

Digitale Langzeitarchivierung im Medienarchiv (Audio/Video)

Mai 2024

Marion Jaks

Was ist Digitale Langzeitarchivierung?

Langzeitarchivierung geht über die reine Speicherung von Daten hinaus (≠ Backup)

LZA hat folgende Ziele:

- Archivierte Inhalte müssen verfügbar und verstehbar gehalten werden
- Inhalte und Eigenschaften der Objekte müssen systemunabhängig verfügbar bleiben
- Die Erhaltung der Nutzbarkeit von Daten über die Lebenszyklen unterschiedlicher Speichersysteme und Formate hinweg

Digitale Archivierung: *Archivierung im Archiv ist immer Langzeit...*

Kernforderungen an die digitale LZA

- Authentizität
- Integrität
- Zugänglichkeit bzw. Nutzbarkeit der Daten in der Zukunft
- Verständlichkeit: Nachvollziehbarkeit und Verständnis des historischen Objektes in seinem Kontext

Was bedeutet das?

- Einplanung der Endlichkeit von Hardware
- Einplanung der Endlichkeit von Software zum Öffnen der Datei
- Dokumentation der digitalen Objekte zur Nachvollziehbarkeit
- Hoher organisatorischer und institutioneller Aufwand
- Hohe Anforderungen an die Qualität der archivierten Daten und laufende Integritätsprüfungen
- Hohe Qualität und Umfang von Metadaten
- Einplanung von Systemwechsel (Datentransfer: Datenproduktion, Datenzugriff, Datenspeicherung)

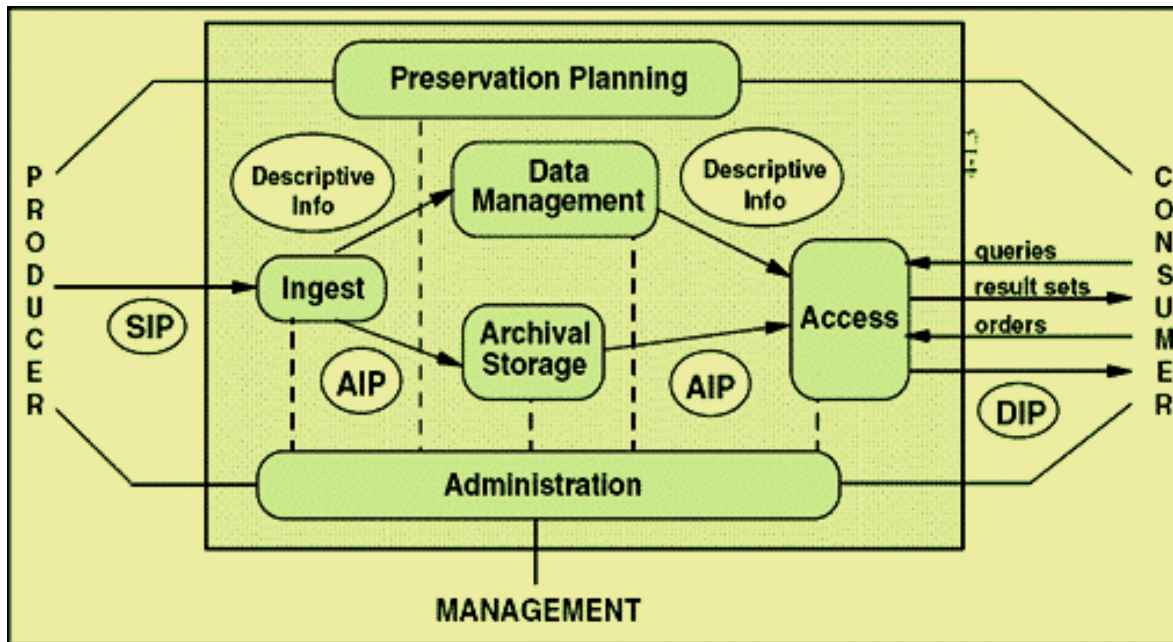
LZA: Menschen und Systeme

„Open Archival Information System – OAIS“

beschreibt ein digitales Langzeitarchiv als eine Organisation, in dem **Menschen und Systeme** mit der Aufgabenstellung zusammenwirken, digitale Informationen dauerhaft über einen langen Zeitraum zu erhalten und einer definierten Nutzerschaft verfügbar zu machen.

