



# Licht und

# Farbe

**Klaus Lipinski (Hrsg.)**

ITWissen

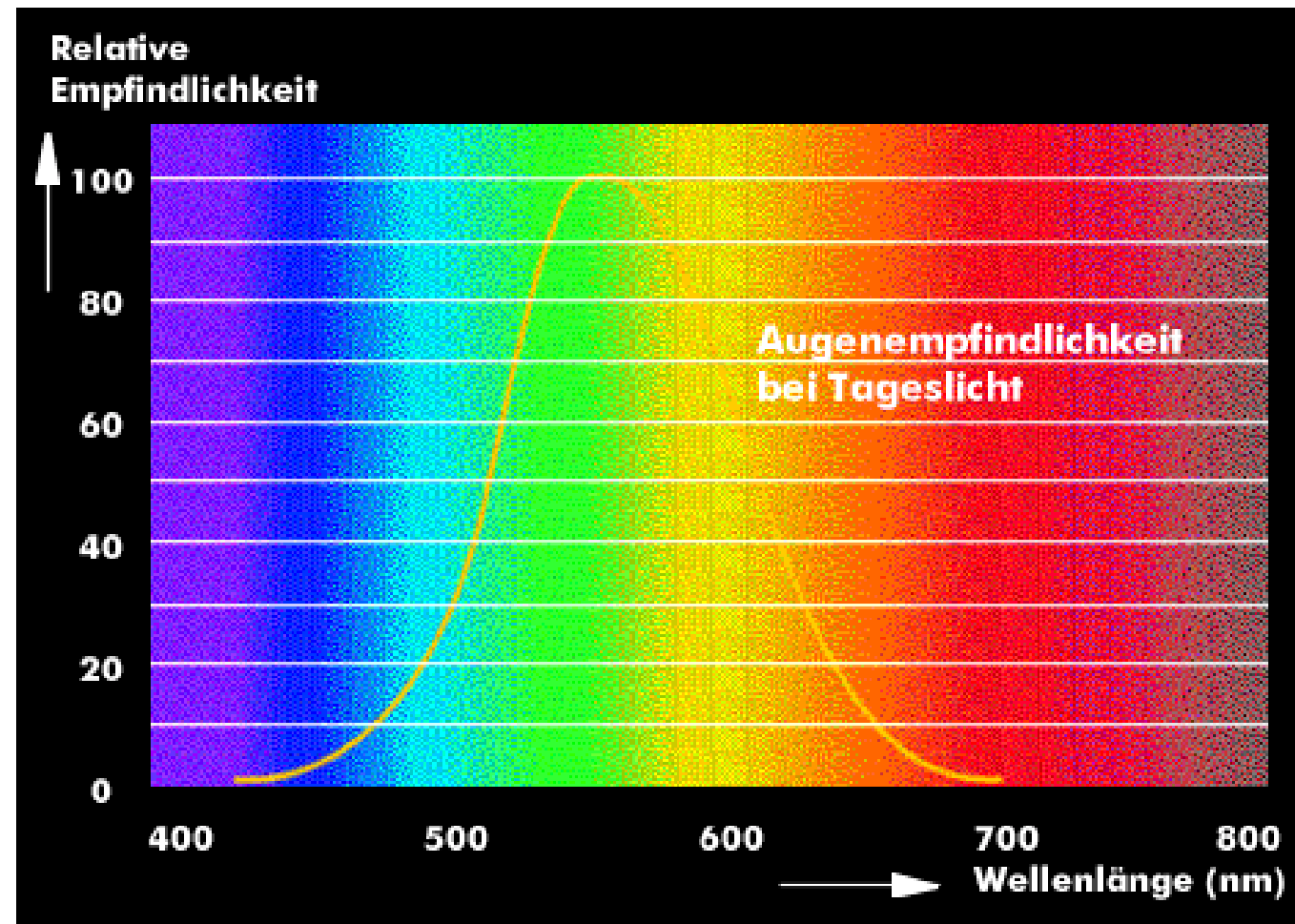
## Inhalt

<b>Augenempfindlichkeit</b>	<b>Farbsättigung</b>	<b>Lichtart</b>
<b>Blau</b>	<b>Farbtemperatur</b>	<b>Lichtempfindlichkeit</b>
<b>Candela</b>	<b>Farbtiefe</b>	<b>Lumen</b>
<b>CIE-Farbraum</b>	<b>Farbton</b>	<b>Lux</b>
<b>CMS,</b> <i>color management system</i>	<b>Gelb</b>	<b>Magenta</b>
<b>CMY-Farbmodell</b>	<b>Grün</b>	<b>Monochrom</b>
<b>CMYK-Farbmodell</b>	<b>Helligkeit</b>	<b>Pantone</b>
<b>Cyan</b>	<b>HKS-Farbskala</b>	<b>Primärfarbe</b>
<b>Euroskala</b>	<b>HLS-Farbmodell</b>	<b>RGB-Farbmodell</b>
<b>Farbart</b>	<b>HSB-Farbmodell</b>	<b>RGB</b>
<b>Farbdarstellung</b>	<b>HSI-Farbmodell</b>	<i>Rot, Grün, Blau</i>
<b>Farbdreieck</b>	<b>HSV-Farbmodell</b>	<b>Rot</b>
<b>Farbe</b>	<b>ICC,</b> <i>international color consortium</i>	<b>Sekundärfarbe</b>
<b>Farbkreis</b>	<b>Infrarot</b>	<b>Tertiärfarbe</b>
<b>Farbmischung</b>	<b>IT8-Farbvorlage</b>	<b>Tiefe</b>
<b>Farbmodell</b>	<b>Kelvin, K</b>	<b>UCR-Verfahren</b>
<b>Farbpalette</b>	<b>Komplementärfarbe</b>	<b>Ultraviolett</b>
<b>Farbraum</b>	<b>Leuchtdichte</b>	<b>YIQ-Farbmodell</b>
<b>Farbseparation</b>	<b>Licht</b>	<b>YUV-Farbmodell</b>
<b>Farbskala</b>		

Impressum:  
Herausgeber: Klaus Lipinski  
Licht und Farbe, V.3  
Copyright 2007  
DATACOM-Buchverlag GmbH  
84378 Dietersburg  
Alle Rechte vorbehalten.  
Keine Haftung für die angegebenen  
Informationen.  
Produziert von Media-Schmid  
www.media-schmid.de

# LICHT UND FARBE

## Augenempfindlichkeit *sensitivity of the eye*



*Augenempfindlichkeitskurve für Tageslicht*

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 kurz-, mittel- und langwelliges *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 hat, haben ihre maximale Empfindlichkeit bei 500 nm, bei *grün*. Stäbchen sind wesentlich empfindlicher als die Zapfen und ermöglichen das Sehen bei Dunkelheit, allerdings

nur in Grautönen.

Das Helligkeitsempfinden erhöht sich mit steigender Helligkeit nichtlinear. 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 ihre höchsten Empfindlichkeiten bei 420 nm, 530 nm und 560 nm haben.

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

**Beleuchtungsstärke**  
*illumination strength*

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**  
*B, blue*

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

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) zusammen und mit der

*Wellenlängen und deren Frequenzbereiche für das sichtbare Licht*

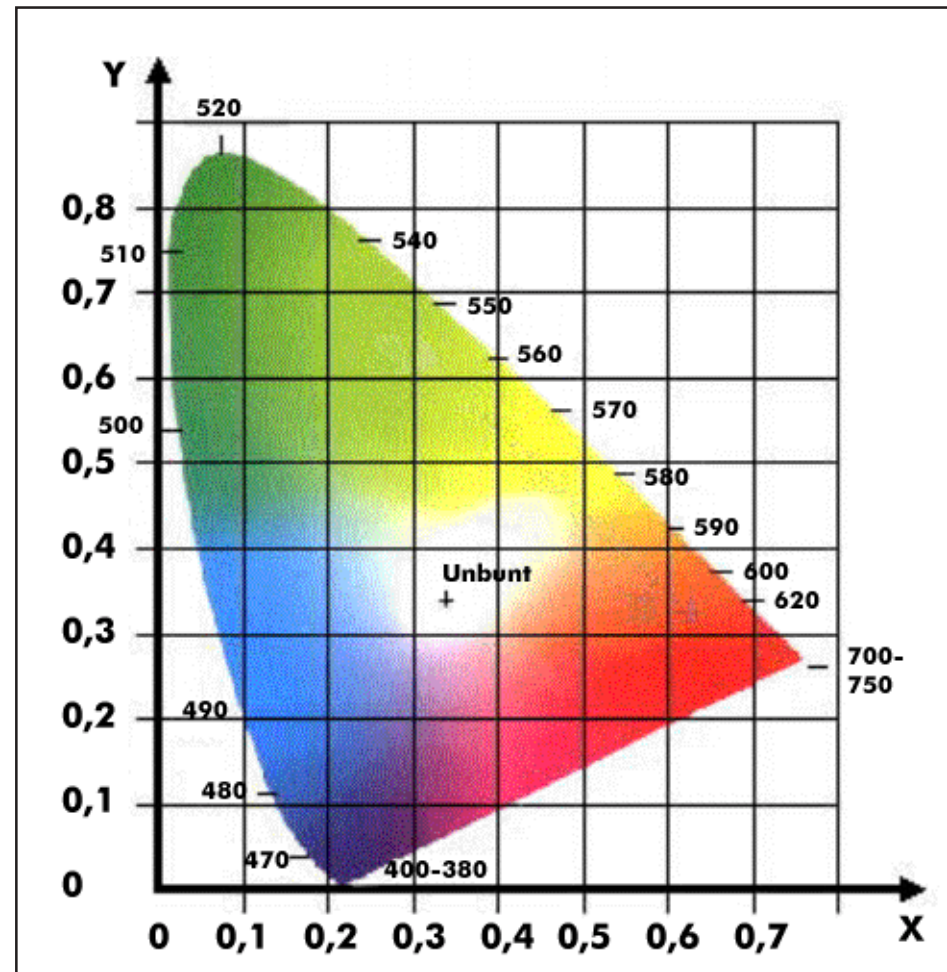
Forderung, dass aus zwei Primärfarben nicht die dritte Primärfarbe erzeugt werden kann. Diese Forderungen werden von mehreren Wellenlängen erfüllt, sind aber immer im Zusammenhang mit den anderen beiden Primärfarben zu sehen. So kann Blau eine Wellenlänge von 444 nm haben, wenn die anderen beiden Primärfarben 526 nm und 645 nm haben. Blau könnte ebenso 435,8 nm haben, wenn *Grün* 546,1 nm und *Rot* 700 nm hat.

