

Bits, Bytes, Codec und Co

Bernd Langhuber, Mai 2017

Bits und Bytes

- Ein Bit ist die kleinste Zahl in einem digitaltechnischen System:
Sie kann nur 2 Größen repräsentieren, nämlich **0 und 1** oder auch **ein und aus**.
- Das Wort **Bit** ist eine Wortkreuzung aus **binary digit** auf deutsch **Binärziffer**
- Im uns geläufigen Dezimalsystem kann man eine Zahl zerlegen in

$$725\ 328 = 7 \cdot 10^5 + 2 \cdot 10^4 + 5 \cdot 10^3 + 3 \cdot 10^2 + 2 \cdot 10^1 + 8 \cdot 10^0$$

das bedeutet, jede dezimale Stelle kann 10 verschiedene Werte annehmen.

- Im **binären oder dualen Zahlensystem** kann jede Stelle nur **2 verschiedene Werte** annehmen, nämlich **0 und 1**.

Bits und Bytes

- Eine Binärzahl könnte wie folgt aussehen:

$$1101\ 1001 = 1*2^7 + 0*2^6 + 0*2^5 + 1*2^4 + 1*2^3 + 0*2^2 + 0*2^1 + 1*2^0$$

- Um diese Binärzahl in das Dezimalsystem umzurechnen, muss zuerst die Wertigkeit der einzelnen Stellen berechnet werden:

$$2^0 = 1, \quad 2^1 = 2, \quad 2^2 = 4, \quad 2^3 = 8, \quad 2^4 = 16, \quad 2^5 = 32, \quad 2^6 = 64, \quad 2^7 = 128$$

- Die obige Binärzahl hat damit den dezimalen Wert: $128+64+16+8+1=217$
- Geschrieben wird Bit entweder **bit** oder **seltener b**

Bits und Bytes

- Tabellarische Gegenüberstellung Anzahl Bit und Dezimalzahl:

Bits	Dezimalzahl
0	1
1	2
2	4
3	8
4	16
8	256
10	1.024
12	4.096
14	16.384
16	65.536
32	4.294.967.296

- Für uns bedeutet das:
Bearbeitet ein Programm die Farbtiefe eines Pixels mit 16Bit, dann wird die Farbe mit 65536 möglichen Farbstufen angezeigt.

Bits und Bytes

- Das Byte ist eine Maßeinheit aus der Digitaltechnik und steht für eine **Zeichenfolge aus 8 Bit.**
- Historisch war ein Byte die Anzahl von Bits, die man für alle Schriftzeichen eines Computersystems brauchte.
- Wenn also über Speicherbedarf oder Verarbeitungsgeschwindigkeit gesprochen wird, aufpassen, ob von bit oder Byte die Rede ist.
- Abgekürzt wird Byte mit **B.**
- Speichergrößen von Sticks oder Festplatten werden meist als Dezimalzahlen angegeben, z.B. 1 Gigabyte = 1.000.000.000 Byte. Die Speicher selbst sind aber als Binärsystem organisiert. Dadurch entstehen oft große Unterschiede zwischen Ist- und Sollwert.

