



ITWissen

Das große Online-Lexikon
für Informationstechnologie

FARBMODELLE

KLAUS LIPINSKI (Hrsg.)

Inhalt

Adobe-RGB-Farbraum	Farbskala	Lichtart
Augenempfindlichkeit	Farbtabelle	Lichtempfindlichkeit
Beleuchtungsstärke	Farbtemperatur	Lichtstärke
Blau	Farbtiefe	Lichtstrom
Candela	Farbton	Magenta
CCT, correlated color temperature	Footlambert, fL	Mired-Wert
CIE, commission internationale d'clairage	Gelb	Monochrom
CLUT, color look-up table	GMMP, gamut map model profile	Pantone
CMS, color management system	Grün	Primärfarbe
CMY, cyan, magenta, yellow	Halbtonverfahren	RGB, red, green, blue
CMYK, cyan, magenta, yellow, key	Helligkeit	RGB-Farbmodell
CRI, color rendering index	HKS-Farbskala	Rot
Cyan	HLS, hue, lightness, saturation	Schwarz
Euroskala	HSB, hue, saturation, brightness	Sekundärfarbe
Farbart	HSI, hue, saturation, intensity	Standard-RGB
Farbdarstellung	HSV, hue, saturation, value	Tertiärfarbe
Farbdreieck	ICC, international color consortium	Transparenz
Farbe	ICC-Profil	UCR, under color removal
Farbkreis	ICM, image color matching	Ultraviolett
Farbmischung	Infrarot	WCG, wide color gamut
Farbmodell	IT8, IT8 color reference	Weiß
Farbpalette	Kelvin	xvYCC, extended version of YCC
Farbraum	Key , K	YCbCr, luminance, chrominance blue, chrominance red
Farbreduktion	Komplementärfarbe	YCC, luminance, color, color
Farbsättigung	Lab-Farbmodell	YIQ-Farbmodell
Farbseparation	Leuchtdichte	YUV-Farbmodell
	Licht	
	Lichtabsorption	

Impressum:

Herausgeber: Klaus Lipinski

Farbe

Copyright 2009

DATAKOM-Buchverlag GmbH

84378 Dietersburg

Alle Rechte vorbehalten.

Keine Haftung für die angegebenen Informationen. Das E-Book ist urheberrechtlich geschützt und darf nicht auf fremden Websites ins Internet oder in Intranets gestellt werden.

Produziert von Media-Schmid

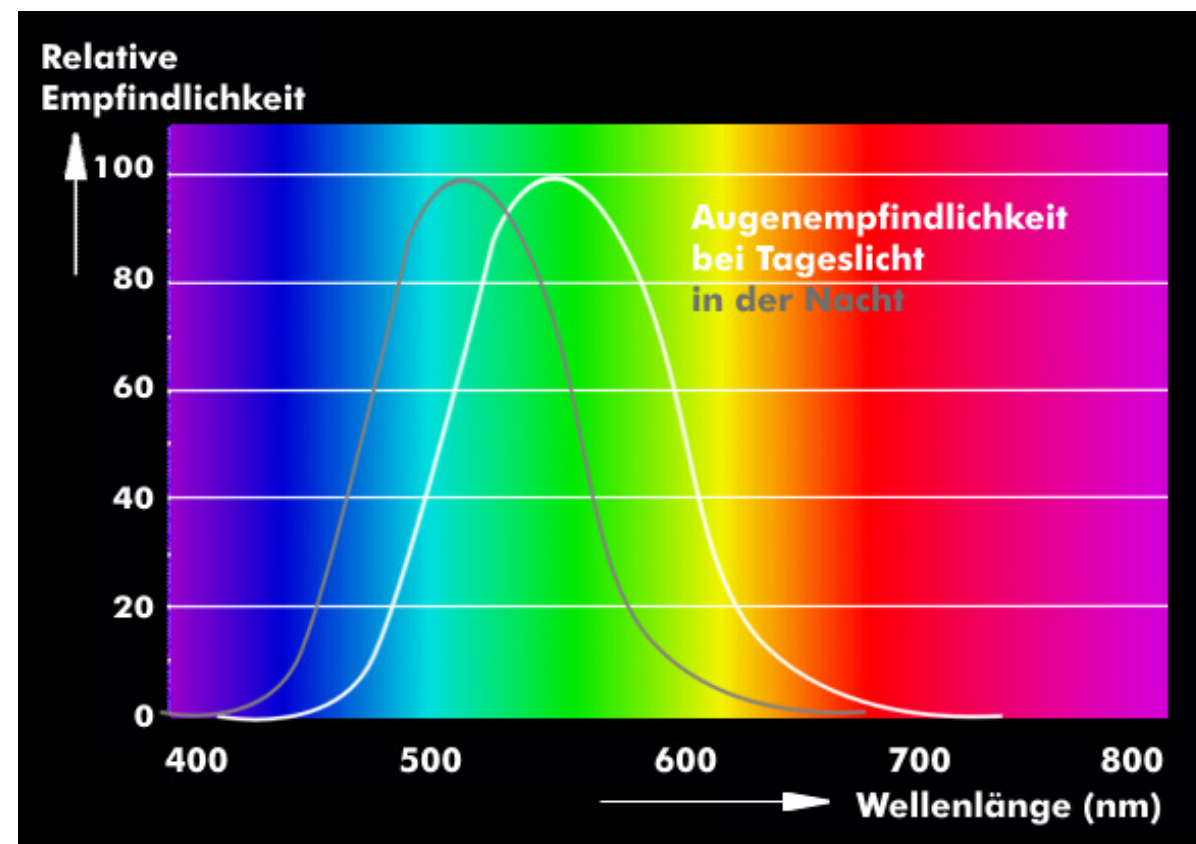
www.media-schmid.de

Adobe-RGB-Farbraum *Adobe RGB color space*

Die Farbdarstellung auf Computerdisplays und Fernsehbildschirmen erfolgt in definierten Farbräumen. Je größer ein Farbraum ist, desto mehr Farben können dargestellt werden. Einer der bekannteren Farbräume ist der *Standard-RGB-Farbraum* (sRGB), der von Microsoft und Hewlett Packard definiert wurde. Ein anderer RGB-Farbraum, der sich durch einen größeren Farbraum auszeichnet, ist der Adobe-RGB-Farbraum, den Adobe 1998 definiert hat. Alle Farbräume benutzen als Referenz-Farbraum den *CIE-Farbraum*. Der Adobe-RGB-Farbraum zielt auf das *CMYK-Farbmodell* für die subtraktive Farbmischung, das in Druckern eingesetzt wird, allerdings unter Berücksichtigung der Farbdarstellung von Displays, die auf RGB basiert. Es ist also ein Optimierungsmodell für die Umwandlung des RGB-Farbraums in einen CMYK-Farbraum. Das Adobe-Farbmodell umfasst etwa 50 % der Farben, die im CIE-Farbmodell darstellbar sind. Besonders bei Cyan und Grün ist Adobe-RGB dem Standard-RGB überlegen, daneben allerdings auch bei Gelb- und Orangetönen.

Augenempfindlichkeit *sensitivity of the eye*

Das menschliche Auge reagiert unterschiedlich auf Farben und Intensitäten. Beide Parameter, die Farbfrequenz als auch die Helligkeit, lösen unterschiedliche Empfindungen aus, was daran liegt, dass das menschliche Auge unterschiedliche lichtempfindliche Rezeptoren hat: Die Stäbchen und die L-, M- und S-Zapfen für lang-, mittel- und kurzwelliges Licht. Diese drei Rezeptoren sind ungleich auf der Netzhaut verteilt. Alle Rezeptoren haben ihre Empfindlichkeit bei Wellenlängen zwischen 380 nm und 760 nm. S-Rezeptoren sind besonders empfindlich im Blaubereich, M-Rezeptoren im Grünbereich und S-Rezeptoren im Rotbereich. Da sie ungleich verteilt sind, ist die Farbwahrnehmung abhängig vom Lichtreiz und vom Einfallswinkel mit dem der Beobachter den Lichtreiz sieht.



Die Stäbchen, von denen hat ein Auge etwa 100 bis 120 Millionen, haben ihre maximale Empfindlichkeit bei 500 nm, also bei grün. Stäbchen sind wesentlich empfindlicher als die Zapfen und ermöglichen das Sehen bei Dunkelheit, allerdings nur in Grautönen. Das Helligkeitsempfinden des menschlichen Auges ist nicht linear, sondern logarithmisch. Gleiches gilt für das Farbempfinden, das über die Zapfen erfolgt, die fast ausschließlich in der Mitte der Retina angeordnet sind. Die ca. 8 Millionen Zapfen lassen sich in drei unterschiedliche Zapfentypen für verschiedene Farben gliedern, die

Augenempfindlichkeitskurve für Tages- und Nachtlicht

Licht- und
Beleuchtungseinheiten

Beleuchtungsstärke
illumination strength

Beleuchtungsstärke E_v	
$lx = lm/qm$	$1 lx = 1 lm / 1 qm$
$= cd sr/qm$	$1 lx = 1 cd sr / 1 qm$
Lichtstrom	
$lm = cd sr$	lx, Lux cd, Candela
Leuchtdichte L	
$cd/qm = nit$	sr, senkrecht lm, Lumen qm, Quadratmeter

ihre höchsten Empfindlichkeiten bei 420 nm, 530 nm und 560 nm haben. Die Zapfen werden bei einer *Lichtstärke* von etwa 10 *Candela* (cd) pro Quadratmeter angeregt und ermöglichen das Sehen während des Tages.

Da die Empfindlichkeitseindrücke sich individuell unterscheiden, hat man eine genormte, dem mittleren Empfinden angepasste Augenempfindlichkeitskurve gebildet, die als Referenz für visuelle Modelle dient.

Lux (lx) ist die Maßeinheit für die Beleuchtungsstärke, das ist die auf einen Körper auftreffende Lichtenergie. Die Beleuchtungsstärke auf einer Fläche ist dann 1 Lux (lx), wenn ein

Lichtstrom von 1 *Lumen* (lm) senkrecht auf eine Fläche von 1qm fällt. Geschieht dies während einer Sekunde, dann handelt es sich um die Belichtung, die in Luxsekunden (lxs) angegeben wird. Ein künstlich beleuchteter Raum hat etwa 20 lx bis 100 lx, im Freien können Werte von 3.000 lx im Schatten und bis zu 100.000 lx in der Sonne auftreten.

Blau Blau (B) ist eine von drei *Primärfarben* der additiven und eine *Sekundärfarbe* der subtraktiven *Farbmischung*. Im *CIE-Farbraum* hat Blau eine Wellenlänge zwischen 430 nm und 500 nm. Blau kann für die additive Farbmischung unterschiedliche Wellenlängen haben. Das hängt mit der Forderung nach einem möglichst großen *Farbraum* für die additive Farbmischung von *Rot, Grün, Blau* (RGB)

Farbe	Wellenlänge	Frequenzbereich
Violett	380 nm ... 430 nm	700 THz ... 700 THz
Blau	430 nm ... 500 nm	700 THz ... 600 THz
Cyan	500 nm ... 520 nm	600 THz ... 575 THz
Grün	520 nm ... 560 nm	575 THz ... 535 THz
Gelb	560 nm ... 590 nm	535 THz ... 510 THz
Orange	590 nm ... 625 nm	510 THz ... 480 THz
Rot	625 nm ... 780 nm	480 THz ... 385 THz

zusammen und mit der Forderung, dass aus zwei Primärfarben nicht die dritte Primärfarbe erzeugt werden kann. Diese Forderungen werden von mehreren Wellenlängen erfüllt, sind aber immer im Zusammenhang mit den anderen beiden Primärfarben zu sehen. Blau hat international eine Wellenlänge von 436 nm. Die verschiedenen *Farbmodelle* definieren die *Farbe* Blau im CIE-Farbraum geringfügig unterschiedlich voneinander. So hat die EBU für Blau die xy-Koordinaten 0,155/0,07 festgelegt, wohingegen in NTSC die Koordinaten 0,14/0,08 betragen. Bei *Standard-RGB* (sRGB) ist Blau im CIE-Farbraum mit den Koordinaten 0,1500/0,0600 festgelegt.

Wellenlängen und deren
Frequenzbereiche für das
sichtbare Licht

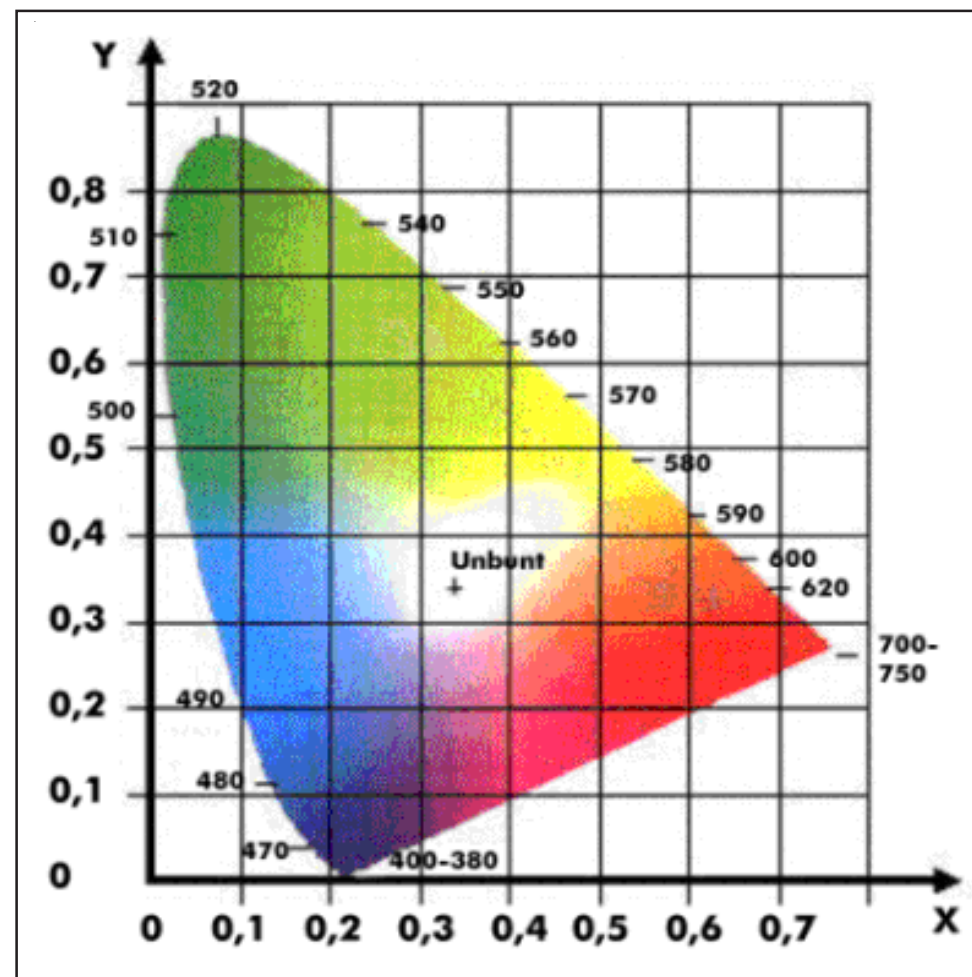
Candela
cd, candela

Candela (cd) ist die Maßeinheit für die *Lichtstärke*, für die von einer Lichtquelle in einer bestimmten Richtung abgestrahlten Lichtenergie. Definitionsgemäß ist es die Energie, die ein schwarzer Strahler mit 1/60 qcm Oberfläche bei der Schmelztemperatur von Platin, bei 1.770 °C während einer Sekunde ausstrahlt. Die Einheit Candela gehört zu den Basiseinheiten des Einheitensystems (SI). Je höher der Candela-Wert ist, desto heller ist das emittierte *Licht*. Ein Candela ist in 1.000 Millicandela (mcd) unterteilt. Bezieht man die Lichtstärke auf eine Flächeneinheit, erhält man die *Leuchtdichte*. Zwischen der Lichtstärke und dem *Lichtstrom* gibt es eine Beziehung über den Raumwinkel in Steradian. Danach ergibt sich Candela aus dem Verhältnis von *Lumen* zum Raumwinkel. Typische Candela-Werte liegen im Wohnraum zwischen 3 und 12 Candela, im Büro zwischen 10 und 20 Candela und Schaufenster haben zwischen 60 und 300 Candela.

CCT, correlated color temperature

Die *Correlated Color Temperature (CCT)* beschreibt die relative Farbtemperatur einer weißen Lichtquelle. Die Abstufungen von *Weiß* reichen von Kalt-Weiß über Neutral-Weiß bis hin zu Warm-Weiß. Diese feinen Unterschiede drücken sich im Farbempfinden aus, das Weiß als *gelb-*, *orange-* oder *blau*stichig charakterisiert. Die in *Kelvin (K)* angegebene Correlated Color Temperature steht für die diversen Weiß-Schattierungen.

CIE, commission internationale d'éclairage
CIE-Farbraum



Das von der Commission Internationale d'Éclairage (CIE), der internationalen Beleuchtungskommission, entworfene CIE-Farbmolell wurde 1931 für die Druckindustrie entwickelt. Dieses Modell entspricht dem Sehempfinden der meisten Menschen und basiert auf umfangreichen Tests und Versuchen. Der CIE-Farbraum, der die Farbkoordinaten für monochromatisches *Licht* mit Wellenlängen zwischen 380 nm und 770 nm umfasst, hat auch in *Farbmanagement-Systemen* als Referenzfarbsystem Einzug gehalten. Im CIE-Farbraum wird jede in der Natur vorkommende *Farbe* durch zwei Koordinatenwerte bestimmt. Der Wegfall von negativen Werten wurde durch lineare Transformation eines Koordinatensystems mit negativen Farbwerten erzielt. DIN hat den CIE-Farbraum in der Norm DIN 5033 in insgesamt 22 Farbflächen zerlegt und den einzelnen Farbflächen Wellenlängen zugeordnet. In diesem Diagramm werden die

Von DIN genormtes Farbdreieck:
Der CIE-Farbraum

Primärfarben *Rot* (R), *Grün* (G) und *Blau* (B) mit einem einzelnen Großbuchstaben gekennzeichnet, ebenso *Yellow* (Y), *Orange* (O) und *Purpur* (P), die Mischfarben Blau-Grün (BG), Yellow-Grün (YG) und Rot-Purpur (RP) mit zwei Großbuchstaben und die dazwischen liegenden Farben wie purpur Rot (pR), blau Purpur (bP) oder rot Orange (rO) mit einer Buchstabenkombination aus Klein- und Großbuchstaben.

Neben dem von der CIE definierten Farbraum hat diese Kommission zwei Farbsysteme festgelegt: *CIELAB* und *CIELUV*. Bei diesen Farbmodellen handelt es sich um dreidimensionale Farbmodelle, die die Form einer Kugel haben. Beim CIELAB liegen die gesättigten Spektralfarben auf einer Linie, die den Kugelumfang in der Kugelmitte (Äquator) entspricht. Die Kugelachse entspricht dem Helligkeitswert und der jeweilige Radius der *Farbsättigung*. Die drei Kennwerte Farbe, *Helligkeit* und *Sättigung* bestimmen den Farbort. Die Gesamtheit der Farborte ist der Farbraum. Mit einem vergleichbaren Modell arbeitet CIELUV mit dem Unterschied, dass es für Lichtquellen benutzt wird.

