

MEMORIAV EMPFEHLUNGEN

DIGITALE ARCHIVIERUNG VON FILM UND VIDEO: GRUNDLAGEN UND ORIENTIERUNG

Die aktuelle Version dieser Memoriav-Empfehlungen ist frei im Web verfügbar unter:

<http://memoriav.ch/services/empfehlungen/>

Bitte nehmen Sie Kontakt mit uns auf, falls Sie Fragen, Anregungen, Ergänzungen usw. haben!

Neue Kapitel

- Kap. 4.1.2 Qualitätskontrolle
 - Kap. 5.2.4 Formatempfehlungen für Videos
 - Kap. 5.2.5 Empfehlungen für Benutzungskopien (Film und Video)
- ## Überarbeitete Kapitel
- Kap. 3.3.5 Dateiformat
 - Kap. 3.5 Metadaten
 - Kap. 4.3.6 Datenhaltungsmodelle
 - Kap. 5.2.2 Ergänzende Hinweise zu MJ2K und FFV1
 - Kap. 5.2.3 Formatempfehlungen für Filme
 - Kap. 5.2 Bewertung der häufigsten Datei-/Videoformate und Datenträger
 - Kap. 5.3.1 Namenskonventionen
 - Kap. 5.3.2 Speicherung: zum Beispiel LTO
 - Kap. 5.3.3 Kontrolle der Datenintegrität
 - Kap. 5.4.2 Speicherung als Serien von Einzelbildern

Memoriav Empfehlungen

Digitale Archivierung von Film und Video

Version 1.1, September 2017

Inhalt

Agathe Jarczyk
Reto Kromer
David Pfluger

Redaktion

Yves Niederhäuser

Review Version 1.0

Kompetenznetzwerk Video/TV

Produktion

Laurent Baumann

Gestaltung

Martin Schori, Biel

Korrektorat

BMP Translations, Basel

Herausgeber

Memoriav – Verein zur Erhaltung des
audiovisuellen Kulturgutes der Schweiz
Bümplizstr. 192, 3018 Bern
Tel. 031 380 10 80
info@memoriav.ch
www.memoriav.ch

1	Ziel und Zweck des Dokuments	4
2	Einleitung	5
3	Begriffe: Erläuterungen, Definitionen und Beispiele	6
3.1	Film	6
3.2	Video	6
3.2.1	Videokassette	6
3.2.2	Videoplayer/-recorder	7
3.2.3	Analoge und digitale Aufzeichnung	7
3.2.4	Codec und Kompression	11
3.3	Format	14
3.3.1	Medienformat	14
3.3.2	Filmformat	14
3.3.3	Videoformat	15
3.3.4	Bildformat (=Seitenverhältnis)	15
3.3.5	Dateiformat	18
3.3.6	Archivformat, Benutzungsformat	18
3.4	Digitalisierung	20
3.4.1	Digitale Codierung	20
3.4.2	Stream	20
3.4.3	Datenträger	20
3.5	Metadaten	23
4	Planung und praktische Umsetzung	25
4.1	Planungsgrundlagen	25
4.1.1	Inhouse oder Outsourcing?	25
4.1.2	Qualitätskontrolle	25
4.1.3	Kosten	27
4.1.4	Personal und Organisation	28
4.2	Identifizierung von Formaten	28
4.2.1	Identifizierung von analogen Trägern (Film und Video)	28
4.2.2	Identifizierung von Videodateien	29
4.3	Digitalisierung im Archivbereich	29
4.3.1	Digitale Konservierung/Restaurierung vs. digitale Postproduktion	29
4.3.2	Film von der Aufnahme bis zur Archivierung	31
4.3.3	Zusätzliche Bemerkungen zur Filmdigitalisierung	31
4.3.4	Video von der Aufnahme bis zur Archivierung	31
4.3.5	Zusätzliche Bemerkungen zur Videodigitalisierung	31
4.3.6	Datenhaltungsmodelle	36
4.3.7	IT-Infrastruktur	37
4.3.8	Dateigrößen und Dateisysteme	38
4.4	Ethische Fragen	39
4.4.1	Restaurierung vs. Rekreation	41
4.4.2	Ethische Normen	41
5	Empfehlungen	45
5.1	Allgemein zur digitalen Archivierung	45
5.2	Bewertung der häufigsten Datei-/Videoformate und Datenträger	46
5.2.1	Ergänzende Hinweise zu MPEG-4	53
5.2.2	Ergänzende Hinweise zu MJ2K und FFV1	53
5.2.3	Formatempfehlungen für Filme	55
5.2.4	Formatempfehlungen für Videos	56
5.2.5	Empfehlungen für Benutzungskopien (Film und Video)	57
5.3	Dateiablage und langfristige Speicherung	58
5.3.1	Namenskonventionen	58
5.3.2	Speicherung: zum Beispiel LTO	58
5.3.3	Kontrolle der Datenintegrität	59
5.4	Codecs und Transcodierungen	59
5.4.1	Grundsätze der Transcodierung	59
5.4.2	Speicherung als Serien von Einzelbildern	63
5.5	Dokumentation und Metadaten	64
5.5.1	Beispiele für Metadatenstandards	64
5.6	Werkzeugkasten	66
5.7	Originale	67
5.8	Geräte	67
6	Anhang	68
6.1	Glossar	68
6.2	Nachweis Grafiken	68
6.3	Normen und Standards	68
6.4	Weiterführende Informationen	69
6.5	MemoriaV	70
6.6	Unvollständige Kapitel	70

Diese Memoriav-Empfehlungen wurden von einer bereichsübergreifenden Arbeitsgruppe erarbeitet, vom Memoriav-Kompetenznetzwerk Video begutachtet und von der Memoriav-Geschäftsstelle redigiert und für die Publikation vorbereitet.

Der Verein Memoriav hat die Erhaltung, die Erschliessung und die Vermittlung des audiovisuellen Kulturgutes der Schweiz zur Aufgabe. Er stösst Projekte unter Berücksichtigung professioneller Normen und der Berufsethik an. Eine wichtige Aufgabe in diesem Rahmen ist auch die Erarbeitung und Publikation von Empfehlungen wie den vorliegenden.

Der Fokus dieser Empfehlungen liegt auf dem Umgang mit digitalen Daten audiovisueller Inhalte. Es soll Sammlungs- und Archivverantwortlichen eine Orientierungshilfe und Hinweise für Digitalisierung und digitale Archivierung bieten. Sie können auch für Dienstleistende im Sektor der Medienproduktion von Interesse sein sowie für Einreichende von Gesuchen für Projektbeiträge von Memoriav, die hier Kriterien für eine nachhaltige Erhaltung digitaler audiovisueller Dokumente finden.

Angesichts der rasanten Entwicklung in allen IT-Bereichen ist eine periodische Aktualisierung insbesondere der konkreten Empfehlungen unabdingbar, weshalb diese Empfehlungen laufend weiterentwickelt werden. Bei der Benutzung ist daher auf das jeweilige Datum und die Version der letzten Bearbeitung zu achten.

Die digitale Welt eröffnet Archiven exzellente neue Perspektiven, was den Zugang zur Sammlung und deren Verwertung betrifft. Andererseits erfordert die Konservierung digitaler Archivmaster die Aneignung und die Entwicklung von Fachkenntnissen des zuständigen Personals und verursacht erhebliche Mehrkosten, sowohl durch die einmalige Digitalisierung analoger Dokumente als auch durch die fortlaufende Pflege der Daten. Diese Faktoren müssen unbedingt bereits in der Planungsphase berücksichtigt werden, für welche die vorliegenden Empfehlungen Grundlagen liefern.

Die Empfehlungen geben eine grundlegende Einführung zu relevanten Begriffen und einen Überblick über die Problematik und nehmen eine allgemeine Einschätzung der Qualität und der Archivtauglichkeit verschiedener Videoformate vor. Sie bieten jedoch keinerlei Patentlösungen oder konkrete Anweisungen und Anleitungen zu Programmen und Tools für die Langzeiterhaltung. Die Empfehlungen wurden als kritische Einführung verfasst, anhand deren spezifische Lösungen entwickelt und entsprechend dem jeweiligen Kontext umgesetzt werden können.

Die Motivation, analoge Medien zu digitalisieren, kann verschiedene Gründe haben. Immer wieder wird die Erhaltung auf lange Zeit hinaus als Hauptgrund ins Feld geführt. Wenn man genauer nachfragt, stellt sich aber oft heraus, dass eher die Vorteile der vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten und der vereinfachte Zugang zu den Dokumenten im Zentrum stehen. Dies zeugt zwar von einer erfreulichen Haltung bezüglich der Öffnung als eines wichtigen Teils der Archivierung, macht aber oft auch eine Unterschätzung der organisatorischen, technischen und finanziellen Herausforderungen und Konsequenzen der digitalen Archivierung deutlich.

Die Digitalisierung analoger audiovisueller Dokumente wird allerdings tatsächlich immer unumgänglicher für Archive; für Filme und Videos trifft dieser Umstand um so mehr zu, als wegen Obsoleszenz die analoge Technik bald kaum mehr verfügbar ist. Hinzu kommt, dass gewisse analoge Medien vergleichsweise raschem Zerfall ausgesetzt sind, der Handlungszeitraum folglich auch aus diesem Grund eng begrenzt ist.

Im Bereich der digitalen Medien hat man es noch mehr als bei deren analogen Vorgängern mit einer grossen Vielfalt an Formen und Formaten zu tun. Diese sind meist auf bestimmte Anwendungsbereiche zugeschnitten. Digitalisate, die für den einen Anwendungsbereich geeignet sind, können für einen anderen Nachteile mit sich bringen. Gleichzeitig ist es oft die Erstdigitalisierung, welche die zukünftige Qualität und Art der Rezipierung bestimmt. Das Zurückgreifen auf analoge Originale zu einem späteren Zeitpunkt kann aus verschiedenen Gründen eingeschränkt sein:

- Das Original ist nicht mehr auffindbar oder es wurde zerstört (Originale sollten auch nach einer Digitalisierung erhalten werden [▶ Kap. 5.7]).
- Es hat durch den physischen Zerfall nicht mehr die Qualität, die es anfangs oder bei der Erstdigitalisierung hatte.

- Nicht selten ist eine Vernachlässigung der analogen Originale nach der Digitalisierung zu beobachten, die durch unsachgemäße Lagerung zu einem beschleunigten Zerfall führt.
- Die technischen Mittel und/oder das Know-How bestehen nicht mehr, um einen Transfer in optimaler Qualität durchzuführen.
- Es sind keine finanziellen Mittel für einen Zweittransfer vorhanden.

Eine besondere Herausforderung stellt der Generationsverlust dar, der dem unumgänglichen periodischen Umkopieren analoger Träger anhaftet. Digitale Daten können zwar theoretisch (und bei korrekter Handhabung auch praktisch) ohne Informationsverlust in beliebiger Zahl vervielfältigt werden; bei Transcodierungen vom einen in andere Codecs stellt sich dieser Vorgang aber bereits etwas komplexer dar [▶ Kap. 5.4]. Digitale Master bedeuten daher nicht automatische und grössere Sicherheit für die Langzeiterhaltung. Wenn digitale Daten langfristig erhalten werden sollen, müssen sie konstant kontrolliert und gewartet werden.

«Digital preservation is an active, longterm commitment; scanning is a time-limited process.»¹

Damit die Resultate einer digitalen Konservierung zu einem späteren Zeitpunkt richtig gewertet und beurteilt werden können, ist es wichtig, den Prozess lückenlos zu dokumentieren. Die Dokumentation und die Überlieferung dieser Information sind Schlüsselemente der digitalen Konservierung.

¹ LeFurgy, Bill, *Digitization is Different than Digital Preservation: Help Prevent Digital Orphans!*, in: The Signal. Digital Preservation (Blog), <http://blogs.loc.gov/digitalpreservation/2011/07/digitization-is-different-than-digital-preservation-help-prevent-digital-orphans/> [9.4.2015]

Gewisse Begriffe wie z. B. «Format» werden im audiovisuellen Bereich oft unscharf verwendet; die nach wie vor relevante Unterscheidung von Film und Video verwischt sprachlich oft, vielleicht weil man sich umgangssprachlich nur auf den Inhalt bezieht, wogegen bei Erhaltungsfragen die (technische) Form essenziell ist. Um die hier behandelten komplexen technischen Gegebenheiten und Herausforderungen der digitalen Erhaltung klar zu beschreiben, muss die dafür verwendete Sprache sehr präzis sein. Im Folgenden werden einige der wichtigsten Begriffe erläutert.

3.1 Film

Ein Film ist ein Streifen aus dünnem, transparentem und flexilem Kunststoff, der mit einer für sichtbares Licht empfindlichen fotografischen Emulsion beschichtet und zur analogen (optisch-chemischen) Aufnahme von Einzelbildern bestimmt ist. Bei korrekter Wiedergabe mittels eines Projektors entsteht eine Illusion der Bewegungsabfolge, die mittels einer oder mehrerer Filmkameras durch Belichtung (und anschliessende Entwicklung/Fixierung) des Filmstreifens aufgenommen wurde. Film existiert in verschiedenen standardisierten Breiten, kann die Bilder als negativ oder positiv und optional auch Toninformation beinhalten und ist mit einer Perforation versehen, die den präzisen mechanischen Bild-um-Bild-Transport ermöglicht. Der Ton kann als optisch lesbare analoge oder digitale Information mitbelichtet werden, aber auch als auf den Filmstreifen aufgeklebtes Magnetband (Commag) oder als separates Magnetband (Sepmag), auf Schallplatten (Vitaphone) oder optischen Trägern (DTS) vorliegen.

3.2 Video

Als Video wird ein analoges oder digitales Signal mit audiovisuellem Inhalt bezeichnet, das von einem Abspielgerät

bzw. einer Software interpretiert werden muss, um wiedergegeben werden zu können. In seinen Ursprüngen ist Video eng mit der Geschichte der Fernsehtechnik und der Magnetaufzeichnung verbunden. Seine typischen Eigenschaften sind die Aufzeichnung im Zeilensprungverfahren mit Halbbildern sowie die Möglichkeit der unmittelbaren Wiedergabe ohne Entwicklungsprozess.

Vor der Speicherung als trägerunabhängige Dateien wurde Video mittels einer Vielzahl unterschiedlicher Gerätekonstruktionen und -grössen aufgezeichnet, die mit Ausnahme der frühen Querspuraufzeichnung auf 2"-Magnetbändern alle das sog. Schrägspurverfahren anwenden, aber auf Bandbreiten von $\frac{1}{4}$ " bis 1" mit unterschiedlichsten Spurlagen. Weit über 50 Videoformate mit fast ebenso vielen Konfektionierungen der Bänder als Offenspulen oder Kassetten sind so entstanden, die nur auf das entsprechende Aufnahme- bzw. Abspielgerät passten. Mit der technischen Weiterentwicklung haben sich sowohl das elektronische Format (z. B. Vollbild / Progressive Scan statt Halbbilder), das Seitenverhältnis (16:9 statt 4:3) als auch die Träger gewandelt (z. B. optische Datenträger); der grösste Wandel betrifft die Unabhängigkeit einer Videodatei von einem bestimmten Träger.

3.2.1 Videokassette

Eine Videokassette ist ein Magnetband in einer Kunststoffkassette mit einer Aufwickel- und einer Abwickelpule, die das Abspielen in einem spezifischen Abspielgerät ermöglicht. Das Band kann entsprechend den Formatspezifikationen unterschiedliche Länge, Breite und Dicke haben sowie unterschiedliche magnetische Eigenschaften (sog. Koerzitivkraft). Das Band ist auf das Videosignal eines bestimmten Videoformats [▶ Kap. 3.3.3] ausgerichtet.

3.2.2 Videoplayer/-recorder

Ursprünglich Abspiel- bzw. Aufnahmegerät, heute auch Computer-Programm (z. B. ein sog. Software-Player), das ein digitales Videosignal aufnehmen oder aus einer Datei wieder auf dem Computermonitor bzw. einem Projektor abspielen kann. Ein analoges Signal muss zuerst mit einem geeigneten A/D-Wandler konvertiert werden, damit es von einem geeigneten Programm verarbeitet werden kann.

3.2.3 Analoge und digitale Aufzeichnung

Bei der analogen Aufzeichnung von Videobildern wird das Bildsignal in Zeilen aufgeteilt und Zeile um Zeile z. B. auf ein Magnetband geschrieben. Beim Abspielen wird das Bildsignal entsprechend zeilenweise wiedergegeben. Um dabei Bildflimmern zu vermeiden, werden zudem zwei Halbbilder nacheinander übertragen, die jeweils nur jede zweite Bildzeile enthalten. Die Unterschiede in der Bildinformation werden in diesem Fall als Unterschied in der Intensität der Magnetisierung aufgezeichnet.

3.2.3.1 Bandbreite/Datenrate des Videobildsignals

Die Bandbreite eines analogen Bildsignals definiert die Informationsdichte eines analogen Videobildes und somit dessen optische Qualität. Sie ist abhängig von Faktoren wie dem Seitenverhältnis, der Bildwiederholrate und der Zeilenzahl des Bildes, alles Qualitätsfaktoren des bewegten Bildes. Die Bandbreite wird in Hertz angegeben. Der europäische Fernsehstandard PAL definiert ein Bild im 4:3-Seitenverhältnis mit 576 sichtbaren Zeilen und einer Wiederholrate von 25 Bildern pro Sekunde. Dafür wird eine Bandbreite von ca. 5 MHz benötigt. Beim digitalen Video werden alle erwähnten Bildeigenschaften in Serien von binären Zahlen umgesetzt («Nullen und Einsen»). Die Entsprechung der Bandbreite eines analogen Bildes beim digitalen Video

ist der Durchsatz an Bits pro Sekunde, die Datenrate [▶ Kap. 3.4.2]. Umgangssprachlich ist weiterhin von Bandbreite die Rede, obwohl die Maßeinheit komplett unterschiedlich ist.

3.2.3.2 Analoge Kompression und Farbunterabtastung 4:2:2

Die Erklärung der analogen Kompression erfordert einen kleinen historischen Rückblick. Am Anfang der kommerziellen analogen Wiedergabe von Videobildern in Europa steht der CCIR-Standard. Er definiert ein monochromes Videobild mit dem Seitenverhältnis von 4:3, das aus 576 sichtbaren Zeilen aufgebaut und mit einer Wiederholrate von 25 Bildern pro Sekunde wiedergegeben wird. Schwarzweissfernsehgeräte wurden in Europa diesem Standard entsprechend produziert. Bei der Einführung des Farbfernsehens stellte sich das Problem, dass für die Darstellung eines Farbbildes drei Kanäle für Rot, Grün und Blau (R, G, B) notwendig wurden. Das Farbbild benötigt die dreifache Bandbreite des Schwarzweissbildes. Der Standard, der auf drei Farbkanälen mit 576 Zeilen und einer Wiederholrate von 25 Bildern pro Sekunde aufbaut, heisst PAL. Entsprechend kann auf alten Schwarzweissgeräten maximal ein Kanal abgebildet werden. Dies würde nicht einem Schwarzweissbild mit einer korrekten Verteilung der Grautöne entsprechen, da nur maximal ein Farbauszug zu sehen wäre. Mittels eines technischen Tricks konnte dieses Problem jedoch gelöst werden. Aus den drei Kanälen R, G und B wurden drei neue Kanäle berechnet: Ein Kanal enthält das Schwarzweissbild, was der Information über die Helligkeit der einzelnen Bildpunkte entspricht (Luma). Die anderen beiden Kanäle enthalten sogenannte Differenzsignale, welche die Farbinformationen darstellen:

$R, G, B \rightarrow Y, P_B, P_R$

R = Roter Kanal

G = Grüner Kanal

B = Blauer Kanal

Y = Luma (Helligkeitsinformation) = Schwarzweissbild

P_B = Blaues Differenzsignal ($B - Y$)

P_R = Rotes Differenzsignal ($R - Y$)

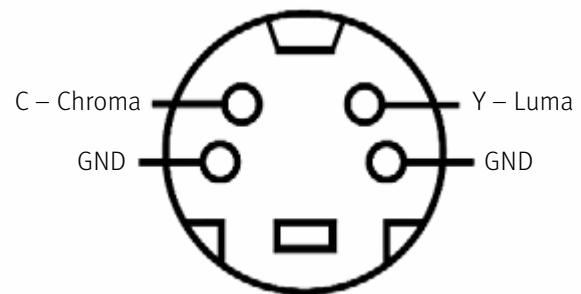
Y, P_B und P_R enthalten genauso wie R, G und B die volle Bildinformation. Aus den Informationen, die Y, P_B und P_R enthalten, kann man den roten, den grünen und den blauen Kanal zurückgewinnen. Man nennt R, G, B sowie Y, P_B, P_R Komponentensignale (engl. «component»). Schwarzweissfernsehgeräte stellen nur den Y -Kanal dar, die Farbinformation wird ignoriert.

Dieser technische Trick ermöglichte die gleichzeitige Verwendung von Schwarzweiss- und Farbfernsehgeräten, aber es ergibt sich daraus keine Verkleinerung der benötigten Bandbreite des Komponentensignals im Vergleich zum schwarzweissen Signal. Durch Reduktion der Bandbreite jedes der drei Kanäle kann ein Komponentensignal auf einen einzigen Kanal reduziert werden. Dies entspricht einer analogen Kompression und das resultierende Signal wird «composite» genannt. Die Reduktion der Bandbreite bedeutet immer einen Verlust an Information.

Je nach Anwendung ist eine Reduktion der Bandbreite nötig, bei anderen Anwendungen ist die Erhaltung der vollen Bildinformation wichtiger. Darum wurden unterschiedliche Standards entwickelt, welche die Bandbreite des Signals als Ganzes verschieden stark reduzieren, nämlich von drei (component) auf zwei Kanäle (S-Video) oder auf einen einzige Kanal (composite). Wiederum wurden technische Tricks angewendet, um auch bei Datenreduktion den Schärfeeindruck des Bildes möglichst gut zu erhalten. Ausgehend vom « Y, P_B, P_R »-Signal werden die beiden Farb-

komponenten P_B und P_R auf einen gemeinsamen Kanal reduziert, wobei beiden jeweils die Hälfte ihrer ursprünglichen Bandbreite zur Verfügung steht (Y, C). Dieses Vorgehen legte die Grundlage für die digitale 4:2:2-Kompression: ein Kanal mit voller Informationsdichte und zwei mit halber. Da die Helligkeitsinformation Y in voller Auflösung vorhanden bleibt und nur die rote und die blaue Farbinformation reduziert sind, bleibt der Schärfeeindruck des zusammengefügten Bildes recht gut erhalten. Man redet dabei von Bandbreitenreduktion bzw. Farbunterabtastung. Da das analoge PAL-Bild per Definition 576 aktive Bildzeilen enthält, hat die Halbierung der Bandbreite eine Halbierung der horizontalen Auflösung des roten und des blauen Farbkanals zur Folge. Der grüne Kanal kann aus dem Luma-Signal in voller Auflösung rekonstruiert werden. Die verschiedenen gängigen Optionen der Farbunterabtastung bei digitalen Bildern werden durch ähnliche Terme beschrieben (4:2:0, 4:1:1 usw.). Eine detaillierte Erklärung der Nomenklatur findet sich bei Poynton (2002).

Wird ein bandbreitenreduziertes Signal unkomprimiert digitalisiert, so ist das Resultat zwar digital «uncompressed», da das Signal aber schon analog reduziert wurde, erhält man natürlich nicht die Qualität einer Digitalisierung ab R, G, B oder Y, P_B, P_R .



Belegung der Pins bei der S-Video-Buchse

Gerät mit den drei verschiedenen analogen Videoanschlüssen:

Component (Y, Pb, Pr), S-Video und Composite («Video»).

Der Komponentenanschluss (rot, grün und blau gefärbt) besteht aus drei Cinchanschlüssen mit je einem Kanal:

Y, Pb und Pr und deren Erdungen (Mantel).

Der S-Video-Anschluss hat vier Pins, einen für das Luma-Signal Y plus dessen Erdung sowie den gemeinsamen «Chroma»-Pin C für das kombinierte «Pb, Pr»-Signal plus dessen Erdung.

Der Composite-Anschluss besteht aus einem einzigen Cinchanschluss (gelb).

Abb. 1: Anschlüsse für die analogen Videosignale Component (Y, Pb, Pr), S-Video (Y, C) und Composite («Video»). Die Abbildung zeigt die typischen Erscheinungsformen von Component-, S-Video- und Composite-Anschlüssen an Geräten. Entsprechend gibt es analoge Videoformate, bei denen das Signal entweder als Component-, S-Video- oder als Composite-Signal auf Magnetband abgelegt ist.

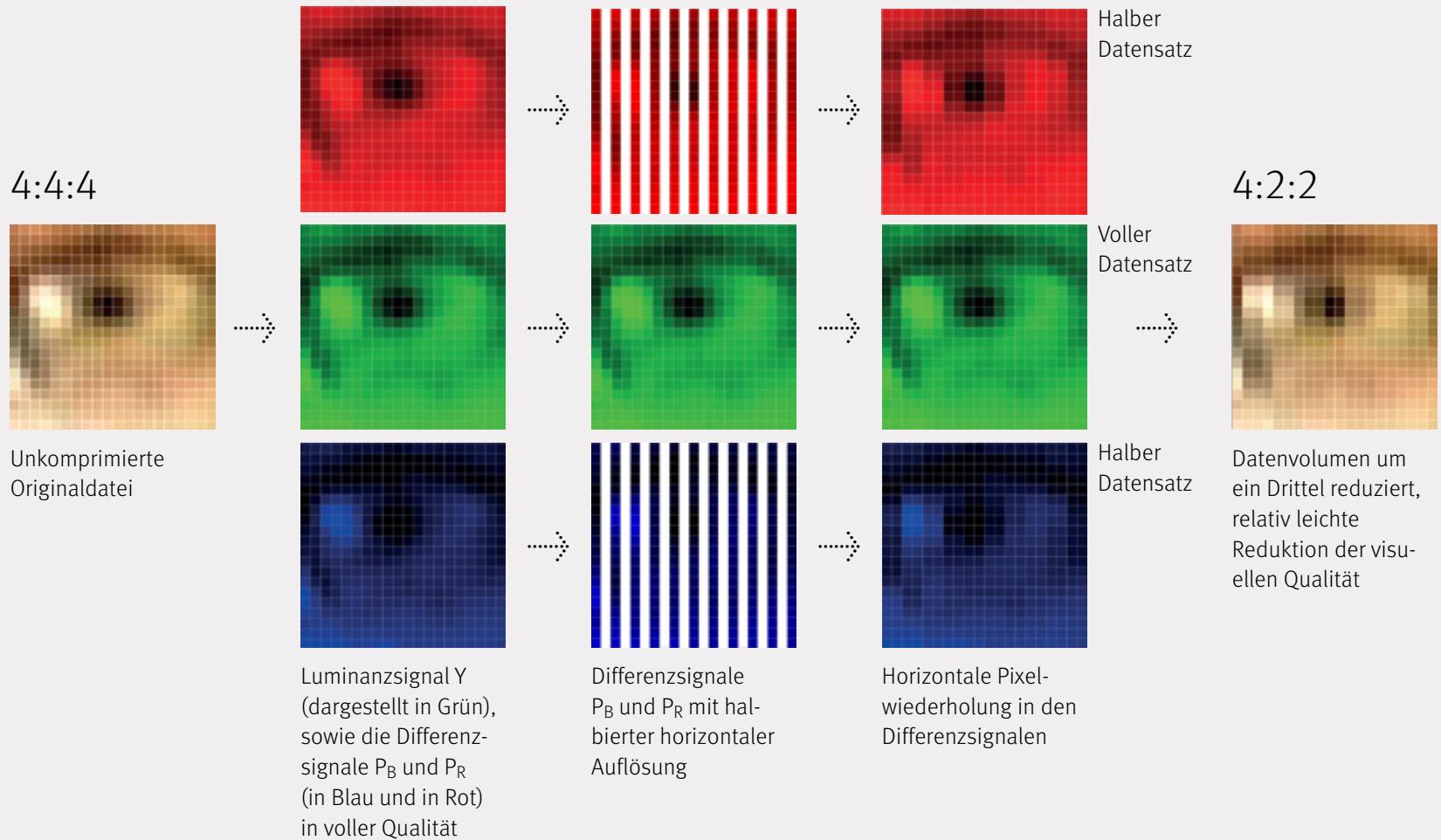


Abb. 2: Kompression am Beispiel der digitalen Farbunterabtastung. «4:2:2» illustriert an einer Datenreduktion durch selektive Halbierung der horizontalen Auflösung der Differenzsignale P_B und P_R , welche die Qualität des roten sowie des blauen Bildanteils definieren.

