

Farbmodelle von Computern, Bildschirmen und Druckern

Trotz der Rechenkraft heutiger Computer, basiert ihre vermeintliche Intelligenz auf Nullen und Einsen. Letzten Endes wird jedes Problem, welches gelöst werden muss, auf diese Basis zurückgeführt. Gleiches gilt auch für die Farben, die wir auf unserem Bildschirm, Handydisplay oder Fernseher sehen.

Für diese Problematik bedient man sich an Farbmodellen. Dabei haben sich besonders RGB, YUV und CMYK durchgesetzt.

Farbentheorie – Additive Farbmischung

Strahlt man mit zwei Taschenlampen auf eine Fläche, so ist diese heller erleuchtet im Vergleich zu nur einer Taschenlampe. Dies ist auch noch der Fall, wenn man vor einer der Taschenlampen einen Farbfilter einsetzt. Dieses Phänomen ist einfach zu erklären:

Licht wird auf bestimmten Wellenlängen übertragen. Treffen zwei oder mehrere Lichtquellen aufeinander, so addiert sich deren Luminanz¹. Wir empfinden dies als „heller“. Der Maximalwert ist pures weiß.

Das Mischen von Licht geschieht somit unter einem additiven Prinzip. Die Farbe des Lichtes hängt dabei von der genauen Wellenlänge ab.

Farbentheorie – Subtraktive Farbmischung

Im Kontrast zum Mischen von Licht steht das Mischen von Stoffen. Trifft ein Lichtstrahl auf einen Körper, so wird ein bestimmter Teil reflektiert, der andere wird absorbiert. Durch das reflektierte Licht sehen wir einen Gegenstand. Die Luminanz des reflektierten Lichtstrahls ist im Vergleich zum auftreffenden geringer.

Dieses Prinzip gilt auch für Farben: beispielhaft „schluckt“ ein roter Gegenstand die Farben gelb und blau, dagegen reflektiert er rot besser.

Dieses Verhalten nennt man subtraktive Farbmischung.

¹ Lichtintensität

Einführung in den RGB – Rot Grün Blau – Farbmodell

Da das RGB Farbmodell aus drei Vektoren besteht und sich somit in dreidimensionaler Form darstellen lässt, spricht man in der Regel von einem Farbraum. Es handelt sich um einen additiven² Farbraum mit den Primärfarben rot, grün und blau. Nicht zu verwechseln sind die Primärfarben mit denen des Farbkreismodells rot, gelb und blau. Das Mischen von Farben auf dem Papier erfolgt subtraktiv.

Geläufig sind folgende Farbtiefen pro Vektor:

Farbtiefe pro Kanal	8 Bit	16 Bit	32 Bit
Farben pro Kanal	256	65536	4.294.967.296
Farbtiefe gesamt	24 Bit	48 Bit	96 Bit
Farben gesamt	16.777.216	281.474.976.710.656	$2^{96} \approx 7,9228 \cdot 10^{28}$

Um Mischfarben zu erhalten, werden die Werte der Kanäle entsprechend gewählt, so setzt sich zum Beispiel lila aus [147, 112, 219] bei 24 Bit³ zusammen. Da sich eine Farbe additiv aus den Primärfarben ergibt und die Luminanz bei höheren Summanden somit steigt, entsteht weiß bei den Maximalwerten und schwarz bei [0, 0, 0].

Farben, die der RGB-Farbraum, nicht abdeckt, können auch nicht mit einem höheren Bit-Wert dargestellt werden. Er dient lediglich zum Erzielen feinerer Abstufungen zwischen den Farben.

Eine wichtige Erweiterung des Farbmodells in der Bildbearbeitung ist RGBA. Zu den bekannten drei Kanälen kommt ein vierter Alphakanal hinzu. Er beschreibt die Deckkraft eines einzelnen Bildpunktes.

Angewendet wird der RGB-Farbraum bei selbstleuchtenden Systemen, die das Prinzip der additiven Farbmischung nutzen. So entstand zum Beispiel sRGB⁴ 1996 in Kooperation von Hewlett-Packard und der Microsoft Corporation. Monitore, die diesem Standard unterliegen, haben pro Pixel drei Phosphore, die Licht in den Wellenlängen der Primärfarben aussenden. Über eine bestimmte Distanz vermischen sich die Wellenlängen, woraus sich eine bestimmte Farbe ergibt.

