Audiovisuelle Dateiformate

Reto Kromer • AV Preservation by reto.ch

Weiterführender FFmpeg-Workshop
Audiovisuelle Dateien analysieren und bearbeiten
Memoriav, Online, 20. Mai 2021

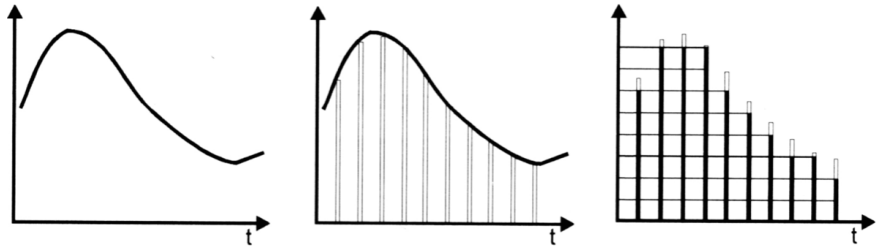
Inhalt

- digitaler Ton und digitales Bild
- Container, Codec, Rohdaten
- verschiedene Formate für unterschiedliche Zwecke
- audiovisuelle Dateiumwandlungen

Digitaler Ton

Digitaler Ton

- Abtastung
- Quantisierung



Digitalisierung = Abtastung + Quantisierung

Abtastung

- 44.1 kHz
- 48 kHz
- 96 kHz
- 192 kHz
- 500 kHz

Quantisierung

- 16 bit (2^{16} = 65 536)
- 24 bit (2^{24} = 16 777 216)
- 32 bit (2^{32} = 4 294 967 296)

Digitales Bild

Digitales Bild

- Auflösung
- Quantisierungsauflösung
- linear, Potenzfunktion, logarithmisch
- Farbraum
- Farbunterabtastung
- Normlicht

Auflösung

- SD 480i / SD 576i
- HD 720p / HD 1080i
- 2K / HD 1080p
- 4K / UHD-1
- 8K / UHD-2

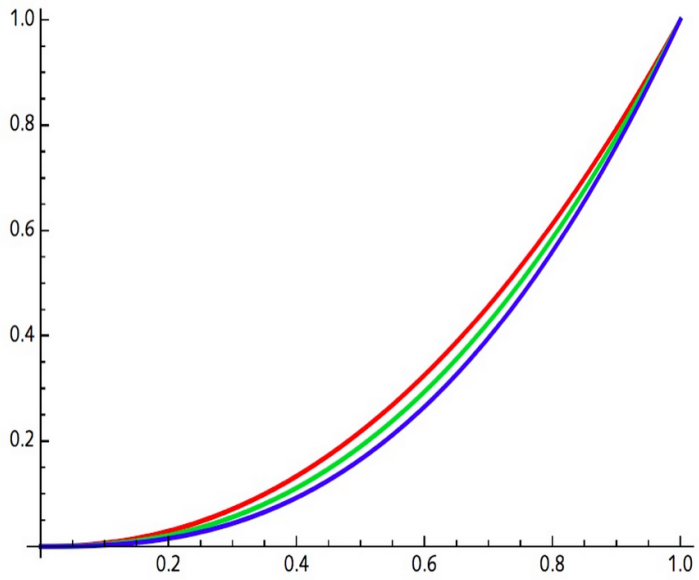
Quantisierungsauflösung

- 8 bit ($2^8 = 256$)
- 10 bit ($2^{10} = 1\,024$)
- 12 bit ($2^{12} = 4\,096$)
- 16 bit ($2^{16} = 65\,536$)
- 24 bit ($2^{24} = 16\,777\,216$)

Linear, Potenz, Logarithmus

«Mittelgrau»

