



ITWissen

Das große Online-Lexikon
für Informationstechnologie

DIGITAL-TV

KLAUS LIPINSKI (Hrsg.)



Inhalt

480 Zeilen
576 Zeilen
720 Zeilen
1.080 Zeilen
ANC, *ancillary data space*
Austastlücke
BAS, *Bild, Austastung, Synchronisation*
Bildwiederholfrequenz
BT.601
BT.656
BT.709
Chrominanz
CVBS, *color, video, blank, sync*
Digitalvideo
EAV, *end of active video*
Farb-Subsampling
Farbdifferenzsignal
Farbträger
FBAS, *Farbe, Bild, Austastung, Synchronisation*
Frame
Full-Frame-Video
Genlock
Halbbild
Headroom
IRE, *international radio engineers*
Luminanz
SAV, *start of active video*

Schwarzwert
SDI, *serial digital interface*
Synchronimpuls
VESA, *video electronic standard association*
Video
Video-Bandbreite
Videoformat
Videosignal
Vollbild
Weißabgleich
Zeile

Impressum:

Herausgeber: Klaus Lipinski
Digital-TV
Copyright 2009
DATACOM-Buchverlag GmbH
84378 Dietersburg
Alle Rechte vorbehalten.
Keine Haftung für die angegebenen
Informationen.
Produziert von Media-Schmid
www.media-schmid.de

- 480 Zeilen** Standard Definition Television (SDTV) hat 480 sichtbare *Zeilen*. Dieser TV-Standard wird in den USA und Japan eingesetzt und basiert auf dem analogen NTSC. Die gesamte Zeilenzahl von 525 Zeilen ergibt sich aus den sichtbaren Zeilen und der vertikalen *Austastlücke* von 45 Zeilen, von denen 22 im ersten und 23 im zweiten *Halbbild* liegen. Die 480er Auflösung hat pro Zeile 720 sichtbare Bildpunkte, insgesamt sind es mit der horizontalen Austastung 858 Bildpunkte. Die Zeilenzahl 576 wird häufig mit dem Zusatz "i" oder psF als 480i oder 480psF angegeben. 480i steht für *Interlacing*, also für das Zeilensprungverfahren mit zwei Halbbildern. Die in den USA und Japan übliche *Bildwechselfrequenz* wird als Ziffer angehängt: 480i/29,97 oder 480i/60. 480psF steht für Progressive Segmented *Frame* (psF), es ist eine weitere Fernsehnorm für die progressive Abtastung. Sie arbeitet im Gegensatz zum normalen Progressive Scan mit zwei vertikalen Austastlücken.
- 576 Zeilen** 576 ist die *Zeilenzahl* für Standard Definition Television (SDTV) in Europa. Es handelt sich dabei um die Anzahl der sichtbaren Zeilen. Die gesamte Zeilenzahl von 625 Zeilen ergibt sich aus den sichtbaren Zeilen und der vertikalen *Austastlücke* von 49 Zeilen, von denen 24 im ersten und 25 im zweiten *Halbbild* liegen. Die 576er Norm hat pro Zeile 720 sichtbare Bildpunkte, insgesamt mit horizontaler Austastung sind es 864. Die Zeilenzahl 576 wird häufig mit dem Zusatz "i", "p" oder psF angegeben als 576i, 576p oder 576psF.

TV-Standard	Variante	Pixelzahl		Zeilenzahl		Bildfrequenz	Einsatz
		Aktiv	Gesamt	Aktiv	Gesamt	Vollbilder	
480 Zeilen	480i/29,97	720	858	480	525	29,97	USA, Japan
	480i/60	720	858	480	525	29,97	USA, Japan
	480psF/29,97	720	858	480	525	29,97	USA, Japan
575 Zeilen	Analoges SDTV	702	833	575	625	50 Halbb. 25	Europa
576 Zeilen	576i/25	720	864	576	625	25	Europa
	576p/25	720	864	576	625	25	Europa
	576psF/25	720	864	576	625	25	Europa
720 Zeilen	720p/24	1.280	1.650	720	750	24	USA, Japan
	720p/25	1.280	1.650	720	750	25	International
	720p/29,97	1.280	1.650	720	750	29,97	USA, Japan
	720p/30	1.280	1.650	720	750	30	USA, Japan
	720p/50	1.280	1.650	720	750	50	International
	720p/59,94	1.280	1.650	720	750	59,94	USA, Japan
	720p/60	1.280	1.650	720	750	60	USA, Japan

i, interlaced
p, progressive scan
psF, progressive segmented frame

Digitale TV-Standards 480, 576 und 720 mit deren Pixel- und Zeilenzahlen

576i steht für *Interlacing*, also für das Zeilensprungverfahren mit zwei Halbbildern. Die in Europa übliche *Bildwechselfrequenz* wird als Ziffer angehängt: 576i/25.

576p steht für den Progressive Scan, die progressive Abtastung der Bilddarstellung. Bei dieser Darstelltechnik baut sich das Bild kontinuierlich von oben nach unten auf. Der Progressive Scan kennt nur ein *Vollbild* und hat im Gegensatz zum Zeilensprungverfahren auch nur eine vertikale Austastlücke.

576psF steht für Progressive Segmented *Frame* (psF) ist eine weitere Fernsehnorm für die progressive Abtastung. Sie arbeitet mit zwei vertikalen Austastlücken. Dazu werden aus dem Vollbild der Progressive-Scan-Darstellung zwei Teilbilder mit ungeraden und geraden Zeilen und zwei Austastlücken generiert. Die beiden Teilbildern unterscheiden sich von den Halbbildern des Zeilensprungverfahrens dadurch, dass sie keine Bewegungsdynamik enthalten. Sie sind inhaltlich identisch. Dieses Verfahren wird eingesetzt, damit Fernseh-Equipment und Fernsehgeräte, die für das Zeilensprungverfahren ausgelegt sind, die Progressive-Scan-Signale darstellen können.

720 Zeilen

TV-Standard	Variante	Pixelzahl		Zeilenzahl		Bildfrequenz
		Aktiv	Gesamt	Aktiv	Gesamt	Vollbilder
720 Zeilen	720p/24	1.280	1.650	720	750	24
	720p/25	1.280	1.650	720	750	25
	720p/29,97	1.280	1.650	720	750	29,97
	720p/30	1.280	1.650	720	750	30
	720p/50	1.280	1.650	720	750	50
	720p/59,94	1.280	1.650	720	750	59,94
	720p/60	1.280	1.650	720	750	60
p, progressive scan						

HDTV-Varianten
mit 720 Zeilen

720 ist die Anzahl an sichtbaren *Zeilen* bei High Definition Television (HDTV) mit der geringeren Auflösung. Die gesamte Zeilenzahl von 750 Zeilen ergibt sich aus den sichtbaren Zeilen und der vertikalen *Austastlücke* von 30 Zeilen. Die 720er Norm hat pro Zeile 1.280 sichtbare Bildpunkte, insgesamt mit horizontaler Austastung sind es 1.650.

Die Zeilenzahl 720 wird häufig mit dem Zusatz "p" angegeben als 720p. Die *Bildwechselfrequenz* wird durch einen Querstrich getrennt, wie bei 720p/25.

720p steht für den Progressive Scan, die progressive Abtastung der Bilddarstellung. Bei dieser Darstelltechnik baut sich das Bild kontinuierlich von oben nach unten auf. Der Progressive Scan kennt nur ein *Vollbild* und hat im Gegensatz zum *Zeilensprungverfahren* auch nur eine vertikale Austastlücke.

1.080 Zeilen Hinter der Zahl 1.080 verbirgt sich die *Zeilenzahl* für hochauflösendes Fernsehen (HDTV). Es ist die sichtbare Zeilenzahl ohne vertikale *Austastlücke*. Bei einem Bildseitenverhältnis von 16:9 ergibt sich daraus

eine Pixelzahl von 1.920 sichtbaren Bildpunkten pro Zeile. Die vertikale Austastlücke umfasst insgesamt 45 Zeilen, so dass die Gesamtzeilenzahl 1.125 Zeilen pro Bild beträgt. Die horizontale Austastlücke ist abhängig von der Fernsehnorm und beträgt in Europa 720 Bildpunkte, in den USA 280.

Die Zeilenzahl 1.080 wird häufig mit dem Zusatz "i", "p" oder psF angegeben als 1.080i, 1.080p oder 1.080psF. 1.080i steht für *Interlacing*, also für das Zeilensprungverfahren mit zwei Halbbildern, sagt aber nichts aus über die *Bildwiederholffrequenz*. Diese wird mit einem Querstrich getrennt angegeben: 1.080i/25 oder 1.080/25i für Europa oder 1.080i/30 oder 1.08/30i für die USA und Japan.

1.080p steht für den Progressive Scan, die progressive Abtastung der Bilddarstellung. Bei dieser Darstelltechnik baut sich das Bild kontinuierlich von oben nach unten auf. Der Progressive Scan kennt nur ein *Vollbild* und hat im Gegensatz zum Zeilensprungverfahren auch nur eine vertikale Austastlücke. Die Bildwechselfrequenz wird als Ziffer angehängt. 1.080p/25 oder 1.080/25p für Europa, 1.080p/30 bzw. 1.080/30p für die USA und Japan.

1.080psF steht für Progressive Segmented *Frame* (psF) ist eine weitere Fernsehnorm für die progressive Abtastung. Sie arbeitet mit zwei vertikalen Austastlücken. Dazu werden aus dem Vollbild der Progressive-Scan-Darstellung zwei Teilbilder mit ungeraden und geraden Zeilen und zwei Austastlücken generiert. Die beiden Teilbilder unterscheiden sich von den Halbbildern des Zeilensprungverfahrens dadurch, dass sie

TV-Standard	Variante	Pixelzahl		Zeilenzahl		Bildfrequenz	
		Aktiv	Gesamt	Aktiv	Gesamt	Vollbilder	Einsatz
1.080 Zeilen	1.080i/25	1.920	2.640	1.080	1.125	24	Europa
	1.080i/29,97	1.920	2.200	1.080	1.125	29,97	USA, Japan
	1.080i/30	1.920	2.200	1.080	1.125	30	USA, Japan
	1.080p/24	1.920	2.750	1.080	1.125	24.	USA, Japan
	1.080p/25	1.920	2.640	1.080	1.125	25	Europa
	1.080p/29,97	1.920	2.200	1.080	1.125	29,97	USA, Japan
	1.080p/30	1.920	2.200	1.080	1.125	30	USA, Japan
	1.080p/50	1.920	2.640	1.080	1.125	50	Europa
	1.080p/59,94	1.920	2.200	1.080	1.125	59,94	International
	1.080p/60	1.920	2.200	1.080	1.125	60	USA, Japan
	1.080psF/24	1.920	2.750	1.080	1.125	24	International
	1.080psF/25	1.920	2.640	1.080	1.125	25	Europa
	1.080psF/29,97	1.920	2.200	1.080	1.125	29,97	USA, Japan
	1.080psF/30	1.920	2.200	1.080	1.125	30	USA, Japan

i, interlaced
p, progressive scan
psF, progressive segmented frame

Digitaler TV-Standard 1.080 mit Pixel- und Zeilenzahl

keine Bewegungsdynamik enthalten. Sie sind inhaltlich identisch. Dieses Verfahren wird eingesetzt, damit Fernseh-Equipment und Fernsehgeräte, die für das Zeilensprungverfahren ausgelegt sind, die Progressive-Scan-Signale darstellen können.

