

IMPRESSUM

Memoriav Dossier

Digitalisierung von Schmalfilm in HD

April 2011

Die vorliegende Studie ist im Auftrag von Memoriav entstanden

Autor

David Pfluger, Basel

Redaktion / Produktion

Laurent Baumann, Memoriav

Yves Niederhäuser, Memoriav

Gestaltung

Martin Schori, Biel

Korrektorat

Markus Schütz, Bern

Herausgeber

Memoriav

Bümplizstr. 192, 3018 Bern

Tel. 031 380 10 80

info@memoriav.ch

www.memoriav.ch

INHALT

1. Vorwort	3
2. Zusammenfassung und editorische Hinweise	4
3. Danksagung	5
4. Ziele	6
5. Ausgangslage	6
5.1 Qualitätseigenschaften von digitalisiertem Filmmaterial und Verwendungszwecke	
5.2 Die Bildverhältnisse 4:3 und 16:9	
5.3 Filmmaterial	
5.4 Bildschärfe und Filmkorn	
5.5 Abtastergeräte	
5.6 Zielformat	
5.7 Bildinhalte des Testmaterials	
6. Testreihe & Workflow	10
6.1 Vorbemerkungen	
6.2 Testreihe	
6.3 Workflow	
7. Resultate	14
7.1 Vorbemerkungen zu den Abbildungen	
7.2 Quervergleich aller Testsequenzen	
7.3 Die Spirit-Abtastungen in SD und HD	
7.4 Vergleich der SD-Abtastungen untereinander und mit HD	
7.5 Vergleich der HD-Abtastungen	
7.6 Kontrastverhalten, Lichtbestimmung und die Resultate von über- und unterbelichteten Einstellungen	
7.7 Schärfekarten	
7.8 Bildgeometrie und Bildausschnitt	
7.9 Hochrechnung von SD auf Smoke und eQ	
7.10 Korn und Noise Reduction	
7.11 Bittiefe	
7.12 Probleme beim Scan	
8. Fazit	23
8.1 Allgemeine Bemerkungen	
8.2 Bildeigenschaften	
9. Referenzen	25
10. Glossar	26
11. Appendix	28
11.1 Status quo der Arbeiten an den Filmbeständen der öffentlich-rechtlichen Fernsehstationen der Schweiz	
11.2 Von den öffentlich-rechtlichen Fernsehstationen in der Schweiz verwendetes 16-mm-Umkehrmaterial	
11.3 Faktoren mit Einfluss auf die Bildschärfe	
11.4 Anbieter von HD-Abtastungen in der Schweiz	
11.5 Composition de la bande test 16 mm inversible pour les transferts SD et HD de Memoriav	
11.6 Protokolle der Abtastungen	
11.7 Technische Datenblätter der Abtastergeräte	

1. Vorwort

16-mm-Filme sind ein wichtiger Bestandteil des audiovisuellen Kulturgutes. In den Fernseharchiven, aber auch an den verschiedensten anderen Standorten lagern umfangreiche Bestände, die Bilder von grossem inhaltlichem Wert enthalten. Alle diese Filme sind mehr oder weniger gefährdet, insbesondere auch die sogenannten Umkehrfilme, sei es durch einen unvermeidlichen chemischen Zersetzungsprozess, sei es einfach, weil die Praxis des Vorführens solcher Filme nicht mehr bekannt ist.

Diese Schätze können heute aus verschiedenen Gründen nur noch zu einem kleinen Anteil in der traditionellen Weise durch Umkopieren auf neues Filmmaterial gehoben und gesichert werden.

Grosse Hoffnungen, wenigstens einen Teil dieses wertvollen Kulturgutes für die Nachwelt zu erhalten, konzentrieren sich darum auf die Digitalisierungstechnik.

Wenn diese Technik im Bereich von Textdokumenten und stehenden Bildern heute weitgehend gesichert ist, bleibt bei Filmen noch viel zu tun. Die Untersuchung, die David Pfluger im Auftrag von Memoriav durchgeführt hat, zeigt die ganze Komplexität des Unternehmens und die zahlreichen Fragen, die damit verbunden sind.

Wie so oft in diesem Bereich kann es nicht eine einzig richtige Lösung geben. Viele Parameter, Entscheidungen und Zielsetzungen bestimmen schliesslich, welche Methode die besten Resultate ergibt. Zu unterscheiden ist insbesondere zwischen der physischen Erhaltung der Bildinformation und der Wiederverwendung etwa im Bereich der audiovisuellen Medien, wobei die rasante technische Entwicklung und die damit verbundene Instabilität der Formate und Normen die Lösung von heute schon morgen wieder in Frage stellen kann.

In diesem Sinne ist die vorliegende Publikation als ein Beitrag zu einer Diskussion zu werten, die permanent geführt werden muss, wenn wir etwas von diesen Kulturgütern für kommende Generationen erhalten wollen.

Kurt Deggeller, Direktor Memoriav

2. Zusammenfassung und editorische Hinweise

In der vorliegenden Arbeit wurde der Frage nachgegangen, welche Qualitätsunterschiede sich bei der Abtastung von 16-mm-Umkehrfilm in Standard Definition (SD) und High Definition (HD) Video ergeben. Es wurde eine Testreihe mit einer speziell für diesen Zweck zusammengestellten Rolle 16-mm-Umkehrfilm aus den Archiven des schweizerischen öffentlich-rechtlichen Fernsehsenders RTS (**REF1**) gemacht. Der Fokus der Untersuchungen lag auf der Qualität der Wiedergabe von Bildcharakteristiken wie der Schärfe und der Bildstruktur. Durch Tests auf verschiedenen Abtastermodellen wurde analysiert, welche Eigenschaften das Filmbild betreffen und welche auf die verwendeten Maschinen zurückzuführen sind. Die Workflows wurden hinterfragt und problematische Schritte identifiziert.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass es auf die gestellten Fragen keine simplen Antworten gibt. Die Bildschärfe von 16-mm-Umkehrmaterial kann in SD oft ausreichend wiedergegeben werden, die Bildeigenschaften, die sich aus dem charakteristischen Korn ergeben, werden aber nur in HD ausreichend detailliert aufgezeichnet. Somit ist es von den Zielen der Abtastung abhängig, was qualitativ ausreicht. Im Schritt der Abtastung, der immer auch eine Lichtbestimmung beinhaltet, wird die Qualität des Transfers durch die Fähigkeiten des Operateurs / der Operatrice massgeblich beeinflusst. Das verfügbare Know-how und die Zeit, die pro Einstellung aufgewendet wird, sind ebenso wichtig für das Schlussresultat wie die technischen Rahmenbedingungen. Eine Automatisierung der Prozesse wird durch diese Tatsachen erschwert. Die Tests wurden ausschliesslich an 16-mm-Umkehrmaterial durchgeführt, aber die Erkenntnisse lassen auch Rückschlüsse auf andere Schmalfilmformate zu.

Das Vorgehen und die Resultate der Testreihe sind in diesem Bericht umfassend dokumentiert. Er liegt als PDF-Dokument vor, das illustrative Abbildungen enthält. In der Beilage sind TIFF-Dateien beigefügt, welche Standbilder der digitalisierten Filmsequenzen 1:1 wiedergeben. Diese Bilddateien sind mit den Abbildungen oder Hinweisen im Text verknüpft. Sie können durch Anklicken geöffnet werden und ermöglichen ein eingehendes Studium der beschriebenen Sachverhalte. So sollte es dem Leser / der Leserin möglich sein, auch eigene Schlüsse zu ziehen.

Die Tests für diese Studie wurden im Verlauf des Jahres 2009 durchgeführt. Alle Angaben zu Existenz, Service und Ausrüstung von Anbietern auf dem Werkplatz Schweiz beziehen sich auf den Stand zu dieser Zeit. Die damals noch existierende Schwarz Film AG wurde zwischenzeitlich von Egli Film übernommen. Zwei der Anbieter befanden sich mit ihren Abtastern noch in der Testphase, was einen Einfluss auf das Timing und die Resultate hatte. Dies wurde bei der Auswertung der Testergebnisse mit in Betracht gezogen.

3. Danksagung

Besten Dank an folgende Personen, Institutionen und Firmen, welche die Durchführung dieser Arbeit unterstützt haben:

Memoriav:	Kurt Deggeller, Felix Rau, Yves Niederhäuser, Laurent Baumann
RTS:	Patricia Herold, Didier Bufflier, Jean-Michel Schluchter
SRF:	Jürg Hut
RSI:	Theo Mäusli, Siro Boffa
HKB:	Manuel Schüpfer
Egli Film:	Michael Egli, Sabine Strastil, Timo Inderfurth, Ivo Bischof, Norbert Dziambor
Swiss Effects:	Ruedi Schick, Rocco Schult, Ian Matthis
reto.ch:	Reto Kromer
Image & Media Lab	
Universität Basel:	Ruedi Gschwind, Peter Fornaro
Kodak:	Felix Berger
Lichtspiel:	David Landolf
Nofilm:	Ueli Nüesch

4. Ziele

Ziel dieser Arbeit ist, eine Testserie zu schaffen, mit deren Hilfe es möglich ist, die Qualität von 16-mm-Umkehrfilm kritisch zu beurteilen. Die Einflüsse von Fremdfaktoren sollen möglichst gering gehalten werden, und wo sie nicht zu vermeiden sind, soll es möglich sein, deren Einfluss einzuschätzen. Es soll geklärt werden, welche Faktoren bei einer Abtastung für die verschiedenen Qualitätskriterien wichtig sind. Es interessiert auch, wo sich die Bedingungen für die Archivierung von 16-mm-Umkehrmaterial mit jenen für die weitere Verwendung im Broadcastbereich decken und wo sie sich widersprechen.

5. Ausgangslage

Die Abtastungen von 16-mm-Umkehrmaterial wurden bei RTS (**REF1**) und bei SRF (**REF2**) schon vor Jahren begonnen. Als Zielformate wurden die Bandformate Beta SP und später IMX (RTS) bzw. Digital Betacam (SRF) gewählt (s. **Appendix 11.1**). Es wurden also schon unumkehrbare Tatsachen geschaffen. Mit der Einführung des Fernsehens in High Definition und dem Aufbau von tapefreien, digitalen Produktionsarchiven stellen sich nun aber einige Fragen neu. Die Arbeit wurde insofern nicht unter «Laborbedingungen» durchgeführt, als die Schritte möglichst so stattfanden, wie sie ein Archiv umsetzen würde. Diese Arbeitsweise hat zu einigen wichtigen Einsichten bezüglich gewisser Arbeitsschritte geführt. Fehlleistungen und Zweifel an Resultaten werden in diesem Bericht nicht unerwähnt gelassen. Sie sollen die Möglichkeit geben, die Resultate individuell einzuschätzen und Rückschlüsse für eigene Projekte zu ziehen.

Die Reproduktion der Farben des analogen Farbfilms im digitalen Raum ist ein sehr wichtiges und komplexes Thema, gerade wenn es um Fragen der Archivierung geht. Die Farblichtbestimmung ist jedoch nicht zentrales Thema dieser Untersuchung. Es ist kein spezifisch den Umkehrfilm betreffendes Thema, und das Gros des Umkehrmaterials der Schweizer Fernsehstationen besteht aus Schwarzweissmaterial.

Die Frage ist, welche Qualität für solches Material ausreichend ist, um beim Digitalisat von einem digitalen Archivmaster sprechen zu können. Für die weitere Verwertung des Bildmaterials im Broadcastbereich besteht dabei ein anderes Argumentarium als bei der Langzeitarchivierung.

5.1 Qualitätseigenschaften von digitalisiertem Filmmaterial und Verwendungszwecke

Die fundamentale Frage bei der Abtastung von Filmmaterial ist, ob sich ein analoges Medium digital überhaupt so abbilden lässt, dass man von einer dem Original gleichwertigen digitalen Kopie sprechen kann. «Though it is possible to calculate the resolution potential of film, comparisons of electronic and film quality are difficult to make without practical experiments. The amplitude/detail roll-off characteristics of the two media are different, and other differences in quality factors such as contrast linearity and noise level and structure, which are difficult to quantify numerically, affect the final perceived quality.» EBU Tech 3315 (REF3).

Neben den rein technischen Werten ist die Qualität der digitalen Kopie auch eine philosophische Frage. Ist es das Ziel, aus dem aufgenommenen Bild, das durch die Aufnahmetechnik mit den Charakteristiken des Aufnahmemediums verschmolzen wurde, wieder ein Bild zu reproduzieren, das einzig den Inhalt der Aufnahme wiedergibt? Oder ist es akzeptabel, oder sogar Pflicht, dass die Charakteristiken des gewählten Aufnahmemediums mittransportiert werden? Was als gut oder gut genug angesehen wird, hängt auch von den Zielen ab, die man mit dem Digitalisat verfolgt. Je nach Verwendungszweck sind unterschiedliche Qualitäten des resultierenden digitalen Masters gefragt. Die Archive von TV-Stationen dienen unterschiedlichen Zwecken und die Verantwortlichen sehen sich entsprechend unterschiedlichen Forderungen gegenübergestellt. Gerade bei sehr grossen Sammlungen sind es ausserdem Kostenfaktoren, die das Handeln dominieren.

Die zentralen Qualitätsfaktoren bei der Übertragung eines analogen Bildes in den digitalen Raum:

- die räumliche Auflösung
- die Auflösung der Farbtöne resp. Grautöne
- der Farbraum
- die zeitliche Auflösung
- der Grad der Datenkompression der obigen Eigenschaften

Zweck	Räuml. Aufl.	Bittiefe	Kompression	Medium
Information/Kommunikation, Bildung	< SD, SD	8 bit lin	sehr stark komprimiert > 4:2:0	Datei/Internet
Kommerzielle Nutzung im Privat- und Geschäftsbereich	SD, HD	8 bit lin	stark komprimiert 4:2:0, > 4:2:0	DVD, Blu-ray
TV/Broadcast	SD, HD	8 bit lin, 10 bit log	komprimiert 4:2:2, 4:2:0	Masterband/-file
Kommerzielle Nutzung im Vorführungsbereich	HD, 2k	8 bit lin, 10 bit log	leicht komprimiert 4:2:2, 4:4:4	DCP
Archivkopie	2k, > 2k	10 bit–16 bit lin oder log	unkomprimiert oder lossless komprimiert 4:4:4	unkomprimierte Dateiformate, MJ2K

Man kann folgende Qualitätskategorien unterscheiden:

In Abhängigkeit der Bedürfnisse sind in verschiedenen Anwendungsbereichen die Qualitätsfaktoren von unterschiedlicher Bedeutung. Man kann deshalb die Anwendungsbereiche grob in Qualitätskategorien einteilen (siehe Tabelle unten).