Quelle: http://nestor.sub.uni-goettingen.de/handbuch/artikel/nestor_handbuch_artikel_183.pdf

OAIS-Modell



SIP ... Submission Information Package
AIP ... Archival Information Package
DIP ... Dissemination Information Package

OAIS-Modell

- SIP ... Submission Information Package
- AIP ... Archival Information Package
- DIP ... Dissemination Information Package



- Digitales Original / Ursprungsfile
- Archivkopie
- Ansichtskopie intern
- Webkopie extern

Digitalisierung erstellt AIP in der OEM



SIP ... Submission Information Package
AIP ... Archival Information Package
DIP ... Dissemination Information Package

Website zeigt unser DIP



Suche



← zurück

Probemitschnitt eines Schallplattenstudios in Wien

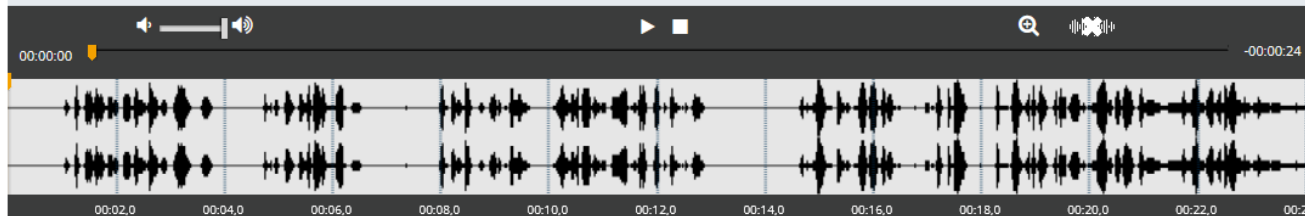
Katalogzettel

Information

Titel	Probemitschnitt eines Schallplattenstudios in Wien
Titelzusatz	Technisch interessante Geschenke
Spieldauer	00:00:24
Schlagworte	Gesellschaft; Technik; Zweiter Weltkrieg; Unveröffentlichte Aufnahme; 20. Jahrhundert - 40er Jahre
Typ	audio
Signatur	Österreichische Mediathek, e01-00746_b01_k02
Medienart	Mp3-Audiodatei



© Österreichische Mediathek



KOMMENTIEREN METADATEN URL KOPIEREN TEILEN

LZA im Medienarchiv (Audio/Video)

derStandard.at › Wirtschaft › Unternehmen Wien 27°

International Inland **Wirtschaft** Web Sport Panorama Etat Kultur Wissenschaft Gesundheit Bildung

Unternehmen Finanzen & Börse Wirtschaftspolitik ATX Indizes Aktien Fonds Währungen Rohstoffe

Letzter Hersteller von Videorekordern hängt Magnetband an Nagel

22. Juli 2016, 09:35 53 POSTINGS

Funai verkaufte im Vorjahr nur mehr 750.000 Geräte, zur Lebenszyklus...

Butterbrot_mit_Zucker 22. Juli 2016, 11:26:56 0 6

Wow die wurden noch produziert?!

antworten ↪ ↻ - +

...Videorekorder auf den Markt, im Jahr 1975. Nun dürfte der Lebenszyklus dieser Produktgruppe endgültig zu Ende gehen.

"Wir waren der einzige Hersteller von Videorekordern nach dem Rückzug von Panasonic 2012", sagte der Funai-Sprecher. Das japanische Unternehmen ließ in China fertigen, die meisten Rekorder wurden in den USA verkauft, vor allem unter der Marke Sanyo. Die letzten VHS-Kassetten (Video Home System) waren 2002 hergestellt worden. Die Videorekorder von Funai wurden etwa von Leuten gekauft, die ihre alten Aufnahmen auf Magnetband noch abspielen wollten. (APA, 22.7.2016)

Digitale LZA im Medienarchiv (Audio/Video)

- Prämisse: in Zukunft ist die Abspielbarkeit der Originale unwahrscheinlich
- Audio/Videoarchiv operiert vor dem Hintergrund von Verlust
- Obsoleszenz der analogen Träger und Verlust geeigneter Abspielumgebung
- Ohne Digitalisierung und LZA droht der Totalverlust der gefährdeten Bestände
- Große Datenmengen im Medienarchiv im Vergleich zu Bild, Textdaten
- (Magnetbandbasiertes) AV-Archiv ist in einem Transformationsprozess vom Analogarchiv zum Digitalarchiv
- Kopiererstellung braucht Zeit
- Integritätsprüfungen brauchen Zeit und Rechenleistung
- Hoher Anspruch an Infrastruktur Rechenleistung, Datenleitungen

Es gibt unterschiedliche Audio/Video-Archive...