ANC, ancillary data space

ANC	576i/25	720p/50	1.080i/25
Zeilendauer Sichtbar	864 Pixel 720 Pixel	1.650 Pixel 1.280 Pixel	2.640 Pixel 1.920 Pixel
Horizontale Austastlücke	HANC 144 Pixel	HANC 370	HANC 720 Pixel
Vertikale Austastlücke	VANC 24 + 25 Zeilen	VANC 30 Zeilen	VANC 22 + 23 Zeilen

Der Ancillary Data Space (ANC) entspricht im Digital-TV der *Austastlücke* im analogen *Video*. Im ANC-Bereich werden Zusatzinformationen für Digital-TV übertragen. Dazu gehören der Time Code (TC), das Embedded Audio, Untertitel und die Daten für die Fehlererkennung, speziell die des Error Detection and Handling (EDH). Im ANC-Space wird auch der ATC-Zeitcode eingefügt. Die Anzahl der ausgetasteten Pixel variiert zwischen den verschiedenen Digital-TV-Standards äußerst stark und liegt beispielsweise bei 576i/25 bei 144 Pixel und bei 1.080i/25 bei

ANC bei verschiedenen Digital-TV-Standards

720 Pixel. Adäquat zum analogen Fernsehen gibt es auch beim *Digitalvideo* vertikale und horizontale Lücken, den Vertical Ancillary Data Space (VANC) und den Horizontal Ancillary Data Space (HANC). Damit der Datenstrom bei der Ausstrahlung von Digital-TV nicht unnötig erhöht wird, wird die Ancillary Data Spaces nicht zwangsläufig in den Datenstrom eingefügt.

Austastlücke
BI, blanking interval

Die Austastlücke ist Teil des Videosignals. In dieser Zeit erfolgt der *Zeilen-* und Bildwechsel, der von dem Austastsignal dunkelgetastet wird. Das Austastsignal steuert das Fernseh- oder Videobild dann dunkel, wenn der Strahl von einem Zeilenende an den Zeilenanfang zurückgestellt wird, also während des Zeilenrücklaufs, ebenso wenn der Strahl nach Beendigung eines *Halbbildes* vom unteren Bildende zum oberen Bildanfang gestellt wird, also beim Bildwechsel. Entsprechend der Aufgabe und der Impulsbreite spricht man von den

Austastlücke, ANC	Analog		Digital	
	PAL	NTSC	576i/25	1.080i/25
Zeilendauer Sichtbar	64 μ s 52 μ s	63,5 μ s 52,6 μ s	864 Pixel 720 Pixel	2.640 Pixel 1.920 Pixel
Horizontale Austastlücke	HIB 12 μ s	HIB 10,9 μ s	HANC 144 Pixel	HANC 720 Pixel
Vertikale Austastlücke	VIB 50 Zeilen 3,2 ms	VIB 40 Zeilen 2,08 ms	VANC 24 + 25 Zeilen	VANC 22 + 23 Zeilen

horizontalen und vertikalen Austastimpulsen und bei der Darstellung von Austastlücken. Während der Austastlücke werden auch die Synchronisationsimpulse für die Horizontal- und Vertikalsynchronisation übertragen und in der vertikalen Austastung noch weitere Ausgleichsimpulse, die für einen Pegelausgleich bei der Beendigung eines Halbbildes sorgen. Darüber hinaus werden in der vertikalen Austastung der

Austastlücken resp. ANC bei analogem und digitalem Fernsehen

Videotext, der elektronische Programmführer (EPG) und Fernsehtestsignale übertragen.

Die Horizontalaustastung (HBI) hat nach CCIR eine Dauer von 12 μs . Das bedeutet, dass von der Zeilendauer, die 64 μs beträgt, 12 μs dunkelgetastet werden, also nur 52 μs effektiv für die Darstellung einer Zeile verwendet werden.

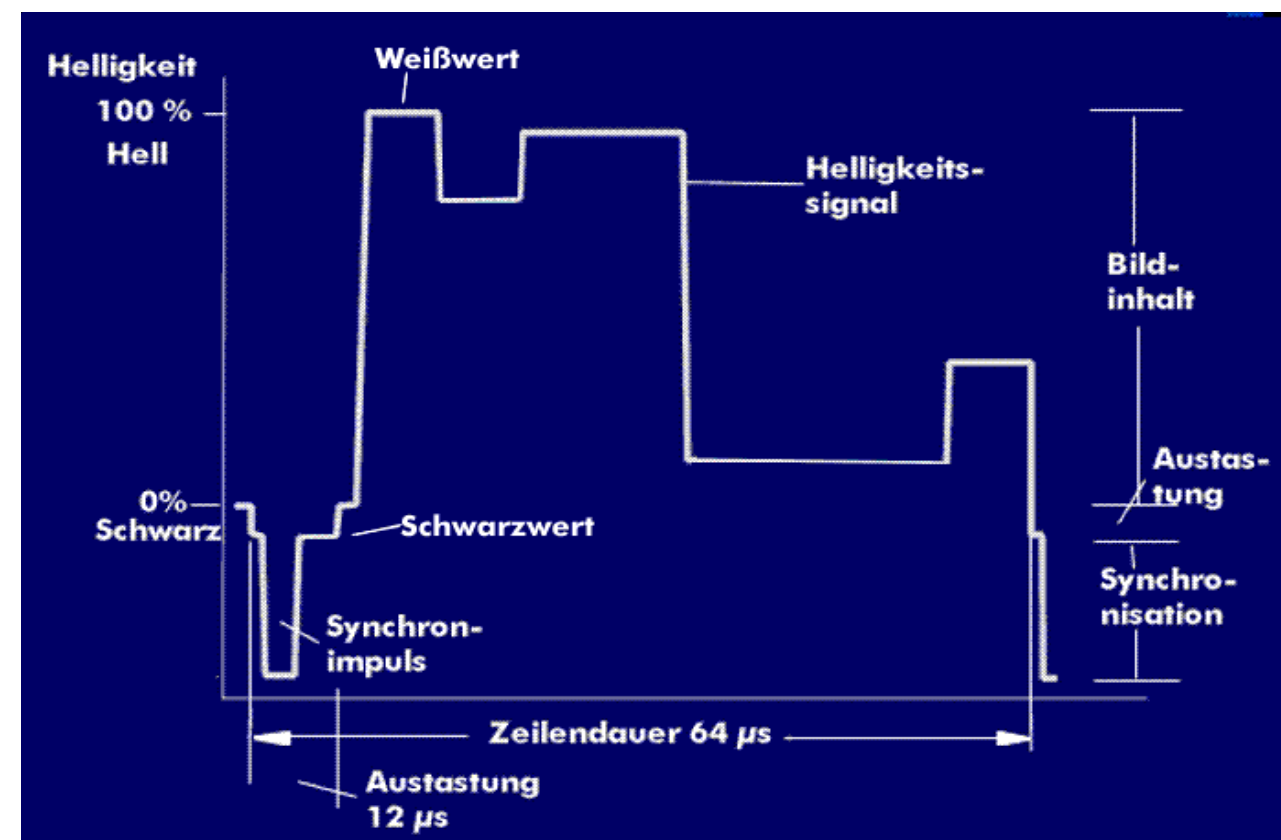
Nach RS-170A, in dem der NTSC-Standard festgelegt ist, ist die Austastlücke 10,9 μs , die effektive Zeilendauer ist 52,66 μs , da die Gesamtzeilendauer 63,556 μs beträgt.

Die vertikale Austastung (VBI) besteht bei CCIR aus insgesamt 50 Zeilen, bei RS-170A aus 40 Zeilen. Einige davon werden für die Übertragung von Testsignalen und für Videotext verwendet. Die vertikale Austastlücke beginnt jedoch 2,5 Zeilen vor den Bildwechselimpulsen und endet 2,5 Zeilen hinter dem Bildsynchronisierimpuls.

In Digital-TV tritt anstelle der Austastlücke der Ancillary Data Space (ANC). Dieser ist äußerst unterschiedlich und abhängig von den entsprechenden Digital-TV-Standards. Dort heißen die adäquaten vertikalen und horizontalen Lücken Vertical Ancillary Data Space (VANC) und Horizontal Ancillary Data Space (HANC).

BAS, Bild, Austastung,
Synchronisation
CVS, composite video signal

Das BAS-Signal ist ein analoges *Videosignal*, das die Helligkeitsinformationen, die horizontalen und vertikalen Austastsignale und die Synchronisationssignale für die *Zeilen* und die *Halbbilder* enthält. Es ist monochromatisch und besteht aus dem *Luminanzsignal* und entspricht bis auf das *Chrominanzsignal* dem *FBAS-Signal*. Das BAS-Signal ist das in den Fernsehstudios aufgenommene Bildsignal (B), dem die Austastung (A) hinzugefügt wurde. Es wird auch als Non Composite Video Signal (NCVS) bezeichnet. Aus dem B-Signal und der Austastung entsteht das BA-Signal, aus dem wiederum durch Hinzufügen der



BAS-Zeilensignal für PAL

horizontalen und vertikalen Synchronisationsimpulse (S) das BAS-Signal entsteht. Das BAS-Signal ist vom Aufbau her in den verschiedenen Fernsehverfahren vergleichbar, allerdings sind die Zeiten für die Bild- und Zeilenlänge, die Austastzeiten und die Zeiten für die *Synchronimpulse* unterschiedlich. Dieses Signal wird im Englischen als Composite Video Signal (CVS) bezeichnet und wird für Monochrom-Displays und für S/W-Fernsehern benutzt.