**Candela** *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.

Bezieht man die Lichtstärke auf eine Flächeneinheit, erhält man die *Leuchtdichte*. Zwischen der Lichtstärke und dem *Lichtstrom* gibt es eine Beziehung über den Raumwinkel. Danach ergibt sich Candela aus dem Verhältnis von *Lumen* zum Raumwinkel.

**CIE-Farbraum** Das von der Commission Internationale d'Éclairage (CIE) entworfene *Farbmodell* 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 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





CIE-Normfarbtafel

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.

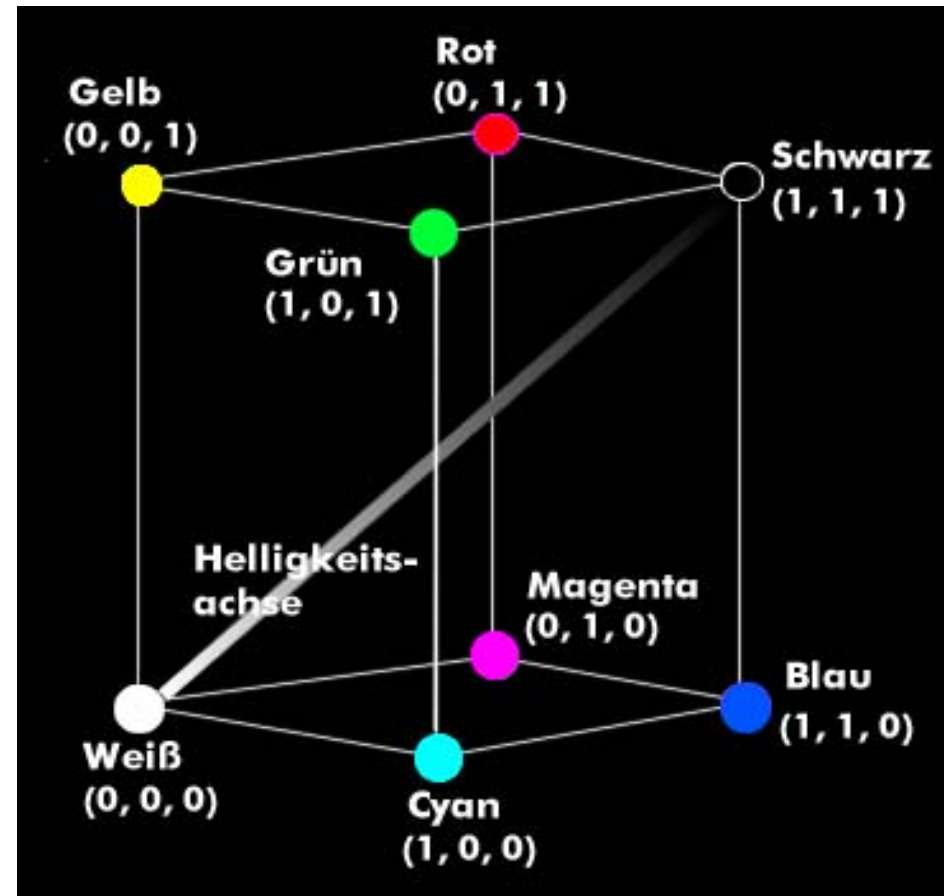
**CMY-Farbmodell**  
CMY, cyan, magenta,  
yellow

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*

## LICHT UND FARBE

*CMY-Farbmodell mit  
Helligkeitsachse*

**CMYK-Farbmodell**  
*CMYK color model*



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.

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 Model in das andere. Eines dieser Umrechnungsmodelle ist das *UCR-Verfahren*.

**CRI-Wert**  
*CRI, color rendering index*

Der CRI-Wert ist ein Farbwiedergabe-Index, 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 CRI-Wert 100. Es gibt eine Klassifizierung für den CRI-Wert, so wird ein CRI von 95 als hervorragend, einer von 90 als fair und einer von 80 als schlecht eingestuft. Der CRI-Wert unterscheidet sich von der *Farbtemperatur*, die zwischen kaltem und warmen *Licht* unterscheidet. Neben Sonnenlicht mit einem CRI-Wert von 100, haben beispielsweise Energiesparlampen einen CRI-Wert von etwa 80, weiß leuchtende Leuchtdioden bringen es auf einen CRI-Wert von 70, was für Beleuchtungszwecke als minderwertig angesehen wird. Eine Erhöhung des CRI-Wertes wird durch "warmweiß" leuchtende LEDs erzielt, die mit zwei Leuchtstoffen arbeiten.

**Cyan** Cyan (C) ist eine *Primärfarbe* im *CMY-* und *CMYK-Farbmodell* und eine *Sekundärfarbe* von *RGB*. Cyan ist mit einer Wellenlänge von 500 nm bis 520 nm spezifiziert.

**Euroskala** Die Euroskala ist ein 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.

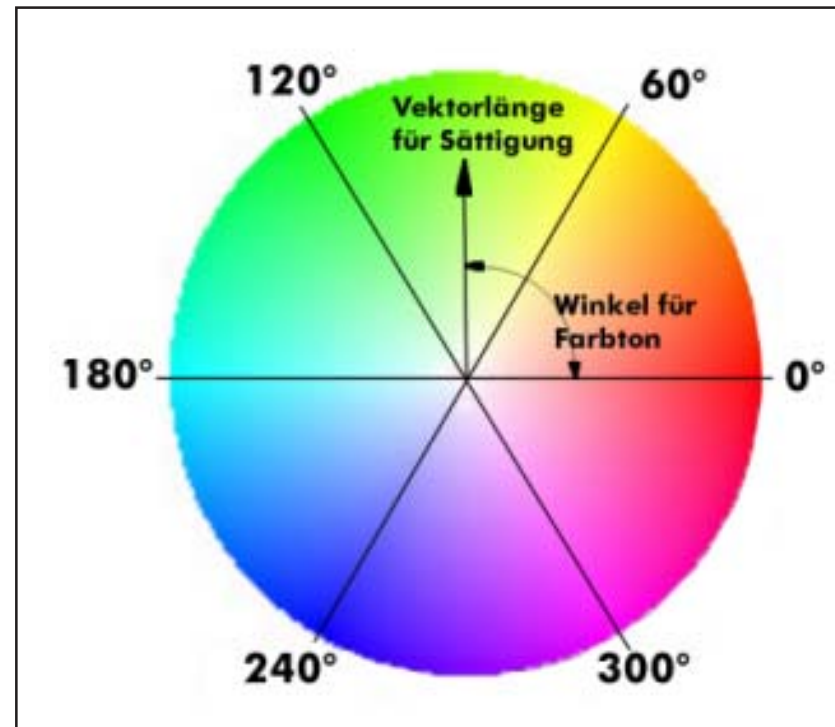
**Farbart** Die Farbart wird durch den *Farbton* und die *Farbsättigung* bestimmt. Im *Farbkreis* *chroma* entspricht sie dem Farbvektor, dessen Winkel und Länge. Wobei der Winkel den



# LICHT UND FARBE

*Bestimmung der Farbart  
über den Farbwinkel und die  
Farbsättigung*

**Farbdarstellung**  
*color mode*



Farbton repräsentiert, die Vektorlänge die Farbsättigung. Ein längerer Farbvektor entspricht einem höheren Sättigungsgrad. Die *Leuchtdichte* oder *Helligkeit* hat keinen Einfluss auf die Farbart.

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, ebenso wie die mit 7 Bit Auflösung je Farbe, die zu einer Farbtiefe von 2.097.152 Farbnuancen führt. Die detailreichste Farbdarstellung ist der True-Color-Modus,

Farbdarstellung	Farbtiefe	Anzahl der Farben
HiColor	15 Bit, 16 Bit	32.768 65.536
Direct Color	18 Bit 21 Bit	262.144 2.097.151
True Color	24 Bit	16.777.216

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

*Farbtiefe der 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 der wahrnehmbaren Anzahl an Farbtönen, ca. 130, an Farbsättigungen, ebenfalls ca. 130, und aus den wahrnehmbaren Helligkeitswerten, zwischen 15 und 25.

