

# Aspekte bei der Speicherung von digitalen Filmen

**Matthias Schnöll**

**Fachhochschule Wiesbaden**  
University of Applied Sciences

**Fachbereich Ingenieurwissenschaften**  
Studiengang Medientechnik



# Agenda

---

## Einführung

- Motivation

## Arbeitsabläufe im Archiv

- Workflow

## Verfahren und Standards

- JPEG2000

## Austauschformate

- MXF - Format

## Projektvorstellung

- FPPA-Projekt



# Motivation

## Digitales Fernsehbild nach ITU-R 601/656

- Bildauflösung

$$720 \text{ Pixel/Zeile} \times 625 \text{ Zeilen/Bild} = 450.000 \text{ Pixel/Bild}$$

- benötigte Pixel des aktiven Bildinhalts

$$720 \text{ Pixel/Zeile} \times 576 \text{ Zeilen/Bild} = 414.720 \text{ Pixel/Bild}$$

- bei einer Sekunde Video

$$414.720 \text{ Pixel/Bild} \times 25 \text{ Bilder/s} = 10.368.000 \text{ Pixel/s}$$

- Videodatenrate (4:2:2 Format, 8 Bit für Y, 8 Bit für U,V)

$$10.368.000 \text{ Pixel/s} \times 16 \text{ Bit/Pixel} = 165.888.000 \text{ Bit/s}$$

- Audiodatenrate

$$48 \text{ kHz} \times 2 \text{ Kanäle} \times 16 \text{ Bit} = 1.536.000 \text{ Bit/Sekunde}$$

- **Gesamtdatenrate für 1 Sekunde (Video+Audio)**

$$165.888.000 \text{ Bit/s} + 1.536.000 \text{ Bit/s} = 167.424.000 \text{ Bit/s} \sim 167 \text{ Mbit/s}$$



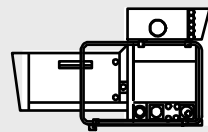
# Motivation

## Datenrate und Speicherkapazitäten

	<b>MOBILE</b>	<b>TV</b>	<b>High Definition (HD)</b>	
	<b>Mobile</b>	<b>DVD</b>	<b>HDTV</b>	<b>4K</b>
<b>Auflösung</b>	<b>CIF 352x288</b>	<b>TV 720x576</b>	<b>1920x1080</b>	<b>4096x3072</b>
<b>Abtastung</b>	<b>4:2:0 – 8 bit</b>	<b>4:2:0 – 8 bit</b>	<b>4:2:2 – 8 bit</b>	<b>RGB – 10bit</b>
<b>Datenrate</b>	<b>64 kbit/s</b>	<b>max. 9,6 Mbit/s</b>	<b>829 Mbit/s</b>	<b>9,06 Gbit/s</b>
<b>Kap. 110 Min</b>	<b>51 MB</b>	<b>7,4 GB</b>	<b>640 GB</b>	<b>6960 GB</b>
<b>CD/DVD</b>	<b>1/1</b>	<b>11/1</b>	<b>1065/136</b>	<b>11600/1481</b>

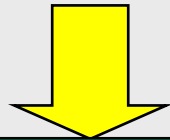


# Motivation



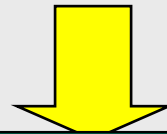
TV-Kamera

720 x 576  
Y,C<sub>r</sub>,C<sub>b</sub>



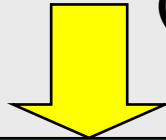
Filmabtaster

1920 x 1080/  
2K / 4K  
R G B (>8bit)



HD-Kamera

1920 x 1080  
(1280 x 720 p)  
Y,C<sub>r</sub>,C<sub>b</sub>/  
RGB (8/10bit)



**BEARBEITUNG IN DER BILDEBENE**

**BEARBEITUNG IN DER DATENEBENE**

38kbit/s...

1000 Kbit/s  
(CF: 4500..166)

ca. 3 Mbit/s...

6 Mbit/s (/4,5)  
(CF: 55..28/ 37)

ca. 4 Mbit/s...

8 Mbit/s (VBR)  
(CF: 40..20)

ca. 8 Mbit/s...

36 Mbit/s  
(CF:100...30)

ca. 15 Mbit/s ...

45 Mbit/s  
(CF: 50..20)

ca. 400 Mbit/s ...

2 Gbit/s  
(CF 10..4)

**(Elektronisches Kino ( 200..50))**



# Arbeitsabläufe im Archiv

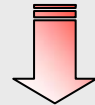
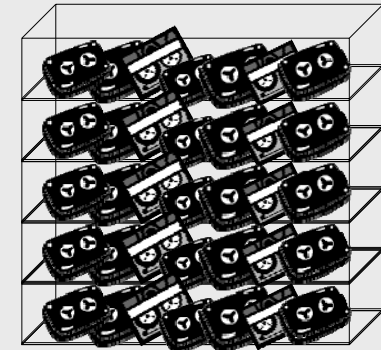
Das „Turnschuh – Interface“ ist die Realität