Wissenschaftlich-dokumentarisch

- Digitale Medien müssen für Nutzer zugänglich sein, aber keine Hochverfügbarkeit aller Dateien notwendig
- Dokumentation und Metadaten in Hinblick auf Authentizität und Quellenkritik
- Orientierung an Best Practice Beispielen und White Papers zur Archivierung
- Archivierung ist Kernaufgabe der Institution
- Archivierungsentscheidungen (Archivformate usw.) entsprechend dem Institutionsziel

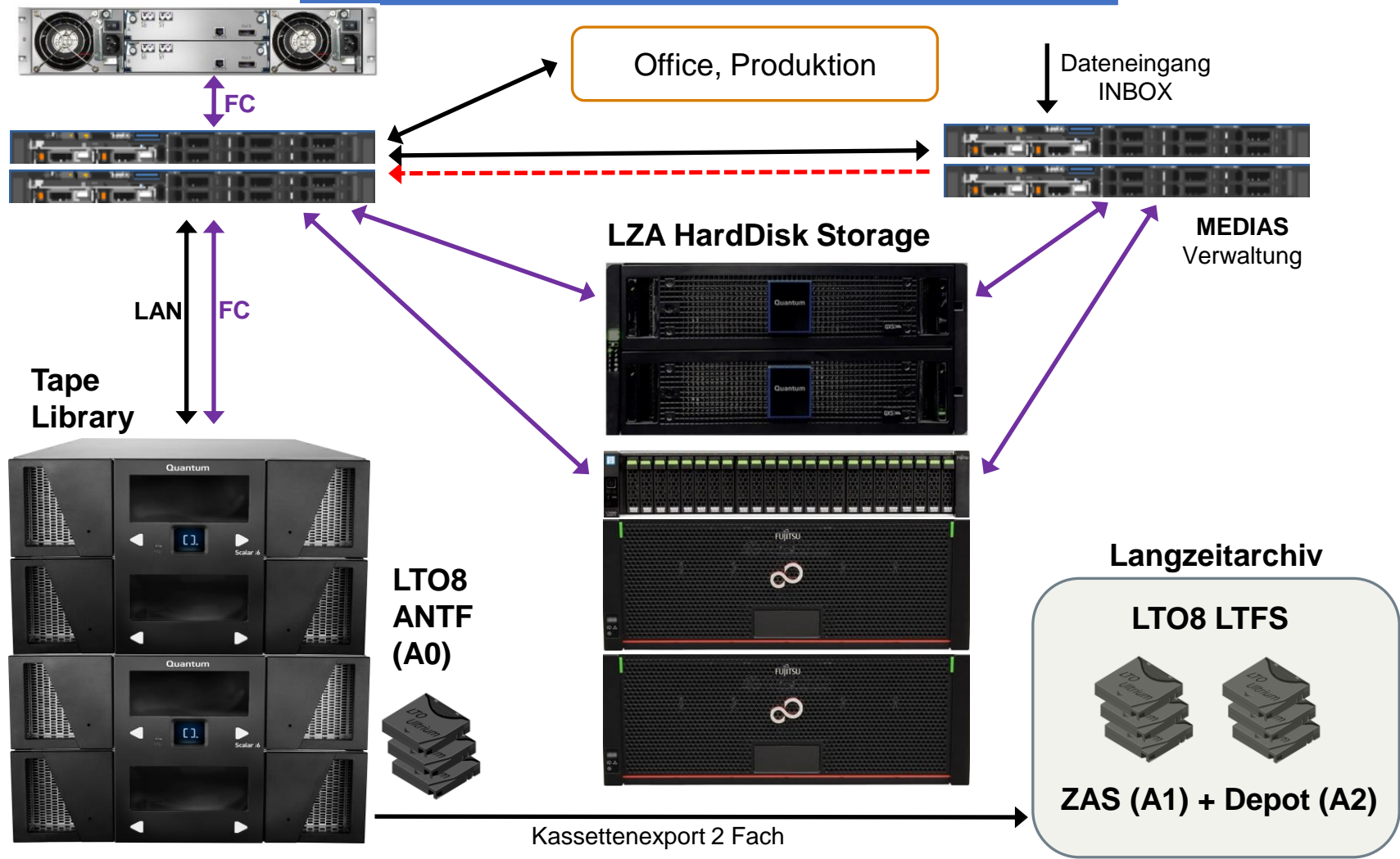
Produktionsarchiv

- Hochverfügbarkeit der digitalen Medien
- Dokumentation und Metadaten in Hinblick auf Auffindbarkeit und Nutzung für Produktion
- Orientierung an Schnittsystemen und Verarbeitungsprozessen
- Produktion ist das Kerngebiet der Institution
- Archivierung ist Voraussetzung zur Produktion, aber nicht Kerngebiet
- Archivierungsentscheidungen (Archivformate usw.) müssen mit Kernaufgaben abgestimmt sein