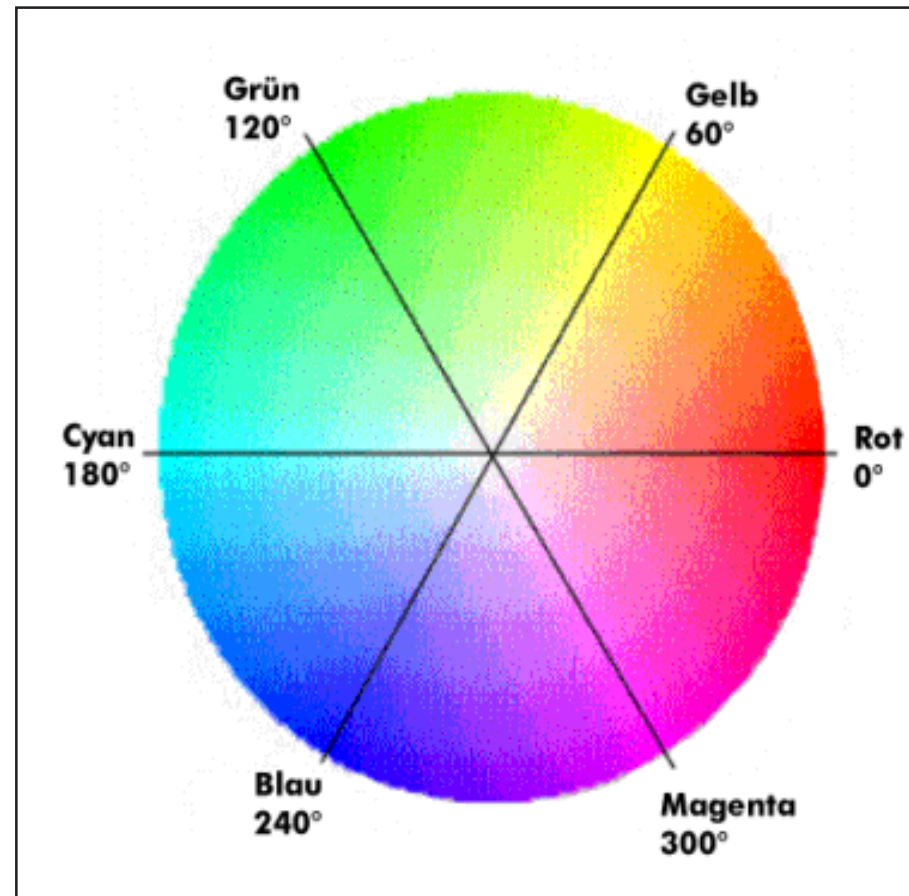
In der Farbenlehre unterscheidet man zwischen *Primärfarben* und *Sekundärfarben*, wobei die erstgenannten die Grund- oder Urfarben bilden, die anderen die Mischfarben, die aus der Mischung von zwei oder mehr Primärfarben entstehen. Bei *Farbdarstellungen* werden häufig nicht die *Farben* aller Bildpunkte 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.

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

Die Color Lookup Table (CLUT) bietet eine Auswahl von Farben aus der gesamten *Farbpalette*, denen Farbbildwerte zugewiesen werden. Bei der Verarbeitung

**Farbkreis**  
*color circle*

*Farbkreis mit Farb- und  
Winkelangaben*



dekodieren die Programme die Farbbilder, indem sie den Code, der jedem Pixel zugewiesen ist, mit der entsprechenden Farbe im CLUT ersetzen.

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.

**Farbmanagement-System**  
*CMS, color management system*

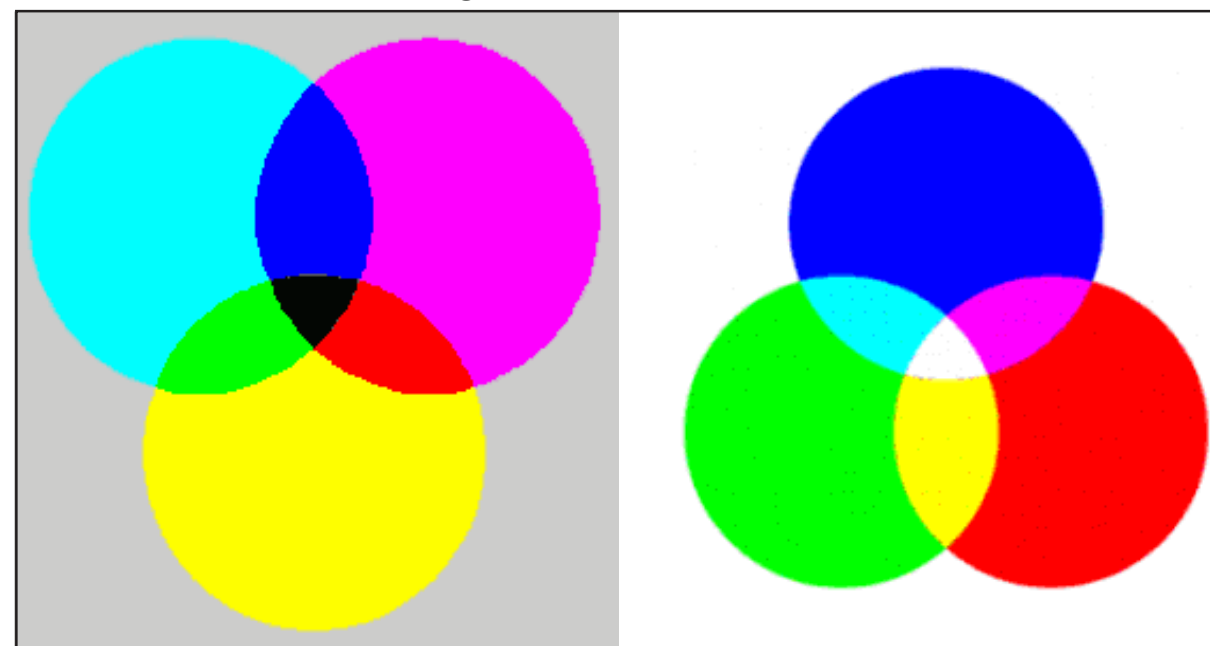
Farbmanagement-Systeme sind Computerprogramme, die die *Farbräume* bei der Farbeingabe, -darstellung und -ausgabe einander anpassen, damit über die gesamte Produktionskette hinweg eine grafische Darstellung erzeugt wird, die immer die gleichen *Farben* aufweist und damit Farbkonsistenz garantiert. Die Voraussetzungen für eine solche Anpassung von Eingabe- Verarbeitungs-, Darstellungs- und Ausgabegeräten setzt eine Farbkalibrierung der Geräte voraus. Für diese Aufgabe, die farbmtrische 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 Bildschirmtext 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.

**Farbmischung**  
*color mix*

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

*Prinzip der subtraktiven  
Farbmischung (links)  
Primär- und Sekundärfarben  
der additiven Farbmischung  
(rechts)*



ich um die Addition von emittierenden farbigen Lichtquellen. Bei dieser Farbmischung, die u.a. in Bildschirmen angewandt wird, werden mehrere additive *Primärfarben* zu einem neuen *Farbe* gemischt. In Bildschirmen werden die Primärfarben *Rot*, *Grün* und *Blau* genutzt, um daraus möglichst alle in der Natur 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.

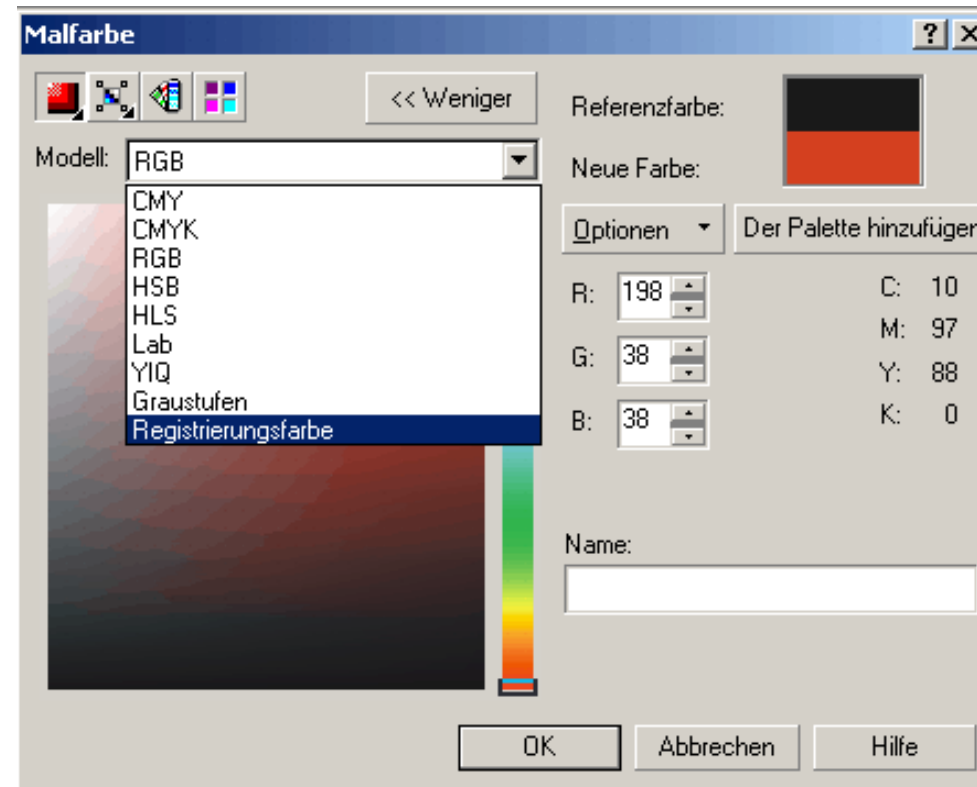
Bei der subtraktiven Farbmischung werden aus einem bestehenden Farbspektrum durch Absorption und Reflexion bestimmte Spektralbereiche ausgeklammert. Es handelt sich dabei um die Reflexion des *Lichtes* an Farbpunkten, so wie es von Printmedien her bekannt ist. Die gedruckte Farbe wird nur dadurch also solche sichtbar, weil sie mit Kunst- oder Tageslicht angestrahlt wird, die meisten Farben des Lichtes absorbiert und nur die Wellenlänge des Farbtones reflektiert. Die subtraktiven Primärfarben aus dem *CMY-Farbmodell* bilden die Sekundärfarben des *RGB-Farbmodells* und umgekehrt.