Textuelle  
Suchmaschine

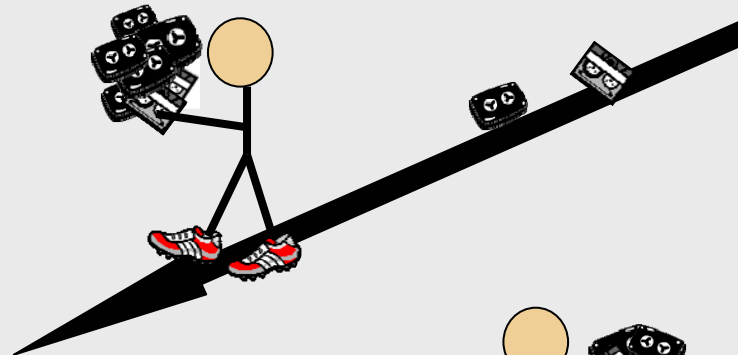
Anfrage  
durch  
Redaktion



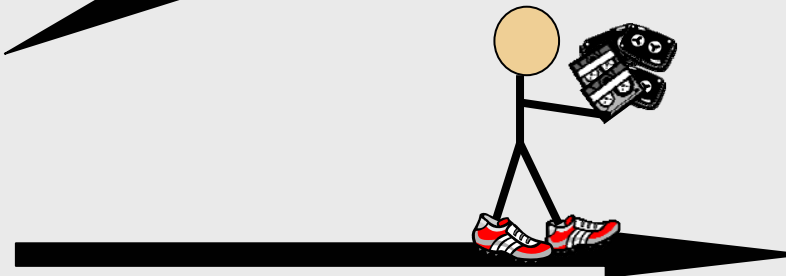
Regal - Archiv



Trefferliste



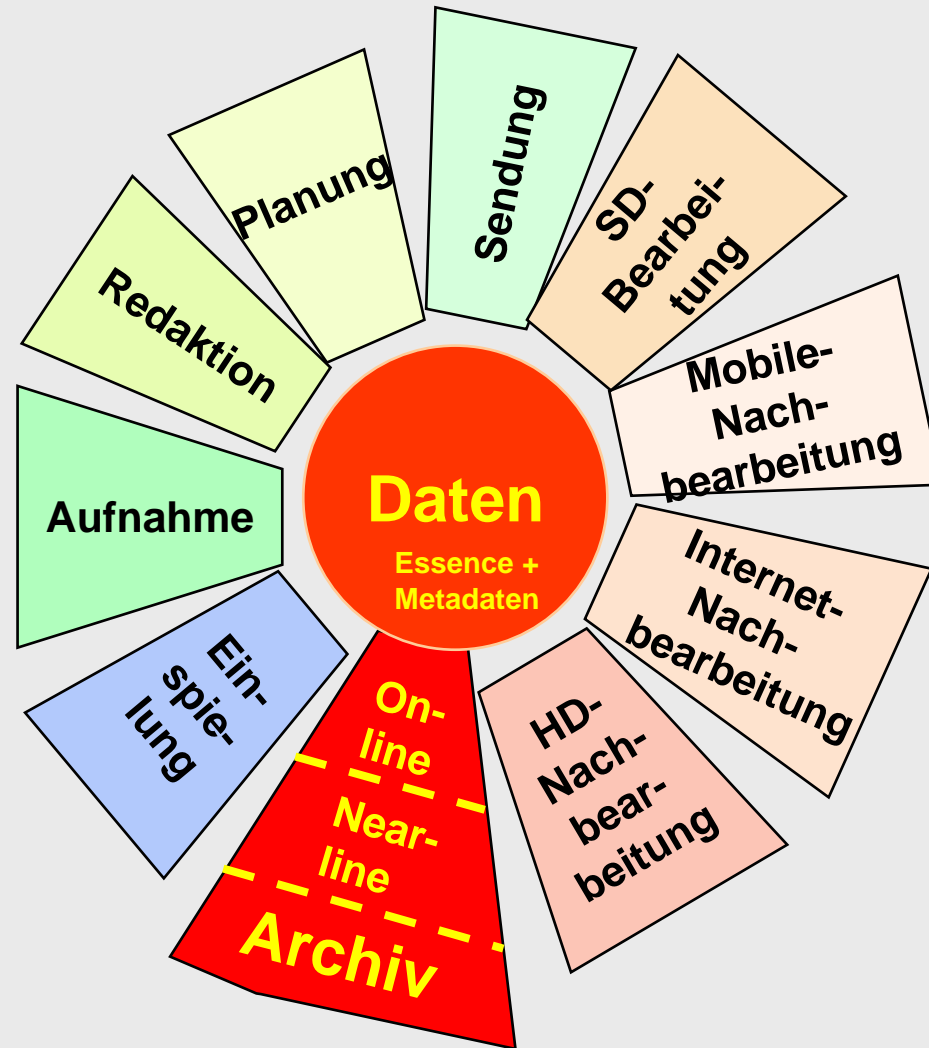
Sichtung



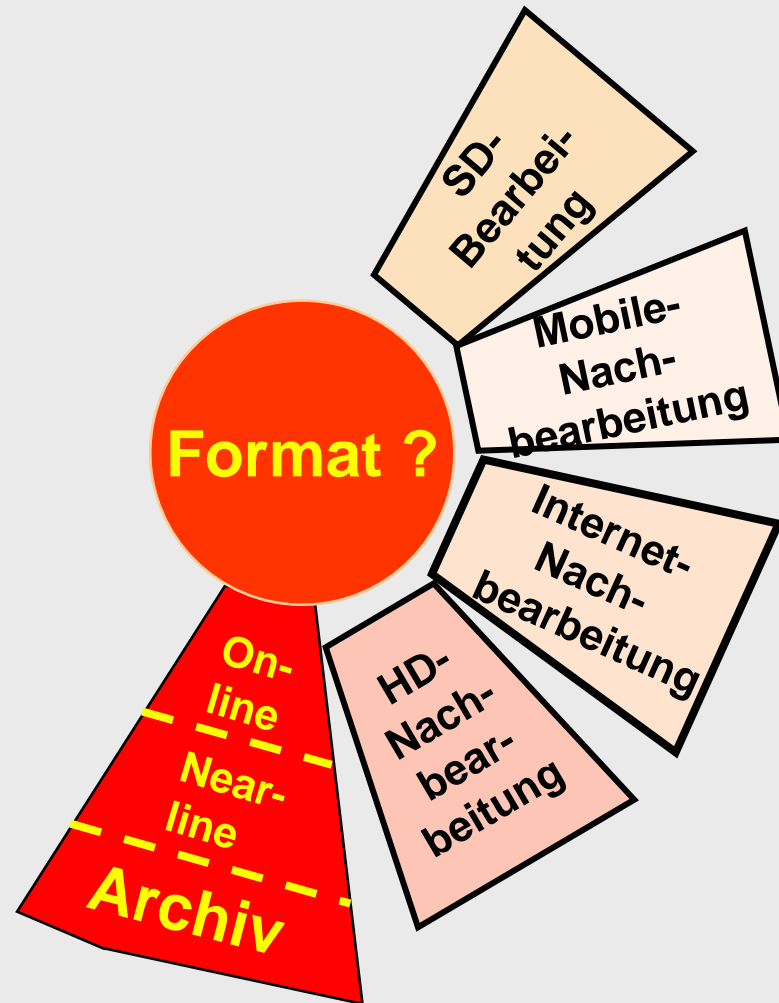
Schnittplatz



# Paralleler Workflow



# Paralleler Workflow





# Bildformat

## Speicherformate

Sendeformat	1080p50	720p50	1080i25
720p50	Down-scaling	★	Down-scaling De-interlacing ⚡
1080i25	★ Interlacing	Up-scaling ⚡ Interlacing	★
576i25(SDTV)	Down-scaling Interlacing	Down-scaling Interlacing	Down-scaling
CIF (Internet)	Down-scaling	Down-scaling	Down-scaling De-interlacing ⚡
QCIF (handheld)	Down-scaling	Down-scaling	Down-scaling De-interlacing? ⚡



# Bildformat oder Datenformat

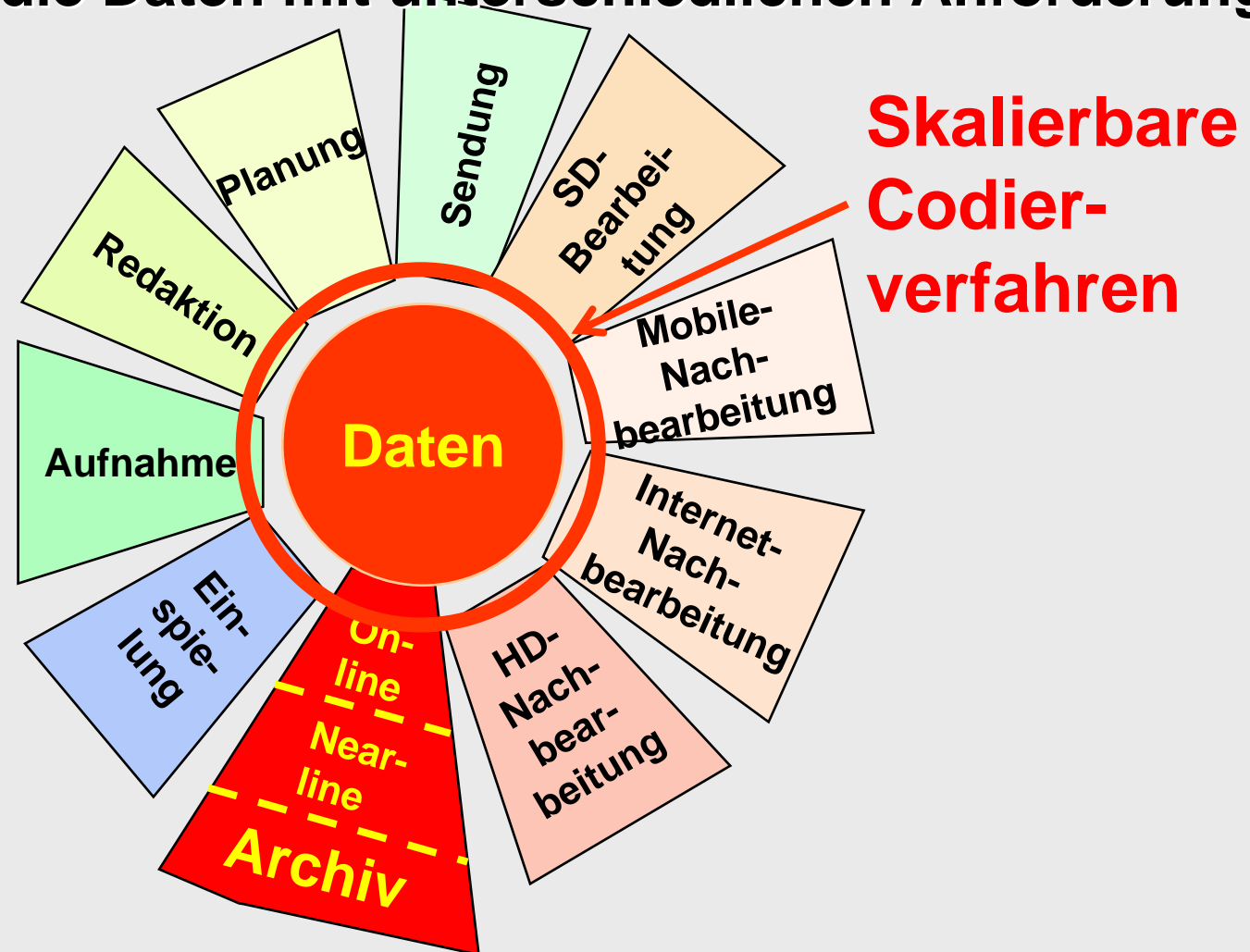
## Speicherformate

Sendeformat	1080p50	720p50	1080i25	JPEG2000/AVCH264
720p50	Down-scaling	★	Down-scaling De-interlacing ⚡	
1080i25	★ Interlacing	Up-scaling ⚡ Interlacing	★	
576i25(SDTV)	Down-scaling Interlacing	Down-scaling Interlacing	Down-scaling	
CIF (Internet)	Down-scaling	Down-scaling	Down-scaling De-interlacing ⚡	
QCIF (handheld)	Down-scaling	Down-scaling	Down-scaling De-interlacing? ⚡	