Videoformate

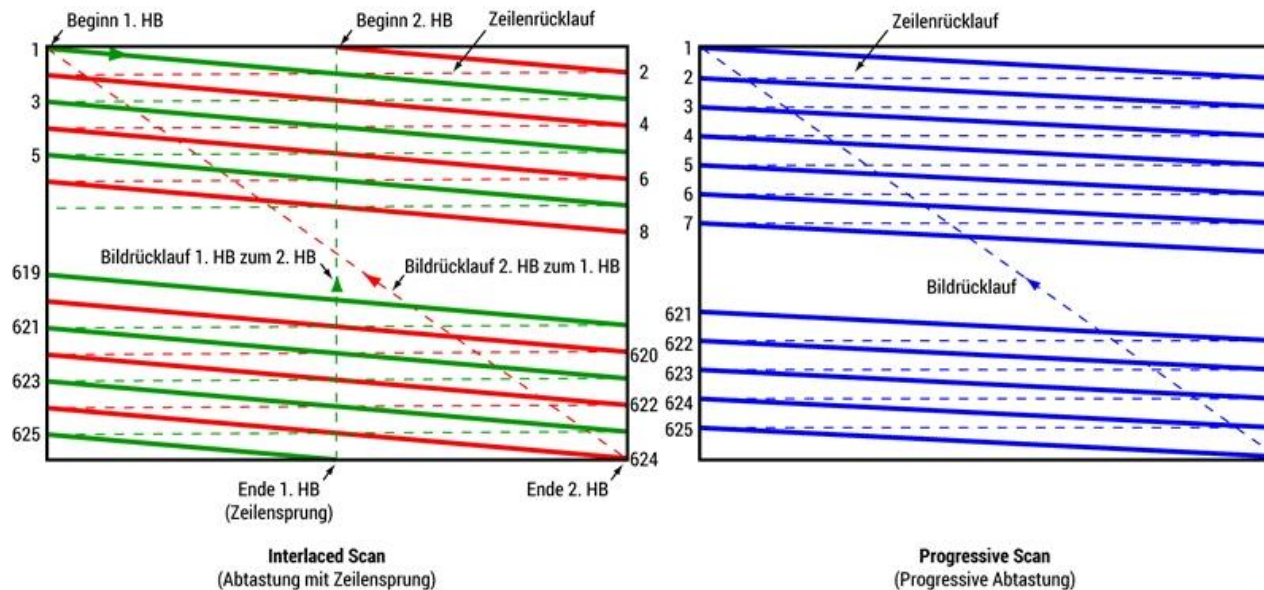
- Alle Videoformate hier aufzuzählen, würde den Rahmen sprengen. Deshalb nur die für uns Videofilmer wichtigsten Formate:

Format	Seite	Höhe	Seiten- verhältnis	Pixel- verhältnis	Pixel pro Bild		
SD	720	576	4:3	1,07:1	414.720		
SD	720	576	16:9	1,407:1	414.720		
HDTV	1280	720	16:9	1:1	921.600		
HDV	1440	1080	16:9	1.33:1	1.555.200	Nur im Amateur- bereich	
HD	1920	1080	16:9	1:1	2.073.600		
4k	3840	2160	16:9	1:1	8.371.200		

- Wenn Fotos mit optimaler Auflösung in ein Video eingebunden werden sollen, ist dabei unbedingt das Seitenverhältnis der Pixel zu berücksichtigen:
Beispiel: $(720 \times 1,07) \times 576 = 770 \times 576$ Pixel für das Foto

interlaced, progressiv

- Bei Einführung des Fernsehens konnten aus technischen Gründen nicht mehr als 25 Bilder pro Sekunde übertragen werden.
- Diese geringe Anzahl Bilder führt zu ruckartigen Bewegungen
- Beim Film mit 24 Bildern pro Sekunde wird das durch die Umlaufblende korrigiert: Jedes Bild wird 2 bis 3mal gezeigt.
- Beim Fernsehen wurde das Zeilensprungverfahren eingeführt: Es werden 50 Halbbilder pro Sekunde übertragen.



interlaced, progressiv

- Ein Computermonitor stellt die Bilder immer non-interlaced oder progressive dar. Videos in Halbbildtechnik werden vom Videoprogramm umgerechnet.
- Beim Fernsehen und beim Video in Standardauflösung wird immer das untere Halbbild zuerst dargestellt. (engl. even-field first)
- Beim Fernsehen und beim Video in HD-Technik wird das obere Halbbild zuerst dargestellt. (engl. odd-field first)
- Beim Bearbeiten von Videos ist diese Halbbildpriorität unbedingt zu beachten, sonst gibt starkes Flimmern
- Die HD-Norm lässt sowohl beim Fernsehen wie beim Video Filme im Halbbild- wie im Vollbildmodus zu. Moderne Flachbildfernseher rechnen das Material um in den Vollbildmodus und stellen jedes Bild mehrfach dar. (100 Hz Technik)
- Begriffe: Halbbildmodus auch Zwischenzeilenverfahren: **interlaced**, abgk.: **i**
Vollbildmodus: **non-interlaced** oder **progressive**, abgk.: **p**

Anzahl Bilder pro Sekunde

- Im Amateurbereich und beim öffentlichen Fernsehen haben sich in Deutschland die folgenden Formate durchgesetzt:

Bezeichnung	Format			
SD	720x576	50 Halbbilder	PAL	
HDTV	1280x720	50 Halbbilder	HDTV720i25	HDTV720 50i
HDV	1440x1080	50 Halbbilder	HDV1080i25	HDV1080 50i
		25 Vollbilder	HDV1080p25	
HD	1920x1080	50 Halbbilder	HD1080i25	HD1080 50i
		25 Vollbilder	HD1080p25	
		50 Vollbilder	HD1080p50	
4K	3840x2160	50 Halbbilder	4k2160i25	4k2160 50i

- Bei Camcordern wird oft zusätzlich (je nach Komprimierung) die Speicherrate in Mbps = Megabits per second angegeben.
- Diese Aufstellung ist unvollständig. Es gibt weit über 100 verschiedene Formate, die für die verschiedensten Aufgaben angepasst wurden.