- lineare Funktion: etwa 18 %
- Potenzfunktion: 50 %
- Logarithmusfunktion: 50 %

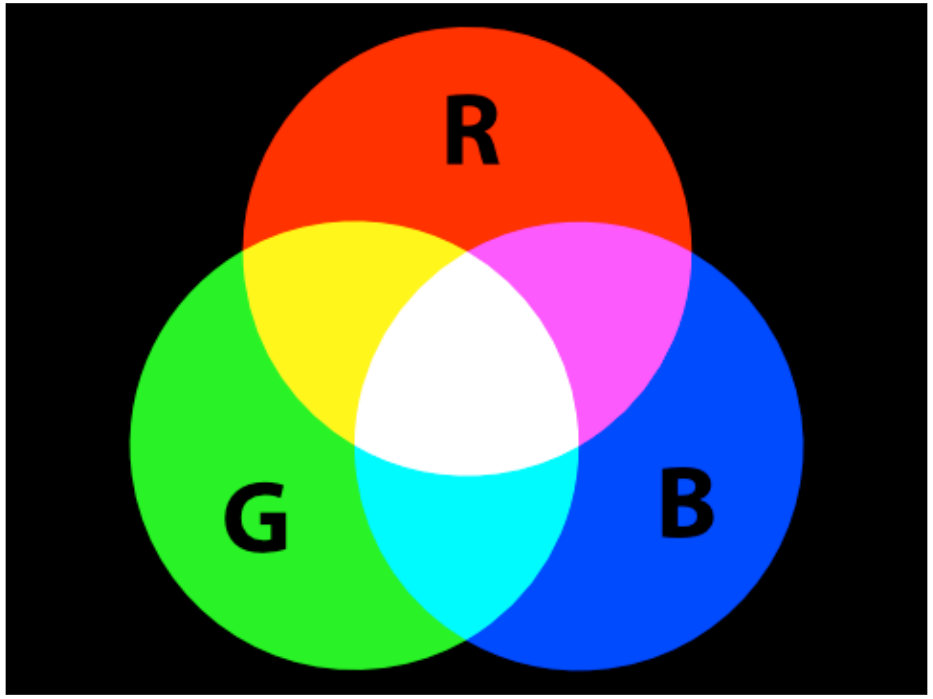


13

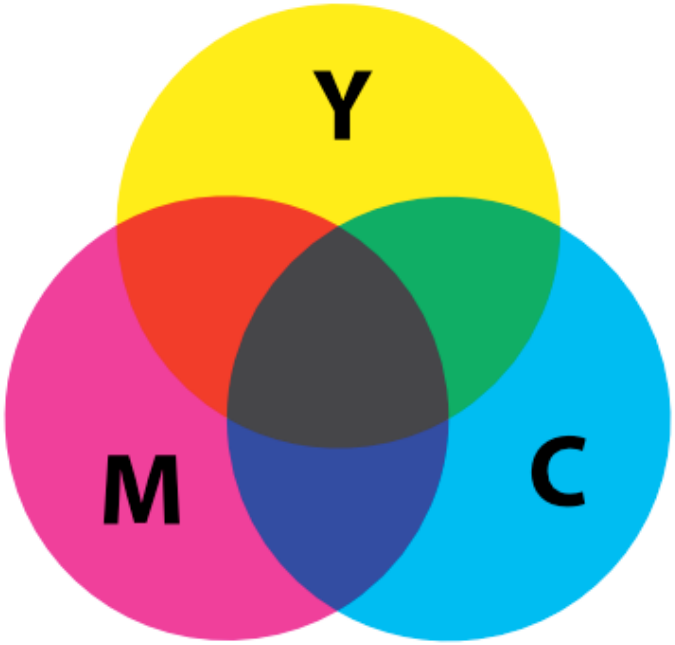
Farbraum

- XYZ, L*a*b*
- RGB / R'G'B' / CMY / C'M'Y'
- Y'IQ / Y'UV / Y'D_BD_R
- Y'C_BC_R / Y'C_OC_G
- Y'P_BP_R

14



15



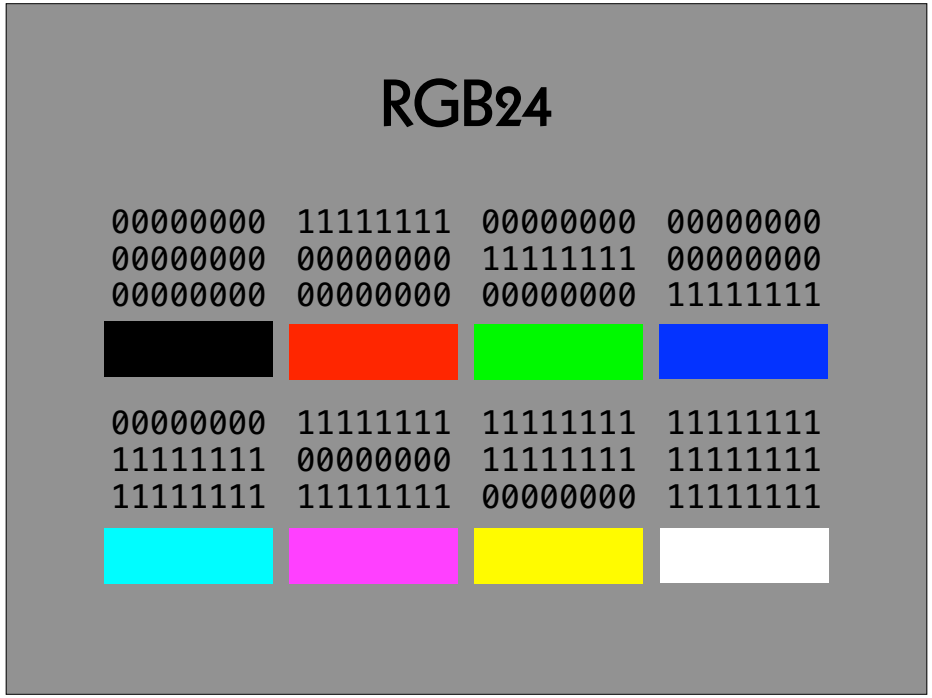
16

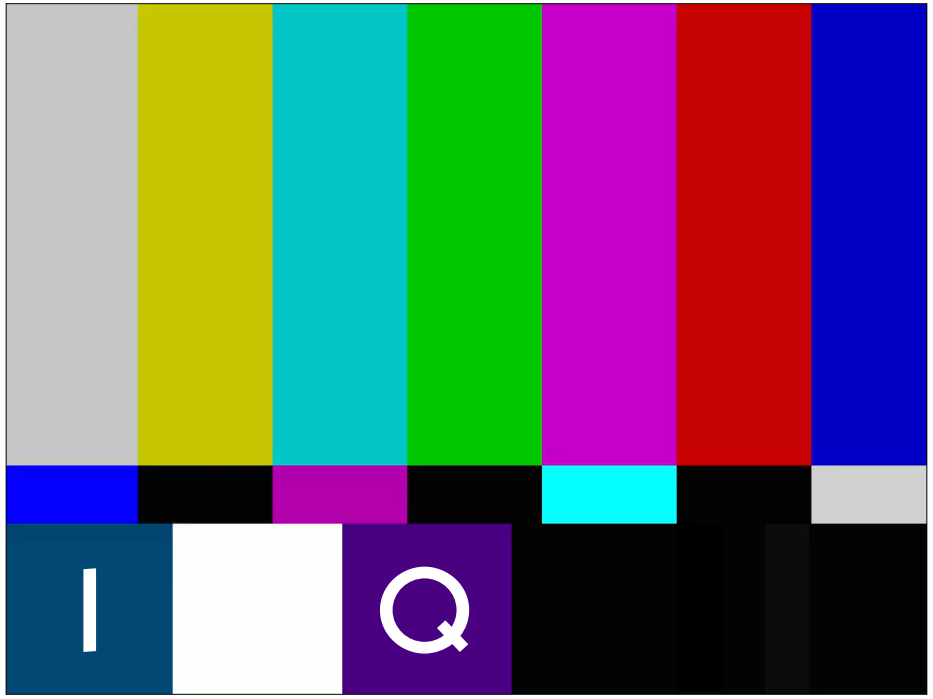
$$\begin{pmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 1.396523 \\ 1 & -0.342793 & -0.711348 \\ 1 & 1.765078 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y' \\ C_B \\ C_R \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} Y' \\ C_B \\ C_R \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.168074 & -0.329965 & 0.498039 \\ 0.498039 & -0.417947 & -0.080992 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & -1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Y' \\ C_O \\ C_G \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} Y' \\ C_O \\ C_G \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & \frac{1}{4} \\ \frac{1}{2} & 0 & -\frac{1}{2} \\ -\frac{1}{4} & \frac{1}{2} & -\frac{1}{4} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{pmatrix}$$





Kompression

- nicht komprimiert
- verlustfrei komprimiert
- verlustbehaftet komprimiert
- Farbunterabtastung
- komprimiert generiert

Nicht komprimiert

+ Daten sind leichter zu bearbeiten
+ Software läuft schneller
– grössere Dateien
– langsameres Schreiben, Übermitteln und Lesen der Dateien

Beispiele: TIFF, DPX, DNG, OpenEXR

Verlustfrei komprimiert

+ kleinere Dateien
+ schnelleres Schreiben, Übermitteln und Lesen der Dateien
– Daten sind komplexer zu bearbeiten
– Software läuft langsamer

Beispiele: JPEG 2000, FFV1

Verlustbehaftet komprimiert

- optimiert für Aufnahme und/oder Postproduktion
- optimiert für Zugang und Distribution

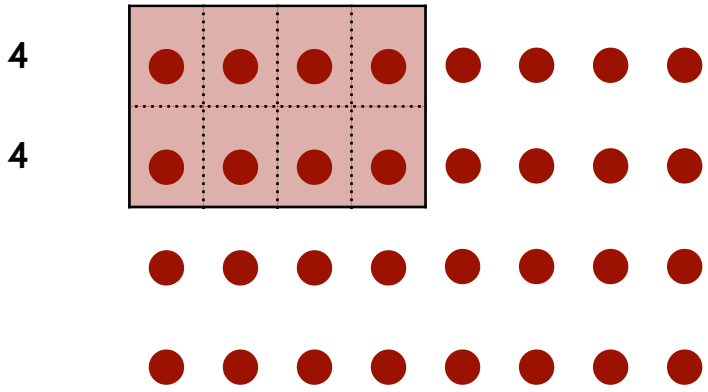
Beispiele (Mezzanine): ProRes 422, ProRes 4444; DNxHD, DNxHR