# Workflow Gleichzeitiger Zugriff

Zugriff auf die Daten mit unterschiedlichen Anforderungen



# Anforderungen an Codierverfahren

- offener Standard für Codierung (SW)
- Standard für Datenaustausch
- hohe Qualität und Datenrate  
(da Nachbearbeitung!)
- Intra-Codierung
- “geringe” Komplexität (SW Lösung in Echtzeit)
- skalierbare Verfahren (Bildgröße / Datenrate)



# Auswahl der Codierverfahren

## JPEG2000

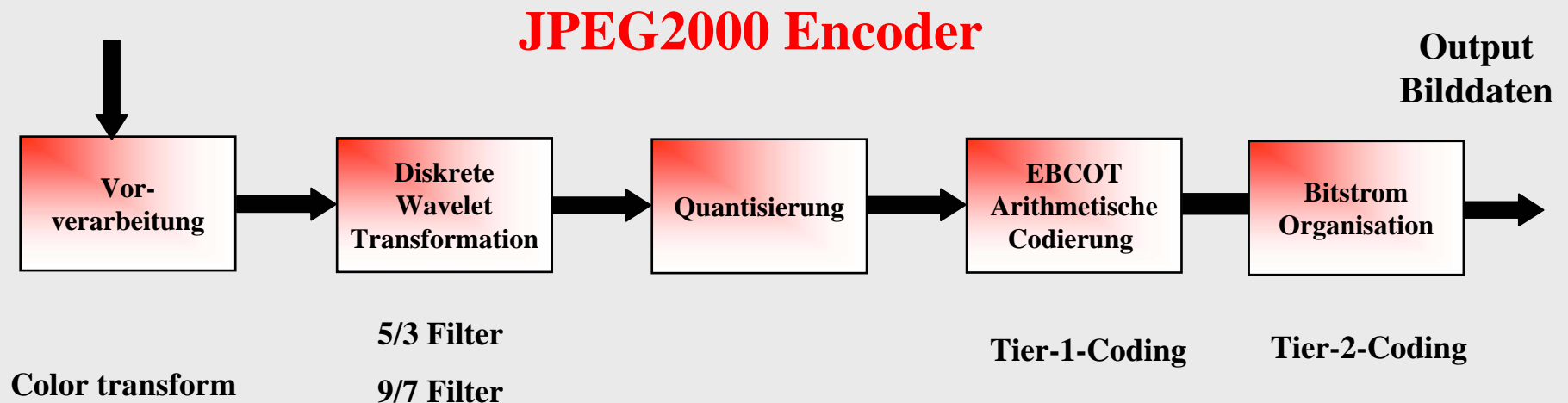
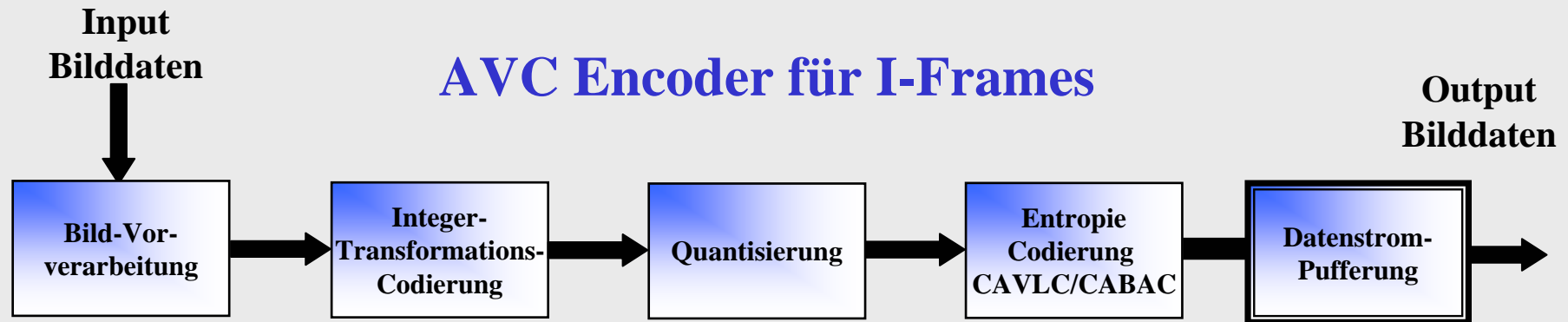
- sehr gute Codiereffizienz
- offene SW Lösungen verfügbar (lizenzfrei)
- flexible Codiermöglichkeiten (auch verlustfrei)
- Skalierbarkeit (Faktor 2)
- Standard

## MPEG4-AVC/H264

- sehr gute Codiereffizienz (komplexer)
- flexibel (Intra- und Inter-Codierung)
- Standard
- skalierbare Erweiterung SVC (noch komplexer)  
(beliebige Faktoren)



# Prinzip der Intra-codierung



# Vergleich Bearbeitungs-/Archivformat

## AVC/H264:

- + hohe Codiereffizienz
- + Standard, als AVC-Intra 100 auch als Aquisitons-format
- + Bei Verwendung von AVC-I 100 keine Transcodierung erforderlich
- + skalierbare Erweiterung als SVC (Overhead)
- hohe Komplexität

## JPEG2000:

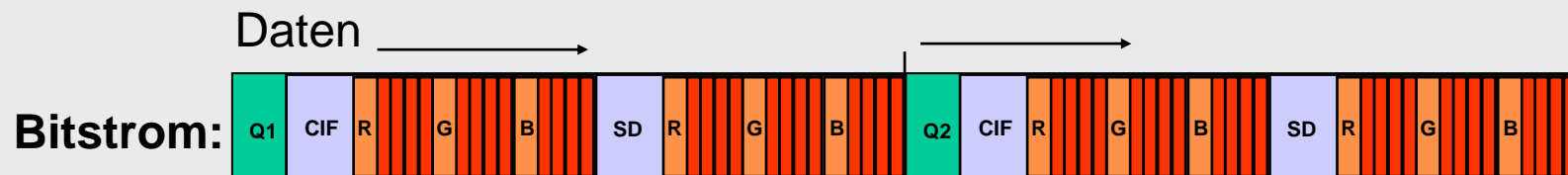
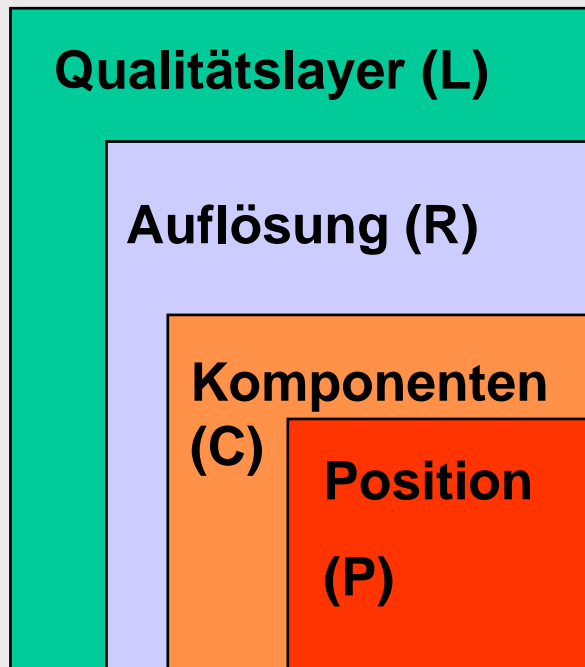
- + hohe Codiereffizienz
- + standardisiertes Format (lizenzfrei in der Basisversion)
- + Skalierbarkeit bereits im Format (nur Faktor 2)
- + „einfache“ SW Implementierung