**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



*Farbmodelle in Corel Photo  
Paint. Umrechnung von RGB  
in CMYK*



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*. 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*.

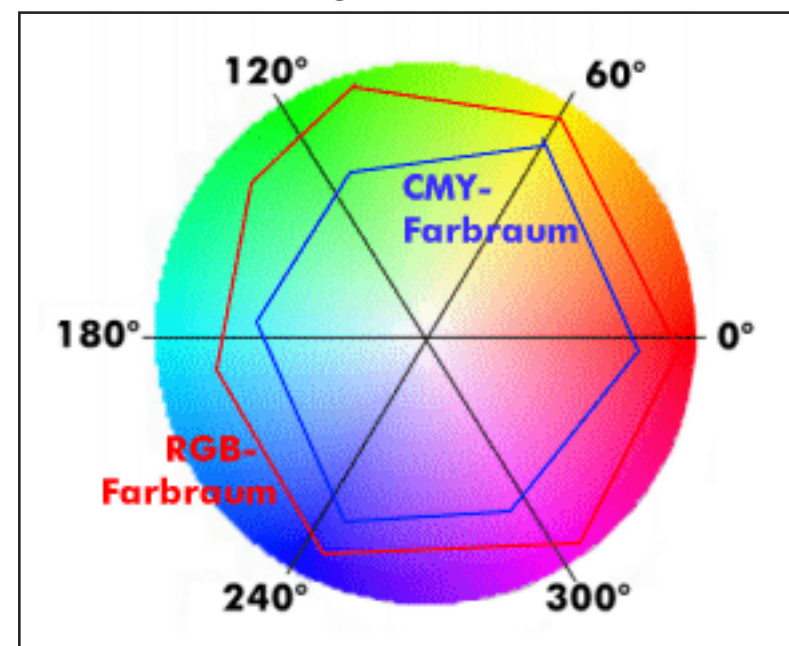
Farbpaletten werden aus der Zuordnung aus einem *Farb-Index* zu einem Farbwert gebildet und dem Benutzer im Grafikprogramm angeboten. Dadurch können Computersysteme mehr *Farben* unterstützen, als die eigentliche *Farbdarstellung* zulässt.

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

Da die lichtumwandelnden Sensoren und Farbfilter in den Eingabegeräten, so bei 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, Projektionslampen 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 *Farbkreis* eingeblendet.

Farbräume sind für die gleichen Farbmodelle unterschiedlich und hängen von den Wellenlängen der verwendeten Primärfarben



*RGB- und CMY-Farbraum  
im Farbkreis*

ab, die unterschiedlich sein können. Beim *RGB-Farbmodell* können Rot, Grün, Blau (RGB) unterschiedliche Wellenlängen haben. Es gibt also keinen eindeutigen RGB- oder *CMY-Farbraum*.

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-Bit-Grafik reduziert, der benötigte Speicherplatzbedarf ein Verhältnis von 256:1 hat. Weitere Farbreduktionen erhöhen das Verhältnis entsprechend.

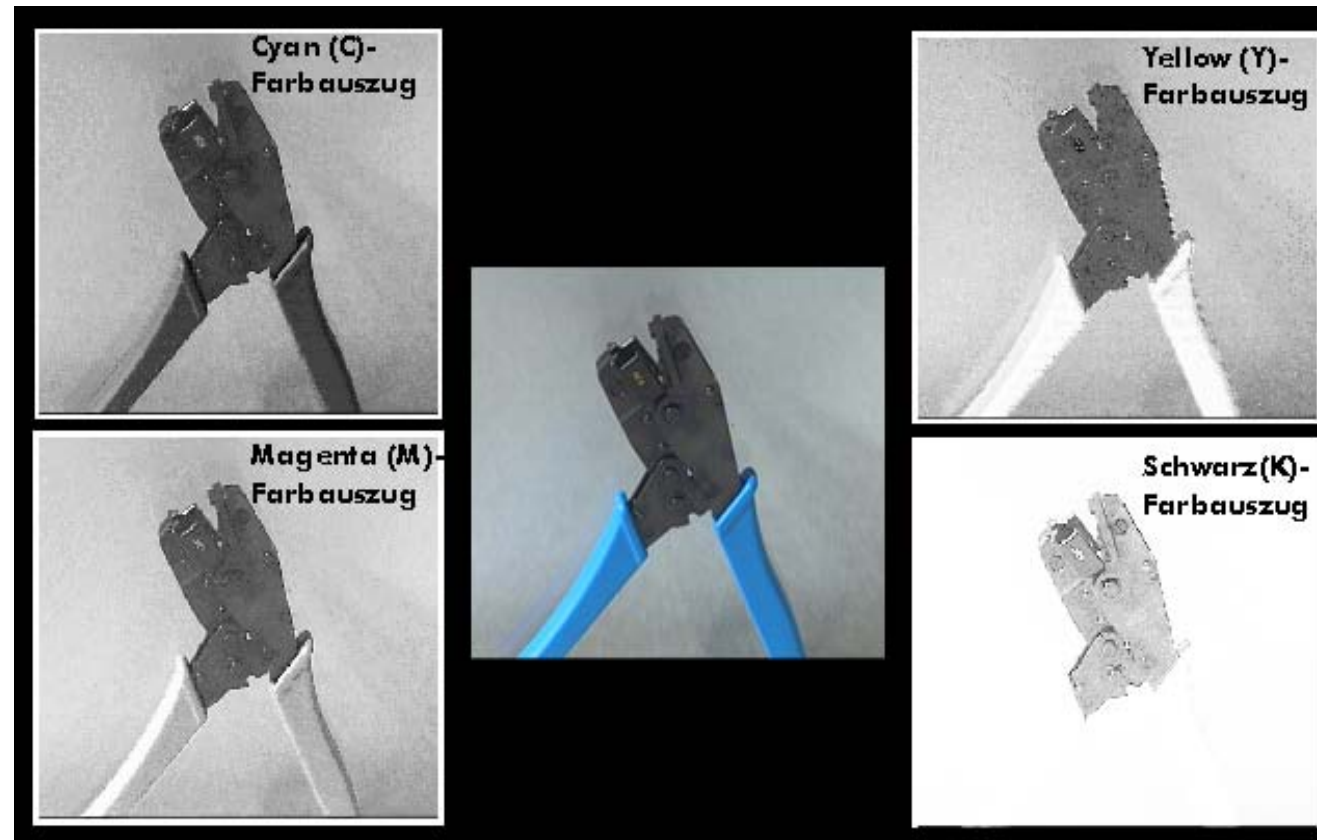
Da viele Ausgabegeräte ohnehin nicht so hohe Farbtiefen darstellen können, zum anderen die Unterscheidungsmöglichkeiten des menschlichen Auges ebenfalls begrenzt sind, können in aller Regel Qualitätseinbußen durch Farbreduktionen nicht wahrgenommen werden.

Eine Technik der Farbreduktion ist das *Dithering*, bei dem durch Farbrasterung verschiedene Farbtöne entstehen.

**Farbseparation**  
*color separation*

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,

*CMYK-Filmauszüge eines  
Farbbildes (Mitte)*



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.

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

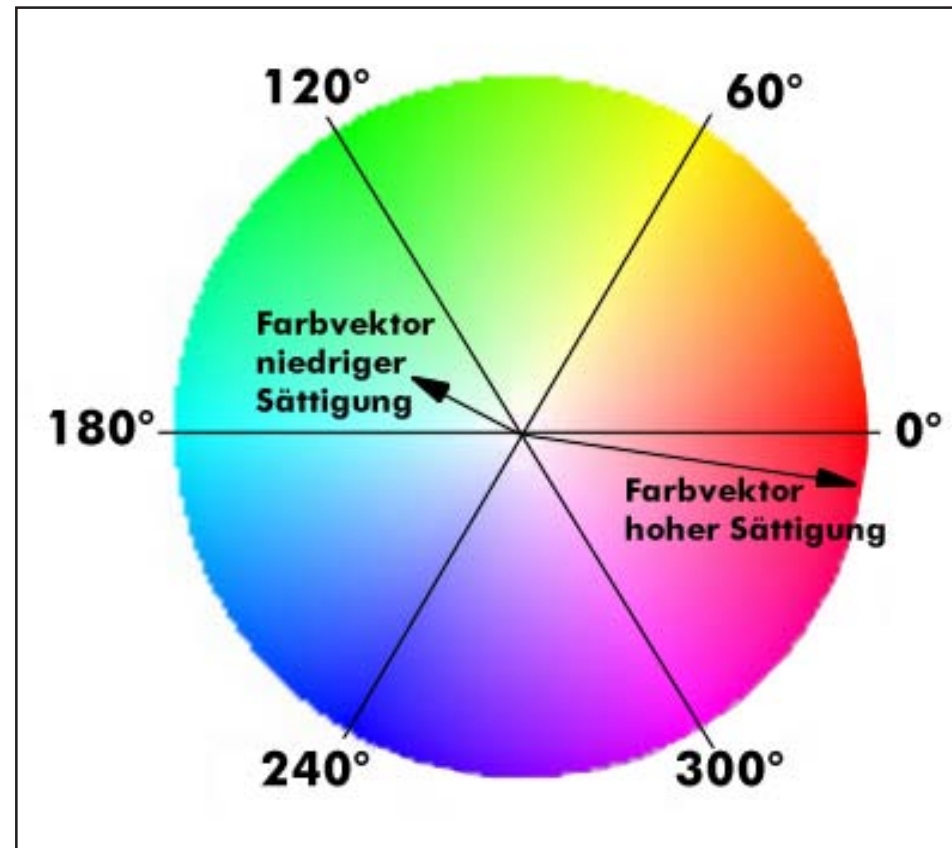
**Farbskala** Farbskalen sind Farbsysteme in denen *Farben, Farbtöne* und *Farbsättigungen* an Hand gedruckter *Farbpaletten* festgelegt sind. Diese Farbskalen finden ihren Ursprung in der Drucktechnik zum Zwecke der Qualitätsbestimmung. Darüber hinaus auch in der Farben- und Lacktechnik.