Beispiele (Zugang): H.264 (AVC), H.265 (HEVC), H.266 (VVC); AV1

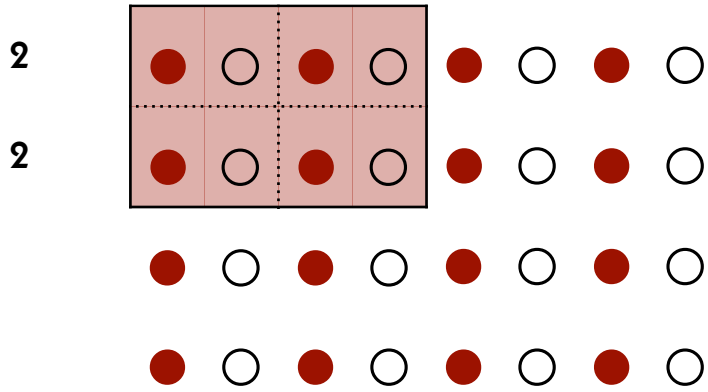
Farbunterabtastung

- 4:4:4
- 4:2:2
- 4:2:0 / 4:1:1

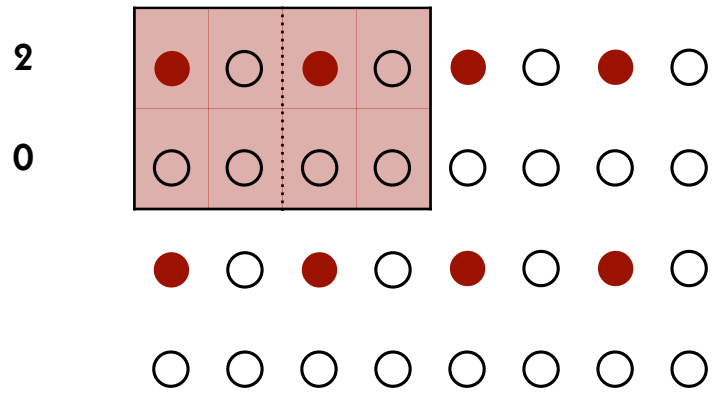
4:4:4



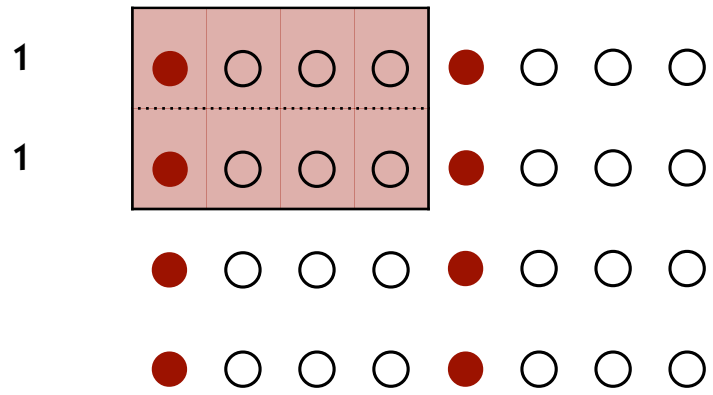