Stufen LZA



LZA Speicher-Infrastruktur



Datenspeicherung

Speichersicherheit und sicherer Dateneingang

- Ingest
 - Datenintegrität
 - Prozessdefinition von unterschiedlichen Ingest-Workflows (ingest policies, ingestion checks, sanitizers)
 - Metadaten auslesen und speichern
- Monitoring
 - Fixity Checks: regelmäßig und anlassbezogen
 - Vollständigkeitskontrolle aller Files
 - Veränderungen Files (Größe, Time Stamp)
- Datenpflege
 - Klare Prozesse und Dokumentation
 - 4-Augen-Prinzip
 - Rollenverteilung: wer darf was?

Datenkonsistenz

- Basis für Funktionalität in techn. Umgebung
- Definition AIP für unterschiedliche Quellen (Aktualisierungen, Korrekturen) inkl. untersch. Derivate
- Benutzbarkeit der Dateien (intern und extern)
- Basis für Automatisierungen
- Datenbereinigung und Re-Ingest von Altdaten
- Anbindung an Findmittel

Funktionalität

- Abspielbarkeit der Files
- Monitoring Fileformate im Archiv (Container und Codecs)
- Dokumentation vom digitalen Original und Erstellung von weiteren Derivaten (z. B. Archivkopien)
- Risikoanalyse von Files in Sammlung

Stufen LZA





Levels of Digital Preservation



Levels of Digital Preservation

Functional Area	Level			
	Level 1 (Know your content)	Level 2 (Protect your content)	Level 3 (Monitor your content)	Level 4 (Sustain your content)
Storage	<p>Have two complete copies in separate locations</p> <p>Document all storage media where content is stored</p> <p>Put content into stable storage</p>	<p>Have three complete copies with at least one copy in a separate geographic location</p> <p>Document storage and storage media indicating the resources and dependencies they require to function</p>	<p>Have at least one copy in a geographic location with a different disaster threat than the other copies</p> <p>Have at least one copy on a different storage media type</p> <p>Track the obsolescence of storage and media</p>	<p>Have at least three copies in geographic locations, each with a different disaster threat</p> <p>Maximize storage diversification to avoid single points of failure</p> <p>Have a plan and execute actions to address obsolescence of storage hardware, software, and media</p>
Integrity	<p>Verify integrity information if it has been provided with the content</p> <p>Generate integrity information if not provided with the content</p> <p>Virus check all content; isolate content for quarantine as needed</p>	<p>Verify integrity information when moving or copying content</p> <p>Use write-blockers when working with original media</p> <p>Back up integrity information and store copy in a separate location from the content</p>	<p>Verify integrity information of content at fixed intervals</p> <p>Document integrity information verification processes and outcomes</p> <p>Perform audit of integrity information on demand</p>	<p>Verify integrity information in response to specific events or activities</p> <p>Replace or repair corrupted content as necessary</p>
Control	<p>Determine the human and software agents that should be authorized to read, write, move, and delete content</p>	<p>Document the human and software agents authorized to read, write, move, and delete content and apply these</p>	<p>Maintain logs and identify the human and software agents that performed actions on content</p>	<p>Perform periodic review of actions/access logs</p>
Metadata	<p>Create inventory of content, also documenting current storage locations</p> <p>Backup inventory and store at least one copy separately from content</p>	<p>Store enough metadata to know what the content is (this might include some combination of administrative, technical, descriptive, preservation, and structural)</p>	<p>Determine what metadata standards to apply</p> <p>Find and fill gaps in your metadata to meet those standards</p>	<p>Record preservation actions associated with content and when those actions occur</p> <p>Implement metadata standards chosen</p>
Content	<p>Document file formats and other essential content characteristics including how and when these were identified</p>	<p>Verify file formats and other essential content characteristics</p> <p>Build relationships with content creators to encourage sustainable file choices</p>	<p>Monitor for obsolescence, and changes in technologies on which content is dependent</p>	<p>Perform migrations, normalizations, emulation, and similar activities that ensure content can be accessed</p>

Levels of Digital Preservation v2.0

Was ist ein AV-File?