# Verfahren und Standards JPEG2000

## Skalierungsmöglichkeiten in JPEG2000

L-R-C-P



**EBCOT: Embedded Block Coding with Optimized Truncation**

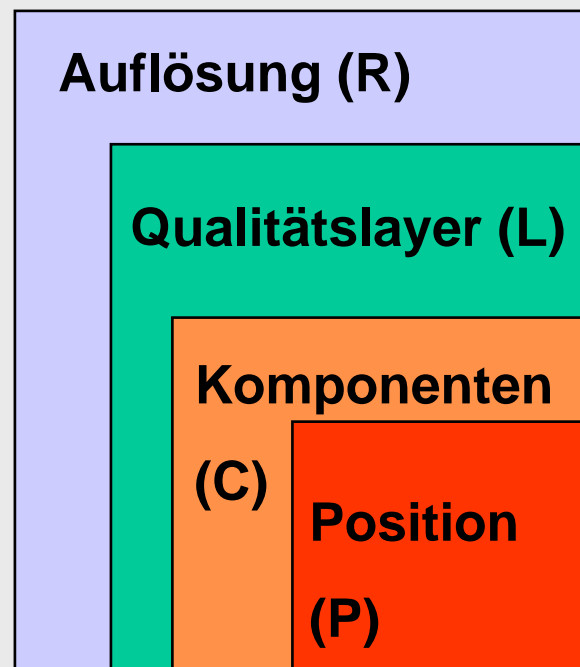
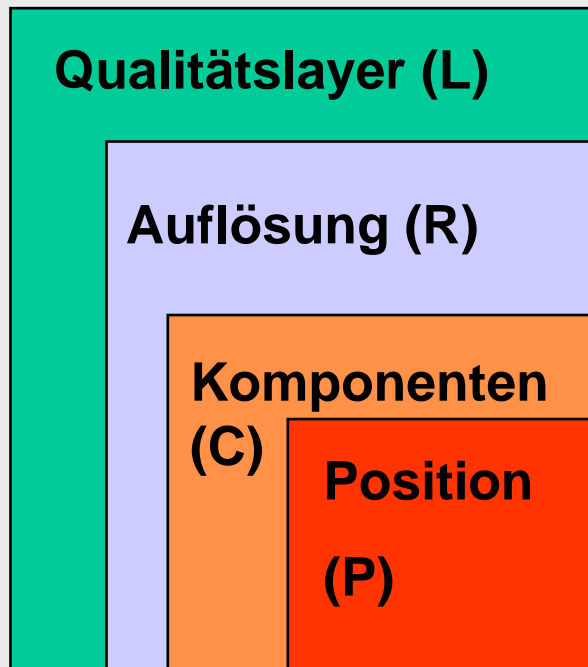


