

Diplomarbeit

Kompressionsstrategien bei HDTV

Ausgeführt zum Zweck der Erlangung des akademischen Grades eines

Dipl.-Ing. (FH) Telekommunikation und Medien

Am Fachhochschul-Diplomstudiengang Telekommunikation und Medien in St. Pölten

unter der Erstbetreuung von

Prof. Dr. Ing. Jakob Wassermann

Zweitbegutachtung von

Markus Seidl Bakk.

ausgeführt von

Monika Janisch

tm0210038054

Ehrenwörtliche Erklärung:

Ich versichere, dass

- ich die vorliegende Diplomarbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubten Hilfe bedient habe.

- ich dieses Diplomarbeitsthema bisher weder im Inland noch im Ausland einem Begutachter/einer Begutachterin zur Beurteilung oder in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe.

Diese Arbeit stimmt mit der von den Begutachtern beurteilten Arbeit überein.

.....

Ort, Datum

.....

Unterschrift

Kurzfassung

Das Thema des hochauflösenden Fernsehens gewinnt soeben immer mehr an Aktualität. Diese Arbeit befasst sich mit der Umsetzung und den damit verbundenen Kompressionsstrategien von HDTV. Die ersten Privatsender haben sich bereits für die Übertragung der hochauflösenden Bilder entschieden.

Doch damit mussten auch effiziente Kompressions- und Übertragungsstrategien eingesetzt werden, um die hohen Datenraten zu minimieren ohne dabei sichtbare Qualitätsverluste hinzunehmen.

Diese Arbeit soll einen Einblick darüber geben, welche Kompressionsstrategien für die Umsetzung von HD-Signalen in der Praxis sinnvoll sind und auch bereits eingesetzt werden können. Es wird auf die technischen Grundlagen der Kompression, deren Datenverarbeitung und auf die damit entstehenden Probleme eingegangen.

Weiters wird ein Überblick über die verschiedenen HD-Formate und Speichermöglichkeiten aufgezeigt. Die genauen Standards und die technischen Voraussetzungen werden Näher erläutert.

Diese Arbeit gibt auch einen Einblick in den Bereich der HD-Postproduktion sowie eine Aufstellung der aktuellen Schnittsysteme, welche bereits HD-tauglich sind und zeigt Lösungsansätze die in der Praxis angewandt werden. Dabei wird speziell auf den vom Marktführer Avid entwickelten DNxHD-Codec eingegangen. Dieser Codec wählt gezielt den Mittelweg zwischen atemberaubender Bildqualität und beabsichtigter verlustvoller Bildkompression.

Da es von den verschiedenen Herstellern unterschiedliche Lösungsansätze gibt, zeigt sich die weitere Entwicklung rund um das Thema HD sehr interessant und ist bei weitem noch nicht abgeschlossen.

Abstract

The subject of high definition television becomes more and more up to date. This diploma thesis deals with the implementation of HDTV compression-strategies. The first private broadcast stations already decided in favour of high resolution transmission.

Therefore efficient compression- and transmission-strategies had to be employed to minimize the data rates without a loss of quality.

This work delivers insight into which compression strategies are reasonable for the transformation of HD-signals and which can already be used in practice.

The technical basics of compression, its data handling and the resultant problems are pointed out.

Furthermore an overview of the different HD-formats and storage-possibilities will be shown. The standards and technical requirements will be exemplified.

This thesis also gives an insight into HD-postproduction and the current cutting-systems, which are already HD-compatible. The DNxHD codec, developed from the market leader AVID, will be explained in detail. This codec strikes a balance between breath taking picture quality and high compression-rates.

At the moment there are a lot of different methods of resolution from different producers. Therefore the subject HD is far from being completed yet and becomes more and more interesting for the near future.

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	3
Abstract	4
Inhaltsverzeichnis	5
Abbildungsverzeichnis	7
Tabellenverzeichnis	9
Abkürzungsverzeichnis	10
1 Einleitung	12
2 Allgemeine Grundlagen	13
2.1 Bewegtbildübertragung	13
2.2 Bildübertragungsprinzip	13
2.2.1 Progressive Mode	14
2.2.2 Interlaced Mode	15
2.2.3 Bildauflösung und Bildseitenverhältnis	16
3 Fernsehsignalübertragung	19
3.1 Analog	19
3.1.1 Terrestrische Ausstrahlung	19
3.1.2 Satellitenübertragung	20
3.1.3 Kabelfernsehen	22
3.2 Digital	23
3.2.1 DVB-Digital Video Broadcasting	23
4 SDTV - Standard Definition Television	26
4.1 Farbfernsehnormen	26
4.1.1 NTSC	26
4.1.2 SECAM	27
4.1.3 PAL	28
4.2 Kompressionsstandards	30
4.2.1 Kompressionsverfahren	31
4.2.2 GOP – Group of Pictures	33
4.2.3 MPEG-Standards	36
4.2.4 Farbsampling	38
4.2.5 SD-Formate und Aufzeichnungsmöglichkeiten	41
5 HDTV - High Definition Television	43
5.1 Erklärung	43

5.2	Entwicklung.....	44
5.2.1	Analog.....	46
5.2.2	HD Digital.....	48
5.3	Technische Voraussetzungen.....	49
5.3.1	Hardwarevoraussetzungen für HDTV	49
5.4	Videostandards für HDTV	52
5.5	Videocodierverfahren bei HD	54
5.5.1	MPEG-2 Standard ISO/IEC13818 (1993).....	54
5.5.2	WMV HD - Windows Media Video 9 Professional Standard SMPTE (2003)	55
5.5.3	MPEG-4 (Part 10) Standard ISO/ICE 14496 (1999).....	56
5.5.4	MPEG-4/AVC und VC-1 im Vergleich.....	60
5.5.5	Weitere Kompressionstechnologien für HDTV	62
5.5.6	Kompressionsstrategien von HDTV –Signalen in der Praxis.....	63
5.6	HD-Speicherformate	64
5.7	Digitale Postproduktion	70
5.7.1	Nonlineare Schnittsysteme für HD.....	70
5.7.2	Postproduktion Avid DNxHD.....	75
6	Zusammenfassung und Ausblick.....	79
	Literaturverzeichnis	80
	Stichwortverzeichnis	82

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Bildsignalübertragung [5]	14
Abbildung 2: Progressiver Bildaufbau	14
Abbildung 3: Zeilensprungverfahren [5]	15
Abbildung 4: Bildformate und Auflösung	16
Abbildung 5: Abschattung der terrestrischen Welle [1], S. 178.....	20
Abbildung 6: Satellitenpositionen [1], S. 178.....	21
Abbildung 7: Polarisationsrichtungen [1], S. 181	21
Abbildung 8: Distributionskanäle für digitales Fernsehen	23
Abbildung 9: Koordinatenvergleich U, V und I, Q; Bandbegrenzung für I und Q [1], S 66	27
Abbildung 10: Prinzip der PAL-Phasenfehlerkompensation [1], S. 70	29
Abbildung 11: GOP - Group of Pictures, MPEG Bildfolge.....	35
Abbildung 12: Übertragung der Bildfolge	35
Abbildung 13: Sampling 4:2:2	39
Abbildung 14: Sampling 4:1:1	39
Abbildung 15: Sampling 4:2:0	40
Abbildung 16: Relation von HDTV 1080i zu PAL (links oben) [14]	43
Abbildung 17: Die älteste regelmäßige HDTV-Übertragung in den USA: "Tonight Show" auf NBC mit Jay Leno.	45
Abbildung 18: HD-MAC-Konzept	48
Abbildung 19: HDMI Schnittstelle und HDMI-Stecker	50
Abbildung 20: DVI Schnittstelle und DVI-Stecker	51
Abbildung 21: "offizielle" HD-ready-Logo	51
Abbildung 22: HDTV Receiver Humax PR-HD1000	52
Abbildung 23: WMV-HD Logo	56
Abbildung 24: Variable Blockgrößen.....	58
Abbildung 25: HD-D5 Tape, Panasonic [22]	64
Abbildung 26: Panasonic AJ-HDX400E HD 3iT-CCD Camcorder [21].....	65
Abbildung 27: Sony HDW-F900R HD CineAlta Camcorder [21].....	66
Abbildung 28: Sony HVR-Z1E HDV-Camcorder [21].....	67
Abbildung 29: Sony: XDCAM HD Camcorder [21].....	68
Abbildung 30: Panasonic AJ-P2C008HG "Professional Plug-in"	69

Abbildung 31: Avid DNxHD 75

Abbildung 32: Horizontales downsampling 77

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Standardauflösungen	17
Tabelle 2: Bildseitenverhältnisse und Bildformate im Überblick [3], S. 96	17
Tabelle 3: Internationale Übertragungsstandards HDTV [3], S. 183	24
Tabelle 4: Fernsehsysteme der verschiedenen Länder [1], S. 74	26
Tabelle 5: Überblick von Komprimierungsverfahren [3], S. 105	30
Tabelle 6: Levels und Profiles bei MPEG 2 [1], S. 148	37
Tabelle 7: Digitale Aufzeichnungsformate [3], S. 138	41
Tabelle 8: Bandlose Speichermöglichkeiten	42
Tabelle 9: HD-Standards im Überblick [3], S. 103	53
Tabelle 10: Überblick der Kodierung von MPEG-2, MPEG-4/AVC und VC-1	61
Tabelle 11 : HD-Kanäle	63
Tabelle 12: Neue Speichermedien und Aufzeichnungskonzepte [15]	67
Tabelle 13: Anforderungen für Nonlineares-Editing [3], S. 142	71
Tabelle 14: Nonlineare Schnittsysteme für HD [3], S. 144 - 145	72
Tabelle 15: Avid DNxHD [11]	76
Tabelle 16: Bildgrößen bei Rasterdownsampling	76
Tabelle 17: DNxHD Auflösungen	78

Abkürzungsverzeichnis

AM	Amplitudenmodulation
ATSC	Advanced Television Standards Committee
C	Chrominanz (Farbsignal)
CABAC	Context Adaptive Binary Arithmetic Coding
CAVLC	Context Adaptive Variable Length Coding
CIF	Common Image Format
Cr/Cb	Farbdifferenzsignal
DCT	Discrete Cosinus Transformation
DVB	Digital Video Broadcast
DVB-C	Digital Video Broadcast – Cable
DVB-S	Digital Video Broadcast - Satellite
DVB-T	Digital Video Broadcast - Terrestrial
DVI	Digital Visual Interface
EDTV	Enhanced Definition Television
FBAS	Farb-Bild-Austast-Synchronsignal
fps	frames per second (Bilder pro Sekunde)
GB	Gigabyte
Gbit	Gigabit
Gbit/s	Gigabit pro Sekunde
GHz	Gigahertz
GOP	Group of Pictures
HD	High Definition
HDCP	High-bandwidth digital Content Protection
HD-MAC	High Definition Digital Content Protection
HDMI	High Definition Multimedia
HDMI	High Definition Multimedia Interface

HDTV	High Definition Television
Hz	Hertz
i	interlaced
ISO	International Organization for Standardization
ITU	International Telecommunication Union
JPEG	Joint Photographic Expert Group
MB	Megabyte
Mbit	Megabit
Mbit/s	Megabit pro Sekunde
M-JPEG	Motion-JPEG
MPEG	Motion Picture Expert Group
NLE	Nonlinear Editing System
NTSC	Nation Television System Committee
p	progressive
PAL	Phase Alternation Line
QAM	Quadratur Amplitudenmodulation
SD	Standard Definition
SDTV	Standard Definition Television
SECAM	Séquentiel couleur à mémoire
SIF	Source Input Format
UHF	Ultra High Frequency
VHF	Very High Frequency
VLC	Variable Length Coding
WMV-HD	Windows Media Video–High Definition
Y	Luminanz, Helligkeitssignal

1 Einleitung

Das hochauflösende Fernsehen gewinnt immer mehr an Aktualität. Die ersten Privatsender haben den Zug von HDTV zum Rollen gebracht und strahlen bereits hochauflösendes Fernsehen aus. Doch durch die Entscheidung HDTV auszustrahlen, mussten effiziente Kompressions- und Übertragungsstrategien eingesetzt werden, um die hohen Datenraten verarbeiten zu können, ohne dabei Qualitätsverluste hinzunehmen.

Diese Arbeit soll Aufschluss darüber geben, welche Kompressionsstrategien für die Umsetzung von HD-Signalen sinnvoll sind und in der Praxis bereits eingesetzt werden. Weiters wird auf die Problematik der Kompression und die technischen Grundlagen für deren Verarbeitung eingegangen. Auch soll hier auf die verschiedenen Umsetzungen eingegangen werden, da momentan mehrere Lösungsansätze in der Praxis verwendet werden.

Von der Produktionsseite bringt das HD-Format, wegen der höheren Bandbreite viele neue Problematiken mit sich, welche bis dato bei der SD-Verarbeitung unbekannt waren.

HDTV und die damit verbundene Kompressionsstrategien stehen derzeit noch am Anfang der Entwicklung, man darf gespannt sein wie sich dieses komplexe Thema in den nächsten Jahren weiterentwickeln wird. Immerhin sollen die hochauflösenden Bilder den Sprung in sämtliche Haushalte schaffen, doch bis dahin scheint es noch ein langer Weg zu sein.

2 Allgemeine Grundlagen

2.1 Bewegtbildübertragung

Die Übertragung von bewegten Bildern erfordert eine gewisse Anzahl von Bildern pro Sekunde um sie als zusammenhängende Bewegung zu empfinden. Für einen gleichmäßigen Bewegungsablauf sind ca. 20 Bilder pro Sekunde nötig. Die Filmbildfrequenz beträgt 24 Hz.

Beim Bildwechsel entstehen Dunkelpausen die das menschliche Auge als ein Flackern (Großflächenflimmern) des Bildes empfindet. Um dieses Flackern zu vermeiden ist eine Flimmer-Verschmelzungsfrequenz von mehr als 50 Hz nötig.

Um die Bildwechselfrequenz im TV-Bereich festzulegen orientierte man sich vor allem an der Stromversorgung der Endgeräte. Diese ergab sich aus der Netzfrequenz und brachte unterschiedliche Normen für den europäischen Raum und die USA hervor.

- Europa 25 Bilder pro Sekunde
- USA/Japan 30 Bilder pro Sekunde
- (weltweit - Film 24 Bilder pro Sekunde)

Diese Werte sind hoch genug um Bewegungsabläufe für das menschliche Auge fließend erscheinen zu lassen. [1], S. 12-13

2.2 Bildübertragungsprinzip

Bild- und Bildpunktinformationen werden parallel übertragen. Damit der Mensch das Bild als Ganzes erkennen kann, müssen Bildabtastung, Wandlung und Bildaufbau schnell genug vor sich gehen, damit das Bild als ganzes für das menschliche Auge zu sehen ist. Der Aufbau eines Bildes erfolgt Zeile für Zeile. [4], S. 94

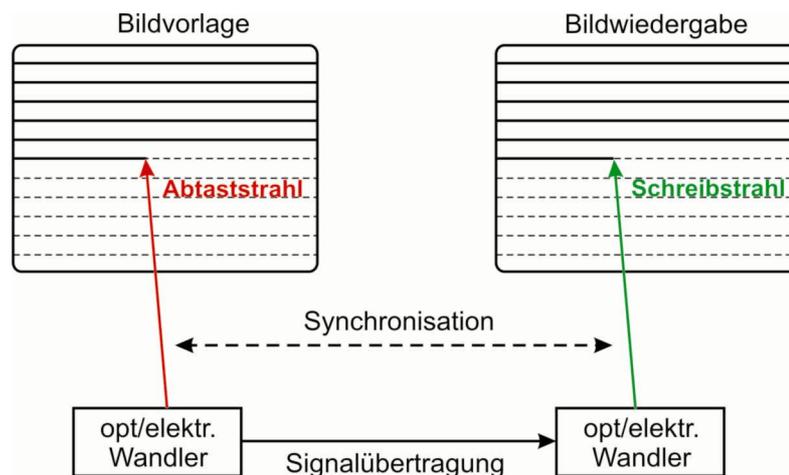


Abbildung 1: Bildsignalübertragung [5]

2.2.1 Progressive Mode

Beim progressiven Bildaufbau wird Zeile für Zeile abgetastet. Bei Standard Fernsehsystemen wird diese Art der Abtastung nicht verwendet, den aufgrund der niedrigen Bildwechselfrequenz würde das Bild stark flimmern. Um das Flimmern zu vermeiden müsste die Bildwechselfrequenz erhöht werden, was aber zu einer höheren Signalbreite führen würde. Eine weitere Lösung wäre die zweimalige Wiedergabe jedes Bildes, was jedoch einen Bildspeicher voraussetzen würde. [1], S. 19

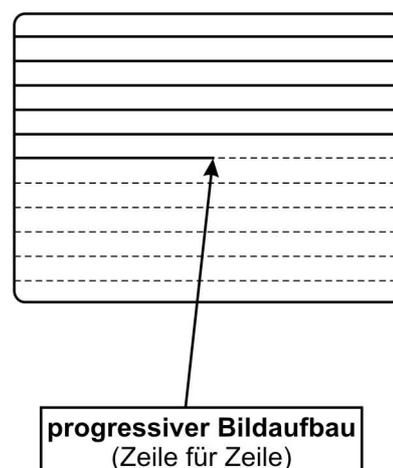


Abbildung 2: Progressiver Bildaufbau

2.2.2 Interlaced Mode

Als die Fernsehentwicklung noch in den Kinderschuhen stand, war es unmöglich jeden Empfänger mit Speichermöglichkeiten auszustatten. Um trotzdem die Bildfrequenz auf 50 Hz zu verdoppeln kam man zur Einführung des Zeilensprungverfahrens (engl. : interlaced mode).

Das Vollbild mit 625 Zeilen wird dabei in zwei Halbbilder (Fields) mit je 312,5 Zeilen zerlegt, die ineinander verkämmt sind.

