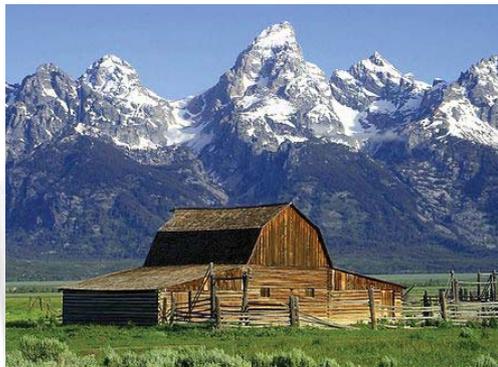


Chroma Subsampling • Farbunterabtastung

Die Farbunterabtastung macht sich die Physiologie des menschlichen Auges zu Nutze, welches die Farbinformation im Gegensatz zur Helligkeitsinformation nur mit reduzierter Auflösung wahrnehmen kann. Die Möglichkeit zur Farbunterabtastung bieten grundsätzlich alle Farbmodelle mit von der Helligkeitsinformation getrennten Farbdifferenzinformationen, beispielsweise YCbCr (Luma Y' (Helligkeit) und die beiden Chrominanzkomponenten Cb und Cr (Farben).



Original Farbbild



Aufspaltung des Original Bildes in Luma Y' (Helligkeit)...



... und die Chrominanzkomponente Cb und...



... und Cr (Farben).

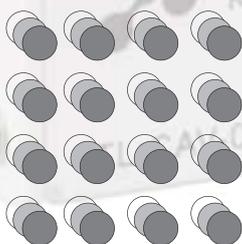
Es existieren verschiedene Formen der Farbunterabtastung, welche die Unterabtastung der Farbsignale als Relation zum Helligkeitssignal beschreiben. Dabei wird üblicherweise folgende Notation mit drei Zahlen benutzt:

A : B : C

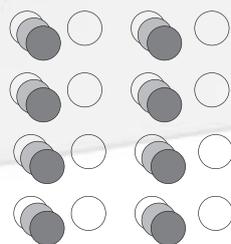
Diese Notation geht von einem Pixelblock von A Pixeln Breite und zwei Pixeln Höhe aus und beschreibt im Verhältnis zum Wert A die darin enthaltenen Abtastungen für die Farbinformation. Die erste Ziffer A wird hierbei heute üblicherweise mit 4 angegeben, da traditionell alle Farbunterabtastraten niedrige Zweierpotenzen waren. Ursprünglich stand A für den Faktor der Abtastrate des Helligkeitssignals Y' in Vielfachen der NTSC-Videobandbreite von 3,375 MHz im Y'CbCr-Farbmodell. Typischerweise beträgt die Abtastrate das Vierfache der Videobandbreite, womit sich der Pixeltakt zu 13,5 MHz im digitalen Videostandard ITU-R BT 601 ergibt.

Die zweite Ziffer B steht für die Abtastrate der beiden Farbkanaäle Cb und Cr in der oberen Pixelreihe in Relation zu A bzw. ursprünglich zu 3,375 MHz. Sie hat im Rahmen der ITU-R BT 601 den Wert zwei und stellt die Farbunterabtastung dar. Die dritte Ziffer C beschreibt denselben Wert wie die zweite Ziffer, jedoch für die untere Pixelreihe des Pixelblocks.

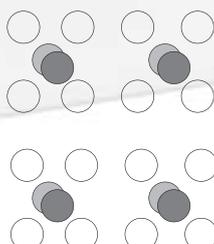
Üblich sind nun folgende Farbunterabtastungen:



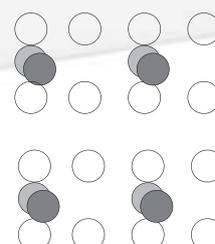
YCbCr 4 : 4 : 4



YCbCr 4 : 2 : 2



YCbCr 4 : 2 : 0



YCbCr 4 : 2 : 0 MPEG-2 Abtastoptionen

Weiße Kreise symbolisieren die Abtastposition für die Luminanz, hell- und dunkelgraue Kreise die Position für die beiden Chrominanzsignale (Farben).

TRIUS

Trius Vertrieb GmbH & Co. KG
 Gildestr. 2 • 49477 Ibbenbüren
 Tel. 0 54 51 / 94 08 - 0
 Mail: info@trius-audio.de
 www.trius-vertrieb.de

4 : 4 : 4

In diesem Fall erfolgt keine Farbrunterabtastung. Anwendungen von 4:4:4 liegen im Bereich der hochwertigen digitalen Bildverarbeitung und beim RGB-Farbraum. Im RGB-Farbraum ist, wegen der fehlenden Trennung zwischen Helligkeit- und Farbinformation, grundsätzlich keine Farbrunterabtastung möglich.