2 Komponenten

- Container
- Audio/Videostream



Quelle: Chris Lacinak: https://www.weareavp.com/wp-content/uploads/2017/07/AVPS_Codec_Primer.pdf

Container

- fasst unterschiedliche Medienspuren, Metadaten, als auch andere Streams (z.B. Textstreams) zusammen und sorgt für die synchrone Abspielbarkeit
- Container werden häufig an der Dateiondung erkannt (Umgangssprachlich z. B. „MP3-Datei“)
- Beispiele bekannter Container:

Video

MPG

MP4

MOV

MKV

AVI

WEBM

Audio

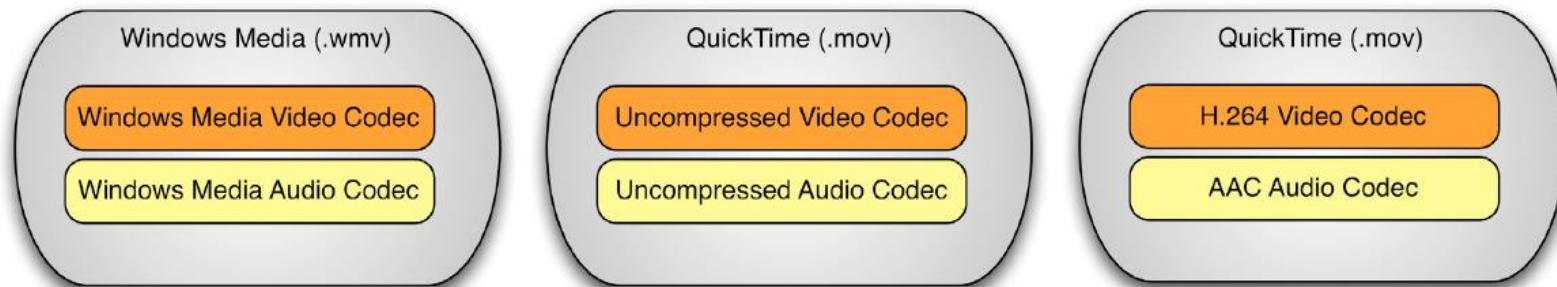
MP3

MP2

WAV

FLAC

Beispiele AV-File



Quelle: Chris Lacinak: https://www.weareavp.com/wp-content/uploads/2017/07/AVPS_Codec_Primer.pdf

Kodierung?



Opening measures to Chopin's "Raindrop"

Quelle: Chris Lacinak: https://www.weareavp.com/wp-content/uploads/2017/07/AVPS_Codec_Primer.pdf



Kodierung?

International Morse Code

1. A dash is equal to three dots.
2. The space between parts of the same letter is equal to one dot.
3. The space between two letters is equal to three dots.
4. The space between two words is equal to seven dots.

A	• —	U	• • —
B	— • • •	V	• • • —
C	— • — •	W	• — —
D	— • •	X	— • • —
E	•	Y	— • — —
F	• • — •	Z	— — • •
G	— — •		
H	• • • •		
I	• •		
J	• — — —		
K	— • —	1	• — — — —
L	• — • •	2	• • — — —
M	— —	3	• • • — —
N	— •	4	• • • • —
O	— — —	5	• • • • •
P	• — — •	6	— • • • •
Q	— — • —	7	— — • • •
R	• — •	8	— — — • •
S	• • •	9	— — — — •
T	—	0	— — — — —

Quelle: Chris Lacinak: https://www.weareavp.com/wp-content/uploads/2017/07/AVPS_Codec_Primer.pdf

Kodierung?

01010111	01101001	01101011
01101001	01110000	01100101
01100100	01101001	01100001

Binärcode als Grundlage der Verarbeitung digitaler Informationen

Codec beschreibt, wie die auf unserer Festplatte gespeicherte Abfolge von 0 und 1 interpretiert werden muss, damit ein Video am PC dargestellt werden kann.

Quelle: Chris Lacinak: https://www.weareavp.com/wp-content/uploads/2017/07/AVPS_Codec_Primer.pdf