Das erste Halbbild erhält dabei die ungeraden und das zweite Halbbild die geraden Zeilen. Die 313. Zeile wird als örtlich zweite Zeile des zweiten Halbbildes übertragen. Die letzte Zeile des 1. Halbbildes wird nur bis zur Hälfte geschrieben und springt dann nach oben und schreibt die erste Zeile des 2. Halbbildes. Nach dem zweiten Halbbild wandert der Strahl von rechts unten nach links oben zum nächsten Bild.[1], S. 20

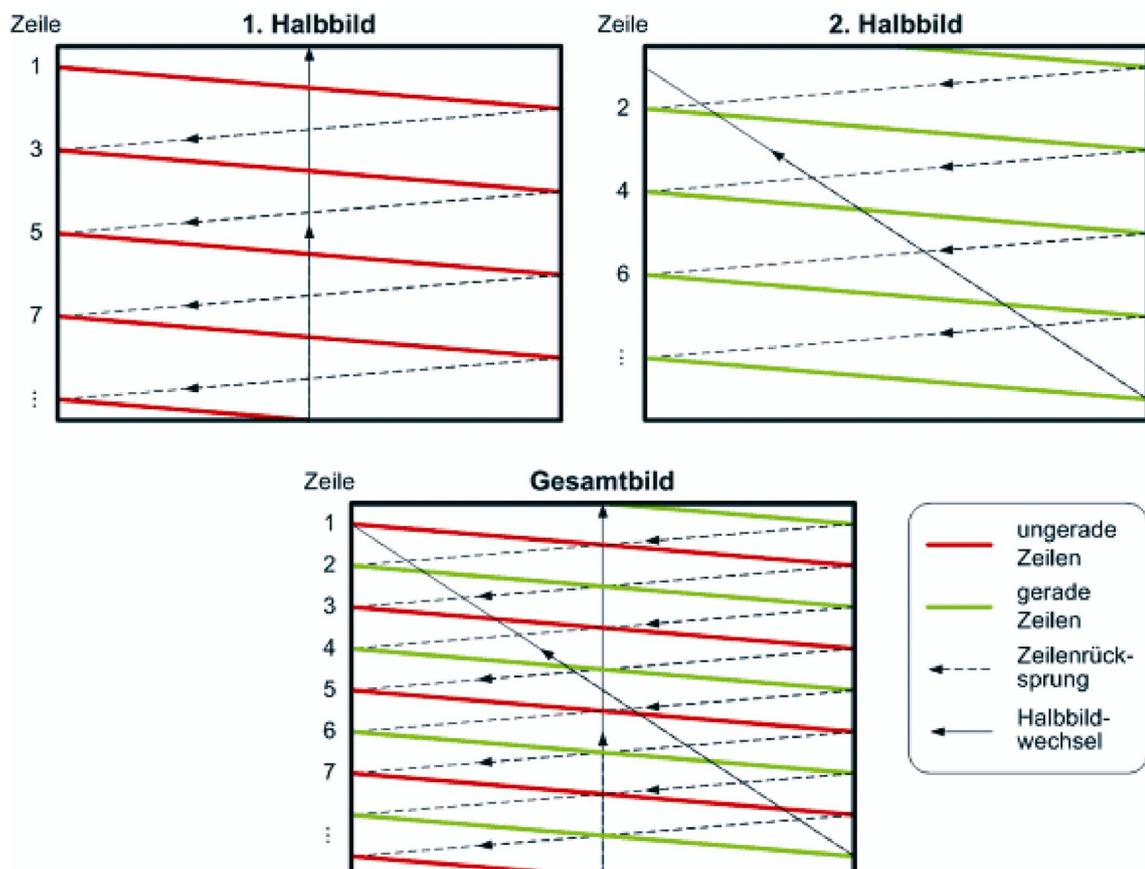


Abbildung 3: Zeilensprungverfahren [5]

2.2.3 Bildauflösung und Bildseitenverhältnis

Die Bildauflösung wird durch die Anzahl der Pixel (Bildpunkte) bestimmt. Umso mehr Bildpunkte vorhanden sind, desto schärfer erscheint das Bild. Durch die Anzahl der Bildpunkte können Details oder größere Bildflächen besser dargestellt werden, ohne dass Zeilen oder Pixel am Endgerät erkannt werden können. Durch die Anzahl der vertikalen Zeilen und die Anzahl der horizontalen Bildpunkte errechnet man die Auflösung des Bildes in Pixel.

High Definition Videos haben mit 1080 Zeilen x 1920 Bildpunkten eine Auflösung von mehr als 2 Mio. Pixel. Bei 1920 Bildpunkten, die gerundet 2000 Punkte ergeben, spricht man auch von einer 2K-Qualität¹ bzw. Auflösung. Bei der digitalen Postproduktion hat sich 2K als Qualitätsstandard erwiesen.

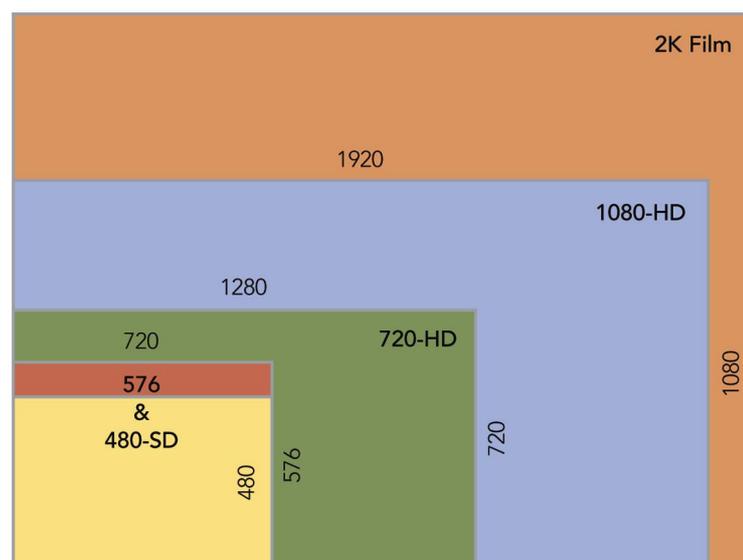


Abbildung 4: Bildformate und Auflösung

¹ Ein K steht für 1000 horizontale Bildpunkte pro Zeile.

Tabelle 1: Standardauflösungen

Bezeichnung	Aktive vertikale Zeilen und horizontale Bildpunkte	Auflösung (Pixel)
NTSC	480 x 720	345 600
PAL	576 x 720	414 720
HD (720)	720 x 1280	921600
HD (1080)	1080 x 1920	2 073 600
2K	1556 x 2048	3 186 688
4K (35 mm-Vollbild)	3112 x 4096	12 746 752
5K	2500 x 5000	12 500 000

Europäische Standardfernsehsysteme: 625 vorhandenen Zeilen

576 sichtbare Zeilen

Amerikanische Standardfernsehsysteme: 525 vorhandenen Zeilen

476 sichtbare Zeilen

Das Seitenverhältnis, die Relation von Höhe und Breite eines Videobildes, wird über das Bildformat bestimmt. Heute erfolgt die Übertragung des Standardfernsehens (SDTV) im Verhältnis 4:3. Auch das kinoähnliche Format 16:9 wurde angestrebt, konnte sich aber nie richtig durchsetzen. Das soll sich nun durch das hochauflösende Fernsehen ändern.

Tabelle 2: Bildseitenverhältnisse und Bildformate im Überblick [3], S. 96

Bildseitenverhältnis	Bildformate
1:1	Fotografie
1:1,17	Scope
1:1,31	IMAX
1:1,33	4:3 Standard-Fernsehen für PAL/SECAM und früher das 35 mm Stummfilmfenster

1:1,37	35 mm-Academy (Tonfilmformat der dreißiger Jahre)
1:1,66	35 mm-Breitwandfilm (Europa)
1:1,68	PAL-Plus (Wide-PAL), Super-16mm
1:1,78	16:9 für HDTV und HD-Cinematographie-Widescreen
1:1,85	16,65:9 Kinostandard für den 35 mm-Breitwandfilm (USA)
1:2,2	70 mm-Breitwand
1:1:2,35	35 mm-CinemaScope- bzw. Panavision-Format (anamorphotisch)
1:4	drei 4:3 Bilder werden nebeneinander gezeigt (Multivision)

Soll das 16:9 Format auf einem 4:3 Endgerät dargestellt werden, muss dieses skaliert werden ohne dabei die Seitenverhältnisse zu ändern. Dies wird als Letterboxverfahren bezeichnet. Durch die Verringerung der Bildfläche entstehen schwarze Balken am oberen und unteren Bildschirmrand. Für die Bezeichnung „Widescreen“ gilt jedes Format das größer ist als 4:3 (womit auch 16:9 gleichgesetzt wird). [3], S. 96

3 Fernsehsignalübertragung

Unsere Fernsehprogramme gleich ob analog oder digital, werden über die gleichen Verteilwege übertragen. Durch die terrestrische Ausstrahlung, als auch durch die Satelliten- und Kabelübertragung. Dabei ist auch zu erwähnen, dass das gegenwärtig dominierende analoge Fernsehübertragungssystem durch eine digitale Bildübertragung ersetzt wird. Dieses digitale Verfahren wird als DVB-„Digital Video Broadcasting“ bezeichnet und soll die analoge Technik gänzlich ablösen.

In Österreichs Landeshauptstädten soll die Umstellung Ende September 2006 beginnen und bis 2008 in ganze Österreich (bis zu 95 Prozent) abgeschlossen werden. Mit der Einführung von DVB in Österreich, was nach einer Empfehlung der EU-Kommission geschehen ist, sollen auch alle anderen Mitgliedsländer der Europäischen Union bis spätestens 2012 folgen. [23]

3.1 Analog

Dem Ausgangssignal des analogen Fernsehsignal liegt das FBAS-Signal zu Grunde, dass je nach Übertragungsweg entsprechend verarbeitet wird.

3.1.1 Terrestrische Ausstrahlung

Die terrestrische Signalübertragung wird mit Hilfe elektromagnetischer Wellen, die sich in der Nähe des Erdbodens ausbreiten übertragen. Das FBAS-Signal wird auf eine Trägerfrequenz invertiert, amplitudenmoduliert um den Mittelwert des Signals kleiner zu halten als bei einem nicht invertierten Signal. Dadurch wird eine geringere Sendeleistung benötigt. Auch Störimpulse, die sich durch schwarze Flecke bemerkbar machen würden, werden dadurch als weiße Flecken dargestellt und als weniger störend empfunden.

Bei der Ausstrahlung werden Trägerfrequenzen im Bereich zwischen 170 MHz und 800 MHz im VHF und UHF Bereich verwendet. Da die elektromagnetischen Wellen kleine Wellenlängen haben, breiten sie sich geradlinig aus. Dabei werden die Wellen nicht durch die Ionosphäre in der Erdatmosphäre reflektiert sonder dringen

einfach durch diese durch. Das bedeutet, dass das Signal auf direktem Weg den Empfänger erreicht und Hindernisse wie Berge nur mit Transponder überwunden werden können. Da es sonst zu einer Abschattung des Signals kommen würde.

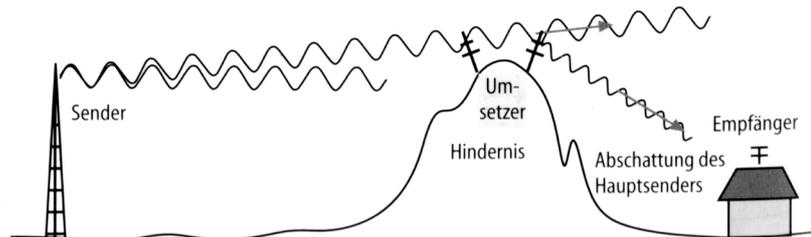


Abbildung 5: Abschattung der terrestrischen Welle [1], S. 178

Sendeseitig werden Rundstrahl- und Richtantennen verwendet. Zum Empfang dienen einfache Antennen, die auf den Sendern gerichtet sind.

Zur flächendeckenden Verbreitung des terrestrischen Signals sind mehrere Sender notwendig. Obwohl jeder Sender dabei dasselbe Programm überträgt, können nicht alle die gleiche Trägerfrequenz nutzen. Da es sonst zu sogenannten Geisterbildern kommen würde, die aufgrund von Laufzeitunterschieden entstehen. Darum werden mehrere Fernsehkanäle mit einem Programm belegt um sie flächendeckend übertragen zu können.[1], S 178

3.1.2 Satellitenübertragung

Transponder werden idealerweise in großer Höhe positioniert, die Höchsten befinden sich auf Satelliten im Weltraum. Sie umkreisen die Erde einmal pro Tag, entlang der Äquatorlinie. Die geostationäre Umlaufbahn ergibt sich bei dem Abstand von genau 35630 km zwischen Erdoberfläche und Satellit.

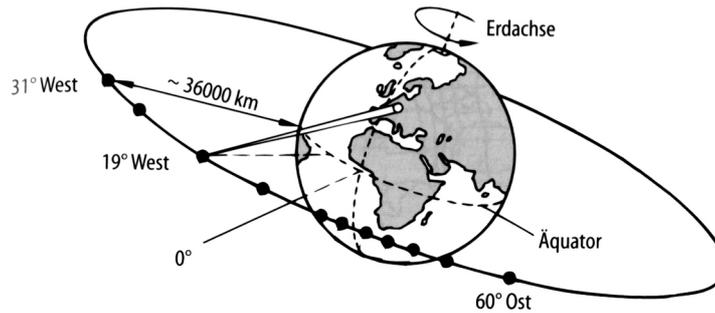


Abbildung 6: Satellitenpositionen [1], S. 178

Es werden mehrere Fernsehkanäle mit einem Transponder übertragen, indem die Frequenzen doppelt genutzt werden. Dabei werden die Trägerwellen in verschiedene Polarisationsrichtungen abgestrahlt (linear-horizontal, linear-vertikal, zirkular-rechts, zirkular links).

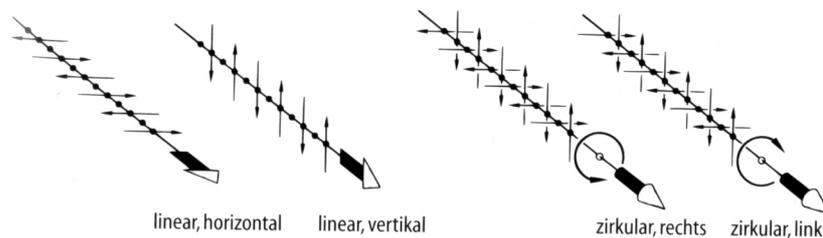


Abbildung 7: Polarisationsrichtungen [1], S. 181

Die Signale werden mit hoher Leistung (500W) und Richtwirkung zum Satellitentransponder gestrahlt, dabei wird ein Frequenzbereich von 13 - 19 GHz genutzt (Uplink). Mit geringerer Sendeleistung (40W Medium Power) geben direktstrahlende Satellitentransponder das Signal im Ku-Band im Bereich von 19,7 - 12,75 ab (Downlink). Solarzellen liefern die benötigte Energie.

Dabei wird ein Kanal mit 27 MHz abgestrahlt, nachdem das Signal mit 8,5 MHz frequenzmoduliert wurde. Es sind auch hohe Bandbreiten möglich (32 - 72 MHz).

Die zu bestrahlenden Bereiche auf der Erde werden durch die Sendeantennen auf den Satelliten bestimmt. Um das Signal zu empfangen werden Reflektorantennen eingesetzt (sog. Schüsseln), die nach dem Prinzip des Hohlspiegels arbeiten.

Direkt an der Empfangsantenne ist der „Outdoor Unit“ (Low Noise Converter LNC, LNB) angebracht. Dieser Converter sorgt für eine rauscharme Umsetzung des Signals in den UHF-Bereich.

In der „Indoor Unit“ wird das Signal auf einer Zwischenfrequenz dem Videoeingang des Fernsehempfängers zugeführt oder wieder für den Antenneneingang des Empfängers aufbereitet. [1], S. 183

3.1.3 Kabelfernsehen

Die Übertragung des Kabelfernsehen erfolgt über Koaxialkabel oder teilweise über Glasfaserkabel. Dieses BK-Netz (Breitbandkommunikationsnetz) erlaubt Frequenzen zwischen 47 MHz und 446 MHz. Dabei kann der gesamte Frequenzbereich genutzt werden. Es könnten 28 Kanäle mit 7 MHz Bandbreite oder 12 Kanäle mit 12 MHz oder 8 Kanäle mit 18 MHz vergeben werden.

Da es keine atmosphärischen Störungen gibt, ist die Übertragungsqualität sehr gut. Die Programme werden wie bei der terrestrischen Ausstrahlung im Frequenzmultiplex übertragen. Auch die Kanalraster werden übernommen und mit Sonderkanälen ergänzt.

[1], S. 185

3.2 Digital

Das digitale Fernsehen auch DVB - Digital Video Broadcasting ist in aller Munde. Ein System, dass in Zukunft das gegenwärtige analog PAL-Fernsehsystem ablösen wird.

3.2.1 DVB-Digital Video Broadcasting

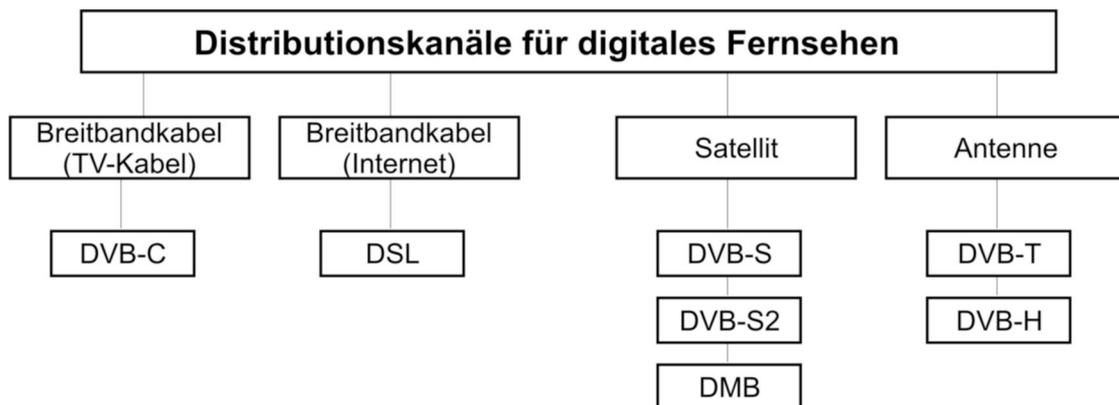


Abbildung 8: Distributionskanäle für digitales Fernsehen

Der Übertragungsstandard DVB (Digital Video Broadcasting) richtet sich mit der Bildfrequenz und der Zeilenzahl an die der analogen Fernsehnorm. Die Bedingungen zur Übertragung von DVB für Modulation, Kompression und einer Fehlerkorrektur für die digitale TV-Übertragung gibt der europäische Telekommunikationsstandard ETS EN 300 744 an. Bei dieser Methode werden Signale in Binärcodes übersetzt und als Impulsketten über Breitbandkabelnetze (DVB-C), Satellit (DVB-S) oder Antenne (DVB-T) gesendet. Dabei werden die Daten normalerweise MPEG-2 komprimiert, womit erreicht wird, dass mit der Kapazität eines analogen Satelliten- oder Kabelkanal zehn digitale Fernsehkanäle übertragen werden können. Künftig kommen auf einen analogen Antennenkanal vier digitale Kanäle. Zur Entkomprimierung und Übersetzung der Signale benötigt der Empfänger einen Decoder (Set Top Box) oder ein TV-Gerät mit einer eingebauten digitalen Empfangseinheit um die digitalen Signale als analoge Audio- und Videosignale darstellen zu können.

Tabelle 3: Internationale Übertragungsstandards HDTV [3], S. 183

Internationale Übertragungsverfahren bei HDTV		
Abkürzung	Bedeutung	Länder
DVB-S2	Digital Video Broadcasting (Satellit)	Europa
ATSC	Advanced Television Systems Committee	USA, Südkorea
ISDB	Integrated Services Digital Broadcast	Japan

3.2.1.1 DVB-C (Digital Video Broadcast-Cable)

Zur Übertragung des Signals wird das Breitbandkabel genutzt. Digitale Signale werden vom Sender direkt ins Kabelnetz übertragen, steht ein Hyperband zwischen 300 MHz und 450 MHz (S21-S41) zur Verfügung.

3.2.1.2 DVB-S (Digital Video Broadcast-Satellite)

Durch DVB-S wurde die digitale Übertragung von mehreren Fernsehkanälen per Satellit ermöglicht. Einzige Voraussetzungen dafür sind eine Satellitenschüssel und ein digitaler Satellitenreceiver.

3.2.1.3 DVB-S2 (Digital Video Broadcast-Satellite 2)

Durch die Ausstrahlung von HDTV über Satellit kam es zur Weiterentwicklung von DVB-S zu DVB-S2. Dabei wurde die Fehlerkorrektur verbessert und durch zusätzliche Modulationsverfahren die Datendichte erhöht.

Der Empfang bei DVB-S2 erfordert jedoch beim Endgerät (Fernseher, Receiver) einen HDTV-tauglichen HDMI- (High Definition Multimedia Interface) oder DVI-Anschluss.

