SLUB
Wir führen Wissen.

Handreichung retrodigitalisierter Film und Video

SLUB Dresden

Version 1.2.6, 2020-05-31

Inhaltsverzeichnis

Vorwort . . . 1
Allgemeines . . . 1
Abgrenzung . . . 2
Anforderungen . . . 3
- Allgemeine Anforderungen . . . 3
- Kodierung der Videoinformationen . . . 4
- Kodierung der Audioinformationen . . . 7
- Begleitende Metadaten . . . 8

Validierung Matroska/FFV1 Dateien . . . 9
Ergänzende Hinweise an Dienstleister für Umgang mit DPX . . . 9
Beispiele IEs . . . 9
Abbildung Matroska/FFV1 Eigenschaften auf DNX-Properties . . . 10
Bibliographie . . . 11

Release Note 1.2.6 vom 2020-05-31

- Links aktualisiert
- Fehler in Tabelle Bildfläche korrigiert
- Überarbeitung im Rahmen von SA(V)E
- Abgrenzung hinzugefügt
- Klarstellung CRC, Verlinkung der IETF-Dokumente
- Verweis auf git Repository der SLUB für Mediaconch Profile
- Beispiel für Validierung mit Mediaconch
- Klarstellung zu 8mm Film
- Bibliographie
- Klarstellung Endung

Vorwort

Dieses Dokument richtet sich an Produzenten, die digitale Objekte in das SLUBArchiv.digital einliefern und diese langfristig benutzbar erhalten wollen.

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 liegen in der einfachen Weiterverwendung und der möglichen, verlustfreien Kopierbarkeit der Digitalisate.

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. Grund hierfür 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 die Kombination Matroska (Containerformat) und FFV1 v3 (als verlustfreier Videocodec) Eigenschaften mitbringt, die für die Langzeitarchivierung von Vorteil sind (siehe Vergleich Bubestinger-Steindl (2017)):

- offene Implementierung durch die weit verbreiteten FFMPEG- und libAV-Softwarebibliotheken
- offene Standardisierung im Rahmen der Cellar working group der IETF
- hohe Kodiereffizienz (nach Kromer (2017) 40%)
- 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/] im Rahmen des EU-Projektes Preforma

Die SLUB hat sich daher entschieden, für die Ablieferung von retrodigitalisierten Film- und Videomaterialien an das SLUBArchiv das Format Matroska/FFV1 zuzulassen.

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.

Vorbehaltlich gesonderter Absprachen mit dem SLUBArchiv sind von dieser Handreichung abweichende Änderungen **nicht** gestattet. Informationspakete, die diese Anforderung nicht erfüllen, sind nicht langzeitarchivfähig und werden vom SLUBArchiv zurückgewiesen.

Abgrenzung

Dieses Dokument beschreibt die Anforderungen des SLUBArchiv an retrodigitalisierte A/V-Materialien.

Nicht von diesem Dokument erfasst sind A/V-Materialien,

- die aus digitalen Vor- und Nachlässen stammen
- die originär digital erzeugt wurden
- die aus Videostreams aufgezeichnet wurden
- die 3D-Video enthalten
- die Teile von Kunstinstallationen oder musealen Charakters sind
- die reine Audio-Aufnahmen ohne Bewegtbild darstellen (siehe Handreichung retrodigitalisierte Tondokumente)
- die aus Produktionsarchiven von Sendeanstalten stammen
- die Hochgeschwindigkeits- oder Zeitlupenaufnahmen aus dem wissenschaftlichen Bereich enthalten

Dieses Dokument ist nicht auf Präsentations- oder Masternutzungsdateien (Mezzanine-Dateien) anzuwenden, da diese **grundsätzlich** nicht in das SLUBArchiv aufgenommen werden.

Digitalisierungsanforderungen an Dienstleister sind im Einklang mit diesem Dokument zu verfassen.