Es gibt mehrere nationale und internationale Farbskalen, die auch als Farbennennungen 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.



**LICHT  
UND FARBE**  
**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 Farbigeit einer Fläche zu deren *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

*Farbvektoren im Farbkreis*

Farbvektors von der Mittelachse aus angegeben.

Das menschliche Auge kann ca. 130 verschiedene Farbsättigungen unterscheiden.

**Farbtabelle**  
*LUT, look-up table*

Eine Farbtabelle ist eine tabellarische Auflistung von *Farben*. Je nach benutztem *Farbmodell* kann es sich um die frei *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.

**Farbtemperatur**  
*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 *Rot*, dem längerwelligen *Licht*, das bei Kelvin-Werten von 3.000 K liegt, bis hin zu *Blau*, einem kurzwelligen Licht, von 10.000 K. Theoretisch entspricht die Farbtemperatur der Wellenlänge, die ein idealer schwarzer Körper bei



Erhitzung auf die entsprechende Temperatur abgeben würde.

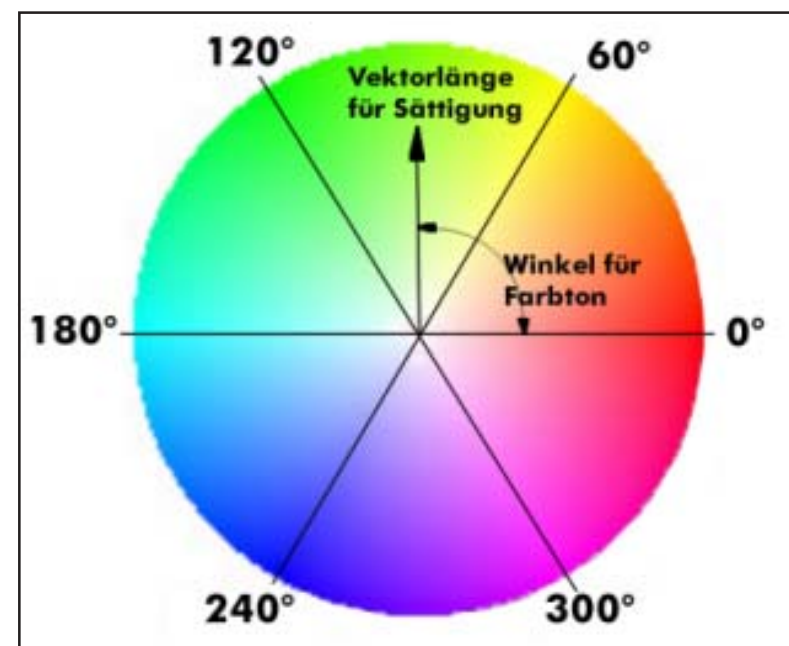
Der Weißlichtstandard, das ist das Normlicht für die Druckindustrie, hat 5.000 K. Die Farbtemperatur für neutrales Weiß liegt bei 6.504 K, die *CIE*-Bezeichnung dafür ist *Lichtart D65*. Dieser Wert ist für Projektionslampen ideal, da bei dieser Farbtemperatur die projizierten Farben am natürlichsten dargestellt werden. Für Bildschirme sind Farbtemperaturwerte von 9.300 K ideal.

Außerdem wird Weißlicht in der Beleuchtungstechnik spezifiziert. Dabei unterscheidet man zwischen Kalt-Weiß mit 5.600 K, Neutralweiß mit 4.200 K und dem Warmton mit 3.250 K.

## 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, wie beim VGA-Format, sind 16 Farben darstellbar, 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 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 oder 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 Munsell zwischen fünf Hauptfarbtönen, neben den genannten noch Purpur (M) und weiteren fünf Zwischenfarbtönen, nämlich

*Bestimmung des Farbtons  
über den Farbwinkel*

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 beim Rot liegt. Im Farbkreis wird der Farbton durch den Winkel definiert. Rot hat den Winkel  $0^\circ$ , Gelb  $60^\circ$ , Grün  $120^\circ$ , usw.

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

Das menschliche Auge kann ca. 130 verschiedene Farbtöne unterscheiden.

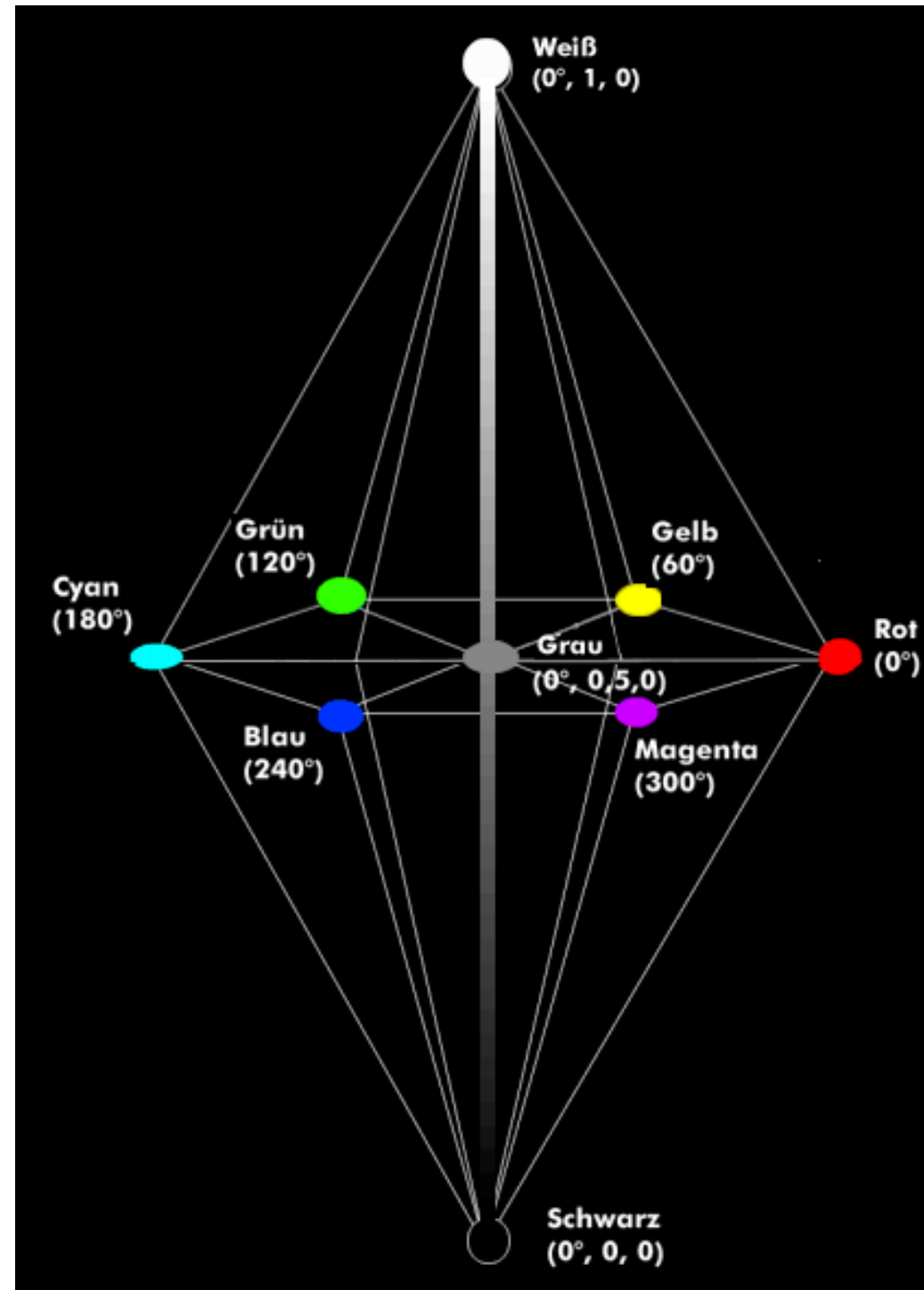
**Gelb** Yellow (Y) ist eine von drei *Primärfarben* der subtraktiven und eine *Sekundärfarbe* der additiven *Farbmischung*. Im *CIE-Farbraum* hat Gelb eine Wellenlänge zwischen 560 nm und 590 nm, das im Farbspektrum darüber liegende Orange eine solche von 590 bis 625 nm.  
Y, yellow

**Grün** 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.  
G, green  
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 erfüllt, sind aber immer im Zusammenhang mit den anderen beiden Primärfarben zu sehen.  
So kann Grün eine Wellenlänge von 526 nm haben, wenn die anderen beiden Primärfarben 444 nm und 645 nm haben. Grün könnte ebenso 546,1 nm haben, wenn *Rot* 700 nm und *Blau* 435,8 nm hat.

**Helligkeit** 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*.  
brightness

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.

### HKS-Farbskala



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.