3.2.1.4 DVB-T (Digital Video Broadcast-Terrestrial)

Bei der terrestrischen Ausstrahlung ist die Kapazität geringer als die bei Kabel- und Satellitenübertragung. Dies bedeutet, dass dadurch weniger Programme pro Kanal übertragen werden können. Es wurden die analogen 7 MHz und 8 MHz Raster von UHF und VHF beibehalten. Jeder Kanal (Frequenz) hat ein Multiplexsignal, das aus drei oder vier digitalen TV-Programmen besteht. Für den Empfang ist nur eine kleine Zimmerantenne am Gerät selbst nötig.

3.2.1.5 DVB-H (Digital Video Broadcast-Handheld)

Die DVB-H Technik ist eine Abwandlung von DVB-T und kann dadurch aus deren Sendezentren ausgestrahlt werden. Die Ausstrahlung wird in Zeitschlitzte aufgeteilt und in Datenpaketen von 100 bis 384 kbit/s versendet. Digitale Fernsehstationen übertragen mit reduziertem Signal (terrestrisch) Daten für Mobiltelefone und Minicomputer. Es können dabei mittels DVB-H bis zu 20 Programme übertragen werden können.

DVB-H wurde vor allem für mobile Endgeräte mit einer Auflösung von 360 x 288 Pixel entwickelt. [4], S. 182-188

3.2.1.6 DMB (Digital Multimedia Broadcasting)

In Korea wurde aus dem Standard für die Übertragung von digitalen Radio ein Verfahren zur mobilen Inhalten von TV-Inhalten entwickelt.

DMB erweitert den Hörfunk-Standard DAB (Digital Audio Broadcasting) um audiovisuelle Inhalte und erbt die volle Funktionalität von DAB. Für Übertragungssicherheit am mobilen Sektor sorgt eine Fehlerkorrektur. Es kann eine Nettodatenrate bis 1,5 Mbit/s erreicht werden, wodurch die Übertragung von drei bis vier TV-Programmen möglich wird. [9]

4 SDTV - Standard Definition Television

4.1 Farbfernsehnormen

Zur Übertragung von Farbfernsehbildern gibt es drei dominierende Sendeformate die sich weltweit durchgesetzt haben: PAL, NTSC, und SECAM.

Tabelle 4: Fernsehsysteme der verschiedenen Länder [1], S. 74

NTSC		SECAM		PAL	
Bolivien	Chile	Ägypten	Bulgarien	Algerien	Australien
Equador	Haiti	Frankreich	Griechenland	Brasilien	BRD
Hawaii	Japan	Irak	Iran	China	Großbritannien
Kanada	Kolumbien	Libyen	Luxemburg	Indien	Indonesien
Korea	Kuba	Marokko	Mongolei	Italien	Kenia
Mexiko	Philippinen	Polen	Rumänien	Korea	Neuseeland
Taiwan	USA	Rußland	Syrien	Niederlande	Schweiz
		Tunesien	Ungarn	Südafrika	Thailand

Diese bauen auf das frühe schwarz-weiß Übertragungsformat auf. Der technische Rahmen blieb in dem des Schwarzweißfernsehens, da der Empfang für beide Geräte aufrecht bleiben musste. [8]

Die verschiedenen Arten der Verbindung mit dem Luminanzsignals und die verschiedenen Formen der Chrominanzsignalbildung bezeichnen die Farbfernsehnormen.

[1], S. 66

4.1.1 NTSC

Im Jahre 1953 wurde vom Nation Television System Committee (NTSC) das erste Farbfernsehsystem in den USA standardisiert. Diese bis heute gültige FCC-M Norm arbeitet mit dem Zeilensprungsystem mit 59,94 Halbbilder pro Sekunde und 525 Zeilen pro Vollbild sowie einer Videobandbreite mit 4,2 MHz und einem Bild- und Tonträgerabstand von 4,5 MHz.

Das Chrominanzsignal wird durch Quadraturmodulation (QAM) aus den Farbdifferenzkomponenten gebildet. Dabei werden die Farbdifferenzsignale als Komponenten I und Q anstatt U und V verwendet. Diese stehen senkrecht aufeinander, das Koordinatensystem ist 33° gegenüber dem System aus U und V gedreht ($I = V \cos 33^\circ - U \sin 33^\circ$, $Q = V \sin 33^\circ + U \cos 33^\circ$).

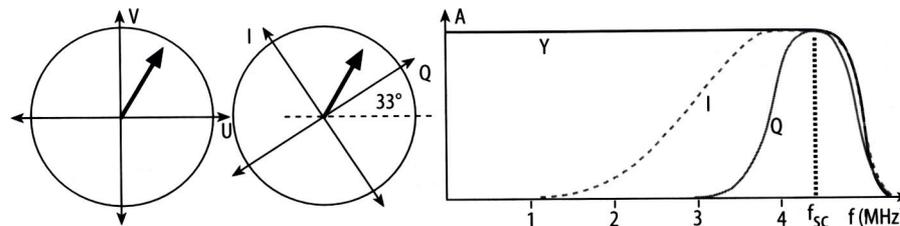


Abbildung 9: Koordinatenvergleich U, V und I, Q; Bandbegrenzung für I und Q [1], S 66

Für I und Q werden Bandbreitenbegrenzungen vorgenommen. Das Q-Signal wird auf 0,5 MHz begrenzt und kann mit voller Bandbreite für beide Seitenbänder übertragen werden. Das I-Signal wird auf 1,5 MHz eingegrenzt und das obere Seitenband teilweise beschnitten. Das heißt, das bis 0,5 MHz alle Farben übertragbar sind, bis 1,5 MHz zweifarbig übertragen wird und Farben bis 5 MHz nur in schwarz/weiß wiedergegeben werden.

Die Farbsättigung und der Farbton des Chromasignals sind bei der QAM-Farbsignalübertragung verschlüsselt. Bei der Übertragung kommt es zu einer Beeinflussung der Phasenlage und dabei zu einer Veränderung des Farbtons. Da diese Phasenfehler nicht zu beheben sind kam es auch zum Spitznamen des NTSC-Systems „Never the same Color“. [1], S. 66

4.1.2 SECAM

Nach NTSC wurde im Jahre 1957 das SECAM System eingeführt. SECAM steht für „Séquentiel couleur à mémoire“ und wurde von Henry de France entwickelt. Um die Farbstabilitätsprobleme seines Vorgängers zu umgehen, werden die Farbdifferenzsignale U und V zeilenweise alternierend übertragen und auf QAM verzichtet. Es wird jede aktuelle Zeile für $64 \mu\text{s}$ gespeichert damit die Farbkomponente der nächsten Zeile zur Verfügung steht. Die Zusammenfassung der Farbdifferenz-

signale ist nicht zeitrichtig, ergibt aber kaum sichtbare Fehler, da sich die Inhalte zwei benachbarter Zeilen kaum unterscheiden.

Die Farbdifferenzsignale sind bandbegrenzt und werden auf 1,3 MHz pegelreduziert. Durch Frequenzmodulation werden die Frequenzsignale auf Hilfsträger moduliert, wobei die maximale Abweichung 3,9 MHz und 4,75 MHz betragen darf. Es gibt zwei Farbträgerfrequenzen die durch Zeilenfrequenz verkoppelt sind.

SECAM bewies sich gegenüber NTSC als sehr farbstabil. Es hat aber den Nachteil, dass das Verfahren für die Studiotchnik nicht geeignet ist, da durch die Frequenzmodulation keine Mischung möglich ist. In Frankreich, Nordafrika und vielen osteuropäischen Ländern wird SECAM eingesetzt. [1], S. 68-69

4.1.3 PAL

Das PAL-Verfahren (Phase Alternation Line) wurde im Jahre 1963 von Ing. Walter Bruch entwickelt und basiert auf dem NTSC-Verfahren. Auf Phasenschwankungen ist das PAL-System gegenüber seinem Vorgänger NTSC nicht mehr so empfindlich. Es werden die Farbkomponenten U und V auf ca. 1,3 MHz bandbegrenzt.

Die QAM wird angewandt. Mit dem Unterschied, dass die V-Komponente alternierend invertiert wird (180° umgepolt). Es wechseln dadurch Zeilen mit nichtinvertierter und invertierter V-Komponente. Die U-Komponente bleibt dabei unberührt. Beim Empfänger wird die invertierte Zeile zurückgepolt und die Farbinformation der vorigen Zeile vermittelt. Dadurch muss die Zeile für $64\mu\text{s}$ gespeichert werden.

Tritt nun ein Phasenfehler auf, wirkt sich dieser bei invertierter und nichtinvertierter V-Komponente in gleicher Richtung aus. Wird die V-Komponente im Empfänger wieder invertiert, so wird der Fehler invertiert wodurch sich dieser durch die Mitteilung der vorigen Zeile wieder aufhebt.

Bei stärkeren Phasenfehlern kommt es aufgrund der Vektoraddition der Summenzeiger dazu, dass der Summenzeiger kürzer ist als die Summe der Einzelzeiger und die Farbsättigung verringert wird. Es wird also ein Farbtonfehler in einen Sättigungsfehler gewandelt. Bei PAL ist es auch wie bei SECAM das die vertikale Farbauflösung geringer ist als die des NTSC-Systems.

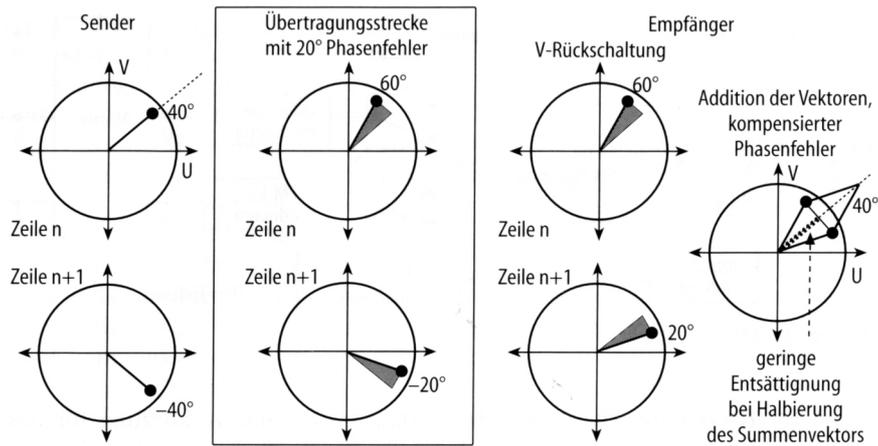


Abbildung 10: Prinzip der PAL-Phasenfehlerkompensation [1], S. 70

Verglichen zu SECAM und NTSC bietet PAL die beste Bildqualität und wird dadurch in vielen europäischen und auch nichteuropäischen Ländern wie Südafrika, China oder Australien eingesetzt. [1], S. 70

4.2 Kompressionsstandards

Im Laufe der Zeit haben sich bereits einige Kompressionsstandards etabliert, welche immer wieder überarbeitet und verbessert wurden.

Die unten angeführte Tabelle soll einen Überblick über die derzeitigen Komprimierungsverfahren geben.

Tabelle 5: Überblick von Komprimierungsverfahren [3], S. 105

Format	Merkmale	Anwendung
MPEG-1 Moving Pictures Experts Group	Komprimierung von Audio- und Videodaten zur Videoaufzeichnungen in Camcordern und für Übertragungen (plattformunabhängig).	Videoaufnahmebereich LDTV-Bereich (Übertragung) Einsatz bei Newsroom-Lösungen
MPEG-2 Moving Pictures Experts Group	Komprimierung von Audio- und Videodaten zur Videoaufzeichnungen in Camcordern und für Übertragungen (4 – 100Mbit/s).	Videoaufnahmebereich Digitalkameras VCD DVD-Video Digitales TV, Übertragung SD/HD
MPEG-3 Moving Pictures Experts Group	War für HDTV vorgesehen und wurde mittlerweile in den MPEG-2-Standard integriert.	Hochauflösendes Fernsehen (HDTV)
MPEG-2.5 Audio Layer 3 (MP3) Moving Pictures Experts Group	Music-Codec, Dateiformat zu verlustbehafteten Audiokompression. Die Größe von Audiodateien wird auf ein Zehntel reduziert.	Musik speichern
MPEG-4-H.264/AVC Moving Pictures Experts Group	Komprimierung (Codierung) von Audio- und Videodaten zur Übertragung, Optionen wie Embedding von Metadaten, zusätzliche Streams und Objedaten, extrem skalierbarer Videocodec, basiert auf offene Standards;	Multimediaplattform DVD-Video Digitalkameras Internet Mobiltelefone (Handy-Stream) HD Video Bereich (Konferenzen) Hochauflösendes Fernsehen (HDTV) HD-DVD Formate
MPEG-7 Moving Pictures Experts Group	Neuer Standard, der Multimediadaten auf Basis semantischer Inhalte, Metadaten, aber auch physikalischer Basiseigenschaften beschreibt.	On- und Offlinebearbeitung bei vernetzten Produktionen Filmdistribution Datenbanksuche Designprogramme

		Virtuelle und interaktive Fotoalben Automatische Verkehrsüberwachung Szenenanalyse
MXF Pro MPEG Forum	Material Exchange Format (Austauschformat), ist ein plattform- und herstellerübergreifendes Containerformat für Audio-/Videodaten mit dem Focus auf Metadaten.	Contentmanagement Internet
Windows Media Audio WMA Microsoft	wie MP3	Musik speichern
Windows Media Microsoft	Breitband-Streaming und DVD Authoring, HD-fähig	Internet, DVD
Windows Media Video-WMV HD Microsoft	Breitband-Streaming und DVD Authoring, HD-Format	HD-Fernsehen HD-DVD Internet
Windows Media Video-9 VC1 Microsoft	Breitband-Streaming und DVD Authoring, HD-Format	Internet, DVD
Helix Real Networks	Breitband-Streaming und DVD Authoring, HD-fähig (Container-Format)	Internet, DVD
QuickTime6 Apple	Breitband-Streaming und DVD Authoring, HD-fähig (Container-Format)	Internet, DVD

4.2.1 Kompressionsverfahren

Kompressionsverfahren haben das Ziel Informationen zu übertragen und dabei die Bitzahlen zu reduzieren. Dabei gilt es die verlustbehaftete und echte Kompression zu unterscheiden. Die echte Kompression enthält nach ihrer Dekomprimierung alle Informationen die das Original auch enthält, d.h. es gleicht 1:1 dem Original. Bei dem verlustbehafteten Komprimierungsverfahren werden Verluste in Kauf genommen (MPEG, JPEG).

Der Codec leitet sich vom Begriff Compressor und Decompressor ab. Ein Codec ist ein mathematischer Algorithmus mit dem Audio- und Videodaten reduziert werden. Dabei kann man Hardwarecodec und Softwarecodec unterscheiden. Hardwarecodecs sind in

Hardwarebausteinen, wie in Videokarten oder Grafikkarten enthalten. Alle Codecs können mittels Software berechnet werden, daraus die Bezeichnung Software Codec.

Man kann die Kompression in drei Arten unterteilen:

- **Verlustfreie Kompression (Lossless):** Die Daten werden verringert ohne dabei die Inhalte zu verändern. Bildinformationen werden gepackt und wieder hergestellt und gleichen zur Gänze dem Original. Die Reduktion der Daten ist nur bei gleichmäßigen Farbflächen und bei wiederholenden Pixelstrukturen möglich. Daher ist diese Art der Komprimierung bei Bildmaterial nicht sehr von Vorteil.
- **Hybrid Coding:** Dies ist ein Verfahren das auf verlustfreier Kompression und auf DCT-Verfahren basierend auf M-JPEG² Kompression aufbaut. Man bezeichnet diese Art der Kodierung als „Lossless M-JPEG Compression“ und wird bei hochwertigen Videobearbeitungssystemen verwendet. Hierbei wird die Quantisierung an die Bildstruktur angepasst. Die kodierten Daten weisen nur leichte Verluste auf und sind dem Original fast gleich. Daten können auf 15 Mbit/s reduziert werden.
- **Verlustbehaftete Kompression (Lossy):** Bei dieser Art der Kompression werden die Farbinformationen reduziert und gleiche Bilderstrukturen in Bildfolgen zusammengefasst. Beides wird durch das menschliche Auge fast nicht wahrgenommen werden Man nennt die Art der Codierung auch „Perceptual Coding“. Beim komprimieren der Bilder sind schon wesentliche Qualitätsunterschiede zu erkennen. Um die Dateien kleiner zu machen kann beim Komprimieren die Bildqualität verändert werden (z.B. bei Webanwendungen, Multimediaanwendungen).

² M-JPEG steht für Motion JPEG. Ein Videocodec der jedes Frame als JPEG-Bild komprimiert. Die M-JPEG Videos haben im Vergleich zu MPEG eine von der Bewegung unabhängige Bildqualität.[9]

Intraframe- und Interframekompression

Die Intraframekompression komprimiert jedes einzelne Bild eines Videos unabhängig von den Folgebildern. Diese Kompression wird im Videoschnitt eingesetzt, da auf die einzelnen Frames zugegriffen werden kann. Das würde bedeuten, dass jedes I-Frame eine Bildgrenze darstellt und ein optimales Schnittergebnis zulässt.

Die Interframekompression fasst gleiche Bildstrukturen in Bildfolgen zusammen. Diese bildübergreifende Kompression wird bei MPEG-Codecs eingesetzt. Interframecodecs eignen sich nicht für die Videobearbeitung, da die einzelnen Frames (Ausnahme I-Frames) vom vorderen und nachfolgenden Frame abhängig sind. Sie bestehen aus I-Frames und vorhersagbaren B- und P-Frames (bidirektionale vorhersagbare und vorhersagbare, predictive Bilder).

Man kann Codecs in Anwendungsgebiete unterteilen:

- Codecs für Produktionsprozess
- Codecs für Multimediaanwendungen und DVD's
- Codecs für Videostreaming und Webanwendungen

[24]

4.2.2 GOP – Group of Pictures

Zur Zeit gibt es eine Vielzahl von Kompressionscodecs. Dabei gelten die MPEG Videoformate als die bekanntesten Komprimierungsverfahren. MPEG (Moving Picture Experts Group) bezeichnet eine Gruppe von Experten die sich mit der Standardisierung von Kodierungsformaten für Video und Audio beschäftigt.

Die aktuellsten und bekanntesten Standards sind, MPEG-1, MPEG-2 und MPEG-4. Alle drei beruhen auf demselben Kompressionsverfahren. Deren größter Vorteil darin liegt, die Daten ohne großen qualitativen Bildverlust zu reduzieren.

Das Verfahren basiert darauf, dass nicht alle Einzelbilder gespeichert werden sondern nur wenige Bilder und die Unterschiede dieser Bilder. Daraus berechnen sich die Zwischenbilder. Diese Zwischenbilder treten in drei verschiedenen Typen auf: [7]

- I-Frames (i steht für intra)

Intra-Frames beinhalten die vollständigen Bilddaten z.B. IMX.

- P-Frames (p steht für predicted)

Predicted-Frames werden durch die Bewegungsvorhersage und Differenzbildung aus den vorhergehenden Frames erzeugt.

- B-Frames (b steht für bidirectional)

Bidirectional-Frames werden aufgrund von Differenzbildung und Bewegungsvorhersage aus dem vorhergehenden und nachfolgenden I- oder P-Frame erzeugt.

Die Reihenfolge dieser Bildertypen wird bei der MPEG-Codierung festgelegt und wird als GOP Struktur bezeichnet. Diese beginnt mit einem I-Frame und endet vor dem nächsten I-Frame. [7]

Dabei kommt es auch zur Bezeichnung „Lange GOP“ welche bei der MPEG-2 und MPEG-4 Kodierung auftauchen. Sie können bis zu 13 oder 15 Bilder, das wäre ca. eine halbe Sekunde bei 25 oder 30 B/s, lang sein und erzielen sehr hohe Kompressionsraten.