CLUT, color look-up table *Farb-Indextabelle*

Bei *Farbdarstellungen* werden häufig nicht die *Farben* aller Bildpunkte gespeichert, sondern alle Farben eines Bildes werden in einer *Farbtabelle* eingetragen. Dieses Verfahren wird bei Pseudo-Color-Betriebsarten benutzt, mit denen u. a. TIFF und das GIF-Dateiformat arbeiten.

Die Color Lookup Table (CLUT) bietet eine Auswahl von Farben aus der gesamten *Farbpalette*, denen Farbbildwerte zugewiesen werden. Bei der Verarbeitung dekodieren die Programme die Farbbilder, indem sie den Code, der jedem Pixel zugewiesen ist, mit der entsprechenden Farbe im CLUT ersetzen.

CMS, color management system *Farbmanagement-System*

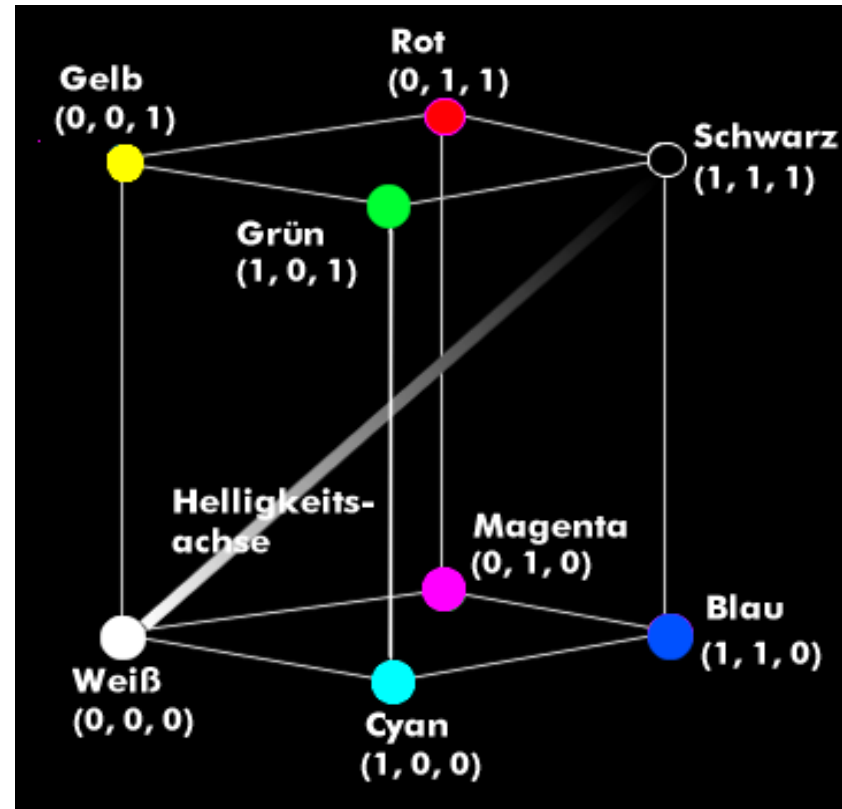
Farbmanagement-Systeme (CMS) sind Computerprogramme, die die *Farbräume* bei der Farbeingabe, -darstellung und -ausgabe einander anpassen, damit über die gesamte Produktionskette hinweg eine grafische Darstellung erzeugt wird, die immer die gleichen *Farben* aufweist und damit Farbkonsistenz garantiert. Die Voraussetzungen für eine solche Anpassung von Eingabe- Verarbeitungs-, Darstellungs- und Ausgabegeräten setzt eine Farbkalibrierung der Geräte voraus. Für diese Aufgabe, die farbmetrische Kalibrierung, hat das *International Color Consortium* (ICC) eine herstellerübergreifende Plattform entwickelt, auf der die individuellen Eigenschaften der einzelnen Geräte mittels so genannter ICC-Profile charakterisiert werden.

Die Farbeingabe, das Scannen, die Digitalfotografie, die digitale Erfassung und der grafische Bildschirmwurf bilden die Eingabepprofile, die an die Darstellungsgeräte angepasst werden müssen. Da Monitore mit unterschiedlichen Techniken arbeiten, wie LCD-Display, Plasma-Display oder Kathodenstrahlröhre (CRT), und in der *Farbdarstellung* unterschiedlich sind, ist eine Anpassung der Eingabepprofile an die Darstellungsprofile erforderlich. Hinzu kommt, dass sich der Farbumfang der verschiedenen *Farbmodelle* und *Farbskalen* beträchtlich voneinander unterscheidet und das Farbmanagement-System den Farbraum eines Farbmodells auf ein anderes umrechnen muss. Diese Umrechnung, die insbesondere für Farbausgaben erforderlich ist, nennt man *Rendering Intent*. Neben den verschiedenen Farbdruckern werden Farbdaten häufig für die Film- oder Druckplattenerstellung benötigt. Alle Ausgabegeräte haben unterschiedliche Profile und müssen daher an die produktionstechnische Farb-Verarbeitungskette angepasst werden.

Die Profile der Geräte können mit einer standardisierten Farbreferenz, der *IT8*, festgelegt werden.

Farbmanagement-Systeme können Teil eines Betriebssystems sein oder Bestandteil spezieller Software-Anwendungen.

CMY, cyan, magenta, yellow
CMY-Farbmodell



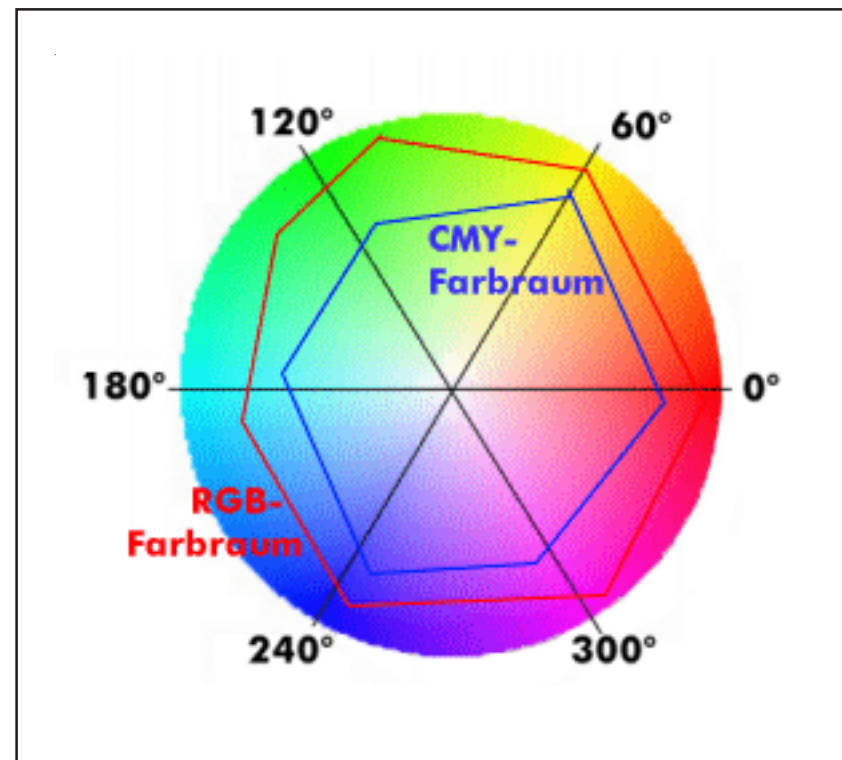
CMY-Farbmodell mit Helligkeitsachse

Das *CMY-Farbmodell* arbeitet mit den *Primärfarben* der subtraktiven *Farbmischung* und wird für reflektierende Medien, also für drucktechnische Einrichtungen benutzt. Der *Farbraum* des *CMY-Farbmodells* ist kleiner als der des *RGB-Farbmodells*; das bedeutet, dass mit diesem Modell weniger *Farben* nachgebildet werden können. Das *CMY-Farbmodell* kann durch einen Würfel gebildet werden, bei denen die Kanten Vektoren mit der Länge "1" bilden. Diese Einheitsvektoren sind die Farben *Cyan*, *Magenta* und *Gelb* (Yellow), daher auch die Bezeichnung *CMY*.

Aus diesen Primärfarben *CMY* können die *Sekundärfarben* *Rot*, *Grün* und *Blau* gebildet werden, ebenso die unbunten Farben *Schwarz* und *Weiß*. Kombiniert man beispielsweise die Primärfarben *Magenta* und *Gelb* erhält man die Sekundärfarbe *Rot*, also eine Primärfarbe der additiven Farbmischung. Auf der Diagonalen zwischen *Schwarz* und *Weiß* verläuft die *Helligkeitsachse*.

Das *CMY-* und das *RGB-Farbmodell* haben einen unmittelbaren mathematischen Bezug zueinander.

CMYK, cyan, magenta, yellow, key
CMYK-Farbmodell



RGB- und CMY-Farbraum im Farbkreis

Das *CMYK-Farbmodell* unterscheidet sich geringfügig von dem *CMY-Farbmodell*. Beide werden für die subtraktive *Farbmischung* für reflektierende Medien benutzt. So in der Druckindustrie und bei Druckern. Bei dem *CMYK-Farbmodell*, das wie das *RGB-Farbmodell* durch einen Würfel gebildet wird, bilden die Würfelkanten Vektoren der Länge "1". Diese Einheitsvektoren sind die *Farben* *Cyan*, *Magenta* und *Gelb* (Yellow), daher auch die Bezeichnung *CMY*. Das "K" steht für *Key* und soll sich bewusst von der Bezeichnung *Schwarz* unterscheiden, da es drucktechnisch nur zur Kontrasterhöhung eingesetzt wird.

Das zusätzliche *Schwarz* ist erforderlich, da aus den drei *Primärfarben* *CMY* in der Praxis auch dann kein richtiges

Schwarz entsteht, wenn alle drei Primärfarben mit 100 % gedruckt werden, da in der Praxis keine reinen Tinten zur Verfügung stehen. Die Druckergebnisse erscheinen daher wenig gesättigt und kontrastarm. Die beiden Farbmodelle *RGB* und *CMYK* haben keinen mathematischen Zusammenhang, es gibt lediglich Annäherungen in der Umrechnung von einem Modell in das andere. Eines dieser Umrechnungsmodelle ist das *UCR-Verfahren*.

CRI, color rendering index *Farbwiedergabeindex*

Der *Color Rendering Index* (CRI) ist ein Farbwiedergabeindex, der zur Charakterisierung von Leuchtquellen dient. Die Größe des CRI-Wertes kann zwischen 0 und 100 liegen und ist maßgeblich für die Farbwiedergabe von beleuchteten Gegenständen. Je höher der CRI-Wert, oder der RA-Index, der mit dem CRI-Wert identisch ist, desto natürlicher werden Farben wiedergegeben und desto angenehmer empfindet es der Mensch.

Es ist ein Vergleichswert mit dem das Beleuchtungsspektrum von Lampen oder Leuchtdioden verglichen werden kann. Sonnenlicht hat den Farbwiedergabeindex 100. Es gibt eine Klassifizierung für den Farbwiedergabeindex; so wird ein CRI-Wert von 95 als hervorragend, einer von 90 als fair und einer von 80 als schlecht eingestuft. Der Farbwiedergabeindex unterscheidet sich von der *Farbtemperatur*, die zwischen kaltem und warmem *Licht* unterscheidet.

Neben Sonnenlicht mit einem CRI-Wert von 100, haben beispielsweise Energiesparlampen einen CRI-Wert von etwa 80, *weiß* leuchtende Leuchtdioden, WLEDs, bringen es auf einen CRI-Wert von über 80. Eine Erhöhung des CRI-Wertes wird durch "warmweiß" leuchtende LEDs erzielt, die mit zwei Leuchtstoffen arbeiten.

Cyan *C, cyan*

Cyan (C) ist eine *Primärfarbe* im *CMY-* und *CMYK-Farbmodell* und eine *Sekundärfarbe* von *RGB*. Cyan entspricht dem Farbeindruck von Blaugrün und ist mit einer Wellenlänge von 500 nm bis 520 nm spezifiziert. Im *Farbkreis* liegt es bei einem Winkel von 180°.

Euroskala



Die Euroskala ist eine in Europa normierte *Farbskala*, die nach dem *CMYK-Farbmodell* arbeitet. Sie wird im Vierfarbdruck angewendet und arbeitet mit den *Primärfarben Cyan, Magenta* und *Yellow* sowie mit einer als *Key (K)* bezeichneten Tiefendruck. Das ist ein Schwarzdruck, der nur der partiellen Kontrasterhöhung dient. Aus den *Farben* der Euroskala können durch Mischung viele Farbnuancen gedruckt werden. So wird beispielsweise aus den beiden Primärfarben 100 % Y und 100 % M die Primärfarbe *Rot (R)* des *RGB-Farbmodells*. Die Farbmischwerte sind in einem Farbatlas festgelegt.

In der Drucktechnik werden die Eurofarben und daraus gewonnene *Sekundärfarben* sowie gerasterte Mischfarben in einer Farbkontrollleiste zur Farbmessung am Rand mitgedruckt.

Farbart *chroma*

Die *Farbart* wird durch den *Farbton* und die *Farbsättigung* gebildet. Im *Farbkreis* entspricht sie dem Farbvektor mit seinem Winkel und Vektorlänge. Der Winkel des Farbvektors repräsentiert den Farbton, die Vektorlänge die Farbsättigung. Ein längerer Farbvektor entspricht einem höheren Sättigungsgrad. Die *Leuchtdichte* oder *Helligkeit* hat keinen Einfluss auf die *Farbart*.

Farbdarstellung
color mode

Bei der Farbdarstellung wird der Farbeindruck aus drei *Primärfarben* durch *Farbmischung* erzielt. Das gilt gleichermaßen für die Darstellung auf Monitoren als auch für Drucker, wobei der Unterschied in der Art der Farbmischung und den verwendeten Primärfarben liegt.

Je nach *Farbtiefe* benutzt man für die Farbdarstellung unterschiedliche Bezeichnungen. So spricht man bei einer Farbdarstellung von 5 Bit je *Farbe*, also einer Farbtiefe von 15 Bit und bei Farbtiefen von 16 Bit vom High-Color-Modus, auch HiColor. In diesem Modus lassen sich pro Farbe 32 *Farbsättigungen* darstellen, insgesamt also 32.768 Farben respektive 65.536.

Steigert man die Farbtiefe für eine Primärfarbe um 1 Bit auf 6 Bit, dann ist jede Primärfarbe in 64 Farbsättigungen darstellbar, also können insgesamt 266.144 *Farbtöne* dargestellt werden. Diese Farbtiefe entspricht dem Direct-Color-Modus, DirectColor, ebenso wie die mit 7 Bit Auflösung je Farbe, die zu einer Farbtiefe von 2.097.152 Farbnuancen führt.

Farbdarstellung	Farbtiefe	Anzahl der Farben
HiColor	15 Bit	32.768
	16 Bit	65.536
Direct Color	18 Bit	262.144
	21 Bit	2.097.152
True Color	24 Bit	16.777.216
Deep Color	30 Bit	1,07x10exp9
	36 Bit	68,7x10exp9
	48 Bit	281x10exp12

Eine detailreichere Farbdarstellung wird mit True Color (TrueColor) mit einer Auflösung von 8 Bit je Primärfarbe (R,G,B), also 24 Bit Farbtiefe und 16.777.216 Farbnuancen erreicht. Diese Farbauflösung liegt oberhalb des menschlichen Auflösungsvermögens von 19 Bit, wird aber vom menschlichen Auge als natürliche Auflösung empfunden.

Mit Deep-Color, das in HD-Darstellungen benutzt wird, geht es um einige Zehnerpotenzen höher. Die Farbtiefe für Deep Color liegt bei 30 Bit, 36 Bit und 48 Bit und könnte theoretisch in der höchsten Auflösung 281 x 10exp12 (Tera) Farbnuancen darstellen.

Farbtiefen von verschiedenen Farbdarstellungen

Farbdreieck
color triangle

Unter einem Farbdreieck versteht man den in einem zweidimensionalen Koordinatensystem angeordneten *CIE-Farbraum*.

Dieser *Farbraum* ist nach DIN 5033 genormt und bietet eine Darstellung von *Farbton* und *Farbsättigung* sowie von Grund- und Mischfarben. Der Farbort einer *Farbart* ist durch die Koordinaten x und y festgelegt. Der Begriff Farbdreieck wird darüber hinaus häufig in anderen Zusammenhang verwendet.

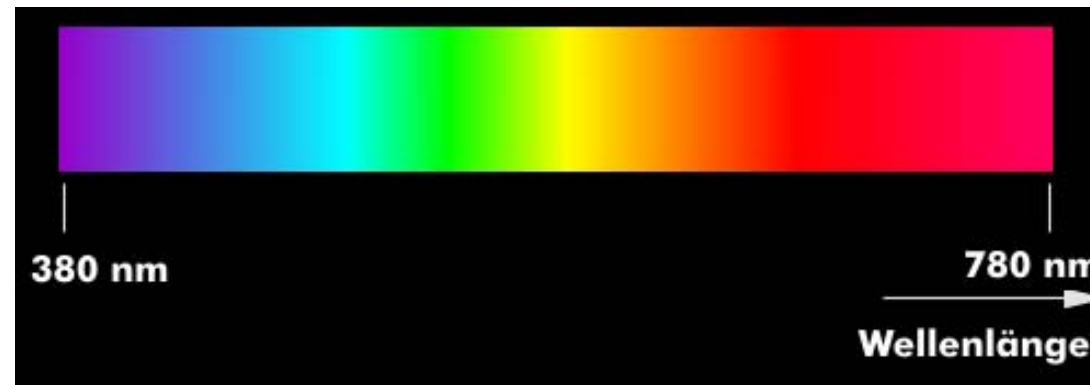
Farbe
color

Farbe ist eine subjektive visuelle Wahrnehmung, die durch sichtbares *Licht* von bestimmten Wellenlängen im menschlichen Auge hervorgerufen wird. Die Farbe wird durch das individuelle Empfinden des menschlichen Auges bestimmt ist und subjektiv von der *Augenempfindlichkeit* abhängig. Farben die das menschliche Auge erkennt liegen im Wellenlängenbereich zwischen 360 nm und 760 nm. In diesem Bereich liegen alle Farben, die das menschliche Auge wahrnehmen kann.

Farbe ist der visuelle Eindruck von dem *Farbton*, der *Farbsättigung* und der *Helligkeit*. Das Spektrum reicht von unbunt-dunkel-ungesättigt (*schwarz*) über unbunt-hell-ungesättigt (*weiß*) bis hin zu bunt-dunkel-gesättigt und bunt-hell-gesättigt.