Warum eigentlich Datenkompression?

- An Hand der Standardauflösung alter PCs, nämlich VGA mit 640x480 Pixeln soll nachstehend das dazu nötige Datenvolumen berechnet werden:

Annahmen: 50 Bilder pro Sekunde

RGB-Abtastung, also 3 Farben rot, grün, blau

Farbtiefe (nur) 8 Bit, also nur 256 Abstufungen

Bitrate = 640 x 480 Pixel/Bild x 3Farben/Pixel x 8bit/Farbe x 50Bilder/Sekunde

= 368.640.000 bits/Sekunde

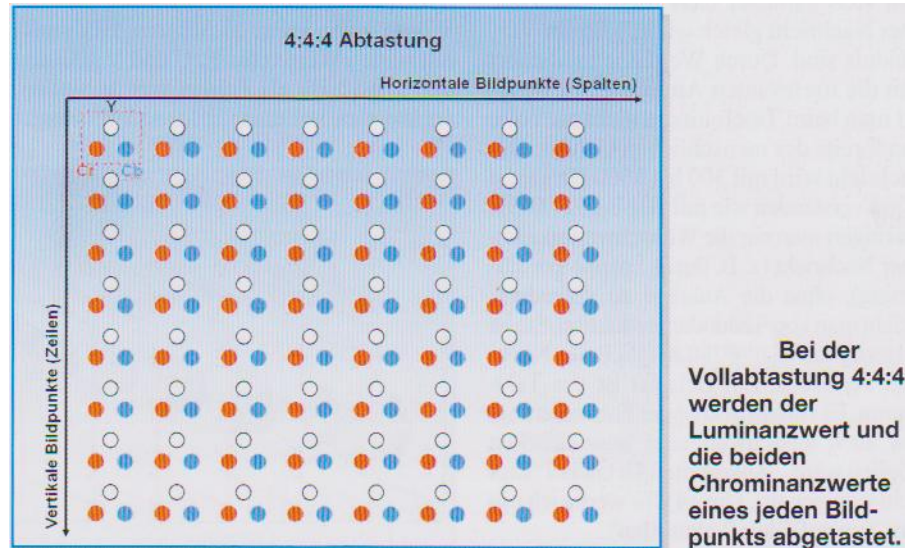
Das würde bedeuten: 1GB Festplattenspeicher reicht für 21 Sekunden Film und das nur bei einer Minimalauflösung.

Von RGB nach YUV

- Die Datenreduktion muss schon in der Kamera beginnen.
- Datenreduktion ist nur möglich, wenn eine QualitätseinbuÙe (ob sichtbar oder nicht) in Kauf genommen wird.
- Vergleich mit einem digitalen Fotoapparat: Nur anspruchsvolle Geräte speichern Fotos im RAW-Format, allgemein erfolgt die Ausgabe im komprimierten .jpg-Format.
- Im Camcorder werden die RGB-Signale umgewandelt in 2 Farben (Chrominanz U und V) und eine Helligkeitsinformation (Luminanz Y)
- Eine derartige Umwandlung ist nur möglich, weil das menschliche Auge weniger Rezeptoren für die Farbe als für die Helligkeit hat.
- Dieses Signal heißt bei analoger Datenübertragung YUV, sonst YCbCr, beim Fernsehen FBAS.
- Wer es ganz genau wissen möchte:
$$Y = 0,299R + 0,587G + 0,114B$$
$$Cb = U = -0,169R - 0,331G + 0,500B = 0,564(B - Y)$$
$$Cr = V = +0,500R - 0,419G - 0,081B = 0,713(R - Y)$$