Diese langen GOP's bringen aber auch Nachteile. Beim Schneiden muss auf die Länge des GOP's geachtet werden, da nur bei I-Frames geschnitten werden kann. Man kann das I-Frame auch als Bildgrenze sehen. Um präzises Schneiden zu ermöglichen müsste man lange GOP's in weiteren Arbeitsschritten wieder dekodieren.

Darum ist es bei Studioanwendungen sehr wichtig kurze GOP's zu verwenden um klare Schnitte durchführen zu können. So arbeiten Formate wie z.B. IMX (MPEG-2) nur mit I-Frames was das Schneiden an jeder Bildgrenze möglich macht.

Weitere Formate wie DV, DVCPRO HD und HDCAM, D5-HD arbeiten zwar nicht mit der MPEG-Kodierung, bestehen aber auch nur aus I-Frames. [29], S. 15

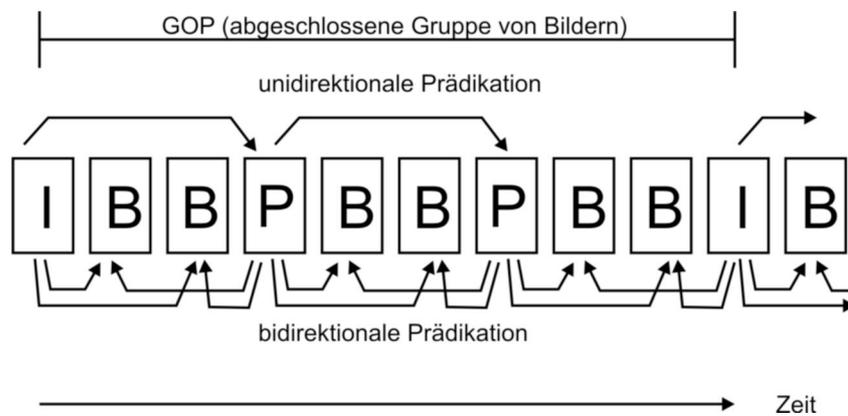


Abbildung 11: GOP - Group of Pictures, MPEG Bildfolge

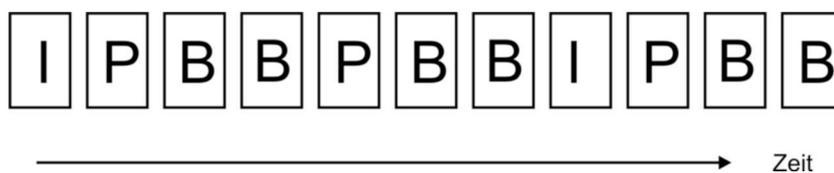


Abbildung 12: Übertragung der Bildfolge

4.2.3 MPEG-Standards

4.2.3.1 MPEG-1

Die MPEG-1 Codierung wurde in den 80iger Jahren entwickelt und wurde speziell für geringe Datenraten genutzt (bis 1,5 Mbit/s). Es war vor allem für das CD I-Format (Compact Disk Interactive) ausgelegt.

Es werden die Bilder im Format von 352 x 288 Bildpunkten bei 50 Hz (bzw. 352 x 240, 60 Hz), progressiv abgetastet. Weil hier gegenüber dem Video Standard ITU 601 eine wesentlich geringere Datenrate und Speicherkapazität zur Verfügung steht, wirkt auch die Qualität bescheidener. [1], S. 141

4.2.3.2 MPEG-2

Bei der Codierung nach MPEG-2 handelt es sich um den meist angewandten Codec. Es sind auf Bildauflösungen vom SIF-„Standard Image Format“ MPEG-1 bis hin zu HDTV erlaubt. Neben der Abtastung von 4:2:0 sind auch die 4:2:2 als auch 4:4:4 Abtastung erlaubt. Die Codec bietet eine hohe Bandbreite von 2-80 Mbit/s sowie bis zu fünf Audiokanäle und unterstützt die Verarbeitung von Halbbildern.

MPEG-2 erlaubt die Codierung von Videobildern mit MPEG-1 mit der Standardauflösung 720 x 576 Pixel, bis hin zu HDTV 1920 x 1152 Pixel. Die Verarbeitung kann halb- oder vollbildorientiert erfolgen. Um die Auflösungen und Datenraten von MPEG zu definieren, sind diese in vier Stufen (Level) der Bildauflösung und fünf Profile geordnet (siehe, Tabelle 6).

Die High Levels mit den hohen Auflösungen sind für HDTV spezialisiert. Das bedeutenste Format 720 x 576 Main Profile at Main Level ([MP@ML](#)) hat sich durch den geringen technischen als auch variablen Einsatz bewiesen. [2], S. 148

Tabelle 6: Levels und Profiles bei MPEG 2 [1], S. 148

Profile Level	Simple Profile 4:2:0 (keine B-Frames)	Main Profile 4:2:0	Professional Profile 4:2:0	Scalable Profile 4:2:0	High Profile 4:2:0 oder 4:2:2
High Level 1920 (< 60 fps)		1920 x 1152 < 80 Mbit/s			1920 x 1152 < 100(80) Mbit/s
High Level 1440 (< 60 fps)		1440 x 1152 < 60 Mbit/s		1440 x 1152(Spat.) < 60 (40) Mbit/s	1440 x 1152 < 80 (60) Mbit/s
Main Level (< 30 fps)	720 x 576 < 15 Mbit/s	720 x 576 < 15 Mbit/s	720 x 576 < 50 Mbit/s	720 x 576 (SNR) < 15 (10) Mbit/s	720 x 576 < 10(15) Mbit/s
Low Level (< 30 fps)		352 x 288 < 4 Mbit/s		352 x 288 (SNR) < 4 (3) Mbit/s	

4.2.3.3 MPEG-4

MPEG-4 ein Standard mit höherer Codiereffizienz der auch abwärtskompatibel zu MPEG-1 und 2 ist und damit deren Grundcodierung beibehält (ISO/IEC-14496). Der Standard bietet durch die Synthetic Natural Hybrid Codierung (SNHC) ein einheitliches Datenformat für Audio- und Videospuren. Es können auch multimediale Inhalte und Textinformationen in MPEG-4 Daten gesichert werden.

Der Codec hat das Konzept der VOP – Video Object Planes eingeführt. Es werden dabei die Informationen der Konturen und Transparenz der Bilder verarbeitet, welche durch beige Umrisse oder graue Alpha Plane Bilder eingesetzt werden.

Es soll damit erreicht werden, dass eine Szene in ihre Bestandteile zerlegt werden kann und in VOP's aufgeteilt wird. Die Übertragung dieser VOP's erfolgt separat, d.h. sie werden extra codiert und übertragen. Erst beim Empfang werden die verschiedenen Ebenen wieder zusammengefügt. Man könnte, dass mit den Ebenen eines Bildverarbeitungsprogramms vergleichen, wo das Bild durch die verschiedenen Ebenen zusammen gesetzt werden kann.

Der MPEG-4 Codec wurde mittlerweile schon durch mehrere Überarbeitungen verbessert, wie in den Codecs H.264 (MPEG-4 Part 10) und VC-9 welche in dem Kapitel 5.5 Videocodierverfahren bei HD. [12]

4.2.3.4 MPEG-7

Das MPEG-7 Verfahren ist ein neuer Standard zur Beschreibung der Metadaten von Audio- und Videodateien. Der Standard wurde auch „Multimedia Content Description Interface“ genannt. Dadurch wird es möglich gezielt nach Daten von Musik und Videoaufnahmen zu suchen. Es wird dadurch möglich in einer Datei auf andere multimediale Inhalte zu verweisen.

Der MPEG-7 Standard ist nicht wie seine Vorgänger zur Kompression von Daten zuständig. Er ist als eigener Standard zur Beschreibung der Inhalte von Daten zu sehen. [3,] S. 107

4.2.4 Farbsampling

Kurzformeln wie 4:2:2 oder 4:2:0 beschreiben die Samplingraten beim digitalen Fernsehen. Sie werden nicht als absolute Werte gesehen, sondern als Sample-Raten-Verhältnisse.

Eine weitere Bezeichnung dafür wäre „Chroma Subampling³“. Diese Samplingverhältnisse werden in der SD- und HD-Technologie verwendet.

Dabei verweist die erste Zahl auf die Luminanz (Y) und die beiden letzten auf die Chrominanz. Bei den meisten Fällen steht an erster Stelle der Samplingrate eine „4“. Das bedeutet, dass die Luminanz eines jeden Pixel im Bild gesampelt wird. Eine Ausnahme wäre HDCAM mit einer Rate von 3:1:1.

Der zweite und dritte Wert sind die Samplingfrequenzen für die digitalisierten Farbkomponenten „Cr“ (Rot-Y) und „Cb“ (Blau-Y). Da das menschliche Auge stärker auf Luminanzänderungen als auf Farbänderungen (Chrominanzänderungen) reagiert, werden Datenreduktionen eher beim Farbsampling gemacht.

³Subsampling ist wenn das Sampling mit einer geringeren Rate als der endgültigen Pixelrate durchgeführt wird.

Die häufigste Samplingrate ist 4:2:2. Dabei wird in jeder Zeile mit jedem zweiten Luminanzsample auch die Chrominanz (Cr, Cb) gesampelt.

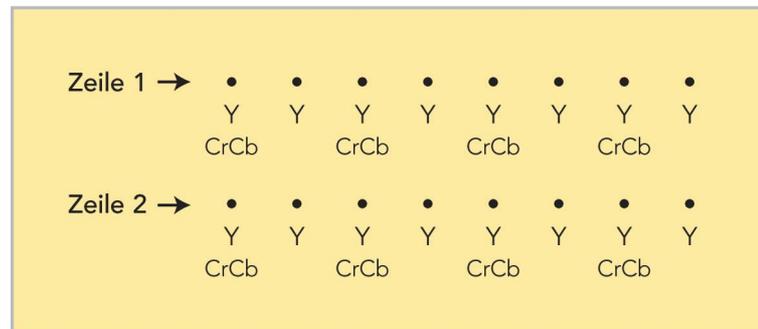


Abbildung 13: Sampling 4:2:2

Das 4:1:1 Sampling taucht bei einigen DV-Formaten als auch DVCAM auf. Dabei werden bei jedem vierten Luminanzsample auch Cr und Cb gesampelt. Die Farbdetails sind dabei immer noch höher als bei PAL und NTSC.

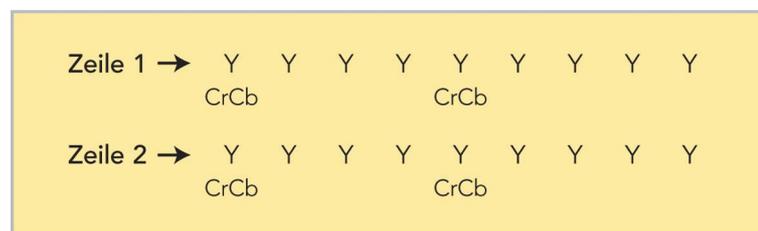


Abbildung 14: Sampling 4:1:1

Beim 4:2:0 Sampling werden Cr und Cb nicht auf jeder Zeile gleichzeitig gesampelt, sondern nur alternierend.

Das bedeutet, dass in jeder Zeile bei jedem zweiten Luminanzsample ein Farbsample durchgeführt wird (Cr oder Cb). Das Sampling wäre dann für eine Zeile 4:2:0 und für die nächste 4:0:2.

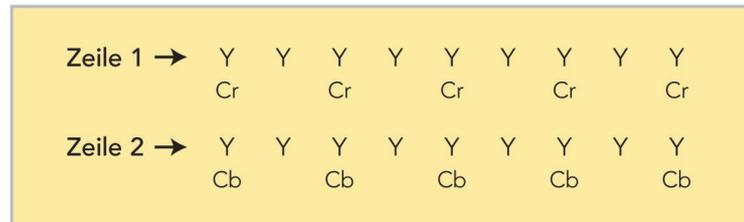


Abbildung 15: Sampling 4:2:0

Das 4:4:4 Sampling kann von technischer Seite als vollständiges Sampling der Komponentensignale RGB oder Y, Cr, Cb bedeuten, was für letzteres aber unüblich ist. Bei der Angabe der Samplingraten kann auch vorkommen, dass zusätzlich ein Alpha-Kanal angegeben wird, welcher an vierter Stelle angegeben wird (z.B. 4:2:2:4). Ein Key ist der Luminanzwert eines vollständigen Bildes und wird mit der Ziffer „4“ angegeben.

Es werden auch Oversampling-Verfahren eingesetzt die zur besseren Bildqualität beitragen können. Wie zum Beispiel ein 8:8:8 Sampling. Dabei werden für RGB pro Pixel zwei Samples erstellt.

[29], S. 2-4

4.2.5 SD-Formate und Aufzeichnungsmöglichkeiten

Für das Standard Format gibt es eine Reihe von verschiedenen digitalen Bandformaten, welche für den professionellen als auch für den Semiprofessionellen Bereich gedacht sind. Wobei auf geringe Kosten und einfache Handhabung Wert gelegt wird.

4.2.5.1 Digitale Aufzeichnungsformate

Tabelle 7: Digitale Aufzeichnungsformate [3], S. 138

Format	Methode	Datenrate Mbit/s	Anmerkung
D-1	Komponenten, digital, 4:2:2	173	8-bit Video
D-2	FBAS digital	115	8-bit Video
D-3	FBAS	110	8-bit Video
D-5	Komponenten, digital, 4:2:2	205	10-bit Video
Digital Betacam	Komponenten, digital, 4:2:2 komprimiert	126	Sony, M-JPEG ähnliche Kompression
Betacam SX	Komponenten, digital, 4:2:2, komprimiert	18	Sony, MPEG-2, 4:2:2P@ML, I-B GOP
DVCAM	Komponenten, digital, 4:1:1 bei 480i, 4:2:0 bei 576i	25	DV25, Sony, MiniDV
D-7 (DVCPPro)	Komponenten, digital, 4:1:1 bei 480i, 4:2:0 bei 576i	25	DV25
DVCPPro 50	Komponenten, digital, 4:2:2, komprimiert	50	DV50
D-9 (Digital-S)	Komponenten, digital, 4:2:2, komprimiert	50	DV50 (JVC)
D-10 (MPEG IMX)	Komponenten, digital, 4:2:2, komprimiert	50	Sony, MPEG-2, 4:2:2P@ML, I-Frames only
DVCPPro P (DVCPPro 50)	Komponenten, digital, 4:2:0, komprimiert	50	DV50 (480p)
DVC (MiniDV)	Komponenten, digital, 4:1:1 bei 480i, 4:2:0 bei 576i	25	DV25, Consumerformat
Digital 8	Komponenten, digital, 4:1:1 bei 480i, 4:2:0 bei 576i	25	DV25, Consumerformat

4.2.5.2 Speichermöglichkeiten für SD-Video

Tabelle 8: Bandlose Speichermöglichkeiten

Format	Komprimierung	Bemerkung
VCD	MPEG-1	ursprünglich waren DVD-Brenner noch unerschwinglich
S-VCD	MPEG-2	
DVD	MPEG-2	aktueller Standard

5 HDTV - High Definition Television

5.1 Erklärung

Zur Zeit ist das hochauflösende Fernsehen – HDTV in aller Munde. Doch was ist HDTV? HDTV-„High Definition Television“ gilt weltweit als hochauflösender Video-Standard und bietet im Gegensatz zum allgemeinen SD-Verfahren (PAL, SECAM, NTSC) eine um circa fünffach bessere Zeilenauflösung. Ein großer Augenmerk liegt in der Detailgenauigkeit, der Farbe und dem Kontrast sowie der Bildwiedergabe im Verhältnis von 16:9. Die minimale Auflösung der HDTV-Standards liegt bei 720 vertikalen Zeilen mit 1280 horizontalen Bildpunkten. Die Maximalauflösung beträgt 1080 vertikale Zeilen und 1920 horizontale Bildpunkte, siehe Tabelle 9: HD-Standards, S 53.

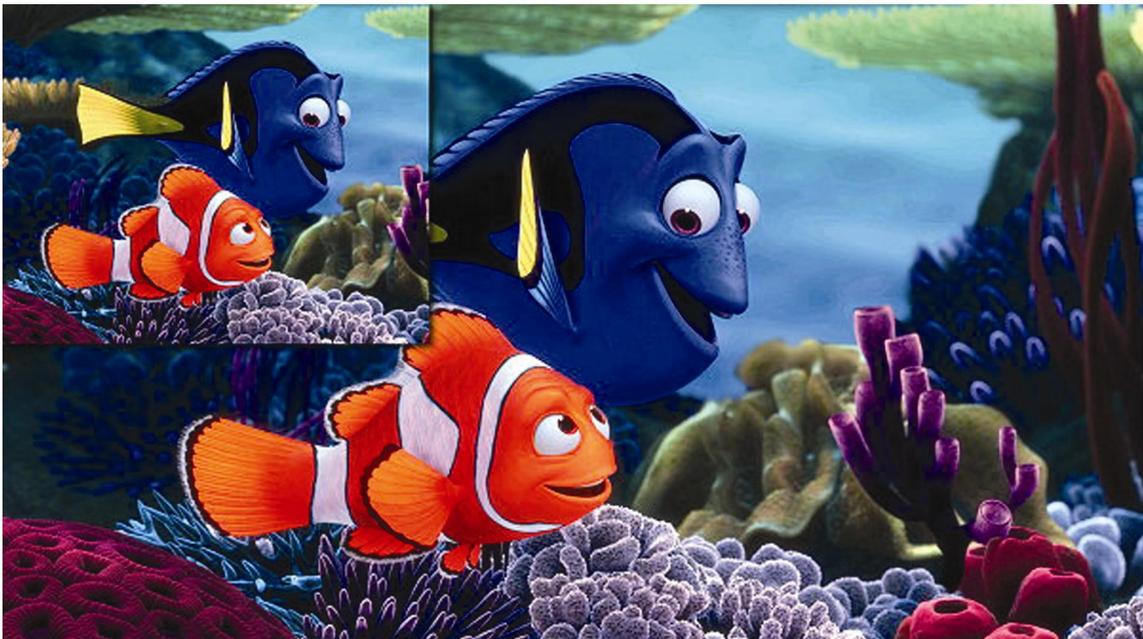


Abbildung 16: Relation von HDTV 1080i zu PAL (links oben) [14]

Der Standard HDTV ist hauptsächlich für die Aufnahme und Produktion in der Sendeabwicklung von Fernsehanstalten und in der Filmwelt gedacht. In Amerika und Japan hat sich HDTV mittlerweile schon als „Sendestandard“ etabliert. Wobei man in Europa mittlerweile auf dem besten Weg dorthin ist.

Dabei ist zu beachten, dass HDTV nicht mit dem Consumer HD-Format „HDV“ (High Definition Video) verwechselt wird. HDV wurde von Sony, JVC und Canon entwickelt und arbeitet mit 1440 Bildpunkte und 1080 Zeilen (1080i) oder 1280 Bildpunkte und 720 Zeilen (720p) mit 25 Mbit/s bzw. 19 Mbit/s. [10]

5.2 Entwicklung

Die Entwicklung vom Standardfernsehen bis hin zum hochauflösenden Fernsehen war sehr gemächlich. Die heute noch üblichen Standards wie PAL und NTSC wurden schon in den fünfziger Jahren entwickelt und haben sich bis heute kaum geändert. Das lag hauptsächlich daran, dass alle Weiterentwicklungen mit den alten Fernsehgeräten kompatibel sein sollten. Es war eine große Änderung zu verzeichnen, indem aus dem schwarz-weiß Bild, Farbe wurde. In den 90igern wurde es dann noch möglich 576 Zeilen in 16:9 Auflösung darzustellen (PALplus) was sich jedoch nie richtig durchsetzen konnte.