Bildwiederholfrequenz
fps, frame per second

Bildwiederhol- frequenz (Hz)	Interlaced (I) Progressive (P)	TV-Standard
24	P, psF	720p, 1.080p, 1.080psF
25	I, P, psF	Analog, 576i, 576p, 576psF, 720p, 1.080i, 1.080p, 1.080psF
29,97	I, P, psF	480i, 480p, 480psF, 720p, 1.080i, 1.080p, 1.080psF
30	I, P, psF	720p, 1.080i, 1.080p, 1.080psF
50	P	Analog, 720p, 1.080p
59,94	P	720p, 1.080p
60	P	720p, 1.080p

psF, progressive segmented frame

*Bildwiederholfrequenzen der
verschiedenen TV-Standards*

Die Bildwiederholfrequenz, auch Bildwechselfrequenz genannt, sagt aus, wie oft ein Bild in einer Zeiteinheit wiederholt wird. Es ist eine charakteristische Größe für den Ablauf von Bewegtbildfolgen und für die Flimmerfreiheit der Darstellung. Die Bildwiederholung in schnellen Folgen ist erforderlich, um die Trägheit des Auges zu umgehen und die Bewegtbilddarstellung als kontinuierliche Darstellung erscheinen zu lassen. Die Anzahl der Bilder pro Zeiteinheit (fps) ist die Bildwiederholfrequenz. Bei Fernsehbildern und Video arbeitet man beim PAL-

Fernsehstandard mit 25 Vollbildern pro Sekunde und bei NTSC mit 30 Vollbildern. Die *Halbbilder* haben eine Bildwechselfrequenz von 50 Hz. Jedes *Vollbild* setzt sich zeilenversetzt aus zwei Halbbildern zusammen. Mit diesem *Zeilensprungverfahren* wird die Bildwiederholfrequenz verdoppelt und das Flimmern reduziert. Da das Flimmern auch von der Bildschirmgröße abhängt und sich im Großflächenflimmern zeigt, benutzt man bei Fernsehern die 100-Hz-Technik, die das Flimmern weiter reduziert.

Computermonitore arbeiten dagegen mit dem so genannten Progressive Scan, also mit fortlaufender Abtastung, und garantieren durch die Bildwiederholfrequenzen von 60 Hz bis 100 Hz Flimmerfreiheit. Empfohlen werden 85 Hz. Die Anforderungen an die Bildwiederholfrequenz sind in den TCO-Richtlinien festgeschrieben.

LCD-Bildschirme und Plasma-Displays bieten auch bei niedrigeren Wiederholraten flimmerfreie Bilder, da die Farbpixel solange ihre Farbe beibehalten, bis eine Farbänderung auftritt.

BT.601
ITU-R BT.601

Das Dateiformat für *Digitalvideo* mit *Zeilensprungverfahren*, so wie es von NTSC und dem PAL-Fernsehstandard her bekannt ist, wurde zuerst von der CCIR unter CCIR-601, später dann von der ITU unter dem Standard ITU-R BT.601 spezifiziert. BT.601 beschreibt die Konvertierung zwischen YCbCr und RGB der analogen Fernsehsignale mit *Bildwiederholfrequenzen* von 50 Hz und 60 Hz und Zeilenfrequenzen von 15,625 kHz und 15,750 kHz, wie sie im PAL-Fernsehstandard und in NTSC verwendet werden. Während BT.601 vorwiegend für SDTV und DVDs benutzt wird, geht es bei *BT.709* um HDTV, HD-DVDs sowie Blu-Ray-Discs.

Das BT.601-Dateiformat spezifiziert eine Abtastfrequenz von 13,5 MHz. Daraus ergeben sich für den PAL-Standard mit einer Zeilenlänge von 64 μ s insgesamt 864 Pixel, von denen 720 Pixel sichtbar sind. NTSC hat

BT.601-Spezifikationen für den PAL-Fernsehstandard

BT.601-Format für PAL	Spezifikationen
Signal-komponenten	Luminanz, Y Chrominanz, Cb, Cr
Bildwiederholfr.	25 Hz
Halbilder	50
Vollbilder	25
Zeilen	625
Abtastwerte sichtbares Luminanz	864 pro Zeile 720 pro Zeile
Chrominanz	360 pro Zeile für Cb und Cr
Abtastfrequenz	13,5 MHz
Codierung	PCM ind 8 Bit oder 10 Bit
Quantisierungs-pegel	0 und 255 für Sync. 1 bis 254 für Video 16 bis 235 für Luminanz 16 entspricht Schwarz 235 entspricht Weiß

ebenfalls 720 sichtbare Pixel, obwohl sie 858 Abtastwerte pro *Zeile* aufweist. In der Vertikalen erfolgt die Darstellung mit 576 sichtbaren Pixeln (PAL) und 486 bei NTSC. Aus den horizontalen und vertikalen Pixelwerten errechnet sich das Seitenverhältnis der Pixel, die nicht quadratisch sind, sondern beim PAL-Standard mit einer Bilddarstellung von 4:3 ein Seitenverhältnis von 1,0667 von Pixelbreite zu -höhe haben. Bei anamorphical Widescreen mit 16:9-Darstellung, werden die Pixel rechteckiger mit einem Verhältnis von 1,422 (PAL).

Weiterhin wird in BT.601 festgelegt, dass die *Chrominanzsignale* Cb und Cr von jedem zweiten Pixel abgetastet werden, also mit einem *Farb-Subsampling* von 4:2:2. Die Farbtiefe kann 8 Bit oder 10 Bit sein, wie sie in der Studioteknik verwendet wird, die Bildwiederholfrequenz beträgt 25 *Vollbilder* pro Sekunde (PAL). Die

resultierende Datenrate beträgt bei einer Farbtiefe von 8 Bit bei 216 Mbit/s, bei 10 Bit 270 Mbit/s. Der Datenstrom, dessen Format in *BT.656* spezifiziert ist, ergibt sich aus der Abtastrate von 13,5 MHz multipliziert mit der Farbtiefe von 8 Bit für das *Luminanzsignal* sowie der Abtastrate von 13,5/2 MHz einer Farbtiefe von 8 Bit sowohl für das Cb-Signal, als auch für das Cr-Signal. Die einzelnen Komponenten des BT.601-Datenstroms können parallel über mehrere Leitungen als "Y", Cb und Cr, sie können aber auch mit 27 MHz im Zeitmultiplex in der Folge Cb,Y,Cr,Y,Cb,Y,Cr...usw. übertragen werden.

Der eigentliche Bildbereich ist in BT.601 insofern eingeschränkt, als dass der *Schwarzwert* erst beim Digitalwert 16 und der *Weißwert* beim Digitalwert 235 beginnt. Rechnet man mit diesem spezifizierten Helligkeitsbereich, kommt man auf eine Datenrate von 165,9 Mbit/s.

Die sichtbaren Zeilen beginnen beim PAL-Standard 132 Abtastwerte nach Beginn des entsprechenden analogen Synchronimpulses und enden 12 Abtastwerte vor dem nächsten *Synchronimpuls*.

BT.656 Die ITU.Empfehlung BT.656 spezifiziert die Struktur des Datenstroms für *Digitalvideo* nach *BT.601*. In *ITU-R BT.656* BT.601 werden die Abtastraten, Farbräume und Farbtiefen spezifiziert, nicht aber die Übertragung der *Luminanz-* und *Chrominanzwerte*, die parallel oder gemultiplext erfolgen kann. Darüber hinaus können die *Austastsignale* und *Synchronimpulse* unterschiedlich sein, da sie nicht digitalisiert werden. In BT.601 wird stattdessen der sichtbare Videobereich durch Synchronsignale gekennzeichnet. Dieser beginnt mit *Start of Active Video (SAV)* und befindet sich beim PAL-Fernsehstandard beim 132. Abtastwert nach dem analogen Synchronimpuls. Das Ende des sichtbaren Videobereichs einer *Zeile* ist *End of Active Video (EAV)* und liegt 12 Abtastwerte vor dem folgenden horizontalen Synchronimpuls. In dem Bereich



Videozeile eines BT.601-Signals
nach BT.656

zwischen Start of Active Video und End of Active Video wird das digitalisierte *Videosignal* übertragen. Die SAV- und EAV-Zeichen bestehen aus jeweils vier Datenworten. In dem Bereich zwischen End of Active Video und Start of Active Video können Audio-, Test- oder andere Signale übertragen werden. BT.656 definiert den Übertragungsrahmen für den Datenstrom und legt die Taktsignale fest. In der ITU-Empfehlung ist nur die Digitalisierung mit 10 Bit spezifiziert, bei 8 Bit werden die letzten beiden Bits auf Null gesetzt.

In BT.656 sind eine parallele Schnittstelle mit einem 25-poligen Sub-D-Stecker und einer Länge von 50 m spezifiziert, sowie mit dem *Serial Digital Interface* (SDI) eine serielle Schnittstelle für die im Zeitmultiplex übertragenen Videodaten. Der über die serielle Schnittstelle übertragene Datenstrom hat eine Frequenz von 270 MHz. Er ist gesrambelt und die Daten sind mittels NRZ-I-Codierung codiert. Die Anschlusstechnik ist BNC und die Impedanz beträgt 75 Ohm.

BT.709 ITU-R BT.709 und *BT.601* sind ITU-R-Empfehlungen für die Digitalisierung von Komponentenvideo. BT.601 ist ausgerichtet auf Standard Definition Television (SDTV) und DVDs, wohingegen BT.709 für HDTV, HD-DVDs und Blu-Ray-Discs spezifiziert ist.

BT.709 wurde 1990 für HDTV mit 1.250 *Zeilen* spezifiziert. Im Jahre 2000 kam BT.709-4 hinzu, das HDTV mit 1.080 *Zeilen* unterstützt. Die Abtastrate für das *Luminanzsignal* beträgt 74,25 MHz, dessen Quantisierung ist 10 Bit, die Abtastfrequenz für die *Chrominanzsignale* ist 37,125 MHz und das *Farb-Subsampling* beträgt 4:2:2.

Das digitalisierte HDTV-Komponentensignal wird als HD-SDI-Signal übertragen.

Chrominanz Der Farbeindruck eines Videobildes wird durch die Chrominanz (C) bestimmt, die die Werte für die Farbsättigung und den Farbton enthält. Obwohl das menschliche Auge Farben wesentlich schlechter auflöst als Helligkeitsinformationen, werden durch den Farbanteil eine verbesserte Detailerkennbarkeit und ein echter Informationsgewinn erreicht. Der Farbanteil wird in allen Fernseh- und Videosystemen mit reduzierter Bandbreite gegenüber der *Luminanz* (Y) übertragen.