Codec



Bsp. Video als Hex-Code

Address	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	b	c	d	e	f	Dump
00000000	52	49	46	46	ca	1a	ff	12	41	56	49	20	4c	49	53	54	RIFFË.ÿ.AVI LIST
00000010	70	22	00	00	68	64	72	6c	61	76	69	68	38	00	00	00	p"..hdrlavih8...
00000020	40	9c	00	00	da	12	51	00	00	00	00	00	10	09	00	00	@œ..Ú.Q.....
00000030	dc	05	00	00	00	00	00	00	02	00	00	00	00	00	10	00	Û.....
00000040	d0	02	00	00	40	02	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	Đ...@.....
00000050	00	00	00	00	00	00	00	00	4c	49	53	54	94	10	00	00LIST"...
00000060	73	74	72	6c	73	74	72	68	38	00	00	00	76	69	64	73	strlstrh8...vids
00000070	46	46	56	31	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	FFV1.....
00000080	01	00	00	00	19	00	00	00	00	00	00	00	dc	05	00	00Û...
00000090	09	ac	05	00	ff	ff	ff	ff	00	00	00	00	00	00	00	00	.¬..ÿÿÿÿ.....
000000a0	d0	02	40	02	73	74	72	66	28	00	00	00	28	00	00	00	Đ.@.strf(...(...
000000b0	d0	02	00	00	40	02	00	00	01	00	18	00	46	46	56	31	Đ...@.....FFV1
000000c0	00	fc	12	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	.ü.....
000000d0	00	00	00	00	4a	55	4e	4b	18	10	00	00	04	00	00	00JUNK.....
000000e0	00	00	00	00	30	30	64	63	00	00	00	00	00	00	00	0000dc.....
000000f0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
00000100	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
00000110	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00

Codec

- encode/decode
- Art der Kodierung von Audio- bzw. Videostreams
- Programm zur Enkodierung und Dekodierung von AV-Dateien
- Codec kann lossy/lossless komprimieren oder gar nicht (PCM-Audio)

Audio

MP3

AAC

Vorbis

FLAC

Video

H264

MPEG-2

ProRes

Windows Media Video Codec

VP8

Risiken

- **Bedrohung ganzes File: Verlust der Abspielbarkeit**

Durch:

- Obsoleszenz
- Datenverlust

- **Bedrohung Teile des Files:**

- Korrupte Datei
- Verlust Informationen in der Datei
- Datei teilweise nicht abspielbar
- Dateitransfer unvollständig

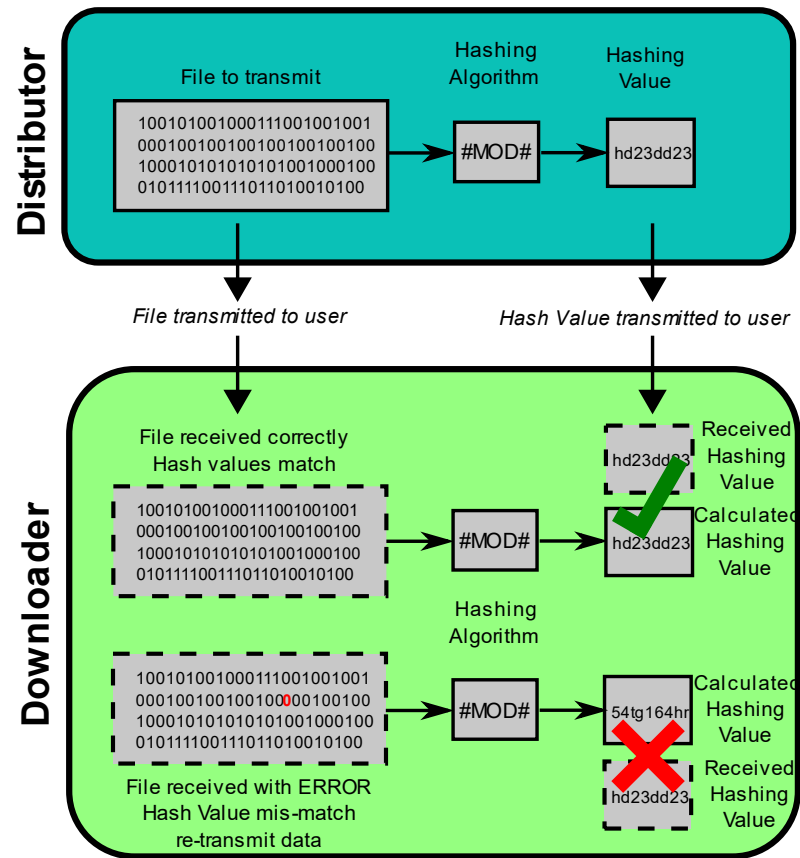
Risikominimierung

- Mehrere Redundante Kopien an mehreren Orten (Katastrophenprävention)
- Offline Speichersysteme (LTO)
- Verifikation Prüfsumme bei jeder Filemanipulation
- Regelmäßige und anlassbezogene Überprüfungen

Prüfsumme

- Wert zur Überprüfung der Fileintegrität
- Errechnet aus den Ausgangsdaten
- Erstellung/Überprüfung mit unterschiedlichen Applikationen machbar
- Unterschiedliche Algorithmen: MD5, SHA256, CRC32
- Regelmäßige und anlassbezogene Überprüfungen

Prüfsumme



<https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c8/CPT-Hashing-File-Transmission.svg>

Prüfsumme Tools

Windows

- HashCheck Shell Extension (kliu.org)
<https://code.kliu.org/hashcheck/>
- Total Commander - home (ghisler.com)
<https://www.ghisler.com/>

Linux

- md5sum

Risikoeinschätzung digitale Formate

Erfassung: was habe ich im Digitalarchiv?