In den 80iger Jahren wollte man dem stillen Dasein des Standardfernsehens ein Ende setzen und dem Fernsehen mehr Glanz verleihen. Das Projekt des hochauflösenden Fernsehens wurde gestartet. Es entstand aber größtenteils aus wirtschaftlichem Interesse. Man wollte die europäische Geräteindustrie gegenüber der japanischen antreiben indem man eigene Technologien entwickelte. Das „HD-MAC“ Verfahren, mit 1250 Zeilen und 50Hz sollte europäischer Standard für HDTV werden. Die Bezeichnung „HD-MAC“ kommt vom halbdigitalen „D2-MAC“ Verfahren. Doch das Verfahren stand unter einem schlechten Stern. Es kam im Jahre 1992 im Zuge der Olympischen Spiele in Barcelona zu einer Demonstration gegen die neuen technischen Anforderungen (Technik-Demonstration). Da diese Demonstrationen unter Ausschluss der Öffentlichkeit stattfanden wurde es wieder schnell ruhig um den neuen Standard.

Obwohl die damalige EG (Europäische Gemeinschaft) alles daran setzte an HDTV anzuknüpfen, indem sie sogar zusätzliche Satelliten zur Verfügung gestellt wurden, konnte man den Markt nicht überzeugen. Durch EG-Richtlinien wollte man festlegen, dass nicht voll digitale Programme in HD-MAC auszustrahlen sind. Doch trotz alledem entwickelte sich der Markt ganz anders. Der direkte Satellitenempfang entglitt mehr und mehr der staatlichen Aufsicht. Immer mehr Privatprogrammanbieter kamen auf den Markt, die jedoch die hohen Kosten für HD-Equipment scheuten und weiterhin den PAL-Standard aufrecht erhielten. Ein weiterer Aspekt waren Empfangsgeräte die sehr teuer und nur in geringen Mengen erhältlich waren. Auch die notwendigen Wiedergabegeräte standen nicht zur Verfügung um die hohen Auflösungen anzeigen zu können. Darum fand auch das „HD-MAC“ Verfahren nur wenig Interesse am Markt.

Das Thema HDTV wurde dadurch in Europa nur skeptisch betrachtet. Auch zur Einführung von DVB, das auch für HDTV Signale ausgelegt war, hat das hochauflösende Fernsehen keine Chance bekommen, da die dafür vorgesehenen Receiver nur für das PAL-Signal ausgelegt waren.

Im Gegensatz zu Europa war Japan in der HDTV-Technologie einen Schritt voraus. Bereits in den 90igern war das hochauflösende Fernsehen unter dem Namen „HiVision“ mit 1035 Zeilen am Vormarsch. Was sich natürlich bis heute schon auf den 1080i Standard vorgearbeitet hat. Auch andere asiatische Länder sind schon am Vormarsch. In Australien gibt es schon HDTV-Übertragungen über DVB-T.

Auch in den USA fand man den Weg zum digitalen Fernsehen und stieg vom altbewährten „NTSC-Signal“ auf „ATSC“ um welches bis Ende des Jahren vollzogen sein soll. „ATSC“ ist ein digitales Signal welches deine Übertragung von 720p und 1080p mit 24, 30 oder 60 Hz erlauben soll. Es wird aber auch noch das Format von NTSC mit 720 x 480 Pixel übertragen. Dementsprechende Empfangsgeräte waren schon seit 1998 auf dem Markt. Die ersten Sender wie ABC, CBS, NBC und Fox wurden per Gesetz verpflichtet digitales Fernsehen auszustrahlen.

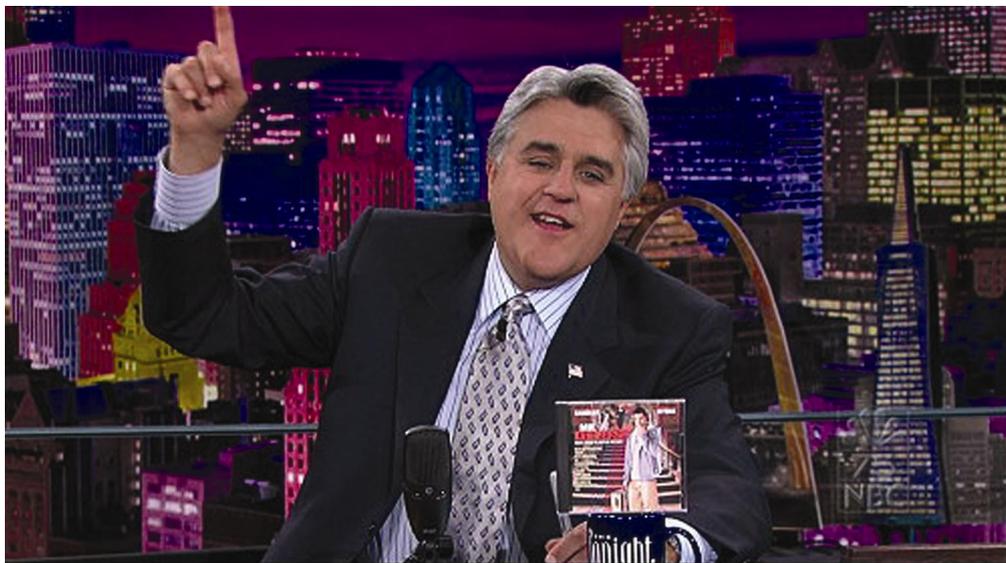


Abbildung 17: Die älteste regelmäßige HDTV-Übertragung in den USA: "Tonight Show" auf NBC mit Jay Leno.

Es wurden auch eigens digitale Kanäle seitens der Regierung dafür zur Verfügung gestellt. Den Sendern wurde es überlassen in digital oder HDTV auszustrahlen. Bis

heute haben sich schon alle Sender dazu entschlossen einen Grossteil des Programmes in HDTV auszustrahlen. [14]

5.2.1 Analog

Analoge HDTV-Signale wurden zu Beginn der 90iger nach ITU-R 709 definiert. Aufgrund der heutigen digitalen HD-Verbreitung wurden analoge Signale nur selten verwendet.

Die Signale wurden wie folgt definiert:

50 Hz Systeme: 25 Vollbilder bei 1250 Zeilen (1152 aktiv)

60 Hz Systeme: 30 Vollbilder bei 1125 Zeilen (1035 aktiv)

Das Bildseitenverhältnis $B/H = 16/9$ und das Zeilensprungverfahren ist bei beiden identisch. [4], S. 113

Ziel war die Verbesserung der herkömmlichen Standardsysteme durch die Einführung des Breitbildformates 16/9. Voraussetzung war die Erhöhung der Auflösung auf ca. 1200 Zeilen vertikal und 2000 Bildpunkte horizontal. Auch eine Verbesserung der Bild und Tonqualität war vorgesehen.

In Japan wurde bereits in den 70igern mit der Entwicklung von höherzeiligen Systemen begonnen. So begann in Japan Mitte der 90iger die Übertragung von HDTV mit MUSE-Verfahren. Wobei in Europa mit HD-MAC ein eigenes System entwickelt wurde.

[1] S. 194

5.2.1.1 MUSE

MUSE (Multiple Subsampling Encoding) nennt sich die japanische HDTV-Variante, mit der Bildwechselfrequenz von 60 Hz und der Übertragung eines 1125 Zeilensignals.

Es wird ein Sendesignal mit ca. 20 MHz Bandbreite erzeugt. Aufgrund der NTSC-Bandbreite von 4,2 MHz, dem Übergang auf 16:9 und der Verdoppelung der Horizon-

tal- und Vertikalauflösung ergibt sich 22,4 MHz ($4 \cdot 1,33 \cdot 4,2$ MHz). Farb- und Luminanzsignale werden gewonnen und im Zeitmultiplex übertragen.

Um die Übertragungsbandbreite zu reduzieren wird das Bildsignal bewegungsadaptiv bearbeitet.

Durch die vertikale Austastlücke wird der Begleitton übertragen, dabei werden vier Tonkanäle unterstützt. [1], S. 194

In Japan war die Entwicklung im Gegensatz zu Europa einiges voraus. Bevor es zur Übertragung des MUSE-Verfahren Mitte der 90iger kam, wurde HDTV bereits unter dem Namen „HiVision“ mit 1035 Zeilen ausgestrahlt.

5.2.1.2 HD-Mac

Mit HD-Mac (High Definition Multiplexed Analog Components) wurde das Standardfernsehsystem mit 625 Zeilen auf 1250 Zeilen High Definition verdoppelt. Durch die Vor- und Nachfilterung des Signals werden PAL-Artefakte und Übersprechungseffekte vermieden. Wie beim Muse wird das Signal bewegungsadaptiv verarbeitet und beruht auf Mehrteilbildcodierung.

Abhängig von der Bewegungsgeschwindigkeit werden zwei oder vier Bilder zusammengefasst oder jedes einzeln verarbeitet (4:2:1). Bei langsamen Bildinhalten würde die Information auf vier Bilder aufgeteilt wobei sich die Ortsauflösung auf den Faktor 4 erhöht und sich die Bewegungsauflösung auf 25% verringert. Was sich natürlich bei schnell bewegten Bildern gegenteilig auswirkt.

Die Umschaltung zwischen den Mehrteilbildcodierungsarten erfolgt hart und wird abhängig von der Bewegung des Bildes gesteuert. Im Sender und im Empfänger muss das Umschalten synchron ablaufen. Dazu wird nur im Sender ein Bewegungsdetektor eingebaut, der die Information über die Teilcodierungsart dem Empfänger als Zusatzsignal übermittelt. Dieses digitale Signal nennt man Digitally Assisted TV (DATV).

Damit das HDTV Signal zu MAC kompatibel bleibt, müssen die Zeilen von 1250 Zeilen auf 625 downkonvertiert werden, indem man die Abtastwerte zweier Zeilen zu einer mittels „Line Shuffling“ zusammenfasst. Dadurch kann das downkonvertierte Signal mit

einem MAC-Empfänger verarbeitet werden oder über eine Nachverarbeitungsstufe aufwärtskonvertiert werden. [1], S. 195

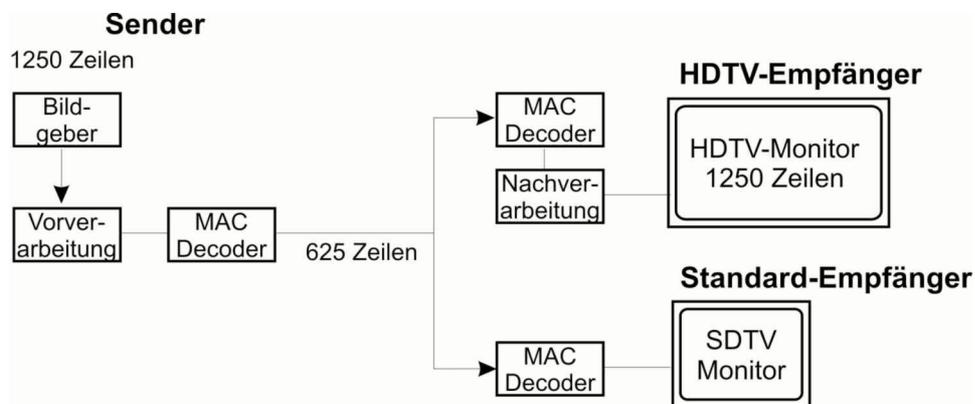


Abbildung 18: HD-MAC-Konzept

5.2.2 HD Digital

Die Basis des digitalen HD-Signals ist, wie auch beim SD-Signal, das analoge (HD) Komponentensignal. Nach der Definition von ITU-R 709 beträgt die Abtastfrequenz des Luminanzsignals 74,25 MHz und für die Farbdifferenzkomponente je die Hälfte. Es ergeben sich beim 50 Hz System 2640 Abtastwerte wobei 1920 aktiv sind. Wie auch beim analogen Signal ist die Anzahl der Zeilen 1125 wobei 1080 davon aktiv sind. Die Quantisierung jeder Komponente ist mit 8 oder 10 Bit möglich.

Das HD-Signal ist dem Standardsignal angelehnt. Beide Signale unterscheiden sich durch die höheren Datenmengen und Datenraten des HD-Signals. Auch die Zeitreferenzen werden mit den selben Zeichen SAV und EAV (Start und End of Active Video) bezeichnet. Für die Übertragung stehen serielle und parallele Schnittstellen zur Verfügung, wobei die serielle Schnittstelle sich in der Praxis durchgesetzt hat. Diese wird auch als HD-SDI bezeichnet. Es werden hauptsächlich 75-Ω-Koaxialkabel als Leitungen verwendet. [4]

5.3 Technische Voraussetzungen

5.3.1 Hardwarevoraussetzungen für HDTV

Da sich HDTV nun schon auf einem rollenden Zug befindet, sind Programmanbieter als auch Konsumenten nahezu gezwungen Investitionen zu tätigen um die hochauflösende Bildtechnik verarbeiten zu können. Um diese auch in den heimischen Wohnzimmern genießen zu können.

Fernsehsender müssen in HDTV taugliches Kameraequipment als auch in Postproduktionssysteme investieren um die Signale verarbeiten zu können.

Doch Seitens der Konsumenten ist der Empfang von HDTV viel interessanter. Der Empfang von HDTV wäre grundsätzlich terrestrisch als auch über Satellit möglich. Doch, ob diese Möglichkeit der terrestrischen Umsetzung in Zukunft auch realisierbar sein wird ist fraglich. Für die Umsetzung des hochauflösenden Fernsehens per Satellit ist ein DVB-S2 Receiver, der MPEG-4/AVC (H.264) codierungsfähig ist, notwendig. Das heißt, es müssen hochauflösenden Programme als auch Programme in Standardauflösung empfangen werden können.

Doch damit ist der Irrgarten für den Konsumenten nicht abgetan, es sind auch HDTV taugliche Displays erforderlich. Grundsätzlich können auch 16:9 Displays eingesetzt werden. Doch sinngemäß wären dafür LCD-, Plasmabildschirme oder Projektoren.

Voraussetzungen für HDTV-taugliche Empfangsgeräte:

- Die geräteinterne Ansteuerungselektronik (Chassis) muss HDTV-Signale verarbeiten können, um sie an das Bildpanel oder die Röhre abzugeben.
- Die Auflösung des Bildpanels muss groß genug sein um HDTV darstellen zu können. So müsste die Mindestauflösung 1920 x 1080 Pixel bei 1080i

(1280 x 720 bei 720p) vorhanden sein um eine native Darstellung des Bildes zu haben. Bei den meisten, für den Normalverbrauchern erhältlichen Bildgeräten liegen die Auflösungen jedoch unter den erforderlichen Auflösungen und müssen auf die erforderliche Größe interpoliert werden. Der Rechenvorgang der Interpolation bringt keine großen Nachteile in der Bildqualität. Experten meinen dazu, dass die Interpolation auch Vorteile bringt, da Nachzieheffekte bei schnellen (diagonalen) Bewegungen ausgeglichen werden.

Es kann aber auch zu Nachteilen kommen, wenn die native Auflösung unter der gesendeten Auflösung liegt. Dadurch, dass die Bilder neu berechnet werden müssen kann es zu fehlerhaften Darstellungen kommen. Vor allem bei schwierigen Bildinhalten (z.B. schnelle Bewegungen oder Zebamustern). Daher kann es geschehen, dass die HDTV Qualität sinkt, um so höher die Differenz zwischen nativer und gerechneter Auflösung ist.

Auch die Aufnahme von HDTV-Beiträgen wird über den Fernsehsender gesteuert. Es wird bei der Ausstrahlung von HDTV ein Steuersignal mitgesendet, das die analogen Ausgänge am Receiver sperrt oder auch freigibt. Bei einem gesperrten Signal kann der Beitrag nur mehr über die HDCP⁴ geschützten Ausgänge HDMI oder DVI ausgegeben werden. Eine Aufzeichnung von Filmen und sonstigen Beiträgen wird unter der hohen Auflösung nicht möglich sein.

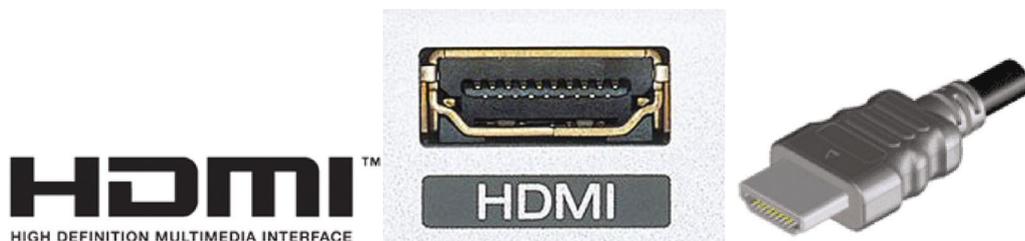


Abbildung 19: HDMI Schnittstelle und HDMI-Stecker

⁴ HDCP (High-Bandwidth-Digital-Content-Protection) ist ein Kopierschutzmechanismus für die HDMI und DVI Schnittstellen.

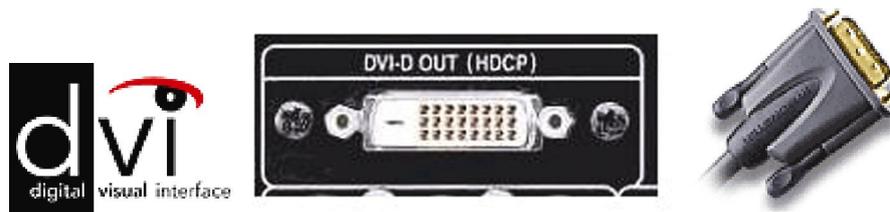


Abbildung 20: DVI Schnittstelle und DVI-Stecker

Darum soll auch das DRM (Digital Rights Management) besser eingesetzt werden. Durch die DRM erlaubten Steuersignale soll festgelegt werden, ob ein HDTV-Beitrag angenommen werden darf, oder wie oft ein Film abgespielt werden kann. Dabei können auch die Zeiträume zur Wiedergabe gesteuert werden.

Da es mittlerweile einen Boom an HDTV fähigen Geräten gibt wurde das „HD ready“ Siegel der EICTA entwickelt. Die EICTA – „European Information & Communications Technology Industry Association“ ist eine Übereinkunft von Herstellern der Unterhaltungsindustrie die spezielle Auflagen für ein HD-Gütesiegel veröffentlicht haben. Durch dieses Siegel wurden die Mindestkriterien für HDTV-Geräte gesetzt um hochauflösendes Fernsehen darstellen zu können. Nur Geräte mit den unten angeführten Voraussetzungen dürfen mit dem „HD-ready“ Siegel versehen werden.



Abbildung 21: "offizielle" HD-ready-Logo

Mindestanforderungen:

1. Native Auflösung von 720 Pixel vertikal bei einem 16:9 Format
2. Videoeingänge:
 - HD-Videoeingänge: analog YUV (Componenten Video), digital: DVI oder HDMI
 - HD-Videoeingänge für die Formate: 720p und 1080i
 - Unterstützung der digitalen Eingänge des Kopierschutzes HDCP [40]



Abbildung 22: HDTV Receiver Humax PR-HD1000

5.4 Videostandards für HDTV

Heute gibt es viele mögliche Standards für das hochauflösende Fernsehen. Zuständig für die Entwicklung eines einheitlichen Produktionsstandard, weltweit ist der internationale beratende Ausschuss für das Funkwesen (CCIR). Wobei sich zwei verschiedene Standards durchgesetzt haben, 1080i und 720p. Der Standard 720p würde qualitativ zu PAL keine großen Unterschiede zeigen doch Störungen durch Halbbilder vermeiden, 1080i würde dagegen Vorteile in der Auflösung und Detailschärfe zeigen. [3], S. 101

In den USA und Japan werden High Definition Programme im MPEG-2 Verfahren ausgestrahlt, dabei liegen die Bitraten bei 12 bis 15 Mbit/s. Für Europa wurde durch den späten Einstieg in die HDTV Generation der neue Komprimierungsstandard MPEG4/AVC (H.264) verwendet, was große Vorteile bringt, da die Bitraten nur mehr

die Hälfte von MPEG-2 in Anspruch nehmen und dadurch keine Qualitätseinbußen mehr entstehen.