Für die Forschung kann keine generelle Aussage gemacht werden, da je nach Thema eher Inhalte oder eher technische Aspekte von Gewicht sind und die Qualität des Materials diesen Ansprüchen entsprechen muss.

Im Bereich des Fernsehens ist es klar, dass die Digitalisierung für eine neuerliche Auswertung imperativ ist. Digitalisierung von Filmmaterial wird jedoch auch für viele bisher rein analoge Archive zu einem Thema, weil gerade im Bereich unter 35 mm die Auswahl an technischen Angeboten schwindet. Dies betrifft die Zahl der verfügbaren Emulsionen genauso wie die Serviceleistungen der Labors. Gleichzeitig steigen die Preise. Dies alles hat auch zur Folge, dass ein Verlust der technischen Kompetenzen in diesen Bereichen stattfindet. Früher oder später führt kein Weg mehr an der konsequenten Digitalisierung von Sammlungen vorbei.

5.2 Die Bildverhältnisse 4:3 und 16:9

16-mm-Film bietet zwei standardisierte Bildverhältnisse. Das klassische 4:3-Bildverhältnis (1:1,33) und das Super-16-Format (1:1,67). Super 16 wurde in den frühen siebziger Jahren eingeführt. Alles zuvor produzierte 16-mm-Material ist in 4:3. Zur Zeit der Aufnahme auf Film waren die Bilder von 16-mm-Film und des Fernsehens gleichermaßen 4:3. Somit liegt das gesamte Umkehrmaterial in 4:3 vor. Im Moment befinden wir uns noch in der Übergangsphase zu 16:9. Wie die TV-Stationen mit der Problematik des älteren 4:3-Formats umgehen, soll hier nicht im Detail untersucht werden. Die Resultate der Testreihe können aber Aufschluss darüber geben, welche der Möglichkeiten aus technischer Sicht sinnvoll sind.

Ein 4:3-Bild lässt sich auf verschiedene Arten im 16:9-Bildverhältnis abbilden:

- Reinstellen unter Erhalt der gesamten Bildfläche des 4:3-Bildes. Man erhält zwei schwarze Flächen zu beiden Seiten des Bildes (Curtains, Pillarbox). Beim HD-Format mit 1920×1080 Pixeln beträgt die mit Bild gefüllte Fläche lediglich 1440×1080 Pixel.
- Aufblasen des 4:3-Bildes, bis die gesamte Breite des 16:9-Rahmens ausgenutzt ist. Das 4:3-Bild wird oben und unten beschnitten. Es gehen dabei 25% der Bildfläche verloren.
- Eine weitere Möglichkeit ist die Pan & Scan-Methode, die variabel Ausschnitte des Originalformats nützt. Dabei gehen 25% oder mehr an Bildfläche verloren.
- Es sind auch Techniken entwickelt worden, bei der das 4:3-Bild horizontal verzerrt wird, um das 16:9-Format komplett zu füllen. Dabei wird das wichtige Zentrum des Bildes unverzerrt belassen und werden die unwichtigeren Randbereiche umso stärker verzerrt. Die Bildinformation bleibt zu 100% erhalten, wird aber unterschiedlich verzerrt dargestellt.

Siehe auch: EBU Tech 3289, 3289s1, EBU R86-2000 (REF4).

5.3 Filmmaterial

In der vorliegenden Studie wurde nur 16-mm-Umkehrmaterial getestet. Eine Ausweitung auf einen Vergleich mit andern 16-mm-Materialien (Negativ, Kopie, Intermediates) oder sogar auch andern Formaten (35 mm, 8 mm) hätte den Rahmen der Untersuchung gesprengt oder uns gezwungen, weniger tief ins Detail zu gehen. Verschiedene bestehende Testberichte über Vergleiche sind unbrauchbar, weil unterschiedliche Formate so oberflächlich getestet wurden, dass die Resultate nicht überzeugen (REF5). Es wurde kein 16-mm-Negativmaterial als Vergleichselement in die Testreihe aufgenommen, da ein direkter Vergleich schwierig ist. Negativmaterial muss in der Abtastung komplett anders behandelt werden, und es findet eine digitale Umkehrung des Bildes statt. Die Abtastung einer Positivkopie ab einem 16-mm-Negativ hat den Nachteil, dass der analoge Kopierprozess dazwischen liegt, der wiederum Qualitätsfaktoren beinhaltet. Um diesen Vergleich repräsentativ zu machen, hätte die Testreihe um viele Elemente erweitert werden müssen. Es wäre auch sehr schwierig gewesen, Negativmaterial zu finden, das inhaltlich und aufnahmetechnisch etwa dieselben Voraussetzungen mitbringt wie das Umkehrmaterial.

Die wichtigsten Fakten zum Gebrauch von Umkehrmaterial im Schweizer Fernsehen:

Es wurde fast ausschliesslich Material der Firma Kodak verwendet. Das Gros der Bestände ist in Schwarzweiss (Emulsionen Plus-X, Tri-X und gelegentlich 4-X). Die Schwarzweiss-Emulsionen Plus-X und Tri-X haben sich seit ihrer Einführung wenig verändert. Nach der Einführung von Farbemulsionen in den 1950er Jahren

wurde auch in Farbe gedreht. Es gibt mehr verschiedene Farb- als Schwarzweiss-Emulsionen. Deren Qualität hat sich im Verlauf der Jahre auch stärker verändert.

Es wurde oft bei der Aufnahme unterbelichtet und in der Entwicklung «gestossen», um bei schlechteren Lichtverhältnissen drehen zu können. Diese Technik hat bei Umkehrmaterial schwerwiegendere Folgen als bei Negativfilm.

Das bei Amateuren sehr populäre Kodachrome-Material wurde nicht verwendet.

Eine ausführliche Auflistung der Emulsionen befindet sich in **Appendix 11.2**.

Die wichtigsten Unterschiede zwischen Negativ- und Umkehrmaterial:

Negativmaterial bietet einen Blendenumfang von ca. 10 Blenden, während Umkehrmaterial nur ca. 6 Blenden toleriert.

Negativ muss auf Positiv umkopiert werden, d. h. von einem dynamischen Belichtungsraum von ca. 10 verwendbaren Blenden auf gut 6. In diesem Prozess hat man noch Spielraum für Manipulationen. Nicht so bei Umkehrmaterial.

Umkehrmaterial hat bei gleicher Empfindlichkeit ein stärkeres Korn als Negativfilm.

Umkehrmaterial reagiert empfindlicher auf Manipulationen wie «stossen» in der Entwicklung. Das Material wird kontraststark und erfährt eine Zunahme des Kornes.

Bei Abtastungen ab Negativmaterial verwendet man mit Vorteil einen logarithmischen Farbraum (z. B. 10 bit log). Bei Umkehrmaterial ist 10 bit lin geeigneter.

5.4 Bildschärfe und Filmkorn

Bei der Beurteilung des Filmbilds wird oft der Bildschärfe die wichtigste Rolle unter den Qualitätseigenschaften gegeben. Gerade Umkehrfilm wird in dieser Hinsicht immer wieder als schwach abgetan. Das starke Filmkorn wird als Grund dafür identifiziert. Die Schärfe eines Films hängt aber von einer Vielzahl von Faktoren ab:

Appendix 11.3 versucht hierzu eine möglichst komplette Übersicht für die vorliegende Testreihe zu geben. Auf die Qualität des 16-mm-Umkehrfilms haben auch Faktoren einen Einfluss, die mit den Anwendungsgebieten dieses Filmtyps zu tun haben:

- Verwendung durch Reporter unter Zeitdruck;
- Verwendung mit kleinen oder billigen Kameras mit Qualitätskompromissen;
- Verwendung unter schwierigen Bedingungen (Handkamera, keine künstliche Beleuchtung);
- absichtliche Falschbelichtung (meist Unterbelichtung) und «Stossen» im Labor;
- Verarbeitung unter Zeitdruck;
- Verwendung durch Amateure mit beschränktem technischem Wissen.

Eigenschaften des Filmkorns

Es wird oft falsch interpretiert, was das Filmkorn genau ist. Es handelt sich dabei nicht um die durch die Belichtung und Entwicklung gebildeten Silberkristalle. «Resolution is independent of film grain, but resolution is harmed by the presence of film grain because it is image noise.» (Tim Vitale, **REF6**).

Die Kristalle selber haben eine Grösse von 0.2–2.0 Mikrometer und sind zu klein, um vom Menschen als diskrete Punkte wahrgenommen zu werden (**REF7**). Sie liegen in Anhäufungen (Clustern) in der Gelatine verteilt.

Dies nicht nur in einer Ebene, sondern in allen drei Dimensionen. Das führt dazu, dass sich die Cluster bei der Betrachtung der Schicht überschneiden. Es entsteht für das Auge ein chaotisches Muster von verschiedener Dichte: ein Rauschen. Dieses Rauschen überlagert das eigentliche Bild, das durch die Grösse der Silberkristalle definiert ist.

Im Farbfilm bildet sich eine identische Struktur, da sich Farbstoffe um die Silberkristalle gruppieren. Wird das Silber ausgewaschen, so bleiben die «Wolken» von Farbstoffen zurück. Deren Dimensionen sind zwangsläufig etwas grösser als jene der Silberkristalle.

Bestimmte Techniken der Digitalisierung von Film vermindern den Korneindruck. Dies ist bei Abtastungen mit diffuser Hintergrundbeleuchtung der Fall, sowie bei Nassabtastungen.

Die Publikation «Film Grain, Resolution and Fundamental Film Particles» von Tim Vitale gibt eine gute Übersicht zum Thema Filmkorn. (**REF6**)

Für uns sind hauptsächlich folgende Fragen relevant:

- Wie ist die optische Darstellung von Bild und Korn im digitalen Raum bei den verwendeten Geräten und bei unterschiedlichen Auflösungen?
- Wie interagieren Kompression und Korn?
- Was hat Rauschunterdrückung für Auswirkungen?

5.5 Abtastergeräte

Bei der Durchführung einer Testreihe muss aufgepasst werden, dass man wirklich die Eigenschaften misst, die einen interessieren. Andere Parameter sollten möglichst klein und konstant gehalten werden. Es ist nicht immer möglich, dies ganz sauber durchzuführen, da verschiedene Einflüsse stark voneinander abhängig sind. In der vorliegenden Untersuchung sollten Filmemulsionen getestet werden und nicht bestimmte Abtastermodelle. Die auf dem Markt erhältlichen Gerätetypen sind zahlreich und unterscheiden sich in Preis und Qualität gewaltig. Verschiedene Gründe schränken die Wahl der Abtaster ein. Es wurde für diese Testreihe entschieden, die Workflows der schweizerischen Postproduktionslandschaft anzupassen. So konnten äussere Zwänge miteinbezogen und untersucht werden, denen lokale Archive unterliegen.

Da grosse Mengen 16-mm-Umkehrmaterial in den Archiven der Schweizer Fernsehstationen schon abgetastet sind, wurden die dafür verwendeten Geräte und Workflows ebenso in die Testreihe einbezogen.

Appendix 11.4 listet die Postproduktionshäuser in der Schweiz auf, die HD-Abtastung von Film anbieten.

Ein Standardisieren aller Parameter bei der Abtastung von Film ist ein Ding der Unmöglichkeit. Bei einer Digitalisierung gibt es keine «neutrale» Einstellung, welche das Ausgangsmaterial «unverfälscht» abbildet. Schon alleine durch die unterschiedliche Technik, die bei den Geräten zur Anwendung kommt, werden Rohdaten generiert, die untereinander nicht direkt verglichen werden können. In jeder Maschine findet eine Aufbereitung der Daten statt, bevor diese für die Lichtbestimmung zur Verfügung stehen. Nichtsdestotrotz war es das Ziel, bei jeder Abtastung möglichst neutrale Einstellungen in Bezug auf folgende Bildeigenschaften zu finden:

- Detail enhancement;
- Schwarz- und Weisswerte;
- Rauschunterdrückung;
- Farblichtbestimmung.

Es wird deutlich, wie wichtig die Erfahrung des Operateurs / der Operatrice ist. Er / Sie muss ein gutes Auge haben, die Eigenschaften von Film und die Möglichkeiten des Geräts genau kennen.

5.6 Zielformat

Entsprechend der Problematik bei der Hardware ist die Fülle der digitalen Formate eine Herausforderung. Im Test sollte die Leistung des Filmmaterials und nicht jene von verschiedenen Codecs in SD und HD verglichen werden. Fragen nach der digitalen Archivierung sind eng verknüpft mit Fragen um Kompression und Codecs, da die Datenfülle von unkomprimierten Abtastungen meist zu hoch ist und der Umgang damit zu schwerfällig, um sie in digitalen Archiven zu verwenden. Trotzdem widmet sich diese Studie nur am Rand solchen Fragen. Eine eingehende Untersuchung betreffend die Qualität verschiedener Codecs und deren Eignung im Archivbereich würde Stoff für mehrere gesonderte Untersuchungen bieten. Die Codec-Thematik wurde umgangen, indem nur mit unkomprimierten Daten gearbeitet wurde. Es wurde versucht, eine Konsistenz in der Generierung der Bilder zu erreichen, um die Konstanten, die das Filmmaterial betreffen, zu eruieren. Die Verwendung von unkomprimierten HD-Dateien war für diese Untersuchung die korrekteste Lösung. Dies bedeutet aber nicht, dass es die beste Lösung für digitale Archivzwecke ist.

5.7 Bildinhalte des Testmaterials

Die Testrolle wurde aus Material aus den Archiven der RTS speziell für diese Arbeit zusammengestellt. Sie bringt möglichst viele Aspekte der Charakteristiken des Filmmaterials in typischer Ausprägung zusammen.

Folgende Eigenschaften sind enthalten:

- Schwarzweiss- und Farbmateriale;
- Totalen und Nahaufnahmen;
- filigrane Strukturen zur Analyse des Auflösungsvermögens;
- ausgewogen belichtetes sowie kontrastreiches Material;
- unterbelichtetes sowie überbelichtetes Material;
- verschiedene Emulsionen mit unterschiedlichem Korn und unterschiedlicher Farbwiedergabe;
- Hauttöne im Farbmateriale;
- Testkarte für die Schärfe.

Details sind in **Appendix 11.5** aufgelistet.

6. Testreihe & Workflow

6.1 Vorbemerkungen

Es ist schwierig, die Qualität der Abtastung unbeeinflusst von anderen Faktoren zu prüfen. Die technischen Vorgänge sind komplex und vielerorts nicht im Detail einsehbar.

Die wichtigsten Prinzipien für eine bestmögliche Konsistenz einer Testreihe sind:

- Einfach- und Kurzhalten von Workflows;
- Ausschalten aller «Extras» an den Geräten;
- Konsistenz in Format und Bearbeitungssoftware;
- klare Kommunikation der Vorgaben und Ziele an die ausführenden Techniker;
- wo möglich persönliche Begleitung bei Lichtbestimmungen.