C, chrominance

Das Chrominanzsignal besteht im *Video* aus zwei Farbkomponenten, den *Farbdifferenzsignalen* (R-Y) und (B-Y), die in Quadraturmodulation mit einem Phasenversatz von 90° moduliert werden. Diese Farbdifferenzsignale werden pegelmäßig reduziert und im PAL-Fernsehstandard als U-Signal für B-Y und V-Signal für R-Y bezeichnet. Aus den Farbdifferenzsignalen und dem Luminanzsignal (R+G+B) können die Farbkomponenten für Rot (R), Grün (G) und Blau (B) berechnet werden.

CVBS, *color, video, blank, sync Composite Video*

Composite *Video* ist ein zusammengefasstes *Videosignal*, das aus der *Luminanz*, der *Chrominanz* und den Synchron- und Austastsignalen besteht. Dieses Composite Videosignal ist das *FBAS-Signal*, in dessen Bezeichnung (F) für das Farbsignal, also das Chrominanzsignal steht, (B) für das Bildsignal, also das Luminanzsignal, (A) für die *Austastlücke* und (S) für das Synchronsignal mit dem *Synchronimpuls*.

Digitalvideo
DV, digital video

Standard	CCIR 601 NTSC	CCIR 601 PAL/SECAM	CIF	QCIF
Luminanz-auflösung (Y)	720 x 480	720 x 576	352 x 288	176 x 144
Chrominanz-Auflösung (C)	360 x 480	384 x 576	176 x 144	88 x 72
Chroma-Subsampling	4 : 2 : 2	4 : 2 : 2	4 : 2 : 0	4 : 2 : 0
Halbbilder	60	50	30	30
Zeilensprung	ja	ja	nein	nein
Datenrate (Mbit/s)	167,6 216 270	165,9 216 270	36,5	9,1

Die Entwicklung des Digitalvideos wurde wesentlich durch die grafische Bildbearbeitung beeinflusst. Die rasante Entwicklung der PC-Technik, der Grafikkarten und Kompressionsprogramme ist durch immer höhere Leistungen gekennzeichnet, die sich in der Darstellung und Verarbeitung von Bewegtbildern niedergeschlagen hat. Zudem bietet die Digitalisierung im Falle von *Video* enorme Vorteile, die sich beim Schnitt, bei der Nachbearbeitung, dem wiederholten Kopieren und der Übertragung bemerkbar machen. Digitalvideo nutzt im Allgemeinen das Komponentenvideo, bei dem die drei Primärfarben Rot (R), Grün (G) und Blau

CCIR-Standards für Digitalvideo

(B) getrennt bearbeitet werden.

Die ITU hat für Digitalvideos mehrere Standards für die digitalen Aufzeichnungsformate, die DV-Formate, definiert, und zwar für NTSC, PAL und SECAM sowie für das CIF-Darstellformat und QCIF.

Für den PAL-Fernsehstandard gilt das ITU-Dateiformat *BT.601* für YUV-Farbmodelle mit einem *Farb-Subsampling* von 4:2:2. Das bedeutet, dass das *Luminanzsignal* doppelt so häufig abgetastet wird wie die beiden *Chrominanzsignale*. Die Luminanz wird mit 13,5 MHz abgetastet, und die U- und V-Komponente mit 6,75 MHz. Das Format für den digitalen Datenstrom ist in *BT.656* festgelegt.

Für hochauflösendes Fernsehen (HDTV) gibt es an Digital-Videoformaten High Definition Video (HDV) und AVCHD, für noch höher ultra hochauflösendes Video das Ultra High Definition Video (UHDV).

EAV, *end of active video*

End of Active *Video* (EAV) sind Datenworte, die das Ende einer aktiven *Zeile* von HDTV kennzeichnen. Der *SDI*-Datenstrom ist in *BT.656* spezifiziert und besteht aus der Anfangskennung, dem Start of Active Video (SAV), den Datenworten für den sichtbaren Zeileninhalt und dem End of Active Video.

Die EAV-Kennzeichnung liegt 12 Abtastwerte vor dem folgenden horizontalen *Synchronimpuls* und besteht aus vier Datenworten. Mit diesen Datenworten wird nicht nur das Zeilenende kenntlich gemacht, sondern auch

ob die Zeile einen sichtbaren Inhalt hat oder ob es sich um eine Zeile der vertikalen *Austastlücke* handelt, und auch um welches *Halbbild* es sich handelt.

Farb-Subsampling
color subsampling

Das *Videosignal* besteht aus dem *Luminanzsignal* für die Helligkeit und dem *Chrominanzsignal* für die Farbe. Da das Auflösungsvermögen des menschlichen Auges für Farbe wesentlich geringer ist als für Helligkeitsinformationen, werden bei allen videorelevanten Farbmodellen die Chrominanzsignale mit einer wesentlich geringeren Bandbreite als das Luminanzsignal "Y" übertragen. Bei einer *Video-Bandbreite* von 5 MHz für das Luminanzsignal stehen den *Farbdifferenzsignalen*, "U" bzw. Cb und "V" bzw. Cr, nur 1 MHz bis 2 MHz zur Verfügung. Das bedeutet auch, dass die Farbdifferenzsignale ohne sichtbare Qualitätseinbußen mit einer geringeren Sampletiefe quantisiert werden können, was zu einer entsprechenden Datenreduktion führt. Das Farb-Subsampling sagt aus, in welchem Verhältnis die Helligkeitsabtastung zur Farbabtastung steht. Die Angabe 4:x:x bedeutet, dass die Luminanz mit dem Faktor 4, Cb mit dem Abtastverhältnis von x und Cr ebenfalls mit dem Abtastverhältnis von x quantisiert werden. Die Basisabtastrate beträgt 3,375 MHz, d.h. die vierfache beträgt 13,5 MHz. Mit dieser Abtastrate wird die Luminanz abgetastet.

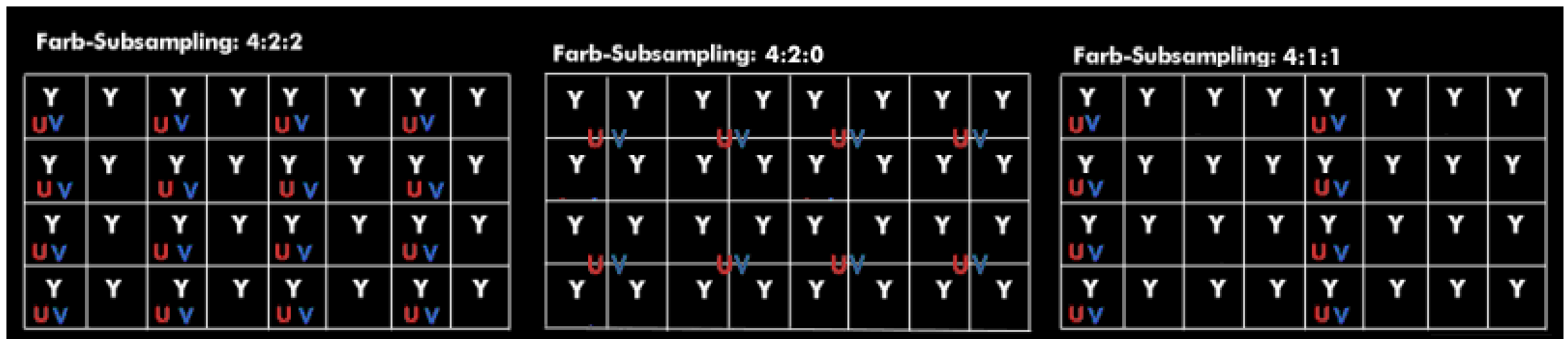
Beim Subsampling von 4:4:4 ist die Auflösung der beiden Farbdifferenzsignale identisch der des Luminanzsignals. Jeder Bildpunkt wird mit drei Werten dargestellt und die drei Werte werden mit der gleichen Häufigkeit übertragen. Die drei Farbwerte des RGB-Signals oder von YcbCr werden also gleich häufig abgetastet und übertragen. Alle Signale werden mit 13,5 MHz abgetastet. Dieses Subsampling liefert zwar die beste Bildqualität, es wird aber nur selten angewendet, und wenn, dann in der Produktion um die Farbverluste klein zu halten.

Beim Farb-Subsampling von 4:2:2 wird bei jedem Pixel der Luminanzwert abgetastet, bei jedem zweiten Pixel die beiden Chrominanzsignale. Das Helligkeitssignal wird mit 13,5 MHz und die Farbdifferenzsignale "U" und "V" mit 6,75 MHz abgetastet. Dieses Farb-Subsampling entspricht *ITU-R 601*.

Bei einem Subsampling von 4:1:1 werden die Farbdifferenzsignale bei jeder vierten Abtastung des Luminanzsignals abgetastet. Das bedeutet, dass vier Farbpixel einen U- und V-Wert haben. Die Abtastrate für die beiden Chrominanzsignale ist damit nur ein Viertel von der des Luminanzsignals.

Beim Subsampling von 4:2:0, erfolgt die Abtastung der Chrominanzsignale für jeweils vier quadratisch

Farb-Subsampling mit Luminanz- (Y) und Chrominanzsignalen (U, V)



angeordnete nebeneinander liegende Pixel. Wie bei den anderen Subsampling-Verfahren auch, wird das Luminanzsignal bei jedem Pixel abgetastet. Im Prinzip handelt es sich um eine Kombination zweier Verfahren, die auf die geraden und ungeraden *Zeilen* angewendet werden: Die ungeraden Zeilen werden im Verhältnis von 4:2:2 abgetastet, die geraden im Verhältnis von 4:0:0. Die Datenreduktion liegt wie bei der 4:1:1-Abtastung bei 50 %. Das 4:2:0-Subsampling wird bei den meisten *DV*-Formaten beim PAL-Fernsehstandard eingesetzt.