Tabelle 9: HD-Standards im Überblick [3], S. 103

HD-Standard	Auflösung	Beschreibung
1080/24p	1080 x 1920	24 Vollbilder pro Sekunde Standardspezifikation: CIF Common Image Format ITU-R 709-3-1080@24p
1080/25p	1080 x 1920	25 Vollbilder pro Sekunde
1080/30p	1080 x 1920	30 Vollbilder pro Sekunde
1080/25i	1080 x 1920	25 Halbbilder pro Sekunde Standardspezifikation: SMPTE 296M-2001 Im Halbzeilenmodus (interlaced werden 2 x 25 Bilder pro Sekunde aufgenommen
1080/30i	1080 x 1920	30 Halbbilder pro Sekunde Standardspezifikation: SMPTE 296M-2001 Im Halbzeilenmodus (interlaced werden 2 x 29,97/30 Bilder pro Sekunde aufgenommen
1080/50i	1080 x 1920	50 Halbbilder pro Sekunde
1080/60i	1080 x 1920	60 Halbbilder pro Sekunde
720/24p	720 x 1280	24 Vollbilder pro Sekunde
720/25p	720 x 1280	25 Vollbilder pro Sekunde
720/30p	720 x 1280	30 Vollbilder pro Sekunde
720/50p	720 x 1280	50 Vollbilder pro Sekunde Standardspezifikation: ITU-R BT.709-5
720/60p	720 x 1280	60 Vollbilder pro Sekunde Standardspezifikation: ITU-R BT.709-5
720/50i	720 x 1280	50 Halbbilder pro Sekunde

5.5 Videocodierverfahren bei HD

Die Videocodierung spielt eine immer größere Rolle bei der Komprimierung von Bild und Videodaten. Ohne die Bild- und Tonkompression wäre hochauflösendes Fernsehen unmöglich.

Ein Standardbild hat zum Beispiel eine Datenrate von 160 Mbit/s, ein HDTV-Bild etwa 1 Gbit/s. Ohne die richtigen Kompressionsstrategien wäre das Übertragen von hochauflösenden Bildern derzeit wirtschaftlich und technisch kaum möglich.

Die bekanntesten Kompressionsstandards für Bild und Videodaten sind JPEG, MPEG, QuickTime, H.264, Windows Media 9. Für Tondateien wurden Standards wie Dolby Digital, dts, MP3 und MLP gesetzt.

5.5.1 MPEG-2 Standard ISO/IEC13818 (1993)

Auch die MPEG („Motion Picture Group) stellt zwei Standard für hochauflösende Videos festgelegt. Bei den MPEG-Formaten handelt es sich um interlaced Formate. Darunter sind MPEG-2 und MPEG4 oder H.264/AVC.

Bezeichnung	Auflösung	Datenrate	Anwendung
Main (MP@ML)	720 x 576	2 – 15 Mbit/s	DVB und DVD
High (MP@HL)	1920 x 1080	19 – 45 Mbit/s	HDTV (19:9)
High (MP@HL)	1920 x 1125	< 100 Mbit/s	HDTV (19:9)

[10]

Genauer über den MPEG-2 Standard wurde bereits im Kapitel 4.2.3 MPEG-Standards abgehandelt.

5.5.2 WMV HD - Windows Media Video 9 Professional Standard SMPTE (2003)

Der Microsoft Standard Windows Media 9 (WMV-HD) basiert auf den von Microsoft basierenden Kompressionsstandard. Dieser ist dem MPEG-2 Standard um 2,25 bis 2,5 mal bei ähnlicher Auflösung überlegen.

Bezeichnung	Auflösung	Datenrate	Anwendung
WMV-HD	1280 x 720p	6 – 12 Mbit/s	HDTV, DVD (16:9), IP
WMV-HD	1440 x 1080p	8 – 12 Mbit/s	HDTV, DVD (16:9)
WMV-HD	1920 x 1080p	8 – 12 Mbit/s	HDTV, DVD (16:9)

[10]

WMV HD – Windows Media Video High Definition

Der WMV HD ist eine Erweiterung des WMV Formates von Microsoft. Wobei nichts anderes als das Dateiformat des Windows Mediaplayers, Version 9 oder auch VC-1 verstanden wird, welcher es möglich macht HDTV wiederzugeben. Durch das WMV HD Format werden die Auflösungen 720 p und 1080p unterstützt.

Da das Haupteinsatzgebiet des Formates im PC-Bereich ist und LDC's, TFT's und Röhrenmonitore mit progressiv Scan arbeiten, wurde das Zeilensprungverfahren nicht berücksichtigt.

Der WMV HD Codec hat sich mittlerweile auch im Heimbereich durchgesetzt. Er wurde auch als Vorläufer auf der HD-DVD und Blue Ray Disk eingesetzt wo der Codec auch als VC-1 bezeichnet wird. [9]

Bei TV-Übertragungen in HD werden WMV HD, 6 bis 10 MBit/s übertragen. Auch die erste HD-DVD mit dem Film „Tomb Raider – die Wiege des Lebens“ mit der Hauptdarstellerin Angelina Jolie wurde mit WMV HD codiert. [20]

Der Standard wird in drei Profile unterteilt:

- **Simple Profile:** mobile Kommunikation, Internet (keine b-Frames)
- **Main Profile:** Internetstreams mit hohen Datenraten; Level1: CIF-Bildgröße bis 2 Mbit/s, Level2: SDTV bis 10 Mbit/s, Level3: HDTV bis 20 Mbit/s;
- **Advanced Profile:** Broadcast in SDTV und HDTV; interlaced möglich;



Abbildung 23: WMV-HD Logo

5.5.3 MPEG-4 (Part 10) Standard ISO/ICE 14496 (1999)

Der Codec arbeitet nach dem Prinzip von MPEG-2. MPEG-4 wurde für geringe Datenmenge optimiert und bietet beste Voraussetzungen für Videostreaming über das Internet oder UMTS. Der Codec zeichnet sich durch Flexibilität, Skalierbarkeit und die hohe Kompressionsrate aus. [10]

Bezeichnung	Auflösung	Datenrate	Anwendung
H.264/AVC	skalierbar	4 kbit/s – 10 Mbit/s	Digitales TV, IP, DVD, HDTV, 3G und xDSL

H.264/AVC

Im Jahr 2003 wurde der Videostandard H.264/AVC von der ITU und der ISO veröffentlicht. Die Bezeichnung H.264 ist die Bezeichnung der ITU und AVC (MPEG-4 Part 10 Advanced Video Coding) die Bezeichnung durch die ISO. Wie schon im Namen ersichtlich ist H.264/AVC eine Weiterentwicklung von MPEG-4.

Im Vergleich zu MPEG-2 liefert der neue Codec eine doppelt so hohe Kompression. Was bedeutet, dass Filme nur mehr halb so große Datenmengen aufbringen oder bei

gleichbleibender Datengröße die Qualität enorm steigt. Der Vorteil liegt aber hauptsächlich in der Ersparnis des Speicherplatzes.

Hier ein Komprimierungsbeispiel: Eine HDTV-Video mit MPEG-2 Kodierung hat ca. 20 Mbit/s während die H.264 Codierung mit gleicher Qualität ca. 10 Mbit/s braucht. [17]

Mögliche Einsatzgebiete sind Videotelefonie, Videokonferenzen, HDTV als auch in der Archivierung.

Der H264/AVC Codec basiert wie seine Vorgänger des MPEG-Standards auf Bewegungskompensation entlang der Zeitachse und einer Transformationskodierung für Texturinformation und Prädikationsfehler⁵.

Wenn man dazu einen Vergleich zum Vorgänger MPEG-2 vornimmt, hat der H.264 Codec doch deutliche Veränderungen und Erweiterungen aufzuweisen.

[4], S. 100

Örtliche Prädikation

Alle Blöcke die zeitlich nicht bestimmt werden können (wie bei I-Bildern) werden mit Hilfe von verarbeiteten Nachbarblöcken vorhergesagt. Dabei unterscheiden sich zwei Modis. Der Intra 4 x 4 Modus ist die Prädikation⁶ der Luminanzblöcke mit 4 mal 4 Bildpunkten. Der Modus eignet sich für detailreiche Bilder. Bei der Intra 16 x 16 Prädikation wird der ganze Macroblock vorausgesagt.

Die Vorhersage der Chrominanzblöcke erfolgt in 8 x 8 Blöcken. Die Wertänderung der Farbkomponenten sind meist gleitend und erfolgen selten abrupt.

⁵ Prädikationsfehler ist ein Vorhersagefehler der kodiert und an den Dekoder übermittelt werden muss. Damit das dekodierte Bild wie das Originalbild aussieht. [28]

⁶ Prädikation ist die Vorhersage und bezeichnet den Prozess, Pixelwerten von bekannten Bilddaten vorherzusagen. [29]

Bewegungskompensation

Bei der zeitlichen Vorhersage eines Bildes wird auf die bereits übertragenen Referenzbilder zugegriffen. Dafür wird ein Macroblock in mehrere Blöcke unterteilt. [31, S 251-252]

Durch „Macroblock Partitioning“ ist es beim H.264 Codec möglich die 16 x 16 Blöcke in sieben Untergruppen zu unterteilen (16 x 16, 16 x 8, 8 x 16, 8 x 8, 8 x 4, 4 x 8, 4 x 4). Durch die verschiedenen Möglichkeiten werden Bewegungsinformationen besser an die Objekte angepasst und somit Blockartefakte⁷ verringert. Damit können Pixelwerte vorhergesagt werden. [28]

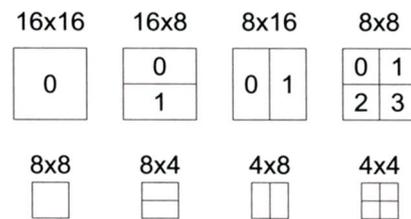


Abbildung 24: Variable Blockgrößen

Als Referenzbild kann prinzipiell jedes beliebige Bild dienen und nicht nur die direkt vorangegangene Bilder. Das heißt, es dürfen auch B-Bilder zur Referenz eingesetzt werden. B-Bilder können aus zwei zeitlich vorangegangenen Bildern vorausgesagt werden und benötigen kein zukünftiges Bild.

Im Gegensatz zu MPEG-2 hat der Codec eine höhere Auflösung der Bewegungsinformation. Der Codec arbeitet auf $\frac{1}{4}$ Pixel genau. Wobei MPEG-2 bei $\frac{1}{2}$ Pixel liegt. Nur wenn ein Vektor genau auf einen Bildpunkt des Referenzbildes liegt wird dieser als Prädikationswert verwendet. Ansonsten werden die Werte mittels Interpolation bestimmt. H.264/AVC unterstützt den Halbbildmodus als auch den Vollbildmodus. [31], S. 255-256

Transformation

Bei H.264/AVC hat sich anstelle der DCT mit 8 x 8 Pixel eine Integer-Transformation mit 4 x 4 Pixel durchgesetzt. Diese wird mit ganzen Zahlen berechnet wobei keine Rundungsfehler mehr auftreten wie es bei der DCT aufgetreten ist. Durch die kleineren

⁷ Blockartefakte sind Bildfehler in einer digitalen Bildübertragung, die bei Datenverlust, bei zu schnellen Bildbewegungen oder als Folge zu hoher Datenkompression auftreten können. [9]

Blöcke sind die Vorhersagen bei der Inter- und Intra-Prädiktion genauer. Auch sichtbare Blockartefakte werden dadurch geringer.

Kodierung

Die Kodierung der Syntaxelemente erfolgt auf der Codetabelle des Golomb-Codes.

Die Übertragung der Transformationskoeffizienten erfolgt durch CAVLC (Context Adaptive Variable Length Coding). Die Leistungsfähigkeit der Entropiekodierung⁸ steigert sich durch die binäre arithmetische Kodierung (CABAC, Context Adaptive Binary Arithmetic Coding).

Filter gegen Blockartefakte

Ein großes Problem bei der Videokompression ist die Weiterführung der Blockartefakte. Diese können aufgrund der Quantisierung der Transformationskoeffizienten entstehen oder auch beim Kopieren der Blöcke aus verschiedenen Referenzbildern auftreten.

Werden diese Bilder wieder als Referenzbilder für die zeitliche Prädikation eingesetzt, setzen sich die Fehler wiederum fort.

Aufgrund dieser Problematik wird bei H.264/AVC ein Deblocking-Filter eingesetzt. Durch diesen erfolgt eine Glättung der vorkommenden Blockkanten. Beim Einsatz des Filters wird die Bitrate um 5 - 10% verringert ohne einen sichtlichen qualitativen Verlust hinzunehmen. Ein Nachteil des Filters ist jedoch der enorme Rechenaufwand.

Profile und Levels

Die Profile und Levels des H.264/AVC ähneln den Vorgängern der MPEG-Familie. Durch die Profile werden die Funktionen unterteilt, wobei die Levels die dazugehörigen Rahmenbestimmungen wie Bildgröße, -frequenz, Bitrate usw. bestimmen.

⁸ Entropiekodierung ist die verlustlose Kodierung von Informationen. Es werden aufkommende Redundanzen verwertet. Verlustlos heißt, dass die Daten bei der Dekomprimierung gänzlich wieder hergestellt werden.

Die H.264/AVC Profile unterteilen sich in **Baseline-Profil**, **Main-Profil** und das **Extended-Profil**.

- **Baseline-Profil** bezieht sich hauptsächlich auf die Echtzeitkommunikation bei Endgeräten (Videotelefonie und –konferenzen). Es werden I- und P-Frames verwendet. Große Vorteile hat das Profil in der Übertragung von eher geringen Datenmengen in dynamischen Netzen, da es niedrige Verzögerungszeiten und hohe Fehlertoleranzen erlaubt.
- **Main-Profile** unterscheidet sich dahingehen, dass alle Frames der GOP genutzt werden. Es wird bei diesem Profile das Zeilensprungverfahren unterstützt.
- **Extended-Profile** unterstützt das progressive Verfahren als auch das Zeilensprungverfahren und spezialisiert sich hauptsächlich auf problemhafte Kommunikationskanäle.

[18]

5.5.4 MPEG-4/AVC und VC-1 im Vergleich

Die beiden Videocodierung MPEG-4/AVC und VC-1 haben sich mittlerweile am Markt etabliert. VC-1 wurde von Videocodecs abgeleitet die für PC-Anwendungen gedacht waren und deren Hauptaugenmerk Internet Media Streaming war.

Die Philosophie des VC-1 Codecs war eine kostengünstige Implementierungen zu erreichen und dabei auch Verluste der Qualität hinzunehmen. Dabei bestand die Philosophie des MPEG-4/AVC Codecs in der maximal erzielbaren Kodiereffizienz.

Die folgende Tabelle soll Aufschluss über die Kodierung vom MPEG-4/AVC und VC-1 geben. Zur Ergänzung wurde der MPEG-2 Standard hinzugefügt.

Tabelle 10: Überblick der Kodierung von MPEG-2, MPEG-4/AVC und VC-1

Funktionsblock	MPEG-2	MPEG-4/AVC	SMPTE VC-1
Intra-Prädiktion	DC-Prädiktion pro Makroblock	4 x 4 räuml 16 x 16 räuml.	Koeffizienten im Frequenzbereich
Picture Coding Type	Frame Field Picture adaptive Frame (Field)	Frame Field Picture adaptive Frame (Field) Makroblock adaptive Frame/Field	Frame Field Picture adaptive Frame (Field)
Blockgröße für die Bewegungskompensation	16 x 16 16 x 8, 8 x 16	16 x 16 16 x 8, 8 x 16 8 x 8 8 x 4, 4 x 8 4 x 4	16 x 16 16 x 8, 8 x 16 8 x 8 8 x 4, 4 x 8 4 x 4
Genauigkeit der Bewegungsvektoren	Full Pel Half Pel	Full Pel Half Pel Quarter Pel	Full Pel Half Pel Quarter Pel
P-Frame	ein Referenzbild	ein oder mehrere Referenzbilder	ein Referenzbilder
B-Frame	ein Referenzbild in jede Richtung	ein oder mehrere Referenzbilder in jede Richtung, weitere Prädikationsmethoden	ein Referenzbild in jede Richtung
Schleifenfilter	kein Filter	De-Blocking Filter	De-Blocking, überlappende Transformation
Entropiekodierung	VLC	CAVLC CABAC	adaptive BLC
Transformation	8 x 8 Discrete Cosinus Transformation (DCT)	approximative, ganzzahlige DCT mit Blockgröße 8 x 8 4 x 4	approximative, ganzzahlige DCT mit Blockgröße 8 x 8 8 x 4, 4 x 8 4 x 4

Kodierungsverfahren

Unterschiede in der Kodierung scheinen bei der Entropiekodierung als auch bei der Intra-Prädiktion auf. Der MPEG-4/AVC Codec setzt auf CAVLC- und CABAC-Kodierung. Durch Letzteres wird eine höhere Kodiereffizienz von 15 – 20% erreicht,

aber auch höhere Kosten verursacht. Als kostengünstigere Alternative wird CAVLC eingesetzt, welche aber in der Kodierleistung schwächer ist.

VC-1 setzt auf VLC-Variable Length Coding, die bei der Implementation leichter zu handhaben ist. Die Kodierleistung von CABAC kann aber nicht erreicht werden.

Bei der Intra-Kodierung setzt AVC auf die räumliche Prädikation. Durch die vielen Auswahlmodis können die Einstellungen an den Bildinhalt angepasst werden. Wodurch aber auch hohe Rechenleistungen erforderlich sind.

VC-1 dagegen setzt auf konventionelle Prädiktionsverfahren, die direkt auf den Spektralkoeffizienten benachbarter Makroblöcke zugreift.

Bildqualität

Da die Grundlagen von MPEG-4/AVC und VC-1 sehr ähnlich sind verhält sich auch die Bildqualität ähnlich. Es zeigen sich keine markanten Farb- und Qualitätsunterschiede. Visuelle Unterschiede der Bildqualität hängen hauptsächlich von der Wahl des Encoders ab. Dieser wird durch die Bitdatenregelung gesteuert. Dabei kann es zu einem konstanten Bistrom (CBR-Constant Bit Rate) oder einem variablen Bistrom (VBR-variable Bit Rate) kommen.

[32]

5.5.5 Weitere Kompressionstechnologien für HDTV

Quick Time 7 – H.264

Mit Quick Time 7 (für Mac OS X Tiger) verbindet sich der Video-Codec H.264. Der Codec ermöglicht Apple User in den Genuss von HD zu kommen sowie auch andere Features zu nutzen (zB iChat AV für Videokonferenzen). [26]

DivX HD

Der DivX HD Codec stammt aus der MPEG-4 Gruppe und ist eine Erweiterung des DivX-Codex für HD-Auflösungen von 1920 x 1080p und 1280 x 720p mit einer Rate von 4 – 10 Mbit/s. MP3 und Dolby Digital 5.1 gilt als Audioformat.