# Verfahren und Standards JPEG2000

## Skalierungsmöglichkeiten in JPEG2000

L-R-C-P

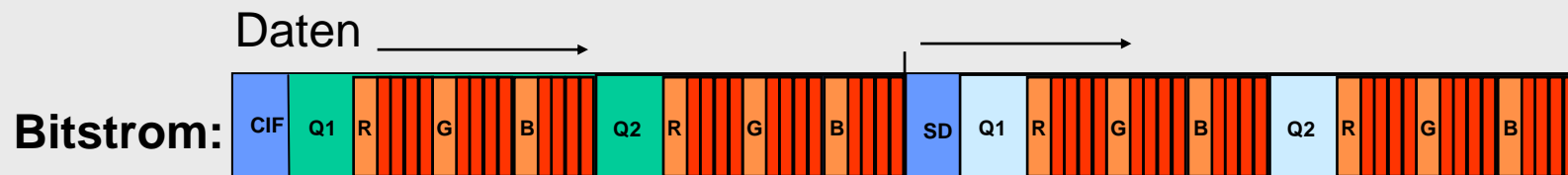
R-L-C-P



R-P-C-L

P-C-R-L

C-P-R-L



**EBCOT: Embedded Block Coding with Optimized Truncation**



# Verfahren und Standards JPEG2000

## Bildqualitätsvergleich zwischen JPEG2000 und MPEG-2



JPEG2000



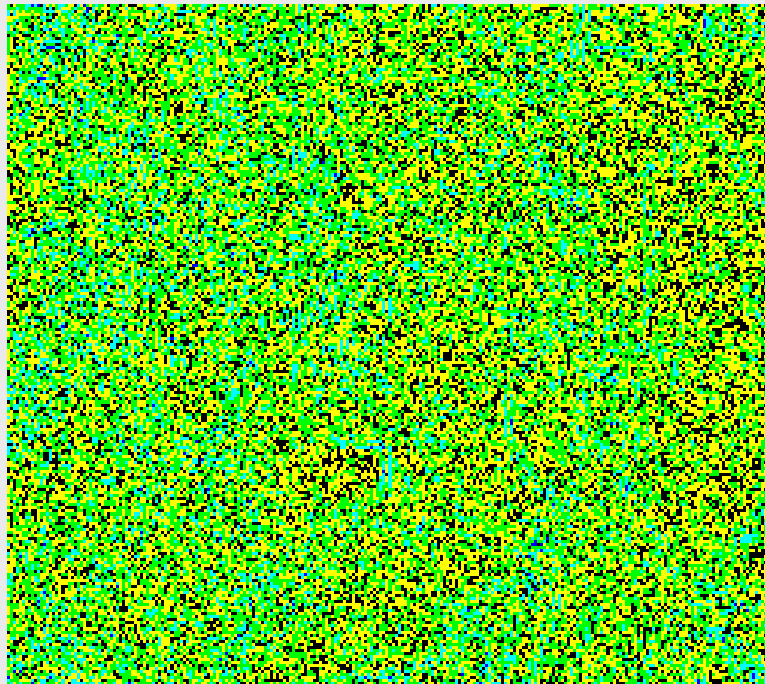
MPEG-2

**Kompressionsfaktor CF=50**

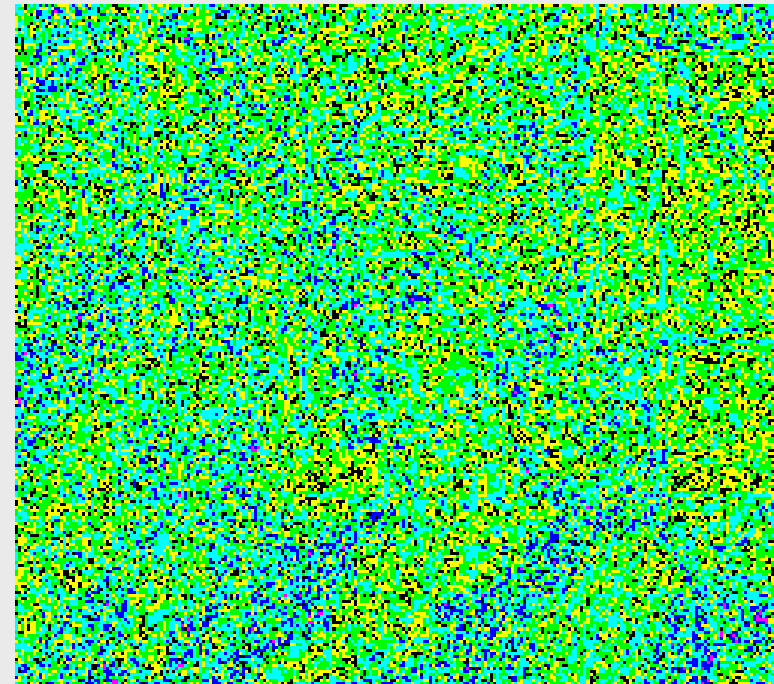


# Verfahren und Standards JPEG2000

## Differenzbild Grünkanal, JPEG2000/MPEG-2 (CF=50)



JPEG2000

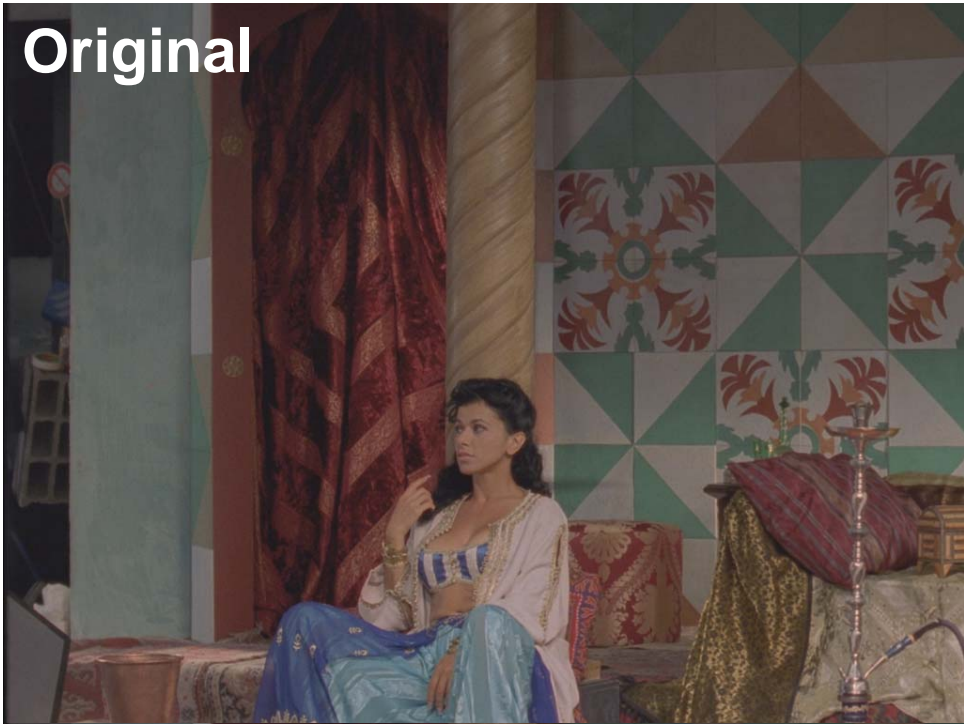


MPEG-2

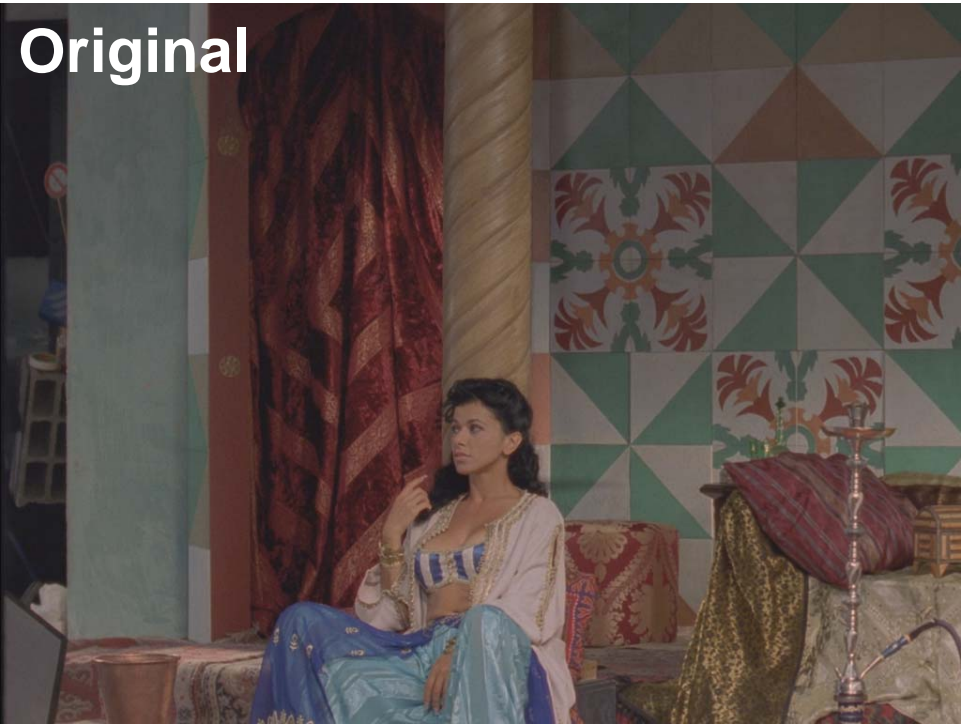
Farbgebung:	Schwarz	Gelb	Grün	Cyan	Blau	Magenta	Rot
Differenz Dezimal:	0	1	2-3	4-7	8-15	16-31	ab 32