4 : 2 : 2

Diese Farbrunterabtastung ist ursprünglich aus dem analogen Farbfernsehstandard NTSC entstanden und wird im Rahmen der Norm ITU-R BT 601 für digitale Videosignale verwendet. Dabei wird zwischen horizontaler und vertikaler Farbrunterabtastung eine Unterscheidung getroffen: Die Abtastung in horizontaler Richtung ist nur halb so groß wie in vertikaler Richtung. Das Digital-Betacam-Bandformat nutzt das 4:2:2-Verfahren.

4 : 2 : 0

Das Format 4 : 2 : 0 wird bei digitalen Bildern im JPEG-Standard oder digitalen Videomaterial im MPEG-Standard verwendet und weist in beiden Raumrichtungen eine identische Abtastung auf. Dabei kommen, wie in obigen Abbildungen dargestellt, leicht versetzte Abtastpunkte des Farbsignals vor: Bei JPEG wird zentrisch abgetastet, bei MPEG in gleicher vertikaler Ausrichtung wie das Helligkeitssignal.

4K ist nicht gleich 4K

Viele Hersteller bezeichnen ihre Produkte oft mit der maximal unterstützten Auflösung: 720p, 1.080p usw.. Dies funktioniert vor allem für ältere Produkte, die nur geringe Auflösungen bieten aber 4K und die damit verbundenen Technologien stellen eine gewisse Herausforderung dar. 4K ist nicht 4K, obwohl Hersteller ihre Produkte oft als „4K-kompatibel“ oder „4K-ready“ bezeichnen.

Ein Produkt einfach nur „4K“ zu nennen, wird dem Produkt oder gar der Anwendung nicht gerecht, und es kann zu Problemen führen, wenn man einfach gekennzeichnete 4K-Produkte in ein System integrieren möchte. Deshalb an dieser Stelle mal eine Übersicht über alle möglichen 4K-Varianten:

Name	HDMI Version	Aktuelle Auflösung	Bildfrequenz	Farbrunterabtastung	Farbtiefe	HDR	Bandbreite
1.080p	1.4	1.920 x 1.080	24 fps	4 : 2 : 0	8 Bit	nein	2,23 Gbps
1.080p	1.4	1.920 x 1.080	60 fps	4 : 2 : 0	8 Bit	nein	4,45 Gbps
1.080p	1.4	1.920 x 1.080	60 fps	4 : 4 : 4	8 Bit	nein	4,45 Gbps
4K @ 30	1.4	3.840 x 2.160	24 fps	4 : 2 : 0	8 Bit	nein	8,91 Gbps
4K @ 30	1.4	3.840 x 2.106	24 fps	4 : 4 : 4	8 Bit	nein	8,91 Gbps
4K @ 30	1.4	4.096 x 2.160	24 fps	4 : 4 : 4	8 Bit	nein	8,91 Gbps
4K @ 60	1.4	3.840 x 2.160	60 fps	4 : 2 : 0	8 Bit	nein	8,91 Gbps
4K @ 60	2.0	3.840 x 2.160	60 fps	4 : 2 : 0	8 Bit	nein	8,91 Gbps
4K @ 30	2.0	3.840 x 2.160	24 fps	4 : 2 : 2	10 Bit	ja	8,91 Gbps
4K @ 30	2.0	3.840 x 2.160	24 fps	4 : 4 : 4	10 Bit	ja	11,14 Gbps
4K @ 60	2.0	3.840 x 2.160	60 fps	4 : 2 : 0	10 Bit	ja	11,14 Gbps
4K @ 30	2.0	3.840 x 2.160	24 fps	4 : 4 : 4	12 Bit	ja	13,37 Gbps
4K @ 60	2.0	3.840 x 2.160	60 fps	4 : 2 : 0	12 Bit	optional	13,37 Gbps
4K @ 60	2.0	3.840 x 21.60	60 fps	4 : 2 : 2	12 Bit	optional	17,82 Gbps
4K @ 60	2.0	3.840 x 2.160	60 fps	4 : 4 : 4	8 Bit	optional	17,82 Gbps

Ab einer Bandbreite von ca. 10 Gbps kommen Kupferleitungen schnell an ihre Grenzen - vor allem wenn das Signal über größere Entfernungen übertragen werden soll. In solchen Anwendungen werden faserbasierte Lösungen nicht nur empfohlen, sondern auch zwingend benötigt.

Beispiel: Inneos Real4K optische Adapter



Trius Vertrieb GmbH & Co. KG
Gildestr. 2 • 49477 Ibbenbüren
Tel. 0 54 51 / 94 08 - 0
Mail: info@trius-audio.de
www.trius-vertrieb.de