Die auf Bildpunkten basierte Darstellung des digitalen Videobildes steht der zeilenweisen Darstellung im analogen Video gegenüber. Bei der Digitalisierung von analogem Video mittels eines A/D-Wandlers ist die vertikale digitale Auflösung durch die Zeilenzahl eindeutig gegeben. Die horizontale Auflösung jeder Zeile ist jedoch ähnlich zu bestimmen wie bei anderen analogen Bildern wie z. B. Filmmaterial: Aus dem analogen, kontinuierlichen Signal, das zwischen zwei Fixpunkten beliebige Werte annehmen kann, wird eines mit bestimmten, diskreten Stufenwerten. Man muss entsprechend eine Abtastrate und eine Quantisierung bestimmen [▶ Kap. 3.4.1].

Ist eine Darstellung mit quadratischen Pixeln erwünscht, berechnet sich die horizontale Auflösung über die Zeilenzahl und das Seitenverhältnis: Man erhält für ein PAL-Video-Signal einen Wert von 768 horizontalen Bildpunkten. Die Auflösung 768×576 (4:3) wird zwar heutzutage auch verwendet, das gängige digitale PAL-Signal wird aber mit einer Auflösung von 720×576 (5:4) Bildpunkten und Non-Square Pixeln angegeben [▶ Kap. 3.3.4.1].

3.2.4 Codec und Kompression

Das Wort Codec beinhaltet die engl. Begriffe Coder und Decoder. Das Encodieren bezeichnet die Übersetzung einer analogen Information in einen digitalen Code durch einen Codierer und evtl. einen Kompressor; für das Decodieren ist ein Decodierer und bei vorliegender Kompression ein Expander erforderlich. Ein Encoder kann auch eine bereits digital vorliegende Datei bearbeiten, wenn beispielsweise ein Videosignal unkomprimiert digitalisiert oder digital produziert wurde und daraus für die Herstellung einer DVD eine MPEG-Datei herzustellen ist; in diesem Fall spricht man von Transcodierung [▶ Kap. 5.4].

Es gibt sehr unterschiedliche, auf bestimmte Anwendungsbereiche (Aufnahme, Schnitt, Streaming, Archivierung usw.) zugeschnittene Codecs für bewegte Bilder, weil die Bedürfnisse (und die zugehörige Hardware) abhängig vom Lebenszyklus eines Videos sind. Aufgrund unterschiedlicher Zwänge wie Speicherplatz, Geschwindigkeit der Datenübertragung und -verarbeitung, vorhandene Infrastruktur sowie Finanzen ist maximale Qualität in allen Phasen meist nicht möglich.

Die Vielfalt an Codecs und Dateiformaten liegt zudem auch im Interesse der Industrie an proprietären Dateiformaten, die ihr kommerzielle Kontrolle und Abhängigkeiten verschafft.

Kompression dient in erster Linie zur Reduktion der Datenmenge, um eine verringerte Datenrate bei der Übertragung zu erreichen bzw. weniger grosse Dateien zu generieren. Dadurch lassen sich Arbeitsgänge beschleunigen und Speicherplatz einsparen. Dagegen ist die erforderliche Rechenleistung der eingesetzten Infrastruktur höher, was insbesondere bei gewissen sehr komplexen, verlustfrei komprimierenden Codecs wie Motion JPEG 2000 (MJ2K) relevant sein kann. Die Frage nach dem Umfang des Bedarfs an Speicherplatz wiederum ist für die sichere Langzeiterhaltung (finanziell) relevant.

Entspricht die Information nach der Codierung komplett der vorherigen, so spricht man von einer verlustfreien Kompression (engl. «lossless compression»).

Ist der Informationsgehalt nach der (Trans-)Codierung kleiner als zuvor, so handelt es sich um eine verlustbehaftete Kompression (engl. «lossy compression»). Oft ist Kompression visuell nicht (einfach) erkennbar, obwohl je nachdem auf der Datenebene massive Informationsverluste durch die Kompression erfolgt sind (engl. «visually lossless compression»).



Originalbild, TIFF
Dateigrösse 100 %

Verlustfreie LZW-Kompression
Dateigrösse 55 %

JPEG 2000, verlustfreie Kompression
Dateigrösse 41 %

LZW = Lempel-Ziv-Welch-Algorithmus

Die Effizienz der verlustfreien Kompression variiert erheblich abhängig vom Bildinhalt.



Es gibt unterschiedliche Methoden der verlustfreien, räumlichen Kompression. Eine Möglichkeit ist das Zusammenfassen von nebeneinanderliegenden, farblich identischen Bildanteilen. So muss nicht jedes Pixel einzeln mit Farbe und Ort beschrieben werden, was die Datenmenge reduziert. Im Beispielbild ist ein Ausschnitt schwarzer Farbe durch gestrichelte Linien umrandet. Alle Pixel in diesem Bereich haben denselben RGB-Farbwert 0, 0, 0. Verlustfreie Kompressionsalgorithmen nützen solche Eigenschaften in Bildern.

Abb. 3: Verlustfreie Kompression.

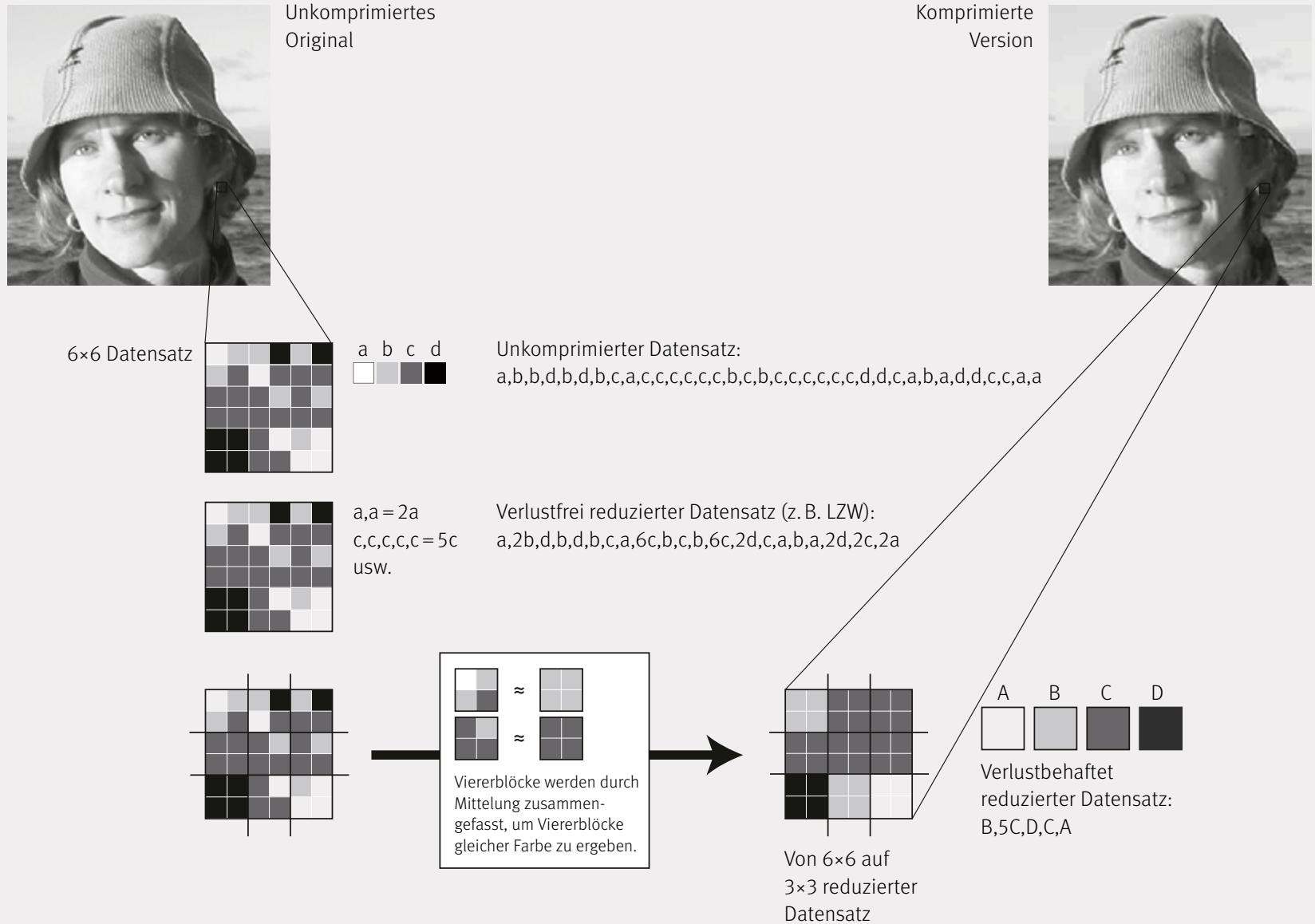


Abb. 4: Räumliche (spatial) Kompression.

Praktisch allen Codecs liegt ein Kompressionsalgorithmus zugrunde. Die Algorithmen können sich stark voneinander unterscheiden: So gibt es Verfahren, die Einzelbilder komprimieren (sog. Intraframe-Kompression [▶ Abb. Seite 13]) und solche, die über eine Sequenz hinweg komprimieren (sog. Interframe-Kompression).

Je nach Codec ist es möglich, die Kompressionsrate oder die Datenrate einzustellen, weshalb die Angabe des verwendeten Codecs nicht ohne Weiteres auf die Art und die Stärke der verwendeten Kompression schliessen lässt, sondern diese explizit angegeben werden muss. Die Palette an Codecs wird laufend erweitert, um deren Effizienz zu erhöhen und sie neuen Anwendungen anzupassen; auf diesen Umstand geht auch die Obsoleszenzgefahr zurück, die für die Langzeiterhaltung gerade bei Dateien relevant ist.

3.3 Format

Der Begriff Format wird im Bereich der Medien oft unpräzis und für unterschiedliche Dinge verwendet. Um Verwechslungen und Missverständnisse zu vermeiden, folgen hier einige präzisierende Begriffsdefinitionen.

3.3.1 Medienformat

Heute werden alle technischen Massenkommunikationsmittel zwischen Menschen allgemein als Medien bezeichnet, etwa der Rundfunk, die Printmedien, das Internet usw. Im audiovisuellen Bereich meint man mit Medium die technische Form des Kommunikationsmittels.

Bsp.: Video, Film, Datei

3.3.2 Filmformat

Filmformat bezeichnet in der Filmtechnik einen technischen Standard, der durch folgende Größen festgelegt wird:

- Filmbreite und Perforation des Filmmaterials

- Abmessungen des Einzelbildes (Seitenverhältnis)
- Perforationsschritt oder Filmschritt
- Filmlaufrichtung in der Filmkamera (vertikal oder horizontal)
- Bildfrequenz (Bilder pro Sekunde, engl. Frames per Second, fps)

Bsp.: Super 8, 16 mm, 35 mm

Als professionelle Filmformate gelten 35 mm und Super 16 sowie Formate, die breiter als 35 mm sind. Die Filmformate 8 mm, Super 8, 9,5 mm und 16 mm werden als Schmalfilme bezeichnet. Auch der «normale» 16-mm-Film war zwar als Amateurformat 1923 eingeführt worden, hat sich aber im Laufe der Zeit, bis Super 16 kam, durchaus zum professionellen Format gemausert und wurde beispielsweise im TV-Bereich über Jahrzehnte als Produktionsformat genutzt.

3.3.3 Videoformat

Videoformat ist ein Oberbegriff, der einerseits die verschiedenen Datenträger wie Kassetten und offene Spulen mit ihren jeweiligen Eigenschaften bezeichnet, andererseits auch für Dateien verwendet wird. Letztere werden mit den Begriffen Container und Codec näher spezifiziert.

Folgende Größen und technische Standards definieren ein Videoformat:

- Speichertyp wie Kassette, offene Spule, Disc usw.
- Speicherung nach verschiedenen Verfahren: optisch, magnetisch, magnetooptisch.
- Art der Aufzeichnung, spezifisches Signal (z. B. U-matic Low Band vs. High Band, DVCAM vs. DV)
- Bildfrequenz und Abtastung (Bilder pro Sekunde, engl. Frames per Second, fps, interlaced oder progressiv)
- Bildgröße und Seitenverhältnis (SD vs. HD)

Bsp.: Betacam SP PAL, HDV 1080i oder HDV 720p

3.3.4 Bildformat (= Seitenverhältnis)

Das Bildformat beschreibt das Verhältnis von Breite und Höhe einer Abbildung (1) sowie die Art der optischen Abbildung des Filmbildes, also sphärisch vs. anamorphotisch (2). Beispiele für (1): 16:9, 4:3 (Video), 1,37:1, 1,66:1 (Film), usw.

Im Folgenden wird dafür der Begriff «Seitenverhältnis» verwendet.

Verschiedene audiovisuelle Medien haben unterschiedliche Seitenverhältnisse. Der Transfer eines audiovisuellen Mediums in ein anderes (z. B. Film → Video, analoges Video → digitales Video) kann einen Transfer in ein anderes Seitenverhältnis bedingen. Das gängigste Beispiel für diese Problematik ist der Transfer eines 4:3-Bildes in ein 16:9-Seitenverhältnis. Dies kann auf unterschiedliche Art geschehen:

- Reinstellen (= Curtains, Pillar Box)
- Vergrössern und Croppen (Bildverlust oben und unten)
- Pan & Scan (unterschiedlicher Bildverlust)
- Verzerren (Verlust der korrekten Proportionen).

Jede dieser Lösungen hat bestimmte Vor- und Nachteile. Deren gut informierte Wahl ist anhand der konkreten Anwendung zu fällen. Zufall oder Mangel an Wissen dürfen nicht der Hauptfaktor sein.

Die Wahrung des Seitenverhältnisses hat Priorität, darum kommt für Originale mit Seitenverhältnis 4:3 nur das Reinstellen in 16:9 in Frage. So bleibt die gesamte Bildfläche im korrekten Seitenverhältnis für eine zukünftige Nutzung erhalten [▶ Abb. Seiten 16+17].

Wird ein Bild ohne Beschnitt oder Verzerrung in ein breiteres Bildformat übertragen, entstehen links und rechts schwarze Balken (Pillar Box oder Curtains), bei der Übertragung in ein weniger breites Bildformat oben und unten (Letterbox).

3.3.4.1 Square und Non-Square Pixel

Pixel sind grundsätzlich die quadratischen Grundbausteine eines digitalen Bildes. Pixel besitzen einen Graustufen- oder Farbwert. Das Seitenverhältnis eines in Pixel dargestellten Bildes ergibt sich aus der vollen Anzahl Pixel in der Breite zu der vollen Anzahl Pixel in der Höhe, dividiert durch den grössten gemeinsamen Teiler der Zahlen:

$$\begin{aligned} \text{z. B. «Full HD»: Breite: 1920 Pixel, Höhe 1080 Pixel} \\ = 1920/120:1080/120 \\ = 16:9 \end{aligned}$$

Gewisse Videoformate werden in Form von Dateien jedoch nicht in dem Pixel-Seitenverhältnis gespeichert, in dem sie dargestellt werden.

$$\begin{aligned} \text{z. B. SD PAL: Breite: 720 Pixel, Höhe: 576 Pixel} \\ = 720/144:576/144 \\ = 5:4 \end{aligned}$$

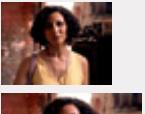
Darstellungsseitenverhältnis: 4:3.

In diesem Fall redet man von Non-Square Pixeln, da die Pixel in der Darstellung horizontal auseinandergezogen werden müssen, um von der 5:4- auf die 4:3-Darstellung zu kommen. Das Mass der Streckung beträgt im Fall von SD PAL 6,66 %. Die Informationsdichte im Bild bleibt dieselbe, die Pixel sind aber nicht mehr quadratisch, sondern rechteckig.

Die Gründe, warum diese Darstellungsform angewendet wird, hat bei SD PAL seinen Ursprung in der klassischen Videotechnik. Bei HD-Videoformaten ist es eine weitere Form der Einsparung von Information, also eine Form der Kompression.

Grundsätzlich stellen heute alle gängigen Projektoren und Monitore digitale Bilder immer mittels quadratischer Pixel dar. Wenn die Datei rechteckige Pixel beinhaltet, muss sie die Grafikkarte umrechnen.

3. BEGRIFFE: ERLÄUTERUNGEN, DEFINITIONEN UND BEISPIELE

Format	Entrelacé/ Progressif	Rapport largeur/ hauteur en pixels	Représentation (pixels virtuels)
SD PAL	e, p	720 × 576* (5:4)	
	Anamorphosé	720 × 576	
	Coupé	720 × 434	
SD NTSC	e, p	640 × 480** (4:3)	
	Standard plus moderne	720 × 480 (3:2)	
HD «Full HD»	e, p	1920 × 1080 (16:9)	
HD	p	1280 × 720 (16:9)	
HDV «Full HD» anamorphosé	e	1440 × 1080 (4:3)	

* Le nombre total de lignes dans le format SD PAL est de 625. Seules 576 lignes sont utilisées pour l'information liée à l'image.

** Le nombre total de lignes dans le format SD NTSC est de 525. Seules 480 lignes sont utilisées pour l'information liée à l'image, voire 486 dans certains formats vidéo. Les formats standards 4:3 sont usuels lors d'un échantillonnage horizontal avec le format SD NTSC.

Abb. 5: Vergleich der Informationsdichten von gängigen Videoformaten.

3. BEGRIFFE: ERLÄUTERUNGEN, DEFINITIONEN UND BEISPIELE

Film de rapport 4:3	Surface occupée par l'image	Film de rapport 16:9	Surface occupée par l'image	
2K 2048 × 1556 1:1.31 (4:3)		2048 × 1556 (100 %)		2048 × 1152 (74 %)
2K DCP 2048 × 1080 ca. 17:9		1440 × 1080 (70 %)		1920 × 1080 (94 %)
Full HD 1920 × 1080 16:9		1440 × 1080 (75 %)		1920 × 1080 (100 %)

Abb. 6: Vergleich der Ausnützung der aktiven Fläche für Filme mit 4:3- und 16:9-Seitenverhältnis für die Standards 2K, DCP 2K und Full HD. Die Film- und die Videotechnik haben eine Vielzahl von Film- und Videoformaten hervorgebracht. Die Flexibilität der digitalen Darstellung von Bildern hat die Möglichkeiten und somit die Zahl der Standards noch erweitert. Die Tatsache, dass in den letzten 30 Jahren ein Übergang vom Seitenverhältnis 4:3 zu 16:9 im Kino und im Fernsehen stattgefunden hat, schlägt sich in der Komplexität der Standards und Substandards nieder. Abb. 5 (Seite 16) gibt einen Überblick über die gängigen Videostandards von Standard Definition (SD) und High Definition (HD) und deren Auflösung in Pixeln. Oft stimmt das Seitenverhältnis in Pixeln nicht mit dem Seitenverhältnis in der Darstellung überein. Mehr Information dazu ist in Kapitel 3.3.4.1 zu finden. In der Filmtechnik wurden mit der aufkommenden Digitalisierung der 2K- und der 4K-Standard für das abgetastete Filmbild definiert. 2K und 4K beziehen sich auf die maximale Fläche eines 35-mm-Filmbildes zwischen den Perforationen und weisen 2056 bzw. ca. 4112 horizontale Pixel auf. Das klassische 35-mm-Bild, das sich über 4 Perforationen erstreckt, hat ein Seitenverhältnis von 4:3 und man erhält entsprechend 2056×1536 Pixel für 2K und 4112×3072 Pixel für 4K. Die modernen digitalen Projektionsstandards für das Kino werden auch 2K DCP und 4K DCP genannt, beziehen sich aber auf ein Bild, das nahe dem 16:9-Bildverhältnis ist. Sie weisen 2056×1080 Pixel für 2K und 4112×2160 Pixel für 4K auf. Dies kann zu Verwirrung führen, denn die beiden Optionen 2K und 4K sind nicht für dasselbe Bildseitenverhältnis optimiert. In der Abb. 6 wird die Problematik im Detail dargestellt.

In der klassischen Filmtechnik gibt es ein Pendant. Das extrem breite Cinemascope-Bild mit dem Seitenverhältnis 1:2,35 wird auf dem ursprünglich für 4:3-Bilder ausgelegten 35-mm-Film als horizontal gestauchtes 1:1,175-Bild mittels einer anamorphotischen Optik aufbelichtet und dann in der Projektion wieder mit anamorphotischer Optik gestreckt [► Abb. Seite 19].

3.3.5 Dateiformat

Der digitale Code, in dem die enthaltene Information gespeichert ist. Die Kenntnis des Dateiformats ist essenziell für die Interpretation der in einer Datei abgelegten Information. Die Inhalte digitaler Dateien lassen sich durch reines Betrachten der Daten nicht identifizieren. Es braucht also immer eine Übersetzungshilfe, um zu erkennen, um welche Inhalte es sich handelt. Ohne diese Identifikation (sei sie nur eine Dateiendung wie z. B.: .dv, .bmp) und eine geeignete Infrastruktur ist die Information nur ein nutzloser Haufen Binärzahlen. Moderne Betriebssysteme ordnen Dateien über Dateiformate Anwendungen zu, welche die Dateien interpretieren können. Es gibt Dateiformate, die mehrere Dateien unterschiedlicher Art mit umfassen können. Diese werden Container oder Wrapper genannt. Im audiovisuellen Bereich können Container unterschiedliche Codecs und Streams fassen.

Nur selten liegen uns reine Dateiformate vor, wie z. B. ein *.aif oder ein *.dv. Meist handelt es sich um einen Container wie z. B. ein PCM-Ton in einem Wave-Container mit der Dateiendung *.wav oder um ein Video im DV-Codec in einem Quicktime-Movie-Container mit der Dateiendung *.mov. Containerformate werden mit dem Ziel verwendet, verschiedene Codecs und Eigenschaften in einer einzigen Datei speichern zu können, um multimediale Darstellungen zu ermöglichen.

3.3.6 Archivformat, Benutzungsformat

Der Lebenszyklus eines audiovisuellen Werks kann grob folgenden Arbeitsbereichen zugewiesen werden: Aufnahme, Postproduktion, Distribution/Vorführung und Archivierung. Jeder Bereich verfügt über eine auf ihn zugeschnittene Palette an Dateiformaten. Diese werden den Arbeitsbereichen folgendermassen zugeteilt:

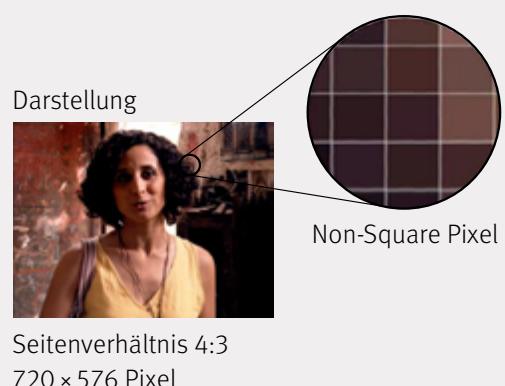
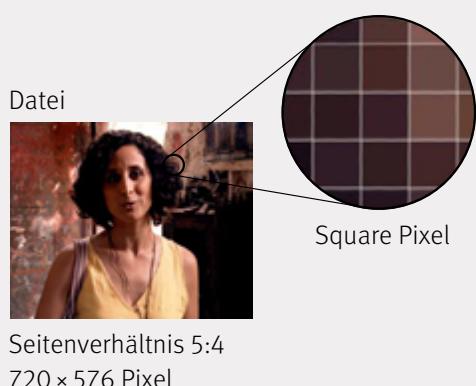
3.3.6.1 Aufnahmeformat

Das Dateiformat oder das analoge Videoformat, in dem beim Dreh bzw. der Videoaufnahme die Bilder aufgezeichnet werden. Das Aufnahmeformat bestimmt den grösstmöglichen Rahmen der Bildqualität und Ästhetik.

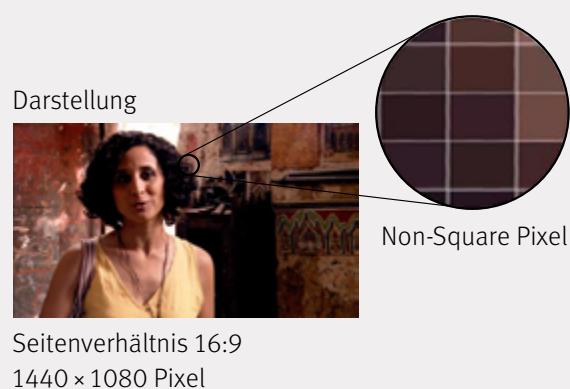
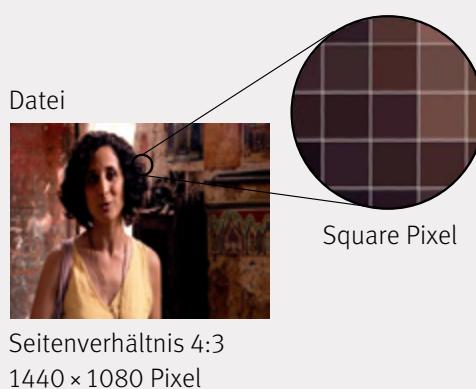
3.3.6.2 Postproduktionsformat

Dateiformate, in denen das Video bearbeitet wird (Schnitt, Lichtbestimmung, Spezialeffekte usw.), deshalb auch Bearbeitungsformat genannt. Die ursprünglich vorhandene Qualität des Materials kann in der Postproduktion von ungeeigneten Programmen und Codecs beeinträchtigt werden. Das schwächste Glied in der Kette bestimmt die Qualität des Endprodukts. Im Idealfall wird in keinem Schritt der Nachbearbeitung die Qualität des Aufnahmeformats unterschritten. Im Zusammenhang mit der Archivierung wird von Mezzanine-Formaten gesprochen, die nicht die gesamte Information beinhalten, aber dennoch so viel, dass man sie weiterbearbeiten kann (z. B. Licht bestimmen oder schneiden), ohne dass dadurch im Bild sichtbare Fehler auftreten. Klassisch etablierte Mezzanine-Formate sind beispielsweise Apple ProRes 422 HQ und ProRes 444 oder Avid DNxHD und DNxHD 444.

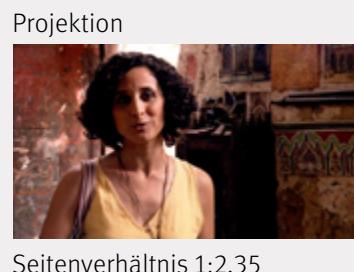
SD Pal



HDV



Cinemascope



Blick durch ein anamorphotisches
Projektionsobjektiv für Filme
im Cinemascope-Seitenverhältnis

Abb. 7: Square- und Non-Square-Pixel-Darstellung und deren Pendant aus der klassischen Filmtechnik.

3.3.6.3 Benutzungsformat

Können verschiedene, i. d. R. stark komprimierte Dateiformate sein, die für die Sichtung in einem bestimmten Zusammenhang optimiert wurden; sei es für den Vertrieb und die Vorführung in Kinos, die Ausstrahlung im Fernsehen, Projektionen im öffentlichen Raum oder zu Hause oder die Konsultation via Web. Die Qualität kann entsprechend von IMAX-Kino-Niveau bis zu sehr bescheidener YouTube-Qualität variieren. Das Benutzungsformat erlaubt zum Beispiel die Sichtung in der korrekten Geschwindigkeit, kann aber nicht, oder nur schlecht weiterbearbeitet werden; eine neue Lichtbestimmung (Farbkorrektur) etwa wäre kaum möglich. Es sind je nach Zusammenhang unterschiedliche Begriffe gebräuchlich: In Kinematheken/Kinos und Museen wird meist ein Begriff wie Vorführ-, Projektions-, Distributionsformat oder -kopie («dissemination copy») verwendet, im Archivbereich Benutzungs-, Zugangs-, Konsultations- oder Sichtungskopie, wenn nicht allgemeiner und nach OAIS von DIPs gesprochen wird.

3.3.6.4 Archivformat

Ein Dateiformat, in dem Video-, Film- und Tondokumente gespeichert und gepflegt werden, um möglichst lange Zeit nutzbar zu bleiben. Im Archivformat wird der Konservierungs- oder Archivmaster, also die im Archiv langfristig zu sichernde Datei, abgelegt. Es sollte idealerweise die gesamte Information enthalten sein, die während der Digitalisierung erzeugt wurde. Da aber Filmscanner proprietäre Zwischenformate erzeugen, sollten diese in ein standardisiertes Format umgewandelt werden. Im Filmbereich wird heute meistens der Farbraum RGB mit der Unterabtastung 4:4:4 verwendet, während im Video- und Fernsehbereich Y'C_BC_R 4:2:2 die Regel ist. Für das Archivformat ist es auch wichtig, genau zu dokumentieren, «wo» sich das Weiss im Farbraum befindet.

Achtung: Archivmaster sind keine Vorführelemente. Jede Vorführung/Benutzung führt zu einer Abnutzung des Masters bzw. birgt das Risiko der Entstehung von Fehlern oder Schäden durch unsachgemäße Handhabung (Datenverluste).