Anforderungen

Allgemeine Anforderungen

Verpflichtend

- Alle Digitalisate müssen als Matroska-Dateien mit integrierten Prüfsummen (voreingestellt ab FFMPEG [https://www.ffmpeg.org/] 3.3) abgeliefert werden, siehe Codec und Container
- Zu jedem Digitalisat gehört eine Datei, die Frame-MD5 [http://dericed.com/papers/reconsidering-the-checksum-for-audiovisual-preservation/]-basierte Prüfsummen enthält
- 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.
- Die Wahl der Digitalisierungsparameter, sofern im Einklang mit diesem Dokument möglich, sind unter den Aspekten der Angemessenheit und Begründetheit vorzunehmen, da diese einen starken Einfluss auf die Kosten der digitalen Langzeitarchivierung und die Qualität der zu erhaltenden Digitalisate haben. Die Anforderung der Begründetheit gilt als erfüllt, wenn wissenschaftlich fundiert auf öffentlich zugängliche Publikationen anerkannter Fachorganisationen, Standardisierungseinrichtungen der Wissenschaft oder Herstellerdokumentationen Bezug genommen wird.
- Auf eine Verwendung von verlustbehafteten Zwischenformaten (Videocodecs) bei der Digitalisierung und anschließender Wandlung nach Matroska/FFV1 ist zu verzichten.

Gute Praxis

- Es hat sich bewährt, je eine Datei pro analogem Originaldatenträger (Filmrolle, Videofilm bzw. Tonband) anzulegen.
- Die Ordnerstruktur sollte pro Material ein Verzeichnis enthalten, in dem Digitalisate und Begleitinformationen getrennt gelistet werden. Der grundsätzliche Aufbau von Submission Information Packages (SIP) ist in der SIP-Spezifikation beschrieben.
- Sinnvoll ist es, die Dateinamen so zu wählen, dass
  - der Bezug zur physischen Vorlage erkennbar ist
  - die Zuordnung zueinander erkennbar sind
  - ggf. auch die Sprache der Vorlage erkennbar ist. Empfohlen wird die Verwendung von Alpha3-Codes nach ISO 639.2 [1]
- Für Videodateien ist die Endung *.mkv*, für reine Audiodateien die Endung *.mka* zu verwenden
- Kapitelmarken sollten verwendet werden, um auf den Beginn verschiedener Inhalte der Originalmedien zu verweisen. Dies ist dann notwendig, wenn z.B. auf einer Filmrolle oder einer VHS-Kassette unterschiedliche Werke aufgezeichnet wurden.
- Wenn möglich, sollte nativ nach Matroska/FFV1 oder über TIFF (lossless) digitalisiert werden.
- Die Framerate des Digitalisats sollte, sofern möglich, dem Originalmaterial 1:1 entsprechen. Da

Matroska das Konzept Framerate nicht kennt, sondern Zeitstempel für jeden Frame definiert, ist es möglich, verschiedene Aufnahmen auf einer Filmrolle, die mit unterschiedlichen Frameraten aufgenommen wurden, auch 1:1 in die Matroskadatei zu übernehmen.

- Liegt das Material als Negativ vor, so ist es auch im Digitalisat als Negativ zu erhalten.

Kodierung der Videoinformationen

Container

Parameter

Verwendung von Matroska (https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-cellar-matroska/), basierend auf EBML mit CRC-gesicherten Elementen (siehe "CRC-32 Element" in EBML Spezifikation, https://datatracker.ietf.org/doc/rfc8794/).

Mit FFMPEG [https://www.ffmpeg.org/] ab Version 3.3 ist die CRC-Sicherung in Matroska (EBML) voreingestellt.

Codec

Parameter

Verwendung von FFV1 v3 (siehe https://datatracker.ietf.org/doc/draft-ietf-cellar-ffv1/) 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)

Hintergrund

Ein Frame kann in Slices unterteilt werden. 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 Wahl des Parameters hängt sehr stark von der Bildgröße ab. Bei gering aufgelösten Frames macht sich der Overhead von Slices bemerkbar, bei hochaufgelösten Frames ist es sinnvoll, möglichst viele Slices zu verwenden, um beim Prozessing die heutigen Mehrkern-Prozessoren gut auszulasten.