In der vorliegenden Testreihe spielen folgende Hauptfaktoren eine Rolle:

1) Der Workflow

Die Verkettung der Arbeitsschritte hat einen wichtigen Einfluss auf die Qualität des Produkts. Die Kette ist so stark wie ihr schwächstes Glied. Geht irgendwo im Ablauf Qualität verloren, ist sie nachträglich nicht mehr wiederherzustellen.

Der genaue Workflow der Testreihe wird später in diesem Kapitel besprochen.

2) Qualität des Abtastermodells

In der Testreihe wurden verschiedene Abtastermodelle verwendet, um einen Eindruck von deren Leistungsfähigkeit und den Unterschieden zwischen ihnen zu bekommen. Dieser technische Unterschied ist gekoppelt mit der Leistung des Operateurs.

3) The Human Factor

Die Erfahrung und das Können des Technikers am Gerät spielen eine Schlüsselrolle. Kennt man das ausführende Personal nicht, ist dieser Punkt wohl der am schwierigsten einschätzbare und kontrollierbare. Für eine Testreihe wäre es optimal gewesen, denselben Operateur für alle Abtastungen zur Verfügung zu haben. Dies konnte jedoch aus logistischen und finanziellen Gründen nicht umgesetzt werden. Ausserdem sind Lichtbestimmer im Allgemeinen auf ganz bestimmte Systeme eingespielt.

4) Qualität der Signalbearbeitung

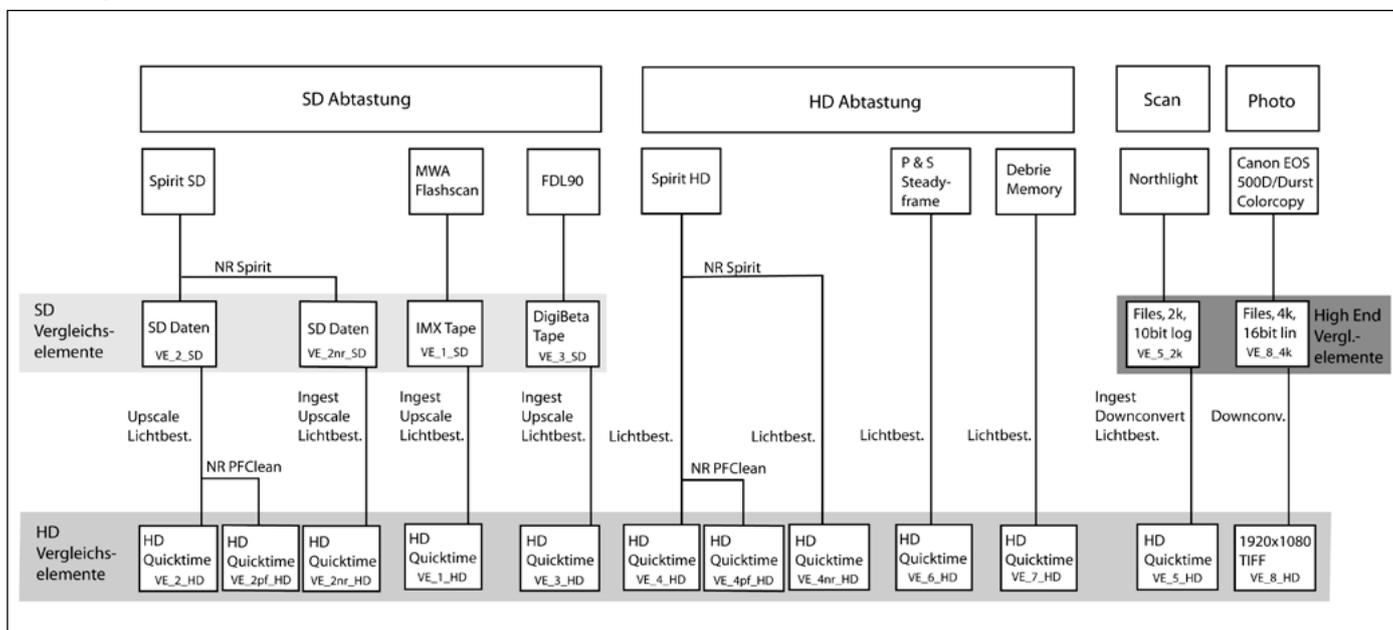
Skalierung in eine andere Auflösung (auch Uprez oder Upscale): Hier sind die Qualitätsunterschiede ebenfalls gross. In der Testreihe wurde immer dieselbe Methode für das Upscale der SD-Tests in HD verwendet. So bleibt die Vergleichbarkeit der Testergebnisse erhalten. Es wurde ein einzelner Quervergleich mit einem andern Algorithmus gemacht, um auch hier den Einfluss von Qualitätsunterschieden zu verdeutlichen.

Rauschunterdrückung: Die Qualitätsunterschiede der Systeme auf dem Markt sind massiv. In der Testreihe haben wir nur zwei Möglichkeiten zur Anwendung gebracht, um einen kleinen Eindruck davon zu erhalten, was solche Eingriffe bewirken können.

5) Nachträgliche Lichtbestimmung

In der Testreihe wurden nachträgliche Korrekturen angebracht, um visuelle Faktoren zu reduzieren, die mit der Qualität der Abtastung nichts zu tun haben, aber die Wahrnehmung des Bildes stark beeinflussen. Konkret wurden die Schwarz- und Weisswerte der einzelnen Testsequenzen einander angepasst. Die Lichtbestimmung der Farbtöne wurde den Operateuren der Abtastung überlassen und nicht weiter angepasst.

Abbildung 1: Übersicht über die Testreihe



6) Qualität der Abbildung für die Beurteilung

Der Markt für Monitore und Bildschirme ist sehr unübersichtlich und äusserst kompetitiv. Seitens der Hersteller wird getrickst, um möglichst flexible Geräte anbieten zu können. Das heisst aber wiederum, dass die Abläufe in der Elektronik dieser Geräte komplex und dem Betrachter meist unbekannt sind.

Für eine Präsentation von Testergebnissen ist ein kalibrierbarer Monitor nötig, welcher eine Auflösung bietet, die jener der Testsequenzen entspricht, also eine Pixel-by-Pixel-Darstellung.

6.2 Testreihe

Es wurden Abtastungen des 16-mm-Testfilms in SD, HD und 2k gemacht. Zusätzlich wurden Einzelbilder in ca. 4k-Auflösung aufgenommen. Eine Übersicht über die Testreihe gibt **Abbildung 1** (Seite 11). Die Vergleichselemente VE_1_HD bis VE_8_HD dienen als Ausgangspunkt für die Analyse der Resultate.

Die verwendeten Abtaster bilden einen guten Querschnitt durch die in der Schweiz vorhandene Infrastruktur, wobei der Spirit als eine Art Industriestandard bezeichnet werden kann. Aus diesem Grund wurden die auf dem Spirit gemachten Abtastungen als Referenz für den Vergleich von SD und HD gewählt.

Eigenschaften der Vergleichselemente:

Element	Gerät	Auflösung, Pixel	Tape/File	Bittiefe	Kompression	Farbkanäle
VE_1	FDL90	SD, 720x576	DigiBeta	10bit log	4:2:2, uncompressed	YPbPr
VE_3	MWA	SD, 720x576	IMX	8bit lin	4:2:2, compressed	YPbPr
VE_2	Spirit	SD, 720x576	Filebased	8bit lin	4:4:4, uncompressed	RGB
VE_4	Spirit	HD, 1920x1080	Filebased	8bit lin	4:4:4, uncompressed	RGB
VE_6	Steadyframe	HD, 1920x1080	Filebased	8bit lin	4:4:4, uncompressed	RGB
VE_7	Memory	HD, 1920x1080	Filebased	8bit lin	4:4:4, uncompressed	RGB
VE_5	Northlight	2k, 2048x1536	Single Frame	10bit log	4:4:4, uncompressed	RGB
VE_8	Medialab	4k, ca. 4000x3000	Single Frame	16bit lin	4:4:4, uncompressed	RGB

Eigenschaften der Abtaster:

Gerät	Chip	Lichtquelle	max. Auflösung (16 mm)	max. Bittiefe	Lauf
Bosch, FDL90	CCD	Halogen	SD, 720x576	8bit lin	Continuous
MWA, Flashtransfer	CCD	LED	SD, 720x576	8bit lin	Continuous
Thomson GV, Spirit	CCD	Xenon	2k, 2048x1536	10bit log	Continuous
P&S, Steadyframe	CMOS	LED, diffus	2k, 1728x1240	10bit log	Continuous
Debie, Memory	CCD	diffus	2k, 2048x1536	10bit log	Continuous
Filmight, Northlight	CCD	Metal Halide, diffus	4k, 4096x3072	10bit log, 16bit lin	Intermittent
Canon EOS 500D / Durst Colorcopy 350	CMOS	diffus	4k, ca. 4000x3000	16bit lin	-

Da bei der Konzeption der Arbeitsabläufe auch die in den Schweizer Fernsehstationen gängigen Workflows einbezogen wurden, sind die dort verwendeten Kompressionen in den betreffenden Testbeispielen integriert (VE_1_HD und VE_3_HD).

Die Abläufe der Datenverarbeitung in den Transfergeräten bleiben im Dunkeln. Prozesse, welche intern durchgeführt werden, lassen sich schwer herausfinden. Die Hersteller wenden verschiedene technische Tricks an, um zu den gewünschten Resultaten betreffend Preis und Geschwindigkeit zu kommen. Dies kann Nachteile für die Bildqualität haben.

Protokolle der Abtastungen finden sich in **Appendix 11.6**. Technische Datenblätter zu den Abtastermodellen sind in **Appendix 11.7**.

6.3 Workflow

In **Abbildung 2** (Seite 13) sind die für den Test verwendeten Workflows dargestellt.

Alle Resultate wurden für den Vergleich in Quicktimes mit 1920x1080, 8bit lin, uncompressed gewandelt.

Die Hochrechnung der SD-Auflösung in HD wurde in allen Fällen identisch ausgeführt.

Die Workflows der Abtastungen für die Fernsehstationen SRF und RTS beinhalten Digital-Betacam- resp. IMX-Bänder. Sie wurden genau so durchgeführt.

Alle entstandenen HD-Dateien wurden auf einem Quantel-System gesammelt, exemplarische Vergleichssequenzen wurden herausgeschnitten. In gewissen Fällen war ein Conforming nötig, da nicht alle Dateien im gleichen Format angeliefert wurden. Es wurden ausserdem die Blacklevels angeglichen, um einen visuellen Vergleich der Tests zu erleichtern.

Auch wenn die Arbeitsabläufe «straightforward» gehalten werden, sind sie komplex und durchlaufen viele Stufen bis zum Resultat. Es besteht die Gefahr, irgendwo unnötigerweise die Qualität zu beschneiden. Das Problem wird durch die Tatsache verschärft, dass Posthäuser dazu tendieren, aus Effizienzgründen Arbeitsabläufe abzukürzen oder zu beschleunigen. Es werden Kompressionen angewendet, um Datenmengen zu reduzieren, ohne dem Kunden mitzuteilen, welche und in welchem Schritt. Obwohl in der vorliegenden Testreihe allen beteiligten Posthäusern klar mitgeteilt wurde, worum es geht, wurde verschiedentlich vorgeschlagen, Dateien in bestimmten komprimierten Codecs zu generieren, mit der Begründung, man sehe den Unterschied zum unkomprimierten File nicht.

Die 4k, 16 bit-Einzelbilder wurden auf einem Durst Colorcopy 350 mit einer digitalen Canon EOS 500D Fotokamera aufgenommen. Die dabei verwendete diffuse Hintergrundbeleuchtung hat zur Folge,

dass das Korn weniger intensiv in Erscheinung tritt. Nicht alle Bilder sind über die ganze Bildfläche gleich scharf. Es stand nur eine Apparatur zur Digitalisierung von 35-mm-Kleinbildmaterial zur Verfügung, und es war schwierig, den 16-mm-Filmstreifen darin absolut plan einzuspannen.

Da das Abspielen der unkomprimierten HD-Dateien auf gängigen Computern nicht ruckelfrei möglich ist, wurden die Dateien am Ende der Postproduktion für eine Präsentation in den Apple Pro Res 422 HQ Codec gewandelt und sinnvoll gruppiert.

Für die Präsentation ohne bewegte Bilder wurden Einzelbilder aus den unkomprimierten Quicktimefiles entnommen und im TIFF-Format abgespeichert.

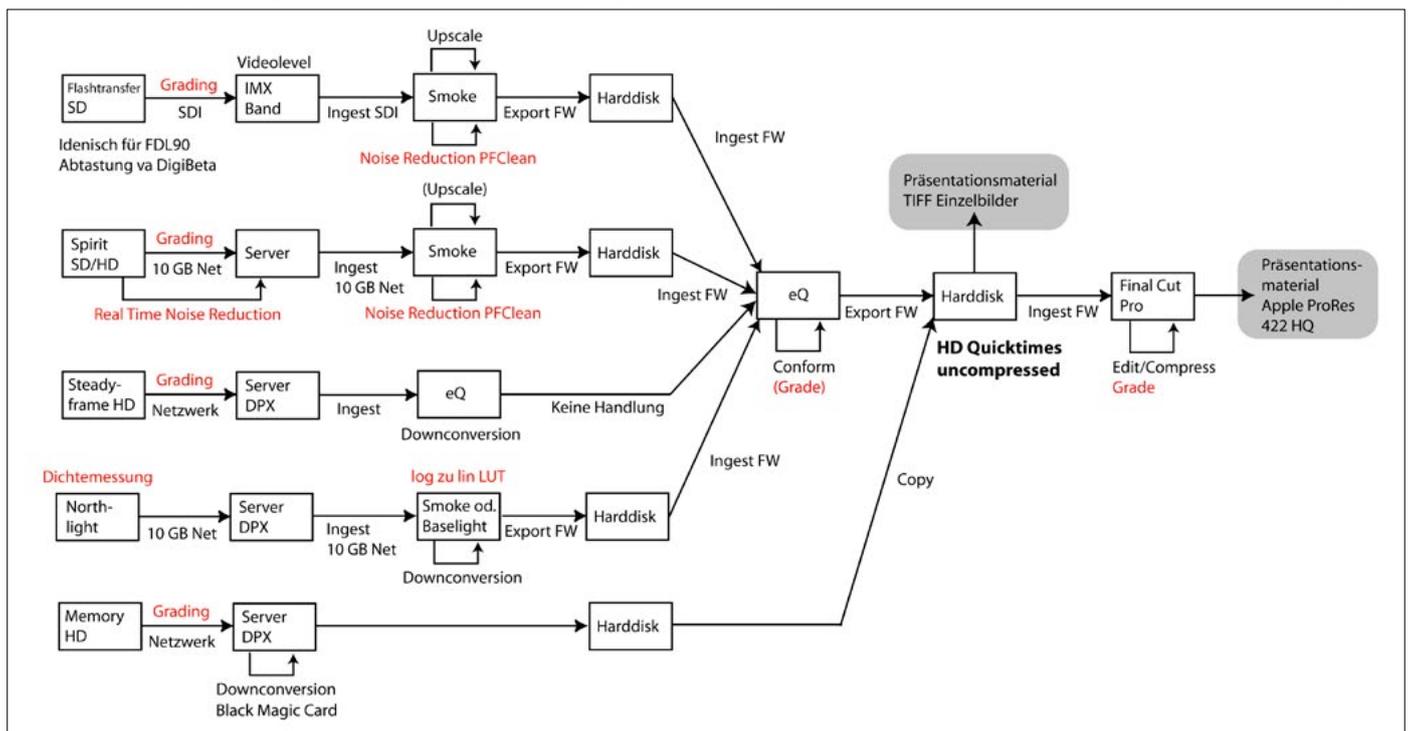
In der Testreihe verwendete Eingriffe in die digitale Bildstruktur

- Upscale/Downconversion (bei SD-, 2k- und 4k-Dateien)
- IMX-Kompression (nur bei MWA-Workflow)
- Konversion vom logarithmischen in den linearen Farbraum mit Hilfe einer LUT (bei der Downconversion von 2k-Scan)
- Lichtbestimmung (bei Abtastung und in der Nachbearbeitung zur Erstellung der Demosequenzen)
- Rauschunterdrückung in Echtzeit (Spirit System) und per Rendering mit PFClean (**REF8**) (Zusatztests)
- Umwandlung in Apple ProRes Codec (für die Präsentation)

Abbildung 2: Workflow-Übersicht

Rot markiert sind Schritte, wo bei festgelegtem Workflow Entscheidungen von Technikern gefällt wurden, welche die Qualität des Bildes beeinflussen.