Obwohl ein Mensch nur ungefähr 500.000 Farbnuancen unterscheiden kann, gibt es auch einige Geräte, die 16 Bit pro Kanal darstellen können. Das ist besonders im Bereich der Medizin und Bildbearbeitung sinnvoll, da so geringere Unterschiede wahrgenommen werden können. Zum Beispiel erkennt man bei einem Bild mit 50 Pixeln in der Breite und einem horizontalen Farbverlauf von [200, 150, 200] links nach [200, 150, 210] rechts bei 8 Bit deutlich die Farbkanten alle 5 Pixel. Verwendet man nun den 16 Bit Farbmodus, so verlaufen die gleichen Farben mit den Werten von [51200, 38400, 51200] nach [51200, 38400, 53760]. Hier beträgt der Farbunterschied im Blaukanal 2560 statt 10, wodurch die Abstufungen nicht mehr sichtbar sind.

Weitere RGB-Farbräume sind z. B. NTSC-RGB, Farbraum von PAL und SECAM, Adobe-RGB und der angesprochene sRGB-Farbraum.

² Additives Mischen der Primärfarben

³ Auch „True Color“ genannt

⁴ „Standard-RGB“

Einführung in das YUV – Farbmodell

Das YUV-Farbmodell entstand aus der Not heraus, analoges Farbfernsehen mit PAL⁵ zu ermöglichen und weiterhin kompatibel zu älteren Schwarz-Weiß Geräten zu bleiben. Möglich wurde dies, indem man zur Luminanz Y die Chrominanz⁶ mit dem Unterkomponenten U⁷ und V⁸ hinzunahm. Grün muss als Signal nicht übertragen werden, da es sich über U, V und der Luminanz berechnen lässt. Das Modell setzt die Werte aus dem RGB-Farbmodell voraus.

Die RGB-Werte werden zuerst mit dem Gamma-Wert (γ) des Ausgabegerätes verrechnet. Das menschliche Auge nimmt eine bestimmte Farbe nicht gleich intensiv wie eine andere wahr. Daher müssen rot, grün und blau verschieden gewichtet werden, damit die Luminanz natürlich bzw. nicht verfälscht wirkt. Die Funktionen sind wie folgt definiert:

$$\text{Gammafunktion: } I_{\text{out}} = I_{\text{in}}^{\gamma}$$

$$\text{Luminanz: } Y = 0,299 * R_{\text{out}} + 0,587 * G_{\text{out}} + 0,114 * B_{\text{out}}$$

$$1. \text{ Chrominanzsignal: } U = (B_{\text{in}} - Y) * 0,493$$

$$2. \text{ Chrominanzsignal: } V = (R_{\text{in}} - Y) * 0,877$$

Die konstanten Faktoren sind per Definition festgelegt.

Der Nutzen von YUV besteht zur Abwärtskompatibilität von Schwarz und Weiß (wobei nur Y dargestellt wird). Außerdem lässt sich das Chrominanzsignal gut komprimieren, da hier eine weitere Schwäche des Auges ausgenutzt wird: wir nehmen Helligkeitsunterschiede stärker als Farbunterschiede wahr.

Um das Signal wieder visuell darstellen zu können, müssen die RGB-Werte errechnet werden:

$$\text{Blau: } B = Y + U / 0,493$$

$$\text{Rot: } R = Y + V / 0,877$$

$$\text{Grün: } G = 1,7 * Y - 0,509 * R - 0,194 * B$$

Angewendet wird dieses Farbmodell heute noch im PAL Signal. Als Komponentenanschluss bei Fernsehergeräten oder Bildschirmen ist es so gut wie gar nicht mehr auffindbar. Da wurde es durch die moderneren Signale Y-Pb-Pr (analog) und Y-Cb-Cr (digital) verdrängt.