Welche Formate sind gefährdet?

Wo kann es Einschränkungen bei der Wiedergabe geben?

- proprietär versus offen
- standardisiert
- dokumentiert
- Verbreitung (Software zur Wiedergabe oder Transkodierung)



Fileanalyse mit Mediainfo

Basic Information

- Container
- Video Stream
- Audio Stream

\\\\mizslpart2\video\WX\11\WX-11616\HIRES\wx-11616-000.avi

Container and general information

AVI: 304 MiB, 1 min 0 s	Movie name: Interviews mit Wittgenstein-Schülern - Puchberg 5
1 video stream: FFV1	Part/Position: 1 / 77
1 audio stream: PCM	Encoded by: Österreichische Mediathek Wien
	Recorded date: 2023-02-20T20:32:50+01:00
	Archival location: vx-11616

First video stream

40.9 Mb/s, 720*576 (5:4), at 25.000 FPS, FFV1 (PAL) (Version 0)

First audio stream

1 536 kb/s, 48.0 kHz, 16 bits, 2 channels, PCM (Little / Signed)

Fileanalyse mit Mediainfo

```
\\mizs\part2\video\X\11\WX-11616\HIRES\w-11616-000.avi
├── General
│   ├── Complete name: \\mizs\part2\video\X\11\WX-11616\HIRES\w-11616-000.avi
│   ├── Format: AVI
│   ├── FormatInfo: Audio Video Interleave
│   ├── File size: 304 MiB
│   ├── Duration: 1 min 0 s
│   ├── Overall bit rate mode: Variable
│   ├── Overall bit rate: 42.5 Mb/s
│   ├── Movie name: Interviews mit Wittgenstein-SchÄ¼lern - Puchberg 5
│   ├── PartPosition: 1 / 77
│   ├── Encoded by: Ä–sterreichische Mediathek Wien
│   ├── Recorded date: 2023-02-20T20:32:50+01:00
│   ├── Archival location: w-11616
│   └── Writing application: Lavf58.45.100
├── Video
│   ├── ID: 0
│   ├── Format: FFV1
│   ├── Format version: Version 0
│   ├── Codec ID: FFV1
│   ├── Duration: 1 min 0 s
│   ├── Bit rate mode: Variable
│   ├── Bit rate: 40.9 Mb/s
│   ├── Width: 720 pixels
│   ├── Height: 576 pixels
│   ├── Display aspect ratio: 5/4
│   ├── Frame rate: 25.000 FPS
│   ├── Standard: PAL
│   ├── Color space: YUV
│   ├── Chroma subsampling: 4:2:2
│   ├── Bit depth: 8 bits
│   ├── Compression mode: Lossless
│   ├── Bits/(Pixel*Frame): 3.949
│   ├── Stream size: 293 MiB (96%)
│   └── coder_type: Range Coder
└── Audio
    ├── ID: 1
    ├── Format: PCM
    ├── Format settings: Little / Signed
    ├── Codec ID: 1
    ├── Duration: 1 min 0 s
    ├── Bit rate mode: Constant
    ├── Bit rate: 1.536 kb/s
    ├── Channel(s): 2 channels
    ├── Sampling rate: 48.0 kHz
    ├── Bit depth: 16 bits
    ├── Stream size: 11.0 MiB (4%)
    ├── Alignment: Aligned on interleaves
    └── Interleave, duration: 20 ms (0.50 video frame)
```



variabel

H.265 / HEVC (High Efficiency Video Coding) / variabel

Distribution

Nicht empfohlen

Standard existiert, viel effizientere Kompression als H.264

Apple ProRes /

Postproduktion

Bedingt empfohlen

Varianten in qualitativ absteigender Reihenfolge: 4444 XQ, 422 HQ, 422 Standard, 422 LT und 422 Proxy), proprietäres Format der Firma Apple, Bitstream und Angaben zur Dekodierung von SMPTE offengelegt; bedingte Empfehlung nur für native ProRes-Dateien