Das menschliche Auge kann etwa 400.000 verschiedene Farben wahrnehmen. Diese Zahl ergibt sich aus

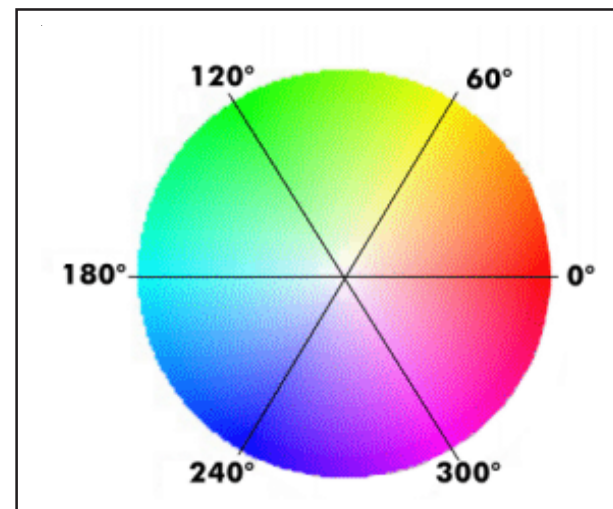
Sichtbarer Lichtbereich



der wahrnehmbaren Anzahl an Farbtönen, ca. 130, an Farbsättigungen, ebenfalls ca. 130, und aus den wahrnehmbaren Helligkeitswerten, zwischen 15 und 25. In der Farbenlehre unterscheidet man zwischen *Primärfarben* und *Sekundärfarben*, wobei die erstgenannten die Grund- oder Urfarben bilden, die anderen die Mischfarben, die

aus der Mischung von zwei oder mehr Primärfarben entstehen.

Farbkreis
color circle

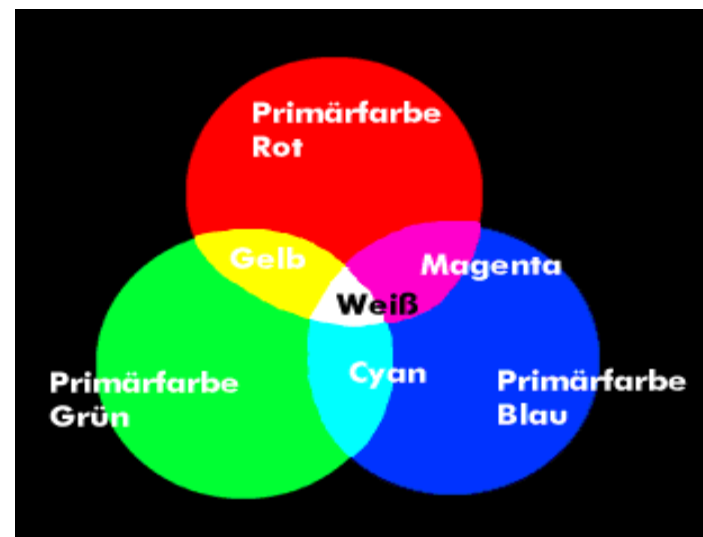


Farbkreis

Der Farbkreis ist eine zweidimensionale kreisförmige Farbanordnung, die in verschiedenen Farbmodellen für die Darstellung der *Farbsättigung* und des *Farbtons* benutzt wird. Den Mittelpunkt des Farbkreises bildet Unbunt, die Farbsättigung wird durch die Länge des Farbvektors vom Mittelpunkt hin zum Außenrand dargestellt. Kurze Farbvektoren kennzeichnen wenig gesättigte *Farben*, lange Farbvektoren gesättigte *Farben*. Die maximale Farbsättigung wird durch einen Farbvektor gebildet, der dem Radius des Farbkreises entspricht. Der Farbton ist durch den Winkel von Null Grad, was *Rot* entspricht, bis hin zum Farbvektor gegeben.#2

Im PAL-Fernsehstandard arbeitet man mit dem PAL-*RGB*-Farbkreis. Wie bei den anderen Farbkreisen auch, drückt sich die Farbsättigung in der Länge des Farbvektors aus, der Farbton im Winkel. Der Mittelpunkt ist Unbunt. Als Achsen benutzt man die im Pegel reduzierten Farbdifferenzsignale, das U- und V-Signal. Der Winkel des Farbvektors wird durch den Tangens aus den einzelnen Farbanteilen errechnet. Die vektorielle Darstellung spielt in der Fernsehmesstechnik eine bedeutende Rolle und wird auf einem Vektorskop dargestellt.

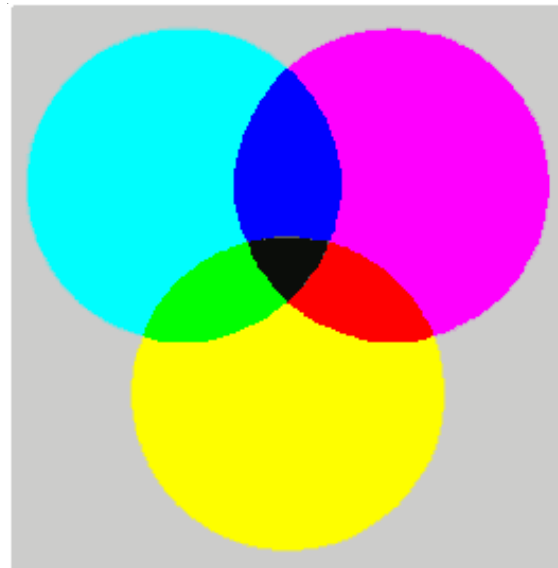
Farbmischung
color mix



Die additive Farbmischung mit emittierenden Farben

Bei der Farbmischung unterscheidet man zwischen der additiven und der subtraktiven Farbmischung. Beide Farbmisch-Verfahren nutzen die Trägheit und das begrenzte Farbaufklärungsvermögen des menschlichen Auges, um einen subjektiven Farbeindruck entstehen zu lassen. Bei der additiven Farbmischung handelt es sich um die Addition von emittierenden farbigen Lichtquellen (Temperaturstrahler). Bei dieser Farbmischung, die u.a. in Bildschirmen angewandt wird, werden mehrere additive *Primärfarben* zu einer neuen *Farbe* gemischt. In Bildschirmen werden die Primärfarben *Rot*, *Grün* und *Blau* genutzt, um daraus möglichst alle in der Natur

Prinzip der subtraktiven Farbmischung



vorkommenden *Farbtöne* zu erzeugen. Mischt man die Grundfarben Grün, Rot, Blau (*RGB*) in additiver Form mit gleicher Intensität, entsteht *Weiß*. Aus der additiven Farbmischung zweier Primärfarben entsteht eine Grundfarbe für die subtraktive Farbmischung. Die Grundfarbe entspricht der *Sekundärfarbe* der additiven Farbmischung. So entsteht bei der additiven Mischung der Primärfarben Grün und Rot die Sekundärfarbe *Gelb*, eine der drei Primärfarben für die subtraktive Farbmischung. Bei der subtraktiven Farbmischung werden aus einem bestehenden Farbspektrum durch Absorption und Reflexion bestimmte Spektralbereiche ausgeklammert. Es handelt sich dabei um die Reflexion des *Lichtes* an Farbpunkten, so wie es von Printmedien her bekannt ist. Die gedruckte Farbe wird nur dadurch also sichtbar, weil sie mit Kunst- oder Tageslicht angestrahlt wird, die meisten Farben des Lichtes

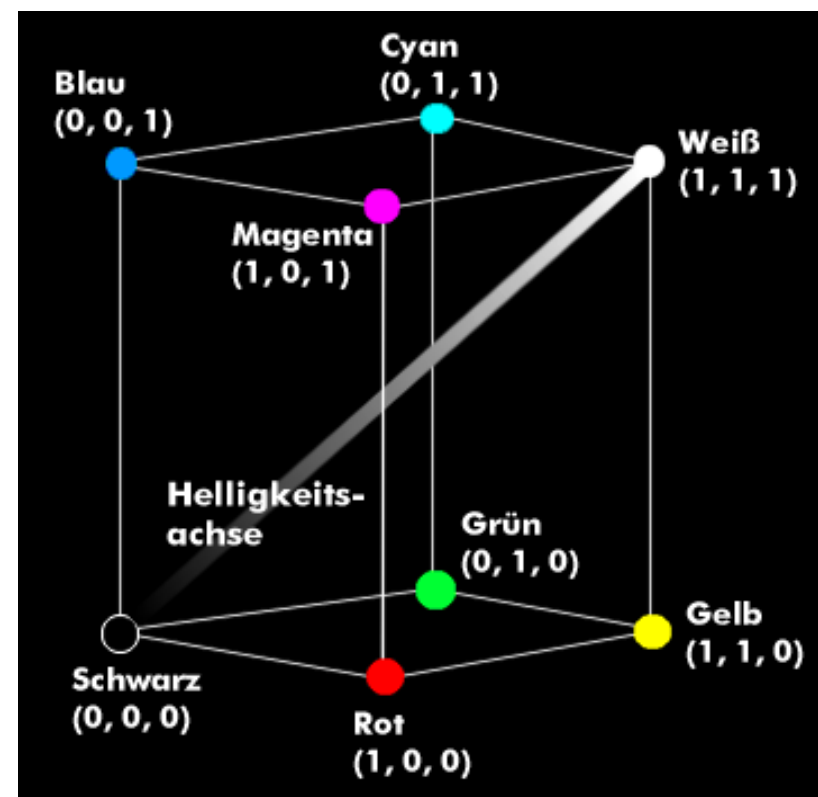
absorbiert und nur die Wellenlänge des Farbtönen reflektiert.

Strahlt man beispielsweise eine weiße Fläche mit weißem Licht an, so werden alle Farbanteile des Lichts reflektiert und der Betrachter sieht die weiße Reflexionsfläche.

Wird dagegen eine blaue Reflexionsfläche mit weißem Licht angestrahlt, werden alle Farben mit Ausnahme von Blau absorbiert; Blau wird reflektiert. Der Betrachter sieht also die blaue Reflexionsfläche.

Die subtraktive Farbmischung arbeitet mit den Primärfarben *Cyan* (C), *Magenta* (M) und *Gelb* (Y), weil aus diesen drei Farben die meisten Farbtöne erzeugt werden können. Die subtraktiven Primärfarben aus dem *CMY-Farbmodell* bilden die Sekundärfarben des *RGB-Farbmodells* und umgekehrt.

Farbmodell
color model



RGB-Farbmodell

Farbmodelle dienen der Beschreibung und Spezifikation von *Farben*. Sie ermöglichen die Adaption möglichst vieler Farben auf ein bestimmtes Medium. Bei Farbmodellen handelt es sich um 3D-Modelle, mit denen nach Möglichkeit alle in der Natur vorkommenden Farben nachgebildet werden können.

Da die verschiedenen Medien unterschiedliche *Farbmischungen* verwenden, sind die Farbmodelle für bestimmte Medien und Farbmisch-Verfahren optimiert: So für die *Farbdarstellung* auf Monitoren, die mit additiver Farbmischung arbeiten, oder für den Printbereich, der mit subtraktiver Farbmischung arbeitet. Die 3D-Farbmodelle umfassen den *Farbton*, die *Farbsättigung* und die *Helligkeit*.

Eines der bekanntesten Farbmodelle ist das *RGB-Farbmodell*, mit den *Primärfarben* *Rot*, *Grün*, *Blau* (RGB). Dieses Farbmodell wird bei additiver Farbmischung in

Monitoren respektive in Fernsehgeräten mit emittierenden Farben angewendet. Ein weiteres Farbmodell ist das *CMYK-Farbmodell*, das im Printbereich beim Vierfarbdruck eingesetzt wird. "C", "M" und "Y" stehen für die Farben *Cyan*, *Magenta* und *Gelb* (Yellow), "K" steht für *Key* und wird in der Druckindustrie als Tiefe bezeichnet. Dieses Farbmodell ist für die subtraktive Farbmischung optimiert, wie sie auch in Druckern verwendet wird.

Der *Farbraum* des RGB-Farbmodells umfasst wesentlich mehr Farben als der des CMYK-Farbmodells. Weitere Farbmodelle sind das *YUV-Farbmodell* aus der Fernseh- und Videotechnik nach dem PAL-Fernsehstandard, sowie das *YIQ-Farbmodell*, das im NTSC-Fernsehstandard verwendet wird. Darüber hinaus gibt es noch das *HSV-Farbmodell*, in dem der Farbton (Hue), die Farbsättigung (Saturation) und der Value die Farbmischung bestimmen und das *HSB-Farbmodell*. Weitere Modelle sind *HLS-Farbmodell* und das *HVC-Farbmodell*.

Neben den geräteabhängigen Farbmodellen gibt es mit *CIE Lab* das geräteunabhängige *Lab-Farbmodell*. Auch für die Wiedergabe von HD-Medien wurde mit dem *xvYCC-Farbmodell* eines entwickelt, das einen wesentlich größeren Farbraum hat als die anderen Farbmodelle.

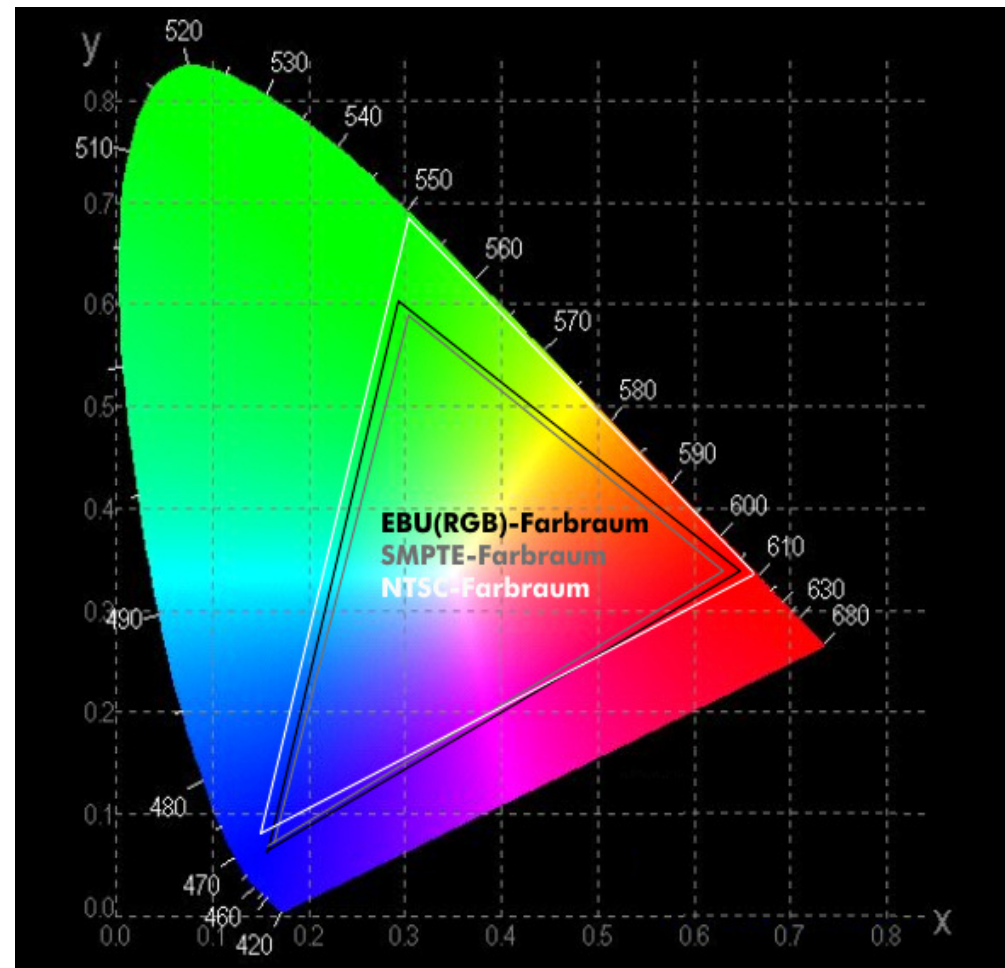
Viele dieser Farbmodelle sind in Grafikprogrammen implementiert. Zwischen den einzelnen Farbmodellen besteht ein mathematischer Zusammenhang, so dass ein Farbmodell in ein anderes transferiert werden kann.

Farbpalette
color palette Die Farbpalette repräsentiert die Möglichkeiten der Farbauflösung von Displays und Ausgabegeräten. Sie wird von Grafikprogrammen vorgegeben und verdeutlicht die farbigen Darstellungsnuancen in Form der *Farbtiefe*.

Farbpaletten werden aus der Zuordnung aus einem *Farb-Index* zu einem Farbwert gebildet und dem Benutzer im Grafikprogramm angeboten. Dadurch können Computersysteme mehr *Farben* unterstützen, als die eigentliche *Farbdarstellung* zulässt.

Farbraum
color space Die Erfassung, Verarbeitung und Ausgabe von farblichen Darstellungen erfolgt nach Farbmodellen. Die *Farbmodelle* bilden eine Optimierung dessen, was theoretisch an *Farben* darstellbar ist. Dieser Farbbereich heißt Farbraum oder Gamut und ist abhängig von den *Farbtemperaturen* oder den Koordinatenwerten der einzelnen *Primärfarben*.

Da die lichtumwandelnden Sensoren und Farbfilter in den Eingabegeräten von Scannern, Digitalkameras und Videokameras eigene Kennlinien und Hysteresen haben, und außerdem nicht exakt die Werte repräsentieren, die die Theorie vorgibt, kann die Farberfassung immer nur eine Näherung an die Farbmodelle darstellen. Gleiches gilt für die Ausgabegeräte, wie Monitore, Projektoren, Displays und Farbdrucker. Hier spielen die Wellenlängen von den Primärfarben *Rot*, *Grün*, *Blau* (RGB) der Phosphore, Projektorlampen und Farbfilter sowie die Kennlinien und die Intensität der Druckerfarben eine entscheidende Rolle. Die Erfassung und Darstellung kann allerdings kein größeres Farbspektrum umfassen als die Farbmodelle theoretisch vorgeben. Der darstellbare Farbbereich der Geräte ist deren Farbraum und dieser liegt immer innerhalb des Farbraums von dem entsprechenden Farbmodell. Der Farbraum der Peripheriegeräte umfasst alle Farben, die nachgebildet werden können. Er ist also geräteabhängig und wird in bestimmten Druckerprogrammen im



Farbräume von SMPTE, EBU (PAL) und NTSC

Farbkreis eingeblendet.

Farbräume sind für die gleichen Farbmodelle unterschiedlich und hängen von den Wellenlängen der verwendeten Primärfarben ab, die unterschiedlich sein können. Um eine einheitliche Farbproduktion mit einer breiten *Farbpalette* von der Bilderfassung bis zur Bildausgabe zu erhalten, benutzt man standardisierte Farbräume. Diese setzen zwangsläufig eine hochwertige Hardwaretechnik voraus und werden ausschließlich in der professionellen Bildbearbeitung eingesetzt. Anders ist es in der Konsumelektronik, dort werden Farbpaletten mit reduzierten Farbräumen eingesetzt. Ein solcher Farbraum ist der von *sRGB*. Mit Standard-RGB (sRGB) gibt es zwar einen definierten Farbraum, der allerdings nicht von allen Computer- und Konsumelektronikherstellern angewendet wird. Der Farbraum wird durch das *ICC-Profil* vom *International Color Consortium*, einem

normierten Datensatz, beschrieben. Der Anwender erkennt dies an der Extension *.icc.