Die Daten der Memory-Abtastung wurden nicht aus technischen Überlegungen am eQ vorbeigeschleust, sondern trafen als letzte ein, als dieser Schritt schon vollzogen war.



7. Resultate

Die Analyse der Testsequenzen wurde mit Hilfe von unkomprimierten und im Apple ProRes Codec komprimierten Quicktime-Filmen sowie mit TIFF-Dateien von Einzelbildern vorgenommen. Es ist nicht möglich, alle Eigenschaften mit Hilfe von Frameshots zu dokumentieren, denn gewisse Eigenschaften sind nur am bewegten Bild zu beobachten. Folglich sind nicht alle unten beschriebenen Beobachtungen und Kommentare in den Abbildungen nachvollziehbar.

7.1. Vorbemerkungen zu den Abbildungen

Es ist schwierig, die Qualität von Printdokumenten zu kontrollieren, und die Eigenschaften von Videobildern lassen sich kaum in gedruckten Einzelbildern 1:1 darstellen. Die im Text eingefügten Abbildungen in diesem Kapitel sind so gewählt und präpariert, dass beobachtete Sachverhalte an ihnen deutlich werden.

Für Abbildungen, die 1:1 mit den Resultaten aus den Transfers übereinstimmen, müssen die separaten Abbildungen im TIFF-Format herangezogen werden. Sie sind mit diesem Dokument verknüpft und können durch Anklicken der Links im Text geöffnet werden. Alle Abbildungen im TIFF-Format wurden direkt aus den von den Posthäusern angelieferten unkomprimierten Quicktime-Filmen extrahiert. Die TIFF-Dateien haben die originale Auflösung von 1920x1080 Pixeln und sind mit 300 dpi abgespeichert worden. Ausschnitte wurden in Photoshop (REF9) mit «Pixelwiederholung» vergrößert. Bei der Anpassung der Weiss- und Schwarzwerte wurde der hellste Bildpunkt auf 255 und der dunkelste auf 0 gesetzt, ohne Bildinformation in hellen oder dunklen Bildbereichen zu verlieren. Die vorhandene Bildinformation sollte so reichhaltig sein, dass es dem Betrachter möglich ist, in Kombination mit den Angaben im Text auch eigene Schlüsse zu ziehen.

7.2 Quervergleich aller Testsequenzen (Abb. 3)

Vergleichselemente: VE_1_HD, VE_2_HD, VE_3_HD, VE_4_HD, VE_5_HD, VE_6_HD, VE_7_HD, VE_8_HD

Ein erster visueller Quervergleich aller Testsequenzen, ohne Anpassungen durch Lichtbestimmung, lieferte folgende Beobachtungen. Am augenfälligsten sind die extremen Unterschiede in der Farbwiedergabe (Intensität und Farbton) bei den farbigen Tests. Ebenfalls gibt es starke Unterschiede in der Lichtbestimmung der Sequenzen (Weiss- und Schwarzwerte, ausgebrannte Lichter etc.) Das Korn wird in den verschiedenen Abtastungen ganz unterschiedlich repräsentiert.

Es gibt Schärfenunterschiede zwischen SD und HD, aber das ist nicht das erste, was ins Auge fällt.

Digitale Artefakte sind ebenfalls sehr unterschiedlich. Sie fallen besonders bei der Abtastung vom MWA-Flashtransfer auf, sind jedoch wahrscheinlich mehrheitlich dem IMX-Format zuzuschreiben. Die analogen Artefakte (Kratzer im Film, Dreck etc.) fallen unterschiedlich stark auf. Bei weicherem Bild stärker, bei härterem Bild schwächer.

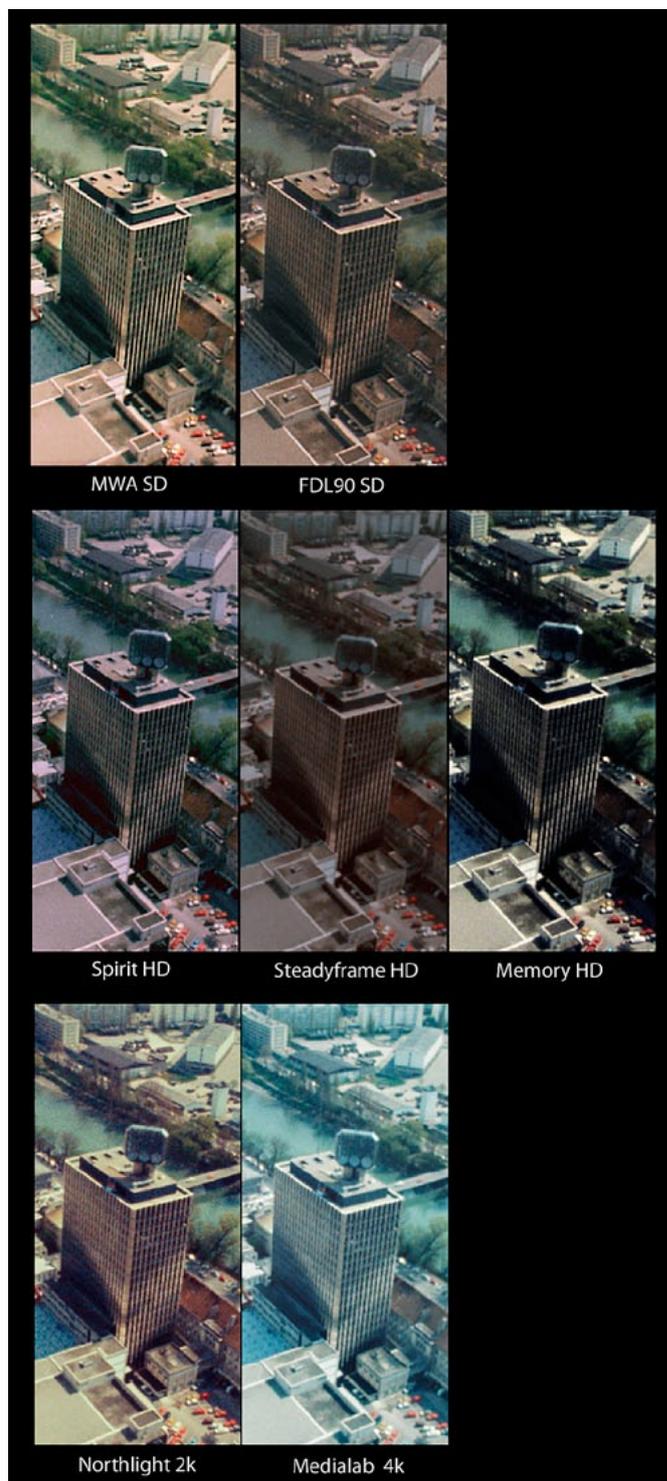


Abbildung 3 Quervergleich aller Testsequenzen im Überblick.
(Bild anklicken, um die TIFF-Datei zu öffnen.)

7.3 Die Spirit-Abtastungen in SD und HD (Abb. 4a/4b)

Vergleichselemente: VE_2_HD, VE_4_HD

Die Spirit-Abtastungen in SD und HD wurden als Referenz verwendet, da der Spirit ein in der Schweiz verbreitetes Abtastermodell ist und es sich um eine High-End-Maschine handelt, die bei richtiger Verwendung beste Qualität liefert.

Ein Vergleich einer SD- mit einer HD-Abtastung, welche auf demselben Gerät gemacht wurden, hat folgenden Haken: Der Chip, mit welchem abgetastet wird, ist in beiden Fällen der gleiche. Das heisst, dass die SD-Abtastung auch mit dem HD-Chip gemacht wurde, aber die Daten maschinenintern reduziert werden, um SD-Auflösung zu liefern. Die vom Gerät auf SD reduzierten Daten wurden dann in der Nachbearbeitung auf einem Smoke-System wieder auf HD hochgerechnet.

Es handelt sich also im Prinzip um eine Down- und Upkonversionsübung. Da jedoch jegliche Kontrolle über die maschineninternen Prozesse fehlt, betrachten wir die SD-Abtastung als solche.

Resultate

Die HD-Abtastung hat mehr Definition. Der Schärfenunterschied ist nicht frappant.

Das Korn erscheint in der HD-Abtastung «spitz» und dadurch intensiver.

Bei grobkörnigerem Material (z. B. 7250 VNX 400 ASA, Abb. 4b) ist der Unterschied zwischen SD und HD deutlicher, u. a. aufgrund der stärkeren Änderung der Darstellung des Kornes.

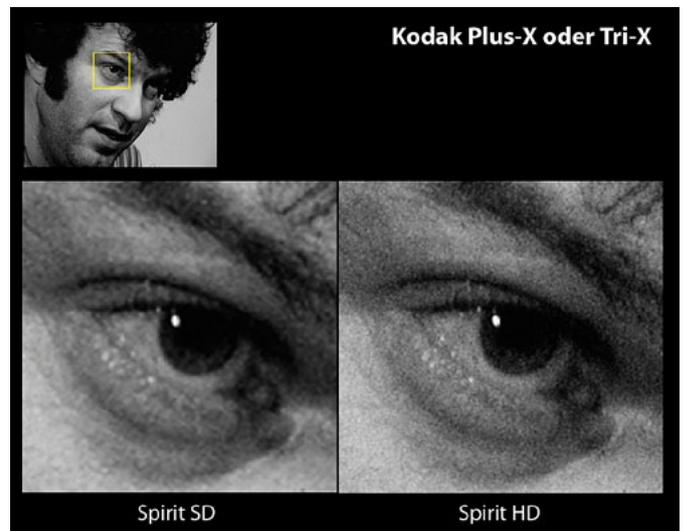


Abbildung 4a Die Spirit-Abtastung in SD und HD.
(Bild anklicken, um die TIFF-Datei zu öffnen).



Abbildung 4b Die Spirit-Abtastung in SD und HD.
(Bild anklicken, um die TIFF-Datei zu öffnen).

7.4 Vergleich der SD-Abtastungen untereinander und mit HD (Abb. 5)

Vergleichselemente: VE_1_HD, VE_2_HD, VE_3_HD, VE_4_HD, VE_8_HD

Hier werden zwei verschiedene Faktoren untersucht. Es werden die Resultate der SD-Bandworkflows der Fernsehstationen mit den Referenzabtastungen des Spirit verglichen. Ausserdem zeigen sich die Eigenschaften der verschiedenen Abtastergeräte.

MWA und FDL90 wurden über den Bandworkflow erstellt, darum sind die Schwärzen angehoben und die Lichter abgesenkt (Videolevel: 16–235, Grafiklevel: 0–255). Diese Unterschiede wurden in der nachträglichen Lichtbestimmung so weit als möglich ausgeglichen, um die visuelle Vergleichbarkeit zu verbessern.

Resultate

MWA-Flashscan: Die Ergebnisse des MWA sind deutlich schlechter als jene des Spirit. Es gibt klare digitale Artefakte und starke Kanten-effekte. Das Korn wirkt «ausgeplättet» und von der digitalen Struktur überdeckt. Die Farben sind flau.

Die Frage, wie stark das IMX-Format für die Eigenschaften verantwortlich ist, kann nicht abschliessend geklärt werden.

FDL90: Das Bild des FDL90 aus dem Bandworkflow über Digital Betacam hat deutlichen Videocharakter, aber eher vom Typus der analogen Videotechnik. Die Zeichnung ist sehr weich. Die Qualität ist sehr verschieden von jener des MWA, aber nicht deutlich besser oder schlechter. Das Bild ist leicht vertikal verzerrt.

Unter den SD-Abtastungen liefert der Spirit mit Abstand das beste Ergebnis in Bezug auf Schärfe, Artefakte und Farbsättigung.

Bei der Spirit-Abtastung in HD fällt wiederum die Intensität des Kornes auf.

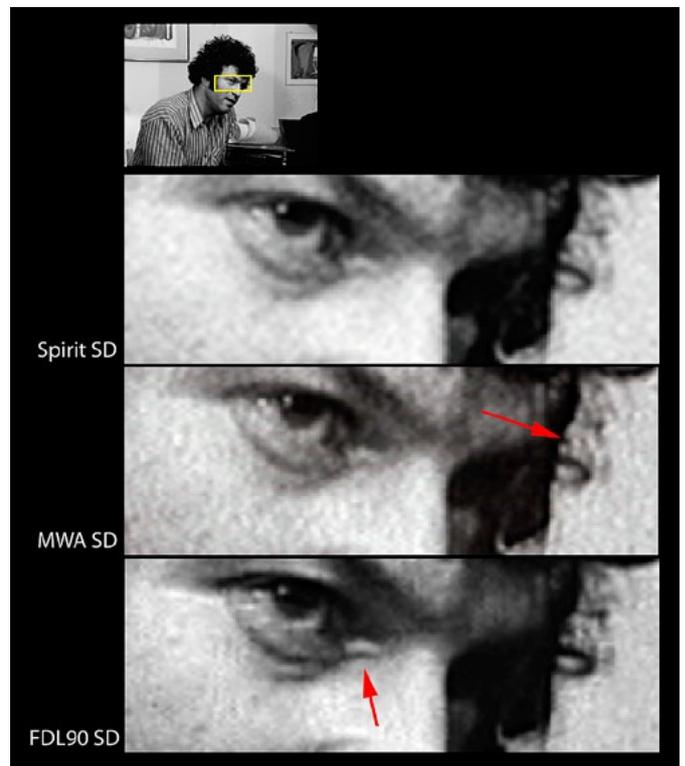


Abbildung 5 Vergleich der SD-Abtastungen.
(Bild anklicken, um die TIFF-Datei zu öffnen).