Die CRC-Sicherung erfolgt einzeln pro Frame bzw. Slice 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 ist daher auf "1" zu setzen.

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.

Parameter 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 Farbtiefe pro Farbkanal beträgt 10Bit. Dies ist ausreichend, da der Dynamikumfang von analogen Videoformaten der Vorlage entsprechend hinreichend abgebildet werden kann.

Parameter Retrodigitalisierter Film

Allgemeines

Durch die Vielfalt an Filmmaterial und Qualität können im Folgenden nur Richtwerte angegeben werden.

Basis hierfür sind die Tabellen zu Formate und Bildgrößen.

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** und beziehen sich auf die inhaltstragende Bildfläche des Films (Bildinnenmaß). Abweichungen sind unter dem Grundsatz der Angemessenheit und Begründetheit mit dem jeweiligen Produzenten zu diskutieren und in der Übernahmevereinbarung zu dokumentieren.

Dabei ist zu beachten, dass eine Verdopplung der Auflösung eine Vervierfachung des Speicherbedarfs nach sich zieht.

Verpflichtend

- in der Regel Farbtiefe 16bit pro Farbkanal
  - 35mm/16mm 3x16bit
  - 8mm 3x16bit (ggf. auch 1x16bit+2x8bit)
- Mindestauflösung 80 lines/mm
- lineare Quantisierung

Film hat einen hohen Kontrastumfang. Dieser ist bei linearer Quantisierung in der Regel ab 12bit Farbtiefe pro Farbkanal abbildbar. Das SLUBArchiv besteht aus Gründen der Normierung und Sicherstellung von Reserven auf die Verwendung von 16Bit pro Farbkanal.

Im Einzelfall ist es sinnvoll, Filme im Overscan-Modus abzutasten. Grundlage der im Folgenden genannten Bildbreite ist dabei immer die inhaltstragende Bildfläche (Bildinnenmaß) des Films. Da Overscan bis zu 125% der Bildfläche betragen kann und damit einhergehend der Speicherplatzbedarf erhöht wird, sollte dessen Verwendung in Rücksprache zwischen SLUBArchiv und Produzenten sorgfältig abgewogen werden.

Richtwert 35mm Film

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

Richtwert 16mm Film (Normal, Super16)

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

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)
- Farbtiefe pro Farbkanal: 16Bit (für Y’CbCr 4:2:2 gilt: 16Bit für Y', 16Bit für CbCr)

Da Farbinformationen im Y’CbCr Raum besser dekorrelliert werden, wird für eine effektivere Datenkompression bei 8mm Film Y’CbCr 4:4:4 (bzw. Y’CbCr 4:2:2) bevorzugt.

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
very high	160, 200	4064, 5080	Fujichrome Velvia prof.

Quellen:

- Kodak (*Kodak - the essential reference guide for filmmakers*, 2007)
- Wikipedia - Auflösung Fotografie (ua., o. J.)
- Grundlagen und Eigenschaften der Filme, Körnigkeit und Auflösungsvermögen („Körnigkeit“, 2003)

Tabelle 2. Bildfläche

Filmmaterial	Bildfläche in mm^2	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 = 494.400	2060 x 1500 = 3.090.000
Super 16	12,35 x 7,42	988 x 594 = 586.872	2470 x 1484 = 3.665.480
Normal (35mm)	22 x 16	1760 x 1280 = 2.252.800	4400 x 3200 = 14.080.000

Quellen:

- Comparison of common 35mm film formats, Grafik (*Comparison of common 35mm film formats*, o. J.)
- und ergänzend Celluloidfilm.de (*Die wichtigsten Filmformate*, o. J.)

Gute Praxis

Eine sinnvolle Ergänzung bietet die Erläuterung der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) zu ihren Digitalisierungsempfehlungen cite:[dfg2016}, Abschnitt "Fotografien", Seite 23 folgende.