3.4 Digitalisierung

Digitalisierung meint im AV-Bereich die Umwandlung eines analogen Signals in einen digitalen Code mittels eines A/D-Wandlers. Umgangssprachlich wird Digitalisierung oft unpräzis verwendet (z. B. für die Herstellung von Dateien oder allgemein für den zunehmend rein digitalen Umgang mit AV-Medien) und mit dem englischen Begriff Ingest verwechselt, der jedoch nur in bestimmten Fällen gleichbedeutend ist (s. dazu die Definition im Glossar). Es findet auch nur in bestimmten Fällen eine Transcodierung (Wandlung der Daten von einem Code in einen anderen) statt.

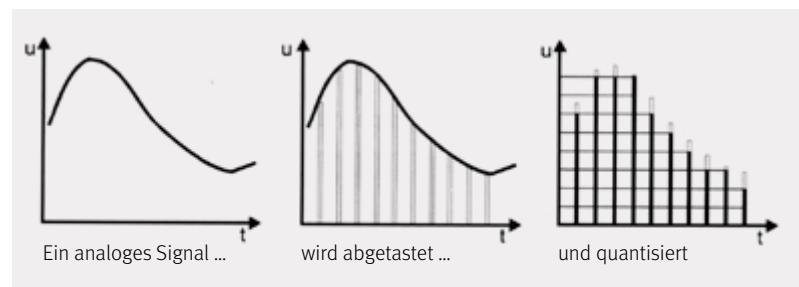


Abb. 8a: Abtastung mit engem zeitlichem Raster.

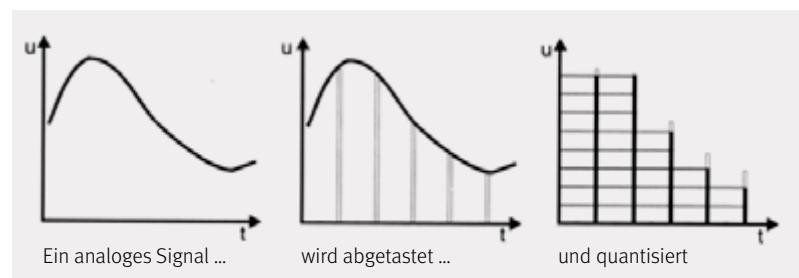


Abb. 8b: Abtastung mit weitem zeitlichem Raster.

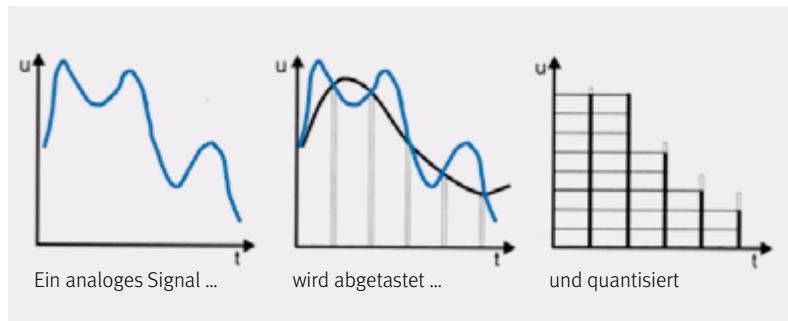


Abb. 8c: Wird das Signal zeitlich in zu grossen Abständen abgetastet, kommt es zu einer schlechten Reproduzierbarkeit.

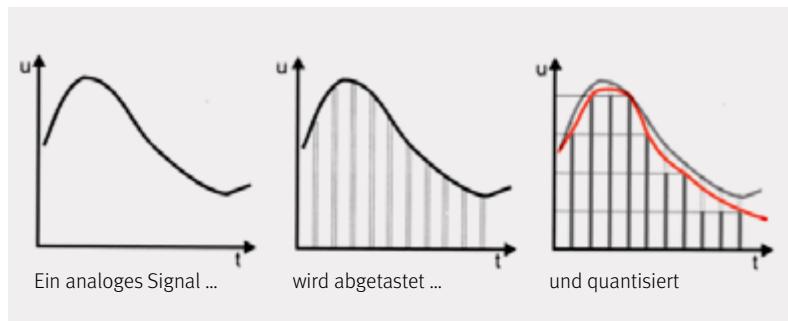


Abb. 8d: Wird die Zahl der Quantisierungsstufen herabgesetzt, so wird vor allem die Amplitude schlechter reproduziert.

3.4.1 Digitale Codierung

Die Digitalisierung von Video- und Audiosignalen geschieht in drei Schritten: Zuerst die Abtastung (sog. Sampling), als zweiter Schritt die Wertzuweisung (Quantisierung). Im dritten Schritt wird eine digitale Zahlenfolge erzeugt. Es gibt also ein zeitliches (t) und ein Werteraster (u). Die Auflösung des zeitlichen Rasters wird als Samplingrate bezeichnet. Je kleiner die zeitlichen Abstände sind, in denen Werte ausgelesen werden, desto höher ist die Samplingrate (t).

Die Samplingtiefe – auch Bittiefe genannt [▶ Abb. 9, Seite 22] – bezeichnet die Auflösung des Werterasters (u). Samplingrate und Bittiefe bestimmen beide die Qualität der Digitalisierung eines analogen Signals mit.

3.4.2 Stream

Die Begriffe Stream bzw. Streaming verwendet man meistens für (1) einen Bit Stream oder aber (2) für das Streaming eines Videos. Als Bit Stream (1) wird die kontinuierliche Übertragung von Bits durch eine Leitung bezeichnet. Die sogenannte Datenrate (Bitrate) definiert die Menge der übertragenen Information pro Zeiteinheit und gibt die Grösse des Streams an. Beim (2) Streaming kann eine Mediendatei über ein Netzwerk betrachtet werden, ohne dass die gesamte Datei zuvor heruntergeladen werden muss.

3.4.3 Datenträger

Magnetische oder optische Datenträger können auf ein spezifisches Videoformat ausgerichtet sein oder beliebige digitale Daten fassen. Für einen bestimmten Trägertyp gibt es meist beide Varianten. Der Kassettentyp des analogen Betacam-SP-Videoformats beispielsweise wurde später in der identischen physischen Form für Digital Betacam und für das Datenspeicherungsband DTF verwendet. Die Abspielgeräte erkennen die unterschiedlichen Medien mit Hilfe von Notches, also Kerben oder Löchern an bestimmten Positionen der Kassette. Für Laien sind die Kassetten nur aufgrund des Farbencodes zu unterscheiden (zur Frage der Identifikation einzelner Datenträger und Dateiformate ▶ Kap. 4.2). Genauso ist eine selbst gebrannte CD-R nicht von einer selbst gebrannten Audio-CD zu unterscheiden. Erst mit Hilfe eines Lesegeräts kann man die Form des Inhalts identifizieren. Unterschiedliche Datenträger können äusserlich also identisch sein, oder nur sehr schwer



1 Bit pro Farbkanal:

$2^1 = 2$ Farbtöne pro Kanal

Insgesamt $2^3 = 8$ Farbtöne

3 Bit pro Farbkanal:

$2^3 = 8$ Farbtöne pro Kanal

Insgesamt $8^3 = 512$ Farbtöne

5 Bit pro Farbkanal:

$2^5 = 32$ Farbtöne pro Kanal

Insgesamt $32^3 = 32\,768$ Farbtöne

8 Bit pro Farbkanal:

$2^8 = 256$ Farbtöne pro Kanal

Insgesamt $256^3 = 16\,581\,375$ Farbtöne

Abb. 9: Die Bittiefe der Farbkanäle als Qualitätsfaktor in digitalen Bildern. Die Bittiefe der Farben eines Bildes wird meist separat zur Information über die verwendete Kompression angegeben. Genauso wie die räumliche Auflösung ist sie keine Kompression, sondern gibt die Begrenzung der Ausleserate der Farbinformation im Digitalisierungsprozess an. Diese Ausleserate hat einen starken Einfluss auf die Qualität des Bildes. Bei geringerer Bittiefe ist auch ein unkomprimiertes Bild von mangelhafter optischer Qualität. Die hier dargestellten Bilder sind alle unkomprimiert. Ihre Qualität ist definiert durch die räumliche Ausleserate, die Auflösung (bei allen Beispielen gleich) und die Ausleserate der Farbkanäle, also die unterschiedlichen Bittiefe der Farbkanäle.

auseinanderzuhalten, dabei unterschiedliche Schreib- und Lesetechniken verwenden; gewisse lassen sich mit den gleichen Laufwerken lesen, andere wiederum nicht. Die folgende Tabelle führt einige Eigenschaften und Beispiele für spezifische und unspezifische Datenträger auf:

Spezifische Träger	Unspezifische Träger
Eigenschaften	
Nur ein Dateiformat speicherbar	Beliebige Dateiformate speicherbar
Analoge und digitale Formate	Nur digitale Formate
Direkt abspielbar	Nur bedingt direkt abspielbar
Beispiele	
DVD-Video	DVD-R
Digital-Betacam-Kassette	DTF-Datatape
35-mm-Kinofilm	Ausbelichtung von Daten auf Film

Ein Video im Videoformat DV kann also in identischer Qualität und im gleichen Format auf unterschiedlichen Datenträgern vorliegen: z. B. auf DV-Kassette oder auf einer Festplatte als .dv-Datei. Die Daten sind identisch, aber die Abspieltechnik ist eine andere. Dies hat automatisch einen Einfluss darauf, wie die gespeicherten Bewegtbilder wahrgenommen werden. Unterschiedliche Charakteristiken, wie zum Beispiel das herkömmliche PAL-Videoformat mit der interlaced Zeilenstruktur kann auf einem modernen Monitor, der für die progressive Abbildung geschaffen wurde, nicht gleich wiedergegeben und wahrgenommen werden wie auf einem klassischen Röhrenmonitor [► Kap. 4.4].

3.5 Metadaten

Metadaten entstehen während des gesamten Lebenszyklus eines Objekts: angefangen bei der Produktion bis hin zur Erstellung von archivtauglichen Dateien. Daher sollten

Metadaten gut strukturiert werden, um die für eine bestimmte Anwendung relevanten Bestandteile einfach und zuverlässig nutzen zu können. Die relevanten für eine inhaltliche Recherche erforderlichen Metadaten unterscheiden sich z. B. von denen für eine geplante Ausstrahlung oder Edition. Erschliessungsinformationen, Dokumentation bzw. eben Metadaten sind insbesondere für die (langfristige) Erhaltung essentiell. Ohne solide Metadaten lassen sich Archivgut allgemein und digitale Dateien besonders schlecht (oder gar nicht) nutzen und verwalten.

Grundsätzlich kann nach ihrer jeweiligen Funktion zwischen technischen, beschreibenden, strukturellen und administrativen Metadaten unterschieden werden, wobei die Grenzen teilweise fliessend sind.²

Die technischen und bei komplexeren Dateien auch strukturellen Metadaten beinhalten Informationen, die zum Abspielen des Dateiinhalts erforderlich sind, sowie Informationen zur Erstellung und Bearbeitung der Datei. Der Umfang technischer Metadaten variiert je nach verwendeter Infrastruktur sowie je nach Dateiformat und ist nicht explizit definiert.

Die technischen Metadaten sind oft im sog. Header einer Datei untergebracht, können aber v. a. bei Containern auch an anderen Stellen innerhalb der jeweiligen Dateistruktur gespeichert sein. Der Header ist ein Bereich im Dateicode, in dem Informationen in Textform untergebracht werden können. In diesem Zusammenhang sind z. B. EXIF (Exchangeable Image File Format)-Daten zu erwähnen; diese werden direkt in den Header von Dateien, beispielsweise der Bildformate JFIF (JPEG) oder TIFF, geschrieben. Viele technische Metadaten, wie das Erstellungs- und das Änderungsdatum eines digitalen Dokuments, werden automatisch erstellt und

² vgl. dazu Gregorio and Stepanovic, 2008, *KGS Guidelines*, 3/2008, S. 13f.

können von Bildbearbeitungsprogrammen angezeigt werden. Einige lassen sich nicht mehr ändern, andere können einzeln oder als Batch (Stapelprozess) für mehrere Dateien erstellt oder geändert werden. Dies wird vom jeweiligen Dateiformat bestimmt und für das Editieren sind spezielle Softwareapplikationen notwendig [► Kap. 5.6 Werkzeugkasten]. Sollen darüber hinausgehende (z. B. deskriptive) Metadaten eingebunden werden, braucht es ein dafür geeignetes Containerformat, in dem die AV-Datei mit den zugehörigen Metadaten zusammen verpackt wird.

Deskriptive Metadaten können jegliche Information zum Kontext (z. B. Autor, Erstellungsdatum) und Inhalt (z. B. Bildbeschreibungen, Schlagworte) enthalten und dienen hauptsächlich dem Auffinden, dem Identifizieren und dem Verständnis des Inhalts von Dateien. Sie werden in der Regel in einer Erschliessungsdatenbank (Katalog, Inventar, o. Ä.) erfasst und ausserhalb der AV-Datei gespeichert und verwaltet. Die deskriptiven Metadaten können aber wie erwähnt auch in eine Containerdatei integriert werden, um die Verbindung zwischen Metadaten und Dokumenten für die langfristige Erhaltung zu stärken. Idealerweise erfolgt die Erfassung von deskriptiven Metadaten nach systematischen Regeln und standardisiert, d. h. unter Verwendung von Metadatenstandards wie Dublin Core, EBUCore, PBCore o. Ä. [► Kap. 5.5.1].

Administrative Metadaten dienen dem Verwalten von Dokumenten und können Informationen enthalten zu Bearbeitungen, zum Status des Dokuments und damit verbundener Elemente, zu Rechten, Bewertungs- und Selektionsentscheiden. Im Zusammenhang mit der Erhaltung besonders zu erwähnen ist der Standard PREMIS, mit dem in strukturierter Weise Informationen bezüglich der Erhaltung (Zustand, Restaurierungen, Digitalisierungen usw.) dokumentiert werden können. PREMIS ist in den

in der Schweiz entwickelten Standard *Matterhorn-METS* integriert, der in verschiedenen Schweizer Gedächtnis-institutionen im Einsatz ist [► Kap. 5.5.1].

4.1 Planungsgrundlagen

Die Digitalisierung und die digitale Archivierung müssen sorgfältig geplant werden, um nachhaltig, effizient und sicher zu sein, wofür es solide Planungsgrundlagen braucht, die im AV-Bereich teilweise spezifisch (Technik, Obsoleszenz, Infrastruktur, Kosten usw.) sind. Als erste Grundlage ist ein Inventar (Überblick über Umfang und Struktur) und eine Bestandsanalyse (vorhandene Formate, Zustand, Inhalte usw.) der zu archivierenden Unterlagen erforderlich, um überhaupt einschätzen zu können, womit man es zu tun hat. Auf dieser Grundlage müssen Ziele (der Überlieferung und der möglichen Benutzung) definiert, Bewertungs-, Erschließungs-, Langzeiterhaltungs- und Benutzungskonzepte (mit jeweils damit verbundenen Sicherheitskonzepten) erstellt, das Vorgehen bezüglich Digitalisierung (z.B. inhouse oder extern, Formate, Qualität usw.) evaluiert, Kosten geschätzt und Priorisierungen vorgenommen werden.

Die meisten dieser Grundlagen sind stark kontextabhängig, entsprechend sind vom Kontext und vom vorhandenen Spielraum abhängige Entscheidungen erforderlich, die nicht generalisierbar sind. Generalisierbar sind dagegen folgende Grundsätze:

- Gut informierte Entscheide fällen, die nicht allein auf technischen Fragen beruhen, sondern alle genannten Aspekte berücksichtigen und den Policies der Institution entsprechen.
- Minimale Kompetenzen inhouse aufbauen, auch wenn mit externen Dienstleistungen gearbeitet wird; die interne Kontrolle der Lieferobjekte bzw. Digitalisaten, der Umgang mit diesen sowie die Verantwortung dafür lassen sich nicht outsourcen.
- Interdisziplinär bzw. abteilungsübergreifend vorgehen. Archiv- und IT-Verantwortliche sollten von Anfang an gemeinsam planen.

4.1.1 Inhouse oder Outsourcing?

Die Digitalisierung wie auch die Datenhaltung können grundsätzlich von Gedächtnisinstitutionen selbst vorgenommen werden, falls Infrastruktur, Kenntnisse, finanzielle und personelle Kapazitäten vorhanden sind oder aufgebaut werden können. Das Volumen an zu digitalisierenden Medien muss genügend gross sein, um Skaleneffekte nutzen zu können, die einen solchen Schritt und den damit verbundenen Aufwand rechtfertigen; ansonsten ist es wirtschaftlicher und verlässlicher, spezialisierte Dienstleistende damit zu beauftragen. Es ist jedoch schwierig, eine «kritische Masse» konkret zu definieren, da sie von verschiedenen Parametern abhängig ist:

- Umfang des vorhandenen Bestands und erwarteter Zuwachs an AV-Dokumenten (Auftrag, Sammlungskonzept, «Sprengel» usw.)
- Personelle Kapazität (Kompetenzen des Personals, Zeitaufwand, Aus- und Weiterbildung des Personals)
- Technische Infrastruktur (Kapazität, Unterhalt)
- Finanzielle Möglichkeiten und Sicherheit (nachhaltige Investitionen und Betriebskosten – welche Medien und Träger können in einem Archiv bearbeitet werden?)
- Räumliche Infrastruktur (räumlich, klimatisch)
- Vielfalt der vorhandenen Medien und Träger (Einheitlichkeit)
- Digitalisierung als kurzzeitiges Projekt oder mittel- bis längerfristig laufende Aufgabe

Auf der Website von Memoriav finden Sie eine Liste mit Dienstleistenden im audiovisuellen Bereich sowie nützliche Informationen zur Auftragsvergabe.

4.1.2 Qualitätskontrolle

Die Qualitätskontrolle spielt bei der Digitalisierung und der digitalen Archivierung von Film und Video eine ausseror-

dentlich wichtige Rolle. Diese muss in den entsprechenden Workflows vorgesehen werden, weil sehr viele mögliche Fehlerquellen bestehen und diese nicht einfach und schnell erkennbar sind. Dies unabhängig davon, ob die Digitalisierung intern oder extern vorgenommen wird; falls externe Dienstleistungen involviert sind, muss die Qualitätskontrolle in den entsprechenden Pflichtenheften und anderen Auftragsvereinbarungen konkret festgehalten werden. Die auftraggebende Organisation sollte diese Vorgaben selber machen und über Verfahren und Werkzeuge verfügen, um die Lieferobjekte zu überprüfen. Im Folgenden sollen einige allgemeine Hinweise zur Qualitätskontrolle und spezifische Empfehlungen gemacht werden.

Wesentliche Ziele der Qualitätskontrolle bei der Digitalisierung audiovisueller Dokumente bestehen darin, die langfristige Erhaltung bzw. das Erheben von Informationen für das Preservation Planning und damit die Archivierung überhaupt zu ermöglichen. D. h. die an diesem Ziel orientierten Kriterien der Qualitätskontrolle sind (wie bei der Formatwahl auch) andere als z. B. für die Post-/Produktion. Dies ist insbesondere auch wichtig bei der Wahl und dem Einsatz von Werkzeugen (Hard- und Software), weil nicht alle solchen die gleichen Parameter prüfen. Qualitätskriterien bei Erhaltungsmassnahmen sind auf die authentische Überlieferung ausgerichtet, und nicht beispielsweise auf möglichst ansprechende Bildqualität.

Qualitätskontrolle bei der Digitalisierung beginnt bereits bei der Handhabung der physischen Originale, die im Originalzustand belassen werden sollten; Abweichungen davon (z. B. Anbringen von Strichcode-Aufklebern o. ä.) müssen klar vereinbart und auf ein Minimum beschränkt werden, da die Archivalien für die langfristige Erhaltung idealerweise von jeglichen Fremdmaterialien getrennt werden und in inerten Verpackungen untergebracht werden

sollten. Auch die einzelnen Schritte der Vorbehandlung (Reinigung, thermische Behandlung o. ä.) müssen zwischen Auftraggebenden und Durchführenden genau abgesprochen und dokumentiert werden.

Die Erhaltung der Bild- und Toninformation im überlieferten bzw. Originalzustand Zustand hat oberste Priorität bei der eigentlichen Digitalisierung: Das «Schönen» ist nicht Ziel der Digitalisierung zu Erhaltungszwecken. Oberstes Ziel ist das Erzeugen eines möglichst authentischen Digitalisats, wofür Hilfsmittel wie z. B. TBCs für die Stabilisierung des Videosignals oder ein Wetgate für eine möglichst kratzerfreie Abtastung eines Films eingesetzt werden können. Massnahmen, die darüber hinaus gehen wie z. B. eine Retusche des Bilds oder Farbanpassungen dürfen nur nach vorheriger Absprache mit dem Auftraggeber durchgeführt werden. Idealerweise werden in diesen Fällen auch die unkorrigierten Digitalisate gespeichert. Sind auf dem Original Referenzsignale (Video: z. B. Farbbalken) oder Referenzbilder (Film: z. B. Testbilder) aufgezeichnet, sollten diese mit übertragen werden.

Die Führung des Signalwegs (z. B. Einsatz von TBCs für Video, Wetgate für Film) und allfällige Konvertierungen (z. B. von SECAM zu PAL) sind genau abzusprechen und Manipulationen des Signals mit Hilfe von geeigneten Instrumenten (Waveformmonitore, Vektorschop etc.) zu kontrollieren. Der Umfang (100 %, stichprobenartig, gar nicht), der Moment (an welchen Stellen im Workflow) sowie die Art und Weise dieser Kontrollen (automatisiert und/oder manuell) sowie der Umgang mit deren Resultaten (Wiederholung einer Operation, Aussondern zwecks Spezialbehandlung etc.) ist zu vereinbaren. Hierfür sollten auch die eingesetzten Mittel (Hard- und Software, Prüfsummen, Erheben/Extraktion von Metadaten etc.) konkret benannt werden. Zu überprüfende Kriterien während der Digitalisierung sind z. B.:

- Übereinstimmung des Transfers mit vorhandenen Metadaten (z. B. Dauer, Inhalt)
- Synchronität von Bild und Ton
- Farbe/SW: Prüfung anhand von Farbbalken, Referenzbildern, Weissabgleich
- Vorhandensein von Timecode
- Abgleich von Versionen
- Sprache / UT
- Bildfehler (Video: Drop Outs, Skewing etc.; Film: Bildstand, Fokus etc.)
- Bei Film: Transferierter Bereich der Filmoberfläche (Seitenverhältnis, mit oder ohne Perforation bzw. «Overscan»)

Schliesslich muss vereinbart werden, wie die Informationen aus den vorgenommenen Kontrollen den Auftraggebenden übermittelt werden. Denn die langfristige Erhaltung ist auf eine systematische und überlieferbare Dokumentation angewiesen, welche wie die Filme und Videos langfristig erhalten wird. In diesem Zusammenhang heisst das inhaltlich:

- klares Benennen der verschiedenen physischen Aufzeichnungen und Dateien (Original, Master, Ausstellungskopie, Archivkopie, Benutzungskopie etc.),
- Dokumentation aller durchgeführten Massnahmen von der Entgegennahme bis zur Auslieferung (Transport, Lagerung, Vorbehandlungen, Abspiel- und Aufnahmegeräte sowie Kabelverbindungen für Video, Scannermodell für Film bzw. Digitalisierungsweg),
- Falls noch nicht vorhanden, Dokumentation des physischen Originals: Fabrikat (Format, Marke, Typ, Emulsion) genaue äusserliche Beschreibung (Beschriftungen, Identifikationselemente, ev. Foto) sowie Spezifikationen der Bespielung von Audio und Video (z. B. Ton auf Kanälen longitudinal, Video im Long-Play-Modus) bzw. Bild und Ton des Films (z. B. Optischer Ton Dolby SR, Sepmag),

- Dokumentation der digitalen Datei: Codecs und Container mit jeweiligen Spezifikationen, Prüfsumme. Neben dem Inhalt ist auch die Form (Text, Tabelle, Datenbank, XML etc.) und allenfalls verwendete Standards (METS, PREMIS etc.) vorgängig zu klären.

Nach Erhalt extern digitalisierter Filme und/oder Videos sollten folgende Dinge systematisch kontrolliert werden:

- Prüfsumme (Integrität)
- Vollständigkeit der Dokumentation
- technische Eigenschaften der als Erhaltungselemente definierten Dateien (Übereinstimmung mit Vorgaben im Pflichtenheft, Validierung) bezüglich Struktur (entspricht z. B. der Container den Spezifikationen, die Belegung der Audiospuren den Vorgaben?) und Inhalt (Dauer, Dateigrösse etc.)

Der Umgang mit allenfalls vom Pflichtenheft abweichender Qualität sollte vor der Auftragsvergabe geklärt sein, und vor der umfassenden Umsetzung eines Auftrags sind Testläufe des vorgesehenen Workflows zu empfehlen, nach denen systemische Fehler und problematische Vorgaben angepasst werden können. Die auftraggebende Institution bestimmt nach Überprüfung der Lieferobjekte, ob noch Nachbearbeitungen und -lieferungen erforderlich sind. Eine kontinuierliche, möglichst zeitnahe und insbesondere bei grossen Mengen eine weitestgehend automatisierte Qualitätsüberprüfung ist sehr empfehlenswert.

4.1.3 Kosten

Die Kosten für die digitale Archivierung von AV-Beständen setzen sich immer aus verschiedenen Teilen zusammen. Zusätzlich zum herkömmlichen Aufwand für Übernahme, Bewertung, Erschliessung usw. kommen möglicherweise solche für die Rechteklärung und insbesondere Kosten für Prozesse technischer Natur: Digitalisierung, Transcodierung

und Speicherung. Für letztere ist wie erwähnt mit Skaleneffekten bei den Kosten zu rechnen. Bei den Kosten ist zu beachten, dass diese sich von Anbieter zu Anbieter beträchtlich unterscheiden können, weil u. U. unterschiedliche Zusatzdienstleistungen im Angebot enthalten sind oder unterschiedlich teure technische Infrastrukturen eingesetzt werden.

Die Kosten für die Digitalisierung hängen sehr stark von Art, Umfang und Zustand des Ausgangsmaterials und den qualitativen Ansprüchen an die Digitalisierung ab. So kann beispielsweise die Bearbeitung und Digitalisierung einer Stunde 16-mm-Film in schlechtem Zustand ein Vielfaches davon kosten, was eine Stunde des gleichen Trägers in gutem Zustand kostet. Oder die Behandlung von Videokunst wird viel aufwändiger als diejenige von Videos mit rein dokumentarischem Interesse sein. Transcodierungskosten hängen von den vorhandenen und herzustellenden Dateiformaten ab. Bei den Speicherungskosten ist mit Skaleneffekten zu rechnen; da es sich um laufende Betriebskosten und nicht um einmalige Projektkosten handelt, müssen sie etwas anders geplant werden.

4.1.4 Personal und Organisation

Das Gebiet der digitalen Langzeiterhaltung ist so weitläufig und komplex, dass es kaum als «Nebenbeschäftigung» zum Tagesgeschäft behandelt werden kann. Wer sich nicht täglich mit IT-Fragen und der Archivierung auseinandersetzt, kann nicht genügend Wissen und Erfahrung aufbauen, um reflektiert und nachhaltig zu handeln. Dazu kommt, dass sich die IT-Welt äusserst dynamisch weiterentwickelt und die Verantwortlichen sich konstant auf dem Laufenden halten müssen.

Je nach Struktur und Grösse des Archivs ist dieses Tätigkeitsfeld nicht vom bestehenden Personal zu bewältigen.

In diesen Fällen müssen entweder entsprechende Stellen geschaffen werden oder es muss sich ein Anbieter des Vertrauens für diese Fragen finden.

Für das Betreiben eines digitalen Archivs sind eine gute Kommunikation und Kooperation zwischen Archiv und IT unerlässlich. Es muss ein Austausch bestehen über die Grundsätze der Archivierung und über die Prinzipien der Sicherung und Speicherung im IT-Bereich.

4.2 Identifizierung von Formaten

Die Identifizierung der vorhandenen Medien bezüglich ihrer Form steht am Anfang jedes Digitalisierungsprojekts. Sie ist insbesondere auch wichtig, um Dienstleister für externe Digitalisierung oder Geräte für die interne Konsultation oder Digitalisierung zu finden sowie um Aufwandschätzungen vornehmen zu können. Die Identifizierung des Inhalts, der verschiedenen Versionen bzw. des Status der vorhandenen Kopie(n) sind ebenfalls essentielle Grundlagen, die für die Bewertung und Priorisierung zentral, aber nicht Gegenstand des vorliegenden Dokuments sind.

4.2.1 Identifizierung von Trägerformaten (Film und Video)

Die Identifizierung vorhandener physischer (analoger wie digitaler) Träger erfordert spezialisiertes, nicht allgemein verbreitetes Wissen. Es gibt eine Reihe von Hilfsmitteln, die dafür verwendet werden können.