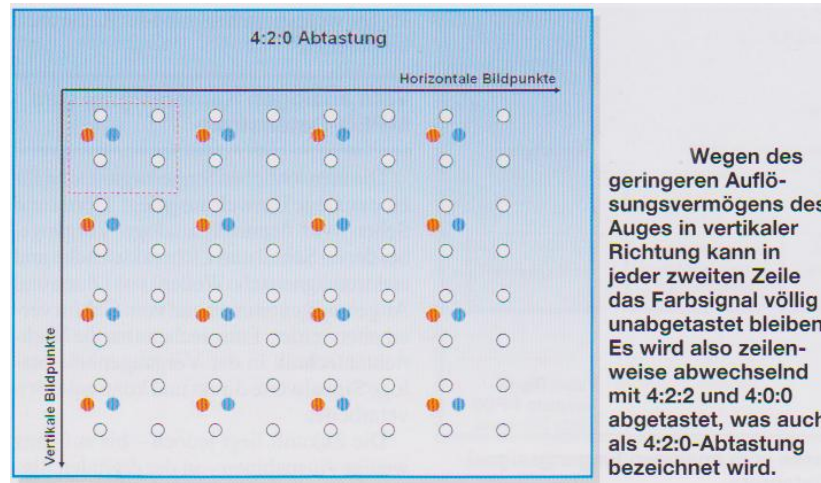
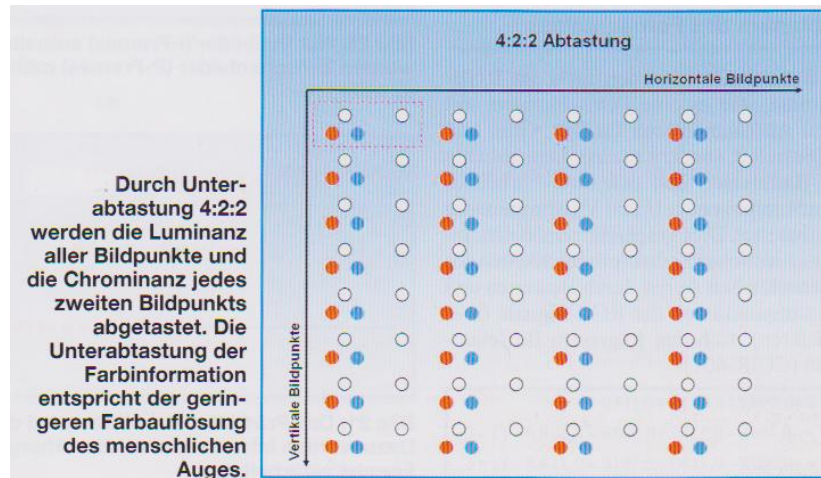
Datenreduktion in der Kamera

- Je nach Einsatz der Kamera (Profi oder Amateur) werden die Luminanz- und Chrominanzwerte eines Bildpunktes unterschiedlich abgetastet und übertragen:



- Nur Profikameras übertragen alle Luminanz- und Chrominanzwerte.
- Kameras, die in mpeg oder AVCHD ausgeben, reduzieren immer auf die 4:2:0 Abtastung

Datenreduktion in der Kamera



Codecs

- Codec ist ein Kunstwort. Die Worte **Compressor** und **Decompressor** sind zusammen gezogen worden.
- Man unterscheidet zwischen **verlustbehafteten (lossy)** und den selteneren **verlustlosen (lossless)** Codecs.
- Codecs dienen grundsätzlich zur Datenreduktion um Speicherplatz zu sparen und den Datenstrom (Mbits/sec) zu reduzieren.
- Grundsätzlich muss beim Sender und Empfänger der gleiche Codec installiert sein.
- Codecs nutzen die Unzulänglichkeit des menschlichen Auges und des Ohres aus.
- Codecs dürfen nicht mit dem Dateiformat verwechselt werden. Ein avi-file sagt nichts über die Kompression, sondern allenfalls etwas über die Multimedia-Architektur aus.

Mpeg2 Codec

- An Hand des weit verbreiteten **mpeg2-Codecs** (meist benutzt bei SD-Videos) soll schematisch die sehr komplizierte Arbeitsweise erläutert werden.
- **Intraframe-Kompression:** Jedes Einzelbild wird unabhängig von den Folgebildern komprimiert. Sehr gut geeignet für Videoschnitt, aber große Datenmengen. Bei Fotos leicht abgewandelt als jpg-Kompression bekannt.
- **Interframe-Kompression:** Hierbei werden gleich bleibende Bildelemente in den Folgebildern zusammengefasst: Mpeg2-Codec. Beim Videoschnitt müssen die Einzelbilder vorher wieder hergestellt werden.

