

Der YUV-Farbraum

a) Beschreibung

Normalerweise wird zur Bilddarstellung bei einem Computer das RGB-Format verwendet. Bei diesem Format werden die roten, grünen und blauen Farbanteile zu einer Mischfarbe kombiniert. Dadurch sind sämtliche Farben, die das menschliche Auge unterscheiden kann, darstellbar.

Die Dreifarbenlehre besagt aber auch, dass nicht nur diese drei Farben zur Farbdarstellung herangezogen werden können, sondern auch andere geeignete Farben. So verwendet zum Beispiel die Druckindustrie das Cyan-Yellow-Magenta (CYM) Modell. Es gibt aber auch Farbmodelle, die eine Farbe nicht durch die Grundfarben, sondern durch andere Eigenschaften ausdrücken. So beispielsweise der **YUV-Farbraum**, der zu den **Helligkeit-Farbigkeit-Modellen** gehört.

Dieses Modell stützt sich auf die Tatsache ab, dass das menschliche Auge verschiedene Auflösungsvermögen besitzt, was Helligkeits- und Farbnuancen betrifft. Auf der Retina befinden sich ca. 120 Millionen Stäbchen, die auf Helligkeit ansprechen, und 6 Millionen Zapfen, die auf die unterschiedlichen Farben ansprechen. Deshalb ist es möglich, diese Informationen verschieden zu gewichten. Dieser Schritt wird als **chrominance subsampling** bezeichnet.

Dabei wird ein RGB-Farbwert in eine Grundhelligkeit Y (**Luminanz**) und zwei Komponenten U und V (**Chrominanzkomponenten**) aufgeteilt, wobei U ein Mass für die Abweichung von der „Mittelfarbe“ Grau in Richtung Blau darstellt. V ist die entsprechende Masszahl für die Differenz zu Rot. Daher steckt die meiste Information in der Grundhelligkeit, und man braucht nur noch Abweichungen nach Rot und Blau darzustellen:



Original-Bild mit allen Farbanteilen

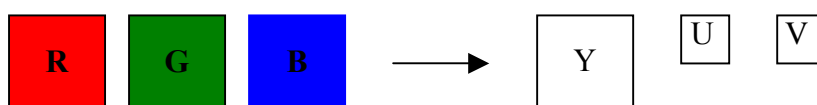


RGB: Die Rot-, Grün-, und Blau-Anteile des Originalbildes



YUV: Der Y-Anteil enthält die meisten sichtbaren Informationen

Die Gewichtung kann entweder 4:2:2 erfolgen (also 100% Y-Auflösung und je 50% Farbauflösung) oder 4:1:1. Man bekommt also drei Bilder verschiedener Grösse (bezüglich Speicherplatz) : der Y-Layer hat volle Grösse und die U- und V-Layer sind jeweils halb oder ein Viertel so gross wie der Y-Layer:



Hinzu kommt, dass in einem Bild Regionen mit gleicher Helligkeit häufiger vorkommen, als Regionen mit gleichen RGB werten. Somit wird hier noch zusätzlich eine stärkere Kompression der Y-Komponente begünstigt.

Um nun Farbwerte in RGB-Darstellung in den YUV-Farbraum umzurechnen, benötigt man folgende Formel:

$$\begin{aligned} Y &= 0,299 R + 0,587 G + 0,114 B \\ U &= 0,493 * (B - Y) \\ V &= 0,877 * (R - Y) \end{aligned}$$

Man sieht, dass die Farben nicht zu gleichen Teilen in die Formel eingehen, was daran liegt, dass das Auge des Menschen zum Beispiel für Grün sehr empfindlich ist. Aus diesem Grund ist der Faktor der Grünkomponente bei der Berechnung von Y auch am höchsten.