SD: 30–62 Mbit/s

HD: 100–250 Mbit/s

Apple ProRes RAW /

Aufnahme

Bedingt empfohlen

In Kameras sowie in Filmscannern eingesetzt. Bedingte Empfehlung nur für native ProRes-Dateien

variabel

CineForm RAW /

Aufnahme

Bedingt empfohlen

In Kameras sowie in Filmscannern eingesetzt. Bedingte Empfehlung nur für native Cine-Form RAW-Dateien

variabel

XDCam HD (MPEG-2) /

Aufnahme, Postproduktion

Bedingt empfohlen

Bedingt empfohlen, weil als Aufnahmeformat bei TV-Stationen ein Standard und daher stark verbreitet

50 Mbit/s

FFV1 (ab Version 3) /

Archiv

Empfohlen

Explizit für Archivzwecke entwickelter, verlustfrei komprimierender Codec

variabel

<https://memoriav.ch/de/empfehlungen/video/10-1-digitale-archivierung-von-bewegten-bildern/>

Sustainability of Digital Formats: Planning for Library of Congress Collections

[Introduction](#) | [Sustainability Factors](#) | [Content Categories](#) | [Format Descriptions](#) | [Contact](#)

[Format Descriptions](#) >> [Format Description Categories](#) >> [Browse Alphabetical List](#) >> [Format Descriptions as XML](#)

Format Descriptions

Still Image

- [SVG_1_1](#)
- [TIFF_6](#)
- [All still image format descriptions](#)

Sound

- [WAVE](#)
- [MP3_FF](#)
- [All sound format descriptions](#)

Moving Image

- [MPEG-4_FF_2](#)
- [AVI](#)
- [All moving image format descriptions](#)

Textual

- [PDF/A_family](#)
- [DOCX/OOXML_2012](#)
- [All text format descriptions](#)

Web Archive

- [ARC_IA](#)
- [WARC](#)
- [All Web archive format descriptions](#)

Datasets

- [DBF](#)
- [HDF5](#)
- [All dataset format descriptions](#)

Geospatial

- [ESRI_shape](#)
- [GeoPackage_1_0](#)
- [All geospatial format descriptions](#)

Email and PIM

- [MBOX](#)
- [MSG](#)
- [All email and PIM format descriptions](#)

Design and 3D

- [STEP](#)
- [X3D](#)
- [All design and 3D format descriptions](#)

Aggregate

- [RAR](#)
- [ZIP](#)
- [All aggregate format descriptions](#)

Generic

- [ASF](#)
- [RIFF](#)
- [All generic format descriptions](#)

<https://www.loc.gov/preservation/digital/formats/fdd/descriptions.shtml>

Strategien der LZA im AV-Archiv: Hardware

Trägermigration

Ersatz der Speichermedien (HDD-Server, LTO-Bänder) alle paar Jahre

Ewiger Träger

Erschwerte Zugänglichkeit, erschwerte Aktualisierung von Archivobjekten



Diversifizierung

Strategien der LZA im AV-Archiv: Files

Formatmigration

Wechsel von Container und Codierung eines AV-Files zur Vorbeugung von Formatobsoleszenz

Vereinheitlichung/Normierung der Files

ist immer eine Veränderung;
Verluste möglich (nicht alles ist immer in einem neuen Format abbildbar)

Dokumentation des Originals notwendig

Definition von „significant properties“ für einzelne Quellen notwendig

Verlustfreie Konvertierung (Dateigrößen)

Bitstreampreservation

File bleibt als Original unverändert erhalten (max. Authentizität)

Viele unterschiedliche Fileformate

im Medienarchiv steht die Verwendung der Files stark im Mittelpunkt, daher keine Tradition

„Preservation Watch“ und Risikoanalysen der Objekte notwendig

Detaillierte Gesamtüberblick notwendig

Strategien der LZA im AV-Archiv: Files

Bitstreampreservation



FFMPEG

<https://ffmpeg.org/>

<https://amiaopensource.github.io/ffmprovisr/>

quelloffene Sammlung von Audio- und Video-Codecs
Ermöglicht Konversion verschiedener Formate von Audio-
und Videodateien

Strategien der LZA im AV-Archiv: Files

Bitstreampreservation



Formatmigration

Quellen

http://nestor.sub.uni-goettingen.de/handbuch/artikel/nestor_handbuch_artikel_183.pdf

Chris Lacinak: https://www.weareavp.com/wp-content/uploads/2017/07/AVPS_Codec_Primer.pdf

<https://mediaarea.net/de/MediaInfo>

<https://www.loc.gov/preservation/digital/formats/fdd/descriptions.shtml>

[Levels of Digital Preservation \(ndsa.org\)](#)

<https://ffmpeg.org/>

<https://amiaopensource.github.io/ffmprovisr/>