Mpeg2-Codec

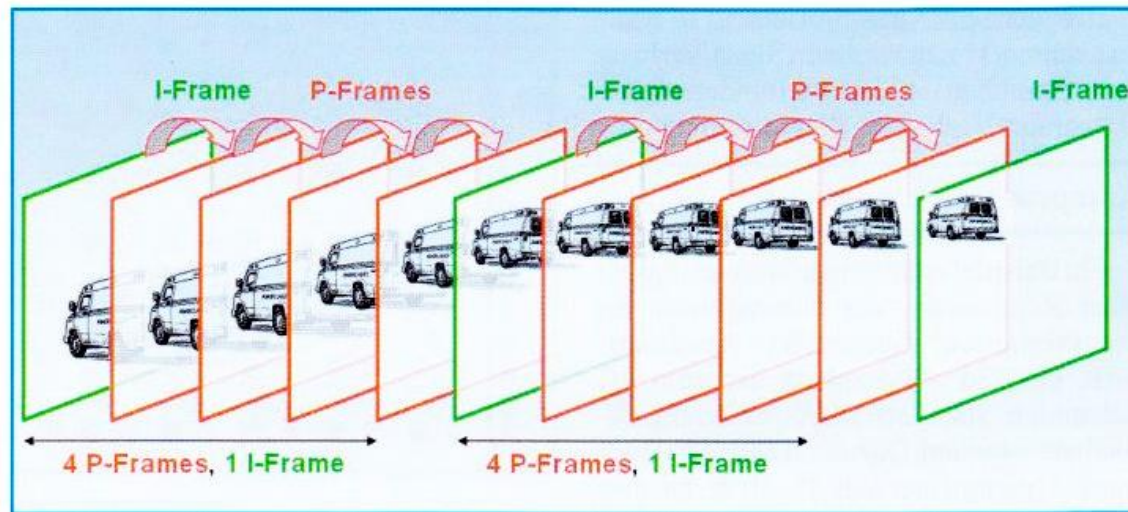
- In der Kamera und bei der Neucodierung nach dem Videoschnitt werden die unten aufgelisteten Einzelschritte durchgeführt. Bei etlichen Schnittprogrammen lassen sich bei der Ausgabe einige dieser Einzelschritte beeinflussen.
 1. Farbreduktion von RGB nach YUV (nur in der Kamera)
 2. Zerlegung des Bildes in einzelne Pixelblöcke
 3. Diskrete Cosinustransformation
 4. Quantisierung
 5. Huffman-Codierung
 6. Interframe-Kompression
 7. Motion Compensation
- Für das Verständnis der Schritte 3, 4 und 5 sind sehr gute mathematische Kenntnisse erforderlich. Da sie meist auch nicht beeinflussbar sind, werde ich sie nur kurz vorstellen.

Mpeg2-Codec

- Für die weitere Komprimierung wird das Bild in 8x8 große Pixelblöcke zerlegt. Andere Größen sind möglich und bei manchen Codecs einstellbar.
- Größere Pixelblöcke führen zu stärkerer Kompression aber auch zu schlechteren Bildern.
- Diese einzelnen Blöcke werden vertikal und horizontal ausgewertet. Dabei werden pro Zeile und Spalte die Helligkeitswerte ermittelt und die entstehenden Frequenzen mathematisch ausgewertet. Dieses Verfahren heißt Diskrete Cosinustransformation.
- Danach können alle höherfrequenten Werte entfallen, weil das menschliche die Änderungen nicht wahrnimmt.
- Als nächstes erfolgt die Quantisierung durch Vergleich mit den Sehfähigkeiten des menschlichen Auges. Wiederum ein mathematischer Vorgang.
- Letzter mathematischer Schritt ist die Sortierung nach Häufigkeit, die Huffman-Codierung. Auch damit können weitere Daten eingespart werden.