Kodierung der Audioinformationen

Verpflichtend

Zum Zwecke der Normierung werden für Audio folgende Parameter verwendet:

- linear PCM (little endian)
- Quantisierungsauflösung: 24Bit pro Kanal
- Abtastrate: 48kHz oder 96kHz (bevorzugt)

Gute Praxis

Auch wenn die Audiosignale im Original kaum eine Bandbreite von 20kHz erreichen [2] und nach Nyquist-Shannon-Theorem (Shannon, 1984) eine niedrigere Abtastrate möglich wäre (vergleiche auch Hörtest-Untersuchungen von Meyer & Moran (2007)), ist es sinnvoll, die Signale mit mindestens 48kHz abzutasten. Durch die Normierung aller Audioquellen auf 48kHz bzw. 96kHz vereinfacht sich das Postprocessing und die Gefahr von Aliaseffekten beim Einsatz von

schlechteren Filtern wird verringert.

Höhere Abtastraten sind nicht notwendig, da im Postprocessing die Audiodaten durch Upsampling mit ganzzahligem Faktor auf Vielfache von 48kHz leicht angepasst werden können.

Da die IASA (IASA, 2022) ebenfalls 48kHz und 96kHz als Abtastrate empfiehlt, sind die Produzenten gut beraten, neu digitalisiertes Audiomaterial mit dieser Abtastrate zur Verfügung zu stellen. Genaueres regeln die Übernahmevereinbarungen.

Begleitende Metadaten

Verpflichtend

Informationen

- zur analogen Vorlage,
- zu Scanvorbereitungen,
- zur Scandurchführung,
- zu Schnittdaten und
- andere erhaltenswerte Begleitinformationen,

die nicht in den Matroska-Dateien kodiert werden können, müssen als Sidecar-Files (Begleitdatei) gespeichert werden.

Für diese sind Textdateien mit folgenden Eigenschaften anzulegen:

- Plaintext in UTF-8 ohne BOM
- mit Zeilenumbruch *newline* ohne *carriage return*

Gute Praxis

Sinnvoll sind Sidecar-Files mit Angaben zu:

- Digitalisierungsvorbereitung (Reinigung, Reparatur)
- Scandurchführung (Nass-Abtastung, Korrekturen)
- Scannertyp und Parameter (Hersteller, Modell, Scanbereich)
- Software und Parameter (Hersteller, Versionsstand)
- Rechte, die nicht im Rechtemanagment der SLUB abgebildet werden können (Bearbeitung, Schnitt…)
- Schnittdaten (Was wurde geschnitten und warum?)
- Transkodierungsinformationen (Scan nach DPX, Transformation nach MKV/FFV1, verwendete Software und deren Parameter)

Die Dateinamen sollten den Inhalt widerspiegeln und eine Zuordnung zu den Matroska-Dateien

erlauben (siehe Beispiele IEs)

Validierung Matroska/FFV1 Dateien

Die Matroska/FFV1-spezifischen Anforderungen des SLUBArchiv können mit der freien Software MediaConch [https://mediaarea.net/MediaConch/] (18.03) geprüft werden und sind in den Profilen https://git.slub-dresden.de/digital-preservation/mediaconch-profile hinterlegt.

Dateien können beispielsweise mit dem folgenden Aufruf geprüft werden:

Beispiel für Prüfung mit Mediaconch gegen ein SLUB-Profil

```
mediaconch -fi -p SLUB_mediaconch_policy_retrodigitized_film35mm.xml test_film35mm.mkv
```

Dies sollte "*pass!*" bei Erfolg und "*fail!*" bei fehlerhaften Dateien zurückgeben. Mit anderen Optionen, wie "*-ft*" kann man die Ausgabe anpassen und die Profilierungsfehler genauer eingrenzen. Lesen sie dazu die Dokumentation zu Mediaconch.

Ergänzende Hinweise an Dienstleister für Umgang mit DPX

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

Beispiele IEs

Die folgenden Beispiele stellen Ansatzpunkte dar, wie eine IE aussehen könnte.