4.2.1.1 Identifizierung von Videobandformaten

- Memoriav (Hg.), *Video. Die Erhaltung von Videodokumenten*, 2006, <http://memoriav.ch/video/empfehlungen-video/> [30.3.2015]
- Gfeller, Johannes, Jarczyk, Agathe, Phillips, Joanna, *Kompendium der Bildstörungen beim analogen Video*, Zürich, 2013

- The Little Archives of the World Foundation / ECPA, *Video Tape Identification*, o. O., 2008, <http://www.little-archives.net/guide/content/formats.html> [30.3.2015]
- Stauderman, Sarah, Messier, Paul, *Video Format Identification Guide*, o. O., 2007, http://videopreservation.con-servation-us.org/vid_id/ [22.4.2015]
- Texas Commission on the Arts, *Videotape Identification and Assessment Guide*, 2004, <http://www.arts.texas.gov/wp-content/uploads/2012/04/video.pdf> [30.3.2015]

4.2.1.2 Identifizierung von Filmformaten

- National Film Preservation Foundation (Hg.), *The Film Preservation Guide. The Basics for Archives, Libraries, and Museums*, o. O. 2004, <http://www.arts.texas.gov/wp-content/uploads/2012/04/video.pdf> [30.3.2015]
- Pritchard, Brian R., *Identifying 16 mm Films*, o. O., 2011, <http://www.brianpritchard.com/35mm%20Film%20iden-tification%20Version%203.2.pdf> [30.3.2015]
- Pritchard, Brian R., *Identifying 16 mm Films*, o. O., 2013, <http://www.brianpritchard.com/16mm%20iden-tification%20Version%201.02.pdf> [30.3.2015]

Die Identifizierung der Träger sollte in einem Inventar möglichst mit allen oben erwähnten Definitionsmerkmalen festgehalten werden [► Kap. 3.2.3].

4.2.2 Identifizierung von Videodateien

Die Identifizierung von Videodateien ist schwieriger als diejenige analoger Träger, weil sie nicht anhand unmittelbar erkennbarer äußerlicher Merkmale vorgenommen werden kann. Um so wichtiger ist es für die Langzeiterhaltung, dass Informationen zum Format und technische Spezifikationen gut dokumentiert werden. Falls diese nicht vorhanden sind oder im Rahmen einer Qualitätskontrolle überprüft werden sollen, kann man zunächst eine Reihe einfacher Werkzeuge

verwenden, die im Kapitel «Werkzeugkasten» [► Kap. 5.6] angegeben sind. Die Reichweite und die Zuverlässigkeit der dort erwähnten und ähnlicher Tools sind allerdings unterschiedlich und in gewissen Fällen nicht ausreichend. Professionelle Ausrüstung und Erfahrung können erforderlich sein.

4.3 Digitalisierung im Archivbereich

Ein Archiv kann grundsätzlich Medien aus allen Arbeitsschritten der Produktion erhalten [► Abb. 10, Seite 30 sowie Abb. 11, Seite 32]. Die Elemente können rein analog, rein digital oder gemischt sein.

In einem Digitalisierungsprozess wird ein analoges audiovisuelles Medium wie z. B. ein Film oder ein Video digitalisiert, bearbeitet und dann einer Verwendung zugeführt. Aus verschiedenen Gründen [► Kap. 5.7] sollte dabei das analoge (oder auch digitale) «Original» weiterhin archiviert bleiben.

4.3.1 Digitale Konservierung/Restaurierung vs. digitale Postproduktion

Die Arbeitsmethoden sind bei Konservierung und Postproduktion grundsätzlich ähnlich, jedoch sind die Ausrichtung und entsprechend die Ansprüche sehr unterschiedlich. Die Postproduktion findet unter der Voraussetzung kreativer Freiheit statt und technisch liegt der Fokus auf aktuell gebräuchlichen und für die aktuelle Produktion geeigneten Formaten. Die Konservierung/Restaurierung hingegen beruht auf berufsethischen Prinzipien, die den Bearbeitungen einen engen Rahmen setzen [► Kap. 4.4], der Fokus liegt auf langfristig nutzbaren Formaten. Die Ausgangslage ist also grundlegend verschieden, weshalb sich die Wahl der Methoden und verwendeten Dateiformate auch unterscheiden kann. Und nicht jede digitale Überarbeitung eines

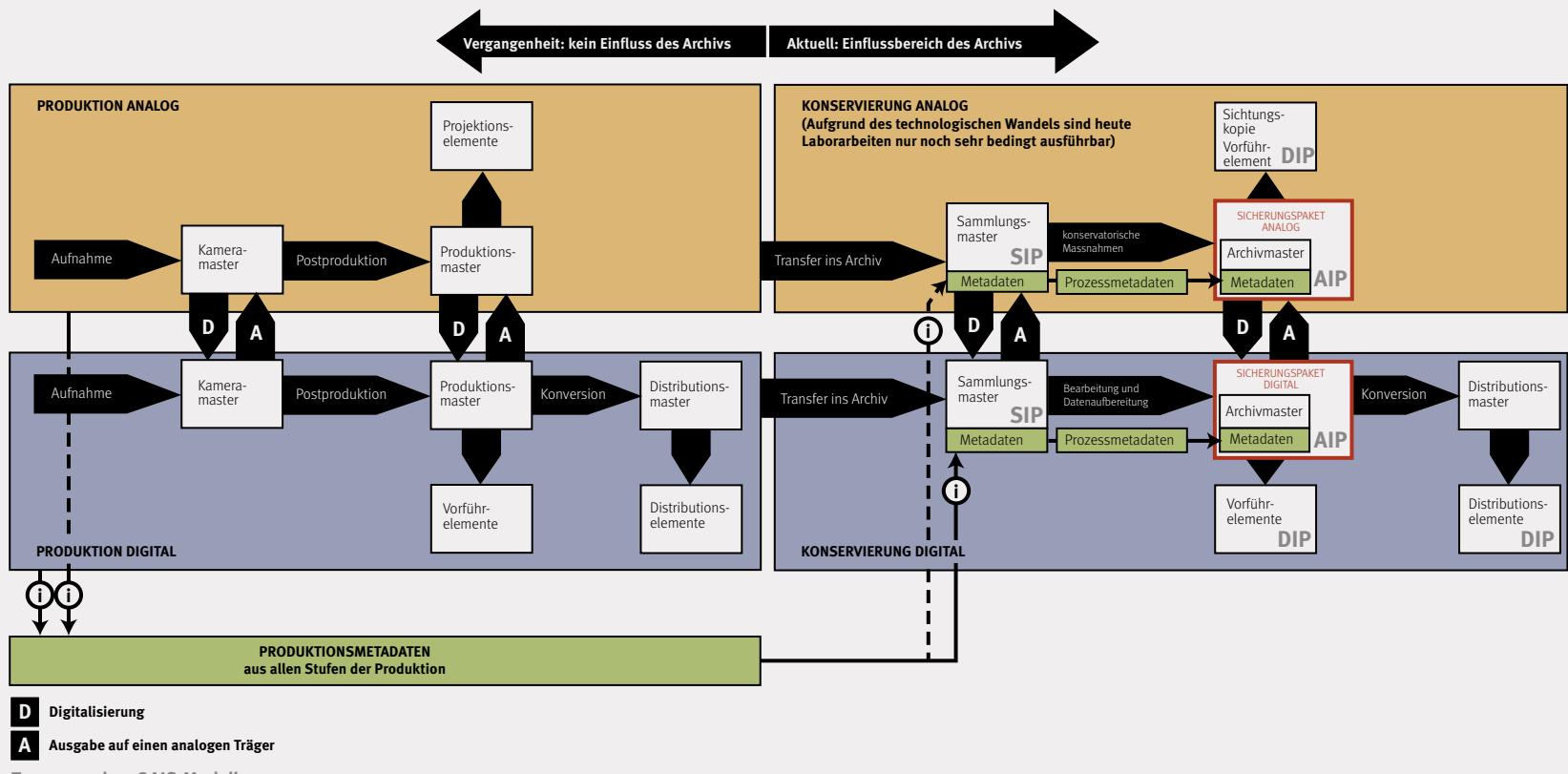


Abb. 10: Workflow Film. Übersicht der Abläufe beim Film von der Aufnahme bis zum Sicherungspaket im Archiv.

älteren Films bringt daher eine restaurierte Fassung im engeren Sinn hervor; für eine solche müssten die erwähnten ethischen Prinzipien befolgt worden sein.

In der Zusammenarbeit zwischen Dienstleistenden aus dem Bereich der Postproduktion und Archivverantwortlichen sind also die Klärung der Vorgaben sowie die Einigung auf eine gemeinsame, klare Terminologie wichtig, weil oft in den beiden Bereichen derselbe Begriff für unterschiedliche Dinge verwendet wird (und umgekehrt).

4.3.2 Film von der Aufnahme bis zur Archivierung

[► Abb. 10, Seite 30].

4.3.3 Zusätzliche Bemerkungen zur Filmdigitalisierung

Es existieren spezifische Besonderheiten des Films, die man während der Digitalisierung beachten muss, um ein möglichst originalgetreues Digitalisat zu erzeugen. Das setzt u. a. eine breite Kenntnis der Aufnahme-, Produktions- und Vorführtechnik voraus. Fünf Aspekte werden hier kurz erläutert.

Mehrere Arten von 35-mm-Filmen sind in den Seitenverhältnissen 1,33 oder 1,37 gedreht worden (Bildverhältnis des Kameranegativs). Von den 1970er- bis 1990er-Jahren wurden 35-mm-Filme im Seitenverhältnis 1,37 oder 1,66 gedreht, aber oftmals ausschließlich im Seitenverhältnis 1,66 projiziert und ausgewertet. Es ist wünschenswert, dass sowohl die Negative, die Intermediates als auch die Vorführkopien im originalen Seitenverhältnis erhalten werden. Sonst wird ein Teil der Geschichte für zukünftige Generationen verzerrt.

Es existieren auch im analogen Filmbereich unterschiedliche «Farbräume». Diese sind abhängig von den unterschiedlichen chemischen Farbprozessen, die im Laufe der Entwicklung des Farbenfilms verwendet wurden. Als Beispiel soll hier das Kodachrome-Umkehrmaterial erwähnt werden,

das zwischen 1935 und 2009 produziert und sehr häufig bei Schmalfilmen eingesetzt wurde. Es deckt ein anderes Farbspektrum ab als beispielsweise Eastman-Color- oder Fujicolor-Filmmaterial. Die unterschiedlichen Farbräume der Filme müssen beim Prozess der Digitalisierung berücksichtigt werden, um diese digital adäquat abbilden zu können.

Als Leuchtmittel im Projektor wurden früher in den Kinos vorwiegend Kohlenbogenlampen eingesetzt. Diese wurden in den 1960er-Jahren durch Xenonlampen ersetzt, die auch bei den heute eingesetzten digitalen Kinoprojektoren gebräuchlich sind. Letztere haben eine kältere Lichttemperatur, ergeben in der Projektion also ein blaueres Bild. Dieser Unterschied ist besonders ersichtlich bei eingefärbten Stummfilmen, die auf die Projektion mit Kohlenbogenlicht ausgerichtet waren. Diesem Umstand ist bei der Lichtbestimmung von Vorführelementen Rechnung zu tragen.

Im Schmalfilm gibt es nichts, was es nicht gibt! Amateure und Experimentalfilmer haben ständig neue Lösungen gesucht und es wimmelt von technischen Besonderheiten, die es zu verstehen gilt, um eine adäquate Digitalisierung überhaupt möglich zu machen.

Lichtton ist eine Technik der Tonaufzeichnung und -wiedergabe mittels einer optisch lesbaren Tonspur. Es gibt den klassischen Lichtton in Mono und verschiedene Stereo- und Mehrkanaltonverfahren, darunter auch einige digitale. Analogen Mono-Lichtton kann man nicht korrekt mit Hilfe eines Stereo-Lesekopfs digitalisieren. Besonders bei der einseitigen Zackenschrift tritt eine starke Verzerrung auf, weil die Tonspur und der Lesekopf nicht übereinstimmen.

4.3.4 Video von der Aufnahme bis zur Archivierung

[► Abb. 11, Seite 32].

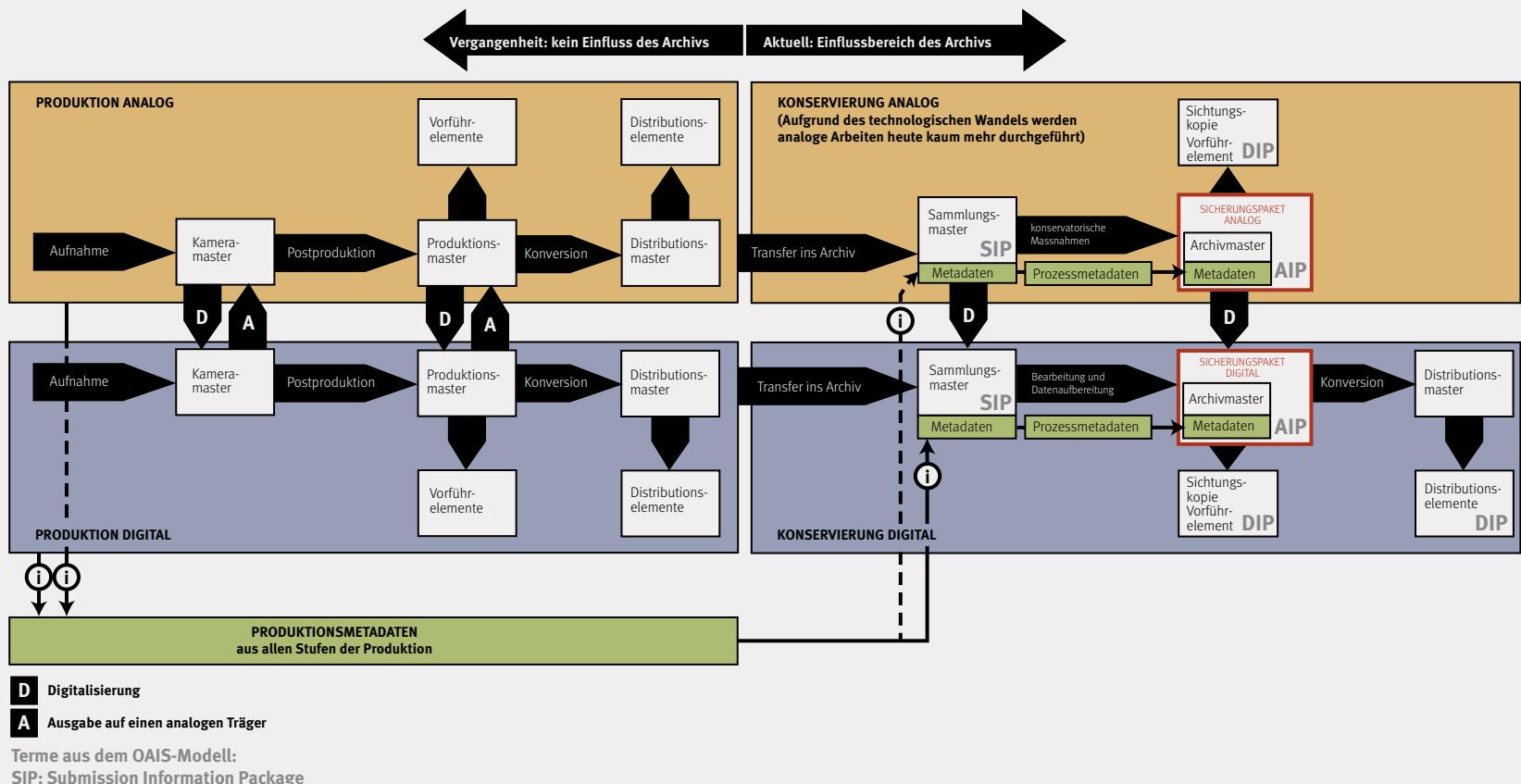


Abb. 11: Workflow Video. Übersicht der Abläufe von der Aufnahme zum Sicherungspaket für die Archivierung von Video.

4.3.5 Zusätzliche Bemerkungen zur Videodigitalisierung

Es existieren spezifische Besonderheiten von Video, die man während der Digitalisierung beachten muss, um ein möglichst originalgetreues Digitalisat zu erzeugen. Das setzt unter anderem eine breite Kenntnis der Aufnahme-, Produktions- und Vorführtechnik voraus.

Wird mit einem Dienstleister zusammengearbeitet, so muss dieser grundsätzlich bereit sein, seine Arbeitsgeräte anzugeben und die Signalpfade und Prozeduren zu erläutern und zu diskutieren und diese sollten Gegenstand eines Werkvertrages sein. Ebenso sollten seine Anlagen besichtigt werden können, die Angaben auf seiner Website genügen dazu in der Regel nicht. Im Folgenden machen wir auf einige Besonderheiten aufmerksam, die bei der Videodigitalisierung zu beachten und allenfalls mit einem Dienstleister zu besprechen sind.

Es ist immer besser, bereits während der Digitalisierung jegliche Qualitätsverluste zu vermeiden, weil diese nachträglich mit digitalen Mitteln nur oberflächlich korrigiert werden können. Für die Digitalisierung sind daher Bandgeräte zu wählen, welche das Beste aus der noch vorhandene Substanz der analogen Träger herausholen. Während der Lebensdauer eines Videoformates sind oft beträchtliche technische Fortschritte gemacht worden, die eine merkliche Verminderung des Bildrauschens sowie Verbesserungen der Auflösung und Bildstabilität gebracht haben, dies auch innerhalb der ursprünglich festgelegten Formatspezifikationen. Daher eignen sich in der Regel Geräte der letzten Generation am besten, die zudem möglichst wenig Betriebsstunden (v. a. Videoköpfe) haben und die regelmässig oder kurz vor der Digitalisierung gewartet wurden. Auch lange nicht verwendete Geräte mit wenig Betriebsstunden können «Standschäden» aufweisen! Grundsätzlich sind professionelle Industriegeräte den Consumergeräten eines Formates

vorzuziehen, aber nur innerhalb einer gewissen Zeitspanne der Produktion und nur bei den jüngsten Modellen. Bei den Formaten Video8 / Hi8 sowie der VHS-Familie kommt es vor, dass die besten Consumergeräte der letzten Generation sichtbar bessere Bildqualität liefern als 15 bis 20 Jahre ältere professionelle Geräte derselben Formate, die ein Vielfaches gekostet haben. Ein kritischer visueller Vergleich der Bildqualität vorhandener Geräte kann sich lohnen, wenn das Budget keine Neu- oder Altbeschaffung erlaubt.

Bei sehr alten Bändern ist die Trackingregelung während der gesamten Dauer der Überspielung sehr sorgfältig vorzunehmen, nach Möglichkeit mit Monitoring des FM-Signals ab Videokopf oder wenigstens mittels Messung von dessen Stärke mit entsprechender Anzeige.

Unter der Voraussetzung eines guten Gerätezustands: Quietscht das Band oder ist das Bild massiv unstabil in horizontaler und/oder in vertikaler Richtung oder verrauscht das Bild bis hin zum «Schnee», so weist das Band Alterungsschäden auf und bedarf einer Behandlung vor dem Digitalisieren. Diese kann mehr oder weniger aufwändig werden, aber grundsätzlich gilt, dass die Information noch auf dem Band ist, auch in genügender Stärke, um sie zu lesen, dass aber die physikalischen Eigenschaften der Bandoberfläche ein Abspielen erschweren oder verhindern. Solange sich die Schicht nicht vom Träger löst, ist die Prognose für eine Abspielbarkeit grundsätzlich positiv!

Auch wenn ein Videoband äusserlich keine Alterungsscheinungen erkennen lässt, sollte es vor dem Digitalisieren durch eine Reinigungsmaschine (sog. Tape Evaluator) laufen, die zusätzlich zur Reinigung die Bandoberfläche glättet (dazu dient eine eingebaute Saphirklinge, die allerdings entgegen ihrer Bezeichnung nichts wegschabt, sondern das Band eigentlich mittels einer gerundeten Kante poliert). Entsprechende Geräte gibt es vom Hersteller RTI für die

Formatfamilien U-matic, VHS und Betacam. Die Durchlaufzeit pro Band beträgt wenige Minuten; obwohl Reinigungsmaschinen in der Anschaffung fast das Preisniveau eines Kleinwagens erreichen lohnt sich ein Blick auf offerierte Preise für die Reinigung.

Aus restaurierungsethischen Gründen ist die Signalintegrität zu wahren. Dies schliesst die Anwendung einer digitalen Maskierung oder Skalierung aus, mit der flatternde seitliche Ränder oder am unteren Bildrand sichtbare Kopfwechsel versteckt werden; dies gilt, obwohl diese früher durch die Gehäuseränder vor den Röhrenmonitoren weniger sichtbar waren. Die Signalintegrität verbietet auch ein De-Interlacing zwecks Umwandlung in Progressive Scanning. Hässliche, das Bild verunstaltende Kammstrukturen bei Bewegungen sind hier die Folge. Zu ihrer Dämpfung darf auch nicht die vertikale Auflösung halbiert werden, indem nur jedes zweite Halbbild berücksichtigt wird. Beim Digitalisieren ist die seitliche Bildlage so einzustellen, dass das (analoge) Bild stets genau im digitalen Fenster eingemittet wird. In zahlreichen analogen Produktionen kann die seitliche Lage auch von Szene zu Szene springen. Eine aufwändige Digitalisierung würde dem Rechnung tragen und die seitlichen Sprünge zu korrigieren versuchen, was allerdings mehrere Durchgänge erforderlich macht. Die Sprünge sind eindeutige technische Mängel aus der Produktion und in diesem Sinne zwar auch historisch bedingt, aber nicht unbedingt erhaltenswert!

Auch jegliches Beschneiden, Panning, Stauchen oder Dehnen zum Zwecke der Anpassung des alten 4:3-Seitenverhältnisses an das aktuelle 16:9-Format ist eine unzulässige Veränderung der Bilder. Die dunklen Balken auf den Schmalseiten des neuen Bildes sind zu akzeptieren, sie sind Zeugen des Kultur- und Technologiewandels, der nachvollziehbar bleiben muss. Dies gilt sowohl für die Digitalisierung

als auch für jegliche Verwendungszwecke (Projektion, Ausstrahlung, Edition usw.). Der langfristig aufbewahrte Archivmaster soll nicht nur das originale Seitenverhältnis behalten, sondern auch die Anzahl Zeilen pro (Halb-)Bild. Ein direktes Hochrechnen würde die Signalintegrität verletzen. Entsprechendes gilt für die Anzahl Pixel von genuin digitalen Quellen bei deren Einlesen.

Zur Stabilisierung analoger Videobilder ist ein Time Base Corrector (TBC) in der Regel unerlässlich, weil zahlreiche Analog/Digital-Wandler vorwiegend im professionellen Bereich unstabile Signale schlecht verarbeiten und z. B. Bilder auslassen oder blockieren. Für sehr alte Formate (Offenspulen) oder ohne Farbverriegelung editierte U-matic-Bänder der 1970er-Jahre kann die Verwendung von gleichzeitig zwei TBCs notwendig werden: einem alten, der mit den historischen Unstabilitäten (grösseren Toleranzen im Timing der Signale, Phasensprung im Farbhilfsträger) umgehen kann, sowie einem modernen, der das Farbsignal von Moirée-Störungen befreit und das eventuell immer noch zu instabile Signal des historischen TBC den engen Toleranzen des Wandlers anpasst. Seitliche Verwellungen (Jitter), Schwankungen und weitere Instabilitäten aller Art können nach der Digitalisierung (streng genommen: bereits am Ausgang des TBC) nicht mehr korrigiert werden, weil sie Bildinhalt geworden sind, der mit neuen, stabilen Synchronsignalen unterlegt wurde. Der Wahl der richtigen TBCs kommt also eine eminent wichtige Bedeutung zu, die etwas Erfahrung und Erfahrungsaustausch erfordert. Die Verwendung eines passenden historischen TBC kann – abhängig vom zu stabilisierenden Signal – erforderlich sein, darf aber keinesfalls als Universalrezept missverstanden werden. Auch hier sind gewaltige technische Entwicklungen gemacht worden, die sich auf die Bildstruktur auswirken. Also nur so viel alt wie nötig, sonst so modern wie möglich.

Die Einstellmöglichkeiten des TBC (Helligkeit, Kontrast, Farbsättigung) sind mit Kenntnis und Bedacht zu verwenden. Es darf keinesfalls ein altes graues Bild mit schwachen Farben auf moderne Kontraste getrimmt werden, wie wir sie von digitalen Medien her kennen. Eine gute Kenntnis von Werken und Dokumenten aller Epochen elektronischer Bilder ist unerlässlich, um historisch adäquate Einstellungen vorzunehmen. Gemässigte Anpassungen an den technisch möglichen und üblicherweise auch auszufüllenden Kontrastumfang des Videokanals können allerdings sinnvoll sein. Dazu ist auf jeden Fall ein Waveform-Monitor notwendig, der das Videosignal visualisiert und die Fähigkeit hat, dieses Signal zu interpretieren. Bei Kontrast- und Helligkeitsanpassungen ist peinlich genau darauf zu achten, dass keine Teile des Signals beschnitten werden, insbesondere auch nicht Spitzlichter oder Rauschanteile in der Nähe des Schwarzwertes. Sie wären dann unwiederbringlich verloren, was auf keinen Fall zu tolerieren ist, auch wenn dabei die Bildwirkung vermeintlich besser wird. Für eine Anpassung, die eigentlich immer nur eine Verstärkung des Kontrastes sein kann – eine Verminderung ist nie sinnvoll –, spricht auch der Umstand, dass sehr bald auch alte Videobilder nur noch auf Flachbildschirmen bzw. in Projektion zu sehen sein werden und dass diese keine wirklichen Korrekturmöglichkeiten für Helligkeit und Kontrast mehr bieten wie die bisherigen Röhrenmonitore, die in einem relativ grosszügigen Rahmen noch an das vorzuführende Material angepasst werden konnten.

Diese Bemerkungen beziehen sich auf Videomaterial, das nicht mit professionellem Equipment und entsprechender (Studio-)Beleuchtung hergestellt wurde und dessen Signal von allem Anfang an nicht den Normwerten entspach, die an sich über Jahrzehnte gegolten haben und die eine Vorführung auf einem modernen Display ohne Weiteres möglich machen.

Wenn Anpassungen in Kontrast und Helligkeit gemacht werden, dann sollen sie behutsam und verantwortungsvoll erfolgen, ohne zwingend das technisch Mögliche auszubeizen. Die Spuren fehlender technischer Perfektion bei der Entstehung sollen hier nicht verwischt werden – sie gehören zum historischen Gehalt der Quelle. Anhand von Beispielen sollen sie auch hinreichend dokumentiert werden (Bildschirmaufnahmen des Waveform-Monitors mit und ohne Korrektur, Videofile mit kurzen Ausschnitten mit und ohne Korrektur; Zahlenwerte abzuschreiben von Einstellknöpfen, ist hingegen sinnlos). Werden keine Signalanteile abgeschnitten, so könnten diese Massnahmen aufgrund der Dokumentationen auch wieder rückgängig gemacht werden.

Hat ein Abspielgerät einen eingebauten TBC und ist dieser überbrückbar, so sind beide Varianten miteinander zu vergleichen: eingebauter oder externer TBC. Hat der eingebaute TBC zusätzlich eine Rauschminderungsmöglichkeit, so ist auch diese mit einer externen kritisch zu vergleichen.

Seit es die Möglichkeit der Rauschverminderung im Videobereich gibt, wird sie kontrovers diskutiert. Im Audiobereich ist es längst gängige Praxis, bei der Digitalisierung keinerlei Filter anzuwenden, sondern diese nachträglich, je nach Zweck, einzusetzen. Im Videobereich waren bisher der Speicherplatz zu teuer und der Aufwand zu gross, um ein Rohdigitalisat ohne Rauschminderung zu erstellen, mit der Option einer nachträglichen Bearbeitung. Gegen die Rauschverminderung spricht die Maxime der Signalintegrität – denn jegliche Verminderung des Bildrauschen wird auch Bilddetails verändern oder abschwächen, die damit unwiederbringlich verloren sind. Für eine Rauschverminderung spricht die Tatsache, dass ein Teil des Rauschens bei den oft mehrfachen Kopierprozessen in der Geschichte eines Bandes entstanden ist und dass die Prozedur das Ergebnis an die ursprüngliche

Erscheinung annähern will. Soll der Inhalt beispielsweise auf einer DVD mit ihrer starken Kompression verbreitet werden, so ist die Rauschverminderung sogar notwendig, damit keine hässlichen Kompressionsartefakte entstehen. Der hohe zeitliche Aufwand der Nachbearbeitung sowie die mindestens doppelten Speicherkosten erforderten bisher in der Regel einen Entscheid vor der Digitalisierung.

Falls eine Rauschverminderung vorgenommen wird, ist die Verwendung eines modernen, hochklassigen TBC zu empfehlen, der gleichzeitig auch die störenden Drop-outs relativ wirksam beseitigt. Mit der Umstellung des Fernsehens und der Industrie auf HD sind SD-Geräte regelmässig zu günstigen Preisen beschaffbar. Sie erlauben eine differenzierte Einstellung der Rauschminderung, die bei aller Verlockung moderat eingesetzt werden sollte.