Mpeg2-Codec

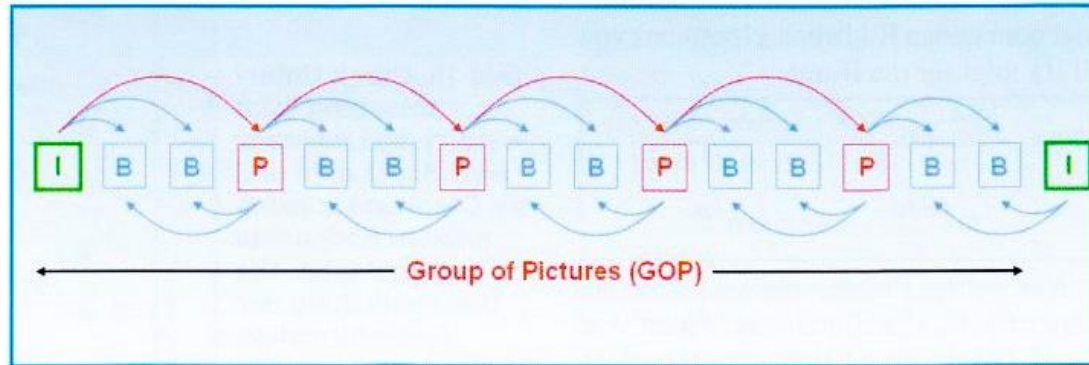
- Danach erfolgt **die Interframe-Kompression**:
Aufeinander folgende Bilder eines Videos ändern sich meist nicht sehr stark. Deswegen genügt es, nach einem komplett übertragenen Bild (I-Frame) nachfolgend nur den Unterschied (P-Frame) zu diesem zu übertragen.



Nur Vollbilder (I-Frames) enthalten die ganze Bildinformation. Aus ihnen werden Zwischenbilder (P-Frames) mithilfe von Prädiktionsdaten des Senders gewonnen.

Mpeg2-Codec

- Damit man den GOP-Wert möglichst groß machen kann, wird noch ein weiterer Frame-Typ, nämlich der B-Frame, eingefügt. Er holt sich seine Informationen aus sowohl aus den vorlaufenden I- oder P-Frames, wie auch aus den nachfolgenden Frames.



Das Prädiktionsverfahren wird durch Einfügen von B-Frames verfeinert. Dazu werden Informationen aus vorhergehenden und nachfolgenden I- und P-Frames verarbeitet.

- Die Anzahl der P- und B-Frames bestimmt im hohen Maß die Übertragungsqualität und die Dateigröße. Deshalb kann man bei etlichen Schnittprogrammen bei der Ausgabe die Anzahl dieser Frames einstellen. Dieser Wert heißt GOP = Group of pictures.
- Das Schnittprogramm stellt die fehlenden Informationen zwischen den I-Frames wieder her und erlaubt so framegenaues arbeiten.

H264-Codec

- Der H264-Codec wird standardmäßig bei der Kompression/Dekompression von HD-Videos benutzt.
- Er arbeitet prinzipiell wie der mpeg2-Codec, benutzt einen GOP von 12 bis 15 frames.
- Er arbeitet mit 16x16 großen Pixelblocks, die aber wieder in 4x4 große Blocks unterteilt werden. Dadurch wird die Bildqualität besser und Blockbildung fällt nicht so stark auf.
- Alle anderen Verfahren arbeiten wie oben beschrieben, sie passen sich aber besser an die Bildeigenschaften und den Bewegungsverlauf des Videos an und können so bei besserer Qualität höher komprimieren.
- Der mathematische Aufwand sind viel größer, deshalb muss der Rechner auch schneller sein.
- Die Kompression ist 3mal größer als beim mpeg2-codec

Einstellmöglichkeiten

- Beim Komprimieren des geschnittenen Videos kann die Qualität und die Größe des Videos beeinflusst werden.
- Grundsätzlich gilt: Je geringer die Kompression, umso größer wird der Speicherbedarf und umso besser wird die Qualität.
- Wenn das Video auf DVD oder Blue Ray Disc gebrannt werden soll, dürfen Grenzwerte der Übertragungsrate nicht überschritten werden.

-

DVD: Speicherkapazität: 4,7 bzw. 9 GB
 Bitrate max: 9,8 Mbits pro Sekunde
 Bitrate mittel: 3,5 Mbits pro Sekunde

BR: Speicherkapazität: 25 bzw. 50 MB
 Bitrate max: 54 Mbits pro Sekunde
 38 Mbits für Video
 Bitrate mittel: 18 Mbits pro Sekunde

- Zur Speicheroptimierung kann neben konstanter Bitrate auch variable Bitrate mit einem oder zwei Durchgängen gewählt werden.
- Die GOP kann vorgewählt werden.