Original



Original



JPEG2000; CF = 10



JPEG2000; CF = 100



**Original**  
**8132 KB**



**Original**  
**8132 KB**



**JPEG2000; CF = 10**  
**811 KB**



**JPEG2000; CF = 100**  
**82 KB**

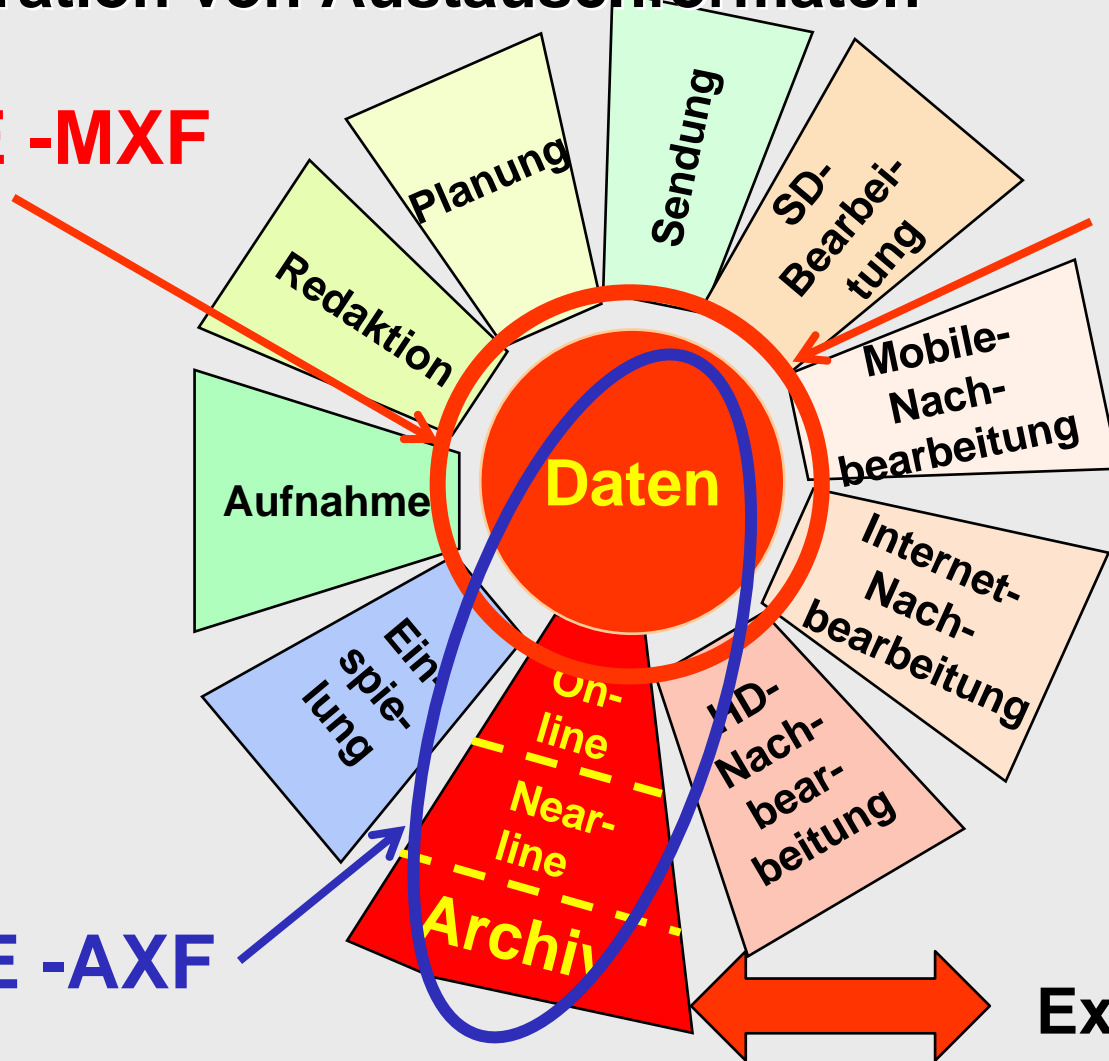


# Workflow Gleichzeitiger Zugriff

## Integration von Austauschformaten

**SMPTE -MXF**

**Skalierbare  
Codier-  
verfahren**



**SMPTE -AXF**

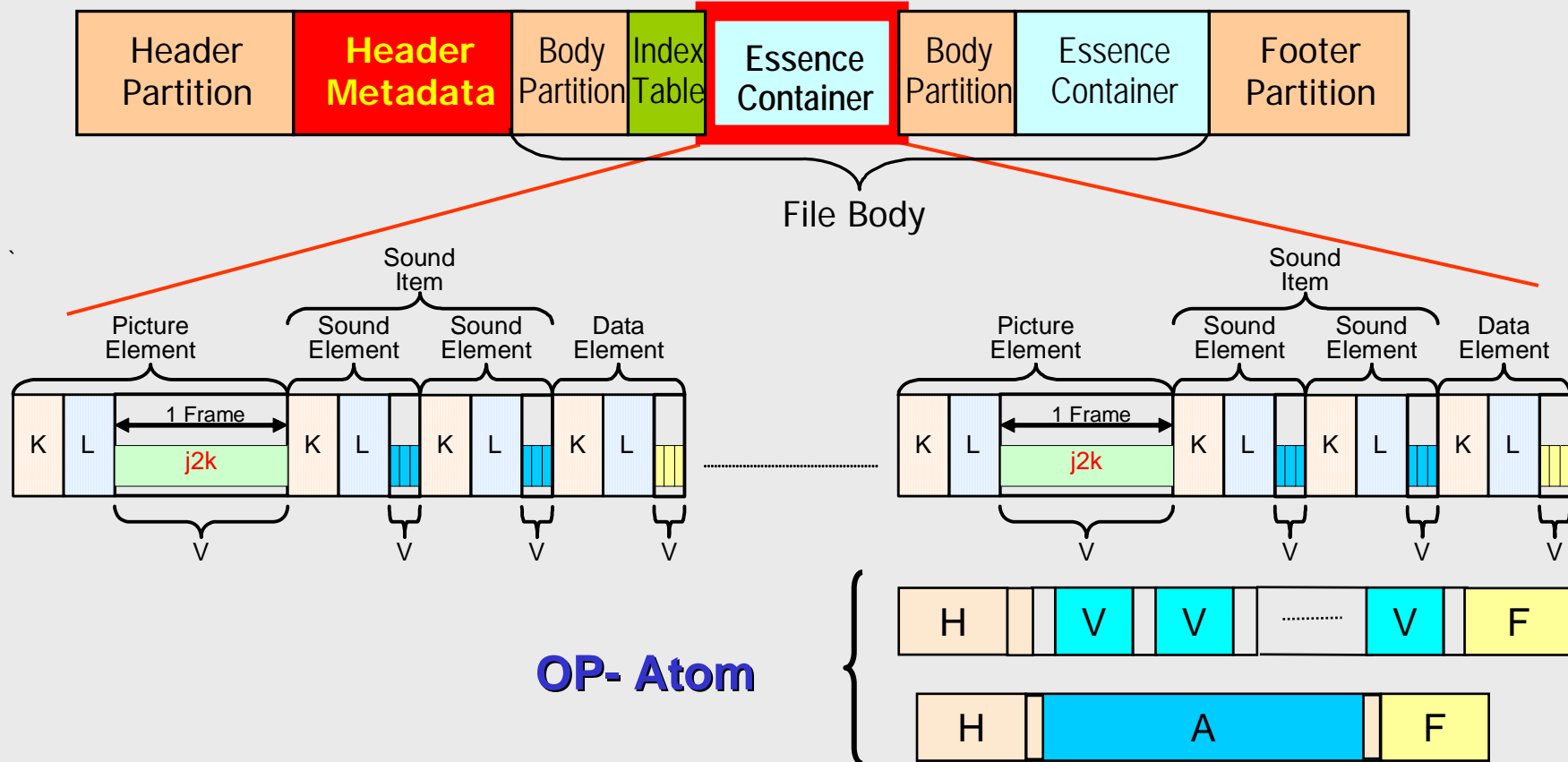
**Externe Archive**



# Austauschformat MXF-J2K

- Generic Container (SMPTE 379M)

DCI: „Frame-based wrapping“: jedes Bild in einem „Content Package“



# Fazit JPEG2000

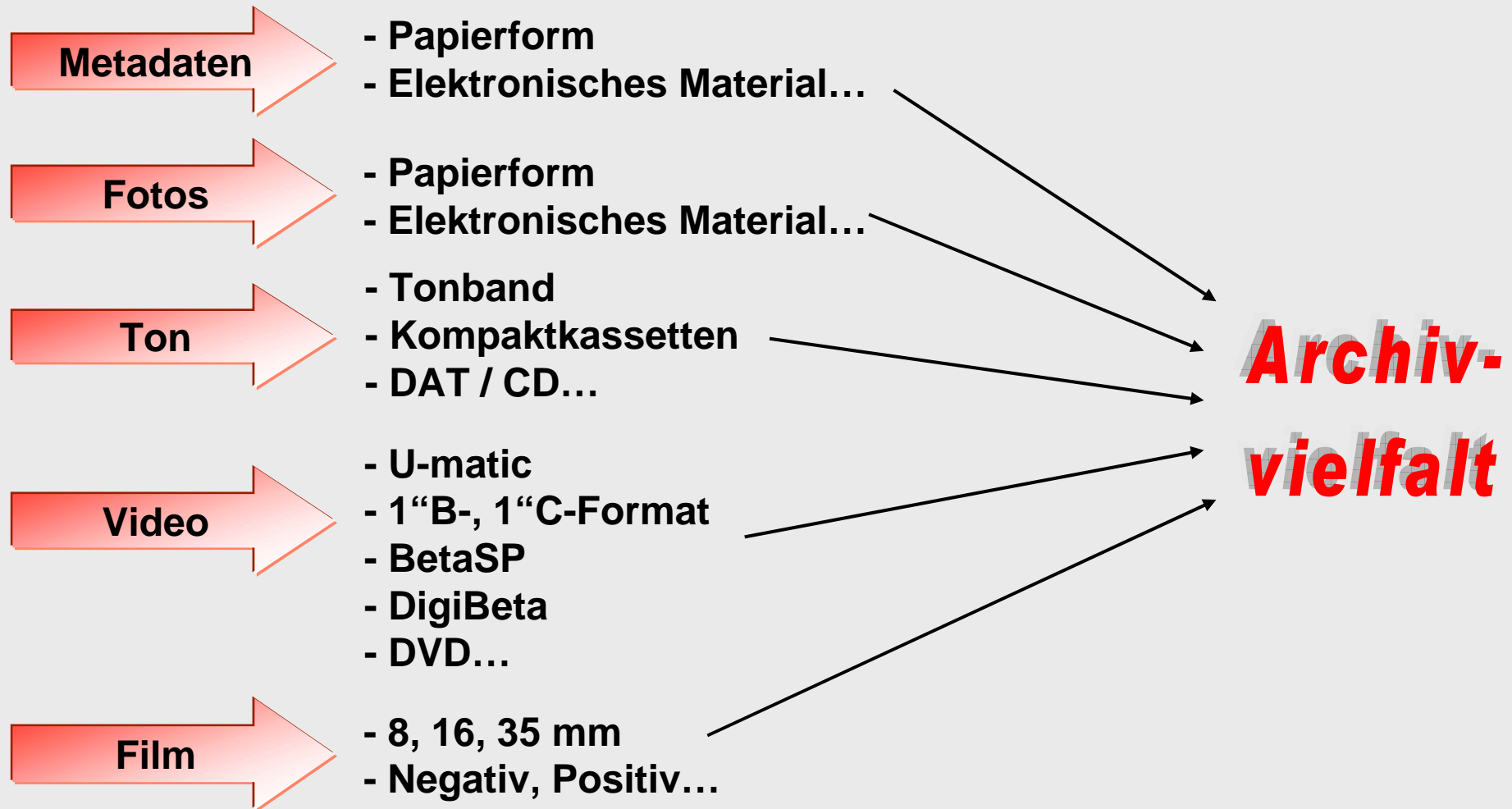
- **JPEG2000 ist für den Einsatz im Archiv bestens geeignet:**
  - hohe Codiereffizienz durch Wavelet-Filter
  - verlustlose und verlustbehaftete Codierung
  - einfache Proxi-Generierung durch Skalierbarkeit der Datenrate und Bildgröße
  - in der Basisversion lizenzfrei
  - offener weltweiter Standard mit breiter Unterstützung
  - standardisiertes Austauschformat
  - Zukunftssicher