7.5 Vergleich der HD-Abtastungen (Abb. 6)

Vergleichselemente: VE_2_HD, VE_4_HD, VE_5_HD, VE_6_HD, VE_8_HD

In den letzten Jahren sind viele neue Abtastermodelle auf den Markt gekommen, die Abtastungen in HD zu einem relativ günstigen Preis ermöglichen sollen. Bis anhin war der Transfer in hoher Auflösung nur auf den teuersten Modellen zu haben. Mit den fallenden Preisen sind sie nun auch für Archive Transfers im grossen Stil erschwinglich geworden. Einige Anbieter haben Archive als interessantes Marktsegment erkannt.

Bei der Testserie in HD wurde versucht, diese Entwicklungen einzubeziehen. Das Gerät Steadyframe von P&S Technik wurde vom Hersteller zum Zeitpunkt der Testreihe gerade erst auf 16 mm aufgerüstet. Die Resultate der Abtastung sind in einer Beta-Testphase entstanden. Ähnlich verhält es sich mit dem Debrie Memory, der erst seit kurzer Zeit beim Anbieter stand, da dessen Infrastruktur für Transfers noch im Aufbau war.

Das Resultat des Northlight 2k-Scan ist auch in dieser Vergleichsserie zu sehen. Es ist jedoch recht unbefriedigend. Darauf wird in diesem Kapitel später eingegangen.

Resultate

Die Referenzabtastung des Spirit ist relativ hart in der Lichtbestimmung und fällt an einem Punkt stark ab. Die Durchzeichnung in dunklen Bildbereichen ist dementsprechend schlecht. Das Korn ist leicht «farbig».

Das Resultat des Steadyframe scheint unter den HD-Abtastungen am wenigsten scharf. Die Durchzeichnung ist in hellen und dunklen Bildbereichen jedoch sehr gut. Die Lichter liegen relativ tief. In der Vergrösserung ist am wenigsten Korn auszumachen. Der Steadyframe arbeitet entsprechend den Medialab-Einzelbildern mit diffuser Hintergrundbeleuchtung. Bilder in Schwarzweiss haben einen leichten Grüntich.

Die Bilder des Debrie Memory sind relativ hart in der Lichtbestimmung, aber dennoch in den Schwärzen besser durchgezeichnet als die des Spirit. Die Farbigkeit ist nicht sehr intensiv. Speziell in der Vergrösserung ist zu sehen, dass die Bildstruktur unter den HD-Abtastungen einen am stärksten digitalen Charakter hat. Es ist ein Pumpen der Helligkeit zu beobachten. Dies, wie sich später herausstellte, aufgrund einer fehlerhaften Voreinstellung eines optischen Elements im Gerät.

Wie schon erwähnt, ist die Downconversion des Northlight Scans etwas problematisch und nicht in allen Punkten gut zu vergleichen. Betreffend Bildschärfe konnte kein Vorteil gegenüber der Spirit-Abtastung beobachtet werden.



Abbildung 6 Vergleich der HD-Abtastungen.
(Bild anklicken, um die TIFF-Datei zu öffnen).

7.6 Kontrastverhalten, Lichtbestimmung und die Resultate von über- und unterbelichteten Einstellungen (Abb. 7/8)

Die Abtastungen lieferten je nach Workflow Dateien in RGB mit Grafiklevel (0–255) oder Component YPbPr mit Videolevel (16–235). Dieser Umstand hat dazu geführt, dass sich die Testsequenzen visuell stark unterscheiden. Die Unterschiede können zu Fehlschlüssen bezüglich der Qualität führen. Aus diesem Grund wurden die Schwarz- und Weisswerte in einer nachträglichen Lichtbestimmung so weit angeglichen, dass der visuelle Vergleich einfacher wurde. Gleichzeitig durfte die Durchzeichnung in dunkeln und hellen Bildbereichen nicht verfälscht werden.

Unterbelichtete Einstellung

Vergleichselemente: VE_1_HD, VE_3_HD, VE_4_HD, VE_5_HD, VE_6_HD, VE_7_HD, VE_8_HD

Resultate

Die Lichtbestimmung bei der Spirit-Abtastung war bei der SD- und der HD-Abtastung identisch. Die Durchzeichnung ist in den Lichtern zwar gut, in den dunklen Bereichen aber kaum vorhanden. Dies wirkt sich bei der unterbelichteten Einstellung dramatisch aus. Ob in SD oder HD, spielt keine Rolle. Was an Bildinformation hier verloren ging, kann auch mit einer nachträglichen Lichtbestimmung nicht nachgebessert werden.

Die Resultate der MWA-Abtastung sind aufgrund der Kombination eines billigeren Geräts mit dem kompressionsbehafteten IMX-Format technisch die schwächsten. Die Lichtbestimmung war jedoch durch den Techniker gut durchgeführt worden, so dass in hellen und dunklen Bildbereichen Zeichnung vorhanden ist. Bei der unterbelichteten Einstellung wurden in der zweiten Lichtbestimmung versuchsweise die Schwärzen relativ stark angehoben. Dies hatte zur Folge, dass starke Artefakte in Schatten zutage kamen. Klötzchenbildung sowie Banding durch begrenzte Auflösung der Grautöne sind zu sehen. Die Abstufung der Grautöne ist auch in höchster Qualität bei 8 bit schon recht begrenzt.

Es zeigt sich, dass Kompression bzw. eine Abtastung auf einem qualitativ limitierten Gerät die Möglichkeiten in der späteren Lichtbestimmung weiter einschränken können.

Mit Anpassungen der Weiss- und Schwarzwerte konnte bei den Resultaten vom FDL90 noch viel herausgeholt werden. Eine Erhöhung des Kontrasts war auch dem Schärfeeindruck zuträglich. Das Bild ist dem MWA jedoch kaum überlegen.

Der Northlight Scan war generell zu hell. Bei normal belichteten Aufnahmen ging dabei viel Bildinformation verloren. Bei der unterbelichteten Einstellung hingegen kam die ganze im Film noch vorhandene Bildinformation zutage, welche in andern Abtastungen verloren ging. Dies zeigt, wie viel in einem Film drinsteckt, selbst wenn er falsch belichtet ist. Ein Vergleich mit den detailarmen Resultaten des Spirit demonstriert eindrücklich, wie wichtig die Lichtbestimmung während der Abtastung ist, damit möglichst viel Bildinformation in den digitalen Raum transportiert wird.



Abbildung 7a Unterbelichtetes Ausgangsmaterial.
(Bild anklicken, um die TIFF-Datei zu öffnen).

Bei den Abtastungen der MWA- und Steadyframe-Geräte war auch eine leicht flimmernde Querlinienstruktur zu beobachten, für welche keine Erklärung gefunden wurde. Es ist möglich, dass diese Systeme bei den unterbelichteten Aufnahmen an die Grenze ihrer Leistungsfähigkeit kamen.

Überbelichtete Einstellung

Vergleichselemente: VE_1_HD, VE_3_HD, VE_4_HD, VE_5_HD, VE_6_HD, VE_7_HD, VE_8_HD

An verschiedenen Beispielen aus der Testreihe zeigt sich, dass die technischen Konstellationen, welche schlechte Resultate für die dunklen Bildbereiche ergeben, bessere Ergebnisse für helle liefern, und umgekehrt.

Wenn Kompromisse in der Qualität eingegangen werden, kann man mit Geschick und Erfahrung gute Resultate für unproblematisches



Abbildung 7b Qualitätseinbuße bei problematischen Bildpartien.
(Bild anklicken, um die TIFF-Datei zu öffnen.)

Material erreichen, aber bei schwierigem Ausgangsmaterial fallen die Resultate umso stärker ab und werden schneller unbrauchbar.

Resultate

Die in dunklen Bildbereichen schwachen Spirit-Abtastungen wirken besser beim überbelichteten Beispiel. Die Härte hat hier einen positiven Einfluss auf den Bildeindruck.

Der Northlight Scan ist völlig ausgebrannt und unbrauchbar.

Die Bilder des Steadyframe wirken hier speziell unscharf. Kratzer und Staub kommt stark zur Geltung. Vermutlich lag die SchärfEinstellung bei der Abtastung auf der Ebene der Kratzer und nicht optimal auf der Bildebene.

Schärfekarten

Vergleichselemente: VE_1_HD, VE_2_HD, VE_3_HD, VE_4_HD, VE_5_HD, VE_6_HD, VE_8_HD

Die Resultate aus den Vergleichen der Schärfekarten entsprechen etwa den Erwartungen. Alle HD-Abtastungen liefern deutlich mehr Definition als die SD-Abtastungen. Es ist erstaunlich, dass die Resultate des Steadyframe besser ausfallen als die der andern

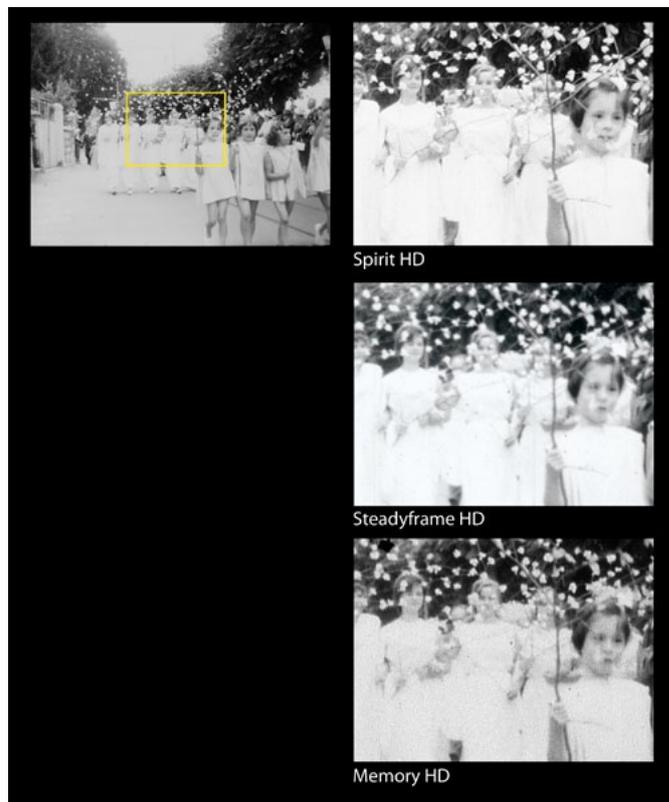


Abbildung 8 Überbelichtetes Ausgangsmaterial.
(Bild anklicken, um die TIFF-Datei zu öffnen.)

HD-Abtaster, obwohl das Material generell einen schwächeren SchärfEindruck machte. Der Debrie Memory liefert die schlechteste SchärfE unter den HD-Geräten. Die 4k-Aufnahme ist nicht besser als die HD-Abtastungen. Möglicherweise war die SchärfE bei der Aufnahme nicht exakt gesetzt.

Es wird deutlich, dass der SchärfEindruck im Bild nicht nur von der realen SchärfE geprägt ist.

7.7 Bildgeometrie und Bildausschnitt

Das 16-mm-Format liefert je nach verwendeter Kamera ein Bild, das nicht ganz dem 4:3 Format entspricht. Immer wieder sieht man auch, dass einer der Bildränder z. B. eine geschwungene Form hat oder die Ecken abgerundet sind. Aus archivarischer Sicht ist dies auch eine Bildinformation, die übertragen werden muss.

Die vorliegenden Abtastungen zeigen nicht alle denselben Bildausschnitt. In der mit Abbildung 3 verknüpften TIFF-Datei ist bei allen Frameshots ein gelber Rahmen abgebildet, der die Fläche von 1440x1080 Pixeln markiert. Der Bildausschnitt ist grundsätzlich bei allen Geräten einstellbar. Gewisse Geräte sind flexibler als andere. Wie stark der Beschnitt in der Abtastung ist, muss demnach verbindlich mit dem Techniker besprochen werden. In der vorliegenden Serie wurde nur im 2k-Scan und in der Debrie-Memory-Abtastung die ursprüngliche Geometrie des Filmbilds respektiert.

Im Fall des FDL90 konnte eine leichte vertikale Verzerrung des Bildes festgestellt werden. Bildverzerrungen in beschränktem Ausmass sind schwer zu erkennen. Testbilder mit klaren geometrischen Formen (Kreis oder Gitter) helfen, Abweichungen zu identifizieren.

7.8 Hochrechnung von SD auf Smoke und eQ

Vergleichselemente: VE_2_HD, VE_2eQ_HD

Die Qualität von unterschiedlichen Hochrechnungen von SD- in HD-Qualität zu testen, war nicht Intention der Testreihe. Das Upscale wurde für alle SD-Testelemente identisch auf einem Smoke-System durchgeführt. Um trotzdem eine Idee von den Unterschieden solcher Prozesse zu erhalten, wurde die SD-Spirit-Abtastung zusätzlich mit einem anderen Algorithmus auf einem Quantel-eQ-System gerechnet.

Resultate

Die Quantel-Variante schneidet betreffend Schärfe schlechter ab. In feinen horizontalen Strukturen ist beim Quantel-Upscale stärkeres Aliasing zu sehen. Es bestehen Unterschiede in der Bildgeometrie zwischen den beiden Resultaten.

7.9 Korn und Noise Reduction (Abb. 9/10)

Vergleichselemente: VE_1_HD, VE_2_HD, VE_2nr_HD, VE_2pf_HD, VE_3_HD, VE_4_HD, VE_4nr_HD, VE_4pf_HD, VE_5_HD, VE_6_HD, VE_7_HD, VE_8_HD

Das Unterdrücken des Rauschens der Emulsion ist für die relativ grobkörnigen Umkehrmulsionen von grosser Bedeutung. Es ist ein wichtiger Schritt auf dem Weg zur verbesserten Sendetauglichkeit in HD. Gleichzeitig stellt es einen bedeutenden Eingriff in die Bildstruktur dar, der jeden Punkt des Bildes betrifft. Rauschunterdrückung hat einen Verlust an Bildschärfe zur Folge. Die Einstellung der Intensität ist das Suchen nach einem Kompromiss zwischen der Verminderung des Rauschens und der Begrenzung des Verlusts an Schärfe.

