



**SLUB**

Wir führen Wissen.

# Handreichung retrodigitalisierter Film und Video

SLUB Dresden

Version 1.1.2





Release Note 1.1.2 vom {revdate}

- kleinere Korrekturen und Klarstellungen
- Begründungen für Parameterwahl hinzugefügt

## Allgemeines

Analoges Video- und Filmmaterial zu sichern ist eine Herausforderung für Gedächtnisorganisationen.

Eine Möglichkeit ist die Retrodigitalisierung und anschließende digitale Langzeitarchivierung von vom Verfall bedrohtem A/V-Material. Die Hauptvorteile in der Nutzung der Digitalisate liegen in der einfachen Weiterverwendung und der möglichen, verlustfreien Kopierbarkeit.

Für Institutionen, wie die SLUB, die A/V-Materialien digitalisieren und nutzen, ist es wichtig auf eine Normierung hinsichtlich eines archivfähigen Dateiformates für audiovisuelle Medien hinzuwirken. Der Grund ist, dass die Entwicklung von Videocontainern, Audio- und Videocodecs seit Jahren stetig im Fluss ist und eine ungeahnte Vielfalt an Datei- und Streamingformaten hervorbringt. Deren Hersteller und Entwickler orientieren sich primär am Consumermarkt und haben weniger das Thema Nachhaltigkeit im Fokus.

In den letzten Jahren hat sich herauskristallisiert, dass das Gespann Matroska (Containerformat) und FFV1 v3 (als verlustfreier Videocodec) Eigenschaften mitbringt, die die Langzeitarchivierungs-Community zu schätzen weiß:

- offene Implementierung durch die weit verbreiteten FFMPEG- und libAV-Softwarebibliotheken
- offene Standardisierung im Rahmen der Cellar working group der IETF
- hohe Kodiereffizienz
- gute Robustheit durch integrierte CRC-Summen
- Vermeidung von überbordender Komplexität, zB. im Vergleich zu MXF/JPEG2000
- verfügbare Werkzeuge, insbesondere quelloffener Validator [MediaConch](https://mediaarea.net/MediaConch/) [https://mediaarea.net/MediaConch/] im Rahmen des EU-Projektes Preforma

Die SLUB hat sich daher für die Ablieferung von retrodigitalisierten Film- und Videomaterialien an das SLUBArchiv auf Matroska/FFV1 als Dateiformat festgelegt.

Die erlaubten Parameter, die für die Ablieferung verwendet werden dürfen, werden im Folgenden beschrieben. Als Basis dient eine interne Analyse der Nutzungsszenarien und der daraus abgeleiteten signifikanten Eigenschaften.

## Validierungsanforderungen

Die Anforderungen des SLUBArchiv können mit der Software [MediaConch](https://mediaarea.net/MediaConch/) [https://mediaarea.net/MediaConch/] geprüft werden und sind in den Profilen [MediaConch-Profile](https://slubarchiv.slub-dresden.de/fileadmin/groups/slubsite/slubarchiv/SLUB-mediaconch-profile_2019.1.zip) [https://slubarchiv.slub-dresden.de/fileadmin/groups/slubsite/slubarchiv/SLUB-mediaconch-profile\_2019.1.zip] (18.03) hinterlegt.