Das *HSL-Farbmodell* entspricht im Wesentlichen dem *HSV-Farbmodell*, wobei anstelle der *Helligkeit* die *Lightness* tritt, die in dem Farbmodell die senkrechte

**HLS-Farbmodell**  
*HLS, hue lightness saturation*

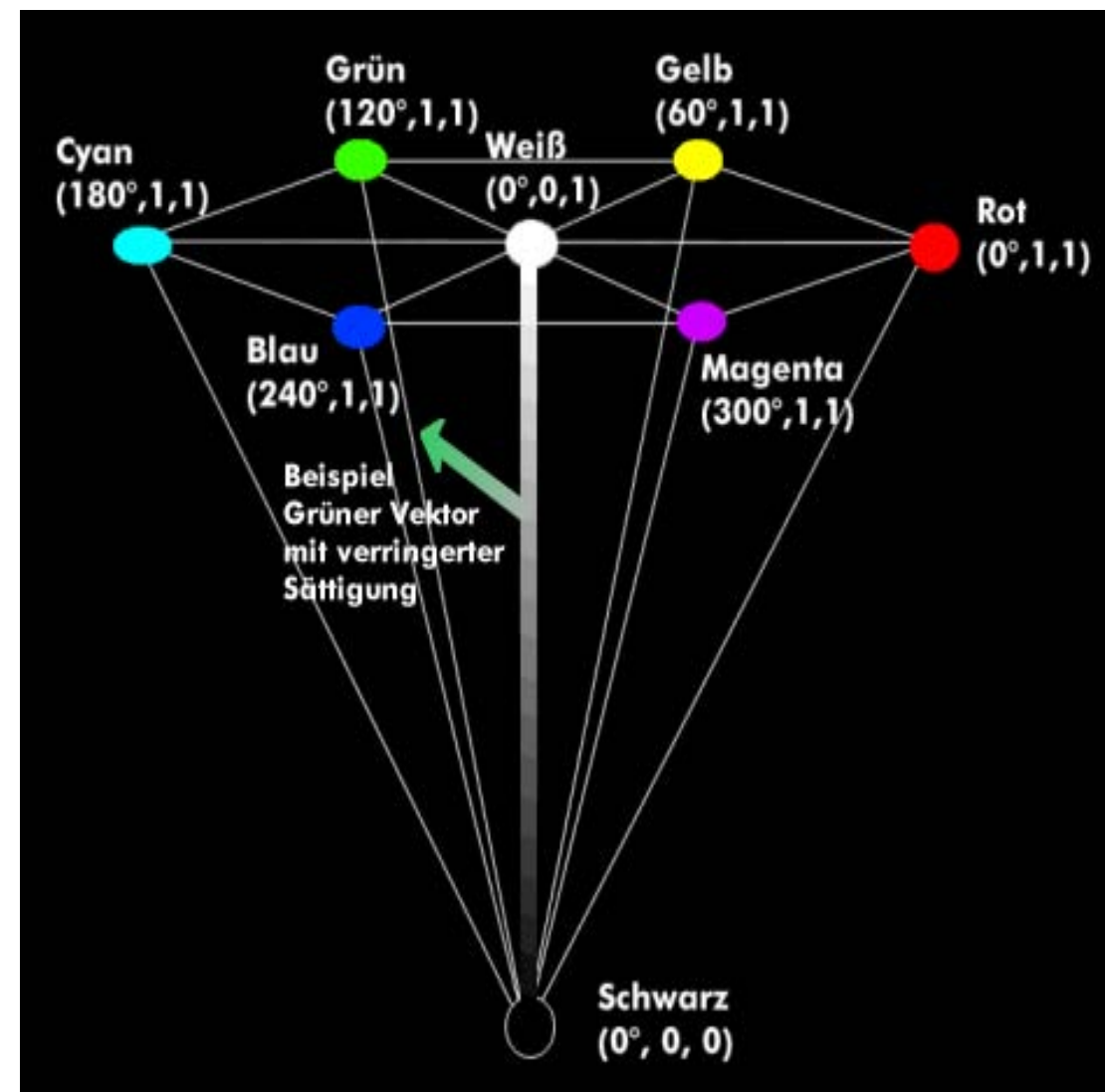
*HLS-Farbmodell*

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-Farbmodell *HSB, hue, saturation, brightness*

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

*HSB-Farbmodell*



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-Farbmodell** Das *HSI-Farbmodell* ist vergleichbar dem *HSV-Farbmodell* und orientiert sich an dem menschlichen Farbempfinden.  
*HIS, hue, saturation, intensity*

Wie beim HSV-Farbmodell bilden die Parameter *Farbe (Hue)*, *Sättigung (Saturation)* und *Intensität (Intensity)* in Höhe, den Winkel und die Vektorlänge in einem Kegelmodell.

**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.  
*HSV, hue, saturation, value*

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 Pastelton. 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** Das International *Color Consortium* (ICC), eine von mehreren Anbietern 1993 gegründete Organisation, soll die Standardisierung von offenen, herstellerneutralen *Farbmanagement-Systemen* vorantreiben. Diese Aktivitäten haben u.a. zur Entwicklung der ICC-Profile geführt.  
*international color consortium*  
<http://www.color.org/>



**Infrarot**  
*IR, infrared*

*Infrarotbereiche nach  
DIN 5031*

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

Infrarot 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 und bei drahtlosen lokalen Netzen. Der Infrarotbereich liegt nach DIN 5031 in dem Spektralbereich von 0,78 µm bis

1 mm, wobei das gesamte Infrarot-Spektrum in mehrere unterschiedliche Spektralbereiche eingeteilt ist.

Der Wellenlängenbereich zwischen 0,78 µm und 3,0 µm kennt das so genannte nahe Infrarot, Near Infrared (NIR), das bis 1,4 µm geht und für die nachrichtentechnische Übertragung in Lichtwellenleitern eingesetzt wird, und das so genannte kurzwellige Infrarot, Short Wave 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, dessen Wellenlängen zwischen 5,0 µm und 15 µm liegen und die längsten Wellenlängen hat das ferne Infrarot, Far Infrared (FIR) mit Wellenlängen zwischen 15 µm und 1 mm.

Die Frequenzen für Infrarot-Licht liegen zwischen 0,3 THz und 380 THz (Tera-Hertz). Für die nachrichtentechnische Übertragung über Lichtwellenleiter wird der Wellenlängenbereich von 650 nm bis 1.600 nm benutzt.

**Internationale  
Farbbezeichnung**  
*international color code*

Für Beleuchtungslampen gibt es internationale Farbbezeichnungen, mit denen eine eindeutige Einordnung von Leuchtstofflampen gewährleistet wird. Die internationale Farbbezeichnung macht insofern Sinn, als Lampen mit gleicher *Farbtemperatur*

Zweite und dritte Stelle der internationalen Farbbezeichnung

2. und 3. Stelle	Farbtemperatur	Lichtcharakter
27	2.700 K	Glühlampenlicht
30	3.000 K	Warmweiß
40	4.000 K	Neutralweiß
50	5.000 K	Normlicht für Druck
65	6.500 K	Tageslichtweiß

verschiedene Farbwirkungen hervorrufen können. Die internationale Farbbezeichnung ist ein dreistelliger Zifferncode, bei dem die erste Ziffer die farbliche Wirkung charakterisiert, die das *Licht* bei einer Reflexion von einem Gegenstand hervorruft. Der Farbwiedergabe-Index kennt Werte bis 10. Bei diesem Wert erscheinen alle *Farben* der Umgebung natürlich. Die natürlichste

Farbwirkung wird in der ersten Ziffer mit einer 9 angegeben. Die zweite und dritte Ziffer stehen für die Farbtemperatur in *Kelvin*, wobei jeweils nur die ersten beiden Stellen der Farbtemperatur übernommen werden. Neutrales Weiß mit einer Farbtemperatur von 6.500 K wird somit in der Farbbezeichnung zu 65. Bei natürlicher Farbwirkung ist die komplette Farbbezeichnung für eine solche Leuchtstofflampe 965.

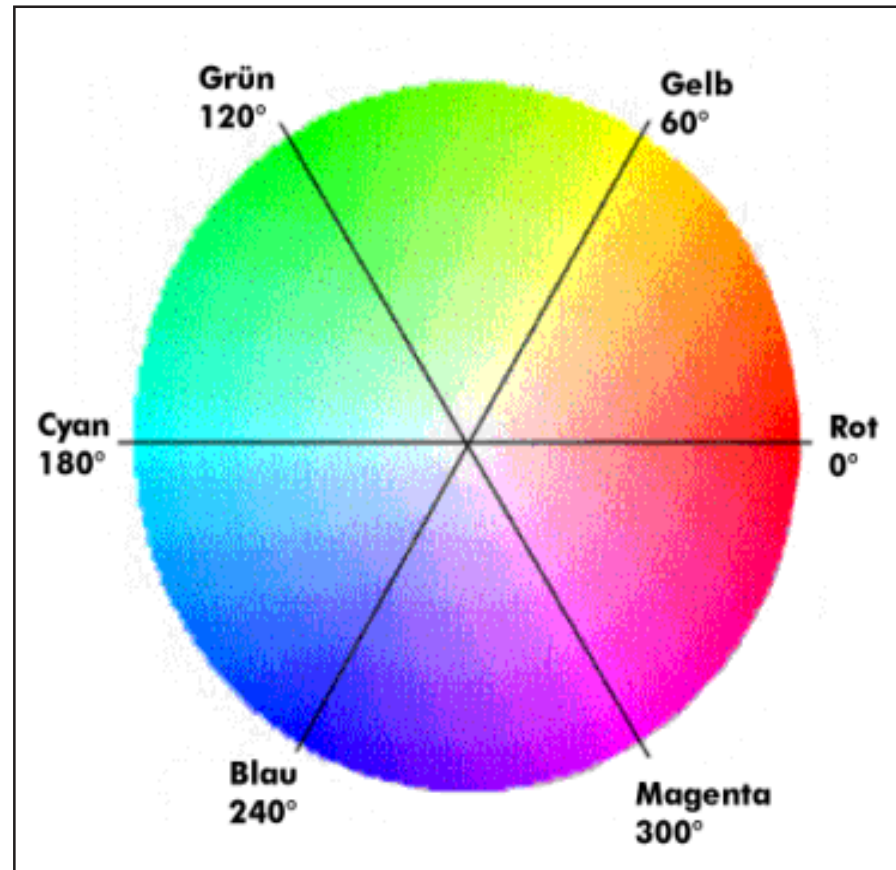
**IT8-Farbvorlage** Die IT8-Farbvorlage hat ihren Namen von dem gleichnamigen Komitee, das Standards für den Austausch von grafischen Programmen entwickelt. IT8 ist eine standardisierte Farbreferenzvorlage mit deren Hilfe Farbverarbeitungsgeräte wie Scanner, Monitore, Drucker usw. kalibriert und charakterisiert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

Die IT8-Farbkarte gibt es in gedruckter Form als Aufsichtvorlage, 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 (K) ist eine Maßeinheit für die Temperatur, die nach dem englischen Physiker William Thomson, Lord Kelvin (1824 - 1907) benannt ist. Die Kelvin-Skala beginnt beim absoluten Nullpunkt, bei der kein Teilchen mehr Bewegungsenergie besitzt und der bei  $-273,15\text{ °C}$  bzw. 0 Kelvin liegt. Die Temperaturdifferenz von 1 K entspricht der von  $1\text{ °C}$ . Damit ergibt sich bei  $0\text{ °C}$  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 Projektionslampen.