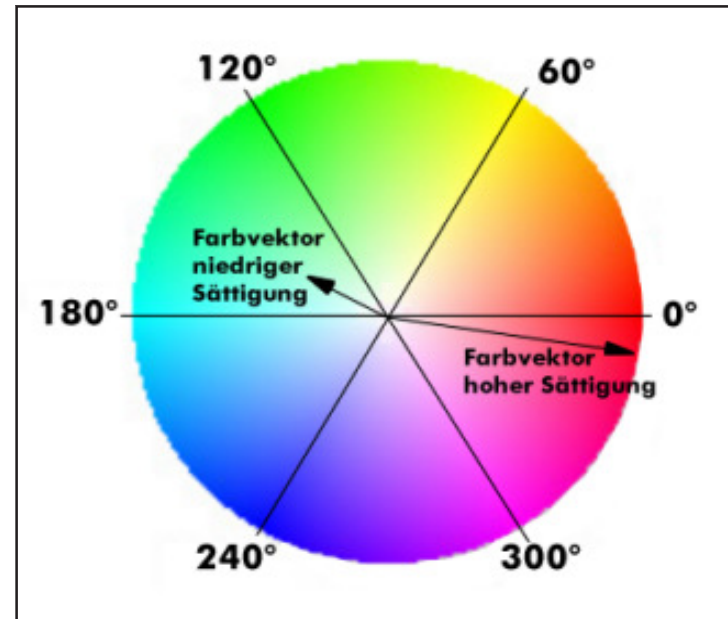
Farbreduktion *color reduction*

Die Farbreduktion dient dazu, die Datenmenge von Farbgrafiken und Fotos zu verringern, um damit den Speicherbedarf zu reduzieren und die Übertragungsrate zu erhöhen. Die Datenmenge von *Farbdarstellungen* hängt im Wesentlichen von der *Farbtiefe* ab. So hat beispielsweise eine Farbdarstellung im *True-Color*-Modus eine Farbtiefe von 24 Bit, im *High-Color*-Modus eine Farbtiefe von 16 Bit. 24 Bit unterscheiden zwischen 16.777.216 Farbtönen, mit 16 Bit hingegen können nur 65.536 *Farbtöne* dargestellt werden. Das bedeutet, dass, wenn man eine 24-Bit-Grafik mittels Farbreduktion in eine 16-Bit-Grafik reduziert, der benötigte Speicherplatzbedarf ein Verhältnis von 256:1 hat. Weitere Farbreduktionen erhöhen das Verhältnis entsprechend. Da viele Ausgabegeräte ohnehin nicht so hohe Farbtiefen darstellen können, zum anderen die Unterscheidungsmöglichkeiten des menschlichen Auges ebenfalls begrenzt sind, können in aller Regel Qualitätseinbußen durch Farbreduktionen nicht wahrgenommen werden. Eine Technik der Farbreduktion ist das *Dithering*, bei dem durch Farbrasterung verschiedene Farbtöne entstehen.

Farbsättigung *color saturation*

Die Farbsättigung ist ein Maß für die Intensität und die spektrale Reinheit einer *Farbe* in Relation zu einer ungesättigten Farbe. Die Sättigung beschreibt also den Eindruck der Farbigkeit einer Fläche zu deren

Farbvektoren im Farbkreis



Farbseparation
color separation

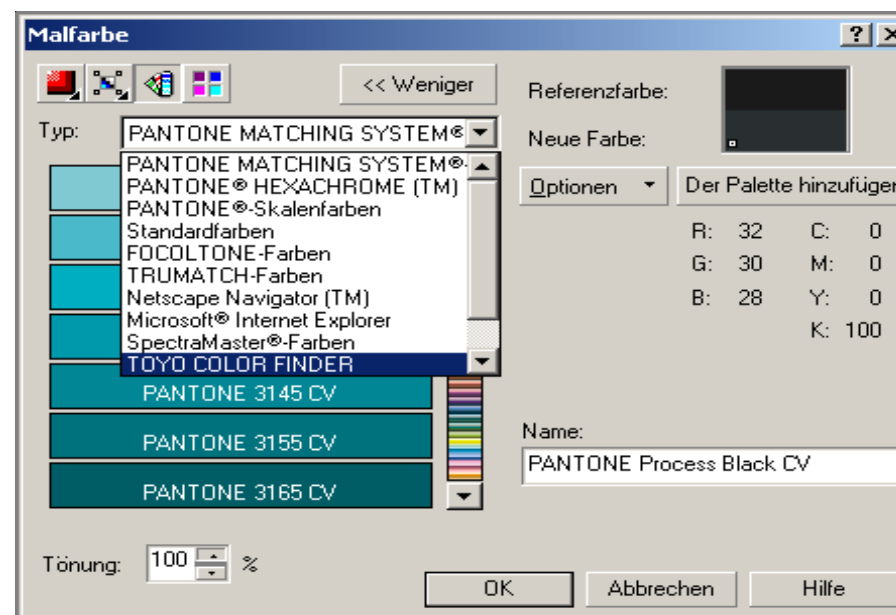
Helligkeit (Sättigung = Farbe/Helligkeit). Ungesättigte Farben sind unbunt (*schwarz, grau, weiß*). Farben mit geringer Sättigung werden Pastellfarben genannt. Gesättigte Farben zeichnen sich durch hohe spektrale Reinheit und hohe Farbintensität aus. Im *Farbkreis* wird die Sättigung durch die Länge des Farbvektors von der Mittelachse aus angegeben. Das menschliche Auge kann ca. 130 verschiedene Farbsättigungen unterscheiden.

Farbdrucke basieren auf der subtraktiven *Farbmischung*. Das Druckbild wird durch den Druck von mehreren einzelnen *Farben* erstellt, deren Druckpunkte dicht nebeneinander liegen und für das Auge nicht mehr als Einzelpunkte sichtbar sind. Bei der subtraktiven Farbmischung wird der größtmögliche *Farbraum*

durch die drei Farben *Cyan (C), Magenta (M) und Gelb (Y)* erreicht. Da die einzelnen Spektralfarben Abweichungen von den theoretischen Werten haben, wird das *CMY-Farbmodell* zur besseren Kontur- und Kontrastdarstellung durch eine Tiefeninformation (K) ergänzt, das ist ein zusätzlicher Schwarzdruck. Daraus resultiert des *CMYK-Farbmodell*.

Um also einen Farbdruck erstellen zu können, müssen aus dem Farbgemisch oder aus einem anderen *Farbmodell* heraus die einzelnen Farbanteile für die Farben CMY und für *Schwarz (K)* berechnet werden. Diese Farbtrennung nennt man *Farbseparation*. Das Farbseparationsprogramm liefert die drei Farbauszüge für CMY und einen vierten für die *Tiefe*. Diese vier Dateien werden in Farbdruckern oder Belichtern für den Druck bzw. die Filmbelichtung benötigt. Beim Drucken auf Papier muss außerdem eine Farbanpassung an das jeweilige Papier erfolgen. Dazu wird das *UCR-Verfahren* benutzt.

Farbskala
color scale



Farbskalen in Corel
Photo-Paint

Farbskalen sind Farbsysteme in denen *Farben, Farbtöne und Farbsättigungen* an Hand gedruckter *Farbpaletten* festgelegt sind. Diese Farbskalen finden ihren Ursprung in der Drucktechnik zum Zwecke der Qualitätsbestimmung. Darüber hinaus auch in der Farben- und Lacktechnik. Es gibt mehrere nationale und internationale Farbskalen, die auch als Farbbenennungen oder Farbatlanten bezeichnet werden. Die bekannteste nationale Farbskala ist die *HKS-Farbskala*, die bekannteste internationale, die in vielen Grafikprogrammen Einzug gehalten hat, ist *Pantone*. Darüber hinaus gibt es noch Trumatch und Focoltone u.a., die wie Pantone auf dem *CMYK-Farbmodell* basieren.

Farbtabelle Ganz allgemein ist eine Lookup Table (LUT) ist eine Wertetabelle in der vorberechnete eingetragen sind. Es handelt sich dabei um solche Werte, die einen hohen Rechenaufwand erfordern. Um diesen zu verringern, benutzt man bei der Wertesuche die in der Wertetabelle eingetragenen Daten. Wertetabellen können überall dort eingesetzt werden, wo komplexe Funktionen umgesetzt werden müssen, beispielsweise nichtlineare Kurven oder 3D-Modelle, aus denen Abhängigkeiten zwischen Parametern und Kennwerten hervorgehen, oder auch in der Bewertung und Korrektur von Farbräumen und Gradationskurven von Displays oder anderen Ausgabegeräten.

Bei Peripheriegeräten gibt es mit den ICC-Profilen eine Technik für die Anpassung der Farbräume und Farbmodelle. Diese Technik kann von Lookup Tables (LUT) unterstützt werden. Eine solche Lookup Table ist eine tabellarische Auflistung von Farben. Je nach benutztem *Farbmodell* kann es sich um die drei Primärfarben Rot, Grün, Blau handeln, die mit ihren Intensitätswerten in diese Tabelle eingetragen werden. Bei einer Farbtiefe von 8 Bit je Pixel werden für die jeweiligen Grundfarben Werten zwischen 0 und 255 eingetragen. Sind die Farbwerte für *Rot*, *Grün* und *Blau* identisch, ist das Farbsignal Unbunt. Die einzelnen Farben werden als Indizes der Farbtabelle interpretiert. Ebenso wie die für Farbdarstellung können auch Gradationswerte für Gammakorrekturen mit niedriger oder hoher Auflösung in einer Wertetabelle abgelegt sein.

Farbtemperatur
CT, color temperature

Zur Vergleichbarkeit von *Farben* und zum Zwecke der *Farbmischung* wird die spektrale Charakteristik des Lichts als Farbtemperatur in *Kelvin* (K) angegeben. Die Kelvin-Skala reicht von Kunstlicht, dem langwelligen *Licht*, das bei Kelvin-Werten von 3.200 K liegt, über Tageslicht bis hin zu *Blau*, einem kurzwelligem Licht, von 10.000 K. Theoretisch entspricht die Farbtemperatur der Wellenlänge, die ein idealer schwarzer Körper bei Erhitzung auf die entsprechende Temperatur abgeben würde.

Farbtemperatur (K)	X-Wert	Y-Wert	Licht	
5.000	0,3457	0,3585	Druckindustrie	
5.500	0,3324	0,3474	Bewölkung	
6.500	0,3127	0,3290	Tageslicht	
7.500	0,299	0,3149		
9.300				
CIE-Standard-beleuchtung				
Normlicht A	2.856	0,4476	0,4074	Glühlampenlicht
Normlicht B	4.875	0,3484	0,3516	Direktes Sonnenlicht
Normlicht C	6.774	0,3101	0,3162	Tageslicht bei bedecktem Himmel

Der Weißlichtstandard, das ist das Normlicht für die Druckindustrie, hat 5.000 K (D50). Im *CIE-Farbraum* hat dieses *Weiß* xy-Koordinaten von 0,3457/0,3585. Die Farbtemperatur für Tageslicht ist abhängig von der Sonneneinstrahlung. Normales Tageslicht hat eine Farbtemperatur von 5.000 K (D50), während sie in der Mittagssonne 6.500 K beträgt. Die CIE-Bezeichnung für diese *Lichtart* ist D65 und hat die xy-Koordinaten 0,312713/0,329016. Dieser Wert ist für Projektorlampen ideal, da bei dieser Farbtemperatur die projizierten Farben am

Farbtemperaturen und XY-Koordinaten im CIE-Farbraum für verschiedenes Weiß

natürlichsten dargestellt werden. Für einfache Monitore werden zeitweise Farbtemperaturwerte von 9.300 K benutzt, was die *Farbdarstellung* allerdings einschränkt.

Außerdem wird das Weißlicht in der Beleuchtungstechnik nach einer *internationalen Farbbezeichnung* spezifiziert. Dabei unterscheidet man zwischen Glühlampenweiß, Warmweiß, Neutralweiß und Tageslichtweiß, deren Farbtemperaturen die zweite und dritte Stelle der internationalen Farbbezeichnung bilden.

In der Studio- und Filmtechnik arbeitet man mit der reziproken Farbtemperatur, der daraus ermittelte Wert nennt sich *Mired-Wert*.

Farbtiefe *color depth*

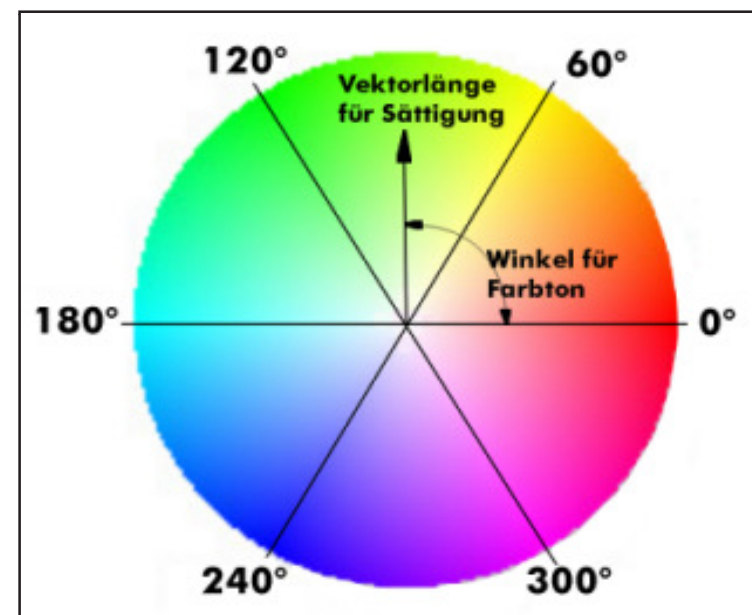
Die Farbtiefe ist eine wichtige Kenngröße der Grafikstandards. Es ist die Anzahl der möglichen Farb- oder Grauwerte, die die Farbinformation für jeden einzelnen Bildpunkt enthält. Je mehr Bits pro Pixel zur Verfügung stehen, desto mehr unterschiedliche *Farben* sind darstellbar.

Bei einer Farbtiefe von 4 Bit pro Pixel, wie beim VGA-Format, kann ein Pixel 16 Farben darstellen, bei 8 Bit sind es 256 Farben, das entspricht der Farbtiefe von SVGA, bei 16 Bit sind es 65.536 Farben, was der Farbtiefe von Extended Graphics Adapter (XGA) entspricht, und bei 24 Bit sind es 16.777.216 Farbnuancen. Die *Farbdarstellung* mit 16 Bit wird als High Color bezeichnet, die mit 24 Bit als True Color, die mit 28 Bit als Direct Color und die mit 30 Bit, 36Bit und 48 Bit als Deep Color.

Farbton *hue*

Der Farbton einer *Farbe* ist durch deren Spektralfrequenz bestimmt. Diese repräsentiert eine Lichtstrahlung mit einer bestimmten Wellenlänge. Es ist der subjektive farbliche Eindruck, der sich von Unbunt unterscheidet.

Farbtöne werden mit Farbnamen bezeichnet: *Rot* (R), *Grün* (G), *Gelb* (Y), *Blau* (B) usw. Dabei unterscheidet man nach einem Modell von Albert Henry Munsell (1858-1918) zwischen fünf Hauptfarbtönen, neben den genannten noch Purpur (M) und weiteren fünf Zwischenfarbtönen, nämlich Gelb-Rot, Grün-Gelb, Blau-Grün, Purpur-Blau und Rot-Purpur. Diese zehn Farbtöne gleichmäßig in einem Kreisdiagramm angeordnet,



ergeben den *Farbkreis*, bei dem der Nullpunkt bei Rot liegt. Im Farbkreis wird der Farbton durch den Winkel definiert. Rot hat den Winkel 0°, Gelb 60°, Grün 120°, *Cyan* 180°, Blau 240° und *Magenta* 300°.

Farbtöne bilden zusammen mit der *Farbsättigung* bilden die *Farbart*.

Das menschliche Auge kann ca. 130 verschiedene Farbtöne unterscheiden. Der Farbton einer *Farbe* ist durch deren Spektralfrequenz bestimmt. Diese repräsentiert eine Lichtstrahlung mit einer bestimmten Wellenlänge. Es ist der subjektive farbliche Eindruck, der sich von Unbunt unterscheidet.

Farbtöne werden mit Farbnamen bezeichnet: *Rot* (R), *Grün* (G), *Gelb* (Y), *Blau* (B) usw. Dabei unterscheidet man nach

Bestimmung der Farbart über den Farbwinkel und die Farbsättigung

einem Modell von Albert Henry Munsell (1858-1918) zwischen fünf Hauptfarbtönen, neben den genannten noch Purpur (M) und weiteren fünf Zwischenfarbtönen, nämlich Gelb-Rot, Grün-Gelb, Blau-Grün, Purpur-Blau und Rot-Purpur. Diese zehn Farbtöne gleichmäßig in einem Kreisdiagramm angeordnet, ergeben den *Farbkreis*, bei dem der Nullpunkt bei Rot liegt. Im Farbkreis wird der Farbton durch den Winkel definiert. Rot hat den Winkel 0°, Gelb 60°, Grün 120°, *Cyan* 180°, Blau 240° und *Magenta* 300°. Farbtöne bilden zusammen mit der *Farbsättigung* bilden die *Farbart*. Das menschliche Auge kann ca. 130 verschiedene Farbtöne unterscheiden.

Footlambert, fL Footlambert (fL) ist eine Beleuchtungsgröße, die von diffusen Oberflächen emittiert oder reflektiert wird. Das Footlambert wird bei der Projektion benutzt. Je höher der Wert ist, desto heller ist die Darstellung. Das Footlambert ist eine veraltete Beleuchtungseinheit für die Lichtstärke, die in den USA benutzt wurde. 1 Footlambert entsprechen 3.426 Candela pro Quadratmeter (cd/qm).

Gelb Yellow (Y) ist eine von drei *Primärfarben* der subtraktiven und eine *Sekundärfarbe* der additiven *Farbmischung*, die aus den *Farben Rot* und *Grün* gebildet wird. Im *CIE-Farbraum* hat Gelb eine Wellenlänge zwischen 560 nm und 590 nm, das im Farbspektrum darüber liegende Orange eine solche von 590 bis 625 nm. Im *Farbkreis* liegt es bei einem Winkel von 60°.

GMMP, gamut map model profile Beim Gamut Map Model Profile (GMMP) geht es um den *Farbraum*, den ein Gerät nicht darstellen kann. Da alle Ausgabegeräte, ob Display oder Farbdrucker, unterschiedliche Farbräume darstellen, andere nicht darstellen können, definieren die GMMP-Profile die Algorithmen mit denen nichtdarstellbare Farbräume durch Ersatzfarben dargestellt werden können. Es gibt verschiedene GMMP-Profile wie das für die originalgetreue Wiedergabe von Fotos oder ein anderes, bei dem es auf die farbmtrische Umsetzung ankommt ohne dass der Weißpunkt verschoben wird.