# Allgemeine Anforderungen

- Alle Digitalisate müssen als Matroska-Dateien mit integrierten Prüfsummen (voreingestellt ab [FFMPEG](https://www.ffmpeg.org/) [https://www.ffmpeg.org/] 3.3) abgeliefert werden
- Zu jedem Digitalisat gehört eine Datei, die [Frame-MD5](http://dericed.com/papers/reconsidering-the-checksum-for-audiovisual-preservation/) [http://dericed.com/papers/reconsidering-the-checksum-for-audiovisual-preservation/] basierte Prüfsummen enthält
- Es hat sich bewährt, je eine Datei pro analogem Originaldatenträger (Filmrolle, Videofilm bzw. Tonband) anzulegen. Kapitelmarken sollten verwendet werden, um auf den Beginn verschiedener Inhalte der Originalmedien zu verweisen. Dies ist dann notwendig, wenn zB. auf einer Filmrolle oder einer VHS-Kassette unterschiedliche Werke aufgezeichnet wurden.
- Auf eine Verwendung von verlustbehafteten Zwischenformaten (Videocodern) bei der Digitalisierung und anschließenden Wandlung nach Matroska/FFV1 ist zu verzichten. Wenn möglich, sollte nativ nach Matroska/FFV1 oder über TIFF (lossless) digitalisiert werden.
- Als Datei- und Verzeichnisnamen sind nur Zeichen aus den Bereichen A-Z, a-z, 0-9 und die Sonderzeichen "-\_." zu verwenden. Dies erleichtert den Kopiervorgang über Betriebssystemgrenzen hinweg.
- Eine Ordnerstruktur sollte pro Material ein Verzeichnis enthalten, in dem Digitalisate (*data/*) und Begleitinformationen (*metadata/*) getrennt gelistet werden. Der grundsätzliche Aufbau von SIPs ist in der SIP-Spezifikation beschrieben.

Im Einzelfall kann nach Rücksprache mit dem SLUBArchiv von diesen Anforderungen abgewichen werden.

## Kodierung der Videoinformationen

### Codec

Verwendung von FFV1 v3 mit folgenden Parametern:

- mindestens 4 Slices, besser 24 (ffmpeg Parameter `-slices`)
- CRC-Sicherung ein (ffmpeg Parameter `-slicecrc`)
- GOP (group of pictures) steht auf "1" (ffmpeg Parameter `-g`)
- Coder steht auf "1" (range coder) (ffmpeg Parameter `-coder`)
- Context steht auf "1" (ffmpeg Parameter `-context`)

Die Verwendung von Slices hat zwei Effekte. Zum einen werden Slices parallel (de-)kodiert, zum anderen können eventuelle Bitfehler auf einen kleineren Bereich lokalisiert und korrigiert werden.

Die CRC-Sicherung erfolgt für den Frame bzw. die Slices und ermöglicht im Fehlerfall die leichtere Erkennung von Fehlern und im Falle von 1-bit Fehlern deren Korrektur.

FFV1 unterstützt auch ein Kontextmodell, welches über mehrere Frames (group of pictures - GOP) arbeitet. Für die Langzeitarchivierung ist es aber ratsam jedes Bild einzeln zu kodieren. Dies minimiert die Auswirkung von Fehlern. Die GOP sollte auf "1" gesetzt werden.

Mit den gewählten Parametern für Coder und Context wird eine arithmetische Kodierung mit 242.016 Kontexten statt einer Huffman-Kodierung mit 666 Kontexten gewählt. Dies ermöglicht die Erstellung effizient komprimierter Dateien.

## Retrodigitalisiertes Video

Die Auflösung richtet sich nach dem Standard der analogen Vorlage, es gilt:

- 768 x 576 Pixel für PAL bei 25 Frames/Sekunde
- 640 x 480 Pixel für NTSC bei 30 Frames/Sekunde

Als Farbraum und Unterabtastung ist Y'CBCR 4:2:2 zu wählen. Die Quantisierungsauflösung beträgt 10Bit. Dies ist ausreichend, da der Dynamikumfang von analogen Videoformaten der Vorlage entsprechend hinreichend abgebildet werden kann.

## Retrodigitalisierter Film

### Hintergrundinformationen

Die Auflösung hängt von der Körnung und vom Kontrastumfang ab. Kodak empfiehlt 3600dpi für die Digitalisierung. Die Bildbreite ergibt sich aus der Auflösung und der Breite des inhaltstragenden Bildbereichs der Originalvorlage.



Die nachstehend aufgeführten Angaben zu Pixelbildbreite der Digitalisate ausgewählter Vorlage sind **Richtwerte**. Abweichungen sind mit der jeweiligen Fachabteilung zu diskutieren und unter dem Aspekt des Speicherbedarfs einerseits und dem Qualitätsanspruch andererseits abzuwägen. Dabei ist zu beachten, dass eine Verdopplung der Auflösung eine Vervierfachung des Speicherbedarfs nach sich zieht.