5.5.6 Kompressionsstrategien von HDTV –Signalen in der Praxis

Das Angebot an HDTV wird immer attraktiver. Private Sender finden immer mehr Interesse am hochauflösenden Fernsehen und legen mehr Wert auf die Verbreitung von HDTV. Vor allem deutsche Sender wie ProSieben und Sat.1 strahlen neben dem Standard Format auch in HD aus (seit Oktober 2005). Auch der kostenpflichtige Sender Premiere startete im Dezember letzten Jahres drei Kanäle im hochauflösenden Format. Der neue Sender Anixe HD hatte seinen Startschuss im Mai dieses Jahres.

Im Gegensatz zu den Privatsendern halten sich die öffentlich-rechtlichen Sender im Bereich des hochauflösenden Fernsehens noch zurück. [34]

Die unten angeführte Tabelle soll Aufschluss über die derzeitigen HD-Sender und deren gewählte Kompressions- und Übertragungslösungen geben. (Die Tabelle beinhaltet nur eine Auswahl von HD-Sendern).

Tabelle 11 : HD-Kanäle

Sender	Sprache	Norm
Astra 19,2 Grad Ost		
Premiere HD Film	deutsch	MPEG-4/DVB-S2
Premiere HD Thema	deutsch	MPEG-4/DVB-S2
Premiere HD Sport	deutsch	MPEG-4/DVB-S2
Anixe HD *	deutsch	MPEG-4/DVB-S2
ProSieben HD	deutsch	MPEG-4/DVB-S2
Sat.1 HD	deutsch	MPEG-4/DVB-S2
Eventment *	französisch	MPEG-4/DVB-S
National Geographic HD *	französisch	MPEG-4/DVB-S
Astra HD	englisch	MPEG-2/DVB-S
Astra 3A 23,5 Grad Ost		
HD 1	englisch	MPEG-2/DVB-S
HD 2	englisch	MPEG-2/DVB-S
HD 5	englisch	MPEG-2/DVB-S
Astra 2 28,2 Grad Ost		
BBC Promo	englisch	MPEG-4/DVB-S
Discovery HD UK	englisch	MPEG-4/DVB-S2

*Neuaufschaltungen [34], S. 96

5.6 HD-Speicherformate

Auch im High Definition Bereich gibt es eine Vielzahl von verschiedenen Bandformaten. Die sich an den Bedürfnissen der Konsumenten bzw. der digitalen Filmproduktionen orientieren.

D-6

Das D-6 SMPTE Format ist ein Videobandformat das unkomprimiert HDTV mit 8-bit Quantisierung, einer Abtastung von 4:2:2 und einer Datenrate von 1,188 Gbit/s aufnimmt. Es können über 50 Generationen erreicht werden ohne dabei sichtbare Qualitätsverluste hinzunehmen. [2], S. 426

D-5 HD (HD-D5)

HD-D5 ist ein Format, das die HDTV-Formate 1080i, 720p als auch Standardformate aufzeichnet. Der ursprüngliche D-5 SMPTE Standard nimmt ein SD-Video mit 270 Mbit/s. Dieser wurde von Panasonic adaptiert und an HDTV angepasst indem er mit einem M-JPEG Codec ausgestattet wurde, was den Erfolg, eine Datenreduktion von 4,4:1 brachte. Der HD-D5 Standard arbeitet mit einer 10 Bit Quantisierung, einer 4:2:2 Abtastung und voller Bandbreite im HD-Bereich. HD-D5 ist neben dem HD-CAM Format eines der hochwertigen HDTV-Formaten für die Videobearbeitung. [2], S. 426



Abbildung 25: HD-D5 Tape, Panasonic [22]

D-7 HD (DVCPRO-HD, DVC PRO 100)

DVCPRO-HD unterstützt die Formate 1080i und 720p. Der Datenreduktionsfaktor beträgt 6,7:1. DVCPRO-HD arbeitet mit einer Datenrate von 50 Mbit/s bzw. 100 Mit/s, 8 Bit Datentiefe und einer Abtastung von 4:2:2.

Es können dadurch zehn Generationen ohne ersichtlichen Qualitätsverlust erreicht werden. Durch Panasonic wurde das DVCPRO-HD Model eingesetzt was auch für das DVCPRO Format gilt. Dadurch ist das Format auch abwärtskompatibel und es können DVDPRO Bänder weiterverwendet werden. [2], S. 427



Abbildung 26: Panasonic AJ-HDX400E HD 3iT-CCD Camcorder [21]

D-9 HD

D-9 HD ist eine Erweiterung des D-9 Formates von JVC. Es werden die HDTV Formate 1080i und 720p unterstützt. Die Aufzeichnung erfolgt auf ½ Zoll Bänder. Das Format arbeitet mit einer 8 Bit Quantisierung und einer Abtastrate von 4:2:2. Es kommt dabei zu einer Kompression von 3,5:1 und einer Datenrate von 100 Mbit/s. [27]

D-11 (HDCAM)

Der D-11 ist ein Standard von Sony welcher unter der Bezeichnung HDCAM bekannt ist. Sony setzt dabei auf das Bildseitenverhältnis von 1440 x 1080. Das Kassettenformat wurde von Betacam abgeleitet und für HDTV ausgelegt.

Das Format arbeitet mit einer Datentiefe von 8 Bit, einer Abtastung von 3:1:1 und einer Kompression von 7:1 aufgezeichnet. [2], S. 426



Abbildung 27: Sony HDW-F900R HD CineAlta Camcorder [21]

HDCAM-SR

HDCAM-SR zeichnet je nach Kameraausführung mit einer Abtastrate von 4:2:2 oder 4:4:4 auf. Es kommt dabei zu einer Datenrate von 440 Mbit/s bei 10 Bit und 4:2:2 Abtastung, bei einer 4:4:4 Abtastung zu 880 Mbit/s.

Durch die Komprimierung von MPEG-4 kommt es zu einer Kompressionsrate von 4,2:1 bei einem 1080i Betrieb. HDCAM SR ist abwärtskompatibel zu HDCAM und wird vor allem bei Special-Effects-Shots, die eine intensive Nachbearbeitung beanspruchen verwendet.

HDV

HDV-„High Definition Video“ ist ein kostengünstiges System zur Aufzeichnung von High Definition. Der Standard hat zwei Varianten, eine Auflösung von 720 x 1280 Pixel progressiv mit 19 Mbit/s als auch eine Auflösung von 1440 x 1080 interlaced mit 25 Mbit/s. Beide Auflösungen haben ein Bildseitenverhältnis von 16:9 sowie die möglichen Frequenzen von 25 oder 30 Hz und 50 oder 60 Hz. [13]

Die Aufzeichnung erfolgt auf Mini-DV Bänder und verwendet die MPEG-2 Kompression mit langen GOP's und einer Abtastung von 4:2:0.

Die Anzahl der Pixel entsprechen einem Verhältnis von 4:3 wobei die Ausgabe in 16:9 erscheint. Dabei sind die Pixel nicht quadratisch sondern werden um 1,33:1 gestreckt.

HDV ist ein Standard den Sony, JVC und Canon aufgegriffen haben und die Möglichkeit bieten HD für Semiprofessionellen Bereich zu ermöglichen. [33], S. 28



Abbildung 28: Sony HVR-Z1E HDV-Camcorder [21]

Neue Speichermedien und Aufzeichnungskonzepte

Tabelle 12: Neue Speichermedien und Aufzeichnungskonzepte [15]

SYSTEM	P2	XDCAM
Geräteanbieter	Panasonic	Sony
Speichermedium	PCMCIA-Card	XDCAM-Disk
Beschreibung	SD-Speicherchips in PCMCIA-Gehäuse	Optical Disk
Speicherkapazitäten	max. 8 GB Zuwachs angekündigt	23 GB: angekündigt: Dual-Layer-Disc mit 50 GB
Auflösungen	SD, HD	SD, HD
Fileformat	MXF als Wrapper für Daten in folgenden Formaten, DV, DVCPRO, DVCPRO50, DVCPROHD, HD-D5.	MXF als Wrapper für Daten in folgenden Formaten DVCAM, IMX.

XDCAM-HD

XDCAM ist eine neue Linie von Sony für den professionellen Bereich auf Optica-Disc-Basis. Als Speicher dient eine „Professional Disc“ die ähnlich der Blue-ray Disc aber nicht kompatibel dazu ist. Alle XDCAM Produkte von Sony beginnen traditionell mit „PDW“. Durch XDCAM können DVCAM- und IMX-Daten aufgezeichnet werden.

Darum ist XDCAM nicht speziell als neues Format zu bezeichnen sondern als neues Speichermedium für Sonyformate. In die XDCAM Technologie wurde HD integriert.

Durch XDCAM-HD wird es möglich DV-CAM Aufnahmen mit drei 1080i-HD-Qualitätsstufen zu machen. Die Aufnahme erfolgt in MPEG Long GOP-Codierung und 1080 (echten) Zeilen mit einer Bitrate von 19, 25 oder 35 Mbit/s.

XDCAM-HD bietet Vorteile in der Datenübertragung und Metadatenfunktion. Bei 35 Mbit/s der höchsten Bildqualität, erreicht man eine Aufnahmedauer von 60 min, bei 18 Mbit/s dagegen eine Aufnahmedauer von 120 min. [15]



Abbildung 29: Sony: XDCAM HD Camcorder [21]

XDCAM HD ist das erste Profi-Produktionsformat, das mit austauschbaren Discs und vollständig filebasiert arbeitet. Die Professional Discs haben alle Vorteile IT-orientierter und filebasierter Aufnahmeverfahren. Die austauschbaren Datenträger sind sehr robust und werden durch die Bluelasertechnologie beschrieben. Diese halten bis zu 10.000 Nutzungszyklen stand. [16]

P2

P2 steht als Professional Plug-in Card und ist ein Speichermedium von Panasonic. Diese Speicherkarte ist ein Solid-State-Speichermedium d.h. sie arbeitet ohne bewegte Teile. Es ist möglich verschiedene Datenformate wie DV, DVCPRO und DVCPRO50 aufgenommen werden. Zukünftig und jetzt auch schon Testweise werden die Formate DVCPRO-HD, HD-D5, aber auch HDV eingesetzt. Das Aufzeichnen von HD-Material

mit der Datenrate von 640 Mbit/s wird möglich, als auch der rasche Transfer von Daten möglich. P2-Geräte sind nur von Panasonic erhältlich. [15]



Abbildung 30: Panasonic AJ-P2C008HG "Professional Plug-in"

AVCHD

AVCHD ist ein neues von Panasonic und Sony entwickeltes High Definition Digital-Camcorder Format. Es wird die Aufnahme und Wiedergabe von HD-Videos auf 8-cm DVD's möglich. Durch effektive Kodierverfahren ist die Aufzeichnung von 720p und 1080i Signalen möglich. Zur Videokompression nutzt man die MPEG-4-AVC/H.264 Kodierung. Zur Audiokompression wird Dolby Digital (AC3) oder Linear PCM genutzt.

5.7 Digitale Postproduktion

Früher zählte man zu den Aufgaben der Postproduktion im Bildbereich nur den Schnitt und die Bestimmung des Lichtes. Als die Digitalisierung in der Postproduktion seinen Einzug fand wurde sie zuerst im nonlinearen Schnitt und bei Bildeffekten eingesetzt. Durch die Digitaltechnik wurden Korrekturen und der Zugriff auf verschiedenen Sequenzen und Clips kein Problem mehr. Heute kann man die Postproduktion grob in drei Bereiche teilen, den Schnitt, das Compositing und die Computeranimation [4], S185

Die Anforderungen an digitale Produktionssysteme werden immer höher. Neben dem Ablauf des Editings müssen Anforderungen, wie die Verwaltung von Mediendaten, Metadaten und die Archivierung von Material gewährleistet werden. Für optimale Arbeitsabläufe muss die Zusammenarbeit der Systeme gewährleistet sein, wobei auch offene Schnittstellen für Plug-Ins gefordert. Daher stehen, Kompatibilität mit anderen Systemen, genügend Schnittstellen und Stabilität der Systeme im Vordergrund.

[3] S,134

5.7.1 Nonlineare Schnittsysteme für HD

Zu Zeiten des hochauflösenden Fernsehens werden hohe Anforderungen an die Schnittsysteme gestellt. Die hohen Datenmengen von HD-Material erfordert enorme Speicherkapazitäten der Systeme. Für eine Stunde hochauflösendes Material entsteht in komprimierter Form ein Datenaufwand von ca. 500 GB. Zur Verarbeitung dieser Datenmengen müssen Content-Management-Systeme sowie zusätzliche Datenspeicher eingesetzt werden.

Auch an die Softwareanbieter bzw. -entwickler werden immer höhere Anforderungen gestellt. Durch die immer besseren Rechnerleistungen wird es möglich immer mehr Arbeitsschritte in Echtzeit zu bewerkstelligen. Bei der Verarbeitung von Echtzeiteffekten haben HD-Bearbeitungen die vier- bis sechsfache Rechenleistung als bei SD-Bearbeitungen.

Zur Zeit sind die Maßstäbe für ein ideales Schnittsystem hoch. Es sollte verschiedene Auflösungen (DV, SD, HD, 2K) in Echtzeit und einer Timeline verarbeiten können. Zur Zeit steht bei der Entwicklung die HD-Kompatibilität von Schnittsystemen im Vordergrund.

Tabelle 13: Anforderungen für Nonlineares-Editing [3], S. 142

Datenverarbeitung	<ul style="list-style-type: none"> • Bearbeiten von verschiedenen Videoströmen (Auflösung Echtzeit) • hohe Datenraten • in Zukunft alle HD-Auflösungen unkomprimiert • Media-Management
Formatvielfalt, Neutralität d. Formate	<ul style="list-style-type: none"> • Verwendung aller Input-Formate • keine Konvertierungen vor der Bearbeitung • verschiedene Auflösungen, SD bis HD sowie 2K und höher (unkomprimiert) in einer Timeline • Standard HD Bearbeitung
Farbkorrektur	<ul style="list-style-type: none"> • Layoutfunktionen • optionale Farbkorrekturen
Netzwerkfähigkeit	<ul style="list-style-type: none"> • Einbindung von Produktionen in größere Systeme • Interaktivität, optimaler Datenaustausch • Zusammenhängendes Arbeiten mit 3-D, Animationen und Compositing • Rendern im Netzwerk • Einbindung mobiler Festplatten
Datenformate Input	<ul style="list-style-type: none"> • Inputformate wie PAL, NTSC, HD • Speicherkarten, MPEG usw.
Datenformate Output	<ul style="list-style-type: none"> • Verschiedene Outputformate in PAL, NTSC, HD • Mastering-Qualität HD • Multiformat Encoding (Kassette, DVD, Internet usw.)
Kompatibilität	<ul style="list-style-type: none"> • Anbindung an CMS-Systeme für bandloses und netzwerkbasierendes Arbeiten
Backupfunktionen	<ul style="list-style-type: none"> • Leistungsfähigkeit
Zuverlässigkeit	<ul style="list-style-type: none"> • Stabilität bei großen Datenmengen • Vertrauen an das System und den Hersteller
Benutzerführung	<ul style="list-style-type: none"> • Benutzerfreundlichkeit

Die digitale Postproduktion umfasst verschiedene Tätigkeiten. Darunter fallen die Abtastung, Schnitt, Retusche, Color Grading, Compositing, Visual Effekte, Titelmontage, 2D und 3D Animationen.

Erst durch die heute flexiblen Hard- und Softwaresysteme wird es möglich kreativ zu arbeiten und alle aktuellen Video- und Datenstandards zu unterstützen.

Aufgrund der hohen Speicherkapazitäten die HD erfordert wird der Offlineschnitt meist auf SD-Schnittsystemen in niedrigen Auflösungen bearbeitet und erst durch Schnittlisten auf HD-Finishing-Systeme übertragen wo sie dann in den benötigten Auflösungen zusammengefügt werden.

Dabei kommt es oft vor das Offline- und Onlineschnittsysteme nicht richtig zusammenspielen und Blenden, Effekte, Titel oder Farbkorrekturen nachbearbeitet werden müssen. [3], S. 141-143

Tabelle 14: Nonlineare Schnittsysteme für HD [3], S. 144 - 145

Produkt Hersteller	Merkmale	Formate	Anwendung	Einsatz
Avid DS HD Nitris (7.5 Avid)	<ul style="list-style-type: none"> - 2 HD-Echtzeit-Videostreams - Digital Intermediate-Filmbearbeitung (DI) - HDSDI - Nitris = Beschleunigerhardware 	SD, HD und 2K bis 4K RGB HD 10 Bit unkomprimiert 1080i: 30/29,97/25 1080p: 30/29,97/25/24/23,97 720p: 60/59,94/50	Komplettsystem für Offline/Online Editing, Compositing, FX-Grafik, Colorgrading, Titel, Audio	Film (DI), Fernsehen
Mediacomposer Adrenaline HD Avid	<ul style="list-style-type: none"> - Echtzeitfunktionen - Filmbearbeitung - HDSDI (DNxcl Board) - Firewire - Userinterface 	SD bis HD HD unkomprimiert HD-Formate: 1080i, 1080p, 720p und DVCProHD	Komplettsystem für Offline/Online Editing, Compositing, Colorgrading	Fernsehen
Avid Xpress Pro HD Avid	<ul style="list-style-type: none"> - Firewire - DNxHD-Support 	SD/HD unkomprimiert HD-Formate: 1080i, 1080p, 720p und DVCProHD	Software für Off/Online-Editing, Compositing,	Fernsehen Video

			Colorgrading	
Fire 6.0 Descreet	- Digital Intermediate-Filmbearbeitung (DI) - 2 HD-Echtzeit-Videoströme - auflösungsunabhängig - HDSDI, Dual-Link RGB	SD/HD bis 3K, 4K HD Formate: 1080i, 1080/24p, 720p, 1035i	Komplettsystem für Online-Editing, Finishing von HD Film	Film (DI) High-end-Postproduktion, Fernsehen, Video
Smoke HD 6.0 Descreet	- 2 HD Echtzeitvideoströme - auflösungsunabhängig - HDSDI, Dual-Link RGB	SD/HD bis 2K-RGB unkomprimiert; HD Formate: 1080i, 1080/24p, 720p, 1035i	Komplettsystem für Online-Editing, Finishing von HD Film	Film (DI) High-end-Postproduktion, Fernsehen, Video
Clipster DVS	- Digital Intermediate (DI) - 2 x 2K (RGB, 10 Bit) Echtzeit-Videoströme - Multi Resolution Editing (SD, HD bis 2K in einer Timeline unkomprimiert) - unterstützt Compositing - Color-Grading-System (primär)	SD/HD, 2K bis 4K RGB 10 Bit (dual link interface) HD unkomprimiert HD Formate: 1080p, 1080sf, 1080i, 720p	Komplettsystem für Videoschnitt Compositing Restauration Online	Film (DI) High-end-Postproduktion, Fernsehen, Video
Media 100 HD Media 100/Optibase	HD und SD-Material in einer Timeline mischen Design-Workflows Digital Media basierend auf offenen Standards	SD bis HD, HD 10 Bit unkomprimiert, HD-Formate: 1080p, 1080i, 1035i, 720p	Komplettsystem für Videoschnitt Compositing Restauration Online	Film (DI) High-end-Postproduktion, Fernsehen, Video
Media 100 844/Xe Media 100/Optibase	- Echtzeit-Compositing mit 10 Bit - Design-Workflows - Digital Media basierend auf offenen Standards	SD bis HD (HDX optional) HD-Formate: 1080p, 1080i, 1035i, 720p, 480i	Komplettsystem für Offline-Editing, Compositing, Finishing	Fernsehen, Internet, DVD-Produktion, Interactive
Media 100 844/Xi Media 100/Optibase	- Echtzeit-Compositing mit 10 Bit - Design-Workflows - Digital Media basierend auf offenen Standards	SD bis HD (HDX optional) HD-Formate: 1080p, 1080i, 1035i, 720p, 480i	Komplettsystem für Offline-Editing, Compositing, Finishing	Fernsehen, Internet, DVD-Produktion, Interactive
iQ Quantel	- Digital Intermediate (DI) - Resolution Coexistence (alle Produktionsschritte sind im Format des Originalmaterials, unterschiedliche Auflösungen können auf einer Timeline verarbeitet werden;)	SD/HD, 2K und 4K, HD Formate: 1080i, 1080p, 720p HD-RGB (10 Bit)	Digital Intermediate, Komplett-Finishing, Pre-visualisierung, Schnitt,	Film (DI) High-end-Postproduktion, Fernsehen, Video