4:2:2



4:2:0



4:1:1

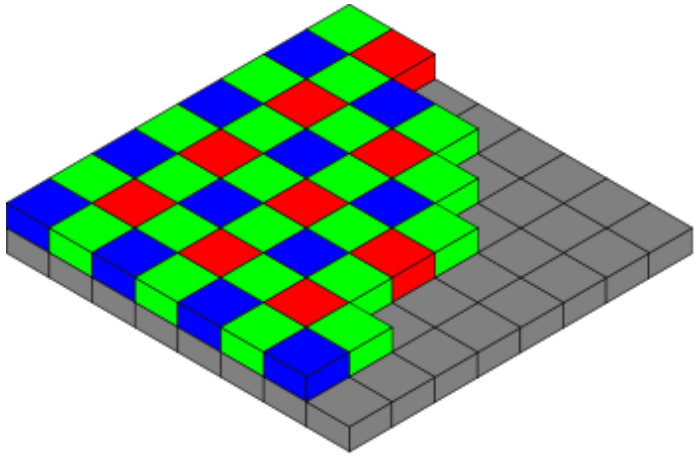


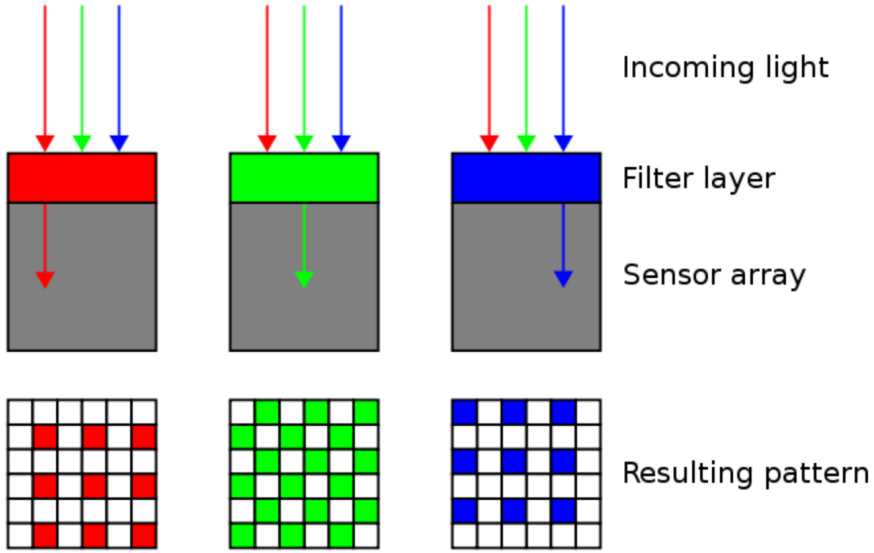
Komprimiert generiert

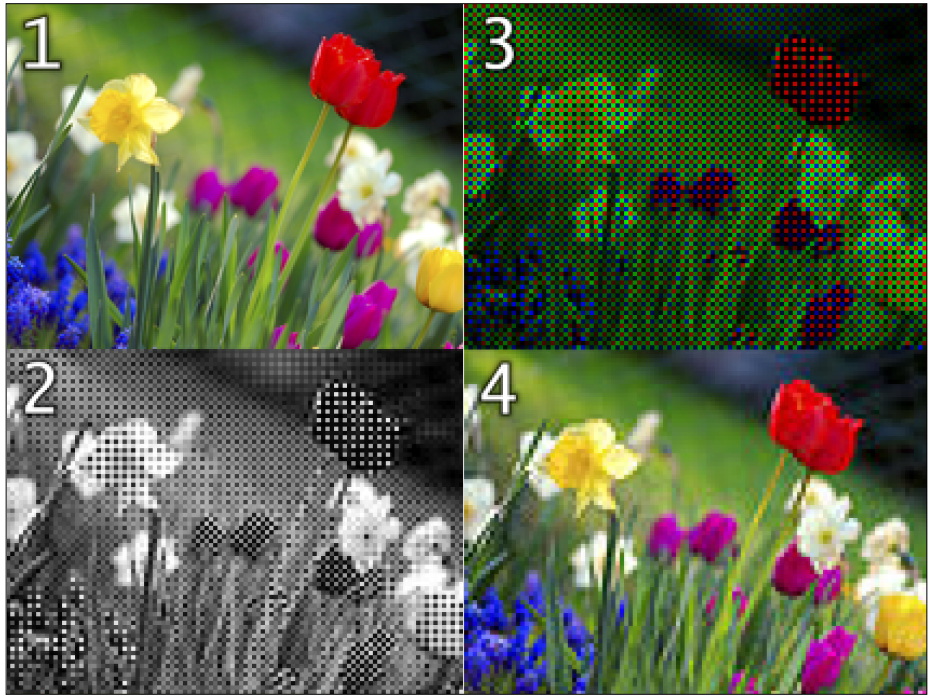
- sowohl für Aufnahme als auch für Postproduktion optimiert