b) JPEG Kodierung

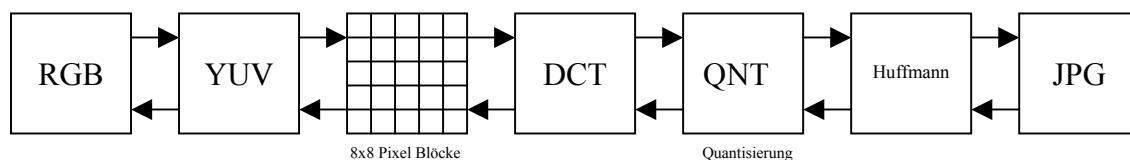
Der internationale Standard der **Joint Picture Group** (JPEG) ist ein Standard zur Kodierung von photographischen Standbildern.

Um ein Bild in dieses Format konvertieren zu können, muss als erstes das Originalbild, das normalerweise in RGB vorliegt, in den **YUV-Farbraum** umgewandelt werden, dies geschieht wie oben beschrieben. Als nächstes folgt nun die **Discrete Cosinus Transformation**, das sogenannte **DCT-Verfahren**, welches die Überführung der Bilddaten in den Frequenzraum einleitet. Diese Informationen werden im Frequenzbereich der Helligkeitswerte (Luminanzwerte) gesucht. Das Bild wird in **8*8 Pixel grosse Blöcke** unterteilt. Es können hierbei Bilddetails entsprechend ihrer Ausdehnung und Detailhaltigkeit in entsprechend niedrig- oder höherwertigen Pixelwechselfrequenzen ausgedrückt werden. Das menschliche Auge kann niedrige Frequenzbereiche besser unterscheiden, als es bei den hohen Frequenzbereichen der Fall ist. Die DCT filtert nun die **hohen Ortsfrequenzen** heraus und kodiert diese schlechter beziehungsweise gar nicht. Die nun übermittelten Daten werden mit Hilfe der **DCT-Koeffizienten** ausgedrückt.

Als nächster Schritt wird nun die **Quantisierung** durchgeführt. In diesem **verlustbehafteten** Prozess werden die ermittelten DCT-Koeffizienten dividiert und das dabei entstandene Ergebnis auf eine ganze Zahl gerundet. Die Division geschieht anhand einer **Quantisierungstabelle**, welche die Farb- und Helligkeitsempfindlichkeit des menschlichen Auges berücksichtigt. Die Koeffizienten der höheren Frequenzbereiche werden durch höhere Zahlen geteilt als bei den niedrigen. Hiermit verkleinert sich der Wertebereich. Die Tatsache, dass nur mit ganzen Zahlen gerechnet wird, bedeutet jedoch auch, dass sich das Originalbild nach der Quantisierung nicht mehr in den ursprünglichen Zustand zurückversetzen kann. Die Art der Quantisierung ist nicht fest vorgeschrieben. Um jedoch eine möglichst originalgetreue Rekonstruktion zu gewährleisten, muss die verwendete Quantisierungstabelle mit dem Bild abgespeichert werden.

Als letzter Abschnitt, der in der JPEG-Kodierung stattfindet, wird die **Huffman-Kodierung** durchgeführt. Diese Art der Datenreduktion untersucht eine Datei auf häufig auftretende Zeichenketten. Diese werden mit einer kurzen Zeichenkette beschrieben. Weniger häufig anzutreffende Bereiche der zu untersuchenden Datei, werden dementsprechend mit längeren Zeichenketten beschrieben. Dieses Verfahren ist verlustfrei, das bedeutet das sich der Zustand, der vor der Durchführung der Huffman-Kodierung anzutreffen war, vollständig rekonstruiert werden kann.

Hier eine kurze Übersicht:



Das JPEG-Kompressionsverfahren ist ein **symmetrisches, verlustbehaftetes** Verfahren zur Komprimierung von Bilddaten. Das bedeutet, dass die Dekodierung genauso viel Zeit in Anspruch nimmt, wie die Kodierung. Die einzelnen Arbeitsschritte werden in umgekehrter Reihenfolge durchgegangen.