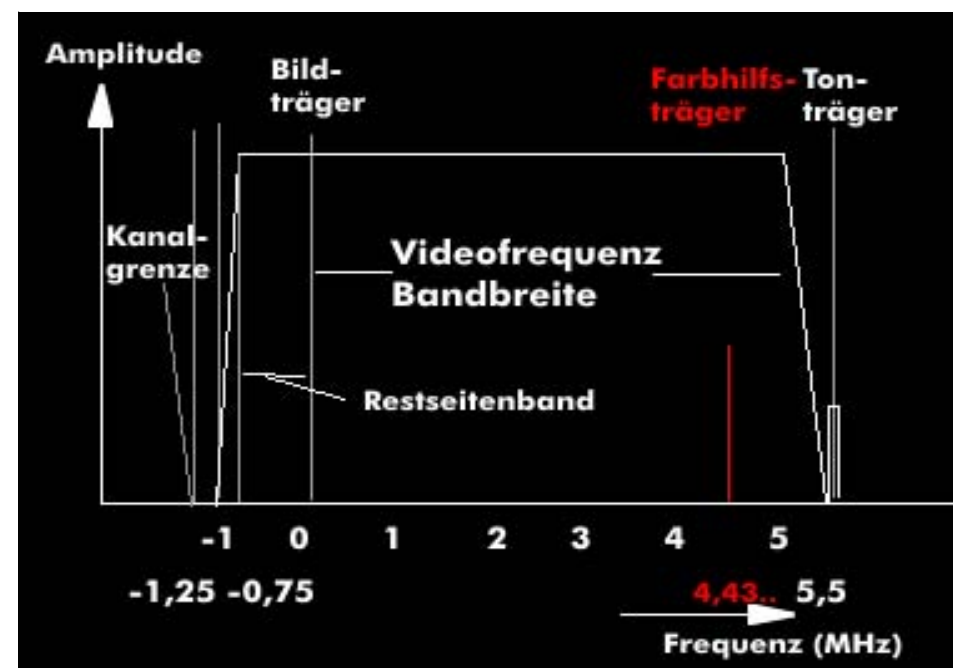
Farbdifferenzsignal *color-difference signal*

Farbdifferenzsignale sind Farbsignale, die aus den Primärfarben Rot (R), Blau (B) und dem *Luminanzsignal* (Y) gebildet werden. Es gibt die Farbdifferenzsignale B-Y und R-Y. Aus ihnen und dem Luminanzsignal können im Fernsehen die Farbsignale für Rot, Grün und Blau gewonnen werden. Im PAL-Fernsehstandard werden aus den beiden Farbdifferenzsignalen aus übertragungstechnischen Gründen das U-Signal und das V-Signal gewonnen. Sie sind pegelmäßig reduziert und in ihrer Videobandbreite gegenüber den Farbdifferenzsignalen auf 1,3 MHz begrenzt. Das U-Signal enthält die Farbabweichung Blau-Gelb und entspricht dem um Faktor 0,493 reduzierten (B-Y)-Signal, das V-Signal enthält die Farbabweichung Rot-Türkis und entspricht dem um 0,877 reduzierten (R-Y)-Signal. Sie enthalten die *Chrominanz* und werden im Gegensatz zum Luminanzsignal mit einer geringeren Bandbreite übertragen. Bei NTSC werden diese Signale mit "I" und "Q" bezeichnet. Die Farbdifferenzsignale werden in Verbindung mit dem *Farb-Subsampling* zur Datenreduktion verwendet, so beispielsweise bei JPEG.

Zwischen den Farbdifferenzsignalen, dem Luminanzsignal und den Primärfarben (R), (G) und (B) besteht ein direkter mathematischer Zusammenhang: $U = 0,49(B-Y)$, $V = 0,88(R-Y)$. Das digitalisierte U-Signal wird auch mit "Cb" und das digitalisierte V-Signal mit "Cr" bezeichnet.

"Cb" und "Cr" werden im ITU-Standard *BT.601* für *Digitalvideo* benutzt. "Cb" entspricht der Farbabweichung Blau-Gelb und "Cr" der Farbabweichung Rot-Türkis.

Farbträger *CSC, color subcarrier*



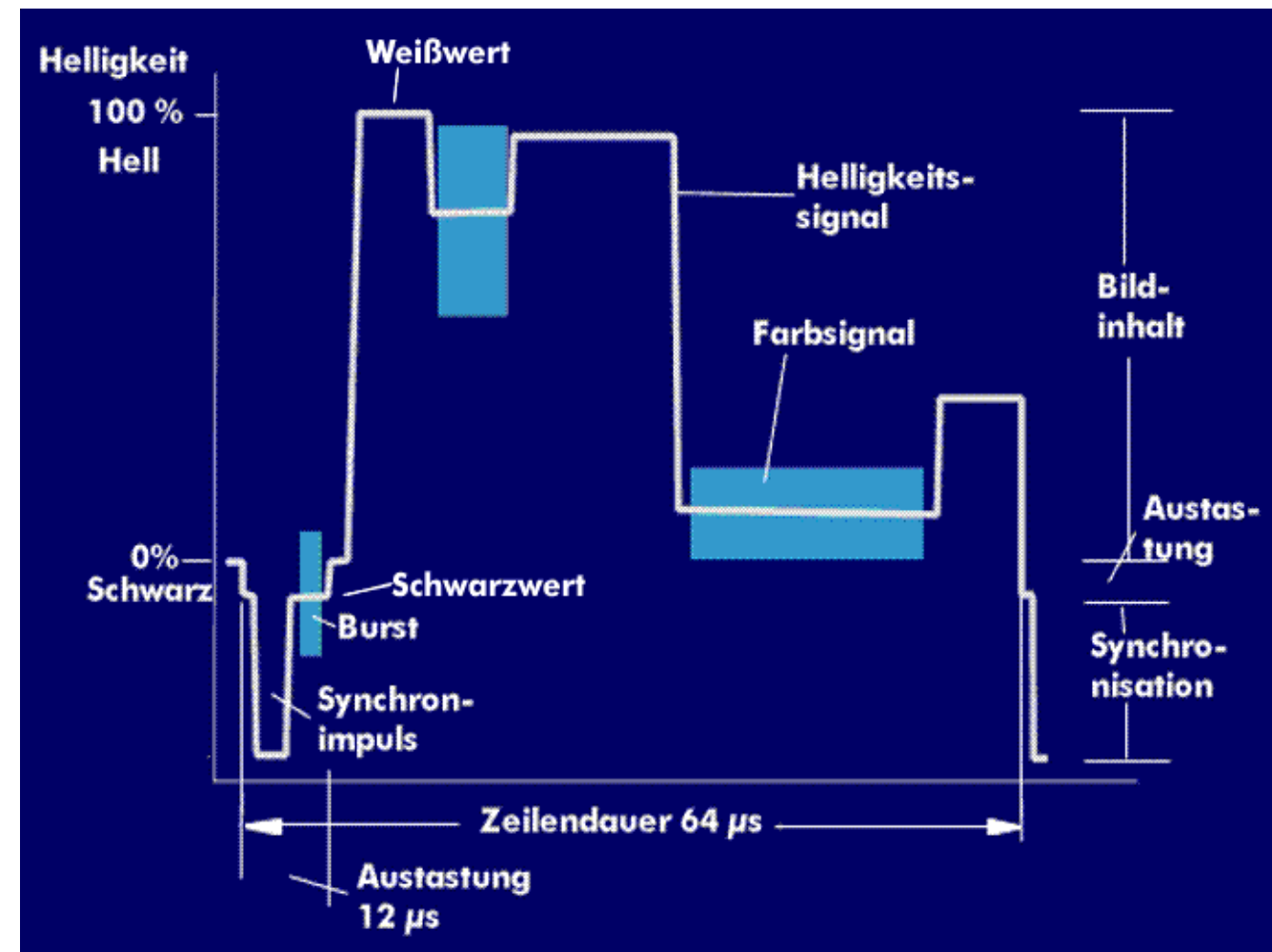
Beim Farbfernsehen werden die beiden *Farbdifferenzsignale* im Frequenzspektrum des Luminanzsignals übertragen. Als Trägersignale sind in den Fernsehnormen die Frequenzen für die Farbträger festgelegt. Damit es zu keinen Interferenzen zwischen den Spektralfrequenzen des Helligkeits- und des Farbsignals kommt, arbeitet man mit einer Amplitudenmodulation mit unterdrückter Trägerfrequenz. Die Trägerfrequenz des Farbträgers oder Farbhilfssträgers ist zudem so definiert, dass sich die Spektrallinien des Farbträgers mit denen des Luminanzsignals verschachteln. Neben diesem Interleaving der Spektralfrequenzen kompensieren sich Moirés über mehrere *Halbbilder*, die ansonsten bei

*Frequenzbänder und
Trägerfrequenzen des
PAL-Fernsehsignals*

intensiven Farben auftreten würden. Die Farbträgerfrequenz beträgt beim PAL-Fernsehstandard 4,43361875 MHz, bei NTSC 3,579545 MHz.

Um die Farbdifferenzsignale im Empfänger wieder demodulieren zu können, benötigt man als Referenzsignal für die Frequenz und die Phasenlage das Farbträgersignal. Dieses wird beim Fernsehen in Form eines Bursts auf der hinteren Schwarzschar übertragen. Empfängerseitig synchronisiert man einen Oszillator mit dem Burst, unterlegt damit die Farbdifferenzsignale und demoduliert diese.

FBAS, Farbe, Bild, Austastung,
Synchronisation
CCVS, color composite video
signal



FBAS-Zeilensignal für PAL

Das analoge FBAS-Signal, auch als Composite Video bezeichnet, beinhaltet alle Farb-, Schwarz-Weiß-, Austast- und Synchronsignale. Es setzt sich zusammen aus dem Luminanzsignal, das die Helligkeitsinformation enthält, dem Chrominanzsignal, das aus den beiden Farbdifferenzsignalen besteht, den Signalen für die vertikale und horizontale Austastung und den eingefügten Synchronisationsimpulsen. Im PAL-Fernsehstandard hat ein FBAS-Signal eine Zeilendauer von 64 µs. Darin enthalten sind 12 µs für die Horizontal-

Austastung. Für den Bildinhalt stehen somit 52 µs pro Zeile zur Verfügung. Der höchste Pegel des FBAS-Signal entspricht dem höchstem Helligkeitswert, dem Weißwert. Der Weißwert hat einen Videopegel von 100 % bezogen auf den Austastpegel und einen absoluten Pegel von 0,7 Volt. Zusammen mit dem Austastpegel ergibt sich eine Gesamtamplitude von 1 Volt. Der Schwarzwert liegt oberhalb der Synchronimpulse, so dass sich diese im Schwarzbereich befinden. Der Schwarzwert hat einen Videopegel von 0 % und einen absoluten Pegel von 0 Volt.

In der Vertikalen besteht ein Halbbild mit einer Dauer von 20 ms aus 312,5 Zeilen. Ein Vollbild aus 625 Zeilen. Bedingt durch die vertikale Austastlücke, die 50 Zeilen lang ist, sind davon 575 Zeilen sichtbar.