Unzählige Anwendungen zur Unterdrückung des Rauschens sind auf dem Markt erhältlich. Sie teilen sich vom Arbeitsablauf her in zwei Gruppen:

Unzählige Anwendungen zur Unterdrückung des Rauschens sind auf dem Markt erhältlich. Sie teilen sich vom Arbeitsablauf her in zwei Gruppen:

- 1) Systeme, die in Echtzeit (Real Time) arbeiten und während der Abtastung mit unterschiedlicher Intensität zugeschaltet werden können.
- 2) Systeme, die mehr Rechenzeit benötigen. Das Digitalisat wird mit höherem Zeitaufwand nachbearbeitet (Rendering).

Im Allgemeinen sind Renderingsysteme qualitativ höherstehend, da mehr Zeit zur Bearbeitung pro Bild zur Verfügung steht. Der Vergleich von unterschiedlichen Noise-Reduction-Algorithmen

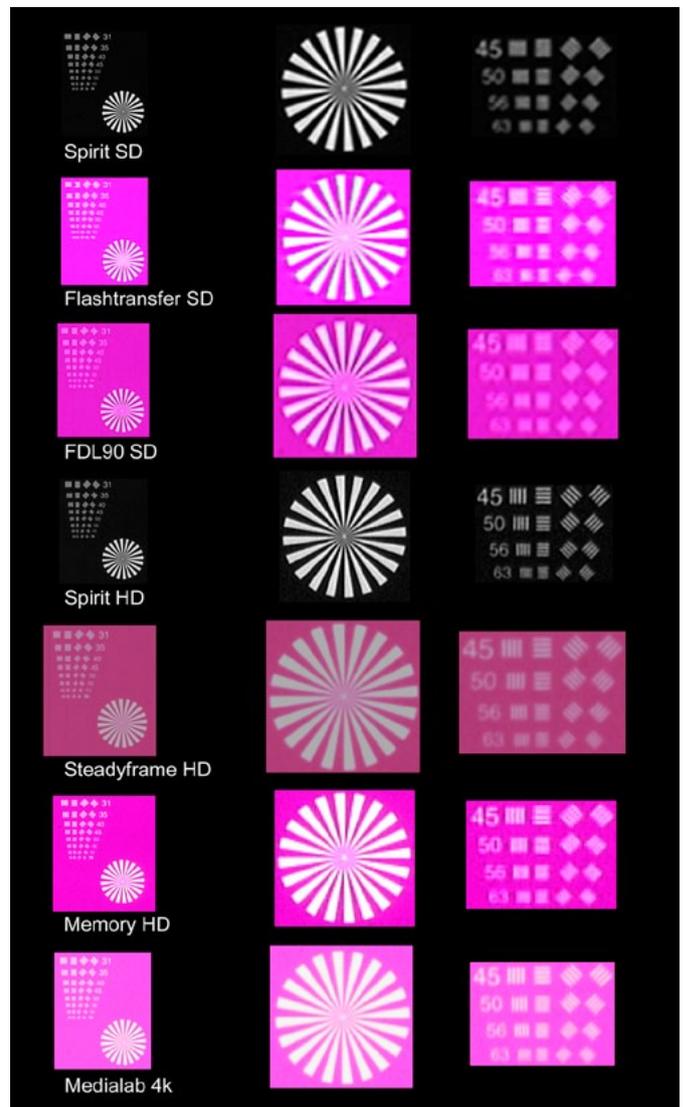


Abbildung 9 Schärfekarten.
(Bild anklicken, um die TIFF-Datei zu öffnen).



Abbildung 10 Unterschiede im Upscale.
(Bild anklicken, um die TIFF-Datei zu öffnen).

ist nicht Teil dieser Untersuchung. Trotzdem wurden zusätzliche SD- und HD-Samples aufgenommen, bei welchen der im Spirit-System zur Verfügung stehende Echtzeitprozess zugeschaltet wurde. Die Rauschunterdrückung wurde mit mässiger Intensität angewandt (vgl. Protokoll der Abtastung in Appendix 10.6). Des Weiteren wurde eine unbehandelte Testsequenz mit dem System PFClean behandelt. Die Kornstruktur der unbearbeiteten Sequenzen wurde untereinander sowie mit den bearbeiteten verglichen.

Resultate

Der Vergleich der Abtastungen zeigt, dass das Korn sehr unterschiedlich repräsentiert wird, und zwar abhängig von der Auflösung sowie dem Abtastermodell.

Der Northlight Scan zeigt ein auffallend farbiges Rauschen.

In der HD-Sequenz des Debie Memory war ein regelmässiges «Stoppen» in der Kornbewegung zu beobachten. Dies hat sich später als ein Problem der Grundeinstellungen herausgestellt (vgl. Hinweis unter «Resultate der HD-Abtastungen», Seite 17). In der Vergrösserung zeigte sich eine im Vergleich mit andern Abtastungen stärkere «Klötzchen»-Struktur.

Digitale Charakteristiken und Artefakte interagieren mit dem Korn. Dies wirkt sich in SD stärker aus, weil bei dieser Auflösung die Dimensionen von Korn und Pixelgrösse ähnlich sind.

Die Resultate des Steadyframe sowie die Medialab-4k-Einzelbilder weisen gedämpftes Korn auf. Dies aufgrund der diffusen Hintergrundbeleuchtung, die in beiden Fällen zur Anwendung kam.

Die Spirit Real Time Noise Reduction liefert gute Resultate mit wenigen Artefakten, jedoch ändert sich das verbleibende Korn leicht im Zeitverlauf. Die Resultate sind bei schwachem Korn gut. Bei starkem Korn ist kaum eine Änderung zu sehen. Dies hängt mit dem Level der Noise Reduction zusammen. Dieses wurde in diesem Test für alle Einstellungen gleich gehalten, müsste aber der Situation angepasst werden.

Das Renderingsystem PFClean vermindert das Rauschen, macht das Bild aber fleckig, was besonders beim laufenden Bild auffällt. Im Standbild ist diese Eigenschaft weniger deutlich, und man hat da die besten Resultate. Es ist aber der deutlichste Schärfeverlust am Bild zu beobachten. Die Überlegenheit von Rendering-Systemen kann in diesem Versuch nicht bestätigt werden.

7.10 Bittiefe

Umkehrfilm ist weniger tolerant in Bezug auf Unterschiede in der Bildhelligkeit als Negativfilm. Dieser nimmt Unterschiede bis zu ca. 10 Blenden auf, Umkehrfilm nur ca. 6 Blenden. Entsprechend ist bei Umkehrfilm der Unterschied zwischen einer Abtastung mit 10 bit und einer mit 8 bit kleiner. Der tatsächliche Unterschied zwischen 10 bit und 8 bit Farbtiefe ist schwierig zu visualisieren. Es kann hierzu mit den vorliegenden Resultaten kein brauchbares Urteil abgegeben werden.

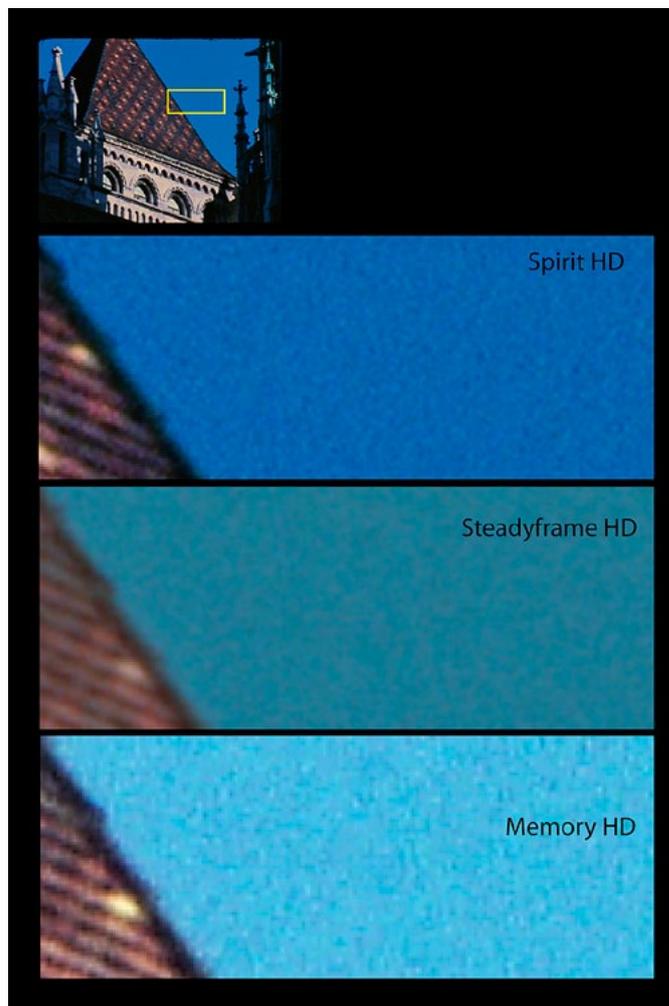


Abbildung 11a Unterschiede in der Wiedergabe des Kornes. (Bild anklicken, um die TIFF-Datei zu öffnen).

7.11 Probleme beim Scan

Die Resultate der Northlight-Abtastung haben eine eigenartige Qualität. Sie liegen einerseits generell im oberen Drittel der Helligkeitsskala und weisen auffallend farbiges Korn auf. Es ist schwierig nachzuvollziehen, wo das Problem liegt. Im Workflow wird die Qualität des Scans an zwei Punkten nachhaltig beeinflusst: Vor dem Scan wird zur Kalibrierung des Geräts der dichteste und der transparenteste Punkt der Emulsion gemessen. Liegen diese Werte falsch, so hat dies Auswirkungen auf die Grauskala der gesamten Abtastung. Bei der Messung geht man davon aus, dass das Filmmaterial für die gesamte Rolle konstant dasselbe ist. Bei der vorliegenden Testrolle handelt es sich aber um einen Zusammenschchnitt von vielen verschiedenen Emulsionen. Es ist gut möglich, dass die Wahl der Kalibrierungspunkte für die meisten Einstellungen der Rolle ungünstig war und somit die Abtastung nicht repräsentativ ist. Ein weiterer Schritt, bei dem Grauwerte verändert werden, ist die Umwandlung vom 10 bit logarithmischen in den 8 bit linearen Farbraum. Es gibt keinen mathematisch klar definierten, einzig



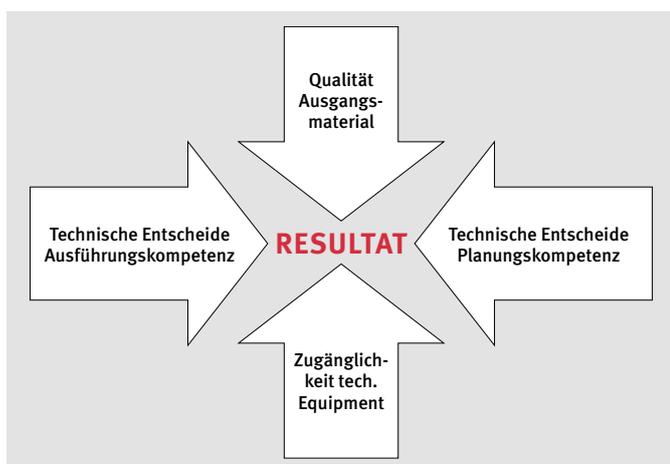
Abbildung 11b Korn und Rauschunterdrückung.
 (Bild anklicken, um die TIFF-Datei zu öffnen).

korrekten Weg für die Umrechnung vom logarithmischen in den linearen Raum. Es kommen dabei sogenannte Lookup Tables (LUT) zur Anwendung. Die LUT wird aufgrund des Charakters des Bildinhalts und des angestrebten Looks gewählt. High-End-Scanner sind generell auf Negativmaterial ausgerichtet. Beim Abtasten von Umkehrmaterial kann es zu Problemen kommen. Das ist nicht eine Frage der Hardware, sondern der Software. Bei der Programmierung werden die Bedürfnisse in Bezug auf Umkehrmaterial oft übergangen.

8. Fazit

8.1 Allgemeine Bemerkungen

Die Frage danach, welche Qualität die Digitalisierung von 16-mm-Umkehrmaterial aufweisen soll, lässt sich nicht auf «HD ja oder nein?» reduzieren. Viele Faktoren spielen im Entscheidungsprozess mit, basierend auf den vier Grössen, welche in untenstehender Abbildung dargestellt sind: die Qualität des Ausgangsmaterials, die Kompetenz in der Ausführung und nicht zuletzt die Erhältlichkeit des gewünschten Equipments (Kostenfaktor!).



Kommerziellen Institutionen wie Fernsehstationen dient das digitale Material in erster Linie der erneuten Auswertung, wofür es geeignet und einfach handhabbar sein soll. Aus rein archivarischer Sicht muss die Übertragung in den digitalen Raum so stattfinden, dass das Bild mit seiner Trägercharakteristik abgebildet wird, um dessen Authentizität bewahren zu können.

Bei einem handschriftlichen Dokument auf Pergamentpapier würde man nie auf die Idee kommen, im Digitalisat für Archivzwecke die Papierstruktur zu entfernen und die Schrift auf weissem Hintergrund abzubilden, selbst wenn dadurch die Leserlichkeit verbessert würde. Bei einem moderneren Dokument, das auf einer mechanischen Schreibmaschine auf grauem Umweltschutzpapier geschrieben wurde, spielen die Materialeigenschaften hingegen eine kleinere Rolle. Überträgt man dies auf das Medium «Film», so liegt die Bedeutung der Trägercharakteristiken wohl irgendwo dazwischen. Da die Eigenschaft des analogen Filmträgers in einer Struktur gründet, die im Mikrometerbereich liegt, kann eine Abtastung in der Auflösung eigentlich nie gut genug sein. Die Auflösung auf der Ebene des Silberkorns anzustreben, wäre absurd und völlig unrealistisch, besonders auch, weil es sich um eine dreidimensionale Struktur handelt.

Eine weitere Tatsache ist, dass eine Abtastung, welche möglichst viel Bildinformation enthält, visuell nicht unbedingt die attraktivste Variante ist. Es ist deren Stärke, dass man daraus mit Hilfe von Lichtbestimmung verschiedene, visuell unterschiedliche Resultate erhalten kann. Dies bedingt jedoch weitere, mehr oder weniger

kostspielige und selten automatisierbare Arbeitsschritte.

Die Übertragung in höchster Qualität für die Archivierung wird nach der Abtastung bei der Auswertung erneut Kosten verursachen, da die Daten bei der Verwendung für eine Sendung erst konvertiert, neu lichtbestimmt und eventuell anderweitig bearbeitet werden müssen.