Ist bei genügend vorhandenen Mitteln ein Rohdigitalisat vorgesehen, so kann das Rauschen nachträglich hardware- oder softwarebasiert vermindert werden. Der genannte TBS 180/185 hat digitale Ein- und Ausgänge, und seine Drop-out-Kompensation funktioniert auch mit einem bereits digitalisierten Signal ab Festplatte (selbstverständlich ausgespielt über die SDI-Verbindung), im Gegensatz zu allen älteren Drop-out-Kompensatoren, die nur ab analoger Quelle arbeiteten, und auch das meist nicht befriedigend! Mittels zwei Computern und je eines A/D-Wandlers könnte also eine perfekte Drop-out-Kompensation nachträglich und in Echtzeit erreicht werden ohne Wandlungsverluste (weil SDI), zu Kosten, die bei einem Bruchteil einer digitalen Videorestaurierungs-Software- und -Hardwarelösung liegen. Alternativ zu dieser zugegebenermassen unkonventionellen Lösung aufgrund knapper Mittel kann auch ein Plug-in zum Entrauschen für gängige Programme wie Premiere oder FinalCut, mit denen in der Regel ja digitalisiert wird, verwendet werden (z. B. Neat Video). Die Rechenzeit kann

dann allerdings höher ausfallen und die Produktivität damit sinken. Ebenso scheint der Algorithmus für die Drop-out-Entfernung weniger leistungsfähig zu sein. Hinweis: die Drop-out-Entfernung ist an die Rauschminderung gekoppelt!

Bei dieser letztgenannten Vorgehensweise ist eine unkomprimierte Digitalisierung, zudem in 10 bit oder mehr, unerlässlich. Sie empfiehlt sich heute sowieso, weil vom (Roh-)Digitalisat, ob gefiltert oder nicht, in der Regel mehrere Derivate hergestellt werden: Archivfile, wenig komprimierte Handels- oder Vorführkopie, stärker komprimiertes Streamingformat für die hausinterne Verwendung oder die Distribution im Netz. Es ist ein geeigneter Workflow zu entwerfen, der die entsprechenden Derivate entweder zeitnah oder später erstellen lässt.

Der Entscheid, ob komprimierte oder unkomprimierte Dateien für die Archivierung hergestellt werden, ist abhängig vom Kontext (u. a. Menge und Stellenwert, zur Verfügung stehende Mittel), aber auch von der Ausgangsqualität des Materials. Allerdings genau andersherum als oft angenommen: Verrauschte Bilder machen jedem Kompressor zu schaffen, weil Rauschen eine unvorhersehbare «Information» ist, die Kompression aber auf vorhersehbaren und sich wiederholenden Bildstrukturen beruht. Ein stark rauschendes, verwackeltes VHS-Band erlaubt so paradoxe Weise eine geringere Kompression als ein Betacam SP, das professionell beleuchtet und ab Stativ aufgenommen wurde (vorausgesetzt, ihr historischer Stellenwert ist aufgrund des Inhalts vergleichbar).

Beim Entscheid für oder gegen Kompression sollte unabhängig von den bereits genannten Aspekten auch die langfristige Sicherheit berücksichtigt werden, bei der eine unkomprimierte Datei besser abschneidet.

4.3.6 Datenhaltungsmodelle

Träger können Daten nicht vollständig fehlerfrei speichern, was bei analoger Speicherung meistens keine gravierenden Folgen hat, aber bei digitaler Speicherung verheerende Auswirkungen haben kann, abhängig davon, wie häufig und wo Fehler auftreten. Deshalb kontrolliert die Firmware dieser Datenträger ständig, ob die Daten auch korrekt sind, und korrigiert sie wo nötig selbstständig, ohne dass Benutzende dies bemerken. Die Algorithmen der Firmware können aber nur eine begrenzte Anzahl Fehler beheben; wird die Grenze überschritten, fällt der Datenträger aus und muss ersetzt werden. In dieser Hinsicht sind heute Festplatten mit einer Kapazität bis zu 2 TB etwas sicherer als Festplatten mit einer höheren Kapazität (► Kap. 4.3.8].

Bei redundanter Speicherung (z. B. mittels RAID-Architektur) können die Daten eines ersetzen Datenträgers wiederhergestellt werden, ansonsten muss man auf eine Sicherheitskopie zurückgreifen. Sollte eine solche fehlen, wären die Daten verloren.

Die Beständigkeit einer Datei ist, neben der Eignung ihres Formats, also auch wesentlich abhängig von der Redundanz ihrer Speicherung. Je mehr Kopien vorliegen und je grösser die Redundanz der Information innerhalb einer Kopie ist, desto grösser ist die Wahrscheinlichkeit ihrer langfristigen Erhaltung. Die «3-2-1-Regel» fasst diesen Umstand in eine sehr einfache Form: Von wichtigen Dateien sollen drei Kopien auf zwei unterschiedlichen Typen von Datenträgern und eine Kopie «offsite», also in örtlicher Distanz zum eigentlichen Archiv, gespeichert werden¹. Die Wahl der Speichermedien und ihre räumliche Trennung bestimmen den Grad der Sicherheit mit.

Redundanz, Duplizierung und Kontrolle sind also Grundpfeiler der digitalen Archivierung. Sowohl für die Errichtung einer IT-Struktur im eigenen Archiv als auch für das externe

Aufbewahren von zu archivierenden Daten lohnt es sich, verschiedene Angebote zu vergleichen und Drittmeinungen einzuholen. MemoriaV kann in solchen Fällen vermitteln.

4.3.7 IT-Infrastruktur

Gerätetreiber und Betriebssysteme unterliegen ähnlich kurzen Entwicklungszyklen wie der restliche IT-Bereich. Fehlende Softwareunterstützung kann perfekt funktionsstüchtige Hardware von einem Update zum nächsten obsolet machen. Auf Hardwareebene verhindert nicht selten das simple Fehlen spezifischer Verbindungskabel und Schnittstellen die Verbindung von Geräten. Die Schnittstellen zwischen Abspielgeräten und Steuercomputer ändern sich fortlaufend und so lässt sich ein altes Lesegerät oft nicht so einfach mit einem modernen Computer verbinden. Es ist daher notwendig, die Entwicklungen der verwendeten Soft- und Hardware zu beobachten und entsprechend auf Neuerungen zu reagieren. Auch bei der Wahl der IT-Umgebung (Geräte, Schnittstellen, Betriebssystem, Treiber) sollte daher auf deren Verbreitung und Langlebigkeit bzw. langfristige Unterstützung durch die Industrie geachtet werden, nicht nur bei der Wahl der Dateiformate (– Tabelle mit Bewertung der Formate in Kap. 5.2].

Methoden wie Emulation und Steuerung via Command-line-Befehlen bieten zwar Möglichkeiten, diesen Problemen zu begegnen, sind aber sehr zeitaufwändig und können nur von IT-Spezialistinnen und -Spezialisten vorgenommen werden, was hohe Kosten zur Folge hat. Eine institutionalisierte enge Zusammenarbeit zwischen IT-Verantwortlichen und den Archivverantwortlichen bei der Planung und Betreuung eines digitalen Archivsystems ist daher Voraussetzung für nachhaltige Lösungen.

¹ Peter Krogh von der American Society of Media Photographers; weitere Angaben unter: <http://dpbestflow.org/node/262#321>

Für die Archivierung von Dateien ist eine kombinierte Ablage sowohl auf Servern bzw. HDDs als auch auf bandbasierten IT-Speichermedien wie LTO (Linear Tape Open) sowie die geografische Trennung der Speicherung verschiedener Kopien zu empfehlen. LTO wird von einem Konsortium breit abgestützt. Für Weiterentwicklungen hat das Konsortium eine Roadmap festgelegt, nach der die Weiterentwicklungen mehrere Jahre im Voraus definiert und kommuniziert werden.

LTO-Bänder sind zwei Generationen zurück lesbar, eine Generation zurück beschreibbar.

Es bleibt das Problem, dass die Formatierung dieser Bänder nicht standardisiert ist. Die sogenannte TAR-Formatierung (Tape Archiver) ist Open Source. TAR macht aber den Zugriff auf einzelne Dateien umständlich, da das Inhaltsverzeichnis und der Inhalt erst entpackt werden müssen, bevor ein Zugriff erfolgen kann. Ein beschädigtes Inhaltsverzeichnis kann den Zugriff auf die Dateien verunmöglichen. Allgemein können die langsame Zugriffszeit und der sequenzielle Zugriff ein Nachteil der IT-Bänder sein. Mit der Generation 5 von LTO wurde das Linear Tape File System (LTFS) eingeführt, ebenfalls eine Open-Source-Formatierung der Bänder, welche die Kompatibilität von LTO erheblich erhöht und für die Archivierung grundsätzlich empfohlen werden kann. Der Inhalt eines LTO-Bandes kann in gleicher Weise wie derjenige einer Festplatte bearbeitet werden.

4.3.8 Dateigrößen und Dateisysteme

In der Regel bestehen audiovisuelle Digitalisate entweder aus einer riesig grossen Datei (in Containerdateien) oder aus umfangreichen Serien von kleineren Dateien (als Einzelbildern). In beiden Fällen gerät man bei deren Handhabung oft an die Grenzen der gängigen Betriebssysteme, weil die Dateigrößen sowie die Anzahl Dateien pro Ordner je

nach Dateisystem eingeschränkt sind. Letzteres hängt vom verwendeten Betriebssystem ab.

Bis zu 2,2 TB Gesamtspeichermenge (mit Dateien bis max. 4 GB) sind noch keine überdurchschnittlichen Probleme zu erwarten. Wenn grössere Datenmengen/Dateien zu verwalten sind und daher mit mehr als 32 bit adressiert werden müssen, haben sich unterschiedliche, untereinander inkompatible Lösungen entwickelt.

Auf Festplatten von Computern mit Microsoft-Betriebssystem findet man im Allgemeinen die Dateisysteme FAT32 (32 bit) oder NTFS (32 oder 64 bit). Macintosh verwendet ein eigenes Dateisystem Mac OS (Extended), auch als HFS+ (64 bit) bekannt. Die jeweiligen Dateisysteme sind für das Erkennen und Anzeigen externer Festplatten durch den Computer zuständig. Auch die Lese- und Schreibrechte werden von der Kombination von Betriebssystem und Dateisystem mit beeinflusst.

Das Kopieren von Dateien mit «drag & drop» oder mit «copy & paste» ist eine Quelle für Schreibfehler; im Alltagsgebrauch spielen diese Fehler keine entscheidende Rolle, im Umgang mit sehr grossen Datenmengen (seien es sehr grosse oder sehr viele Dateien) können sie wichtig werden. Kopiervorgänge auf einer tieferen Ebene des Betriebssystems (Kommandozeilen-Ebene in Eingabekonsole) sind weniger fehleranfällig als in Programmen mit grafischer Benutzeroberfläche. Zum Beispiel: Die Befehlszeile «cp» kopiert zwar die Daten, die sich in einer Datei befinden einwandfrei, nicht aber die Datei selbst; die Funktion «ditto» kopiert beides. Grundsätzlich sollten auf jeden Fall für die Sicherheit bzw. Kontrolle der Integrität von Dateien Prüfsummen (z. B. MD5, SHA-1) eingesetzt werden [▶ Kap. 5.3.3].

4.3.8.1 Microsoft-Betriebssystem

Maximale Dateigröße:

FAT32: Maximale Dateigröße ist 4 GB

NTFS: Keine Limite für Dateigrößen

Maximale Anzahl Dateien in einem Ordner:

FAT16: 512

FAT32: 65 534 Dateien oder Ordner pro Ordner

NTFS: 4 294 967 295

4.3.8.2 Macintosh-Betriebssystem

Maximale Dateigröße (betriebssystemabhängig):

Mac OS X v10.3–10.5.2: 16 TB

Ab Mac OS X v10.5.3: fast 8 EB

1 EB = 1 Exabyte = 1 000 000 TB = 10^{18} Bytes

Maximale Anzahl Dateien in einem Ordner:

HFS/HFS+: 4 294 967 295 Dateien oder Ordner pro Ordner

4.4 Ethische Fragen

Dokumente/Werke in der Form zu erhalten, wie sie abgeliefert werden, also die Konservierung, ist eine Kernaufgabe von Gedächtnisinstitutionen. Diese Kernaufgabe steht in einem Spannungsverhältnis zu anderen Kernaufgaben wie der Benutzung: Friert man beispielsweise eine Filmrolle dauerhaft bei -20°C ein, so ist die Konservierung dieses Films praktisch sichergestellt. Er ist somit zwar konserviert, aber noch nicht nutzbar, sein Inhalt ist nicht sichtbar. Die Erhaltung ist nutzlos, ihr Zweck nicht erfüllt, der Aufwand schwer zu rechtfertigen und die entsprechenden Mittel kaum beschaffbar, wenn der Film nicht angeschaut werden kann.

Das Spannungsverhältnis zwischen Konservierung und Nutzung verstärkt sich bei analogen Medien dadurch, dass diese sich bei jedem Gebrauch abnützen. Wenn das Ideal der Präsentation in einer der Wahrnehmung bei der Pre-

miere und/oder über die Zeit der Erstauswertung eines Werks entsprechenden Form angestrebt wird, gerät man um so mehr in einen Widerspruch: Erhaltung im Istzustand und Präsentation im Originalzustand. Gedächtnisinstitutionen müssen daher einen sinnvollen Kompromiss zwischen folgenden Faktoren finden:

- Istzustand
- Wissen über den Originalzustand
- Potenzial moderner technischer Möglichkeiten

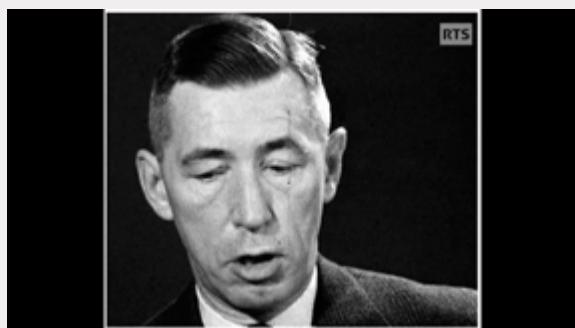
Jede Wiedergabetechnologie erzeugt technikbedingte Artefakte, die bei der Entstehung eines Dokuments/Werks mit dem Inhalt unwiederbringlich verschmelzen. Diese Artefakte werden zur Zeit der Aufnahme und auch später ambivalent wahrgenommen. Oft als Makel, manchmal als wichtiger Teil der Kreation (z. B. als Stilmittel oder auch als Teil der «Aussage»), aber fast immer als bewusstes oder unterbewusstes Mittel der zeitlichen Zuordnung eines Dokuments/Werks. Der Transfer von einer Form in eine andere, sei es analog zu analog, analog zu digital oder je nach Vorgehen selbst digital zu digital, wird wiederum als technisches Verfahren das betroffene Werk prägen. Um schwerwiegende negative oder überhaupt unkontrollierte Auswirkungen einer Digitalisierung auf die Ästhetik eines Werks zu verhindern und bewusste Entscheide hinsichtlich der Veränderung der Form von Dokumenten fällen zu können, muss man sich also über einige Punkte im Klaren sein:

- Die Digitalisierung verändert die Qualität, die Möglichkeiten und die Art der Rezeption eines Dokuments/Werks.
- Das Digitalisat wird in der digitalen Wiedergabe zwangsläufig anders wahrgenommen werden als das analoge und analog wiedergegebene Original.

Originalmedium:
16-mm-Umkehrfilm, SW

Erstes Transfermedium:
Betacam SP, SD PAL 50i

Zweites Transfermedium:
Digitalisierung in H.264, HD 1080p



Der Wechsel vom originalen 4:3-Seitenverhältnis des 16-mm-Films zum 16:9-Format führt zu schwarzen Balken zu beiden Seiten des Bildes. In der obigen Abbildung wurde das 4:3-Bild zur Verdeutlichung mit einem schmalen weißen Rahmen versehen.

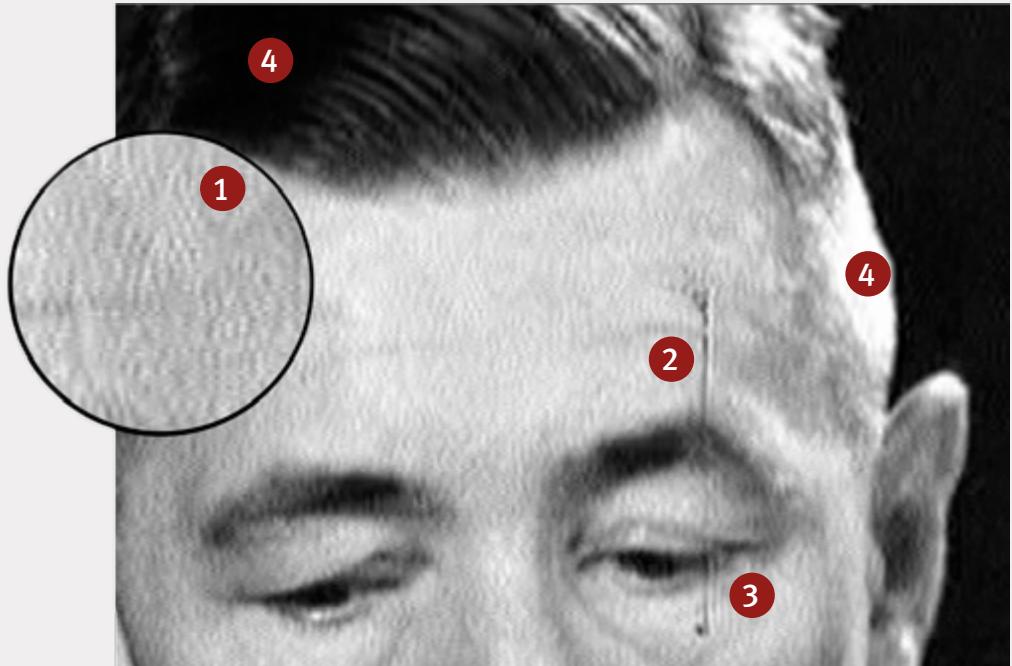


Bild: Radio Télévision Suisse

- 1) Strukturartefakte durch die Kombination von Filmkorn, Linienstruktur des analogen Videos mit der digitalen Skalierung und Kompression. Bewegungsartefakte (hier nicht sichtbar) durch den unvorteilhaften Einfluss des Filmkorns auf die digitale Kompression.
- 2) Artefakt aus dem Originalmedium: Kratzer.
- 3) Artefakt aus der künstlichen Nachschärfung in der Abtastung in SD.
- 4) Verlust von Bildinformation in den hellsten und dunkelsten Bildbereichen aufgrund des reduzierten Blendenbereichs der Abtastung in SD.

Bei Farbaufnahmen kommen die Verschiebungen der Farben durch Wechsel des Farbraums dazu sowie die verschlechterte Farbwiedergabe durch die digitale Datenreduktion in den Farbkanälen.

Abb. 12: Beispiel der Konsequenzen mehrfacher Medientransfers.

- Die digitalen Artefakte verschmelzen unwiederbringlich mit den analogen und sind meist visuell nicht mehr zu unterscheiden. Eine eingehende Analyse ist komplex und liefert nur beschränkt brauchbare Ergebnisse.
- Eine mangelhafte Digitalisierung wird die vorgängigen Punkte schwerwiegend negativ beeinflussen [▶ Abb. 12, Seite 40].

Es ist wichtig, die typischen Eigenschaften der analogen Ausgangsmedien sowie diejenigen von potenziellen digitalen Zielformaten zu kennen, um sinnvolle Arbeitsgänge zu konzipieren und die Entstehungs- und Überlieferungskontexte angemessen dokumentieren zu können. Folgende grundsätzliche Fragen gilt es insbesondere bei Dokumenten mit Kunstwerkcharakter zu stellen und projektbezogen zu beantworten:

- Darf man mit modernen Mitteln technisch mehr aus den Originalelementen herausholen als «damals» möglich war?
- Inwiefern dürfen noch lebende Urheber-/innen/Entscheidungsträger-/innen von damals die Restaurierung beeinflussen? Welche Position hat die heutige Meinung des Künstlers oder der Autorin?
- Was macht man, wenn man heute mit Hilfe des Ausgangsmaterials und aktueller Technik etwas umsetzen kann, was Künstler-/innen damals wollten, aber nur teilweise oder gar nicht konnten?
- Inwiefern lässt man in die Restaurierung einfließen, wie und in welcher Qualität das Werk über die Jahre hinweg rezipiert wurde?

Diese Fragen sind nicht generell und eindeutig zu beantworten. Unterschiedliche Ansätze der neuerlichen Sichtbarmachung von Dokumenten aus der Vergangenheit haben auf allen Ebenen zu hitzigen Diskussionen darüber geführt,

was ethisch erlaubt ist und was nicht. Klare Richtlinien zu definieren, wird oft dadurch noch schwieriger gemacht, dass Eingriffe mit graduell unterschiedlicher Intensität eingesetzt werden können.

Zur Orientierung kann man drei Grundsätze nennen, die in den unten in Kap. 4.4.2 angegebenen Auszügen aus Normen ausgeführt und ergänzt werden:

- Die Wahrscheinlichkeit, dass in ein Werk in seiner Integrität weiter erhalten bleibt, ist grösser.
- Alle Möglichkeiten der Bearbeitung, die vor einem Eingriff gegeben waren, bleiben auch nach dem Eingriff weiter bestehen.
- Jeder Bearbeitungsschritt wird sorgfältig dokumentiert.

4.4.1 Restaurierung vs. Rekreation

Wenn historische Filme oder Videos neu veröffentlicht werden, ist oft von «restaurierter Fassung» die Rede. Dieser Begriff wird oft nach Eingriffen verwendet, die deutlich über die ethischen Schranken der Restaurierung hinausgehen, beispielsweise beim Beschneiden (Croppen) des Bildes für den Transfer eines Werks mit Seitenverhältnis 4:3 in 16:9, bei der automatisierten Kolorierung von Schwarzweissfilmen, beim Einsatz nicht zeitgenössischer Soundtracks für klassische Stummfilme. Aus diesem Grund haben sich für die Unterscheidung von Bearbeitungen innerhalb und ausserhalb der ethischen Grenzen die Begriffe Restaurierung und Rekreation eingebürgert. Rekreation gilt in Fällen, wo die beschriebenen ethischen Grenzen überschritten wurden und ein neues, dem Original ähnliches Werk erschaffen wurde.

Da die Einschätzung, ob es sich bei einer bearbeiteten Fassung um eine Restaurierung oder eine Rekreation handelt, meist sehr komplex und die Grenze schwer festzumachen ist, bleibt der Entscheid über diese Zuordnung

kontextabhängig, sollte sich aber an den vorhandenen Normen orientieren [▶ Kap. 4.4.2].³

4.4.2 Ethische Normen

Die verschiedenen nationalen und internationalen Fachverbände für die verschiedenen Fachleute in Gedächtnisinstitutionen haben in ihren ethischen Kodizes Normen vereinbart, die auch im Rahmen von Digitalisierungsprojekten als Referenz herangezogen werden können: Im Folgenden Auszüge mit Relevanz für die digitale Archivierung von Film und Video:

- VSA/ICA: «[...] Archivarinnen und Archivare haben die Integrität von Archivgut zu schützen und auf diese Weise zu gewährleisten, dass es ein zuverlässiger Beweis der Vergangenheit bleibt. Die wichtigste Aufgabe der Archivarinnen und Archivare besteht darin, die Unversehrtheit der von ihnen verwalteten und verwahrten Unterlagen zu erhalten. [...] Archivarinnen und Archivare haben die Authentizität der Schriftstücke während der Bearbeitung, Aufbewahrung und Benutzung zu schützen. Archivarinnen und Archivare haben sicherzustellen, dass der archivische Wert von Schriftstücken, einschließlich der elektronischen und multimedialen Überlieferung, weder bei der archivarischen Bewertung, Ordnung und Verzeichnung noch bei Konservierungsmassnahmen und der Benutzung beeinträchtigt wird.»⁴
- AMIA: «[...] To restore and preserve artifacts without altering the original materials, whenever possible. To properly document any restoration/preservation decisions and to make decisions consistent with the intentions of the creators, whenever appropriate. To balance the priority of protecting the physical integrity of objects/artifacts with facilitating safe and non-discriminatory access to them. [...]»⁵

- ECCO: «[...] The fundamental role of the Conservator-Restorer is the preservation of cultural heritage for the benefit of present and future generations. The Conservator-Restorer contributes to the perception, appreciation and understanding of cultural heritage in respect of its environmental context and its significance and physical properties. [...] Conservation consists mainly of direct action carried out on cultural heritage with the aim of stabilising condition and retarding further deterioration. Restoration consists of direct action carried out on damaged or deteriorated cultural heritage with the aim of facilitating its perception, appreciation and understanding, while respecting as far as possible its aesthetic, historic and physical properties. Documentation consists of the accurate pictorial and written record of all procedures carried out, and the rationale behind them. A copy of the report must be submitted to the owner or custodian of the cultural heritage and must remain accessible. Any further requirements for the storage, maintenance, display or access to the cultural property should be specified in this document.»⁶
- ICOM: «[...] 2.24 Konservierung und Restaurierung der Sammlungen. Das Museum soll den Zustand seiner Sammlungen sorgfältig beobachten, um zu entscheiden, wann ein Objekt oder Exemplar Konservierungs- oder Restaurierungsarbeiten benötigt und den Einsatz eines qualifizierten Konservators/Restaurators erforderlich

3 Siehe dazu auch Edmondson, Ray, *Audiovisual Archiving: Philosophy and Principles*, S. 62, <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001364/136477e.pdf> [16.9.2014]

4 VSA-Kodex ethischer Grundsätze für Archivarinnen und Archivare, <http://www.vsa-aas.org/de/beruf/kodex-ethischer-grundsaezze/> [16.9.2014]; der VSA-Kodex entspricht der deutschen Fassung des Kodex des Internationalen Archivrates ICA

5 AMIA, *Code of Ethics*, <http://www.amianet.org/about/code-of-ethics> [16.9.2014]

6 E.C.O. *Professional Guidelines*, <http://www.ecco-eu.org/about-e.c.o./professional-guidelines.html> [16.9.2014]

macht. Das eigentliche Ziel soll darin liegen, den Zustand des Objekts oder Exemplars zu stabilisieren. Alle Konservierungsverfahren müssen dokumentiert werden und so weit wie möglich reversibel sein; sämtliche Veränderungen am ursprünglichen Objekt oder Exemplar sollen deutlich erkennbar sein. [...]»⁷

- FIAF: «Film archives and film archivists are the guardians of the world's moving image heritage. It is their responsibility to protect that heritage and to pass it on to posterity in the best possible condition and as the truest possible representation of the work of its creators. Film archives owe a duty of respect to the original materials in their care for as long as those materials remain viable. When circumstances require that new materials be substituted for the originals, archives will retain a duty of respect to the format of those originals. [...] 1.4. When copying material for preservation purposes, archives do will not edit or distort the nature of the work being copied. Within the technical possibilities available, new preservation copies shall be an accurate replica of the source material. The processes involved in generating the copies, and the technical and aesthetic choices which have been taken, will be faithfully and fully documented.
- 1.5. When restoring material, archives will endeavour only to complete what is incomplete and to remove the accretions of time, wear and misinformation. They will not seek to change or distort the nature of the original material or the intentions of its creators. [...] 1.7. The nature and rationale of any debatable decision relating to restoration or presentation of archive materials will be recorded and made available to any audience or researcher.
- 1.8. Archives will not unnecessarily destroy material even when it has been preserved or protected by copying.

Where it is legally and administratively possible and safe to do so, they will continue to offer researchers access to nitrate viewing prints when asked to do so for as long as the nitrate remains viable.»⁸

Wie bereits in den drei Grundprinzipien oben [☞ Kap. 4.4] erwähnt, nimmt die Dokumentation jeglicher konservatorischer und/oder restauratorischer Eingriffe und der dazugehörigen Entscheide praktisch in allen Berufsethiken eine zentrale Rolle ein. Auf die Digitalisierung angewendet würde dies bedeuten, dass z. B. sämtliche Massnahmen zur Vorbereitung (Reinigung, Trocknung usw.), praktischen Umsetzung (Eingesetzte Geräte und Software, Signalweg usw.) und Kontrolle (Prüfsummen, Visualisierungen usw.) digitalisierter Filme oder Videos festgehalten und diese Dokumentation mit überliefert werden müssen.

Als Ziel wird in allen Kodizes die Erhaltung der «Substanz» von Dokumenten/Werken ohne unnötige oder von den Absichten oder Möglichkeiten der Urheber/-innen abweichende Eingriffe verstanden, wobei Konservierung Priorität vor Restaurierung hat, falls die Mittel nicht für beides reichen. Als Substanz ist neben künstlerischem Wert sicher auch Integrität, Authentizität und archivarischer Wert (Evidenz) zu verstehen. Eine Digitalisierung geht zwangsläufig über diese reine Erhaltung hinaus und hat wie oben erwähnt einen Einfluss auf die «Substanz» und deren Wahrnehmung. Außerdem können beispielsweise die Integrität und die Authentizität eines Dokuments nach der Digitalisierung nur noch anhand zuverlässiger Metadaten gewährleistet werden.