- Frame** In der Fernseh- und Videotechnik ist ein Frame ein Vollbild. Bedingt durch das *Zeilensprungverfahren* unterscheidet man zwischen zwei aufeinander folgenden Halbbildern, die im Englischen *Field* genannt werden und zusammen ein Vollbild, das Frame, ergeben.
- Full-Frame-Video** Um Widescreen-Filme bildschirmfüllend auf Displays mit einem Bildseitenverhältnis von 4:3 darstellen zu können, hat man das *Full-Frame-Video* für DVDs entwickelt. Bei diesem Verfahren werden die Widescreen-Aufnahmen nachbehandelt.
- Genlock** Generell treten bei der Bearbeitung von *Videosignalen* und deren Darstellung auf einem Monitor dann *generator lock* Synchronisationsprobleme auf, wenn es sich um zwei eigenständige *Synchronimpulse* handelt. Der Grund liegt darin, dass immer minimale Zeitunterschiede zwischen zwei Synchronsignalen vorhanden sind. Diese Synchronisationsprobleme zeigen sich dadurch, dass eines der beiden Videobilder stabil synchronisiert ist, das andere sich horizontal verschiebt oder in sich instabil ist. Erst wenn beide Videosignale das gleiche Synchronsignal benutzen, werden sie stabil dargestellt. Dafür sorgt der Genlock (Generator Locking), ein externes Synchronisationssignal. Das Genlock-Signal ist ein zentrales Synchronsignal und übernimmt die Synchronisationsfunktionen für alle angeschlossene Videogeräte. Es sorgt dafür, dass alle *Video-Einheiten* fest an das Genlock-Signal gekoppelt ist. Die angeschlossenen Videogeräte wie Videokameras, Schnitt- und Mischplätze, Einblend- und Überblendvorrichtungen, Videorecorder, Digitizer, Computergrafikkarten und auch Monitore haben dadurch keinen zeitlichen Versatz untereinander.
- Halbbild** Ein Fernsehbild wird zur Reduzierung des Flimmerns in zwei Teilbildern übertragen, die als Halbbilder *field* bezeichnet werden. Im ersten Halbbild werden nach dem *Zeilensprungverfahren* alle ungeraden *Zeilen* übertragen, im zweiten alle geraden. Die aufeinander folgenden Halbbilder mit den ungeraden und geraden Zeilen bilden zusammen ein *Vollbild*. Das erste Halbbild beginnt im PAL-Fernsehstandard am oberen Bildschirmrand mit einer halben rechten Zeile und endet am unteren rechten Bildschirmrand mit einer ganzen Zeile, das zweite Halbbild beginnt am oberen Bildschirmrand mit einer ganzen Zeile und endet am unteren Bildschirmrand mit einer halben linken Zeile. Jedes Halbbild hat daher 312 und eine halbe Zeile und eine *Bildwechselfrequenz* von 50 Hz, die sich bei zwei Halbbildern auf 25 Hz für ein Vollbild halbiert.
- Headroom** In der digitalen Videotechnik ist der Headroom der Signalbereich oberhalb von 100% Weiß, das sogenannte *Aussteuerungsreserve* Ultraweiß. Dieser Bereich wird bei der Aussendung der Signale unterdrückt. Ursprünglich diente dieser Bereich dazu positive Signalspitzen abzufangen, so dass keine Überschreitung und ggf. Vorzeichenumkehr des Videosignals auftreten konnte. Ein digitales *Videosignal* kann so zusätzliche 9% Freiraum benutzen, ohne dass ein Überlauf in den Schwarzbereich stattfindet. Der gesamte Aussteuerbereich ist damit 109 %. Dieser Aussteuerbereich kann für die Pegelaussteuerung von *SDI-Signalen* genutzt werden. Auf modernen DVDs und in den entsprechenden Abspielgeräten werden diese Werte wiedergegeben und erhöhen so die verfügbare Signaldynamik.

IRE, international radio engineers IRE-Wert

Bei analogen Fernsehen werden das Chrominanz- und das *Luminanzsignal* für die zeilen- und bildweise Bildschirmdarstellung benutzt. Im Gegensatz dazu werden bei Computergrafiken als einzelne Pixel dargestellt. Damit solche Grafiken in ihrer Helligkeit und ihrem Kontrast die Darstellmöglichkeiten der Bildschirme nicht überschreiten und zu übersättigten Bildern führen, gibt es mit dem IRE-Wert entsprechende Richtwerte für die Abstufung von Grauskalen.

Der IRE-Wert ist dimensionslos und wurde von den International Radio Engineers (IRE) für die Kalibrierung der Gradation von Bildschirmen benutzt. Mit ihm können alle Graustufen der Grauskala eingestellt werden. Der *Schwarzwert* hat einen IRE-Wert von 7,5 und der *Weißwert* einen von 100. Die dazwischen liegenden Grauwerte sind im Schwarzbereich stark komprimiert. Spannungsmäßig gibt es zwischen dem IRE-Wert und dem Spannungswert für das Helligkeitssignal die Beziehung: $IRE = 1/140 \text{ mV}$, danach entsprechen 10 IRE einem Helligkeitspegel von 71,4 mV, der Weißwert von 100 IRE hat 0,714 V.

Luminanz Y, luminance

Die Luminanz (Y) ist die Leuchtdichte einer Videodarstellung. Sie ist ein Maß für den Helligkeitseindruck. Da das menschliche Auge Helligkeitsunterschiede wesentlich besser auflöst als Farbnuancen, bestimmt die Luminanz den Schärfeeindruck des Videobildes. Das Luminanzsignal wird daher in allen Fernseh- und Video-Standards mit wesentlich höherer Bandbreite übertragen als der Farbanteil, die so genannte *Chrominanz* (C). In Farbfernsehsystemen setzt sich das Luminanzsignal aus der Addition von Farbanteilen der Primärfarben Rot (R), Grün (G) und Blau (B) zusammen. Diese Farbanteile sind durch die Augenempfindlichkeit bedingt, die im Blau- und Rotbereich wesentlich unempfindlicher ist als im Grünbereich. Dieses spektrale Helligkeitsempfinden wird durch die so genannte V-Lambda-Kurve beschrieben und hat beim Luminanzsignal von Standard Definition Television (SDTV) folgende Bedingung: $Y = 0,299(R) + 0,587(G) + 0,114(B)$. Setzt sich das Luminanzsignal aus diesen Farbanteilen zusammen, dann ist eine helligkeitsrichtige Schwarz-Weiß-Wiedergabe von Farbbildern gewährleistet.

Für HDTV gilt V-Lambda: $Y = 0,21(R) + 0,71(G) + 0,08(B)$. Danach werden bei HDTV dunkle Farben dunkler wiedergegeben.

SAV, start of active video

In Digital-TV wird der Beginn und das Ende einer Zeile in den *SDI-Signalen* durch entsprechende Datenworte gekennzeichnet. Zu Beginn einer Zeile wird Start of Active Video (SAV) übertragen, am Ende mit End of Active Video (EAV). Dazwischen befindet sich der Datenstrom mit dem Zeileninhalt.

Das SAV-Datenwort umfasst vier oder acht Byte und kennzeichnet den Beginn einer Zeile, außerdem ob diese Zeile sichtbaren Bildinhalt enthält oder ob es sich um eine dunkelgetastete Zeile in der vertikalen



Videozeile eines BT.601-Signals nach BT.656

Austastlücke handelt und darüber hinaus zu welchem *Halbbild* die Zeile gehört. Das SAV-Signal dient auch der Synchronisation.

Der gesamte Datenstrom ist in *BT.656* spezifiziert.

Schwarzwert
black level

Schwarzwert ist ein Helligkeitswert und ein definierter Pegel eines Videosignals.

Als Helligkeitswert repräsentiert der Schwarzwert die dunkelsten Bilddetails, die auf einem Display dargestellt werden können. Es ist ein Display-spezifischer Wert, der auch bei dunklen Darstellungen den Tiefeneindruck und die Räumlichkeit des Bildes nicht beeinträchtigen sollte. Dagegen beeinträchtigen schlechte Schwarzwerte die Dynamik der Darstellung und damit den Bildeindruck und die Plastizität, weil die dunkelsten Bilddetails grau dargestellt werden.

Im *Videosignal* ist der Schwarzwert ein definierter Pegel. Er liegt pegelmäßig oberhalb der Synchronisationsimpulse und entspricht der Helligkeit von 0 % und dem Helligkeitspegel von 0 Volt. In Relation dazu liegt der Weißwert bei 100 % und 1 Volt.

SDI, serial digital interface
SDI-Schnittstelle

Unter Serial Digital Interface (SDI) gibt es mehrere von der ITU-R und der SMPTE verabschiedete Standards für die serielle Übertragung von unkomprimiertem *Digitalvideo* über Koaxialkabel. Der SDI-Standard, von der ITU-R standardisiert unter *BT.656*, spezifiziert mehrere Übertragungsraten für *Composite Video* und Komponentenvideo in normaler und hoher Auflösung im Normal- und Breitbildformat. Dafür werden unterschiedliche Klassen mit SD-SDI (SDTV), ED-Auflösung (EDH) und HD-SDI (HD-Auflösung), definiert. SD-SDI zielt auf Standard Definition Television (SDTV), das in *BT.601* definiert ist und mit einem *Farb-Subsampling* von 4:2:2 arbeitet. Der serielle Videostream hat eine Datenrate von 270 Mbit/s. HD-SDI eignet sich für hochauflösendes Fernsehen (HDTV) nach *BT.709*. Der serielle Videostream hat eine Datenrate von 1,485 Gbit/s.