Beispiele: CineForm RAW, ProRes RAW, Blackmagic RAW

Bayer

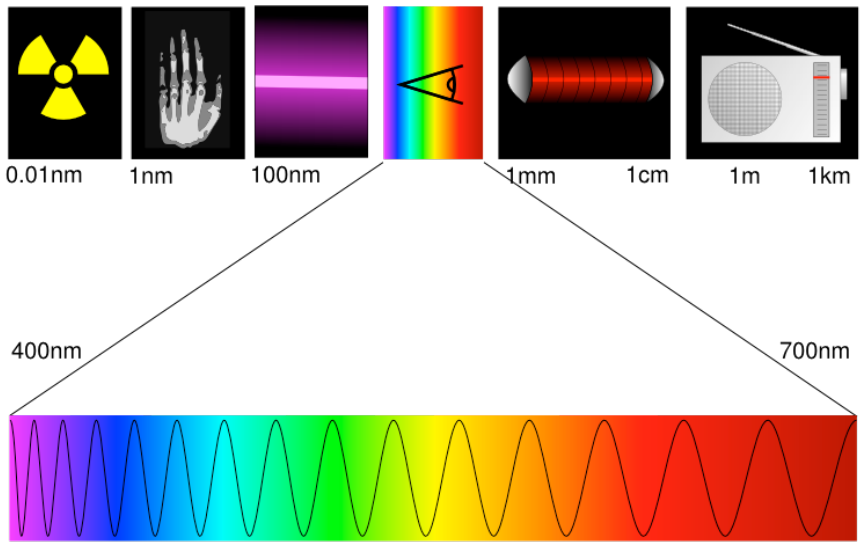


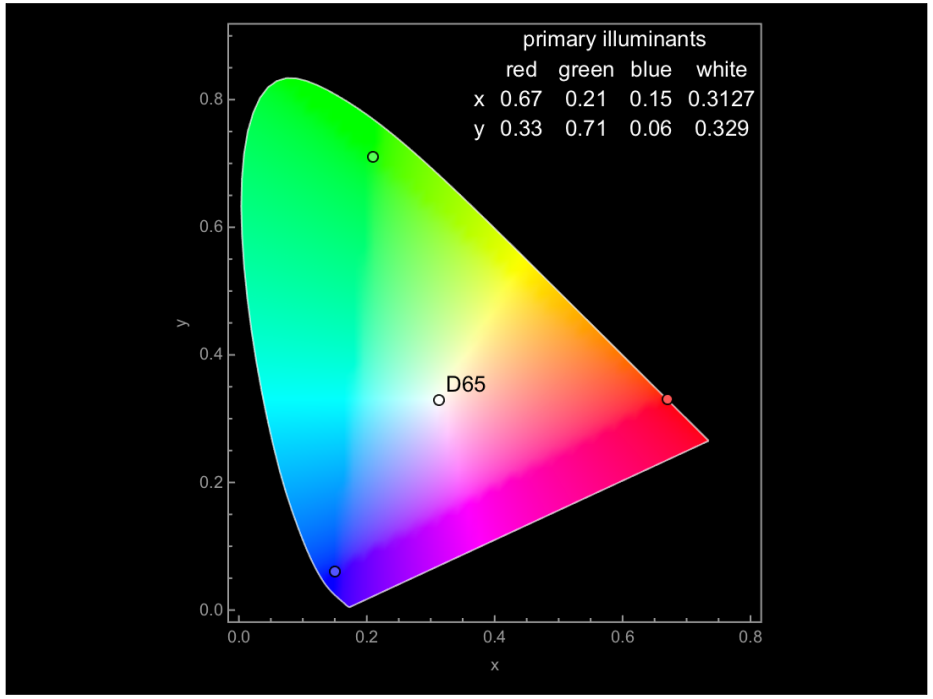




Normlicht

- D50
- D55
- D65
- D75



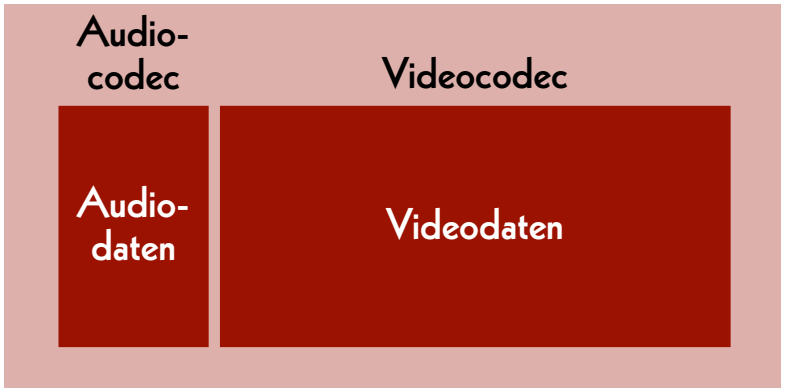


Dateiaufbau


```
0111010100101010100010110101011110
0100110101010101010100001011101010
0111010100101010100010110101011110
0001110101010101010100001011101010
0110101010010101010001011010101111
0010101010101010100001011101010000
0111010100101010100010110101011110
0101010101010101000010111010100110
1001011101010010101010001011010101
1110010101010101010100001011101010
0111010100101010100010110101011110
0101010101010101001101010100000001
0010100010101010101001010101010101
```


Dateiaufbau

Container (Wrapper)



Videocontainer

- MP4
- MOV
- AVI
- MXF
- Matroska (.mkv)
- Flash

Bildcontainer

- Ordner
- TAR
- ZIP
- MXF
- Matroska (.mkv)
- CinemaDNG

Audiocodec

- WAVE
- BWF
- FLAC
- AAC
- MP3

Bildcodec (Master)

Einzelbilder

- TIFF
- DPX
- JPEG 2000
- OpenEXR
- DNG

Videofluss

- 8 bit raw
- 10 bit raw
- HuffYUV
- FFV1

Videocodec (Mezzanine)

- ProRes 422, ProRes 4444, ProRes RAW
- DNxHD, DNxHR
- CineForm RAW
- Blackmagic RAW

Videocodec (Zugang)

- H.264 (AVC), H.265 (HEVC), H.266 (VVC)
- AV1

Data is anything but «raw».