7 ICOM, *Ethische Richtlinien für Museen von ICOM*, http://www.museums.ch/assets/files/dossiers_d/Standards/ICOM_Ethische_Richtlinien_D_web.pdf [16.9.2014]

8 FIAF, *Code of Ethics*, <http://www.fiafnet.org/uk/members/ethics.html> [16.9.2014]

Originale seien so schonend wie möglich zu behandeln und wenn immer möglich unter geeigneten Bedingungen aufzubewahren, die den (weiteren) Zerfall bremsen. Wie ebenfalls schon erwähnt, ist dieser Schutz ins Verhältnis zu setzen mit dem Ziel des Zugangs und der Nutzbarkeit. Falls die Umstände den Ersatz der Originale durch Kopien erfordern, sollen das Originalformat und dessen Eigenschaften respektiert werden, und auch nach einer Digitalisierung sollen Originale nie ohne Not zerstört werden.

Nachdem in den bisherigen Kapiteln die Grundlagen zu Film, Video und den Fragen im Zusammenhang mit deren digitaler Archivierung dargelegt worden sind, werden im folgenden Kapitel konkretere Einschätzungen und Empfehlungen formuliert.

5.1 Allgemein zur digitalen Archivierung

Für den korrekten Umgang mit analogen wie mit digitalen audiovisuellen Medien braucht es umfangreiches spezialisiertes Wissen und eine spezifische Infrastruktur. Dies natürlich um so mehr, wenn die Digitalisierung und/oder die digitale Langzeiterhaltung in der Institution selbst durchgeführt werden sollen. Daher stellt sich grundsätzlich die Frage, inwieweit die eigenen Kompetenzen und Infrastrukturen erweitert werden können, was als externe Dienstleistung eingekauft werden muss und wo die personellen und finanziellen Grenzen liegen [► Kap. 4.1.1].

Viele Archive verfügen inzwischen über eine Lösung für die digitale Archivierung von Verwaltungsunterlagen und sind beispielsweise an kantonale Archivserver angeschlossen. Dies sind gute Voraussetzungen, aber es darf nicht vergessen werden, dass man es bei Dateien mit audiovisuellen Inhalten mit Datenmengen zu tun hat, die solche für typische Verwaltungsunterlagen oder Textdokumente um ein Vielfaches übersteigen, speziell wenn die Dokumente in empfohlenen Archivformaten vorliegen. Es ist also oft nicht ohne Weiteres möglich, digitales audiovisuelles Material in ein bestehendes digitales Archivsystem zu integrieren. Um die Erfüllung der Anforderungen abzuklären sind folgende Punkte wichtig [► Kap. 4.1]:

1. Quantitative und qualitative Inventarisierung (Gesamtvolumen, Medien, Zustand).
2. Identifikation der Objekte.⁹
3. Inhaltliche Bewertung und konservatorische Priorisierung.

4. Erhaltungskonzept:
 - a. Wahl geeigneter Zielformate (Archivformat sowie Benutzungskopien).
 - b. Wahl der technischen Infrastruktur für die Digitalisierung und die Aufbereitung der Daten.
 - c. Wahl der Speicherlösungen.
5. Erschliessungskonzept: übernommene und Prozessmetadaten, technische und deskriptive Metadaten, Standards usw.
6. Zugangs- und Benutzungskonzept: Findmittel und Infrastruktur für den Zugang und die Benutzung.
7. Erstellen eines Notfallplans mit Risikomanagement. Eignung der baulichen und klimatischen Gegebenheiten überprüfen.
8. Finanzplan (für die Digitalisierung UND die folgende langfristige Erhaltung und Wartung der Daten).

Folgendes ist ebenfalls zu beachten:

- Dem zuständigen Personal muss die Möglichkeit gegeben werden, sich eine Grundkompetenz anzueignen und sich fortlaufend weiterzubilden. Für die detaillierte Ausführung müssen aber Expertinnen und Experten zugezogen werden (IT-Fachleute, Restaurator/-innen usw.).
- Die sich aus der Langzeiterhaltung ergebenden Anforderungen sollen massgebend sein für die Entscheidungsfindung. Genauso wie im finanziellen und personellen Bereich sollte dies für die IT-Technik gelten, die schnell und intensivem Wandel unterworfen ist.

⁹ siehe Memoriav-Empfehlungen (www.memoriav.ch);
Video: <http://www.arts.state.tx.us/video/>; Film: www.filmpreservation.org;
Audio: http://www.fonoteca.ch/yellow/soundCarriers_de.htm,
http://preservation.bavc.org/artifactatlas/index.php/A_V_Artifact_Atlas usw.

- Der Aufbau der Infrastruktur für die Langzeiterhaltung sollte so geplant werden, dass auch bei kurzfristigen finanziellen und personellen Engpässen das Archiv seinen Status quo erhalten kann. In der Industrie können z. B. Fusionen bzw. Aufkäufe von Betrieben zur Vernachlässigung von Archivalien führen.
- Für extreme Einschnitte wie Katastrophen und starke finanzielle Kürzungen sollte ein Notfallplan bestehen.
- Das bestehende Konzept der Langzeiterhaltung muss regelmässig hinterfragt und verbessert werden, da die technischen Rahmenbedingungen einem steten Wandel unterworfen sind.
- Es muss abgeklärt werden, wie sich die Bestände und Sammlungen in der Gedächtnisinstitution entwickeln werden. Raum, Infrastruktur und Notfallpläne müssen auch auf die Prognose des Zuwachses ausgerichtet werden.
- Für die Sicherung der Qualität sind regelmässige Kontrollmechanismen unerlässlich: Dazu gehören die Eingangskontrolle bei der Aufnahme ins Archiv, die Kontrolle während der Verarbeitung der Archivalien sowie die regelmässige Wartung und Kontrolle der Archivdateien.
- Benutzungskopien müssen nicht nach den gleichen Anforderungen aufbewahrt werden wie die digitalen Archivkopien für die Langzeiterhaltung. Sie sollten vor allem an einem anderen Ort gelagert werden bzw. mit einer anderen Infrastruktur zugänglich sein, da sie häufiger und von einem anderen Publikum genutzt werden. Können die genannten Anforderungen und Empfehlungen nicht intern erfüllt werden, so gibt es die Möglichkeit, Medien, für die nicht adäquat gesorgt werden kann, spezialisierten Gedächtnisinstitutionen als Depositum oder Schenkung anzuvertrauen. Der Zugang über digitale Benutzungskopien sollte dabei im Ursprungsarchiv gewährleistet

werden. Es muss eine aktive Kommunikation zwischen Ursprungs- und Empfängerarchiv sowie über Massnahmen und Änderungen betreffend die übertragenen Archivalien stattfinden. Die Benutzungskopien müssen entsprechend aktuell gehalten werden. Formate, die von der eigenen Institution nicht bearbeitet werden können, müssen zur Bearbeitung an externe Dienstleister übergeben werden. Memoriav kann für solche Transaktionen beratend unterstützen.

5.2 Bewertung der häufigsten Datei-/Videoformate und Datenträger

Für eine möglichst hohe Langlebigkeit von Dokumenten sind das Dateiformat und der Datenträger von grosser Bedeutung. Die im Folgenden aufgeführte Bewertung von Datei-, Video- und Trägerformaten wurde von der bereichsübergreifenden Arbeitsgruppe von Memoriav erarbeitet und vom Memoriav-Kompetenznetzwerk Video begutachtet. Sie wurden hinsichtlich der Archivfähigkeit bzw. Eignung zur langfristigen Aufbewahrung vorgenommen und beziehen sich daher nur auf Archivkopien, nicht auf Kopien für die Benutzung oder andere Funktionen; letztere haben andere Anforderungen zu erfüllen als Archivkopien.

Die Bewertung basiert auf den Kriterien des NESTOR-Kompetenznetzwerks Langzeitarchivierung und Langzeitverfügbarkeit digitaler Ressourcen in seinem Handbuch: Eine kleine Enzyklopädie der digitalen Langzeitarchivierung.¹⁰ Die dort angegebenen Anforderungen gelten nicht nur für die Digitalisate, sondern auch für digital vorliegende oder digitalisierte Dokumentationen und die Metadaten.

¹⁰ hg. v. H. Neuroth, A. Oßwald, R. Scheffel, S. Strathmann, K. Huth, *nestor Handbuch: Eine kleine Enzyklopädie der digitalen Langzeitarchivierung*, S. 147 f., http://nestor.sub.uni-goettingen.de/handbuch/nestor-handbuch_23.pdf [19.8.2014]

Bei den in dieser Tabelle erwähnten Codecs handelt es sich um solche, die in Gedächtnisinstitutionen bereits Anwendung finden. Auf andere Codecs, die ebenfalls verlustfrei komprimieren, aber hierzulande (CH) wenig bis gar nicht verbreitet sind, wird hier nicht weiter eingegangen (z. B. HuffYUV, Lagarith, usw.). Die Bewertung wird in drei Stufen ausgedrückt:

Empfohlen: Basierend auf den Kriterien von NESTOR ohne Einschränkung zukünftiger Nutzung langfristig erhaltbar.

Bedingt empfohlen: Unterbindet gewisse Möglichkeiten der zukünftigen Nutzung, ist jedoch aus den jeweils angegebenen Gründen bedingt empfehlenswert.

Nicht empfohlen: Unterbindet wichtige Möglichkeiten der zukünftigen Nutzung und Migration, konkret: verlustbehaftet komprimiert, proprietär, nicht standardisiert, mögliche Obsoleszenz, Träger ungeeignet.

Kategorie	Formate	Datenrate	Arbeitsbereich	Archiv-tauglichkeit	Kommentar
Einzelbilder (nur für Film)	TIFF unkomprimiert (16 bit lin)		Aufnahme, Postproduktion, Archiv	Empfohlen (ohne Layer)	Weit verbreitet, normiert, unkomprimiert; TIFF in 8 bit lin bietet keine genügende Auflösung der Farbtiefe und ist heute angesichts der Verarbeitungs- und Speicherkapazitäten kein empfehlenswerter Kompromiss mehr
	TIFF LZW-Kompression		Aufnahme, Postproduktion	Bedingt empfohlen	Komprimiert, Kompatibilitätsprobleme zwischen verschiedenen Software-Versionen möglich
	DPX (10 bit, 12 bit, 6 bit)		Aufnahme, Postproduktion	Empfohlen	Weit verbreitet, unkomprimiert, Industriestandard (SMPTE 268M-2003); es existieren mehrere Varianten/ Unterkategorien
	JPEG 2000		Postproduktion, Distribution, Archiv	Bedingt empfohlen	Rechenintensiv, Verbreitung noch nicht gewährleistet, nicht vollständig lizenziert
	JPG (skalierbare intra-frame Kompression)		Aufnahme, Postproduktion	Nicht empfohlen	Verlustbehaftete Komprimierung
Videocodecs	DV (nur SD)	25 Mbit/s	Aufnahme, Postproduktion	Bedingt empfohlen	Bedingte Empfehlung aufgrund der grossen Verbreitung als Produktionsformat im Amateur- und im semi-professionellen Bereich
	MPEG IMX (MPEG-2, nur SD)	50 Mbit/s	Aufnahme, Postproduktion	Bedingt empfohlen	Bedingte Empfehlung aufgrund der grossen Verbreitung im Bereich TV
	DVCPro50 (nur SD)	50 Mbit/s	Aufnahme, Postproduktion	Bedingt empfohlen	Geringe Verbreitung, proprietäres Format (nur von Panasonic unterstützt)
	DVCPro100 (nur HD)	100 Mbit/s	Aufnahme, Postproduktion	Bedingt empfohlen	Geringe Verbreitung, proprietäres Format (nur von Panasonic unterstützt)
	10 bit-4:2:2-uncompressed (z. B. v210)	SD: 207 Mbit/s HD: 1,04 Gbit/s	Postproduktion, selten Distribution, Archiv	Empfohlen	Mit Farbunterabtastung [▶ Kap. 3.2.3.2], Verbreitung v. a. im musealen Kontext
	10 bit-4:4:4-uncompressed (z. B. v410, nur HD)	1,56 Gbit/s	Postproduktion, selten Distribution, Archiv	Empfohlen	Analog zu HDCam SR
	8 bit-4:2:2-uncompressed (z. B. YUY2 oder zyuy)	SD: 165 Mbit/s HD: 830 Mbit/s	Postproduktion, selten Distribution, Archiv	Empfohlen	Mit Farbunterabtastung [▶ Kap. 3.2.3.2], Verbreitung v. a. im musealen Kontext
	H.264 / AVC (Advanced variabel Video Coding)		Produktion, Distribution	Nicht empfohlen	Kein einheitlicher Standard; siehe ergänzende Hinweise unten!

Kategorie	Formate	Datenrate	Arbeitsbereich	Archiv-tauglichkeit	Kommentar
	Apple ProRes	SD: 30–62 Mbit/s HD: 100–250 Mbit/s	Postproduktion	Nicht empfohlen	Kein einheitlicher Standard, unterschiedliche ProRes-Codecs vorhanden (wie Standard, LT, HQ, Proxy, 444), proprietäres Format der Firma Apple
	XDCam HD (MPEG-2)	50 Mbit/s	Aufnahme, Postproduktion	Bedingt empfohlen	Bedingt empfohlen, weil als Aufnahmeformat bei TV-Stationen ein Standard und daher stark verbreitet
	FFV1 (ab Version 3)	variabel	Archiv	Empfohlen	Explizit für Archivzwecke entwickelter, verlustfrei komprimierender Codec
	Avid-Codecs (DNxHD)	SD: 146–186 Mbit/s	Postproduktion	Nicht empfohlen	Kein einheitlicher Standard, unterschiedliche Avid-Codecs vorhanden, proprietäres Format der Firma Avid
	REDCODE RAW Familie, eng an JPEG 2000 angelehnt (nur HD)	HD: 224–336 Mbit/s	Aufnahme	Nicht empfohlen	Langzeitkompatibilität ungewiss
Container (Video)	MJPEG2K (Motion JPEG2000)	n. a.	Archiv	Bedingt empfohlen	Explizit für Archivzwecke entwickelt, jedoch lediglich bedingte Empfehlung, weil nur wenige und teure Implementierungen existieren, gewisse proprietäre Teile enthalten sind und eine sehr hohe Rechenleistung für das Erstellen und Lesen des dafür vorgesehenen Codecs JPEG2000 erforderlich ist
	MP4	n. a.	Distribution	Bedingt empfohlen	Sehr verbreiteter Container, für H.264 konzipiert, kann aber auch andere Codecs aufnehmen; ISO-zertifiziert
	IMF (Interoperable Master Format)	n. a.	Postproduktion / Distribution	Bedingt empfohlen	Sehr flexibler und vielversprechender Container, aber weder im Archiv- noch in anderen Bereichen der Filmproduktion und Auswertung stark verbreitet; er hat aber Potential, falls die Industrie es portiert und eine Archivsubvariante definiert und standardisiert wird
	MKV (Matroska)	n. a.	Archiv	Empfohlen	Ist Open Source und wurde explizit für Archivzwecke entwickelt; wird heute in Kombination mit FFV1 sehr aktiv von einer internationalen Fachgemeinschaft genutzt und weiterentwickelt, u. a. wird dessen Standardisierung vorbereitet

Kategorie	Formate	Datenrate	Arbeitsbereich	Archiv-tauglichkeit	Kommentar
	MOV (QuickTime File Format)	n. a.	Postproduktion / Distribution	Bedingt empfohlen	Sehr verbreiteter, proprietärer Container von Apple, der verschiedene Codecs aufnehmen kann. Vorbehalte, weil Apple das Format im Lauf der Zeit wesentlich verändert hat (jüngere Versionen lehnen sich z. B. an MP4 an) und den spezifischen Quicktime-Player für Windows-Betriebssysteme nicht weiter unterstützt
	AVI (Audio Video Interleave)	n. a.	Postproduktion / Distribution	Bedingt empfohlen	Sehr verbreiteter, proprietärer (Microsoft) Container, der verschiedene Codecs aufnehmen kann. Vorbehalte, weil beim Rewrapping von anderen Containern in AVI Metadaten wie z. B. das ursprüngliche Erstellungsdatum, Timecode verloren gehen können
	MXF (Material Exchange Format)	n. a.	Postproduktion / Distribution / Archiv	Empfohlen	Ein flexibler Standard im Broadcastbereich, kann z. B. auch Text- oder XML-Dateien mit Metadaten mit verpacken, ist aber gleichzeitig komplex und etwas schwieriger handhabbar als andere Container
	DCP (Digital Cinema Package)	n. a.	Postproduktion / Distribution	Bedingt empfohlen	Kein eigentlicher Container, sondern eine definierte Folderstruktur, die die Medien in einem MXF-Container enthält; die Spezifikationen geben eine starke, verlustbehaftete Kompression vor und oft wird eine Verschlüsselung verwendet, welche die Handhabung bei der Archivierung wesentlich erschwert
Streamingformate					Sind reine Distributionsformate, die mit proprietären, verlustbehafteten Kompressionen arbeiten (z. B. Flash, WebM, MPEG-4); als Archivkopien ungeeignet
Videokassetten					Physische Videobänder können heute als obsolet betrachtet und als Archivformat grundsätzlich nicht mehr empfohlen werden. In Ausnahmefällen (bestehende Workflows und Infrastruktur etc.) können die unten aufgeführten Bandformate noch verwendet werden, innerhalb von spätestens 10 Jahren muss die bandbasierte Archivierung aber abgelöst sein

Kategorie	Formate	Datenrate	Arbeitsbereich	Archiv-tauglichkeit	Kommentar
Optische Datenträger für Video	DVCam	25 Mbit/s	Aufnahme, Postproduktion	Siehe oben	Bedingte Empfehlung aufgrund der grossen Verbreitung als Produktionsformat im Amateur- und im semiprofessionellen Bereich
	Digital Betacam (nur SD)	126 Mbit/s	Aufnahme, Postproduktion, Archiv	Siehe oben	Empfehlung als Übergangslösung in Alternative zu 10 bit-4:2:2-uncompressed Dateien in SD, wenn Gedächtnisinstitutionen Infrastruktur und Know-how für die Langzeiterhaltung von Dateien fehlen. Immer noch grosse Verbreitung, aber Dauer der Unterstützung gemäss Ankündigung des Herstellers Sony nur noch bis 2023
	HDCam SR (nur HD)	440/880 Mbit/s	Aufnahme, Postproduktion	Empfohlen	Empfehlung im Aufzeichnungsmodus mit 4:4:4-Abtastung als Übergangslösung in Alternative zu 10bit-4:4:4-uncompressed HD Dateien, wenn Gedächtnisinstitutionen Infrastruktur und Know-How für die Langzeiterhaltung von Dateien fehlen. Dauer der Unterstützung durch Hersteller Sony nur noch bis 2023
Unspezifische Speichermedien	DVD	4–9 Mbit/s	Distribution	Nicht empfohlen	Datenträger eignen sich nicht für die Archivierung
	BluRay	ca. 36 Mbit/s	Distribution	Nicht empfohlen	Datenträger eignen sich nicht für die Archivierung
	XDCam		Aufnahme	Nicht empfohlen	Datenträger eignen sich nicht für die Archivierung
	M-DISC		Archiv	Nicht empfohlen	Medien aufgrund der Datendichte und Speicherkapazität nicht für AV geeignet und Zukunft der Produktion von Lese-geräten unsicher
	ODA (Sony)		Archiv	Nicht empfohlen	Neuerscheinung auf dem Markt, entwickelt als Archivformat, bisher noch keine Erfahrungsberichte
	HDD			Bedingt empfohlen	Voraussetzungen: Mehrfachkopien an unterschiedlichen Standorten, Auswahl geeigneter Schnittstellen; erwartete Lebensdauer von 3 Jahren
	RAID			Empfohlen	Empfohlen unter der Voraussetzung, dass es weitere Sicherungskopien auf anderen Systemen gibt

Kategorie	Formate	Datenrate	Arbeitsbereich	Archiv-tauglichkeit	Kommentar
	SSD			Nicht empfohlen	SSD-Speicher hängt von extrem kleinen Materialstrukturen ab, welche sowohl im Normalbetrieb wie auch durch äussere Einflüsse verhältnismässig rasch an die Grenze der Belastbarkeit gebracht wird und entsprechend schlecht altern; daher für langfristige Speicherung ungeeignet
	LTO (6 und 7)			Empfohlen	Format von Konsortium unterstützt, ab LTO-5 LTFS als Standard für das Beschreiben möglich; TO-45 sollte zeitnah migriert werden, LTO-1 bis LTO-34 sollten unverzüglich migriert werden
	DLT			Nicht empfohlen	Veraltet

5.2.1 Ergänzende Hinweise zu MPEG-4

Der Container MP4 und der Codec H.264 werden oft mit stark (verlustbehaftet) komprimierten Dateien in Verbindung gebracht, die für das Internet optimiert sind. MPEG-4/H.264 kann aber nicht nur sogenannt «visually lossless»-komprimierte und die am häufigsten eingesetzten, sogenannte «lossy»-komprimierten Daten enthalten, sondern auch nicht komprimiertes Y'CbCr 4:2:2. Letzteres wird allerdings nur in seltenen Fällen gemacht, wäre aber in dieser Konfiguration durchaus als Archivformat tauglich.

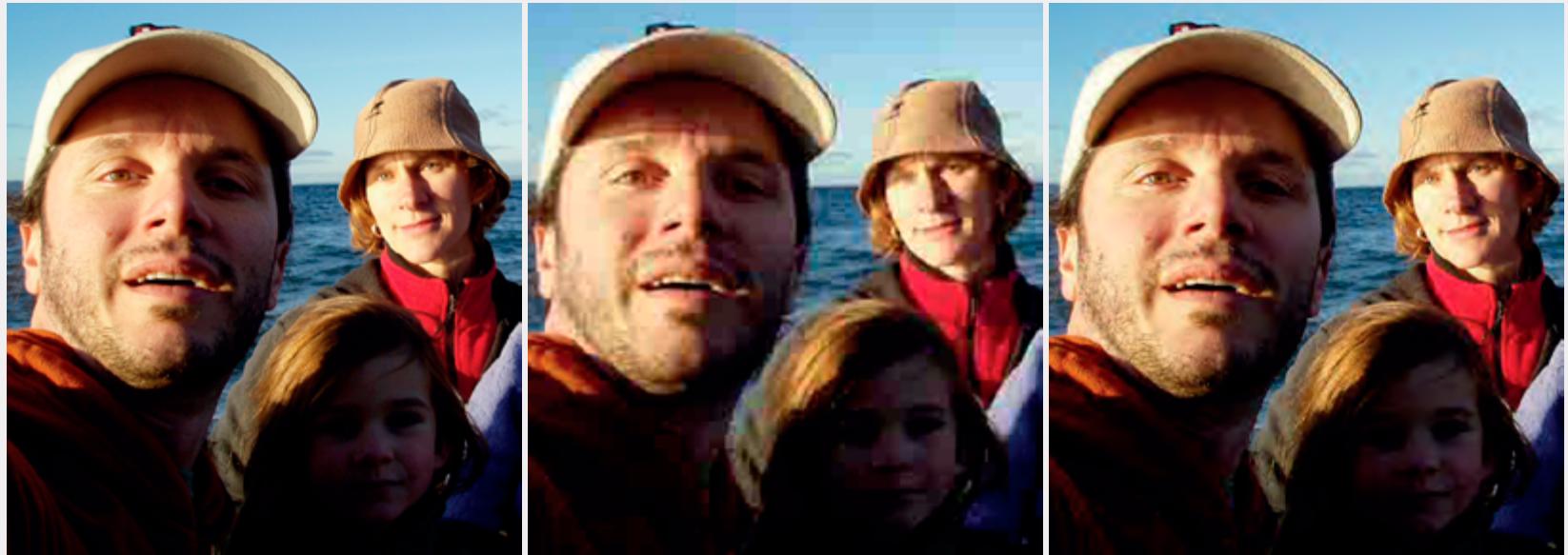
5.2.2 Ergänzende Hinweise zu MJ2K und FFV1

Der im Kern Open Source Codec JPEG 2000 (J2K) bzw. der Container Motion JPEG 2000 (MJ2K) findet immer mehr Verbreitung in der Archivierung, wofür sie speziell entwickelt wurden. Es handelt sich um ein komprimiertes Dateiformat mit Intraframe-Kompression, basierend auf der Wavelet-Kompressionstechnik. Die Wavelet-Kompression liefert bei gleicher Verringerung der Datenmenge visuell bessere Resultate als die herkömmliche räumliche JPEG-Kompression und kann wahlweise unkomprimiert, verlustfrei komprimiert oder verlustbehaftet komprimiert angewendet werden. Die verlustfreie Kompression verringert die Dateigrößen um durchschnittlich die Hälfte. Dies ist eine vergleichsweise mässige Verringerung. Gleichzeitig ist die nötige Rechenleistung zur Durchführung der Kompression und zum Abspielen der komprimierten Dateien sehr hoch. Diese Tatsache und das Fehlen von anwenderorientierten Applikationen haben die Verbreitung des Codecs bis anhin behindert. Auch die standardisierte Implementierung (und damit die Kompatibilität zwischen verschiedenen Applikationen) ist mindestens in Frage gestellt. Es ist daher bis dato nicht klar, ob sich dieses Dateiformat in Gedächtnisinstitutionen wirklich durchsetzen wird [Abb. 13, Seite 54]. Der J2K-

Codec wird dagegen bei der Erstellung von Projektions-elementen für das Kino nach dem internationalen Standard ISO/IEC 15444-1 mit verlustbehafteter Kompression verwendet. Projektionselemente werden als sogenannte Digital Cinema Packages (DCPs) ausgeliefert. Da diese Elemente heutzutage Archiven oft als einziges Archivelement angeboten werden, zwingt sich eine Auseinandersetzung mit dem Codec in dieser Form auf. Es ist wichtig festzuhalten, dass DCPs eigentlich nicht archivtauglich sind. Die angewendete J2K-Komprimierung ist wie erwähnt verlustbehaftet, es fehlen wichtige Metadaten und DCPs sind im Allgemeinen mit einem digitalen Sicherheitsschlüssel versehen, um Urheber- und Nutzungsrechte zu kontrollieren (DRM, Digital Rights Management). Verfügt man nicht über den Schlüssel oder läuft dieser nach einer gewissen Zeit ab, so sind die Daten selbst in tadellosem Zustand nur unter erschwerten Bedingungen nutzbar.

Die wichtigste Alternative zu MJ2K für die verlustfreie Kompression ist der für die Archivierung entwickelte und zunehmend in Gedächtnisinstitutionen eingesetzte Codec FFV1. Dieser Open-Source-Codec eignet sich bestens zur Archivierung von Videodateien, Ingests ab digitalen Tape-formaten und Digital Born Dateien. Videos werden meist als einzelne grosse Dateien abgespeichert, die den Bilder-stream enthalten. Filme werden hingegen oft als Serien von Einzelbildern digitalisiert und gespeichert [Kap. 5.4.2 Speicherung als Serien von Einzelbildern]. Für die Nutzung von FFV1 im Container Matroska (FFV1/MKV) gibt es in diesem Fall zwei Optionen:

- 1) Jedes Einzelbild wird in FFV1 transcodiert und in einen Matroska-Container verpackt. Jede Datei enthält die Prüfsumme für das Bild als Metadatum. Man erhält dabei so viele MKV-Dateien wie es Einzelbilder gibt. Ton und Untertitel etc. müssen separat gespeichert werden.



Originalbild, TIFF
Dateigrösse 100 %

Starke JPEG-Komprimierung
Dateigrösse 5 %
Räumliche Kompression. Nebeneinander liegende, farblich ähnliche Bildanteile werden blockweise zu einer Farbe gemittelt.

Starke JPEG-2000-Komprimierung
Dateigrösse 3 %
Über komplexe rechnerische Prozesse, Wavelett-Transformation genannt, werden transformierte Werte produziert und zusammengefasst, was eine Datenreduktion erzeugt. Die visuellen Auswirkungen sind bei gleicher Datenreduktion merklich kleiner.

Abb. 13: Visuelle Konsequenzen der JPEG- und der JPEG-2000-Kompression.

- 2) Die Einzelbilder werden in einen FFV1-Stream umcodiert und dieser Stream wird mit Ton und UT etc. in einem Matroska-Container verpackt. Man erhält eine MKV-Datei mit einem Videostream und einer Prüfsumme. Dies vereinfacht die Bespielung von LTO-Bändern, kann aber für die Weiterarbeitung erschwerend sein.