DC-SDI steht für D-Cinema Serial Digital Interface. Diese Schnittstelle ist für unkomprimierte HDTV-Signale ohne Farb-Subsampling (4:4:4) und einer Digitalisierung von 12 Bits ausgelegt. Die resultierende Datenrate

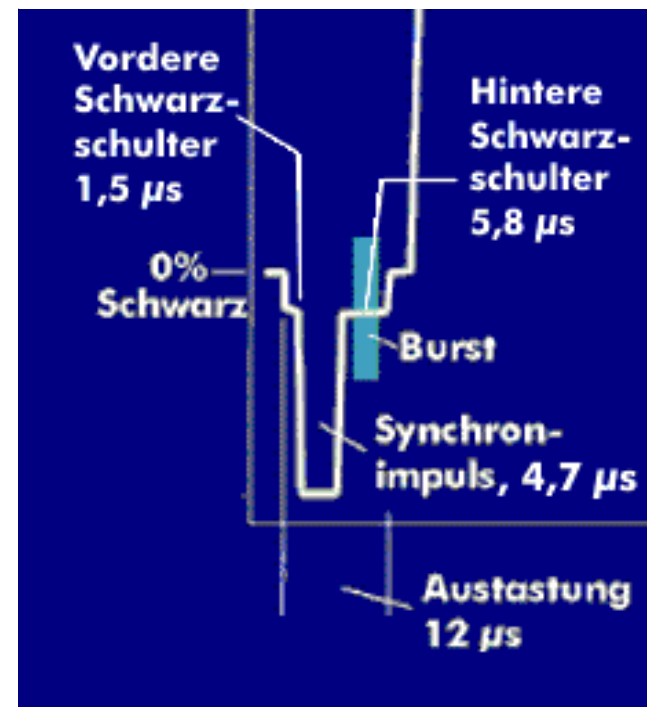
VideofORMAT	Video	Datenraten
NTSC	Composite	143 Mbit/s
PAL 4:3	Composite	177 Mbit/s
	Komponenten 4:2:2	270 Mbit/s
16:9	Komponenten 4:2:2	360 Mbit/s
	Enhanced Komponenten	540 Mbit/s 1,485 Gbit/s
HDTV		
D-Cinema	Komponenten	2,97 Gbit/s

beträgt 2,97 Gbit/s. Die Übertragung von SDI-Signalen erfolgt über RG-59-Kabel mit BNC-Steckern und einer Impedanz von 75 Ohm. Der Pegel des Datenstroms beträgt 800 mV, die überbrückbare Entfernung liegt bei den Datenraten bis zu 270 Mbit/s bei 300 m, bei höheren Datenraten sind es 100 m. Die Daten werden in NRZ-I-Codierung übertragen.

Die SDI-Standards sind für die professionelle Studioteknik, sie werden für unkomprimiertes und unverschlüsseltes *Video* benutzt, dessen paketierter Datenstrom nach *BT.656* spezifiziert ist. Neben den Videodaten können in dem Datenstrom auch Audiodaten von bis zu vier Audiokanälen übertragen werden.

Datenraten für das Serial Digital Interface (SDI) für die verschiedenen Videoformate

Synchronimpuls *synchronous puls*



*Synchronimpuls vom
FBAS-Signal mit vorderer und
hinterer Schwarzschulter*

Synchronimpulse sind Bestandteil des *FBAS-Signals* und anderer Rasterdarstellungen. Sie dienen bei der Fernseh- und Videodarstellung der Synchronisation der einzelnen *Zeilen* und der *Halbbilder*. Jede Zeile beginnt mit einem Horizontal-Synchronisationsimpuls (H-Sync), der die horizontale Ablenkung des Strahls von links nach rechts aktiviert. Ist der Elektronenstrahl am rechten Bildschirmrand, wird er während der *Austastlücke* dunkel getastet und während dieser Zeit an den nächsten Zeilenanfang zurück geführt.

Gleiches gilt für die Synchronisation der Halbbilder. Jedes Halbbild beginnt mit einem vertikalen Synchronimpuls (V-Sync), der dafür sorgt, dass die vertikale Ablenkung des Elektronenstrahls von oben nach unten erfolgt. Auch hier wird die Strahlrückführung während des Bildwechsels durch die Austastung dunkel getastet.

Nach den Fernsehstandards liegt der Pegel des Synchronimpulses unterhalb des Schwarzpegels, damit er nicht im Bild sichtbar ist.

Zusätzlich wird er mit der Austastlücke dunkelgetastet. Vor dem horizontalen Synchronimpuls liegt die vordere Schwarzschulter, dahinter die hintere Schwarzschulter.

VESA, *video electronic standard association*

Video Electronic Standard Association (VESA) ist eine Organisation, die sich aus führenden Herstellern von Hard- und Software im Bereich der Grafikdarstellung zusammensetzt. Zu den über 300 Mitgliedern dieser Organisation gehören Monitor- und Grafikkartenhersteller, die sich um einheitliche Richtlinien und um die Kompatibilität von grafischen Computerkomponenten kümmern.

Darüber hinaus hat die VESA den VESA Local Bus (VLB) sowie eigene Grafikstandards entwickelt, die in Grafikkarten implementiert wurden, so das VESA-Format, aus dem sich SVGA entwickelt hat, oder die Home Network Committee Specification, in der die Übertragungsstandards für Audio, Video und PC-basierte Anwendungen definiert werden, oder das Display Power Management System (DPMS), mit dem der Stromverbrauch von Monitoren durch Umschalten auf den Sparmodus reduziert wird.

<http://www.vesa.org>

Video

Video ist die visuelle Darstellung einer Sequenz von aufeinander folgenden Einzelbildern zum Zwecke einer Bewegtbilddarstellung.

Die Entwicklung reicht in die 30er Jahre zurück und ist, was die klassische analoge Videotechnik betrifft, stark durch die historische Entwicklung geprägt. Video hat in den 70er Jahren von der Studioteknik her kommend auch den Konsumbereich erobert als mehrere konkurrierende inkompatible Verfahren auf den Markt kamen. Dazu gehörten als Video-Aufzeichnungsverfahren VHS, Video 200, Beta, VCR, Video-8 und Hi8, um nur die bekanntesten zu nennen.

Durchsetzen konnte sich nur das VHS-System und später im mobilen Bereich auch das Video-8-System. Beide Systeme sind heute weltweiter Standard.

Die technische Entwicklung hat in relativ kurzer Zeit erstaunliche Fortschritte gemacht und führte neben der Miniaturisierung auch von den analogen Videoformaten hin zu DV-Formaten für Digitalvideo. Das wirkte sich auch auf die Speichermedien aus. So sind als Datenträger für Videoinformationen neben den VHS- und Video-8-Bandgeräten die Bildplatte und die DVD, die gegenüber der Bildplatte wesentliche Vorteile aufweist.

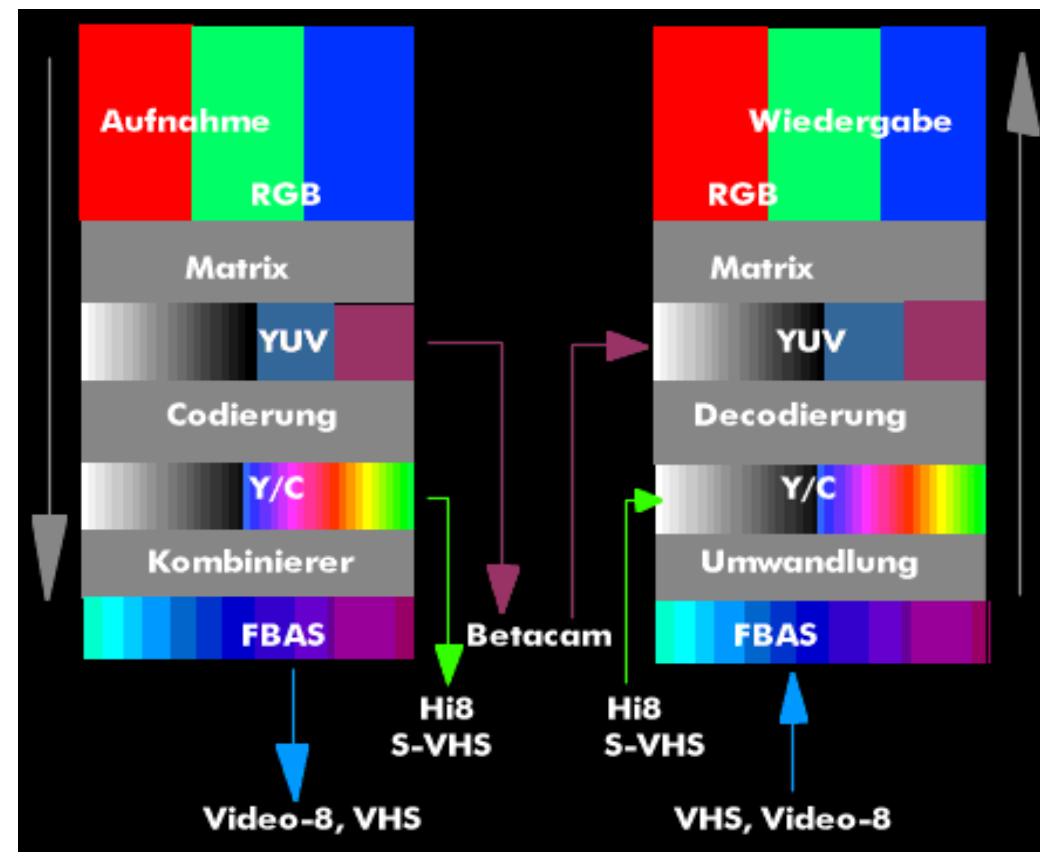
Video-Bandbreite
video bandwidth

Bei der *Video-Bandbreite* muss man zwischen der Bandbreite für analoges Video und *Digitalvideo* unterscheiden. Generell hängen beide unmittelbar zusammen und sind durch die Entwicklung des Fernsehens geprägt.

Bei einem Fernsehbild ist die übertragbare Bandbreite abhängig von der Anzahl der *Zeilen*, der *Bildwiederholfrequenz* und dem Bildseitenverhältnis. Diese drei Parameter bestimmen den theoretischen Bandbreitenwert für das *Videosignal*. Bei PAL bedeutet das: 625 Zeilen, 25 *Vollbilder* und ein Bildseitenverhältnis von 4:3. Daraus ergeben sich 625 x 833, also 520.000 Bildpunkte und damit eine Bandbreite von 6,5 MHz. Bei PAL wird diese Bandbreite, die dem *Luminanzsignal* zusteht, bei 5 MHz abgesenkt.

Aus der Auflösung der Bildschirmdarstellung von 520.000 Bildpunkten und einer Quantisierung des Farbsignals mit 24 Bit ergibt sich eine Dateigröße von 1,56 MB/Bild oder 39 MB/s als adäquate Bandbreite. Die CCIR hat für die Darstellung von Digitalvideo verschiedene Dateiformate festgeschrieben, die sich in der Auflösung und damit im Speicherplatzbedarf unterscheiden: das CIF-Darstellformat und QCIF sowie das ITU-Dateiformat *BT.601* und HDTV.