Audiodaten

- pcm_s16le
- pcm_s24le
- pcm_s32le

Videodaten

- rgb48le
- rgb24
- rgb72le
- bayer_bggr16le
- bayer_bggr24le
- yuv444p16le
- yuv422p10le
- uyvy422
- yuv420p
- yuv444p24le

What is inside my DPX?

- log neg encoding
- log RGB encoding or quasi-log encoding
- gamma encoding or power function encoding
- scene-linear encoding

Dateiformate

Grundsätze

- **Ein Archiv muss seine Dateien pflegen und handhaben können.**
- Open Source
- einfache Bedienung und ausführliche Dokumentation
- weite Verbreitung

Formate für verschiedene Anwendungszwecke

Archivmasterformat
→ zur Erhaltung und Archivierung

Mezzanine-Format
→ zur Bearbeitung und Postproduktion

Distributionsformat
→ zur Verbreitung und Zugänglichmachung

Elena Rossi-Snook:

Archiving without access isn't preservation, it's hoarding.

Archivmaster (heute)

Film
- Ordner, TIFF, 2K, RGB, 4:4:4, 16 bit
- MXF, DPX, 2K, R'G'B', 4:4:4, 10 bit

Video
- AVI, «raw», HD, $Y'C_BC_R$, 4:2:2, 10 bit
- Matroska, FFV1, HD, $Y'C_BC_R$, 4:2:2, 10 bit

Ton
- BWF, 96 kHz, 24 bit
- FLAC, 96 kHz, 24 bit

Mezzanine (heute)

Video
- ProRes 4444, 2K
- DNxHR, 2K
- ProRes 422 HQ, HD
- DNxHD 175x, HD

Ton
- BWF, 48 kHz, 24 bit
- WAVE, 48 kHz, 24 bit

Zugang (heute)

MP4

Video

- H.264, SD, yuv420p, lossy
- H.264, «HD», yuv420p, lossy

Sound

- AAC, 44.1 kHz, 16 bit
- AAC, 48 kHz, 16 bit

Archivmaster und Mezzanine

Film

- Matroska, FFV1, 2K, RGB, 4:4:4, 16 bit

Video

- Matroska, FFV1, HD, $Y'C_BC_R$, 4:2:2, 10 bit

Ton

- Matroska, FLAC, 96 kHz, 24 bit

Zugang

WebM (eine Untermenge von Matroska)

Video

- H.265, «HD», yuv420p
- H.266, «HD», yuv420p
- AV1, «HD», yuv420p

Ton

- FLAC, 96 kHz, 16 bit

Bibliografie

Reto Kromer: **Matroska and FFV1: One File Format for Film and Video Archiving?**, in «Journal of Film Preservation», Nr. 96 (April 2017), FIAF, Brüssel, Belgien, S. 41–45

➔ https://retokromer.ch/publications/JFP_96.html

Vor- und Nachteile

Container:

- Ordner
- TAR
- ZIP
- MXF
- Matroska

Codec:

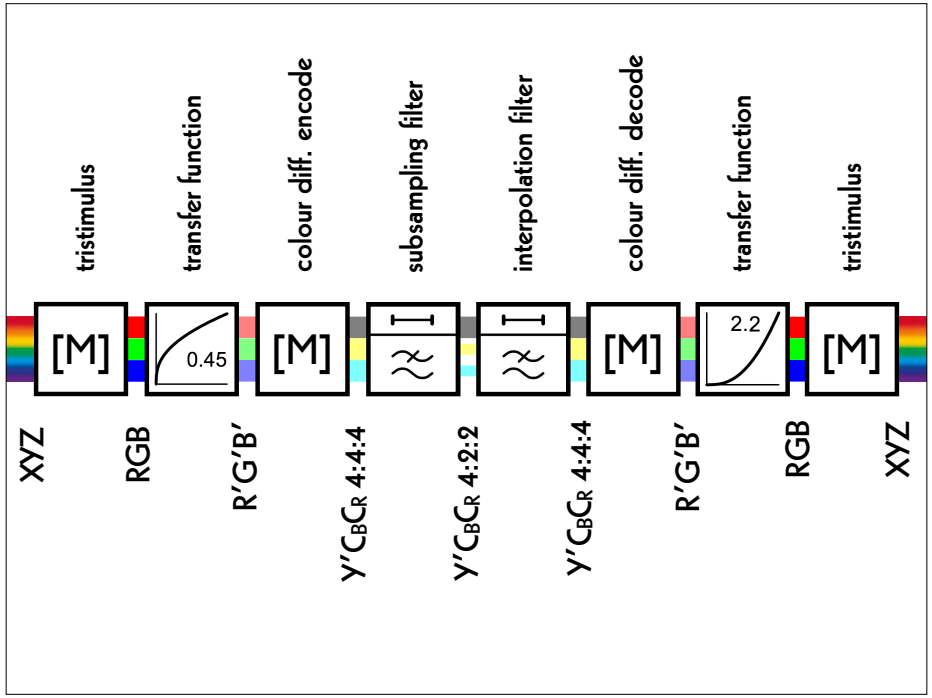
- TIFF
- DPX
- JPEG 2000
- FFV1
- OpenEXR
- CineForm RAW
- ProRes RAW
- Blackmagic RAW