Grün
G, green

Farbe	Wellenlänge	Frequenzbereich
Violett	380 nm ... 430 nm	700 THz ... 700 THz
Blau	430 nm ... 500 nm	700 THz ... 600 THz
Cyan	500 nm ... 520 nm	600 THz ... 575 THz
Grün	520 nm ... 560 nm	575 THz ... 535 THz
Gelb	560 nm ... 590 nm	535 THz ... 510 THz
Orange	590 nm ... 625 nm	510 THz ... 480 THz
Rot	625 nm ... 780 nm	480 THz ... 385 THz

Grün (G) ist eine von drei *Primärfarben* der additiven und eine *Sekundärfarbe* der subtraktiven *Farbmischung*. Im *CIE-Farbraum* hat Grün eine Wellenlänge zwischen 520 nm und 560 nm, was Frequenzen von 535 THz bis 575 THz entspricht. Grün kann für die additive Farbmischung unterschiedliche Wellenlängen haben. Das hängt mit der Forderung nach einem möglichst großen *Farbraum* für die additive Farbmischung von *Rot, Grün, Blau* (RGB) zusammen und mit der Forderung, dass aus zwei Primärfarben nicht die dritte Primärfarbe erzeugt werden kann. Diese Forderungen werden von mehreren Wellenlängen

Wellenlängen und deren Frequenzbereiche für das sichtbare Licht

erfüllt, sind aber immer im Zusammenhang mit den anderen beiden Primärfarben zu sehen.

Grün hat international eine Wellenlänge von 546 nm haben.

Die verschiedenen *Farbmodelle* definieren die *Farbe* Grün im CIE-Farbraum geringfügig unterschiedlich voneinander. So hat die EBU für Grün die xy-Koordinaten 0,30/0,60 festgelegt, wohingegen in NTSC die Koordinaten 0,21/0,71 betragen. Bei *Standard-RGB* (sRGB) ist Grün im CIE-Farbraum mit den Koordinaten 0,3000/0,6000 festgelegt.

Halbtonverfahren

halftone method

Halbtöne sind die Farbwerte, die zwischen unbunt *Weiß* und einem voll gesättigten *Farbton* liegen. Damit Drucker kontinuierliche Farbverläufe darstellen können, wurden verschiedene Halbtonverfahren entwickelt. Alle basieren darauf, dass man sich die begrenzte Auflösung des menschlichen Auges für dicht beieinander liegende Helligkeits- oder Farbpunkte zunutze macht.

Beim Halbtonverfahren werden die einzelnen Bildpunkte in unterschiedlicher Größe gedruckt, wobei sich die Bildpunkte der verschiedenen *Primärfarben*, *Cyan*, *Magenta* und *Yellow*, in einem gewissen Umfang überdecken.

Da die Steuerung der Pixelgröße bei Tintenstrahldruckern sehr aufwendig ist, nutzt man bei Farbdruckern für kontinuierliche Farbübergänge eher das Dithering, das mit einer Rastertechnik arbeitet, oder die Diffusion.

Helligkeit

brightness

Die Helligkeit ist ein Maß für die Lichtleistung, die von einem Bildschirm abgestrahlt wird. Ist die Lichtleistung hoch, empfindet der Betrachter das Bild als hell, ist sie gering, empfindet er es als dunkel. Die Bewertung der Helligkeit erfolgt über die Maßeinheit *Candela/qm*. Eine als angenehm empfundene Helligkeit hat etwa 200 *Candela/qm*.

Die Helligkeit ist neben dem *Farbton* und dem Farbkontrast für die Erkennung von Bilddetails maßgeblich. Das menschliche Auge kann je nach Farbbereich zwischen 16 und 26 verschiedenen Helligkeitswerten unterscheiden, wobei das Helligkeitsempfinden logarithmisch ist. Dunklere Helligkeitswerte benötigen daher nur einen Bruchteil der tatsächlichen Intensität. So kann ein 50-prozentiger Grauwert mit nur etwa 20 % der Intensität erzeugt werden, die man für den Weißwert, also den 100-%-Wert benötigen würde.

Die Effizienz der Lichtumsetzung, die Efficacy, liegt bei Tageslicht bei 680 *Lumen pro Watt* (lm/W), bei einer Lichtwellenlänge von 555 nm.

HKS-Farbskala

HKS color scale

HKS-Farben haben ihren Namen von Firmen Hostmann-Steinberg, K+E Druckfarben und Schmincke & Co. Dieses in der Drucktechnik benutzte Skalensystem wird ausschließlich national angewendet. Das HKS-Farbsystem besteht aus etwa 80 verschiedenen Farben, die aus 11 Grundfarben gebildet werden. Es definiert Farbskalenpaletten für unterschiedliche Papiersorten, so für Natur-, Kunstdruck- und Zeitungspapier. *HKS-Farben* setzen sich aus den Farben der Euro-Skala mit *Cyan*, *Magenta*, *Gelb* und *Schwarz*, entsprechend dem *CMYK-Farbmodell* zusammen.

HLS, hue, lightness, saturation

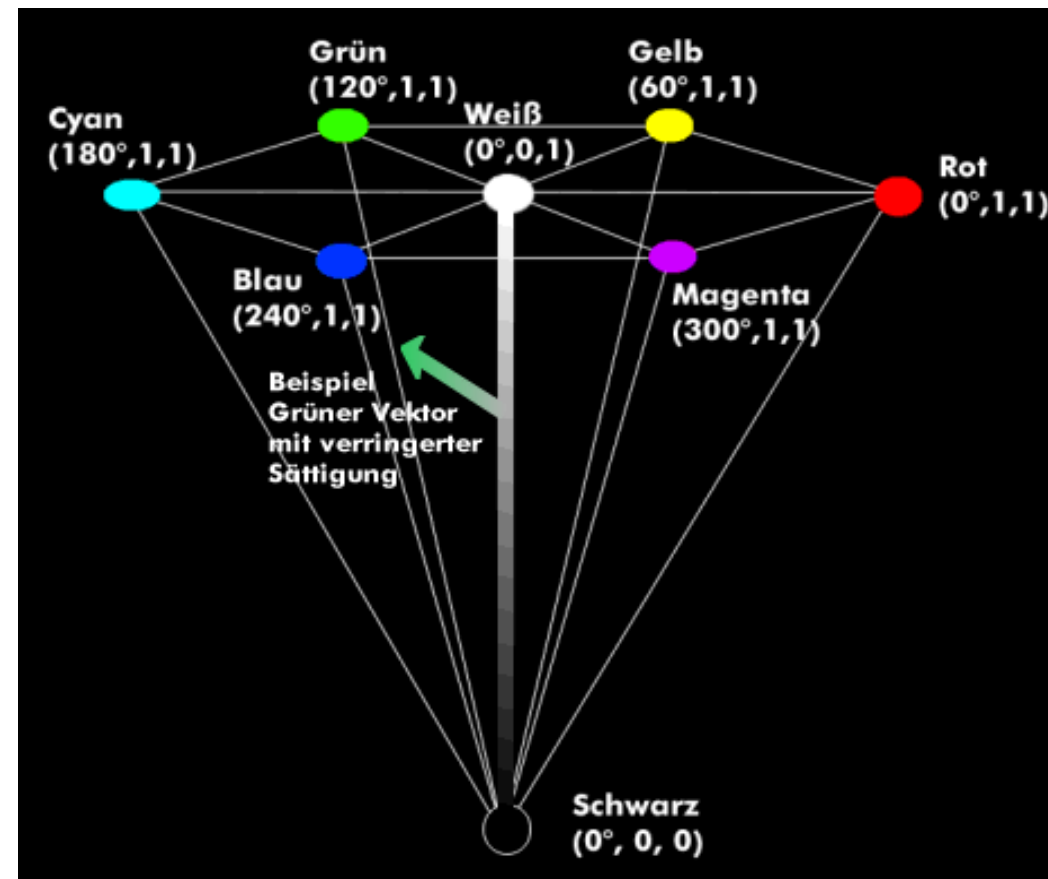
HLS-Farbmodell

Das *HSL-Farbmodell* ist ein Farbmodell, das sich an der menschlichen Farbwahrnehmung orientiert. Es entspricht im Wesentlichen dem *HSV-Farbmodell*, wobei anstelle der *Helligkeit* die *Lightness* tritt, die in dem Farbmodell die senkrechte Achse bildet. Das *HSL-Farbmodell* besteht aus einer sechseckigen

Doppelpyramide, deren Mittelpunkt der Grauwert ist und die Pyramidenspitzen *Weiß* bzw. *Schwarz* bilden. Die *Farbtöne* haben die gleichen Winkel wie im HSV-Farbmodell.

Das HSL-Farbmodell basiert darauf, dass man die *Farbsättigung* eines reinen Farbtones durch Hinzumischen von Weiß bestimmen kann und, dass man den Helligkeitswert durch das Hinzumischen von Schwarz reduzieren kann. Das HSL-Farbmodell ist für Farbzumischungen bei Software für künstlerische Bilderstellung geeignet.

HSB, hue, saturation, brightness
HSB-Farbmodell



HSB-Farbmodell

Bei dem HSB-Farbmodell stehen die drei Parameter *Farbton* (H), *Farbsättigung* (S) und die *Helligkeit* mit "B" für Brightness als definierbare Zahlenwerte zur Verfügung. Dieses Farbmodell entspricht dem HSL-Farbmodell, in dem "L" für Lightness steht. Im HSB-Farbmodell bildet der *Farbkreis* einen Kegelboden bei dem die einzelnen Farbtöne durch Winkel- und Werteangaben festgelegt sind: *Rot* hat den Winkel 0° , *Gelb* hat 60° , *Grün* 120° usw. Die Mittelachse stellt die Unbunt-Achse zwischen *Weiß* und *Schwarz* dar und ist das Kriterium für die Brightness. Die Farbsättigung wird durch die Vektorlänge zwischen Mittelachse und der äußerer Kegelbegrenzung festgelegt. Dieses Farbmodell ist in Grafikprogrammen implementiert und kann insgesamt 23,6 Millionen *Farben* darstellen. Diese Zahl ergibt sich aus den 8 Bit für die Helligkeit,

den weiteren 8 Bit für die Farbsättigung und 360 möglichen Werten für den Farbton.

HSI, hue, saturation, intensity
HSI-Farbmodell

Das HSI-Farbmodell ist vergleichbar dem HSV-Farbmodell und orientiert sich an dem menschlichen Farbempfinden. Wie beim HSV-Farbmodell bilden die Parameter *Farbton* (Hue), *Farbsättigung* (Saturation) und *Farbintensität* (Intensity) Vektoren eines kegelförmigen Farbmodells. Alle Vektoren beginnen bei *Schwarz*. Die Länge des Vektors bestimmt die Farbsättigung und der Winkel den Farbton.

HSV, hue, saturation, value
HSV-Farbmodell

Das HSV-Farbmodell ist ein benutzerorientiertes Farbmodell, das als Ausschnitt aus dem RGB-Farbmodell angesehen werden kann. HSV steht für *Hue*, also Farbton, *Saturation*, *Farbsättigung*, und *Value* für die *Helligkeit*. Dieses Farbmodell entspricht der neuronalen *Farbdarstellung* und wird in einer sechseckigen Pyramide auf der Helligkeitsachse des RGB-Farbmodells dargestellt.

Der Farbton entspricht dem Winkel in dem Sechseck, die Sättigung der Länge des Vektors, der von der

Helligkeitsachse hin zum Rand der Pyramide gebildet werden kann. Ein Winkel von 0° steht für *Rot*, 120° für *Grün* und 240° für *Blau*. Eine Farbvektor von geringer Länge ist ein Pastellton. Die Mittelachse zwischen *Schwarz* und *Weiß* enthält die Grauwerte. Die Helligkeit der *Farbe* kann zwischen "0" für Schwarz und "1" für Weiß liegen und ist durch den Abstand von der Pyramidenspitze (Schwarz) gegeben. Grauwerte haben keinen Farbanteil, sie befinden sich auf der Helligkeitsachse und variieren nur im V-Wert.

ICC, international color consortium

Das International *Color Consortium* (ICC), eine 1993 gegründete Organisation, ist die wissenschaftliche Institution wenn es um *Licht, Farbräume* und Beleuchtung geht. Sie treibt die Standardisierung von offenen, herstellernerutralen *Farbmanagement-Systemen* voran und ihre Modelle und Algorithmen werden in Windows und Mac OS eingesetzt. Die Aktivitäten des International Color Consortium haben u.a. zur Entwicklung der *ICC-Profile* geführt.
<http://www.color.org/>

ICC-Profil ICC profile

Damit die Ausdrücke von Tintenstrahldruckern als Proofs für die Drucktechnik benutzt werden können, müssen die Farbmanagement-Systeme die *Farbräume, Farbmodelle, Papierarten, Farbauflösung* usw. einander anpassen. Diese Anpassung wurde vom *International Color Consortium* (ICC) in den ICC-Profilen festgelegt. Sinn dieser ICC-Profile ist Schaffung von einheitlichen und vergleichbaren Profilen für Scanner, Farbdrucker, Papiere und *Farben*. Die ICC-Profile können mit speziellen Programmen ermittelt und berechnet werden.
Die ICC-Profile können zwischen verschiedener Hardware und in unterschiedlichen Betriebssystemen eingesetzt werden. Der Benutzer hat dadurch die Sicherheit, dass die Darstellung eines Farbbildes auch auf anderen Systemen und Anwendungen gleich bleibt. Darüber hinaus können Drucker-Hersteller ein einziges ICC-Profil für mehrere Betriebssysteme erstellen.
ICC-Profile gibt es für Geräte die nach dem *RGB-Farbmodell* arbeiten, ebenso für solche, die nach *CMY* oder dem *CMYK-Farbmodell* arbeiten.
Ein ICC-Profil für einen Farbdrucker kann folgendes Format haben:
<Typ>_<Papierart>_<Dither_Modus>_<Druck_Auflösung>_<Dichte_Reduzierung>_<Schwarzaufbau>.icc

ICM, image color matching

Wie die Bezeichnung besagt, ist Image *Color Matching* (ICM) ein *Farbmanagement-System* für die Anpassung von Farben. Das ICM-System arbeitet nach dem *RGB-Farbmodell* und sorgt für die Farbanpassung der angeschlossenen Peripheriegeräte, damit die in den Grafikprogrammen benutzten und auf dem Bildschirm dargestellten Farben mit denen der Peripheriegeräte übereinstimmen. Zu diesem Zweck hat ICM eigene Farbprofile für die verschiedenen Drucker, Belichter, Scanner, Monitore oder Projektoren. Image Color Matching ist seit Windows 95 in den Windows-Betriebssystemen integriert.

Infrarot IR, infrared

Infrarot (IR) kennzeichnet einen Wellenbereich, der für das menschliche Auge nicht sichtbar ist. Die Wellenlänge von Infrarotwellen liegt außerhalb der menschlichen *Augenempfindlichkeit*. Diese Wellen werden für die optische Übertragungstechnik mittels Lichtwellenleitern benutzt, bei Infrarotverbindungen und Infrarot-LANs. Der Infrarotbereich liegt nach DIN 5031 in dem Spektralbereich von

Infrarot-Bereiche	Abk.		Wellenlänge
Infrarot	IR		780 nm ... 1 mm
Nahes Infrarot	NIR	IR-A	780 nm ... 1,4 µm
		IR-B	1,4 µm ... 3,0 µm
Mittleres Infrarot	MIR	IR-C	3,0 µm ... 5,0 µm
Fernes Infrarot	FIR	IR-C	5,0 µm ... 1 mm

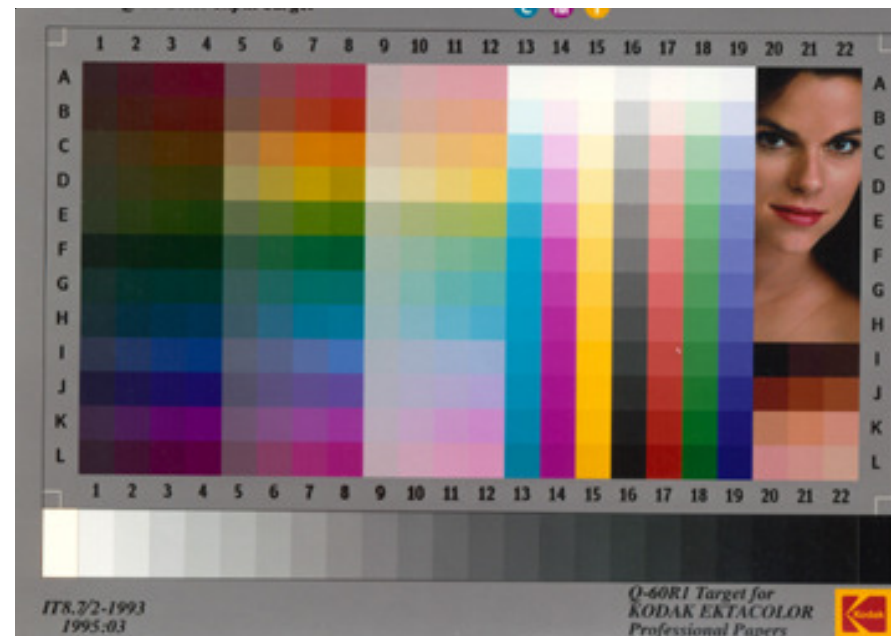
Infrarotbereiche nach DIN 5031

0,78 µm bis 1 mm, das entspricht einem Frequenzbereich zwischen 300 GHz und ca. 400 THz. Das gesamte Infrarot-Spektrum in mehrere unterschiedliche Spektralbereiche eingeteilt. Der Wellenlängenbereich zwischen 0,78 µm und 3,0 µm kennt das so genannte nahe Infrarot, Near Infrared (NIR), das von 0,78 µm bis 1,4 µm geht und für die nachrichtentechnische Übertragung in Lichtwellenleitern eingesetzt wird, und das kurzwellige Infrarot, Short Wavelength Infrared (SWIR). Größere Wellenlängen von 3,0 µm bis 5,0 µm hat das mittelwellige Infrarot, Mid Wavelength Infrared (MWIR), das auch als Zwischen- oder Intermediate-Infrared bezeichnet wird. Längere Wellenlängen hat das langwellige Infrarot, das Long Wavelength Infrared (LWIR), dessen Wellenlängen zwischen 5,0 µm und 15 µm liegen. Die längsten Wellenlängen hat das ferne Infrarot, Far

Infrared (FIR) mit Wellenlängen zwischen 15 µm und 1 mm.

Für die nachrichtentechnische Übertragung über Lichtwellenleiter wird der Wellenlängenbereich von 650 nm bis 1.600 nm benutzt.

IT8, IT8 color reference IT8-Farbreferenz



IT8-Farbreferenz von Kodak

Die IT8-Farbvorlage hat ihren Namen von dem gleichnamigen Komitee, das Standards für den Austausch von grafischen Programmen entwickelt. IT8 ist eine standardisierte Farbreferenzvorlage mit deren Hilfe Farbverarbeitungsgeräte wie Scanner, Monitore, Drucker usw. kalibriert und charakterisiert werden.