Das bedeutet mehr Aufwand in der:

- Herstellung der Digitalisate;
- Lagerung (grösseres Datenvolumen);
- Bereitstellung für die erneute Auswertung.

8.2 Bildeigenschaften

Trotz der Einschränkung der Testreihe auf Umkehrfilm hat man es mit einer Gruppe von Filmemulsionen zu tun, die sich stark in ihren Qualitäten unterscheiden.

Workflow

Der Signalverlauf muss mit der ausführenden Institution besprochen und verbindlich festgelegt werden.

Auch wenn die Abtastungen relativ «straightforward» durchgeführt wurden, laufen die Daten bis zur Präsentation durch mehrere Prozesse. Dies ist generell bei Postproduktionsprozessen der Fall. Die Wahrscheinlichkeit, dass man beim einen oder andern Schritt ungewollt eine Datenreduktion erzeugt, ist recht hoch. Die Abläufe müssen gut durchdacht sein, um dies zu verhindern.

Auch ein simpler Workflow wird aus vielen kleinen Schritten bestehen, die man besser oder schlechter machen kann. Ein Kompromiss mit Qualitätseinbusse auf einer Stufe kann akzeptabel sein, wählt man aber bei jeder Entscheidung die schlechtere Variante, so wird das Resultat entsprechend schlecht sein.

Achtung vor «Flaschenhälsen», welche die Qualität unwiederbringlich reduzieren.

Es ist ratsam, die Vorgänge möglichst weit selber zu verstehen.

Ist das nicht möglich, so soll ein externer Experte für eine neutrale Beurteilung beigezogen werden.

Geräte

Die Maschinen unterscheiden sich dramatisch in der Wiedergabequalität und Bildcharakteristik.

Teurere Geräte leisten generell auch heute noch mehr als billigere.

Bildschärfe und Korn

Der Gewinn an zusätzlicher Schärfe des Bildinhalts, den eine HD-Abtastung ergibt, ist nicht besonders gross.

Emulsionen mit unterschiedlichem Korn reagieren verschieden im Transfer auf SD und HD. Die Gesamterscheinung des Bildes ändert sich stark durch die unterschiedliche Repräsentation des Kornes. Dieser Effekt ist bei grobkörnigem Material ausgeprägter als bei feinkörnigerem.

Das Korn ist bei der SD-Abtastung nicht aufgelöst und wird daher quasi ausgeplättet und unter Umständen unterdrückt.

Eine SD-Abtastung kombiniert mit einem komprimierten Zielformat zu verwenden ist nicht empfehlenswert.

Es wird da und dort argumentiert, dass mit der zunehmenden Leistung der Algorithmen für das Upscale von SD auf HD die hochgerechneten Resultate in Zukunft den HD-Abtastungen entsprechen werden. In Bezug auf die Wiedergabe des Bildinhalts kann das durchaus näherungsweise der Fall sein. Die Kornstruktur wird jedoch bei der SD-Abtastung so weit beeinträchtigt, dass sie im Upscale nicht in ihrer tatsächlichen Form reproduziert wird. Zu viel Information über ihre (chaotische) Struktur ist durch den Mangel an Definition verlorengegangen.

Lichtbestimmung

Die Lichtbestimmung ist von grösster Bedeutung. Die qualitativ beste Abtastung ist wertlos, wenn der Techniker am Gerät versagt. Der Techniker muss eine Vertrauensperson sein. Man sollte sich mit dem Posthouse auf eine bestimmte Person einigen, welche die Arbeit ausführt.

Man muss wissen, was man will und den Techniker finden, der die Vorstellungen versteht und umsetzt.

Die Lichter einmal einzustellen und alles Material durchrattern zu lassen wird zu keinen befriedigenden Resultaten führen (dies gilt auch für 2k-Scans!)

Anpassungen der Geräteparameter von Einstellung zu Einstellung sind unvermeidlich.

Je mehr man den Aufwand in der Abtastung reduziert, desto grösser ist die Gefahr, Bildinformation zu verlieren. Das bedeutet auch, dass es schwieriger (oder unmöglich) sein wird, das Resultat weiter zu verwenden. Je grösser die Kompromisse in der Qualität, desto stärker werden bei problematischem Ausgangsmaterial die Resultate vom Durchschnitt abfallen.

Film enthält oft einen so grossen Datenreichtum, dass man den Charakter einer Einstellung noch nachträglich bestimmen kann (im analogen oder digitalen Postproduktionsprozess). Je grösser die technischen Kompromisse in der Abtastung, desto mehr wird diese Flexibilität geschmälert. Dies hat negative Auswirkungen auf die Wiederverwendbarkeit des Materials.

Das Problem der inkonsistenten Farbwiedergabe ist bedeutend und in vielen Fällen praktisch unlösbar, da Farbreferenzen (Farbkarte) im Bild fast immer fehlen und direkte Vergleiche von den Filmfarben mit jenen der Abtastung äusserst schwierig umzusetzen sind. Zusätzlich ist der Farbraum des Films ein anderer als jener der Abtastung.

Eingriffe in die Bildstruktur

Emulsionen mit gröberem Korn reagieren anders auf Eingriffe wie Rauschunterdrückung als feinkörnige. Die Einstellungen müssen dementsprechend flexibel abgestimmt werden.

Bei SD-Abtastungen ist es sinnvoller, die Rauschunterdrückung mittels Rendering nach dem Hochrechnen auf HD durchzuführen, da mit der höheren Auflösung die Ansatzpunkte für die Berechnung kleiner werden.

Die Qualitätsunterschiede von Upscale-Algorithmen sind bedeutend.

Es ist wichtig zu verstehen, an welcher Stelle im Prozess man idealerweise welche Bearbeitung durchführt (Up-/Downscale, Rauschunterdrückung, Formatänderungen, Dateiformatänderungen). Das Optimum kann je nach Workflow anders sein.

Überrissene Eingriffe ergeben meist schlechte Resultate:

Das Umkehrmaterial für Reportagezwecke wurde explizit für das SD-Fernsehen geschaffen. Es macht keinen Sinn, die Eigenschaften des Materials zu ignorieren und zu versuchen, etwas herauszuholen, für das es nicht geschaffen wurde.

Besondere Herausforderungen bei Massenverarbeitungen

Bei Massenverarbeitungen besteht die Gefahr, dass zugunsten eines tieferen Preises zu viele Kompromisse in der Qualität eingegangen werden. Mit Hilfe einer Auswahl des Ausgangsmaterials kann die Menge des zu transferierenden Filmmaterials reduziert werden. Es steht so mehr Geld pro Filmmeter für die Abtastung zur Verfügung.

Ebenso besteht die Tendenz, zugunsten eines tieferen Preises und schnellerer Verarbeitung die oben erwähnten Regeln der Qualitätssicherung wegzurationalisieren.

In der Regel stellen Posthäuser für Massenaufträge auch ältere Geräte und weniger qualifiziertes Personal bereit, um die Tarife tief zu halten und die Top-Systeme für Aufträge mit höherer Gewinnmarge frei zu halten.

Bei Archiven von grösseren Betrieben kann es auch ein Problem sein, dass das zum Standard der Firma erklärte digitale Format für Archivzwecke nicht optimal ist.

Holt man einen Kostenvoranschlag für eine Massenabtastung bei verschiedenen Anbietern ein, so erhält man ganz unterschiedliche Preise. Bei genauerem Hinschauen stellt man fest, dass sich die inbegriffenen Serviceleistungen stark unterscheiden. Es ist daher wichtig, die gewünschten Leistungen genau zu definieren und ein- oder auszuschliessen.

Dies kann betreffen:

- vorgängige Ultraschallreinigung;
- physische Kontrolle und Reparatur von Schnittstellen;
- Grad der Lichtbestimmung;
- automatisierte oder manuelle «Korrekturen».

Schlüsselschritte

- 1) Workflow im Detail ausarbeiten und Guidelines definieren.
- 2) Tests durchführen.
- 3) Rat von neutraler Drittperson einholen.
- 4) Vertrauensperson für den Transfer etablieren.
- 5) Qualitätskontrollen durchführen.

Eine detaillierte Checkliste zum Thema Outsourcing von Aufträgen findet sich in «Project Outsourcing: Navigating Through The Client / Vendor Relationship To Achieve Your Project Goals» von Chris Lacinak (REF10).

9. Referenzen

- REF1: RTS – Radio Télévision Suisse (www.rts.ch)
- REF2: SRF – Schweizer Radio und Fernsehen (www.srf.ch)
- REF3: EBU – TECH 3315, «Archiving: Experiences with telecine transfer of film to digital formats» (Geneva, April 2006)
- REF4: EBU Tech 3289, 3289s1 «Technical recommendations for scanned image area dimensions from film for TV»
EBU Technical Recommendations R86-2000 «Scanned Image Area Dimensions from Film for Television»
- REF5: Revue des Technologies de Radio-Canada «Méthodes de transfert de film en haute définition» (Nr. 3, Januar 2007)
- REF6: Tim Vitale «Film Grain, Resolution and Fundamental Film Particles» (April 2007)
- REF7: Popular Science «Mysteries of Photography» (Dec. 1935)
- REF8: PFClean ist ein Produkt von The Pixel Farm
(www.thepixelfarm.co.uk)
- REF9: Adobe Photoshop ist ein Produkt von Adobe
(www.adobe.com)
- REF10: «Project Outsourcing: Navigating Through The Client / - Vendor Relationship To Achieve Your Project Goals»
Audiovisual Preservation, Chris Lacinak
(www.avpreserve.com)

10. Glossar

Das folgende Glossar gibt nicht Definitionen mit allgemeinem Gültigkeitsanspruch wieder, sondern erklärt die Verwendung der jeweiligen Begriffe im vorliegenden Text.

Abtastung	Scan, Telecine	Optische Digitalisierung.
Aliasing	Aliasing	Treppenstufenstruktur von geschwungenen Linien im Bild, bedingt durch die Pixelstruktur des digitalen Bildes, in Abhängigkeit der räumlichen Auflösung.
Archivkopie	Archival copy	Kopie eines Werks, welche für die Langzeitaufbewahrung vorgesehen ist.
Archivmaster	Archival master	Master, das aus der Restaurierung hervorgeht und im Archiv als (allenfalls neues) Original gilt.
Artefakte	Artifacts	Technische Eigenschaften wie Linienstruktur oder Kompression, welche sich in der Bildqualität niederschlagen. Diese werden meist als Defizit oder Schaden für das Bild angesehen.
Banding	Banding	Wahrnehmbar stufige Struktur der Farbtöne in Farbverläufen, in Abhängigkeit der Farbauflösung, welche durch die Bittiefe gegeben ist.
Bildverhältnis	Aspect ratio	Verhältnis der Bildbreite zur Bildhöhe (z.B. 4:3, 16:9 etc.).
Bittiefe	Bit depth	Digitales Mass der Auflösung der Farbtöne.
Codec	Codec	Digitaler Code zur Darstellung von Bildern bei reduzierter Datenmenge.
Conforming	Conforming	Anpassung des digitalen Codecs an bestimmte vorgesehene technische Werte / Eigenschaften.
Definition, detail	Definition, detail	Räumlicher oder farblicher Detailreichtum einer Abbildung.
Dichtemessung	Density measurement	Ausmessen der Transparenz von Filmmaterial nach der Entwicklung.
digitale Kopie	Digital copy	Kopie des digitalen Masters.
digitales Master	Digital master	Produkt eines digitalen Arbeitsprozesses.
Digitalisat	...?.....	Ergebnis der Übertragung eines analogen (Bild-)Dokuments in den digitalen Raum.
Durchzeichnung	Detail	Räumlicher oder farblicher Detailreichtum einer Abbildung, meist in Bezug auf die dunkelsten oder hellsten Bildbereiche.
Echtzeit	Real time	Eigenschaft von Rechenprozessen, die während des Abspielens eines Clips im Hintergrund stattfinden können.
Einlesen	Ingest	Einlesen von Informationen in den Computer. Dies kann einen Digitalisierungsprozess, einen Konversionsprozess, oder lediglich das Einlesen von Daten beinhalten.
(Farb-)Lichtbestimmung	(color) grading	Anpassung der Farben eines Bildes nach bestimmten Vorgaben
Farbraum	Color space	Dreidimensional – als Farbraum – dargestellte Gesamtheit der Farben eines Farbmodells, die durch eine farbgebende Methode tatsächlich ausgegeben werden können. Jede farbgebende Methode hat ihren eigenen Farbraum.
Farbsättigung	Color saturation	Farbintensität.
Hochrechnung	Upresolution (upres), upscale	Digitales Errechnen einer höheren räumlichen Auflösung aus einem digitalen Bild mit bestimmter Auflösung. Dies kann per Interpolation oder durch reine Pixelwiederholung gemacht werden.
Umkopiermaterial	Intermediate material	Speziell für Umkopierprozesse geeignetes Filmmaterial.
Kanteneffekte	Border effects	Auf digitalen Prozessen beruhende visuelle Effekte, welche Bildbereiche mit extremen Unterschieden in der Helligkeit betreffen.
Konversion	Conversion	Umrechnen von digitalen Daten, z.B. von einem Codec in einen andern.
LUT	LUT	Lookup Table: Wertetabelle, nach der sich ein komplexer Konversionsprozess richtet.
Nachschärfung	Detail enhancement	Künstliche Nachschärfung eines digitalen Bilds durch rechnerische Prozesse.
Operateur	Operator	Spezialist, der ein Gerät zur Digitalisierung oder zur Lichtbestimmung bedient.