Die Verwendung von FFV1/MKV kann für Archive besonders auch deshalb interessant sein, weil damit Film und Video in der gleichen Form digital archiviert werden kann. Außerdem erleichtert diese Vorgehensweise auch die Herstellung von Benutzungskopien von Filmdokumenten, weil (bei der zweiten Option) bereits ein Stream besteht, der schneller als Einzelbilder in geeignete Benutzungsformate transcodiert werden kann.

Mit der Verwendung von FFV1/MKV für die Archivierung von Film erhält man außerdem ca. 30 % der Datenmenge und einen Bruchteil der Anzahl Dateien. Dadurch gewinnt man sehr viel Zeit beim Lesen (Öffnen) und Schreiben (Speichern) derselben.

Gewisse Mängel von FFV1, die für die digitale Archivierung relevant sind, sind der Entwicklergemeinschaft bekannt und es wird daran gearbeitet, dass künftige Versionen von FFV1 ohne diese Mängel entstehen. Da es sich um Open-Source-Entwicklung handelt, können spezifische Ansprüche auch in Form von Aufträgen an die Community angegangen werden.

Oft verhindert das Fehlen anwenderfreundlicher Implementierungen die weitere Verbreitung der Verwendung dieser Art von Codecs, was wiederum eine Empfehlung für die Anwendung in der Archivierung einschränkt. Entweder sind dafür vertiefte IT-Kenntnisse erforderlich, oder die Industrie nimmt diese Codecs und Formate in ihre Produktepalette auf. Ob sich auf die Archivierung ausgerichtete Formate auf diese Weise durchsetzen, hängt auch davon

ab, ob sich wichtige und genügend Gedächtnisinstitutionen für deren Verwendung entscheiden.

MJ2K oder J2K in MXF wird in folgenden bedeutenden Gedächtnisinstitutionen eingesetzt: Library of Congress, Washington; Cinematheque Royal, Brüssel; Stadtarchiv Lausanne; Institut national de l'audiovisuel (INA), Bry-sur-Marne

Folgende (Gedächtnis-)Institutionen haben sich für FFV1 entschieden: Archiv für Zeitgeschichte, Zürich; Schweizer Tanzarchiv, Zürich; Museum für Kommunikation, Bern; weitere Institutionen weltweit sind [hier](#) aufgelistet.

Mit unkomprimierten Dateiformaten arbeitet z. B. die Tate, London

Diese Liste ist nur beispielhaft und bei Weitem nicht vollständig.

5.2.3 Formatempfehlungen für Filme

Mit Ausnahme von 16-mm-Negativ- und Umkehrfilmen kann für Schmalfilme die Digitalisierung in HD-Auflösung empfohlen werden, die heute relativ kostengünstig ausgeführt werden kann; idealerweise stellt man uncompressed-Dateien in HD 1080 p/25 mit Farbraum YUV 4:2:2 und Farbtiefe 10 bit her. Dies entspricht den heutigen Ansprüchen für die professionelle Produktion und darf für die Archivierung als zukunftssicher gelten. Es ist allerdings zu beachten, dass dabei sehr grosse Datenmengen entstehen, die beträchtliche wiederkehrende Kosten für die Datenpflege mit sich bringen.

Für 16-mm-Negativ- und Umkehrmaterial ist die HD-Qualität nicht empfehlenswert. Die Digitalisierung in 2K (2048 × 1556) mit Farbraum RGB 4:4:4 und einer Farbtiefe von 10 oder 12 bit logarithmisch oder 16 bit linear ist die minimale Anforderung für die digitale Wiedergabe des analogen Originals. Dieser Prozess ist heute jedoch wesentlich teurer als die Digitalisierung in HD und auch die Datenpflege ist komplexer.

Für hochqualitative Abtastungen sind heute DPX- oder TIFF-Einzelbilddateien (in Folder, MXF oder TAR) weit verbreitet und entsprechen einem Industriestandard; als Alternative dazu wären die Videodateien FFV1 in MKV oder MJ2K in MXF zu empfehlen [▶ Kap. 5.2.2 und 5.4.2].

35-mm-Positivkopien erfordern ebenso die Abtastung in zumindest 2K-Auflösung und für 35-mm-Negative wird 4K oder mehr empfohlen. Höhere Auflösungen und grössere Farbtiefe sind je nachdem zwar wünschenswert, kommen heute aber wegen der hohen Kosten nur in Ausnahmefällen in Betracht (z. B. bei besonders wertvollen Elementen oder Kameranegativen).

5.2.4 Formatempfehlungen für Videos

Für die Digitalisierung mit dem Ziel der digitalen Archivierung von Video hat sich weltweit kein einheitlicher Standard etabliert. Vielmehr sind sich Fachleute immer mehr einig, dass die Wahl von Codec, Container und technischen Parametern (Datenrate, Bildauflösung etc.) kontextabhängig (Erhaltungskonzept, Nutzungskonzept etc.) bleiben wird. Im Folgenden sollen daher verschiedene mögliche Kontexte mit konkreten Empfehlungen und Bemerkungen für die Formatwahl dargestellt werden. Es handelt sich um stark vereinfachte Szenarien, die in beliebiger Variation und Kombination auftreten können und nicht alle Möglichkeiten abdecken können. Sie sollen als Eckpunkte der Orientierung dienen. Es wird davon ausgegangen, dass ein Format gewählt werden muss, also weder ein bereits vorhandenes archiviert werden kann, noch bereits ein archivinterner Standard definiert ist.

Beispiel 1: Dokumentarischer Charakter

Ein Archiv will den rein dokumentarischen Inhalt einer grösseren Sammlung von VHS-, BetaSP- und MiniDV-Kassetten

digitalisieren bzw. in Dateien umwandeln (lassen); die Ansprüche an die Erhaltung technischer und visueller Charakteristiken (z. B. Farbwiedergabe) sind verhältnismässig bescheiden, es geht primär um die Erhaltung des vermittelten Inhalts, nicht des visuellen Eindrucks. Auch ist nicht vorgesehen, die Videodokumente für neue Produktionen oder anspruchsvolle Ausstellungen zu verwenden. Ausserdem ist das Archiv nicht auf AV-Unterlagen spezialisiert und verfügt weder über spezialisiertes Personal noch besondere Infrastrukturen und finanzielle Mittel für die besonderen Ansprüche der digitalen Archivierung von AV-Unterlagen.

In einem solchen oder vergleichbaren Fall könnte die Digitalisierung in DV PAL und digitale Archivierung als DV-Dateien oder MXF-Dateien (DV-Datei plus Metadaten) empfohlen werden mit dem Hinweis, dass DV mit einer starken Kompression arbeitet, welche zu Informationsverlusten führt und – je nach Zustand der Originale – Artefakte produziert, die mit überliefert werden. Die Vorteile von DV sind die weite Verbreitung, von SMPTE standardisierte Spezifikationen, einfacher Umgang, der es dem nicht spezialisierten Archiv erlaubt, selber mit den Archivkopien umgehen zu können. Ausserdem erhält man verhältnismässig leichte Files, die Datenmenge ist für Video relativ gering (ca. 13GB/Std.).

Beispiel 2: Kompromisslose Lösung

Als zweiten Fall kann die Archivierung z. B. von Videokunst skizziert werden. Unabhängig vom originalen Trägermedium sollen die Werke ohne jeden Verlust langfristig erhalten werden. Es handelt sich nicht um riesige Mengen an Werken, aber deren absolut werkgetreue Wiedergabe (insbesondere die audiovisuelle Erscheinung) hat oberste Priorität, weshalb Abtastrate, Bildwiederholfrequenz, Farbsampling, Scanning Methode (interlaced vs. progressiv) dem Original entsprechen sollen.

In diesem Fall können 8- oder 10bit-4:2:2-uncompressed (v210) oder 10bit-4:4:4-uncompressed (v410, für HD) als Codecs empfohlen werden, je nach vorhandener/geplanter Infrastruktur in Containern wie MXF, MKV oder MOV. Dabei wird die Datenmenge verhältnismässig gross (100–780 GB/Std.) und die erheblichen Datenhaltungskosten müssen sehr gut geplant werden. Man hat es dagegen mit fertig entwickelten, etablierten Standards zu tun, die technisch verhältnismässig einfach und wenig anspruchsvoll sind.

Beispiel 3: Progressiver Kompromiss

In einem dritten Fall will ein Archiv auf DigiBeta oder HDCam vorliegende Videoaufnahmen migrieren und Dateien für die Archivierung herstellen (lassen). Die Ansprüche an die Videodateien sind etwas höher, Informations- und Bildqualitätsverluste der qualitativ sehr guten Aufnahmen sollen vermieden werden, um künftige Nutzungsmöglichkeiten nicht einzuschränken. Die finanziellen Mittel für die digitale Archivierung sind aber sehr begrenzt und erfordern eine Lösung, bei der die Datenmenge ein sehr kritischer Faktor ist.

In diesem Fall könnten verlustfrei komprimierende Codecs wie FFV1 (Version 3) oder MJ2K (lossless) empfohlen werden, mit denen die Datenmenge auf bis zu einen Drittelp reduziert werden kann, ohne Informationen zu verlieren (ca. 30–50 GB/Std.). Man muss sich bei der Wahl dieses progressiven Kompromisses bewusst sein, dass diese Codecs im Moment noch verhältnismässig viel spezialisiertes Wissen (Open Source Software) und für MJ2K viel Rechenleistung erfordern und deren Entwicklung noch in Gang ist; es muss daher für einen solchen Entscheid gewährleistet sein, dass entweder spezialisiertes Personal vorhanden ist oder/und ein sehr gutes Verhältnis zum/r externen Anbieter/in etabliert ist.

Wenn diese Voraussetzung erfüllt ist, kann man FFV1 beispielsweise in einem MKV-Container heute empfehlen. MJ2K in MXF kann empfohlen werden, falls die nötige Infrastruktur (sehr leistungsfähige Soft- und Hardware) vorhanden ist.

5.2.5 Empfehlungen für Benutzungskopien (Film und Video)

In den vorangehenden Kapiteln sind die Empfehlungen für Archivkopien von Filmen und Videos angegeben. Für Benutzungskopien gelten andere Ansprüche als an Archivkopien (▶ Kap. 3.3.6.3 Benutzungsformat). Entsprechend der grossen Vielfalt an Benutzungsweisen und technischen Möglichkeiten gibt es sehr viele unterschiedliche Lösungen. Daher werden im folgenden eher Minimalansprüche aufgezeigt als Empfehlungen gemacht.

Für den Vertrieb und die Vorführung in Kinos, die Ausstrahlung im Fernsehen, Projektionen oder die Konsultation (Streaming, Download) via Web sind sehr unterschiedliche Formate in sehr unterschiedlicher Qualität ideal; es sollte eine Lösung (Dateiformat, Codec, Auflösung, Seitenverhältnis, Datenträger) gewählt werden, welche den spezifischen Ansprüchen genügt und die gut zur vorhandenen Infrastruktur passt.

Mindestansprüche an ein Benutzungsformat sind:

- korrekte Abspielgeschwindigkeit
- korrektes Bildverhältnis
- dem vorgesehenen Kontext genügende Auflösung (je nach Grösse der Sichtung und Relevanz von Details)

Im Moment sind DVDs noch sehr verbreitet als Träger für Benutzungskopien. Es zeichnet sich aber klar ab, dass deren Zeit bald abgelaufen ist (Verkaufszahlen gehen dramatisch zurück, neue Computer verfügen standardmässig über keine Schreib-/Lesegeräte mehr).

Als konkretes Beispiel können die Anforderungen der Memobase¹ für das Streaming Format von Videodokumenten genannt werden. Memobase funktioniert optimal² mit:

- Format MPEG-4 («moov»-Atom an Anfang der Datei setzen, um den Schnellstart und das Vorspringen über den bereits geladenen Bereich hinaus im Video zu ermöglichen)
- Video Codec H.264 (avc1)
- Audio Codec AAC
- Datenrate zwischen 500 Kb/s und 2Mb/s
- Auflösung zwischen 360 p (16:9) und 480 p (4:3) (Die Breite des Playerfensters in Memobase beträgt 640 Pixel. Grösser oder kleiner aufgelöste Bilder werden automatisch skaliert. Der anwählbare Vollbildmodus skaliert die Bilder entsprechend der Auflösung des Monitors/Displays/Projektors.)

5.3 Dateiablage und langfristige Speicherung

5.3.1 Namenskonventionen

Die Dateibezeichnung setzt sich zusammen aus dem Dateinamen und der Dateinamenserweiterung, die mit einem Punkt voneinander getrennt sind. Namenskonventionen ermöglichen nicht nur die systematische Ablage von Daten, sondern erleichtern auch einen effektiven und sicheren Austausch im Team und mit externen Partnerinnen und Partnern. Die Dateinamenserweiterung (Beispiele: *.pdf, *.docx, *.avi etc.) indiziert den Dateitypen. Das Einblenden der

Dateinamenserweiterung im Dateiverwaltungsprogramm ist bei einigen Betriebssystemen optional.

Wichtigste Kriterien sind, dass die Dateinamen keine Umlaute, Satzzeichen, Leerschläge oder sonstige Sonderzeichen enthalten, weil diese als Steuerzeichen in gewissen Codes eingesetzt werden und daher die Gefahr besteht, dass die Dateien vom System falsch interpretiert werden (Bindestriche und Underscores sind davon ausgenommen und können problemlos verwendet werden).

Um eine Kompatibilität zwischen verschiedenen Benutzern zudem mit diversen Anwendungen (z. B. E-Mail-Programmen oder optischen Datenträgern formatiert gemäss ISO 9660) zu gewährleisten, sollte der Dateiname inkl. Dateikürzel insgesamt 31 Zeichen nicht überschreiten. Dateipfade (Zeichenkette, die Speicherort und Dateinamen umfasst) sollten eine Gesamtlänge von 255 Zeichen nicht überschreiten (dies gilt insbesondere für NTFS-formatierte Festplatten).

5.3.2 Speicherung: zum Beispiel LTO

[ Kap. 4.3.7] Um unnötige Migrationen zu vermeiden, kann empfohlen werden, entweder die geraden oder die ungeraden Generationen zu berücksichtigen, aber nicht beide, was erhebliche Kosten ohne zusätzlichen Nutzen mit sich bringen würde.

Ungerade Generationen:

- Neue Sicherungen (bei bereits vorhandener Infrastruktur) auf LTO-5 oder (bei Neuanschaffungen) auf LTO-7 realisieren.
- Noch vorhandene Bänder der Generation 1 und 3 sollten dringend migriert werden, und zwar unmittelbar auf die Generation 5 oder 7 (siehe oben).
- Mit der Migration von der Generation 5 auf die Generation 7 kann ebenfalls begonnen werden.

Gerade Generationen:

1 Das Informationsportal Memobase ist ein Kernprodukt von Memoriav, es erlaubt mehrsprachige Recherchen und den Zugriff auf Ton- und Bildbestände, die in Schweizer Institutionen aufbewahrt werden.

2 Abweichungen von diesen Parametern bedeuten nicht, dass in der Memobase entsprechende Videos nicht wiedergegeben werden können. Vielmehr ist das System so ausgelegt, dass alle gängigen Webformate, Codecs und Protokolle unterstützt werden. Diese sollten aber im Einzelfall getestet werden.

- Neue Sicherungen jetzt auf LTO-6 realisieren.
- Mit der Migration von der Generation 4 auf die Generation 6 kann ebenfalls begonnen werden. Die Preise der Gerätschaften und der Bänder sind auf ein für Gedächtnisinstitutionen vertretbares Niveau gesunken, da die Generation 7 auf dem Markt ist.
- Noch vorhandene Bänder der Generation 2 sollten dringend migriert werden, und zwar unmittelbar auf die Generation 6.

Die verschiedenen möglichen Dateisysteme auf LTO haben jeweils ihre eigenen Vor- und Nachteile. Beim Einsatz von LTFS sollte auf die standardmäßig eingeschaltete Kompression verzichtet werden (d. h. diese sollte ausgeschaltet werden), da die Kompressionsalgorithmen oft proprietär sind und damit die Kompatibilität beeinträchtigen.

5.3.3 Kontrolle der Datenintegrität

Digitale Dateien können leicht (und unbemerkt) manipuliert oder korrumptiert/verändert werden. Dies kann manuell und mit oder ohne Absicht passieren, aber auch durch eine mangelhafte Übertragung können Dateien «korrupt» werden. Die Integrität einer Datei lässt sich mit Hilfe von Prüfsummen (engl. checksum) überprüfen. Prüfsummen werden mit Hilfe von sogenannten Hashfunktionen berechnet: Verschiedene Hashfunktionen (to hash, engl. für zerhacken) sind unterschiedlich in ihrer Berechnungsweise und Komplexität sowie auch in ihrer Verbreitung und Anwendung. Für das Generieren und den Einsatz von Prüfsummen gibt es verschiedene Programme. Ihnen allen gemein ist, dass sie immer das gleiche Ergebnis liefern, sofern die geprüfte Datei unverändert ist. Dabei spielt es keine Rolle, auf welchem Betriebssystem die Datei erstellt und ihre Prüfsumme berechnet wurden oder auf welchem Betriebssystem die Datei geprüft wird. Die Prüfsumme ist also eine

Art «Fingerabdruck» der geprüften Datei. Anwendungen wie z. B. ffmpeg erlauben auch die Berechnung von Prüfsummen der Einzelbilder einer Videodatei. Im Bereich Video ist momentan der Message-Digest Algorithm 5 (MD5) vorherrschend, daneben gibt es auch andere wie der Secure Hash Algorithm 1 SHA-1 oder auch SHA-256. Die Prüfsumme sollte möglichst unmittelbar nach der Erstellung der Videodatei generiert werden, um sicherzustellen, dass es sich beim Material um noch unkorrumptierte Dateien handelt (ohne Bit-Rot, ohne Lese- und Schreibfehler). Je nach Anwendung kann es von Vorteil sein, wenn die Videodatei und ihre Prüfsumme immer im gleichen Ordner abgelegt werden, da so eine automatisierte Überprüfung einfacher möglich ist. Im Umgang mit grossen Mengen von Einzelbildern empfiehlt es sich, alle individuellen Prüfsummen in einer Textdatei zusammenzufassen. Der Einsatz von Prüfsummen sollte automatisiert werden, um Fehler bei der Handhabung auszuschliessen.

5.4 Codecs und Transcodierungen

Transcodierungen (Codecumwandlungen) werden im Produktionsablauf eines Videos vorgenommen, um das Dateiformat den Anforderungen des jeweiligen Arbeitsschritts anzupassen. Für die Archivierung gelten Anforderungen, die sich meist nicht mit denjenigen der vorausgegangenen Schritte der Produktion decken. Die Produktion eines audiovisuellen Dokuments liefert also nicht automatisch archivtaugliche Dateien und deren Übernahme kann Transcodierungen erforderlich machen.

5.4.1 Grundsätze der Transcodierung

Codecs haben je nach Kompressionsverfahren bestimmte Eigenschaften, die für bestimmte Anwendungsgebiete optimiert sind. Da unkomprimierte Videodateien sehr grosse

Datenmengen ergeben, ist deren Reduktion durch Kompression ein wichtiges Anliegen, das Kompromisse in Bezug auf die Qualität begründet. Die grössten Kompromisse werden jeweils dort gemacht, wo sie je nach Anwendungsgebiet am wenigsten stören. Bei einer Transcodierung von einem Codec in einen andern kann sich die Kombination der verschiedenen Kompressionsverfahren negativ auf die Daten auswirken. Auch bei gleich bleibender Dateigrösse kann durch die Transcodierung Bildinformation verloren gehen, wenn Codecs unterschiedliche Verfahren der Datenreduktion anwenden [▶ Abb. 14, Seite 61].

Transcodierungen im Archivbereich dienen hauptsächlich dazu, nicht (mehr) archivtaugliche Originaldateien in archivtaugliche umzuwandeln. Je nach Erhaltungskonzept kann auch die Reduktion auf möglichst wenige Dateiformate ein Ziel von Transcodierungen sein. Ein Archiv kann aber auch mehrere Dateiformate für unterschiedlich prioritäre Klassen von Videodateien festlegen; Elemente höchster Priorität

würden so z. B. unkomprimiert gespeichert und solche niedrigerer Priorität in einem platzsparenden Dateiformat, das aber dennoch für die Archivierung tauglich ist.

Transcodierungen können auch so lange hinausgeschoben werden, bis sie (z. B. wegen Obsoleszenz) unumgänglich werden, um unnötige Migrationen zu vermeiden; die letzte Option hängt stark von der systematischen und konsequenten Überwachung der technischen Entwicklungen ab.

Ein weiteres klassisches Beispiel der Transcodierung ist die Umwandlung zwischen PAL- und NTSC-Fernsehnormen. Dabei muss sehr viel geändert werden:

DV PAL z. B. hat die Unterabtastung 4:2:0 mit einem Bild von 720×576 rechteckigen Pixeln im Seitenverhältnis 16:9, während DV NTSC die Unterabtastung 4:1:1 mit einem Bild von 720×480 rechteckigen Pixeln im Seitenverhältnis 8:9 hat.

Auch die Bildfrequenz (50 vs. 60 Halbbilder pro Sekunde) muss geändert sowie der Farbraum angepasst werden.

Zusammenfassend gelten die im Folgenden angegebenen Empfehlungen.

Es sollten möglichst wenig Transcodierungen vorgenommen werden (lange Migrationszyklen), um möglichst wenig Probleme zu verursachen. Jedes Transcodieren kann Artefakte hervorrufen, die Problematik ist den Generationenproblemen aus dem analogen Videobereich ähnlich.

Transcodierungen sollten gut dokumentiert und in den Metadaten festgehalten werden, da diese Informationen bei späteren Transcodierungen zur Vermeidung oder zur Behebung von Problemen verwendet werden können. Bei der Übernahme von digitalen Elementen im Archiv ist die Vorgeschichte der Transcodierungen zumeist leider nicht nachvollziehbar.

Grundsätzlich sollten in Gedächtnisinstitutionen keine Transcodierungen vorgenommen werden, welche die Datenmenge verlustbehaftet (lossy) reduzieren. Bei der Transcodierung in einen Codec mit verlustbehafteter Kompression gehen Informationen verloren, speziell wenn die Datenmenge dabei reduziert wird.

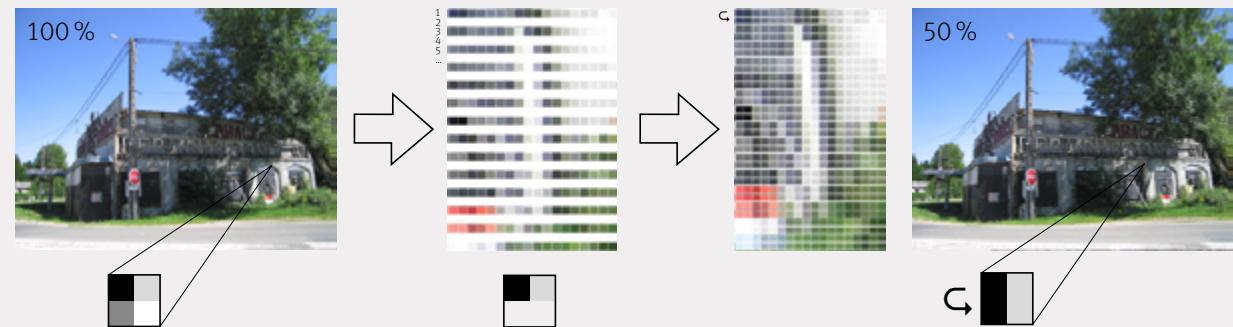
Auch bei der Transcodierung in einen gleichwertigen Codec ist Vorsicht geboten, denn selbst unter Beibehalt der Datenmenge können bei verlustbehafteten Codecs Informationsverluste entstehen, wenn sich die Kompressionsverfahren der Codecs schlecht vertragen.

Die Qualität bestehender Daten kann durch eine Transcodierung in einen Codec mit geringerer Kompression nicht verbessert werden, sie bleibt im besten Fall erhalten. Die Transcodierung in ein weniger stark komprimiertes Dateiformat, kann jedoch die Resultate künftiger Bearbeitungen verbessern und die Archivtauglichkeit erhöhen.

Fiktive Kompression 1 (K1)

Alle geraden Zeilen des Bildes werden gelöscht. In der Darstellung werden die Lücken durch Verdoppelung der ungeraden Zeilen gefüllt.

Das Resultat ist ein Bild mit 50 % der Informationsdichte und 50 % der Dateigröße im Vergleich zum Original.

**Fiktive Kompression 2 (K2)**

Es wird der Durchschnittswert der Farbtöne der jeweils horizontal nebeneinanderliegenden Pixel berechnet. Beide Pixel erhalten diesen Durchschnittsfarbwert. Das Resultat ist ein Bild mit 50 % der Informationsdichte und 50 % der Dateigröße im Vergleich zum Original.

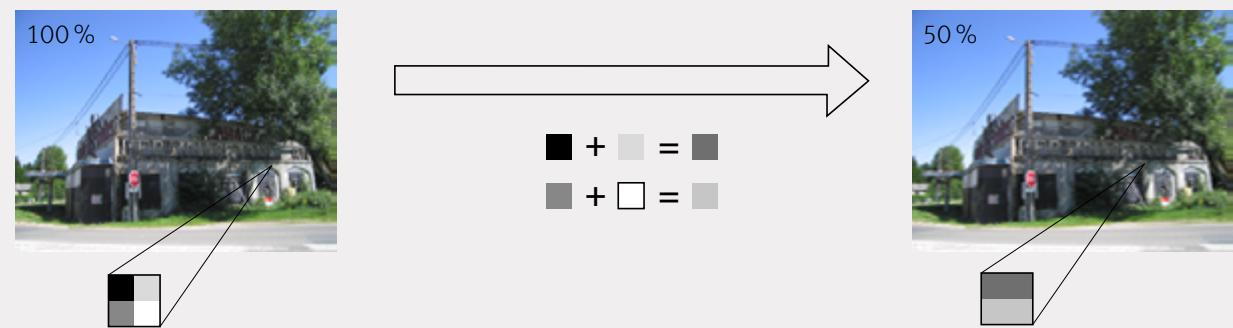
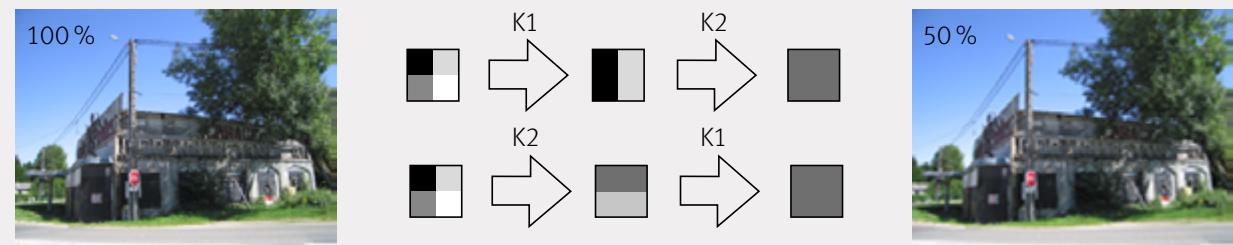
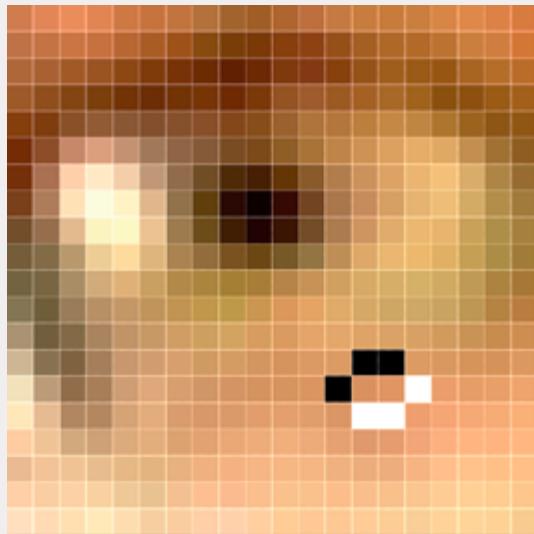
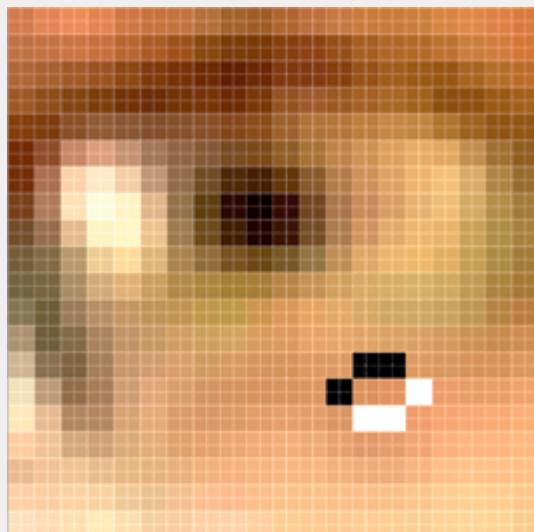
**Anwendung der einen Kompression, dann Transcodierung mittels der andern**

Abb. 14: Abstrahierte Darstellung der Qualitätsprobleme, die durch Transcodierung von Bildern entstehen können. Die Annahme, eine Transcodierung sei problemlos, wenn beide Codecs die Datenmasse ausgehend vom gleichen Original um etwa denselben Wert reduzieren, ist trügerisch. Die Anwendung der zwei Kompressionen in Kaskade führt zu einem dramatischen Informationsverlust. Das resultierende Bild hat eine Informationsdichte von 25 % im Vergleich zum Original, da die Kompressionen unterschiedlich arbeiten und voneinander «nichts wissen». Das hat auch zur Konsequenz, dass die resultierende Dateigröße nach der Transcodierung nicht 25 % des Originals sein wird, sondern 50 %. Das heißt man verliert durch die erneute Transcodierung Information ohne dadurch Speicherplatz einzusparen.