Videoformat
video format



Bedingt durch die klassische analoge Videotechnik kann man bei den Videoformaten zwischen solchen unterscheiden, die als Analogsignale in der Studio-, Speicherungs-, Übertragungs- und Darstellungstechnik vorkommen und anderen, die als Digitalsignale komprimiert, übertragen und dargestellt werden. Zu den Erstgenannten gehören die Signale des Komponentenvideos mit RGB als typischem Vertreter, YUV, das *Luminanzsignal* mit zwei *Farbdifferenzsignalen*, Y/C-Video mit getrennten Luminanz- und Chrominanzanteilen und Composite Videos mit *FBAS*. Zwischen den verschiedenen Videoformaten bestehen unmittelbare Zusammenhänge, so lässt sich aus dem RGB-Signal durch eine mathematische Verbindung das YUV-Signal ableiten und

Videoformate von der Aufnahme bis zur Wiedergabe

daraus das Y/C-Signal, das wiederum die Basis für das FBAS-Signal darstellt.

Die Qualität der Videospeicherung hängt von dem Einsatzgebiet ab und damit von dem speicherbaren Videoformat. Für professionelle Anwendungen, die die *Videosignale* in YUV speichern, gibt es für die analoge Aufzeichnung Betacam. Y/C-Video für hohe Konsumansprüche kann mit S-VHS und Hi8 gespeichert werden. Und für die allgemeine Konsumelektronik gibt es VHS und Video-8.

Außerdem spielen spezielle Videoformate bei der Speicherung von Video auf Compact Discs (CD) oder DVDs eine wesentliche Rolle.

Bei *Digitalvideos* sind für die Videodateiformate die Videokompression, das Streaming und die Darstelldateiformate ausschlaggebend. Hierbei geht es um MPEG, DivX, Advanced Video Coding (AVC), H.261, H.263, H.264/AVC, QuickTime, das AVI-Dateiformat und WMV-Dateiformat, des Weiteren um das CIF-Darstellformat, um QCIF, FCIF und HDTV.

Videosignal
video signal

Videosignale finden ihren Ursprung im analogen Fernsehen. Der Anteil am Fernsehsignal, der die Bildinformationen enthält, heißt *Video*. Ausgehend von dieser klassischen analogen Videotechnik hat sich die Videotechnik mit der Digitalisierung andere Formate angenommen.

Die klassische Videotechnik arbeitet mit einer Bildschirmdarstellung, die in der Horizontalen von links nach rechts und in der Vertikalen von oben nach unten erfolgt. Die horizontale Abtastung nennt man *Zeile*, die vertikale Abtastung Bild. Aus technischen Gründen und unter Ausnutzung der Trägheit des Auges unterscheidet man beim klassischen Video zwischen zwei Bildern, die als *Halbbilder* bezeichnet werden und zusammen ein Bild oder *Vollbild* ergeben. Die zwei Halbbilder unterscheiden sich dadurch, dass in einem Halbbild die geraden Zeilen (2, 4, 6, ..) und in dem folgenden Halbbild die ungeraden Zeilen (1, 3, 5, ...) dargestellt werden. Legt man beide Halbbilder übereinander ist die Zeilenstruktur eines Vollbildes komplett. Diese Technik nennt man *Zeilensprungverfahren*, bekannt auch als Interlacing.

Das klassische Video hat eine historische Entwicklung hinter sich, die nicht ohne Weiteres ersetzt werden kann. Dazu gehören die so genannten *Austastlücken* in der Horizontalen und Vertikalen. Diese trugen den damaligen technischen Möglichkeiten Rechnung, weil der Elektronenstrahl am Ende einer Zeile dunkelgesteuert wird und an den nächsten Zeilenanfang gestellt werden muss. Gleiches gilt für die Rückführung des Elektronenstrahls von unten nach oben, was während der vertikalen Austastlücke erfolgt. Des Weiteren sind die Modulationstechniken für die Bildinformation Relikte eines technischen Entwicklungsstandes von vor über 50 Jahren. Dabei ist zu berücksichtigen, dass alle Video-Entwicklungen

System	Video-Bandbreite (MHz)			
	Gesamt	Y	U/I	V/Q
HDTV	9,0	10,0	5,0	5,0
NTSC	6,0	4,2	1,0	0,6
PAL	8,0	5,5	1,8	1,8
SECAM	8,0	6,0	2,0	2,0

immer die Kompatibilität zwischen vorhandener und zukünftiger Technik berücksichtigen mussten. Das betraf im Besonderen die Einführung des Farbfernsehens. Neben dem Schwarz-Weiß-Signal, das im Informationsgehalt nicht verändert werden konnte, musste zusätzlich ein Farbsignal übertragen werden, ohne dass Schwarz-Weiß-Fernseher durch das Farbsignal beeinträchtigt werden durfte. Deshalb gibt es das *Videoformat* mit zwei in der Bandbreite reduzierten *Farbdifferenzsignalen*, die die geringere Farbauflösung des menschlichen Auges berücksichtigen und sich im YUV-

Videonormen im Vergleich

Farbmodell widerspiegeln. Bis auf das YUV-Signal gelten die Erläuterungen für alle Farbfernsehstandards PAL, NTSC und SECAM.

Das Videosignal besteht aus dem Schwarz-Weiß-Signal, das als *Luminanzsignal* bezeichnet wird, dem Austast- und den *Synchronimpulsen*. Dieses Signal nennt man *BAS-Signal*, wobei "B" für Bild, "A" für Austastung und "S" für Synchronisation steht. Das entsprechende Farbsignal *FBAS* mit "F" für Farbe. Dieses Signal wird auch als Composite Video bezeichnet.

Neben dem Composite Video kann ein Videosignal auch aus den drei Farbkomponenten Rot (R), Grün (G) und Blau (B) bestehen. Man spricht dann von Komponentenvideo.

Ebenso ist es möglich das Helligkeitssignal (Y) und das komplette Farbsignal (Chrominanzsignal, C) getrennt aufzuzeichnen. Man spricht dann von separiertem Video, S-Video, oder von Y/C-Video.

Vollbild
frame Bei allen Fernsehnormen wird das Fernsehbild zur Reduzierung des Flimmerns im *Zeilensprungverfahren* dargestellt. Bei diesem Verfahren werden zwei Teilbilder erzeugt: eins, das nur aus den ungeraden *Zeilen* besteht und ein zweites, das nur aus geraden Zeilen besteht. Diese Teilbilder heißen *Halbbilder*. Zwei dieser Halbbilder addieren sich zu einem Vollbild, einem Fernsehbild mit allen Zeilen, den geraden und den ungeraden.
Beim PAL-Fernsehstandard arbeiten die Halbbilder mit einer *Bildwechselfrequenz* von 50 Hz, das Vollbild hat somit 25 Hz.

Weißabgleich
WB, white balance Beim Weißabgleich wird die Videokamera auf die Farbtemperatur der Beleuchtung abgeglichen. Jede Lichtquelle hat eine andere Farbtemperatur. Bei Tageslicht und Kunstlicht ist es so, dass die Farbtemperaturen weit auseinander liegen. Selbst Tageslicht ändert mit dem Stand der Sonne seine Farbtemperatur. Während Sonnenlicht bei 6.500 Kelvin (K) liegt, sinkt die Farbtemperatur bei Bewölkung auf etwa 5.500 Kelvin. Kunstlicht tendiert wesentlich stärker hin zu Rot mit Farbtemperaturen von unter 3.200 Kelvin.
Diese Farbunterschiede werden von den Menschen nicht wahrgenommen, weil die chromatische Adaption des Auges die unterschiedlichen Farbtemperaturen kompensiert. Anders ist es bei *Video-* und *Digitalkameras*. Hier machen sich solche Farbtemperaturdifferenzen in der Aufnahme störend bemerkbar da die Aufnahmen blau- oder rotstichig werden.
Der Weißabgleich kompensiert diese Farbstichigkeit indem er vor der Aufnahme eine Weißreferenz festlegt, die im weitesten Sinne unabhängig ist von der Farbtemperatur der Lichtquelle. Dabei bezieht sich die Weißreferenz auf ein weißes Bilddetail. Die Einstellung der Weißreferenz könnte über ein weißes Blatt Papier vornehmen, das als Aufnahmeobjekt vor die Videokamera gehalten wird. Die Einstellung kann dabei automatisch (Full Automated White Balance, FAW), halbautomatisch durch vorgegebene Farbtemperaturen für Sonnenlicht und Kunstlicht oder manuell erfolgen.

Zeile
line Von einer Zeile spricht man bei Text- und Videodarstellungen. Im ersten Fall handelt sich um eine waagerechte Anordnung von Buchstaben, Ziffern und Zeichen, im zweiten um die waagerechte Anordnung von Bildpunkten.

In der Bildschirm- und Videotechnik ist eine Zeile eine waagerechte Linie, die vom linken zum rechten Bildschirmrand reicht und Helligkeits- und Farbinformationen enthält. Bei analoger Darstellung entsprechen die Helligkeits- und Farbinformationen unterschiedlichen Pegeln, bei digitaler Darstellung hat jeder einzelne Bildpunkt Digitalwerte für Rot, Grün und Blau. Viele untereinander liegende Zeilen bilden ein Bild. In Computer-Diplays ist die Zeilenlänge abhängig vom Bildformat, der Bildschirmauflösung und dem Bildseitenverhältnis. In der Fernseh- und Videotechnik von der *Video-* und Fernsehnorm.

TV-Standard	Variante	Pixelzahl		Zeilenzahl		Bildfrequenz	Einsatz
		Aktiv	Gesamt	Aktiv	Gesamt	Vollbilder	
480 Zeilen	480i/29,97	720	858	480	525	29,97	USA, Japan
	480i/60	720	858	480	525	29,97	USA, Japan
	480psF/29,97	720	858	480	525	29,97	USA, Japan
575 Zeilen	Analoges SDTV	702	833	575	625	50 Halbb. 25	Europa
576 Zeilen	576i/25	720	864	576	625	25	Europa
	576p/25	720	864	576	625	25	Europa
	576psF/25	720	864	576	625	25	Europa
720 Zeilen	720p/24	1.280	1.650	720	750	24	USA, Japan
	720p/25	1.280	1.650	720	750	25	International
	720p/29,97	1.280	1.650	720	750	29,97	USA, Japan
	720p/30	1.280	1.650	720	750	30	USA, Japan
	720p/50	1.280	1.650	720	750	50	International
	720p/59,94	1.280	1.650	720	750	59,94	USA, Japan
	720p/60	1.280	1.650	720	750	60	USA, Japan

i, interlaced
p, progressive scan
psF, progressive segmented frame

Digitale TV-Standards 480, 576 und 720 mit deren Pixel- und Zeilenzahlen