⁵ Verfahren zur Farbübertragung bei analogem Fernsehen („Phase Alternating Line“)

⁶ „Farbigkeit“

⁷ Differenz vom blau-Wert und der Luminanz

⁸ Differenz vom rot-Wert und der Luminanz

Einführung in das CMYK – Cyan Magenta Yellow Key – Farbmodell

Das RGB-Farbmodell setzt eine additive Farbmischung voraus. Bei Farben auf dem Papier ist dies nicht möglich, da hier Farben stets subtraktiv gemischt werden.

Um etwas drucken zu können, brauchte man einen neuen Farbraum. Es wurde das CMYK-Farbmodell entwickelt. Dabei redet man von den Farben Cyan, Magenta und Yellow. Theoretisch würden diese drei Primärfarben ausreichen, doch lässt sich mit ihnen kein richtiges schwarz darstellen, es neigt eher ein braun zu sein. Daher gibt es noch den Key-Wert, bei dem es sich um echtes schwarz (blac**K**) handelt. Es wurde die Abkürzung K gewählt, damit keine Verwechslung zu blue bzw. blau entsteht.

Umgekehrt proportional zu der RGB Festlegung ergibt sich weiß aus $[0, 0, 0, 0]$ und schwarz aus $[0, 0, 0, 1]$ im Intervall von 0 bis 1. Im Vergleich zum RGB-Farbraum beinhaltet das CMYK-Farbmodell weniger Farben. Das führt besonders in der Praxis zu Problemen. Als Beispiel sei hier der Drucker erwähnt: ein Bild kann auf dem Bildschirm, der die RGB Werte anzeigt, sehr farbenprächtig wirken, dennoch wirkt der Ausdruck an manchen Stellen gräulich.

Eine Umrechnungsformel von RGB zu CMYK und umgekehrt gibt es nicht. Für dieses Problem bedient man sich an Skalen, z. B. der ISO-Skala (die fälschlicherweise auch oft Euroskala genannt wird) und Normierungen. In der praktischen Anwendung werden dazu ICC-Profile genutzt.

Einige Druckerhersteller beschränken ihre Geräte nicht nur auf 4 Patronen, sondern nutzen z. B. noch rot, grün und blau. Damit können einige Farbabstufungen besser dargestellt werden, trotzdem handelt es sich immer noch um den gleichen Farbraum.

Resümee

Die drei wichtigsten Farbmodelle zeigen einige praktische Probleme, die mit nur einem einzigen nicht zu bewältigen sind. Jedes hat seinen speziellen Nutzen bei Darstellung auf dem Bildschirm, der Übertragung von Signalen oder beim Drucken. Auch wenn ein Bild für uns auf Papier und Bildschirm gleich aussieht, so ist die Entstehung und das Konzept, welches dahinter steht, ein ganz anderes und schwer vergleichbar.

Internetquellen:

Zuletzt geprüft am Donnerstag, den 27. Januar 2011, 11 Uhr

<http://www.metacolor.de/additiv.htm>

<http://www.metacolor.de/subtraktiv.htm>

<http://de.wikipedia.org/wiki/RGB-Farbraum>

<http://de.wikipedia.org/wiki/RGB-Signal>

<http://www.e-teaching.org/glossar/rgb>

<http://www.schulphysik.de/rgb.html>

<http://www.uni-magdeburg.de/counter/rgb.txt.shtml>

<http://home.vrweb.de/~rainerp/Theorie/Farbe/RGB-Farbraum.html>

<http://de.wikipedia.org/wiki/YUV-Farbmodell>

http://de.wikipedia.org/wiki/Component_Video

<http://www.comptech-info.de/component/content/article/47-technik-infos/275-yuv-was-ist-das>

<http://www.uni-protokolle.de/Lexikon/YUV-Farbmodell.html>

<http://www.fourcc.org/fccyvrgb.php>

<http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms893078>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Gammakorrektur>

http://de.wikipedia.org/wiki/Phase_Alternating_Line

<http://de.wikipedia.org/wiki/CMYK-Farbmodell>

<http://www.e-teaching.org/glossar/cmyk>

<http://www.webmasterpro.de/design/article/das-cmyk-farbmodell.html>

http://www.hilfdirselbst.ch/foren/%5BS%5D_Formel_f%FCr_CMYK_-%3E_RGB_-%3E_Hexadezimal_%28wie_beim_PS-Farbw%E4hler%29_P292622.html