**Komplementärfarbe**  
*complementary color*



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. 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.

*Farbkreis mit Farb- und Winkelangaben*

**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 zweiachsiges 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*

Der Begriff Leuchtdichte wird bei Displaytechniken benutzt. Es handelt sich dabei um die *Lichtstärke* bezogen auf eine Flächeneinheit, angegeben in  $cd/qm$ . Es ist das sichtbare *Licht*, das von 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. 1 Nit entspricht  $1 cd/qm$ . 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.

## 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

*Der sichtbare Lichtbereich*



*Spektralbereich von  
sichtbarer und nicht-  
sichtbarer Strahlung*

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

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  $c$ .

1. In der Computergrafik vermittelt das Licht

den Farbeindruck. Dabei spielt das Wellenlängenspektrum der emittierenden Lichtquelle die entscheidende Rolle. Jede Lichtquelle hat ein eigenes Spektrum, das aus vielen einzelnen Wellenlängen, die unterschiedliche Farbtöne repräsentieren, und Sättigungsgraden bestehen kann. Die wahrgenommene *Farbe* wird durch die additive *Farbmischung* hervorgerufen; im Falle eines beleuchteten Körpers zusätzlich durch dessen Farbabsorptionen und -reflexionen.

2. Licht wird auch für die optische Übertragungstechnik über Glasfasern genutzt. Dafür stehen die Wellenlängen mit der geringsten Absorption zur Verfügung. Es handelt sich dabei um drei Wellenlängenbereiche bei 850 nm, 1.300 nm und 1.550 nm. Diese Wellenlängen liegen außerhalb des sichtbaren Bereiches und werden als optische Fenster bezeichnet.

3. Der Infrarotbereich erstreckt sich von 780 nm bis etwa 1  $\mu$ m.

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.

**Lichtart** 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'Eclairage* (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 Projektionslampen 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** 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) standardisierten Werte für die Erfassung von Helligkeitssignalen. Daneben gibt es das von DIN entwickelte System.

*light sensitivity*

Die ASA-Empfindlichkeitswerte für Filme, CCD-Elemente, CMOS-Sensoren und andere lichtempfindliche Sensoren haben eine lineare Skala, wobei der doppelte ASA-Wert einer Verdoppelung der Empfindlichkeit entspricht. Die DIN-Skala ist hingegen logarithmisch, wobei eine Verdreifachung des Empfindlichkeitswertes einer Verdoppelung der Empfindlichkeit entspricht.

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

S, Empfindlichkeit

Ein Ansteigen der DIN-Empfindlichkeit um 3, entspricht einer Verdoppelung der ASA-Empfindlichkeit.

- Lichtgeschwindigkeit** *c, speed of light* Die Lichtgeschwindigkeit ist eine primäre physikalische Konstante für die Ausbreitungsgeschwindigkeit von *Licht* und elektromagnetischen Wellen. Die Lichtgeschwindigkeit ( $c_0$ ) beträgt im Vakuum exakt 299.792,458 km/s. Bei Berechnungen wird mit 300.000 km/s gerechnet. In dichteren Medien wie Glas reduziert sich diese Geschwindigkeit auf die Signalausbreitungsgeschwindigkeit  $c$ . Diese errechnet sich aus dem so genannten Verkürzungsfaktor (NVP), der mit der Lichtgeschwindigkeit multipliziert wird.
- Lichtstrom** *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  $4\pi$  aus, das entspricht 12,57 Lumen ( $lm$ ). Der Lichtstrom einer Glühbirne liegt zwischen 10  $lm/W$  und 20  $lm/W$ , Glühparlampen 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 ( $lms$ ).
- Lichtstärke** *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  $1.770\text{ }^\circ C$  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, angegeben in Steradian.
- Lumen,  $lm$**  *Lumen* ist die Maßeinheit für den Lichtstrom, der auf eine bestimmte Projektionsfläche auftrifft. Dabei wird die Lichtleistung gemessen, die sich auf eine Flächeneinheit

bezieht und in *Lux* angegeben wird.

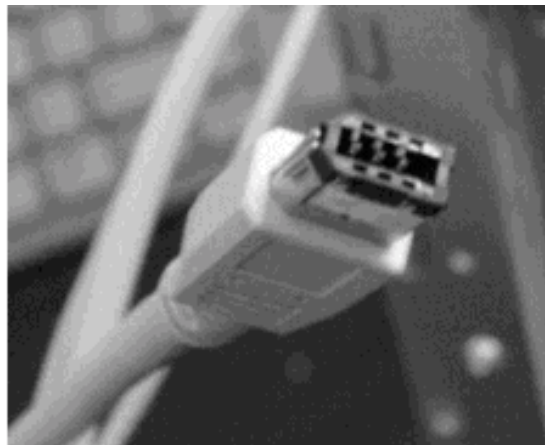
Der Zusatz ANSI bezieht sich auf des amerikanische Standardisierungsinstitut und ein von ihm standardisiertes Messverfahren. Bei der Messung in ANSI-Lumen wird die Projektionsfläche in 9 gleich große Felder unterteilt und in der Mitte von jedem Feld wird die *Lichtstärke* gemessen. Die einzelnen Werte und der Mittelwert aus den 9 Einzelwerten charakterisieren die Eigenschaften der Projektoren und bieten eine Vergleichbarkeit der Projektionstechniken untereinander.

Das ANSI-Lumen ist somit ein Maß für die Lichtstärke der Projektoren und steht in direktem Zusammenhang mit der Referenzhelligkeitsbildbreite (RHB) und der Raumhelligkeit.

**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.

Magenta ist eine Grundfarbe im *CMY-* und *CMYK-Farbmodell*.

**Monochrom** 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.



*Monochromatische  
Darstellung*

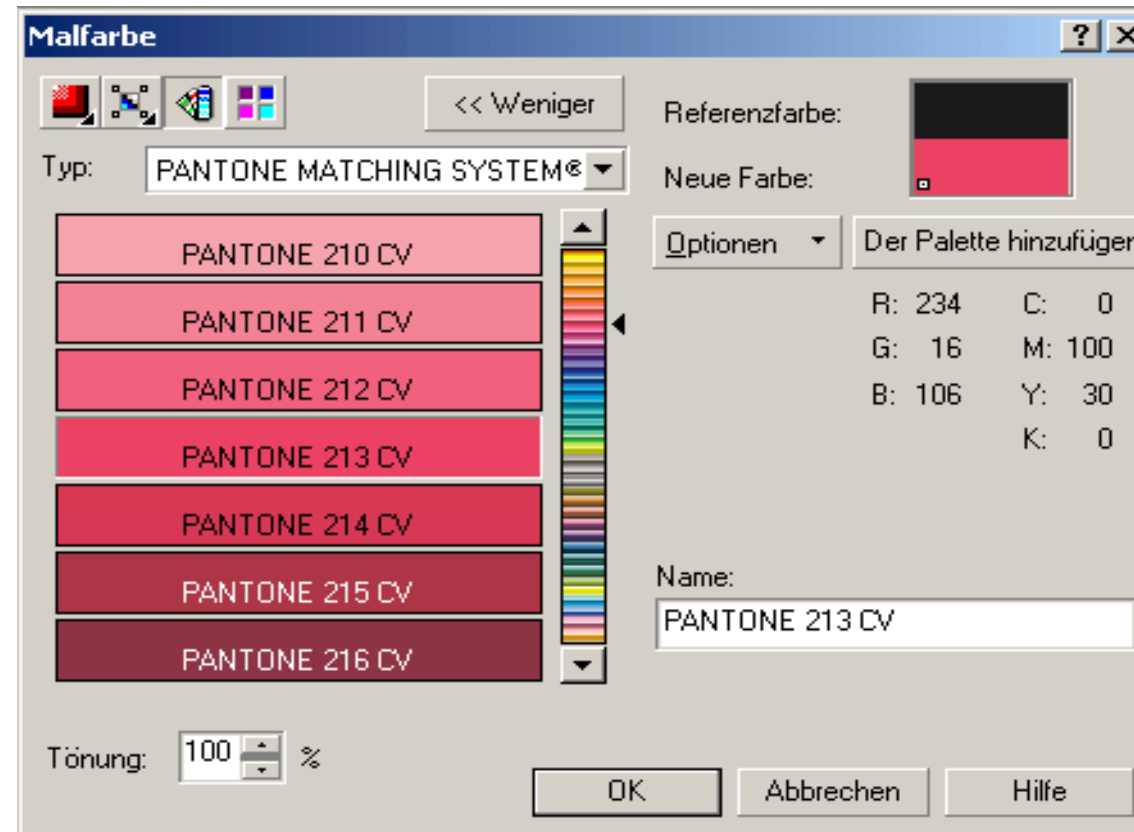
Diese Darstellungsform hatte zu Beginn des Computerzeitalters ihre Renaissance als die Bildschirmdarstellung noch über MDA- und MGA-Adapter erfolgte.