Film hat einen hohen Kontrastumfang. Daher sollte in der Regel mit 12 bis 16 Bit Farbtiefe (pro Farbkanal) **linear** digitalisiert werden. Das SLUBArchiv empfiehlt aus Gründen der Normierung 16Bit zu verwenden.

### Formate und Bildgrößen

Die folgenden Tabellen stellen einen Ansatzpunkt dar. Im Zweifel muss auf die Angaben der Hersteller zurückgegriffen werden.

Tabelle 1. ISO-Klassifikation und sich ergebende Auflösungen

ISO-RP	lines/mm (1000:1)	äquivalente dpi	Beispielfilme
low	<50	<1270	Kodacolor VR1000
medium	63, 80	1600, 2032	Ektachrome 400 HC, Kodachrome 25
high	100, 125	2540, 3175	ISO 200/24° Kodachrome 200, ISO 64/19° Kodachrome 64

ISO-RP	lines/mm (1000:1)	äquivalente dpi	Beispielfilme
very high	160, 200	4064, 5080	Fujichrome Velvia prof.

Quellen:

- [Kodak - the essential reference guide for filmmakers](https://web.archive.org/web/20170110121506/http://motion.kodak.com/KodakGCG/uploadedfiles/motion/Kodak/motion/Education/Publications/Essential_Reference_Guide/kodak_essential_reference_guide.pdf) [https://web.archive.org/web/20170110121506/http://motion.kodak.com/KodakGCG/uploadedfiles/motion/Kodak/motion/Education/Publications/Essential\_Reference\_Guide/kodak\_essential\_reference\_guide.pdf]
- [Wikipedia - Auflösung Fotografie](https://de.wikipedia.org/wiki/Aufl%C3%B6sung_%28Fotografie%29) [https://de.wikipedia.org/wiki/Aufl%C3%B6sung\_%28Fotografie%29]
- [Grundlagen und Eigenschaften der Filme, Körnigkeit und Auflösungsvermögen](https://web.archive.org/web/20060325094152/http://www.abmt.unibas.ch/SKRIPTEN/ScriptColor/09-kap_8_Koernigkeit.pdf) [https://web.archive.org/web/20060325094152/http://www.abmt.unibas.ch/SKRIPTEN/ScriptColor/09-kap\_8\_Koernigkeit.pdf]

Tabelle 2. Bildfläche

Filmmaterial	Bildfläche in mm <sup>2</sup>	Pixel bei 80 lines/mm	Pixel bei 200 lines/mm
Normal 8	4,5 x 3,3	360 x 264 = 95.040	900 x 660 = 594.000
Super 8	5,46 x 4,01	437 x 321 = 149.277	1092 x 802 = 875.784
Normal 16	10,3 x 7,5	824 x 600 = 494.499	2030 x 1500 = 3.045.000
Super 16	12,35 x 7,42	988 x 593 = 585.884	2470 x 1484 = 3.665.480
Normal (35mm)	22 x 16	1760 x 1280 = 2.252.800	4400 x 3200 = 14.080.000

siehe auch:

- [Comparison of common 35mm film formats](https://en.wikipedia.org/wiki/35_mm_film#/media/File:35mm_film_common_formats.svg) [https://en.wikipedia.org/wiki/35\_mm\_film#/media/File:35mm\_film\_common\_formats.svg]
- und ergänzend [Celluloidfilm.de: Von 8mm bis 70mm](http://www.celluloidfilm.de/abteilung2/index.html) [http://www.celluloidfilm.de/abteilung2/index.html] (Abmessungen Filmformate)



Im Einzelfall macht es Sinn, Filme im Overscan-Modus abzutasten. Grundlage der im folgenden genannten Bildbreite ist dabei immer die inhaltstragende Bildfläche des Films. Da Overscan bis zu 125% der Bildfläche betragen kann und damit einhergehend der Speicherplatzbedarf erhöht wird, sollte dessen Verwendung in Rücksprache mit den Fachabteilungen sorgfältig abgewogen werden.