Die IT8-Farbkarte gibt es in gedruckter Form als Aufsichtsvorlage, als Dia und als Datei. Sie wird für die Vermessung von Farbkorrekturen benutzt. IT8-Farbkarten bestehen aus Farbfeldern mit den *Primärfarben*, *Sekundärfarben* und problematisch zu erfassenden und darzustellenden Mischfarben. Für die optische Kontrolle enthält eine solche Farbvorlage ein Portraitfoto.

Kelvin K, kelvin

Kelvin (K) ist eine Maßeinheit für die Temperatur, die nach dem englischen Physiker William Thomson, Lord Kelvin (1824 bis 1907), benannt ist. Die Kelvin-Skala beginnt beim absoluten Nullpunkt, bei der kein Teilchen mehr Bewegungsenergie besitzt und der bei -273,15 °Celsius (C) bzw. 0 Kelvin liegt. Die Temperaturdifferenz von 1 K entspricht der von 1 °C. Damit ergibt sich bei 0 °C eine Temperatur von 273,15 K. Das Kelvin-Grad wird in der Physik und in anderen technischen Bereichen wie bei der Angabe von

Farbtemperaturen oder Rauschtemperaturen von LNBs in Satellitenempfangsanlagen verwendet. Ebenso bei der Angabe der Farbtemperatur von Projektorlampen.

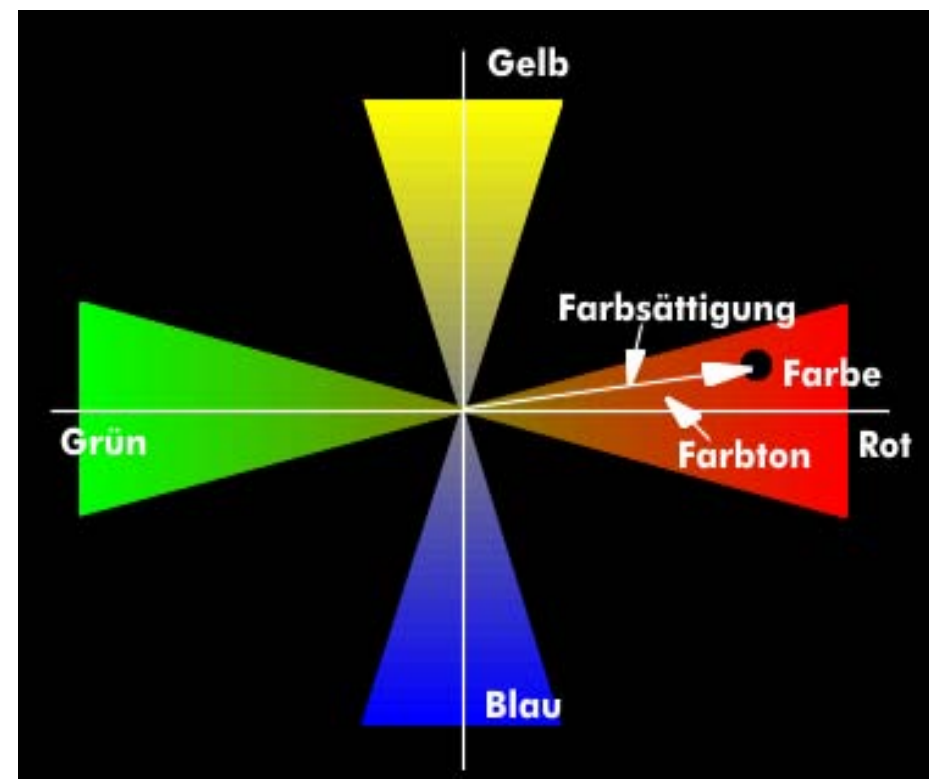
Key , K Bei der mit Key (K) bezeichneten *Farbe* handelt es sich um *Schwarz*, das als Zusatzfarbe im *CMYK-Farbmodell* eingesetzt wird. Da aus den drei *Primärfarben Cyan, Magenta* und *Yellow* bei subtraktiver *Farbmischung* Schwarz gebildet werden kann, dient der Key (K) lediglich zur Verstärkung der Konturen und des Kontrastes.

Komplementärfarbe Eine Komplementärfarbe ist die *Farbe*, die bei additiver *Farbmischung* mit einer anderen Farbe *Weiß* (Unbunt) ergibt. Es handelt sich um die Farben, die im *Farbkreis* oder *Farbsechseck* einander gegenüber liegen.

complementary color

Im Falle von der *Primärfarbe Rot* ist die Komplementärfarbe *Cyan*: Rot und Cyan ergeben bei additiver Farbmischung Weiß. Ebenso *Blau* und *Gelb* oder *Grün* und *Magenta*. Bei der Mischung von Primärfarben eines *Farbmodells* erhält man Unbunt, wenn alle drei Primärfarben, entweder Rot (R), Grün (G) und Blau (B) oder aber Cyan (C), Magenta (M) und Gelb (Y), gleichteilig gemischt werden.

Lab-Farbmodell
lab color model



Lab-Farbmodell

Das *Lab-Farbmodell* ist ein geräteunabhängiges Farbmodell, bekannt als *CIE Lab*. In diesem Farbmodell werden alle für das menschliche Auge sichtbaren *Farben* erfasst und durch einen eindeutigen Wert beschrieben. Das *Lab-Farbmodell* ist ein zweiaxsiges Farbmodell: die horizontale Achse ist die *Rot-Grün-Achse*, die vertikale die *Gelb-Blau-Achse*. Ist der horizontale Wert positiv, dann ist es Rot, ist er negativ, dann handelt es sich um Grün. In der Vertikalen entspricht ein positiver Wert Gelb, ein negativer Blau. Der Unbunt-Punkt ist im Koordinatenmittelpunkt. Die *Farbsättigung* entspricht der Länge des Farbvektors, der *Farbton* dessen Winkelung. Der *Farbraum* des *Lab-Farbmodells* umfasst mehr Farben als die Farbräume des *RGB-* oder des *CMYK-Farbmodells*.

Für die Farbanpassung werden für jedes Ein- und Ausgabegerät eigene Farbräume spezifiziert, die den Farbumfang charakterisieren. Die Farbräume sind geräteabhängig und unterschiedlich groß. Für die Farbanpassung bietet *CIE Lab* Beschreibungsmodelle mit denen man exakte Umrechnungsmethoden zwischen den verschiedenen Geräteprofilen entwickeln kann.

Leuchtdichte *light density*

Zusammenhänge der verschiedenen Dimensionen für die Leuchtdichte

Leuchtdichte		
1 Candela/qm (cd/qm)	1 Nit	0,2918 fL
1 cd/inch	1550 cd/qm	1550 nit
1 Nit	1 cd/qm	0,2918 fL
1 Footlambert (fL)	3,426 cd/qm	3,426 nit

Der Begriff Leuchtdichte wird bei Displaytechniken benutzt. Es handelt sich dabei um die *Lichtstärke* bezogen auf eine Flächeneinheit, angegeben in *Candela* pro Quadratmeter (cd/qm). Es ist das sichtbare *Licht*, das von einer Leuchtdiode oder einem Display in einer bestimmten Richtung abgestrahlt wird. Dabei kann die Abstrahlung durch Emission erfolgen wie bei den aktiven Displaytechniken, beispielsweise beim TFT-Display oder beim Plasma-Display, sie kann aber ebenso durch Reflexion verursacht werden, wie beim LCD-Display.

Häufig wird die Leuchtdichte auch in nits angegeben. Dabei handelt es sich um die in USA gebräuchliche Angabe, die aus dem lateinischen Wort *nitere*, was scheinen heißt, abgeleitet wurde. Das Nit bezieht sich auf die Lichtstärke, angegeben in Candela (cd) auf eine Flächeneinheit: 1 Nit ist gleich 1 cd/qm. Daneben wird in den USA für die Leuchtdichte auch die veraltete Dimension Footlambert (fL) benutzt. Wobei 1 fL gleich 3.426 cd/qm bzw. 3,426 nits sind. Früher wurde die Leuchtdichte in Apostilb (asb) angegeben. 1 Apostilb entspricht 0,31831 cd/qm.

Licht *light*

Licht ist eine elektromagnetische Strahlung im sichtbaren Wellenlängenbereich zwischen 380 nm (*Blau*) und 780 nm (*Rot*).

Licht ist charakterisiert durch die *Farbtemperatur*, in der sich der *Farbton*, also die Wellenlänge des Lichtes, und die *Helligkeit* widerspiegeln. Normalerweise wird als Licht nur das dem menschlichen Auge sichtbare Licht bezeichnet. Aber auch nichtsichtbare Wellenlängen wie *Infrarot* oder *Ultraviolett* gehören zu den Lichtwellenlängen.

Licht breitet sich im Vakuum mit einer Geschwindigkeit von 300.000 km/s aus. Diese Geschwindigkeit heißt *Lichtgeschwindigkeit* (c_0). In dichteren Medien wie Glas reduziert sich diese Geschwindigkeit auf den Wert "c".

Der Infrarotbereich erstreckt sich von 780 nm bis etwa 1 µm.

Er wird aber nur in der Nähe des optischen Fensters nachrichtentechnisch genutzt. Nicht jede Wellenlänge des Infrarotbereichs ist gleich gut für die Datenkommunikation geeignet. Ganz allgemein kann man sagen, dass es eine Reihe von Ursachen gibt, wie z.B. kristalline Eigenschwingungen, die die Infrarotstrahlung mehr oder minder stark dämpfen.

Lichtabsorption *light absorption*

Die Lichtabsorption ist eine der Ursachen für die Dämpfung von Lichtwellenleitern. Man unterscheidet zwischen der Grundabsorption und der Absorption durch Verunreinigung. Bis zu Wellenlängen von 1.600 nm ist die Grundabsorption maßgeblich für die Dämpfung und kann auch nicht durch den Herstellungsprozess beeinflusst werden. Anders verhält es sich mit der Absorption durch Verunreinigungen. Diese müssen in der Quarzglasschmelze soweit als möglich verringert werden. Die Absorptionen haben einen direkten Einfluss auf die nutzbaren Wellenlängenbereiche, die sich in den optischen Fenstern ausdrücken.

Bezeichnung	Wellenlänge
Infrarot (IR)	780 nm ... 1 mm
Sichtbares Licht	380 nm ... 780 nm
Ultraviolett (UV)	10 nm ... 380 nm

Lichtart
illuminant Die Lichtart definiert den Wellenlängenbereich des *Lichtes*, der von einer emittierenden Lichtquelle erzeugt wird. Die Lichtart ist also abhängig von der *Farbtemperatur* und ihrem Emissionsspektrum, der spektralen Verteilung der Lichtenergie.

Die *Commission Internationale d'Éclairage* (CIE) hat diverse künstliche und natürliche Lichtarten definiert und diese mit den Buchstaben bezeichnet.

So entspricht die Lichtart "A" dem Licht einer Glühbirne. Die Farbtemperatur liegt bei dieser Lichtquelle bei 2.856 *Kelvin* (K), der Wellenlängenbereich zwischen 380 nm und 770 nm.

Bei der Lichtart "C", die bläulicher ist, liegt die Farbtemperatur bei 6.774 K, und mit Lichtart "D" wird Tageslicht, Daylight, spezifiziert. Diese Spezifikation spiegelt sich u.a. in Projektorlampen wider. Bei den D-Lichtarten werden die ersten beiden Stellen der Farbtemperatur als Zusatz hinter dem "D" angegeben. So hat beispielsweise D65 eine Farbtemperatur von 6.500 K, D55, die gelber ist als D65, eine von 5.500 K.

Lichtempfindlichkeit
light sensitivity

$$S_{\text{DIN}} = 10 \times \log(1,25 S_{\text{ASA}})$$

S, Empfindlichkeit

*Zusammenhang zwischen der
Lichtempfindlichkeit nach
DIN und ASA*

Von Lichtempfindlichkeit spricht man bei den Sensoren von Digitalkameras und Filmmaterial. Es handelt sich dabei um von der ISO und der American Standards Association (ASA) standardisierte Werte für die Erfassung von Helligkeitssignalen. Daneben gibt es das von DIN (Deutsches Institut für Normung e.V.) entwickelte System. Die ISO kombiniert die ASA- und DIN-Werte und trennt diese mit einem Schrägstrich, Beispiel: 100/24.

Die ASA-Skala ist linear, ein ASA-Wert von 200 hat eine doppelt so Lichtempfindlichkeit wie einer von 100 ASA. Die Skalen für die Lichtempfindlichkeit basieren auf den Blendenstufen einer Kamera. Eine Verdoppelung des ASA-Wertes entspricht dem Anstieg um eine Blendenstufe oder der doppelten Verschlusszeit.

Anders ist es bei den DIN-Werten. Die DIN-Skala ist in Gradzahlen eingeteilt und logarithmisch skaliert. 3 Grad entsprechen einer Verdoppelung der Lichtempfindlichkeit. So ist eine Lichtempfindlichkeit von 21 Grad halb so empfindlich wie eine von 24 Grad. Eine Erhöhung des DIN-Wertes um 3 entspricht einer Blendenstufe. Zwischen dem DIN-Wert und dem ASA-Wert gibt es einen mathematischen Zusammenhang. Neben den ASA- und DIN-Angaben gibt es noch den Belichtungsindex, Exposure Index (EI), in dem die Lichtempfindlichkeit von professionellem Filmmaterial angegeben wird. Es handelt sich um eine dimensionslose Zahl, wobei EI100 etwa ISO 100 oder DIN 21 entsprechen.

Die Lichtempfindlichkeitswerte werden für Filme, CCD-Sensoren, CMOS-Sensoren und andere lichtempfindliche Sensoren verwendet. Mit steigender Lichtempfindlichkeit steigt allerdings auch das Bildrauschen der CCD- und CMOS-Sensoren.

Lichtstärke
light strength

Candela (cd) ist die Maßeinheit für die Lichtstärke, für die von einer Lichtquelle abgestrahlten Lichtenergie. Definitionsgemäß ist es die Energie, die ein schwarzer Strahler mit 1/60 qcm Oberfläche, bei der Schmelztemperatur von Platin, bei 1.770 °C während einer Sekunde ausstrahlt. Die Einheit der Lichtstärke ist das Candela.

Dagegen wird die Leuchtdichte in Candela pro Flächeneinheit (cd/qm) angegeben.

Die Bezugsgröße zwischen der Lichtstärke und dem Lichtstrom, dessen Einheit das *Lumen* ist, ist der Raumwinkel oder Abstrahlwinkel, angegeben in Steradian. Die Lichtstärke in Candela ergibt sich aus dem

Verhältnis des Lichtstroms in Lumen zum Raumwinkel.

Bei Leuchtdioden ist die Abhängigkeit der Lichtstärke vom Abstrahlwinkel von besonderem Interesse. Sie stehen in einem negativen Verhältnis, das sich darin zeigt, dass bei größeren Abstrahlwinkeln die empfundene Lichtstärke sinkt und diese bei geringerem Abstrahlwinkel ansteigt. Eine Leuchtdiode mit schmalem Abstrahlwinkel wird vom Betrachter als intensiver wahrgenommen, da sich die Lichtenergie auf eine kleinere Fläche konzentriert.

- Lichtstrom**
luminous flux *Lumen* ist die Maßeinheit für den Lichtstrom, allgemein für die *Helligkeit*. Sie ist definiert als der Lichtstrom, den eine punktförmige Lichtquelle allseitig ausstrahlt. Eine punktförmige Lichtquelle von 1 *Candela* (cd) Stärke sendet allseitig einen Gesamtlichtstrom von 4π aus, das entspricht 12,57 Lumen (lm). Der Lichtstrom einer Glühbirne liegt zwischen 10 lm/W und 20 lm/W, Energiesparlampen und OLEDs haben etwa die doppelte Lichtausbeute, Leuchtstoffröhren bringen es auf 100 lm/W und Power-LEDs erreichen über 70 lm/W. Von der Lichtmenge spricht man, wenn ein Lichtstrom in einer festen Zeiteinheit zur Verfügung steht: Lumen-Sekunden (lms).
- Magenta**
M, magenta Magenta (M) ist eine von drei *Primärfarben* der subtraktiven und eine *Sekundärfarbe* der additiven *Farbmischung*. Der Wellenlängenbereich für Magenta liegt zwischen 380 nm und 430 nm. Im *Farbkreis* liegt es bei einem Winkel von 300° . Magenta ist eine Grundfarbe im *CMY-* und *CMYK-Farbmodell*.
- Mired-Wert**
mrd, micro reciprocal degree Der Mired-Wert (mrd) ist ein dimensionsloser (*1/Kelvin*) Wert mit dem *Farbtemperaturen* und Farbverschiebungen angegeben werden. Er bezieht sich auf die in Kelvin angegebene Farbtemperatur und zeigt die Verschiebung einer Farbtemperatur hin zu höheren oder niedrigeren Farbtemperaturen. Jeder Farbtemperatur wird ein Micro-Reciprocal-Wert zugeordnet; d.h. der reziproke Wert der Farbtemperatur, multipliziert mit 1 Million, oder, anders ausgedrückt, 1 Million dividiert durch die Farbtemperatur. Eine Farbtemperatur von beispielsweise 5.500 Kelvin hat einen Mired-Wert von 182, eine von 3.600 Kelvin einen Mired-Wert von 278. In der Studio-Aufnahmetechnik werden Konversionsfilter eingesetzt, die die Farbtemperatur um einen bestimmten Mired-Wert verschieben. Anhand dieses Wertes kann man bestimmen um wieviel Grad Kelvin die Farbtemperatur durch ein entsprechendes Filmfilter verschoben wird. Neben dem Mired-Wert gibt es noch einen dezimal klassifizierten Mired-Wert, den Decamired-Wert (DM), der um zwei Zehnerpotenzen geringer ist, als der Mired-Wert. Filme, *Licht* und Farbfilter haben DM-Werte. Sind der DM-Wert von der Lichtquelle und der des Film bekannt, kann man durch Subtraktion beider den DM-Wert des Filters bestimmen.
- Monochrom**
monochrome Das Wort monochrom setzt sich zusammen aus dem griechischen Wort *mono* und dem lateinischen *chroma* - alleine und farbig - und bedeutet einfarbig. Es handelt sich dabei um einen *Farbton* oder um Unbunt, die in verschiedenen Kontrastwerten dargestellt wird. In diesem Zusammenhang wird auch das Wort achromatisch

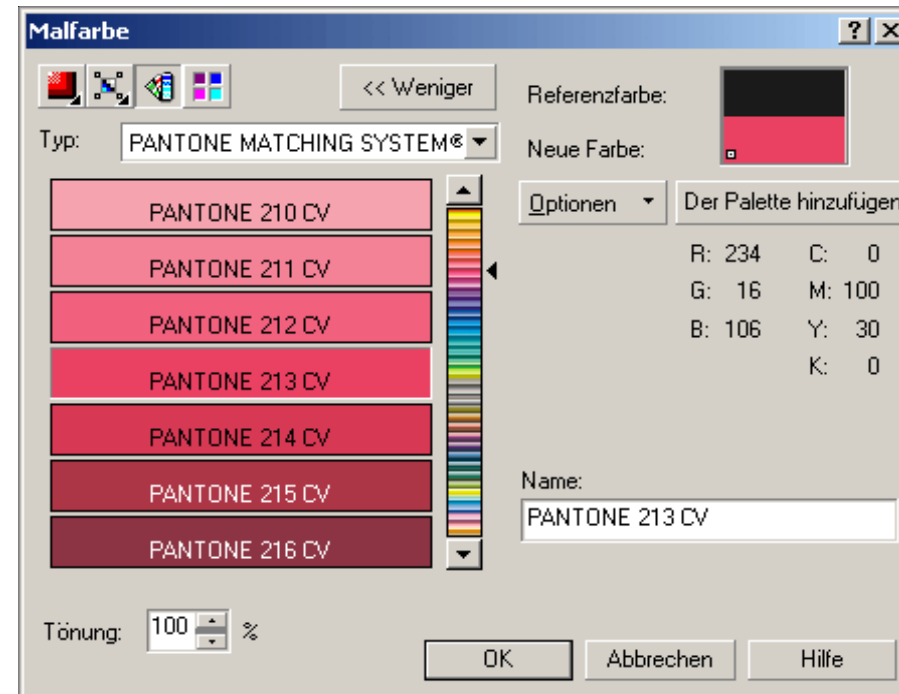
benutzt, das "ohne Farbinformation" bedeutet.