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** Der Name Pantone, der für eine internationale *Farbskala* steht die in vielen Grafikprogrammen implementiert ist, kommt von der gleichnamigen Firma Pantone

*Pantone-Farbskala in  
Corel Photo-Paint*



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 *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*-System eine subtraktive Primärfarbe ist.



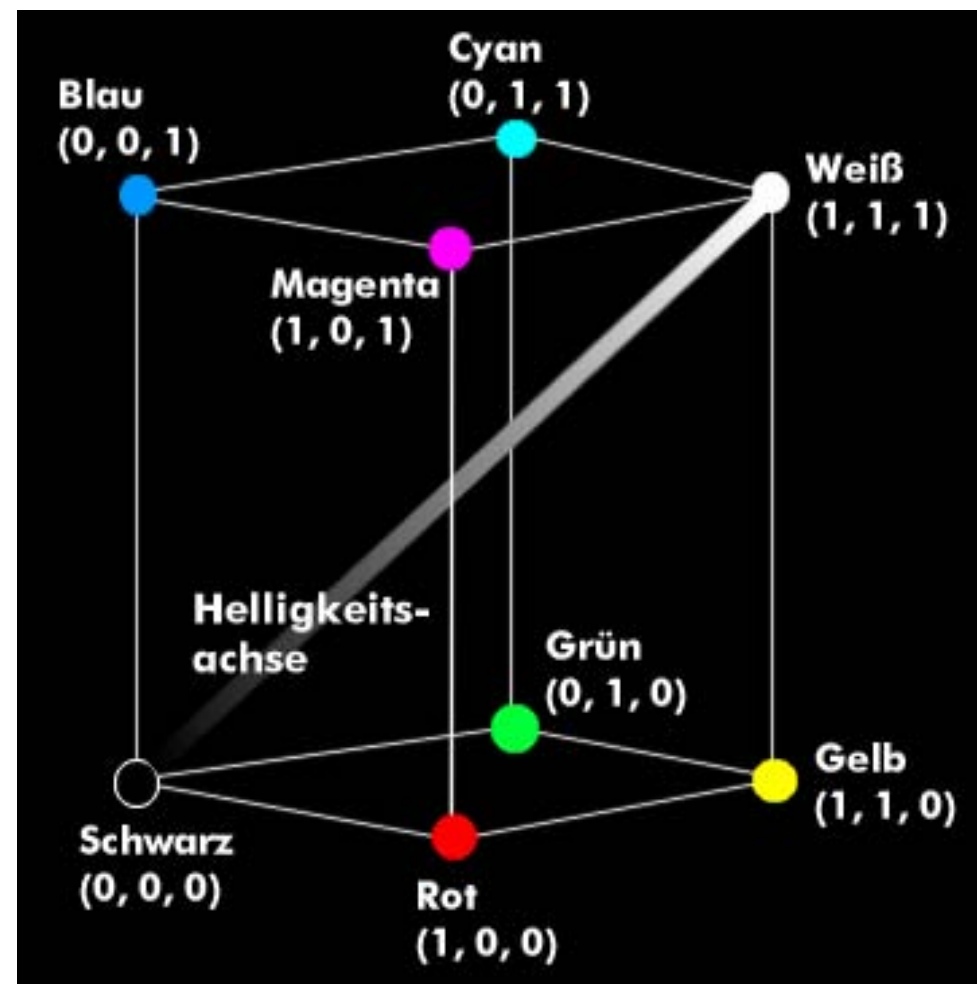
## LICHT UND FARBE

**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 darstellbar sein. Es gibt mehrere Wellenlängen für Rot, Grün und Blau, 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.

**RGB-Farbmodell**  
*RGB, red, green, blue*



*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. 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* 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 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. Rot könnte ebenso 700 nm haben, wenn *Grün* 546,1 nm und *Blau* 435,8 nm hat.

**Sekundärfarbe** *secondary color* 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

# LICHT UND FARBE

Wellenlängen der Primär- und Sekundärfarben

Farbe	Wellenl.
Rot	615 nm
Grün	508 nm
Blau	484 nm
<b>Tertiärfarbe</b>	
Cyan	565 nm
Magenta	475 nm
Yellow	578 nm

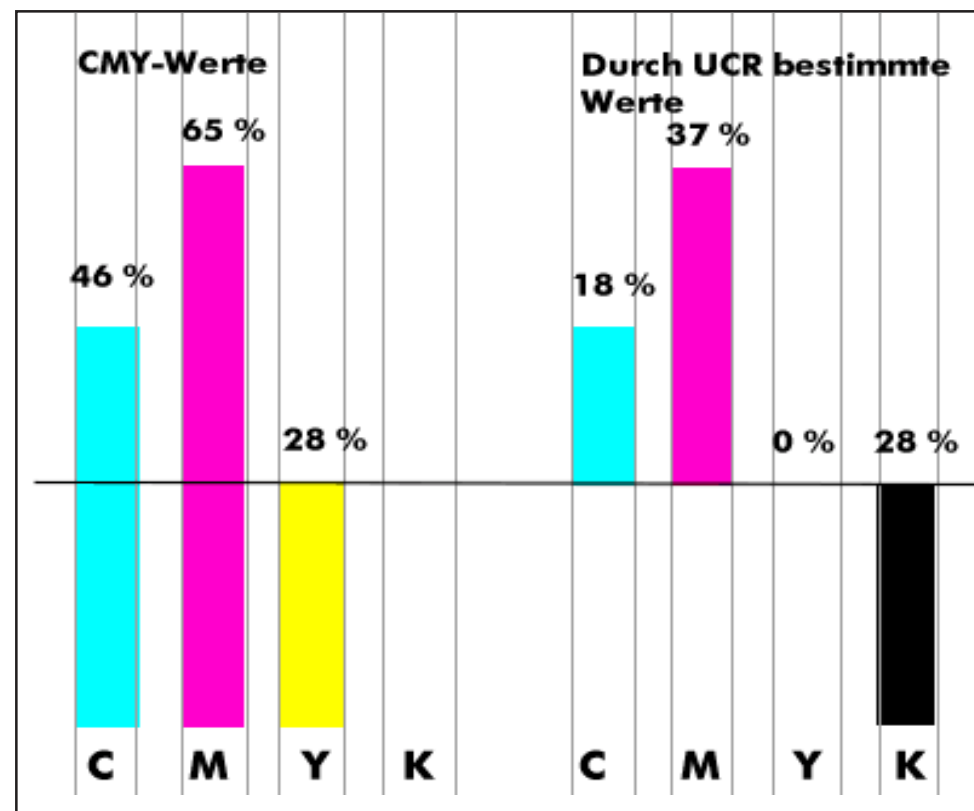
100 % miteinander erhält man eine Sekundärfarbe, wobei in beiden genannten Farbmodellen die Sekundärfarbe des einen *Farbmodells* der Primärfarbe des anderen Farbmodells entspricht.

Eine Tertiärfarbe entsteht aus der Mischung von einer *Primärfarbe* mit einer *Sekundärfarbe* oder durch Mischung von zwei Sekundärfarben.

**Tiefe** 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.

**UCR-Verfahren**  
*UCR, under color removal*

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. Das UCR-Verfahren 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

Umrechnung von CMY in CMYK mit dem UCR-Verfahren

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-Verfahrens 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 Farbabweichungen, bekannt als Farbstiche, gedruckt werden.

**Ultraviolett**  
*UV, ultraviolett*

Ultraviolett gehört wie *infrarot* zu den für das menschliche Auge nicht sichtbaren *Licht*-Wellenlängen. Ultraviolett liegt bei Wellenlängen zwischen etwa 100 nm und 400 nm, das entspricht einem Frequenzbereich zwischen 30 PHz (Peta-Hertz) und 750 THz (Tera-Hertz). Es wird in drei Bereiche eingeteilt, die mit UV-A, UV-B und UV-C bezeichnet werden und denen verschiedene Wellenlängenbereiche 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

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

*Übersicht über die UV-Bereiche*



100 nm und 280 nm, ist das kurzwelligste und schädlichste UV-Licht und wird in der Erdatmosphäre absorbiert.

**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 soll in der einheitlichen Farbwiedergabe auf Druckern und Displays liegen. 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** 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**

$$Y = 0,299R + 0,587G + 0,114B$$

mit  $U = R - Y$  ergibt sich:

$$U = 0,701R - 0,587G - 0,114B$$

mit  $V = B - Y$  ergibt sich:

$$V = 0,299R - 0,587G + 0,886B$$

Das *YUV-Farbmodell* ist ein im PAL-Fernsehstandard und in der Bildkompression verwendetes Farbmodell, bei dem die zwei Farbdifferenzsignale "U" und "V" mit niedriger Auflösung und das Luminanzsignal mit hoher Bandbreite zu einem Farbbild gemischt werden. Dieses Verfahren wurde mit der Einführung von PAL entwickelt und wird in PAL-Video und PAL-Fernsehen verwendet. Hintergrund ist die Abwärtskompatibilität

*Zusammenhang zwischen YUV und Rot, Grün und Blau*

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 unterschiedlichen und 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.