### Richtwert 35mm Film

- Bildbreite (typisch): 4096 Pixel horizontal
- Farbraum und Unterabtastung: RGB 4:4:4
- Quantisierungsauflösung: 16Bit



für FFMPEG ist ggf. noch der Parameter "--experimental" notwendig um FFV1 mit 16bit pro Farbkanal zu nutzen.

## Richtwert 16mm Film (Normal, Super16)

- Bildbreite (typisch): 2048 Pixel horizontal
- Farbraum und Unterabtastung: RGB 4:4:4
- Quantisierungsauflösung: 16Bit



für FFmpeg ist ggf. noch der Parameter "--experimental" notwendig um FFV1 mit 16bit pro Farbkanal zu nutzen.

## Richtwert 8mm Film (Normal8, 9,5mm, Super8)

- Bildbreite (typisch): 1440 Pixel horizontal
- Farbraum und Unterabtastung: RGB 4:4:4 oder Y'CbCr 4:4:4 (oder Y'CbCr 4:2:2, abhängig von Ursprungsqualität)
- Quantisierungsauflösung: 10Bit <sup>[1]</sup>

# Kodierung der Audioinformationen

Zum Zwecke der Normierung werden für Audio folgende Parameter verwendet:

- linear PCM (little endian)
- Quantisierungsauflösung: 24Bit pro Kanal
- Samplingrate: 48kHz

Auch wenn die Audiosignale im Original kaum eine Bandbreite von 20kHz erreichen und nach Nyquist-Shannon-Theorem eine niedrigere Abtastrate möglich wäre, macht es Sinn die Signale mit 48kHz abzutasten. Dies vereinfacht durch die Normierung aller Audioquellen auf 48kHz das Postprocessing und verringert die Gefahr von Aliaseffekten bei schlechteren Filtern. Eine Samplingrate von 96kHz oder gar 192kHz machen dagegen keinen Sinn. Für das Postprocessing sollte dann ein Upsampling durchgeführt werden, zumal die genannten Samplingfrequenzen ganzzahlige Vielfache von 48kHz darstellen.

## Begleitende Metadaten

Informationen, die nicht in MODS des SIPs kodiert werden, können als Sidecar-File <sup>[2]</sup> als Plaintext in UTF-8 (mit Zeilenumbruch *newline* ohne *carriage return*) gespeichert werden.

Sinnvoll sind Angaben zu:

- Digitalisierungsvorbereitung (Reinigung, Reparatur)
- Scandurchführung (Nass-Abtastung, Korrekturen)
- Scannertyp und Parameter (Hersteller, Modell, Scanbereich)
- Software und Parameter (Hersteller, Versionsstand)
- Rechte (Bearbeitung, Schnitt...)

- Schnittdaten (Was wurde geschnitten und warum)
- Transkodierungsinformationen (Scan nach DPX, Transformation nach MKV/FFV1, verwendete Software und deren Parameter)

Die Ablage erfolgt unter *metadata/*, siehe oben.



Vorbehaltlich gesonderter Absprachen mit dem SLUBArchiv sind alle anderen Erweiterungen NICHT gestattet und können nicht langzeitarchiviert werden.

## Ergänzende Hinweise an Dienstleister für Umgang mit DPX

Um die Metadaten der DPX Dateien nicht zu verlieren und trotzdem die Vorteile von Matroska/FFV1 zu nutzen, sollten Dienstleister eine Enkodierung über [RAWcooked](https://avpres.net/RAWcooked/) [https://avpres.net/RAWcooked/] in Erwägung ziehen.

## Abbildung Matroska/FFV1 Eigenschaften auf DNX-Properties

Mit der Aufnahme von Dateien in das SLUBArchiv erfolgt eine weitere Verarbeitung. Im Zuge dessen werden für das Archivpaket technische Metadaten extrahiert und als *DNX-Properties* kodiert.

Die Zuordnung ist noch experimentell und wird erst in einer der nächsten Releases dokumentiert.

[1] da im Amateurfilmbereich der Kontrastumfang mit 10Bit ausreichend genug abgebildet werden kann

[2] Begleitdatei