Verzeichnisstruktur IE einfach

```
exampleIE1/
├── 1.mkv        ①
├── 1.framemd5   ②
└── 1.sidecar.txt ③
```

① retrodigitalisierter Film

② zugehörige framemd5-Datei

③ zugehörige Sidecar-Datei

Verzeichnisstruktur IE komplex

```
exampleIE2/
├── filmrolle_artifakt1.mkv     ①
├── filmrolle_artifakt1.framemd5 ②
├── filmrolle_artifakt2.mkv     ③
```

```
├── filmrolle_artifakt2.framemd5 ④
├── tonband_separat/          ⑤
│   ├── tonband_de.mka        ⑥
│   ├── tonband_de.framemd5   ⑧
│   ├── tonband_en.mka        ⑦
│   └── tonband_en.framemd5   ⑨
├── artifakte.sidecar.txt     ⑩
└── tonband.sidecar.txt       ⑪
```

① retrodigitalisierte Filmrolle, Artifakt 1

② zugehörige framemd5-Datei

③ retrodigitalisierte Filmrolle, Artifakt 2

④ zugehörige framemd5-Datei

⑤ Verzeichnis für externe, aber exklusiv zugeordnete Tonbänder

⑥ retrodigitalisiertes Tonband, deutsch

⑦ zugehörige framemd5-Datei

⑧ retrodigitalisiertes Tonband, englisch

⑨ zugehörige framemd5-Datei

⑩ Sidecardatei mit Informationen über Filmrollen-Artifakte (Grund, Verarbeitung usw.)

⑪ Sidecardatei mit Informationen über Tonbänder

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* [https://developers.exlibrisgroup.com/rosetta/integrations/mets-dnx/] kodiert.

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

Bibliographie

Comparison of common 35mm film formats. https://en.wikipedia.org/wiki/35_mm_movie_film#/media/File:35mm_film_common_formats.svg

Die wichtigsten Filmformate. via http://www.celluloidfilm.de/abteilung2/index.html. https://web.archive.org/web/20161111033045/http://celluloidfilm.de/images/filmformatedetails.jpg

Körnigkeit. (2003). *Script zur Vorlesung Farbphotographie*. https://web.archive.org/web/20060325094152/http://www.abmt.unibas.ch/SKRIPTEN/ScriptColor/09-kap_8_Koernigkeit.pdf

Kodak - the essential reference guide for filmmakers. (2007). Eastman Kodak Company. https://www.kodak.com/content/products-brochures/Film/kodak-essential-reference-guide-for-filmmakers.pdf

Bubestinger-Steindl, P. (2017). Review and Comparison of FFV1 versus Other Lossless Video Codecs for Long-Term Preservation. *Sustainable Audiovisual Collections Through Collaboration: Proceedings of the 2016 Joint Technical Symposium*, 153.

IASA. (2022). Key Digital Principles. *Guidelines on the Production and Preservation of Digital Audio Objects (web edition)*. https://www.iasa-web.org/tc04/key-digital-principles

Kromer, R. (2017). Matroska and FFV1: One file format for film and video archiving? *Journal of Film Preservation*, *96*, 41.

Meyer, E. B., & Moran, D. R. (2007). Audibility of a CD-Standard A/DA/A Loop Inserted into High-Resolution Audio Playback. *Journal of the Audio Engineering Society*, *55*(9), 775–779.

Shannon, C. E. (1984). Communication in the presence of noise. *Proceedings of the IEEE*, *72*(9), 1192–1201. https://doi.org/10.1109/PROC.1984.12998

ua., G. *Auflösung (Fotografie)*. https://de.wikipedia.org/wiki/Aufl%C3%B6sung_(Fotografie)

Webers, J. (1974). *Tonstudiotechnik 1974*. Deutsches Hifi-Museum. http://www.hifimuseum.de/2141.html

[1] ISO639.2, von der Library of Congress gepflegter, öffentlich zugänglicher Teil für Sprachcodes [https://www.loc.gov/standards/iso639-2/php/code_list.php]

[2] Lichtton bei 8mm: ~5kHz, 16mm: ~6,5kHz, 35mm: ~10kHz; Magnettonspur 16mm und 35mm: ~15kHz; siehe Webers (1974), Abschnitt: F. Verzerrungen in Übertragungswegen