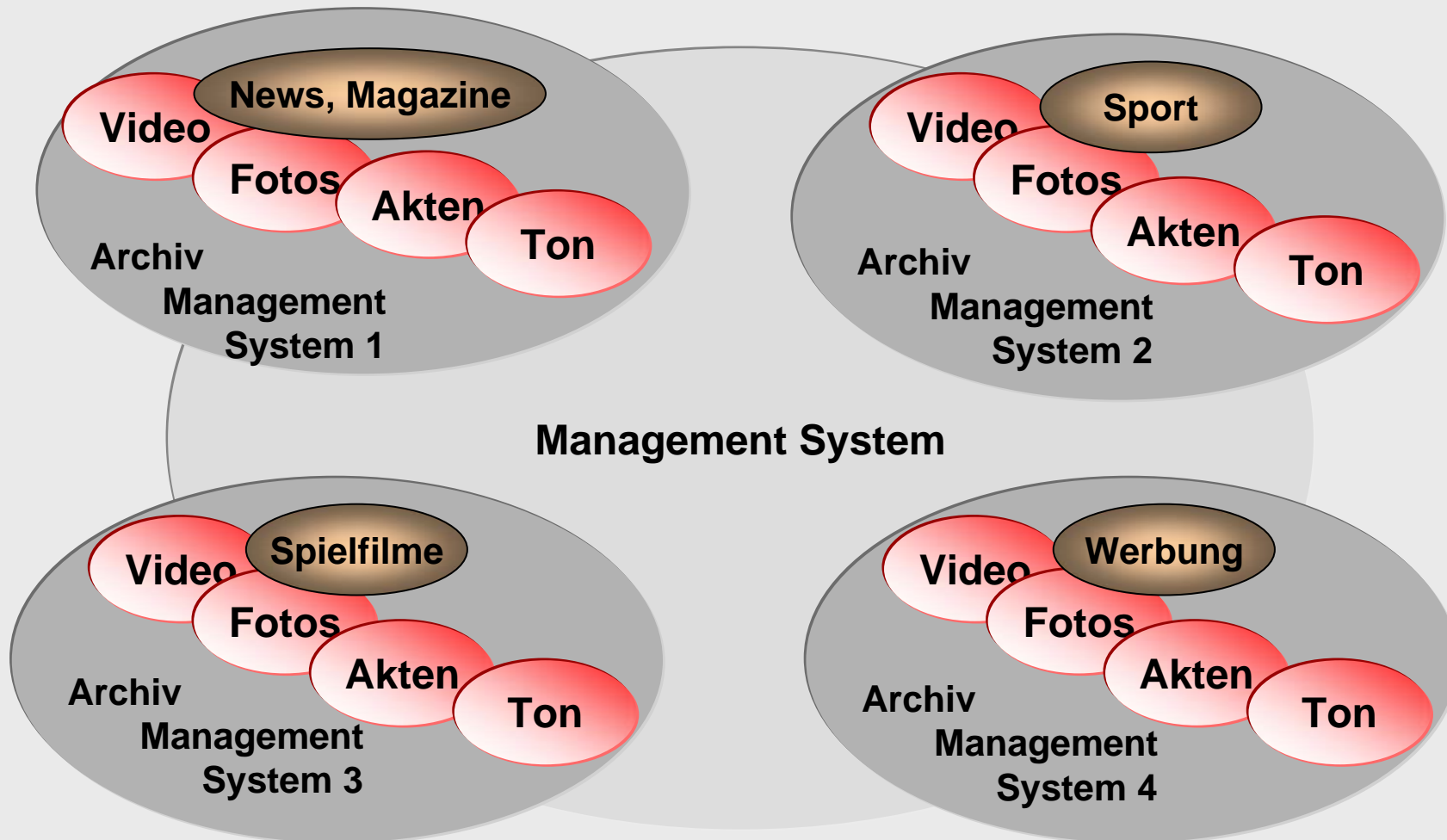
# Arbeitsabläufe im Archiv

## Was wird überhaupt archiviert ?



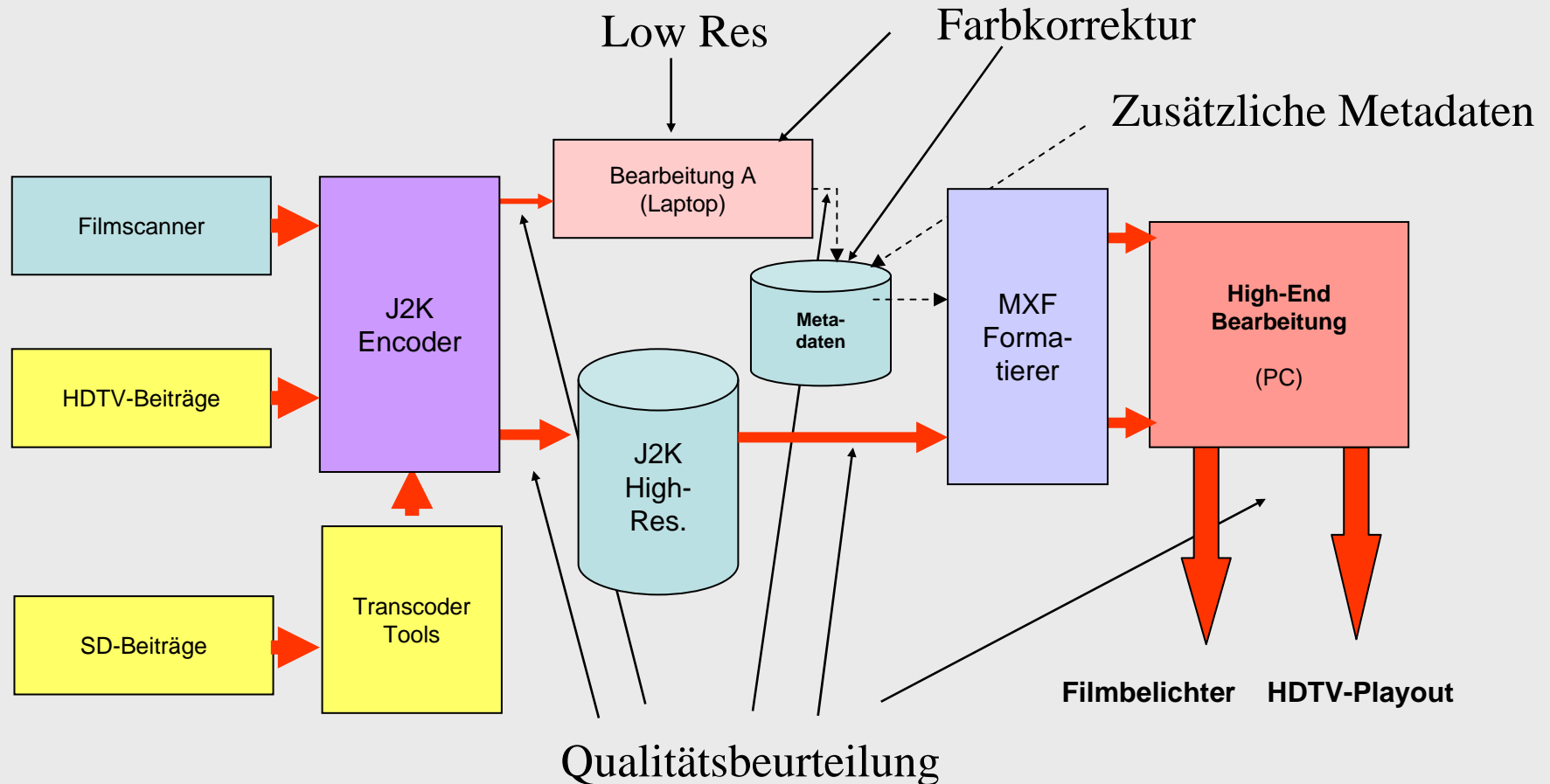
# Arbeitsabläufe im Archiv

## Modulare Einführung



# FPPA Projekt

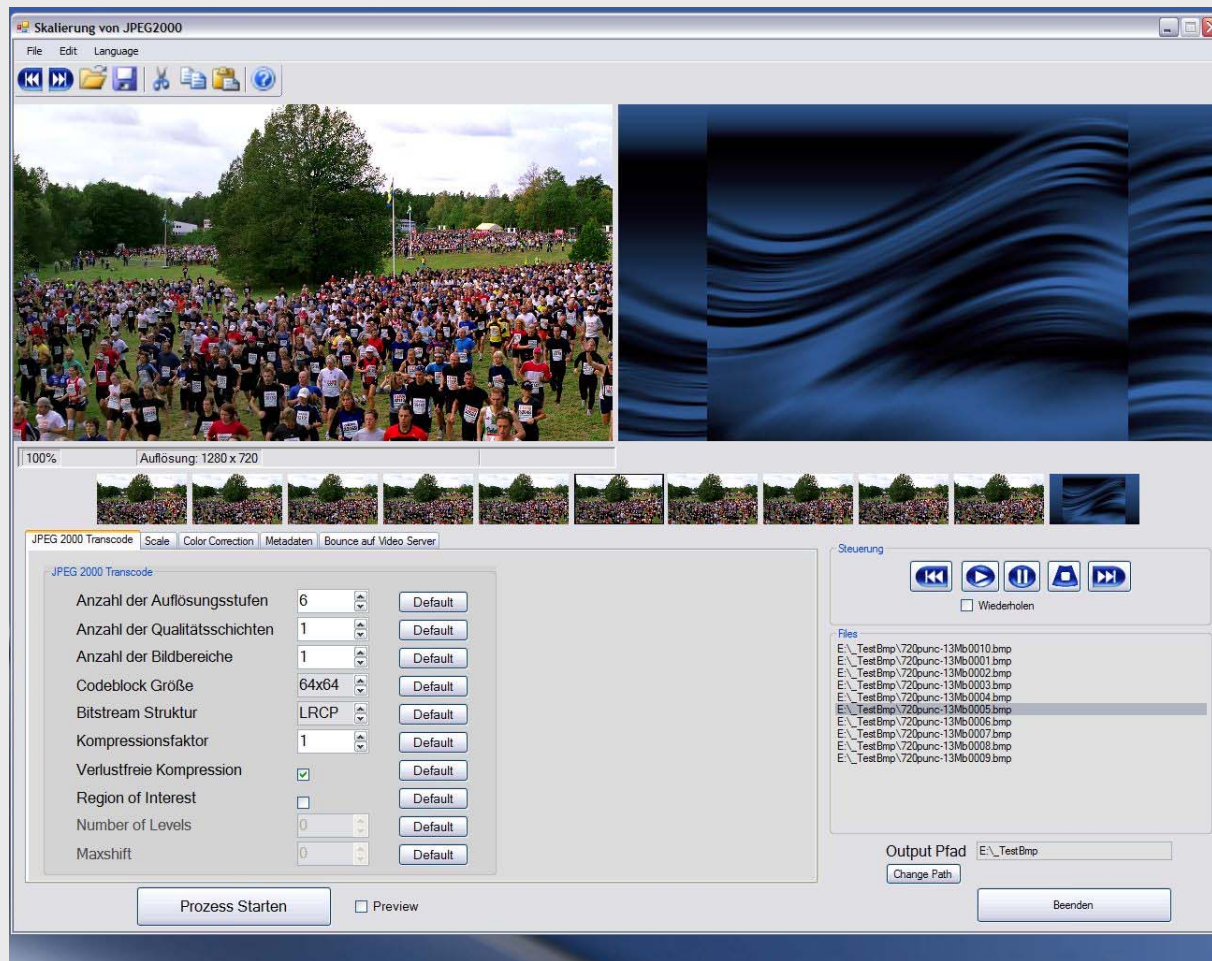
## FPPA Formatübergreifende Plattform für Produktion und Archiv



**Struktur der Bildbearbeitung mit dynamischen Metadaten**

# FPPA Projekt

## FPPA Formatübergreifende Plattform für Produktion und Archiv



# FPPA Projekt MXF-Fileanalyse

MXFinside (E:\MXF-Files\mog\_op1a\_mpg.mxf) [14.859.345 Bytes]

File MXFwrap MXFunwrap Keys File Structure Timecode Profile Metadata Database Window Info

File  
Name: E:\MXF-Files\mog\_op1a\_mpg.mxf  
Size: 14.859.345 Bytes

MXFwrap MXFunwrap **Keys** File Structure Timecode Profile Metadata Database Info

Nr.	Offset	Key	LF-Form	Bytes	VF-Länge
1	0	06 0e 2b 34 02 05 01 01 0d 01 02 01 01 02 02 00	Long	3	120
2	140	06 0e 2b 34 02 05 01 01 0d 01 02 01 01 05 01 00	Long	3	3698
3	3858	06 0e 2b 34 02 53 01 01 0d 01 01 01 01 01 2f 00	Long	3	238
4	4116	06 0e 2b 34 02 53 01 01 0d 01 01 01 01 01 0f 00	Long	3	80
5	4216	06 0e 2b 34 02 53 01 01 0d 01 01 01 01 01 0f 00	Long	3	80
6	4316	06 0e 2b 34 02 53 01 01 0d 01 01 01 01 01 0f 00	Long	3	80
7	4416	06 0e 2b 34 02 53 01 01 0d 01 01 01 01 01 0f 00	Long	3	100
8	4536	06 0e 2b 34 02 53 01 01 0d 01 01 01 01 01 0f 00	Long	3	100
9	4656	06 0e 2b 34 02 53 01 01 0d 01 01 01 01 01 0f 00	Long	3	100
10	4776	06 0e 2b 34 02 53 01 01 0d 01 01 01 01 01 0f 00	Long	3	68

Meaning

Line	x00	x01	x02	x03	x04	x05	x06	x07	x08	x09	x0A	x0B	x0C	x0D	x0E	x0F