Rauschunterdrückung	Noise reduction	Reduktion des Rauschens in einem Bild. Das kann die in den digitalen Raum übertragene analoge Bildstruktur eines abgetasteten analogen Originals sein, oder das digitale Rauschen.
	Degrain	Unterdrückung der in den digitalen Raum übertragenen analogen Kornstruktur eines abgetasteten Films.
Pixel-by-Pixel-Darstellung	Pixel by pixel representation	Darstellung eines digitalen Bildes einer bestimmten Auflösung, bei der jedem Punkt des digitalen Bildes ein realer Bildpunkt auf einem Bildschirm zugewiesen wird. Es findet keine Skalierung der Daten statt.
Pixelwiederholung	Nearest Neighbor	Einfachste Technik des Hochrechnens der Auflösung eines digitalen Bildes durch die Multiplikation bestehender Bildinformationen, ohne rechnerische Interpolation.
reale Schärfe	Actual sharpness	Schärfe eines Bildes, die durch die Schärfe der optischen Elemente der Aufnahme gegeben ist und nicht durch digitale Bearbeitung entstanden ist.
Rendering	Rendering	Rechenprozess, während dessen die Wiedergabe eines Clips in Echtzeit verhindert wird.
Scan	Scan	Technik der optischen Digitalisierung von Einzelbildern in hoher Qualität.
Schärfeeindruck	Perception of sharpness	Die vom Auge/Gehirn wahrgenommene subjektive Schärfe.
Schwarzwert	Black level	Dunkelster Punkt einer Abbildung.
Signalverlauf	Signal processing	Die Konversionen, welche ein Bildsignal während eines Verarbeitungsprozesses durchläuft.
Skalierung	Scaling	Digitales Errechnen einer höheren oder tieferen räumlichen Auflösung aus einem digitalen Bild mit einer bestimmten Auflösung.
	Upscale/downscale	s. o.
stossen	To push	Chemischer Laborprozess bei der Entwicklung eines unterbelichteten Films, um trotzdem normale Dichtewerte im Negativ zu erhalten.
Telecine	Telecine	Technik der optischen Digitalisierung von Filmmaterial, mittels einer kontinuierlichen Durchlaufbewegung des abzutastenden Filmmaterials.
Umkehrmaterial	Reversal Material	Filmmaterial, das nach der Belichtung in einem Entwicklungsprozess ein positives Original liefert.
weiches/härteres Bild	Softer/more contrasty image	Kontrasteigenschaften eines Bildes.
YPbPr/RGB	YPbPr/RGB	In die einzelnen Farbkanäle aufgespaltetes Farbsignal.

11. Appendix

11.1 Status quo der Arbeiten an den Filmbeständen der öffentlich-rechtlichen Fernsehstationen der Schweiz

SRF (Schweizer Radio und Fernsehen):

- Rund 12 000 Stunden (fast ausschliesslich 16-mm-Positivmaterial), 4000 Stunden davon sind schon überspielt. Es handelt sich dabei um Sendegefässe in ihrer Gesamtheit (Téléjournal, Rundschau etc.) und ausgesuchte «Perlen».
- Die restlichen 8000 Stunden werden nicht in ihrer Gesamtheit transferiert, sondern es werden themenorientiert ganze Sendungen oder Ausschnitte bearbeitet.
- Die Filmbestände bleiben auch nach Abschluss der Arbeiten zugänglich.
- HD kommt für Filme in Frage, die integral in HD ausgestrahlt werden sollen.
- Die Abtastungen des Umkehrmaterials werden in SD bei Egli Film, Zürich (FDL 90) und bei Schwarz Film Ostermundigen (Shadow) gemacht.
- Da eine Lösung für die digitale Archivierung in greifbarer Nähe ist, werden momentan Workflow-Versuche dazu gemacht.

Die Abtastungen auf Band werden auf Digital Betacam gemacht. Für die digitale Archivierung ist aber eine Speicherung der Dateien im IMX Codec vorgesehen.

RTS (Radio Télévision Suisse):

- Insgesamt ca. 10 000 Stunden Material (fast ausschliesslich Umkehrmaterial). 2000 Stunden liegen auf Beta SP abgetastet vor, weitere 4000 Stunden auf IMX.
- Es wird nicht das ganze Material transferiert werden.
- Die Überspielungen werden intern in SD gemacht. Dies seit 2008 auf einem MWA-Flashtransfer-Abtaster. Vorher wurde ein Rank Cintel verwendet.
- Da das RTS schon seit Jahren eine eigene Infrastruktur und Experten für Abtastungen hat, wurde am Modell festgehalten, die Abtastungen intern durchzuführen.
- Transfers in HD sind nur für Fiction-Filme geplant. Diese liegen ausschliesslich als Negative vor.
- Die Filmbestände bleiben auch nach Abschluss der Arbeiten zugänglich.

RSI (Radiotelevisione svizzera):

- Insgesamt liegen ca. 5000 Stunden Material auf 16 mm vor.
- Ca. 1600 Stunden wurden schon auf DigiBeta abgetastet.

Stand Sommer 2009

Informationen SRF: Jürg Hut, RTS: Patricia Herold, RSI: Siro Boffa.

11.2 Von den öffentlich-rechtlichen Fernsehstationen in der Schweiz verwendetes 16-mm-Umkehrmaterial

Bezeichnung	Eigenschaft	Prozess	Einführung
Kodak PLUS-X 7276 (PXR)	SW, 50D/40T		1955
Kodak TRI-X 7278 (TXR)	SW, 200D/160T		1955
Kodak 4-X 7277 (4XR)	SW, 400D/320T		1967
Kodak 7241 Ektachrome (EF)	Color, 160D	ME-4	1966
Kodak 7242 Ektachrome (EFB)	Color, 125T	ME-4	1966
Eastman 7252 Ektachrome (ECO)	Color, 25T	ECO-3	1970
Eastman 7240 Ektachrome Video News (VNF)	Color, 160T	VNF-1	1975
Eastman 7239 Ektachrome Video News (VND)	Color, 160D	VNF-1	1976
Eastman 7250 Ektachrome High Speed Video News (VNX)	Color, 400T	VNF-1	1977
Eastman 7251 Ektachrome High Speed (VXD)	Color, 400D	VNF-1/RVNP	1981

Die Serie «Video News» wurde für Reporter konzipiert. Es handelt sich um Emulsionen mit tiefem Kontrast, da der Transfer auf Video meist kontraststeigernd wirkt. Diese Emulsionen ersetzen die älteren 7241 und 7242.

Informationen von Didier Bufflier (RTS) und Felix Berger (Kodak), siehe auch: http://motion.kodak.com/DE/de/motion/Products/Chronology_Of_Film

11.3 Faktoren mit Einfluss auf die Bildschärfe

Bildaufnahme

- Filmformat
- Emulsionstyp
- Fokus
- Blende
- Vibrationen bei Aufnahme
- Optisches System der Kamera*

Lagerung

- Temperatur/Luftfeuchtigkeit (auch nach Entwicklung)
- Zeitraum zwischen Belichtung und Entwicklung
- Röntgenstrahlung

Entwicklung

- Wasser- und Chemikalienqualität
- Spezialarbeiten:
 - Stossen
 - Bleichbadüberbrückung

Abtastung

- Fokus
- Auflösung des Chips
- Internes Datenhandling
- Zielformat
- Optisches System des Abtasters*

Postproduktion

- Ausgangs- und Zielformat
- Internes Datenhandling
- Datenkompression
- Upscale/Downconversion
- Anwendung von bildverändernden Massnahmen

Screening

- Fokus (nur bei Projektion)
- Auflösung des Chips/Bildschirms
- Ausgangsformat
- Internes Datenhandling
- Upscale/Downconversion
- Optisches System (nur bei Projektion)

Die Angaben beziehen sich auf die in dieser Arbeit beschriebenen Workflows.

* Dazu gehören:

- Position der Linsenachse zur Filmachse
- Lage des Films im Gate
- Dreck/Kratzer auf Linse
- Qualität der Linse:
 - > Chromatische Aberration
 - > Sphärische Aberration
 - > Coma (ungleichmässige Vergrösserung)
 - > Astigmatismus (Fokus nicht in einer Ebene)
 - > Flare/Dispersion (Lichtstreuung)
 - > Misalignment der Linsenelemente

11.4 Anbieter von HD-Abtastungen in der Schweiz

Firma	Hersteller	Abtastermodell	Bemerkung	In Testreihe
Bolex Digital Martigny	MWA	Flashscan HD	8 mm, S8, 9.5 mm HD Telecine	Nein
Egli Film AG Zürich	Thomson Grassvalley	Spirit DataCine	16 mm/35 mm HD Telecine	Ja
	FilmLight	Northlight Scanner	16 mm/35 mm 4k-Scanner Pin Registered	Ja
Online Video AG Zürich	Thomson Grassvalley	Spirit DataCine	16 mm/35 mm HD Telecine	Nein
reto.ch GmbH Ecublens	Debie	Memory SD & HD	8 mm, S8, 9.5 mm, 16 mm, 2k Telecine Sprocket Free	Ja
Schwarz Film AG Ostermundigen	Arri	Arri Scan	16 mm/35 mm 4k-Scanner Pin Registered	Nein
Swiss Effects AG Zürich	P&S Technik	Steadyframe	16 mm/35 mm 2k-Scanner Sprocket Free	Ja
Simano Film Cureglia	–	–	System im Aufbau	Nein

SD-Abtaster in der Testreihe

Egli Film AG Zürich	Bosch	FDL 90	16 mm/35 mm SD Telecine	Ja
RTS, Genf	MWA	Flashtransfer	16 mm/35 mm SD Telecine	Ja

Stand Sommer 2009

11.5 Composition de la bande test 16 mm inversible pour les transferts SD et HD de Memoriav

5 séquences nb acétate
5 séquences couleurs acétates
1 séquence mire test sur polyester

Durée totale: 3 min
Amorce début: start à 10 (25 i/s) avec noir sur les 3 dernières secondes.

Séquence 1 **Portrait musicien n&b avec éclairage et contrastes normaux (60 s)**

Emulsion: Plus-X ou Tri-X.
Intérêt: Cette séquence est représentative de la bonne qualité d'image nb que l'on peut trouver dans les archives de la RTS: bon piqué, bonne lumière et bon développement. Le grain de la peau, les rayures de la chemises, les accessoires sont des éléments à observer. De plus cette séquence comporte des traces d'usures: frottements, petites rayures, traces de doigts.

Séquence 2 **Bouteilles + raisin n&b avec éclairage contrasté (12 s)**

Emulsion: Plus-X ou Tri-X.
Intérêt: Cette séquence est composée de 4 plans (moyen à très gros plan). Excellent piqué de l'image avec une gamme de gris riche et des noirs profonds.

Séquence 3 **Couple descendant l'escaliers avec bon éclairage et zones ombragées (10 s)**

Emulsion: Plus-X ou Tri-X. Date code bord: 1961
Intérêt: Cette séquence comporte un excellent piqué, une belle lumière, une très grande profondeur de champs (image entière). Un couple traverse des zones d'ombres.

Séquence 4 **Défilé de petites filles n&b avec sur-exposition (16 s)**

Emulsion: Plus-X ou Tri-X. Date code bord: 1960
Intérêt: Si le bitume et les robes blanches des petites filles sont «brûlés», les spectateurs sous les arbres semblent être «correctement» exposés.

Séquence 5 **Barque sur rivière n&b avec sous-exposition – ambiance nuit (8 s)**

Emulsion: Plus-X ou Tri-X
Intérêt: Cette séquence est intéressante car la lumière se reflétant dans la rivière souligne la texture de la surface, les ondulations et autres mouvements de l'eau. Le feuillage de la rive est parfois perceptible.

Séquence 6 **Toit cathédrale avec bonne lumière (extérieur) et belles couleurs (19 s)**

Emulsion: 7242 Ektachrome (EFB, tungsten El 125).
Date code bord: 1975
Intérêt: Il s'agit d'une des principales émulsions utilisées à la RTS, comportant peu de grain et de belles couleurs. Les tuiles sont détaillées.

Séquence 7 **Vue aérienne tour TV en couleur avec bonne lumière et excellent piqué**

Emulsion: 7240 Ektachrome Video News (VNF, tungsten El 160).
Date code bord: 1977
Intérêt: Cette séquence comporte un très bon piqué et une belle lumière: un plan large qui permet de vérifier des détails lointains. Quelques marques, rayures sur la pellicule.

Séquence 8 **Interview homme debout, en couleur avec bonne lumière (intérieur) et bonne couleur**

Emulsion:
Intérêt: Couleur du peau.

Séquence 9 **Interview barbu au bureau avec couleurs et définition moyennes**

Emulsion: 7250 VNX, 400 ASA
Intérêt: Scène éclairage mauvaise.

Séquence 10 **Défilé aux flambeaux de nuit avec lumière sous-exposée et grains**

Emulsion: 7250 VNX, 400 ASA
Intérêt: Même emulsion que 9, mais situation contrastée.

Séquence 11 **Mire-test CST (France) cadrage et netteté**

Emulsion: Positif émulsion, polyester
Intérêt: Définition.

Zusammengestellt und beschrieben von Didier Bufflier (RTS).

11.6 Protokolle der Abtastungen

Protokolle sind dort vorhanden, wo die Möglichkeit bestand, die Abtastung persönlich zu begleiten.

Protokoll der Abtastung bei Egli Film

Gerät: Spirit DataCine

Verwendete Settings für SD und HD:

Generell: Detail enhancer H/V = 0 (Bereich: 0–7)
Real Time Noise Reduction (für die Farbkanäle separat einstellbar):
ohne: Filter Strength 000 (Bereich: 0–15)
mit: Filter Strength 333 (Bereich: 0–15)
Highlight: Flat
Lowlight: Flat
Sensitivity: Normal
Motion Threshold: Normal
Split: Off
Speed: 0

Gamma- und Kontrasteinstellungen waren Teil der Lichtbestimmung.

Protokoll der Abtastung bei RTS

Gerät: MWA Flashscan

Testband 1 IMX «Untouched» (VE_SD_2):

Detail enhancer: Level: 0 (Bereich: –192 – +192)
H/V Enhancement: 0 (Bereich: –128 – +128)
Contrast: Off (Bereich: Off/Low/High)
Gamma: Lin = Off (Bereich: Low/Std./High)
Lichtbestimmt

Testband 2 IMX «RTS Style» (VE_SD_2dg):

Detail enhancer: Level: +79 (Bereich: –192 – +192)
H/V Enhancement: +79 (Bereich: –128 – +128)
Contrast: Low
Gamma: Std.
Nur Helligkeit angepasst

Protokoll Image & Media Lab Universität Basel

Die Bilder wurden mit Hilfe einer Canon EOS 500D auf einem Durst Colorcopy 350 gemacht. Es handelte sich um ein Abfotografieren mit diffusem Rücklicht. Die Lichtquelle konnte gefiltert werden. Belichtungszeiten und Blenden können den XMP-Dateien der RAW-Bilder entnommen werden. Die Empfindlichkeit war auf 100 ISO gesetzt.

Eigenschaften der Resultate:

RAW-Format konvertiert zu TIFF
ca. 4400×3100 Pixel
16 bit linear

Die Nummerierung der Bildpositionen:

Bild 0 ist das letzte Bild der ersten Einstellung (Séquence 1, vgl. Appendix 11.4).

Séquence 1	–690
	–450
Séquence 2	0002
Séquence 3	0450
Séquence 4	0830
Séquence 5	1070
Séquence 6	1330
Séquence 7	1530
Séquence 8	2135
Séquence 9	2770
Séquence 10	2900
Séquence 11	beliebig

Es bestehen keine Protokolle der Abtastungen auf dem Steadyframe, dem Debrise Memory und dem Northlight Scanner.

11.7 Technische Datenblätter der Abtastergeräte

Die PDF-Dokumente mit den technischen Angaben zu den verwendeten Abtastergeräten (erstellt von den Herstellern der Geräte) finden sich in der beiliegenden Dokumentation.