Diese Darstellungsform hatte zu Beginn des Computerzeitalters ihre Renaissance als die Bildschirmdarstellung noch über MDA- und MGA-Adapter erfolgte.

Eine monochromatische Darstellung kann mit Hell-Dunkel-Darstellung, aber ebenso mit einer Vielzahl an Abstufungen arbeiten.

Die bekannteste Form der monochromatischen Darstellung ist die einfarbige Textdarstellung.

Pantone



Pantone-Farbskala in Corel Photo-Paint

Der Name Pantone, der für eine internationale *Farbskala* steht die in vielen Grafikprogrammen implementiert ist, kommt von der gleichnamigen Firma Pantone Inc. Die von Pantone entwickelte Farbskala basiert auf dem *CMYK-Farbmodell* und dient der exakten Farbbestimmung und -kommunikation. Pantone bildet die Farbreferenz in der Drucktechnik aber auch im Grafikdesign sowie in der Textil- und Kunststoffindustrie.

Das Pantone-Farbsystem hat sich als Quasi-Standard etabliert. Es besteht aus ca. 4.000 *Farben*, die aus 14 Grundfarben gebildet werden. Bei der Verwendung der Pantone-Farbskala in Grafik- und Umbruchprogrammen, sollte nicht die Bildschirmdarstellung als Referenz benutzt werden, da diese durch Schwankungen der *Primärfarben*,

durch Lichteinflüsse und durch Toleranzen in den Einstellungen erheblich von den definierten Pantone-Farben abweichen werden.

Primärfarbe primary color

Primärfarben sind die *Farben* eines *Farbmodells*, aus den alle anderen Mischfarben erzeugt werden. Jedes Farbmodell enthält drei Primärfarben. Im Falle des *RGB-Farbmodells* sind es die additiven Primärfarben

Farbe	Wellenl.
Rot	615 nm
Grün	508 nm
Blau	484 nm
Cyan	565 nm
Magenta	475 nm
Yellow	578 nm

Rot, *Grün* und *Blau*, im *CMYK-Farbmodell* die subtraktiven Primärfarben *Cyan*, *Magenta* und *Gelb*.

Mischt man zwei Primärfarben erhält man eine *Sekundärfarbe*, wobei in beiden genannten Farbmodellen die Sekundärfarbe des einen Farbmodells der Primärfarbe des anderen Farbmodells entspricht. Beispiel: Bei der additiven *Farbmischung* der Primärfarben Rot und Blau erhält man die Sekundärfarbe Magenta, die im CMY-Farbmodell eine subtraktive Primärfarbe ist.

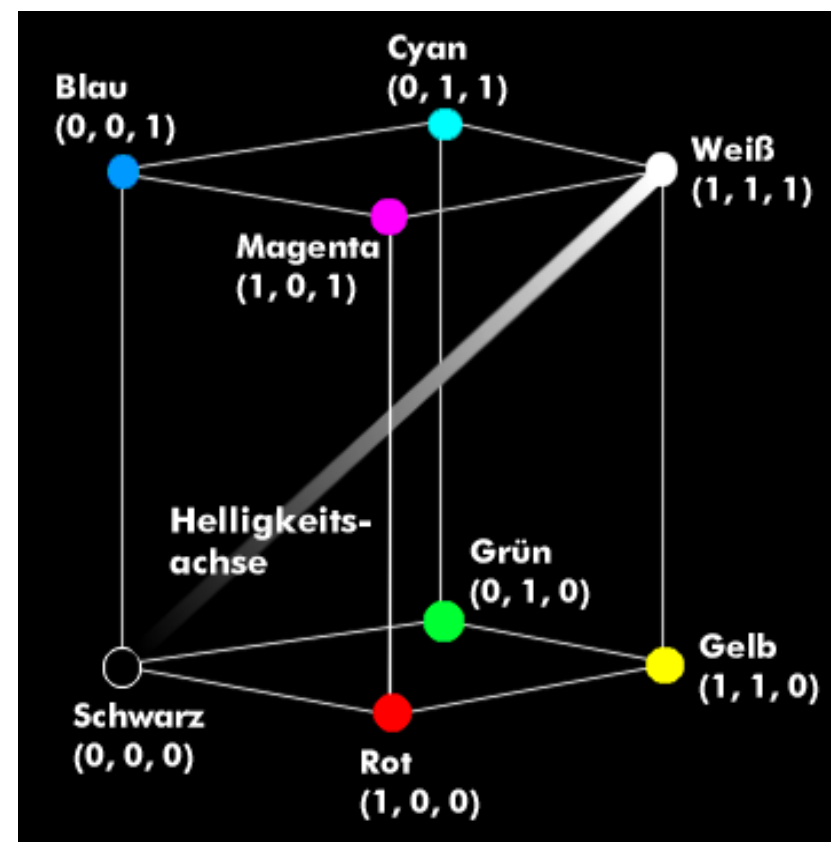
Mischt man drei Primärfarben miteinander, enthält man eine *Tertiärfarbe*.

Wellenlängen der Primär- und Sekundärfarben

RGB, red, green, blue Rot, Grün, Blau

Rot, Grün und Blau (RGB) sind die Primärfarben des RGB-Farbmodells, das in der additiven Farbmischung mit emittierenden Farben eingesetzt wird. So in Displays und in der Farbfernsehtechnik. Damit die drei Primärfarben einen möglichst großen Farbraum abdecken, spielen die Wellenlängen für die Emission der Phosphore eine wesentliche Rolle. Eine Forderung für die Wahl der Spektralfarben ist die, dass aus zwei Grundfarben nicht die dritte Primärfarbe erzeugt werden kann. Als weitere Forderung sollte mit den drei Spektralfarben ein möglichst großer Farbraum dargestellt werden können. Für die drei Primärfarben Rot, Grün und Blau gibt es mehrere Wellenlängen die diese Forderungen erfüllen. So kann Blau Wellenlängen von 435,8 nm haben, Grün 546,1 nm und Rot 700 nm. Die genannten Forderungen werden ebenso von Blau mit 444 nm, Grün mit 526 nm und Rot mit 645 nm erfüllt. Es ist somit eine Frage der zur Verfügung stehenden Phosphore und der Abschätzung des Farbraums für welche der Möglichkeiten man sich entscheidet. International wurde für Rot (R) eine Wellenlänge von 700 nm festgelegt, für Grün (G) 546 nm und für Blau (B) 436 nm. Da die verschiedenen Ansätze unterschiedliche Auswirkungen in der Farbdarstellung haben, wurden mit Standard-RGB (sRGB) Farben festgelegt, die für alle Hersteller einheitlich sind und keinen Interpretationsspielraum lassen.

RGB-Farbmodell RGB color model



RGB-Farbmodell

Das RGB-Farbmodell ist das Standardmodell für die additive Farbmischung, die für Farbdarstellungen auf Bildschirmen benutzt wird. Es ist auf das Absorptionsmaxima der Sehpigmente des menschlichen Auges ausgerichtet und wird für emittierende Farbdisplays benutzt. Das RGB-Farbmodell basiert auf den drei Primärfarben Rot, Grün und Blau und bietet den umfangreichsten Farbraum, der mit drei Farben realisiert werden kann. Es gilt für normales RGB und für Standard-RGB (sRGB). Mit diesem Farbmodell können mehr Farben dargestellt werden als mit dem CMY-Farbmodell; allerdings kann es nicht alle in der Natur vorkommende Farben abbilden. Das RGB-Farbmodell kann als Würfel dargestellt werden, bei dem die Eckpunkte die gesättigten Primärfarben Rot, Grün und Blau, die gesättigten Sekundärfarben Cyan, Magenta und Gelb und die unbunten Farben Weiß und Schwarz repräsentieren. Die Kantenlängen des RGB-Farbmodells werden durch Vektoren der Länge "1" gebildet.

So hat Weiß, bestehend aus den Farbvektoren von Rot, Grün und Blau, den Wert 1, 1, 1. Ordnet man den Vektoren der Primärfarben 8 Bit zu, dann kann jede Primärfarbe 256 Sättigungswerte annehmen. Das

bedeutet, dass man aus drei Primärfarben mit jeweils 256 Sättigungsgraden insgesamt 16,7 Millionen unterschiedliche Farben definieren kann.

Das RGB-Farbmodell ist Bestandteil von Grafikprogrammen und wird bei der Emission von Farben angewendet, wie sie bei der Anregung von Phosphoren in Monitoren, Fernsehbildschirmen und anderen emittierenden Displays vorkommen.

Rot
R, red

Farbe	Wellenlänge	Frequenzbereich
Violett	380 nm ... 430 nm	700 THz ... 700 THz
Blau	430 nm ... 500 nm	700 THz ... 600 THz
Cyan	500 nm ... 520 nm	600 THz ... 575 THz
Grün	520 nm ... 560 nm	575 THz ... 535 THz
Gelb	560 nm ... 590 nm	535 THz ... 510 THz
Orange	590 nm ... 625 nm	510 THz ... 480 THz
Rot	625 nm ... 780 nm	480 THz ... 385 THz

Rot (R) ist eine von drei *Primärfarben* der additiven und eine *Sekundärfarbe* der subtraktiven *Farbmischung*. Im *CIE-Farbraum* hat Rot eine Wellenlänge zwischen 625 nm und 780 nm, was einer Frequenz zwischen 380 THz und 480 THz entspricht.

Rot kann für die additive Farbmischung unterschiedliche Wellenlängen haben. Das hängt mit der Forderung nach einem möglichst großen *Farbraum* für die additive Farbmischung von *Rot, Grün, Blau* (RGB) zusammen und mit der Forderung, dass aus zwei Primärfarben nicht die dritte Primärfarbe erzeugt werden kann. Diese Forderungen werden von mehreren Wellenlängen erfüllt, sind aber immer im

Wellenlängen und deren Frequenzbereiche für das sichtbare Licht

Zusammenhang mit den anderen beiden Primärfarben zu sehen.

So kann Rot eine Wellenlänge von 645 nm haben, wenn die anderen beiden Primärfarben 444 nm und 526 nm haben. International ist für Rot eine Wellenlänge von 700 nm festgelegt, für *Grün* 546 nm und für *Blau* 436 nm.

Die verschiedenen *Farbmodelle* definieren die *Farbe* Rot im CIE-Farbraum geringfügig unterschiedlich voneinander. So hat die EBU für den PAL-Fernsehstandard Rot mit den xy-Koordinaten 0,62/0,34 festgelegt, wohingegen in NTSC die Koordinaten 0,610/0,316 betragen. Bei *Standard-RGB* (sRGB) ist Rot im CIE-Farbraum mit den Koordinaten 0,6400/0,3300 festgelegt.

Schwarz
black

Schwarz ist in der *Farbdarstellung* die *Farbe*, die vollständig absorbiert und kein *Licht* reflektiert. Sie ist unbunt, hat keine *Leuchtdichte* und repräsentiert den niedrigsten Wert in der Grauskala. In den verschiedenen Farbmodellen liegt Schwarz am Ende der Unbunt-Achse.

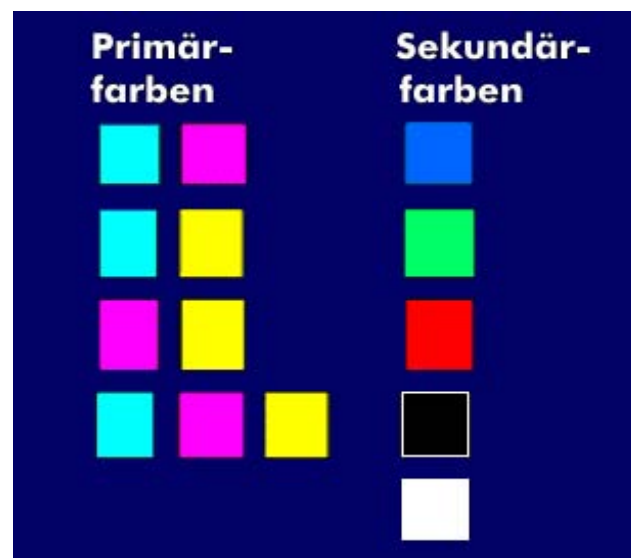
Bei den Graustufen hat Schwarz mit 0 % ebenso den tiefsten Wert wie in der Munsell-Skala mit dem Wert "0".

In der digitalen Videotechnik gibt es das so genannte Ultraschwarz. Das ist der Signalbereich eines digitalen Videosignals unterhalb von 0% *Weiß*. Dieser Bereich wird auch Footroom genannt. Im Englischen wird dieser Bereich als "Blacker than Black" bezeichnet.

Sekundärfarbe secondary color

*Sekundärfarben bei der
subtraktiven Farbmischung*

Standard-RGB sRGB, standard RGB



Sekundärfarben sind die *Farben*, die bei der *Farbmischung* von zwei *Primärfarben* entstehen. Im Falle des *CMYK-Farbmodells* sind die Sekundärfarben *Rot, Grün* und *Blau*, im *RGB-Farbmodell* *Cyan, Magenta* und *Gelb*.

Mischt man zwei Primärfarben zu 100 % miteinander erhält man eine Sekundärfarbe, wobei in beiden genannten Farbmodellen die Sekundärfarbe des einen *Farbmodells* der Primärfarbe des anderen Farbmodells entspricht. Es lassen sich ca. 160 verschiedene *Farbtöne* für Sekundärfarben durch Mischung zweier Primärfarben erzeugen.

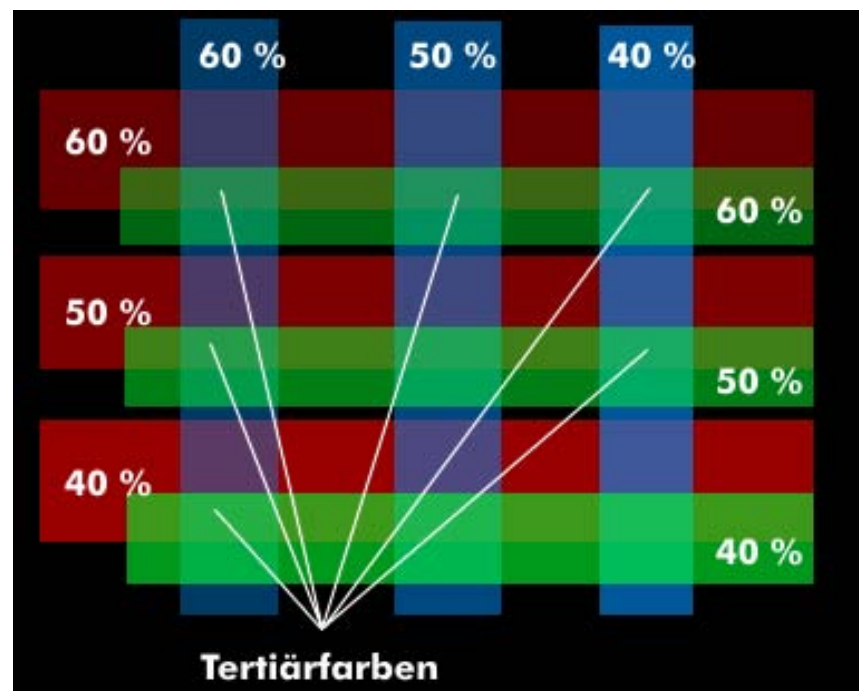
Der von Microsoft und Hewlett Packard in den 90er Jahren vorgeschlagene standardisierte *RGB-Farbraum* (sRGB) wurde von vielen namhaften Herstellern der Computerindustrie in ihren Hard- und Software-Produkten implementiert und in Austausch- und Grafikdateiformaten umgesetzt. Er wird vorwiegend in Displays benutzt.

Standard-RGB (sRGB) benutzt als Referenz den *CIE-Farbraum* und definiert in diesem die Farbkoordinaten für die drei *Primärfarben Rot* (R), *Grün* (G) und *Blau* (B). Die Koordinatenwerte für Rot sind danach 0,6400/0,3300, für Grün 0,3000/0,6000 und für Blau 0,1500/0,0600. Der Farbraum von Standard-RGB kann etwa 35 % der im CIE-Farbraum definierten sichtbaren *Farben* darstellen. Einige Grafikprogramme und Fernsehstandards benutzen geringfügig abweichende Koordinatenwerte mit denen einer größerer Farbraum dargestellt werden kann, so beispielsweise mit dem *Adobe-RGB-Farbraum*.