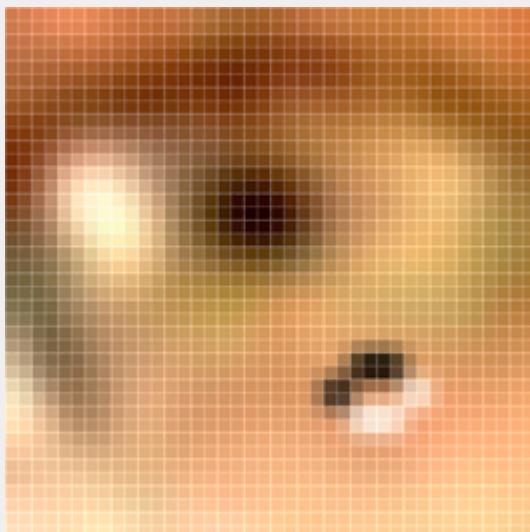
Original: 20×20 Pixel



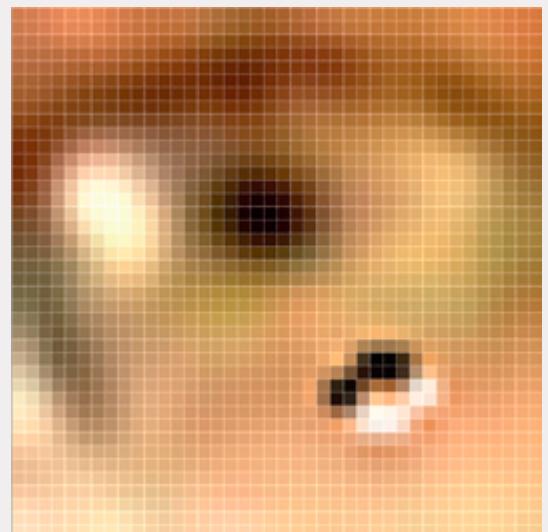
In Photoshop hochskaliert auf 40×40 Pixel unter Anwendung verschiedener Algorithmen
(siehe <https://helpx.adobe.com/de/photoshop/using/image-size-resolution.html>)



Pixelwiederholung



Bilinear



Bikubisch

Abb. 15: Auswirkung von Bildskalierung.

Auch das Hochskalieren von digitalen Bildern in eine höhere Auflösung ist eine Transcodierung. Hochskalierungen von SD- in HD-Auflösung werden im Videobereich oft vorgenommen und als unproblematisch wahrgenommen, da sozusagen nur die Bildfläche vergrössert wird. Es wird angenommen, dass die Bildstruktur erhalten oder sogar verbessert wird und keine Reduktion der Datenmenge stattfindet. Dies ist jedoch ein Trugschluss. Bei einer Hochskalierung ist jedes einzelne Pixel des Bildes betroffen und es werden faktisch Pixel «dazuerfunden». Es gibt unterschiedliche Algorithmen, deren Resultate sich beträchtlich unterscheiden [▶ Abb. Seite 61].

Speziell bei Videokunst muss es das Ziel sein, die Pixelstruktur des Originals durch alle Schritte der Konservierung zu erhalten, genauso wie man bemüht sein soll, die Präsentationsbedingungen eines Werks in einer Ausstellung möglichst originalgetreu zu gestalten.

Speziell problematisch sind Fälle, wo Bildmaterial in SD-Auflösung auf HD-Auflösung hochskaliert und dann so stark komprimiert wird, dass die HD-Datei kleiner als die ursprüngliche SD-Datei ist. In diesem Fall wird die Bildstruktur erst durch die Skalierung und dann noch einmal durch die Kompression massiv und unwiderruflich verändert.

5.4.2 Speicherung als Serien von Einzelbildern

35-mm-Langfilme sind durch die beschränkte Länge von Filmrollen in Akte unterteilt. Die maximale Länge einer Rolle für die Projektion betrug in der Frühzeit des Kinos bis zu 305 m, was bei einer Abspielgeschwindigkeit von 24 Bildern pro Sekunde einer Laufzeit von ca. 10 Minuten und ca. 16 000 Bildern entspricht. Ab den frühen 1930er-Jahren wurden grössere Rollen von bis zu 610 m eingeführt, was ca. 32 000 Bildern entspricht. Nach der Digitalisierung behält man grundsätzlich die gegebene Unterteilung in Akte als

Serien von Einzelbildern in Dateiordnern bei und erhält pro Film je nach Gesamtlänge eine Serie von Dateiordnern, die diesen Akten bzw. den Filmrollen entspricht. Prüfsummen können entweder pro Ordner oder pro Einzelbild erstellt werden. In beiden Fällen empfiehlt sich eine automatisierte Erstellung. Die Speicherung von Bewegtbildern als Serien von Einzelbildern bietet gewisse Vorteile, aber auch Nachteile gegenüber der Speicherung als einzelne Datei [▶ Kap. 4.3.8 und 5.2.2]. Sie wird im Allgemeinen für hochauflösende und Sonderformate angewendet. Bei einem Zugriff auf die einzelnen Bilder ist kein sofortiges Abspielen möglich. Dies ist jedoch je nach Dateigrösse bzw. Kompression auch bei Mediadateien nicht möglich. Statt mit wenigen sehr grossen Einzeldateien hat man es mit sehr vielen kleineren Dateien zu tun. Wird eine einzelne Datei fatal beschädigt, so ist der Datenverlust viel kleiner, besser eingrenzbar und einfacher zu reparieren bzw. wiederherzustellen als bei einem Defekt einer sehr grossen Videodatei. Dagegen ist die Handhabung weniger grosser Dateien (insbesondere das Auslesen sowie die Datenübertragung z. B. für die Speicherung auf LTO) wesentlich einfacher bzw. mit weniger Zeit-, Rechenaufwand und Risiko von Übertragungsfehlern verbunden.

Bei der Speicherung von Serien von Einzelbildern ist Folgendes zu empfehlen:

- Es muss gesichert sein, dass die Information der Abspielgeschwindigkeit nicht verloren geht.
- Der Ton muss separat und unkomprimiert oder verlustfrei komprimiert gespeichert werden (ausgelegt auf die Abspielgeschwindigkeit). Visuelle und Audiomarker für die Synchronisierung müssen vorhanden sein.
- Ein Chaos aufgrund der hohen Zahl der Einzelbilder muss vermieden werden. Namenskonventionen sind besonders wichtig, und je nach Anzahl müssen die Bilder in Ordner aufgeteilt werden.

5.5 Dokumentation und Metadaten

Die Metadaten für die Langzeiterhaltung müssen alle Informationen enthalten, die zum Auffinden, Verwalten, Abspielen, zur Identifikation der Datei und für deren Erhaltung erforderlich sind. Zur Kategorisierung und zu den verschiedenen Funktionen von Metadaten [▶ Kap. 3.5].

Es gibt eine Reihe von Normen und Metadatenstandards, welche die Dokumentation und die Erfassung von Metadaten in systematischer Weise für die verschiedenen Funktionen unterstützen. Es ist empfehlenswert, sich an einen oder eine Kombination mehrerer Standards anzulehnen bzw. solche auf die eigenen Bedürfnisse angepasst umzusetzen.

Für die Strukturierung und Ablage der Metadaten existieren verschiedene Lösungsstrategien: Die Metadaten können im Container beinhaltet sein oder aber extern in der Datenbank, mit der die Dokumente verwaltet werden. Beide Möglichkeiten bieten Vor- und Nachteile. Sind die Metadaten Teil des Archivpaketes, so bieten sie eine geschlossene Einheit, die bei Migrationen eher verbunden bleibt. Werden sie extern abgelegt, ist eine Aktualisierung der Metadaten (wie z. B. Vorführungen) einfacher möglich, da das Archivpaket nicht jedes Mal ergänzt und neu geschnürt werden muss.

Eine wichtige Voraussetzung für die Langzeiterhaltung ist, dass auch das Findmittel bzw. die Informationen in der Datenbank und die extern abgelegten Metadaten zuverlässig gesichert werden.

Dies gilt speziell für die deskriptiven Metadaten, die in Umfang und Inhalt sehr unterschiedlich sein können. Es ist Teil der Archivstrategie, diese Struktur auszuarbeiten.

5.5.1 Beispiele für Metadatenstandards

Im Folgenden ein paar Beispiele (nicht abschliessend) von in der Archivierung gebräuchlichen Normen und Standards für die Erschliessung mit einer ganz kurzen Erläuterung:

ISAD (G): «Der internationale Erschliessungsstandard ISAD(G) bildet – wie es im Vorwort zur zweiten Auflage 2000 heisst – eine generelle Leitlinie für die Vorbereitung der archivischen Beschreibung. Sie muss in Verbindung mit bereits existierenden nationalen Standards oder als Basis für deren Entwicklung benutzt werden. Die nun vorliegende Schweizerische Richtlinie für die Umsetzung von ISAD(G) ist demgemäss eine nationale Richtlinie auf der Grundlage internationaler Normierung im Bereich der Erschliessung von Unterlagen. Sie berücksichtigt die nationale Besonderheiten der schweizerischen Archivlandschaft und ihren Regelungsstand im Erschliessungsbereich.»

Referenzen:

http://www.vsa-aas.org/fileadmin/user_upload/texte/ag_n_und_s/Richtlinien_ISAD_G_VSA_d.pdf [15.1.2015]

PREMIS: «The PREMIS (PREservation Metadata: Implementation Strategies) Data Dictionary for Preservation Metadata is the international standard for metadata to support the preservation of digital objects and ensure their long-term usability. Developed by an international team of experts, PREMIS is implemented in digital preservation projects around the world, and support for PREMIS is incorporated into a number of commercial and open-source digital preservation tools and systems. The PREMIS Editorial Committee coordinates revisions and implementation of the standard, which consists of the Data Dictionary, an XML schema, and supporting documentation.»

Referenzen:

Caplan, Priscilla, *PREMIS verstehen*, 2009, http://www.loc.gov/standards/premis/understanding_premis_german.pdf [19.8.2014]

PREMIS Data Dictionary: www.loc.gov/premis/v2/premis-2-0.pdf [5.3.2015]

PREMIS-Website: www.loc.gov/standards/premis/ [5.3.2015]
 Diskussionsliste PREMIS-Anwendergruppe: listserv.loc.gov/listarch/pig.html [5.3.2015]

METS: «The METS schema is a standard for encoding descriptive, administrative, and structural metadata regarding objects within a digital library, expressed using the XML schema language of the World Wide Web Consortium. The standard is maintained in the Network Development and MARC Standards Office of the Library of Congress, and is being developed as an initiative of the Digital Library Federation.»

«The Matterhorn METS Profile, developed in cooperation with Docuteam and the Archives de l'Etat du Valais in Switzerland, is now registered. It describes the core of the digital object model used by the Docuteam software tools to support digital archiving. This may be the first profile that describes the use of EAD within METS in any detail.»

Referenzen:

<http://www.loc.gov/standards/mets/> [15.1.2015]
<http://www.loc.gov/standards/mets/news112912.html> [15.1.2015]

Dublin Core (DC): «The Dublin Core Metadata Element Set is a vocabulary of fifteen properties for use in resource description. The name ‹Dublin› is due to its origin at a 1995 invitational workshop in Dublin, Ohio; ‹core› because its elements are broad and generic, usable for describing a wide range of resources.

The fifteen element ‹Dublin Core› described in this standard is part of a larger set of metadata vocabularies and technical specifications maintained by the Dublin Core Metadata Initiative (DCMI). The full set of vocabularies, DCMI Metadata Terms [DCMI-TERMS], also includes sets of resource classes (including the DCMI Type Vocabulary [DCMI-TYPE]), voca-

bulary encoding schemes, and syntax encoding schemes.» DC wurde von verschiedenen Standardisierungsorganisationen als Standard definiert (ISO Standard 15836:2009; ANSI/NISO Standard Z39.85-2012; IETF RFC 5013). Auf dessen Grundlage wurde verschiedene Weiterentwicklungen spezifisch für den audiovisuellen Bereich vorgenommen (siehe PBCore und EBUCore).

Referenzen:

<http://dublincore.org/documents/dces/> [15.1.2015]

PBCore: «PBCore is a metadata standard designed to describe media, both digital and analog. The PBCore XML Schema Definition (XSD) defines the structure and content of PBCore.»

Referenzen: <http://pbcore.org/schema/> [15.1.2015]

EBUCore: «EBU Tech 3293 (EBUCore) is the flagship of EBU's metadata specifications. In 2000, the original goal was to refine the semantics of the Dublin Core elements for audio archives. Today, the domain of use of the EBUCore specification is much broader and is no longer limited to audio or archives.»

Referenzen:

<https://tech.ebu.ch/MetadataEbuCore> [15.1.2015]

MPEG-7 Multimedia Content Description Interface:

Ein internationaler Standard für die Beschreibung von Multimediadaten, Bildern, Videos, Tönen usw. Braucht XML zur Darstellung des Inhalts, unterstützt Beschreibung auf Niveau Sequenz bzw. Shot, kann auch mit nicht auf Text basierten Metadaten umgehen (z. B. Indexierung von Kamerabewegungen, Bildtexturen).

Referenzen:

MPEG-7-Übersicht: <http://mpeg.chiariglione.org/standards/mpeg-7> [15.1.2015]

MPEG-7 und Dublin Core für Video: <http://www8.org/w8-papers/3c-hypermedia-video/comparison/comparison.html> [15.1.2015]

5.6 Werkzeugkasten

Es gibt keine vollständigen Infrastrukturpakete zur Anwendung im Gebiet der AV-Archivierung. Standards für Media- und Metadatenpakete haben sich bisher noch nicht allgemeingültig durchgesetzt und anwenderfreundliche Implementierungen fehlen.

Im folgenden werden einzelne Elemente mit verschiedenen aktuellen Beispielen angegeben, die für den Umgang mit AV in der Archivierung relevant sind:

- **Player** zum Sichten von AV-Dateien

VLC, MPEG Streamclip, ffplay, avplay, QuickTime Player 7 (ist universeller als die neueste Version) und 10.

- **Datenbank** (Verwaltung und Findmittel)

Bisher existieren kaum auf AV-Archivalien ausgerichtete Datenbanksysteme. Dies hat zur Konsequenz, dass es schwierig werden kann, die spezifischen Eigenschaften von AV-Dateien sinnvoll in einer bestehenden Datenbank unterzubringen; entsprechend gibt es heute eine Vielzahl von Lösungen, die individuell entwickelt wurden.

- **Werkzeuge zum Auslesen der Metadaten**

In Editierprogrammen sowie in gewissen Abspielprogrammen können sogenannte EXIF-Daten mit vorwiegend technischen Informationen zu einer Datei abgerufen werden. Weitere Applikationen gestatten den Zugriff auf die Metadaten, die im Header der Mediadei untergebracht sind. Leider lesen nicht alle Programme die Headerinformationen vollständig aus.

Beispiele: Mediainfo, Videospec (wird allerdings nicht weiterentwickelt!), ffprobe, avprobe, libav, QCTools, DROID, BitCurator

- **Werkzeuge zum Schreiben von Metadatensätzen**

Mit Hilfe dieser Werkzeuge können zusätzliche Metadaten im Header einer Mediadei ergänzt werden:
BWF MetaEdit

- **Werkzeuge zum Schnüren von Datenpaketen**

Diese Werkzeuge fassen die Metadatensätze und die Mediadeien vom Sicherungspaket zusammen:
CURATOR Archive Suite (Fraunhofer Inst.), MXF4Mac, BagIt (LoC, stellt AIPs her)

- **Werkzeuge für Transcodierungen von Mediadeien**

Diese Applikationen unterstützen Transcodierungen:
MPEG Streamclip, ffmpeg, avconv, ffmbc

5.7 Originale

Nach der Konservierung und Digitalisierung verlieren die Originalmedien ihre Bedeutung nicht, sie sollten weiterhin unter bestmöglichen Bedingungen aufbewahrt werden. Dies ist wichtig, da es gut möglich ist, dass eine neuerliche Digitalisierung in besserer Qualität möglich wird oder der Verlust der digitalen Daten eine Zweitdigitalisierung notwendig macht. Eine solche kann allerdings erschwert oder verunmöglicht werden aus den Gründen, die in der Einführung [▶ Kap. 2] angegeben sind.

Über die Kassierung eines Originals muss von Fall zu Fall entschieden werden, da der Entscheid von vielen Parametern abhängig ist. Für diesen Entscheid muss in jedem Fall ein Experte oder eine Expertin beigezogen werden.

Auch abgesehen von der Überlieferung des Inhalts von Filmen und/oder Videobändern sind die originalen physischen Träger als Kulturgut erhaltenswert.

Man kann nie sicher sein, im Prozess der Archivierung sämtliche relevanten Informationen sowohl zum Inhalt als auch zur Form erfasst zu haben, selbst wenn diese gut dokumentiert und z. B. fotografisch festgehalten wurden.

5.8 Geräte

Der Erhalt und die Pflege von Originalgeräten, die zum Abspielen der Originalträger nötig sind, sind ein wichtiger Teil des Prozesses der Langzeiterhaltung. Viele Medien sind ohne ihre Abspielgeräte unlesbar und entsprechend als Archivalie wertlos. Dieses Thema ist jedoch nicht Fokus dieses Dokuments. Es kann auf die von Memoriav publizierten Empfehlungen verwiesen werden.

6.1 Glossar

Es ist geplant, ein Glossar mit den wichtigsten verwendeten Begriffen herzustellen. Ein solches konnte leider für die aktuelle Version dieser Empfehlungen noch nicht erarbeitet werden, soll aber in einer künftigen Version ergänzt werden.

6.2 Nachweis Grafiken

Alle Abbildungen: David Pfluger,
ausser Abb. 8a-8d: Agathe Jarczyk

6.3 Normen und Standards

FIPS PUB 180-4, Secure Hash Standard (SHS). National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, March 2012

ISO 12639:2004, Graphic technology – Prepress digital data exchange – Tag image file format for image technology (TIFF/IT). International Organization for Standardization, Geneva 2004

ISO 14721:2012, Space data and information transfer systems – Open archival information system (OAIS) – Reference model

ISO 18943:2014, Imaging materials – Magnetic hard drives used for image storage – Care and handling. International Organization for Standardization, Geneva 2014

ISO/IEC 14496-14:2003, Information technology – Coding of audio-visual objects – Part 14: MP4 file format. International Organization for Standardization, Geneva 2003

ISO/IEC 14496-15:2010, Information technology – Coding of audio-visual objects – Part 15: Advanced Video Coding (AVC) file format. International Organization for Standardization, Geneva 2010

ISO/IEC 15444-1:2004, Information technology – JPEG 2000 image coding system: Core coding system. International Organization for Standardization, Geneva 2004

ISO/IEC 15444-1:2004/Amd 1:2006, Profiles for digital cinema applications. International Organization for Standardization, Geneva 2006

ISO/IEC 15444-1:2004/Amd 2:2009, Extended profiles for cinema and video production and archival applications. International Organization for Standardization, Geneva 2009

ISO/IEC 15444-1:2004/Amd 3:2010, Profiles for broadcast applications. International Organization for Standardization, Geneva 2010

ISO/IEC 15444-1:2004/Amd 4:2013, Guidelines for digital cinema applications. International Organization for Standardization, Geneva 2013

ISO/IEC 15444-1:2004/Amd 5:2013, Enhancements for digital cinema and archive profiles (additional frame rates). International Organization for Standardization, Geneva 2013

ISO/IEC 15444-1:2004/Amd 6:2013, Updated ICC profile support, bit depth and resolution clarifications. International Organization for Standardization, Geneva 2013

ISO/IEC 15444-3:2007, Information technology – JPEG 2000 image coding system: Motion JPEG 2000. International Organization for Standardization, Geneva 2007

ISO/IEC 23008-2:2013, Information technology – High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environments – Part 2: High efficiency video coding. International Organization for Standardization, Geneva 2013

Linear Tape File System (LTFS) Format Specification. Version 2.0.1, 2011, http://avpres.net/pub/LTFS_2_0_1.pdf, [1.4.2015]

Pirazzi, Chris, Cherna, Tim und Hoddie, Peter, *Technical Note TN2162, Uncompressed Y'C_BC_R Video in QuickTime Files*, in: Mac Developer Library, https://developer.apple.com/library/mac/technotes/tn2162/_index.html#top [26.3.2015].

Digital Cinema Initiatives, *DCI System Requirements and Specifications for Digital Cinema, DCI Specification, Version 1.2 with Errata as of 30 August 2012 Incorporated*, o. O., 2012, <http://www.dcimovies.com/specification/> [26.3.2015].

PREMIS Editorial Committee, *PREMIS Data Dictionary for Preservation Metadata Version 2.2*, o. O., 2012, <http://www.loc.gov/standards/premis> [26.3.2015].

Recommendation ITU-R BT.601-7 (03/11), Studio encoding parameters of digital television for standard 4:3 and wide screen 16:9 aspect ratios. ITU, Geneva 2011

Recommendation ITU-R BT.709-5, Parameter values for the HDTV standards for production and international programme exchange. ITU, Geneva 2002

RFC 1321, The MD5 Message-Digest Algorithm, Internet Engineering TaskForce (IETF)

SMPTE 268M-2003, SMPTE Standard for File Format for Digital Moving-Picture Exchange (DPX). Version 2.0. Society of Motion Picture and Television Engineers (SMPTE)

6.4 Weiterführende Informationen

Abrams, Stephen, *Instalment on «File Formats»*, in: *Digital Curation Manual*, o. O., 2007, <http://www.dcc.ac.uk/resource/curation-manual/chapters/file-formats> [26.3.2015].

Casey, Mike, *Indiana University Media Digitization and Preservation Initiative (MDPI) White Paper: Encoding and Wrapper Decisions and Implementation for Video Preservation Master Files*, o. O., 2017 <https://mdpi.iu.edu/doc/MDPIwhitepaper.pdf> [11.4.2017].

David Pfluger, *Eigenschaften von 16-mm Umkehrmaterial in der Digitalisierung in High Definition*, Bern, 2011, http://memoriav.ch/wp-content/uploads/2014/07/16mmtohd_dossier-pdf_web.pdf [26.3.2015].

Edmondson, Ray, *Audiovisual Archiving: Philosophy and Principles*, Paris, 2004, <http://unesdoc.unesco.org/images/0013/001364/136477e.pdf> [26.3.2015].

Gfeller, Johannes, Jarczyk, Agathe, Phillips, Joanna, *Kompendium der Bildstörungen beim analogen Video*, Zürich, 2013

International Association of Sound and Audiovisual Archives, *IASA-TC 03. The safeguarding of the audio heritage ethics, principles and preservation strategy*, o. O., 2005, http://www.iasa-web.org/IASA_TC03/TC03_English.pdf [26.3.2015].

International Association of Sound and Audiovisual Archives, *IASA-TC 04. Guidelines on the Production and Preservation of Digital Audio Objects*, o. O., 2009, <http://www.iasa-web.org/audio-preservation-tc04> [26.3.2015].

Kompetenznetzwerk Langzeitarchivierung, *nestor Handbuch. Eine kleine Enzyklopädie der digitalen Langzeitarchivierung*, Boizenburg, 2010, <http://www.nestor.sub.uni-goettingen.de/handbuch/index.php> [26.3.2015].

Leippe, Anna, *8 mm Ewigkeiten. Vom analogen 8 mm Schmalfilmformat zur digitalen Kopie*, Staatliche Akademie der Bildenden Künste (Masterthesis KNMDI), Stuttgart 2010

Library of Congress, *NDSA Levels of Preservation*, o. O., <http://www.digitalpreservation.gov:8081/ndsa/activities/levels.html> [3.4.2017].

The Little Archives of the World Foundation / ECPA, *Video Tape Identification*, o. O., 2008, <http://www.little-archives.net/guide/content/formats.html> [30.3.2015]

Memoriav (Hg.), *Video. Die Erhaltung von Videodokumenten*, 2006, <http://memoriav.ch/video/empfehlungen-video/> [30.3.2015]

National Film Preservation Foundation (Hg.), *The Film Preservation Guide. The Basics for Archives, Libraries, and Museums*, o. O. 2004, <http://www.filmpreservation.org/preservation-basics/the-film-preservation-guide> [30.3.2015]

Poynton, Charles, *Chroma subsampling notation*, o. O., 2002, http://scanline.ca/ycbcr/Chroma_subsampling_notation.pdf [26.3.2015].

PrestoCentre, <http://www.prestocentre.org/> [26.3.2015].

Pritchard, Brian R., *Identifying 35 mm Films*, o. O., 2011, <http://www.brianpritchard.com/35mm%20Film%20identification%20Version%203.2.pdf> [30.3.2015]

Pritchard, Brian R., *Identifying 16 mm Films*, o. O., 2013, <http://www.brianpritchard.com/16mm%20identification%20Version%201.02.pdf> [30.3.2015]

Rosenthal, David S. H., *LOCKSS: Lots of copies keep stuff safe*, <http://171.66.236.16/locksswiki/files/NIST2010.pdf> [26.3.2015].

Santi, Mirco, «*Petit, simple, bon marché*». *Storia tecnologica e pratiche d'archivio del Pathé Baby*, Università degli Studi di Udine, 2011

Stauderman, Sarah, Messier, Paul, *Video Format Identification Guide*, o. O., 2007, http://videopreservation.conervation-us.org/vid_id/ [22.4.2015]

Texas Commission on the Arts, *Videotape Identification and Assessment Guide*, 2004, <http://www.arts.texas.gov/wp-content/uploads/2012/04/video.pdf> [30.3.2015]

Wright, Richard, PrestoSpace Deliverable D13.4 Repositories. Digital Repositories Explained, <http://www.prestospace.org/project/deliverables/D13-4.pdf> [26.3.2015].

6.5 Memoriav

Memoriav setzt sich aktiv und nachhaltig ein für die Erhaltung, Erschliessung, Valorisierung und die breite

Nutzung des audiovisuellen Kulturgutes der Schweiz: Fotografien, Tonaufnahmen, Filme und Videoaufnahmen sowie die für deren Verständnis wichtigen Unterlagen und Kontextinformationen.

Memoriav organisiert ein Netzwerk aller an dieser Aufgabe beteiligten, verantwortlichen und interessierten Institutionen und Personen und engagiert sich im Bereich Aus- und Weiterbildung. Memoriav betreibt (in Kooperation) in den vier Fachbereichen Foto, Ton, Film und Video sogenannte Kompetenzzentren und -netzwerke und sorgt für den Aufbau, die Anwendung und Erweiterung des erforderlichen Fachwissens. Memoriav beobachtet die technologische Entwicklung und der nationalen und internationalen Standards im Bereich der Erhaltung des audiovisuellen Kulturguts, leitet daraus eigene Empfehlungen ab und engagiert sich im nationalen und internationalen Wissensaustausch.

Memoriav betreibt ein aktives Vereinsleben in allen Sprach- und Kulturregionen der Schweiz, der Verein berät Institutionen und unterstützt Projekte finanziell und begleitet sie fachlich.

Mit der Online-Plattform Memobase erleichtert Memoriav den Zugang zum und die Nutzung des audiovisuellen Kulturerbes.

6.6 Unvollständige Kapitel

Folgende Kapitel werden in den nächsten Versionen dieser Empfehlungen neu erarbeitet oder vertieft:

- 5.6 Werkzeugkasten
- 6.1 Glossar

M
O
R
I
A
M
E
M
O
R
I
A
V
M
E
M
O
R
I
A
V
M
E
M
O
R
I
A
V
M
O
R
I
A
M
O
R
I
A

ASSOCIATION POUR LA SAUVEGARDE DE LA MÉMOIRE AUDIOVISUELLE SUISSE
VEREIN ZUR ERHALTUNG DES AUDIOVISUELLEN KULTURGUTES DER SCHWEIZ
ASSOCIAZIONE PER LA SALVAGUARDIA DELLA MEMORIA AUDIOVISIVA SVIZZERA
ASSOCIAZIUN PER IL SALVAMENT DA LA CULTURA AUDIOVISUALA DA LA SVIZRA
ASSOCIATION FOR THE PRESERVATION OF THE AUDIOVISUAL HERITAGE OF SWITZERLAND

