichte, Kontrast und Remissionsfaktor	Irmer
B 181/2003	Messbericht über die digitale Reportageanlage JR-2000/JB-2000	Sipek
B 182/2003	VERSCHMELZUNG ODER "FEINDLICHE ÜBERNAHME" ? Trends zum Verhältnis von allgemeinem Rundfunk und individueller Information über das Internet	Mücke
B 183/2003	DAB - Inhouse-Versorgung	Schmalzer
B 184/2003	DVB-T Indoor Messungen in BerlinParameter des Übertragungskanals Sender - Empfänger	Schramm R.
B 185/2004	Flachdisplays im Produktionsumfeld (2) Akustische Störstrahlung von Flachdisplays	Irmer
B 186/2004	Qualität und Quantität von VDCP-Implementierungen von Videoservern	Wilcke
B 187/2004	DVB-T in Gemeinschaftsantennen- (GA) und Großgemeinschaftsantennenanlagen (GGA)	Schmalzer
B 188/2004	Rundfunkempfangsstörungen durch Home-PLC-Systeme	Dinter
B 189/2004	Marktbeobachtung Display-Schnittstellen	Ortgies
B 190/2004	Farbwiedergabe von Fernseh-Flachdisplays und Projektionsgeräten	Irmer
B 191/2004	Empfindlichkeit von DAB-T-Empfängern gegenüber Impulsstörungen. Erste Messungen	Baier Schramm R.
B192/2005	Eigenschaften von Flachdisplays: Fernseh-Bilder auf einem gemeinsamen oder mehreren einzelnen Displays	Irmer
B193/2005	Austausch von Metadaten - Broadcast Metadata exchange Format, BMF	Ebner

Institut für Rundfunktechnik GmbH
Floriansmühlstrasse 60
D-80939 München
Telefon +49 89 3 23 99-0
Telefax +49 89 3 23 99-351
www.irt.de

Registergericht München Eintrag Abteilung B Band 65 Nr. 5191