Tertiärfarbe tertiary color

*Tertiärfarben aus der Mischung
dreier transparenter Primärfarben.
Transparenz in Prozent.*

Transparenz transparency



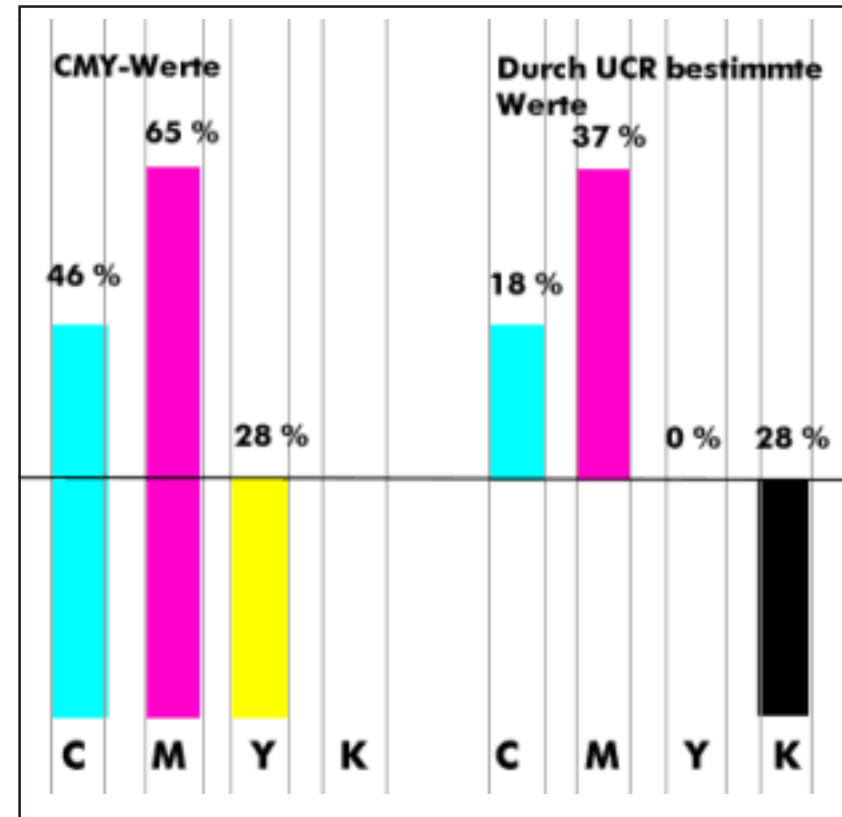
Eine Tertiärfarbe entsteht aus der Mischung von allen drei *Primärfarben*. Da *Sekundärfarben* aus zwei Primärfarben bestehen, können Sekundärfarben auch aus der Mischung einer Primärfarbe mit einer Sekundärfarbe hergestellt werden.

Während nur etwa 160 Sekundärfarben hergestellt werden können, geht die Anzahl der Tertiärfarben in die 100.000. Die Grafik zeigt die Mischung der drei Primärfarben der additiven *Farbmischung*, die als transparente *Farben* zu Tertiärfarben gemischt werden.

In der *Licht-* und *Farbenlehre* spricht man von *Transparenz* wenn ein Material Licht durchscheinen lässt, ohne es zu streuen. Eine Transparenztechnik, die in der *Bildbearbeitung* eingesetzt wird, ist das *Alphablending*.

UCR, under color removal UCR-Verfahren

Zwischen den verschiedenen Farbmodellen besteht häufig ein unmittelbarer Zusammenhang, der sich mathematisch ausdrücken lässt. Da aber in der Praxis bestimmte Restriktionen beim Druck auftreten, so zwischen dem *CMY-Farbmodell* und dem *CMYK-Farbmodell*, muss in diesem Fall, in dem kein mathematischer Zusammenhang besteht, mit mathematischen Näherungen gearbeitet werden. Under *Color Removal* (UCR) ist ein solches Näherungsverfahren, das für die Umrechnung zwischen dem *CMYK-Farbmodell* und dem *RGB-Farbmodell* eingesetzt wird.



Entscheidend für das *CMYK-Farbmodell*, das in allen Farbdruckern eingesetzt wird, ist die zusätzliche *Schwarz-Komponente*, die mit *Tiefe* (K) bezeichnet wird und für die der Anteil bestimmt werden muss. Beim UCR-Verfahren werden aus den *RGB-Werten* die *CMY-Werte* errechnet. Danach wird der gemeinsame Anteil der drei Farben bestimmt und durch Schwarz ersetzt. Dies soll an einem Beispiel verdeutlicht werden, das allerdings theoretischer Natur ist und in der Praxis durch Erfahrungswerte modifiziert wird: *Cyan* hat 46%, *Magenta* 65% und *Yellow* 28%. Alle Farben haben mindestens 28%, das ist der gemeinsame Anteil, in dem Schwarz gedruckt wird. Entsprechend werden die drei *Primärfarben* jeweils um 28% reduziert. Cyan wird also mit 18% gedruckt, Magenta mit 37% und Yellow mit 0%. Das UCR-Verfahren reduziert ebenso wie das alternative *GCR-Verfahren* die Menge an Druckfarbe und verkürzt deren Trockenzeit. Vor allem bei Verläufen bietet sich dieses Verfahren an, da Farbverläufe ohne

Umrechnung von CMY in CMYK mit dem UCR-Verfahren

Farbabweichungen, bekannt als Farbstiche, gedruckt werden.

Ultraviolett UV, ultraviolet

UV-Licht-Bereich	Wellenlängen-bereiche	Eigenschaften
UV	100 nm ... 400 nm	
UV-A	315 nm ... 400 nm	Erreicht die Erdoberfläche, Bräunung der Haut,
UV-B	280 nm ... 315 nm	Erreicht die Erdoberfläche, Dringt in tiefere Hautschichten,
UV-C	315 nm ... 400 nm	Erreicht nicht die Erdoberfläche, wird in der Ozonschicht absorbiert

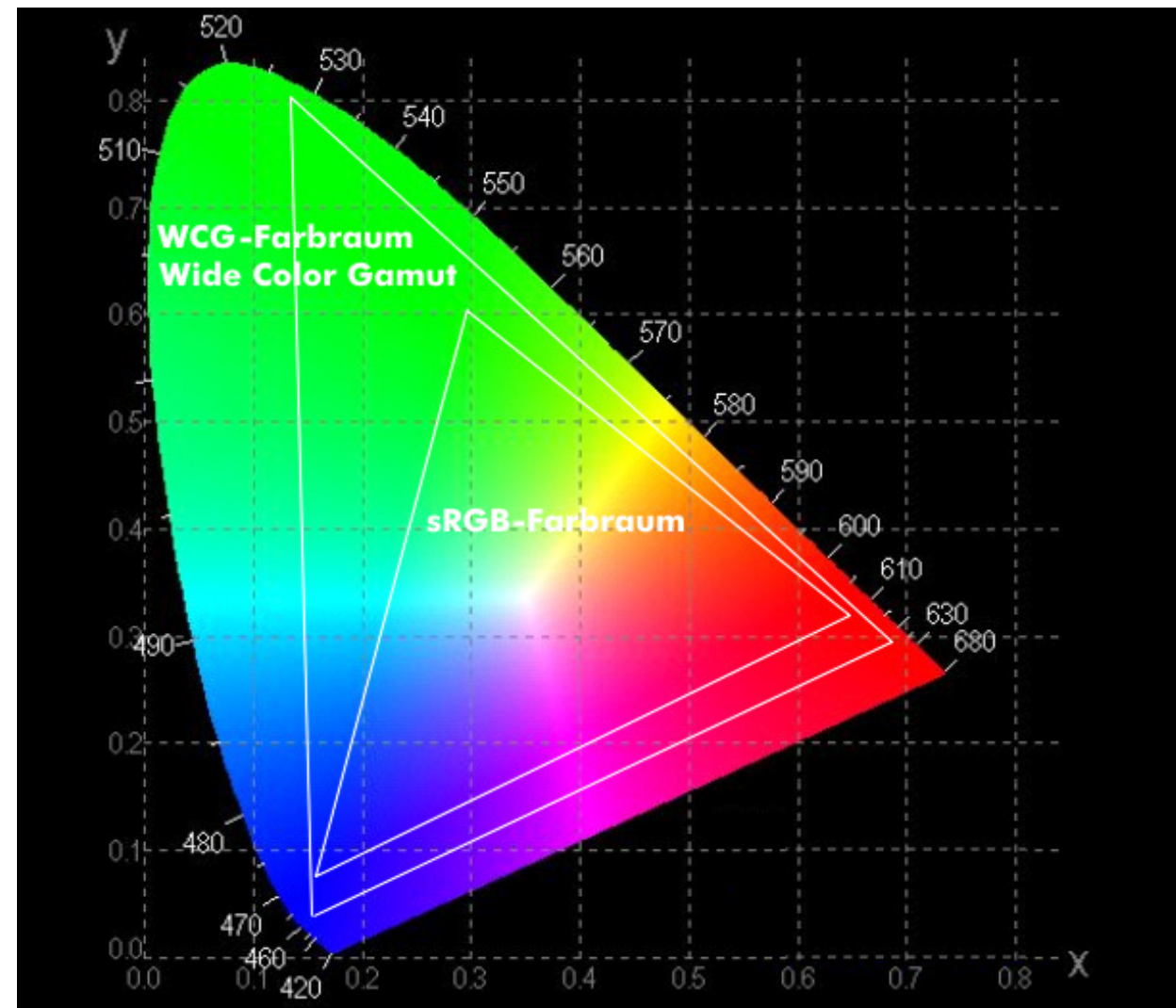
Ultraviolett (UV) gehört wie *Infrarot* zu den für das menschliche Auge nicht sichtbaren *Licht*. Es hat kürzere Wellenlängen als die des sichtbaren Spektrums, diese liegen oberhalb von der *Farbe Magenta*. Ultraviolett liegt bei Wellenlängen zwischen etwa 100 nm und 400 nm, das entspricht einem Frequenzbereich zwischen 30 PHz (Petahertz) und 750 THz (Terahertz). Es wird in drei Bereiche eingeteilt, die mit UV-A, UV-B und UV-C bezeichnet werden und denen verschiedene Wellenlängenbereiche

Übersicht über die UV-Bereiche

zugeordnet sind.

So liegt die relativ sonnenlichtreiche UV-Strahlung von UV-A zwischen 315 nm und 400 nm und verursacht die Bräunung der Haut. Die UV-A-Strahlung gilt als unschädlich. UV-B mit Wellenlängen zwischen 280 nm und 315 nm erreicht die Erdoberfläche und ist energiereicher als UV-A. UV-C, mit Wellenlängen zwischen 100 nm und 280 nm, ist das kurzwelligste und schädlichste UV-Licht und wird in der Erdatmosphäre absorbiert. Neben dem hier behandelten Ultraviolett gibt es noch das extreme Ultraviolett-Licht (EUV), das Wellenlängen zwischen 10 nm und 15 nm hat und in der Halbleiter-Lithografie zur Erhöhung der Integrationsdichte eingesetzt wird.

WCG, wide color gamut



Wide Color Gamut (WCG) ist eine Vergrößerung des Farbraums von LCD-Displays. Der Farbraum von LCD-Displays wird durch die Hintergrundbeleuchtung bestimmt. Bei Kaltkathodenröhren (CCFL) ist er bedingt durch das Farbspektrum der CCFL-Röhren eingeschränkt und kleiner als der RGB-Farbraum. Die CCFL-Röhre verkleinert den Farbraum des LCD-Displays. Aus diesem Grund werden für die Hintergrundbeleuchtung zunehmend weiße LEDs aber auch Dreifarben-LEDs in RGB eingesetzt. Das Farbspektrum der Leuchtdioden ist größer und vergrößert dadurch den Farbraum von LCD-Displays. Diese Farbraumvergrößerung nennt man Wide Color Gamut

Erweiterter WCG-Farbraum für LCD-Displays

(WCG). Die Lichtspektren der Leuchtdioden sind zudem schmaler als die Filterkurven der Farbfilter, wodurch die Farben brillanter dargestellt werden.

Weiß white

Weiß ist in der Farbdarstellung die Farbe, die vollständig reflektiert und kein Licht absorbiert. Sie umfasst alle Lichtenergie innerhalb des sichtbaren Spektrums. Weiß kann in seiner Farbtemperatur angegeben werden oder aber mit den Koordinatenwerten im CIE-Farbraum. Vom Farbempfinden her unterscheidet man

Farbtemperaturen und XY-Koordinaten im CIE-Farbraum für verschiedenes Weiß

Farbtemperatur (K)	X-Wert	Y-Wert	Licht	
5.000	0,3457	0,3585	Druckindustrie	
5.500	0,3324	0,3474	Bewölkung	
6.500	0,3127	0,3290	Tageslicht	
7.500	0,299	0,3149		
9.300				
CIE-Standardbeleuchtung				
Normlicht A	2.856	0,4476	0,4074	Glühlampenlicht
Normlicht B	4.875	0,3484	0,3516	Direktes Sonnenlicht
Normlicht C	6.774	0,3101	0,3162	Tageslicht bei bedecktem Himmel

in der Beleuchtungstechnik zwischen Kalt-Weiß, Neutral-Weiß und Warm-Weiß. Während die Farbtemperatur von Kalt-Weiß zwischen 5.000 Kelvin (K) und 10.000 K liegt, ist die von Neutral-Weiß zwischen 3.500 K und 5.000 K und die von Warm-Weiß zwischen 2.600 K und 3.500 K. Bei Farbmessungen und Fernsehübertragungen ist Weiß ein Standard, der dem absoluten Reflexionsverhalten entspricht. Je nach Farbstandard weichen die Weißwerte geringfügig voneinander ab. So definieren der PAL-Fernsehstandard nach der

EBU, SMPTE und verschiedene Grafikprogramme Weiß mit einer Farbtemperatur von 6.500 K (D65) im CIE-Farbraum mit den xy-Koordinaten 0,3127/0,3290. Dies entspricht dem Tageslicht. Bei Bewölkung hat das Weiß eine Farbtemperatur von 5.500 K (D55) und die Koordinaten 0,3324/0,3474. In den verschiedenen Farbmodellen liegt Weiß am Ende der Unbunt-Achse. Bei den Graustufen hat Weiß mit 100 % ebenso den höchsten Wert wie in der Munsell-Skala mit dem Wert 10. In der digitalen Videotechnik gibt es ein Weiß, das oberhalb vom darstellbaren Weiß liegt und als Ultraweiß bezeichnet wird. Das ist der Signalbereich eines digitalen Videosignals, der oberhalb von 100 % Weiß liegt. Dieser Bereich wird auch Headroom genannt. Im Englischen wird dieser Bereich als "Whiter than White" bezeichnet.

xvYCC, extended version of YCC
xvYCC-Farbmodell

Die diversen *Farbmodelle* sind den Anwendungen entsprechend optimiert, so das beispielsweise das *RGB-Farbmodell* für Monitore oder das *CMYK-Farbmodell* für Drucker. Da alle Farbmodelle einen begrenzten *Farbraum* abdecken, war man bestrebt für HD-Medien wie HD-DVD, Blu-Ray-Disc und HDTV diesen so weit als möglich auszudehnen.

Mit dem xvYCC-Farbmodell, das eine erweiterte Version des YCC-Farbmodells darstellt, hat man den Farbraum wesentlich erweitert, so dass dieser mehr *Farbtöne* und Sättigungsgrade darstellen kann. Hinzu kommt, dass die Darstellungen mit diesem Farbmodell brillanter und natürlicher wirken. xvYCC ist als IEC-Farbstandard 61966-2-4 standardisiert und fließt in die HDMI-Schnittstelle ein.

YCbCr, luminance, chrominance blue, chrominance red

Die verschiedenen *Farbmodelle* sind anwendungsspezifisch optimiert. Das YCbCr-Farbmodell wurde für Digitalvideo entwickelt. Es besteht aus dem Luminanzsignal (Y), das die *Helligkeit* repräsentiert, und zwei Chrominanzsignalen, die den digitalisierten analogen Farbdifferenzsignalen "U" und "V" entsprechen. Das

digitalisierte U-Signal wird mit "Cb" bezeichnet und entspricht der Farbabweichung *Blau-Gelb*, das digitalisierte V-Signal heißt "Cr" und steht für die Farbabweichung *Rot-Türkis*.

Das YCbCr-Farbmodell entspricht weitestgehend dem in der Analogtechnik eingesetzten *YUV-Farbmodell*. Es wird in JPEG und der MPEG-Kompression benutzt, die in DVDs, Digital-TV, Video-CDs und in Camcordern eingesetzt wird. YCbCr ist ebenso wie das *RGB-Farbmodell* im ITU-Standard BT.601 beschrieben.

YCC, luminance, color, color *YCC-Farbmodell*

Für die Foto-CD hat Kodak das *YCC-Farbmodell* entwickelt, das mit einem Helligkeitssignal (Y) und zwei Chrominanzsignalen arbeitet. Der Vorteil dieses Farbmodells, das sich an das *Lab-Farbmodell* der *Commission Internationale d'Eclairage* (CIE) anlehnt, soll in der einheitlichen Farbwiedergabe auf Druckern und Displays liegen. Der *YCC-Farbraum* wurde durch unterschiedliche Stufenskalierungen der beiden Farbdifferenzsignale für die elektronische Bildverarbeitung optimiert. Dabei wurden speziell die *Farben* berücksichtigt, die in der Fotografie vorkommen.

Das YCC-Signal ist ein 24-Bit-Signal, das sich in 8 Bit für das Luminanzsignal und jeweils 8 Bit für die beiden Farbsignale aufteilt. Das YCC-Signal kann in andere Farbmodelle wie das *CMYK-Farbmodell* oder das *RGB-Farbmodell* umgerechnet werden. Umgekehrt können auch andere Farbmodelle in das YCC-Farbmodell transferiert werden.

YIQ-Farbmodell *YIQ color model*

Das *YIQ-Farbmodell* wird bei dem amerikanischen NTSC-Verfahren im Video- und Fernsehbereich eingesetzt. Vergleichbar dem *YUV-Farbmodell* wird bei YIQ das Helligkeitssignal (Y) mit hoher Auflösung übertragen und darüber hinaus zwei Farbinformationen (I und Q) mit geringer Bandbreite. Dabei repräsentiert "I" eine *cyan-orange* Farbachse im *CIE-Farbraum*, "Q" die um 90° versetzte *magenta-grüne* Farbachse. Man nutzt dabei die geringere Farbauflösung des menschlichen Auges aus und hat gleichzeitig, durch die hohe Auflösung des Helligkeitssignals (Luminanz), eine Abwärtskompatibilität zu *Schwarz-Weiß-Fernsehern*. Das YIQ-Farbmodell ist Bestandteil des NTSC-Fernsehstandards.

YUV-Farbmodell *YUV color model*

Das *YUV-Farbmodell* ist ein im PAL-Fernsehstandard und in der Bildkompression verwendetes Farbmodell. Es benutzt das Luminanzsignal (Y) mit hoher Bandbreite und die zwei aus den Farbdifferenzsignalen B-Y und R-Y gewonnenen Signale "U" und "V". Das U-Signal wird durch eine Pegelreduzierung um den Faktor 0,493 aus dem B-Y-Signal gewonnen und in der Videobandbreite auf 1,3 MHz begrenzt. Das V-Signal entspricht dem R-Y-Signal, ist allerdings im Pegel um den Faktor 0,877 reduziert und in der Bandbreite ebenfalls auf 1,3 MHz begrenzt.

Dieses Verfahren wurde mit der Einführung von PAL entwickelt und wird in PAL-Video und PAL-Fernsehen verwendet. Hintergrund ist die Abwärtskompatibilität von Farbsignalen für *Schwarz-Weiß-Fernseher*.

Daher wird bei YUV das Helligkeitssignal (Y) mit voller Bandbreite und die zwei in zwei Achsen definierten Farbdifferenzsignale mit wesentlich geringeren Bandbreiten übertragen. Das YUV-Farbmodell ist Bestandteil des PAL-Fernsehstandards.

Bei Videokompressionen können die Daten der Farbdifferenzsignale "U" und "V" mittels Farb-Subsampling reduziert werden.