Videoformate und Container

- **Begriffsbestimmung:**

Videoformate sind Regeln, nach denen Filme in Form digitaler Daten gespeichert werden. Festgelegt werden zum Beispiel Auflösung und Farbtiefe, Seitenverhältnis, Anzahl Bilder pro Sekunde, Speicherung von Halb- oder Vollbildern.

Bei einer DVD ist das im Videoformat MPEG 2 festgelegt.

Bei einer Blue-ray ist das Format MPEG4, besser bekannt als H.264.

Die gleichen Aussagen gelten ebenso für **Audioformate**.

Container sind – einfach gesagt – Dateien, die andere Dateien enthalten. Dabei ist sehr genau festgelegt, welche Art von Dateien es sein dürfen und wie diese Dateien im Container gespeichert werden. Es müssen aber immer eine Video- und eine Audiodatei sein. Bei neuen Containerformaten - anders als bei avi – können auch Menüs und Bilder enthalten sein.

Container

- Ein Container bestimmt die Dateierweiterung
- Ein Container bestimmt, wie die Daten in ihm gespeichert werden.
- Typische Containerformate sind **m2ts, mkv, mov, mp4, avi, mpg**
- Die Dateierweiterung bestimmt nicht, welche Videokomprimierung tatsächlich eingesetzt wurde.
- Zwei Container enthalten nicht zwangsläufig die gleichen Dateien, nur weil sie gleich aussehen, d.h. die gleiche Dateierweiterung haben.

Container, Video- und Audioformate

- Die Tabelle stellt den Zusammenhang zwischen Container, Formaten und Abspielgeräten her:

Container	avi	mpeg2	mkv	m2ts	mp4	flv
Videoformat	mpeg4	mpeg2	h.264	h.264	h.264 mpeg4	h.264
Audioformat	mp3	AC3	AC3	DD+ Dolby Digital	AAC Advanced Audio Codec	HE-AAC High Efficiency AAC
Abspielgeräte	DIVX-DVD- Player	DVD-Player	Matroska DVD-Player	Blu-Ray Player	Playstation Smartphone	
max. Auflösung	720x576	720x576	1920x1080	1920x1080	1920x1080 480x272 u.a.	1280x720
Bilder pro Sekunde	25	25	24	24	24, 30	30
max. Videobitrate	4,8 Mbit/sec	8 Mbit/sec	40 Mbit/sec	40 Mbit/sec	max 40Mbit/sec	2Mbit/sec
max. Audiobitrate	320 kbit/sec	640 kbit/sec	448 kbit/sec	640 kbit/sec	max 320kBit/sec	320kbit/sec

Was ist eigentlich?

- AVCHD:
AVCHD ist ein auf H.264-standard basierendes Videoformat, das im Auftrag von Sony und Panasonic entwickelt wurde. Kameras dieser Hersteller nehmen Videos oft schon in diesem Format auf. AVCHD-Videos werden von der Kamera im M2TS-container verpackt abgespielt.
- Disk-Image oder iso-Datei:
Einzelne Videoclips können meist direkt durch einen Mediaplayer von der Festplatte oder vom USB-Stick abgespielt werden. Soll das Video aber als BlueRay oder DVD gespeichert und abgespielt werden, müssen die Clips in eine spezielle Verzeichnisstruktur zusammen mit einigen Steuerdateien gebracht werden. Das können dann schon eine kleine Menge verschiedener Dateien sein.
Wenn man alle diese Dateien zusammen in eine Datei bringt, erhält man ein Disk-Image oder eine iso-Datei. Die meisten Brenner können aus einer solchen Datei wieder eine für DVD oder BR notwendige Dateistruktur erzeugen.

Programme

- Wir haben gelernt, eine Dateieindung sagt nicht grundsätzlich etwas aus über die Dateieigenschaften, wie zum Beispiel Bildformat, Auflösung, Komprimierung, Audioformat. Es gibt viele kleine Programme, die Videodateien analysieren können. Ich habe 4 davon ausprobiert, sie lassen sich alle kostenlos aus dem Internet beziehen. Nur den Namen bei Google eingeben. Falls es nicht klappt, bei mir nachfragen.

Video Inspector

aviCODEC

gSpot

mediainfo