	<ul style="list-style-type: none"> - Echtzeitfunktionen - Qcolor-Grading-System - HDSDI 		Farbkorrektur	
eQ Quantel	<ul style="list-style-type: none"> - Digital Intermediate (DI) - resolution coexistence - Echtzeitfunktion - Qcolor-Grading-System - HDSDI 	SD/HD bis 2K HD Formate: 1080i, 1080p, 720p	Komplett-Finishing, Schnitt, Effekte, Farbkorrektur, Mastering	Film (DI) High-end-Postproduktion, Fernsehen, Video
QEdit Pro Quantel	<ul style="list-style-type: none"> - Digital Intermediate (DI) - Resolution Coexistence - Echtzeitfunktion (eingeschränkt) 	SD/HD bis 2K HD Formate: 1080i, 1080p, 720p	Videoschnitt	Fernsehen, High-end-Postproduktion,
XPRI 6 Sony	<ul style="list-style-type: none"> - 2 HD-Echtzeitvideoströme - auflösungsunabhängig - HDSDI 	SD/HD, HD unkomprimiert, HDCAM	Komplettsystem für Online-Editing	Fernsehen, Video
Liquid Chrome HD Avid	<ul style="list-style-type: none"> - Echtzeitfunktion (eingeschränkt) - Multiformatfähigkeiten - Verarbeitung von 4 Videospuren gleichzeitig - HDSDI 	SD bis HD, HD Formate: 1080i, 1080p, 720p, HDV	Komplettsystem für Off/Online-Editing, Compositing, Finishing	Fernsehen, Video
Liquid Blue HD Avid	<ul style="list-style-type: none"> - Echtzeitfunktion (eingeschränkt) - Firewire (HDV) 	SD bis HD, HD Formate: 1080i, 1080p, 720p, HDV	Software für Off- u. Onlineediting, Compositing, Finishing	Fernsehen, Video
Liquid Edition Avid	Echtzeitfunktionen (eingeschränkt) Firewire	SD bis HD, HD Formate: 1080i, 1080p, 720p, HDV	Software für Off- u. Onlineediting, Compositing, Finishing	Fernsehen, Video
Final Cut Pro HD Apple	<ul style="list-style-type: none"> - Echtzeitfunktionen - In/Out über Firewire oder PCI - Codierung für Internet, Mobilfunkgeräte 	SD bis HD, HD Formate: 1080i, 1080p, 720p, DVCProHD optional SD/HD unkomprimiert	Software für Video- und Filmschnitt	Fernsehen, Internet, mobiler Content
Final Cut Express HD Apple	- Firewire	SD bis HD, HD-Format: 1080i, 720p, HDV	Software für Videoschnitt und Compositing	Fernsehen, Video
Edius HD Canopus	- HDSDI	SD bis HD, HD-Format: 1080i, 720p, HDV	Komplettsystem für Editing und Finishing	Fernsehen, Video

5.7.2 Postproduktion Avid DNxHD

Avid DNxHD

Der Avid DNxHD Codec wird vor allem in der HD-Postproduktion verwendet. Er wurde speziell für die Bearbeitung von HD-Videomaterial in mehreren Generationen entwickelt. Bei der Einspielung von HD-Daten wird fast 7-mal mehr Speicherplatz und eine höhere Bandbreite als bei Standard Definition benötigt. Bei Netzwerk-HD-Editing wäre dadurch kein effizientes Arbeiten mehr ermöglicht. Durch DNxHD wird es möglich HD-Medien in Masterqualität mit geringeren Dateigrößen zu verwenden.

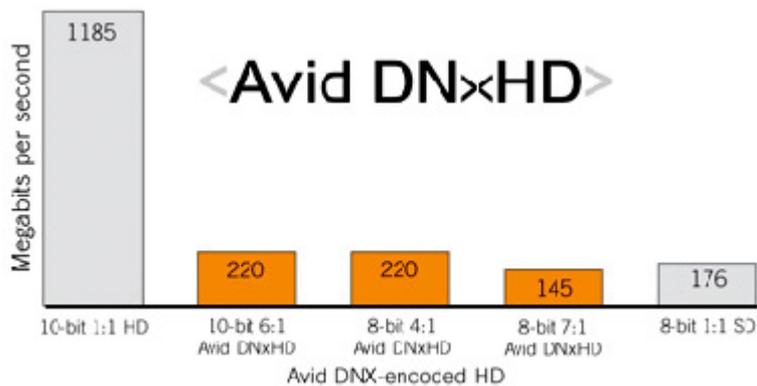


Abbildung 31: Avid DNxHD

Avid DNxHD basiert auf dem Standard von MXF (Material eXchange Format) wodurch gewährleistet wird, dass Medien innerhalb von MXF kompatiblen Systemen getauscht werden können.

Der Vorteil des Avid DNxHD Codec ist, dass die enorme Datenrate von HD-Material in den Bereich von SD-Material komprimiert wird. Dadurch können bestehende Netzwerkstrukturen (z.B. Gigabit-Ethernet bzw. Fibre-Channel) erhalten bleiben und müssen nicht extrem kostspielig aufgerüstet werden.

Der Codec kann in einer 8- oder 10-Bit Abtastung mit drei wählbaren Bitraten verwendet werden, wie in der Tabelle 15 auf Seite 76 ersichtlich ist. In dieser ist der Vergleich von DNxHD zu anderen HD-Formaten ersichtlich.

Tabelle 15: Avid DNxHD [11]

Format	Avid DNXHD 145	DVCPRO HD	HDCAM	Avid DNxHD 220	HDCAM SR
Bitquantisierung	8 Bit	8 Bit	8 Bit	8 und 10 Bit	10 Bit
Abtastung	4:2:2	4:2:2	3:1:1	4:2:2	4:2:2 oder 4:4:4
Bandbreite	145 Mbit/s	100 Mbit/s	135 Mbit/s	220 Mbit/s	440 Mbit/s

Viele HD-Formate verwenden zur Reduzierung der Bitraten das sogenannte Rasterdownsampling um die Bandbreite gering zu halten. Dabei wird jedoch die Qualität der Bilder beeinträchtigt. Die Details im Bild werden unscharf bzw. Artefakte bei der Bearbeitung über mehrere Generationen können entstehen.

DNxHD steuert diesen Nachteilen entgegen. Es bleibt der volle Raster des Videos aufrecht. Jeder einzelne Pixel im Bild wird gesampelt. In der folgenden Tabelle werden die verkleinerten Bildgrößen von anderen HD-Komprimierungsverfahren angeführt die durch Rasterdownsampling entstehen. [11]

Tabelle 16: Bildgrößen bei Rasterdownsampling

Format	Bit	Auflösung/ Framerate	Luminanz, Y		Chrominanz, Cr, Cb		DNxHD*	
			von	bis	von	bis	von	bis
HDCAM	8	1080i/60	1920	1440	960	480	1440	1920
HDCAM	8	1080p/23,976	1920	1440	960	480	1440	1920
HDCAM	8	1080p/25	1920	1440	960	480	1440	1920
HDCAM	8	1080i/59,94	1920	1440	960	480	1440	1920
DVCPRO HD	8	1080i/59,94	1920	1280	960	640	1280	1920
DVCPRO HD	8	1080i/50	1920	1440	960	720	1440	1920
DVCPRO HD	8	720p/59,94	1280	960	640	480	960	1280
DVCPRO HD	8	720p/23,976	1280	960	640	480	960	1280

*Y- und C-Werte werden wieder hergestellt

Zum Unterschied zu DNxHD – Codec verwenden viele andere Kameraformate die nur eine 8-Bit Tiefe haben, horizontales Downsampling um die Bandbreiten gering zu halten.

Die folgenden Bilder sollen darstellen wie durch horizontales Downsampling die Pixelinformationen und die Farbinformationen während des Prozesses schlechter werden. Durch die vielen Generationen im Postproduktionsprozess werden die Bilder unscharf.

Dieses Bild zeigt 1920 x 1080 im full high definition raster



Das gleiche Bild nach einem horizontalen Downsampling auf 1440 Pixel.



Das Bild wurde wieder in seine ursprüngliche Größe gebracht. Das Bild hat seine Schärfe durch die vielen Generationen des Subsamlings verloren.



Abbildung 32: Horizontales downsampling

Der Codec wird kostenlos von Avid zur Verfügung gestellt und kann auch in anderen Programmen eingesetzt werden. [11]

Tabelle 17: DNxHD Auflösungen

Format	Auflösung	Größe	Bit	fps	Mb/s	Byte/F	Min/GB
1080i/59,94	Avid DNxHD 220x	1920 x 1080	10	29,97	220	917540	0,651
1080i/59,94	Avid DNxHD 220	1920 x 1080	8	29,97	220	917540	0,651
1080i/59,94	Avid DNxHD145	1920 x 1080	8	29,97	145	606208	0,985
1080i/50	Avid DNxHD 185x	1920 x 1080	10	25	184	917504	0,780
1080i/50	Avid DNxHD 185	1920 x 1080	8	25	184	917504	0,780
1080i/50	Avid DNxHD 120	1920 x 1080	8	25	121	606208	1,181
1080p/25	Avid DNxHD 185x	1920 x 1080	10	25	184	917504	0,780
1080p/25	Avid DNxHD 185	1920 x 1080	8	25	184	917504	0,780
1080p/25	Avid DNxHD 120	1920 x 1080	8	25	121	606208	1,181
1080p/24	Avid DNxHD 175x	1920 x 1080	10	24	176	917504	0,814
1080p/24	Avid DNxHD 175	1920 x 1080	8	24	176	917504	0,814
1080p/24	Avid DNxHD 115	1920 x 1080	8	24	116	606208	1,231
1080p/23,976	Avid DNxHD 175x	1920 x 1080	10	23,976	176	917504	0,814
1080p/23,976	Avid DNxHD 175	1920 x 1080	8	23,976	176	917504	0,814
1080p/23,976	Avid DNxHD 115	1920 x 1080	8	23,976	116	606208	1,231
720p/59,94	Avid DNxHD 220x	1280 x 720	10	59,94	220	458752	0,651
720p/59,94	Avid DNxHD 220	1280 x 720	8	59,94	220	458752	0,651
720p/59,94	Avid DNxHD145	1280 x 720	8	59,94	145	303104	0,985
720p/23,976	Avid DNxHD 90x	1280 x 720	10	23,976	88	458752	1,566
720p/23,976	Avid DNxHD 90	1280 x 720	8	23,976	88	458752	1,566
720p/23,976	Avid DNxHD 60	1280 x 720	8	23,976	58	303104	2,381

Durch den Avid DNxHD Codec wird das Arbeiten an Schnittsystemen immer flexibler und komfortabler. Das Arbeiten mit verschiedenen Formaten wie HD, SD und DV mit den gleichen Frameraten in der gleichen Zeitleiste und die Echtzeitansicht wird möglich.

Wird bei Projekten der Zugriff auf SD-Quellen, DVCPRO HD, DV-Material, und HDCAM Bildmaterial verlangt und mittels DNxHD verarbeitet wird bleiben die ursprünglichen Formate aufrecht.

6 Zusammenfassung und Ausblick

Seit den 90igern galt der Videokompressor MPEG-2 als Standard und wurde auch immer weiter entwickelt um sich an den Markt anzupassen. Doch dieser Standard welcher nahezu weltweit den Einzug nahm, stieß an seine Grenzen. Aktuell kämpft der neue Kompressionsstandard H.264/AVC um seinen Einzug. Auch der Codec vom Microsoft WMV HD konnte sich am Markt etablieren.

HDTV gewinnt immer mehr an Aktualität und konnte sich bereits in den Wohnzimmern unter Beweis stellen. Die ersten TV-Sender wie Premiere HD, ProSieben HD und Sat.1 HD haben bereits HD-Programme gestartet, wobei die Fußball Weltmeisterschaft 2006 seinen Beitrag durch die HD-Übertragung geleistet hat.

Die Aufnahme (Camcorder) und Endgeräte (Receiver, TV, HD-Monitore) kommen derzeit in ein für Vielermann leistbares Preisniveau. Dadurch soll die HD Entwicklung und Verbreitung weiter vorangetrieben werden. Es ist nur zu hoffen, dass die geplanten Schutzmechanismen (HDCP) nicht die Euphorie um HD verblassen lässt.

Vom jetzigen Zeitpunkt ist die Entwicklung von HDTV nur schwer vorauszusagen, zu viele Unsicherheitsfaktoren und unklare Umsetzungsmöglichkeiten lassen den genauen Ablauf in Zukunft nur schätzen. Letztendlich liegt es beim Konsumenten selbst den „Hipe“ um High Definition weiter voranzutreiben.

Literaturverzeichnis

- [1] **U. Schmidt** (2002): Professionelle Videotechnik, 3. Auflage.
- [2] **C. Poynton** (2003): Digital Video and HDTV, Algorithms and Interfaces.
- [3] **Inka Pallister, Renate de Graaff** (2005): Digital Media und HD
Entscheidungsgrundlagen für Film- und Medienschaffende
- [4] **U. Schmidt** (2002): Digitale Film und Videotechnik
- [5] http://www.videostation-online.de/Fernsehtechnik_02.htm Zugriff: 26.04.06
- [6] <http://cnx.org/content/m11144/latest/>, Zugriff: 23.04.06
- [7] <http://server02.is.uni-sb.de/trex/index.php?query=Kompressionsverfahren&id=1.2.2.4.1.&suche=Y>
Zugriff: 23.04.06
- [8] <http://www.tv-testbild.com/html/color.htm> Zugriff: 08.05.06
- [9] <http://de.wikipedia.org/wiki/hauptseite>
- [10] <http://www.digitalvd.de/hdtv> Zugriff: 11.11.2005
- [11] <http://www.avid.de/de/products/dnxhd/> Zugriff: 02.06.2006
- [12] <http://www.video-4-all.info/glossar/mpeg-4.html> Zugriff: 02.06.2006
- [13] <http://www.bet.de/fachwoerterbuch/default.aspx> Zugriff: 05.06.2006
- [14] http://www.areadvd.de/hardware/hdtv_technik_praxis.shtm Zugriff 20.11.2005
- [15] http://www.profevi.ch/PDF-Files/PDF_2005/T_0105_Formate.pdf
Zugriff: 12.06.2005
- [16] <http://www.sonybiz.net/b2b/sony-business-de/59189-sony-deutschland-hd-for-everyone-ist-realität-xdcam-customer-stories-and-news.html> Zugriff: 11.06.2006
- [17] http://netwelt.de/news/73129_2-h264-der_videocodec-der-zukunft.html Zugriff:
20.11.2005
- [18] <http://www.itwissen.info/?id=31&ano=01-015221> Zugriff: 13.06.2006
- [19] **Arne Heyna, Marc Briede, Ulrich Schmidt** (2003): Datenformate im Medienbereich

- [20] <http://www.wmvhd.de/laracroft2/index.htm> Zugriff: 13.06.2006
- [21] <http://shop.bpm-media.de/> Zugriff: 19.06.2006
- [22] <http://www.panasonic.ae/PMM/English/Products/ProductDetails.aspx?PrdId=901&CatId=208> Zugriff: 20.06.2006
- [23] <http://www.dvb-t.at/start/index.html> Zugriff: 21.06.2006
- [24] <http://www.dma.ufg.ac.at/> Zugriff: 02.11.2006
- [25] http://www.hifi-regler.de/hdtv/hdtv.php?SID=84e037bdce67af2a23c735475562f8dc#hdtv_fazit Zugriff: 28.10.2005
- [26] <http://www.apple.com/de/macosx/features/h264/> Zugriff: 10.06.2006
- [27] <http://www.jvcpro.de/jvcpro/index.cfm?loadpage=411> Zugriff: 05.07.2006
- [28] http://www.ldv.ei.tum.de/media/files/homes/kldi/DP0604_MPEG-4-AVC.pdf
Zugriff: 13.03.2006, Digital Productions, Ausgabe 06/04, Artikel: MPEG-4 AVC,
Autoren: Klaus Diepold, Tobias Oelbaum
- [29] http://www.avid.de/de/documents/UnderstandingHD_1.pdf Zugriff: 11.07.2006
Einführung in die HD-Technologie, Avid Teil 1
- [30] <http://www.avid.com/resources/whitepapers/DNxHDWP3.pdf?featureID=882&marketID> Zugriff: 17.07.2006
Avid DNxHD Technology
- [31] **Tilo Strunz** (2005): Bilddatenkompression Grundlage, Codierung, Wavelets, JPEG, MPEG, H.264, 3. Auflage,
- [32] http://www.ldv.ei.tum.de/media/files/homes/kldi/088_DP0405_Encoding_A_F.pdf Zugriff: 10.07.2006, Digital Productions,
Ausgabe 04/05, Artikel SMPTE VC-1 und MPEG-4 AVC im Vergleich,
Autor: Klaus Diepold
- [33] http://www.avid.de/de/documents/UnderstandingHD_2.pdf Zugriff: 07.08.2006
Einführung in die HD-Technologie, Avid Teil 2
- [34] HDTV – Das Magazin für das bessere Fernsehen, Nr. 4 Juli/August 2006
- [35] http://www.hdplustv.de/content/hdtv_30145.html Zugriff: 07.08.2006

Stichwortverzeichnis

- Allgemeine Grundlagen 13
- ATSC 46
- Avid DNxHD 76
- Bewegtbildübertragung 13
- B-Frames 35
- Bildauflösung 16
- Bildformate 18
- Bildseitenverhältnis 16
- Bildübertragungsprinzip 13
- Chrominanz 39
- Digitale Postproduktion 71
- DRM 52
- DVB-C 25
- DVB-Digital Video Broadcasting 24
- DVB-H 26
- DVB-S 25
- DVB-S2 25
- DVB-T 25
- DVI 51
- EICTA 52
- Farbfernsehnormen 27
- Farbsampling 39
- Fernsehsignalübertragung 20
- GOP 34
- H.264/AVC 58
- Halbbilder 15
- Hardwarevoraussetzungen 50
- HD ready 52
- HD-Mac 48
- HDMI 51
- HD-Standards 54
- HDTV 44
- I-Frames 35
- Interframekompression 34
- Interlaced Mode 15
- Intraframekompression 34
- Kabelfernsehen 23
- Kompressionsstandards 31
- Kompressionstechnologien 64
- Kompressionsverfahren 32
- Luminanz 39
- MPEG-1 37
- MPEG-2 37
- MPEG-4 38
- MPEG-7 39
- MPEG-Standards 37
- MUSE 47
- Nonlineare Schnittsysteme für HD 74
- NTSC 27
- PAL 29
- P-Frames 35
- Postproduktion 71, 76
- Progressive Mode 14
- Satellitenübertragung 21
- Schnittsysteme für HD 74
- SD-Formate 42
- SDTV 27
- SECAM 28
- Speicherformate-HD 65
- Technische Voraussetzungen 50
- Terrestrische Ausstrahlung 20
- Videostandards für HDTV 54
- WMV HD 56
- Zeilensprungverfahrens 15