	Vorteile	Nachteile
TIFF DPX OpenEXR	Daten leichter zu bearbeiten	grössere Dateien
JPEG 2000 FFV1	kleinere Dateien	Daten komplexer zu bearbeiten

Umwandlungen

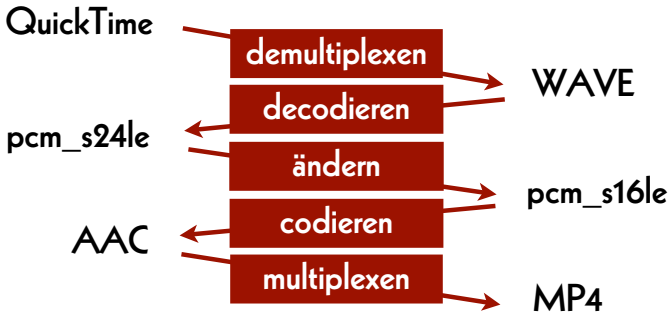
$$\begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1.140251 \\ 1 & -0.393931 & -0.580809 \\ 1 & 2.028398 & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Y'_{601} \\ U \\ V \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} R' \\ G' \\ B' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0.956295 & 0.621025 \\ 1 & -0.272558 & -0.646709 \\ 1 & -1.104744 & 1.701157 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} Y'_{601} \\ I \\ Q \end{bmatrix}$$

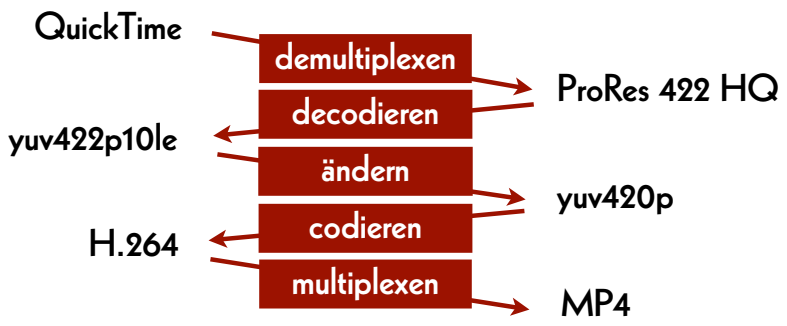


Dateiumwandlungen

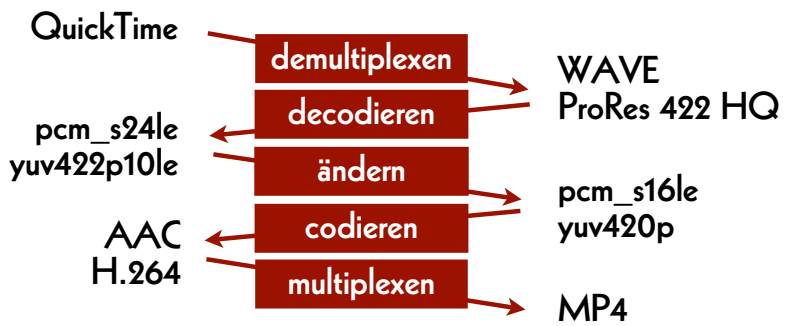
Beispiel: Ton



Beispiel: Bild



Beispiel: Bild und Ton



Danksagung

- Eidgenössische Technische Hochschule
- Massachusetts Institute of Technology
- Kinemathek Lichtspiel, Bern

- Charles Poynton
- Dave Rice und Misty De Meo
- Agathe Jarczyk und David Pfluger

AV Preservation by reto.ch

zone industrielle Le Trési 3
1028 Préverenges
Switzerland

Web: reto.ch
Twitter: @retoch
Email: info@reto.ch

CC BY