0	3c	0a	00	10	d7	e3	db	bc	cc	0e	73	10	bf	c7	00	e0
1	00	8e	0b	14	02	01	00	10	06	0e	2b	34	04	01	01	01
2	01	03	02	02	01	00	00	00	10	01	00	18	00	00	00	01
3	00	00	00	10	d8	e3	db	bc	cc	0e	73	10	82	0d	00	e0
4	00	8e	0b	14	02	02	00	08	00	00	00	00	00	00	0d	01

Search

by Key  by Meaning

Sequence

1/16

<< >>

Current number in sequence  
Next number in sequence  
Next number in sequence  
Last number in sequence  
Last number in sequence  
SingleSequence  
Sequence Offset  
Total Number in the Sequence  
KLV Metadata Sequence  
Type D-10 Element (Sequence Header)  
Type D-10 Element (Sequence End Code)  
Sequence

Nr.	Local Tag	UID	Length	Meaning	Value
1	3c0a	GUID (Globally Unique Identifier)	16		d7 e3 db bc cc 0e 73 10 bf c7 00 e0 00 8e 0b 14
2	0201	Data Definition	16	Picture Essence Track	06 0e 2b 34 04 01 01 01 01 03 02 02 01 00 00 00
3	1001	Components in Sequence	24		00 00 00 01 00 00 00 10 d8 e3 db bc cc 0e 73 10 82 0d 00 e0 00 8e 0b 14
				Element Number: 1	00 00 00 01
				Element Length: 16	00 00 00 10
				Element:	d8 e3 db bc cc 0e 73 10 82 0d 00 e0 00 8e 0b 14
4	0202	Element Duration	8		00 00 00 00 00 00 0d 01

Timecode

MP:

User TC:

Creation TC:

SMPTE 12M:

SMPTE 309M:

hours minutes seconds frames  
0 : 0 : 0 : 0

Material Package TC

# FPPA Projekt Dynamische Metadaten

The screenshot shows the MXFinside application window. The title bar reads "MXFinside (E:\MXF-Files\mog\_op1a\_mpg.mxf) [14.859.345 Bytes]". The menu bar includes File, MXFwrap, MXFunwrap, Keys, File Structure, Timecode, Profile, Metadata, Database, Window, and Info. The main interface is divided into several sections:

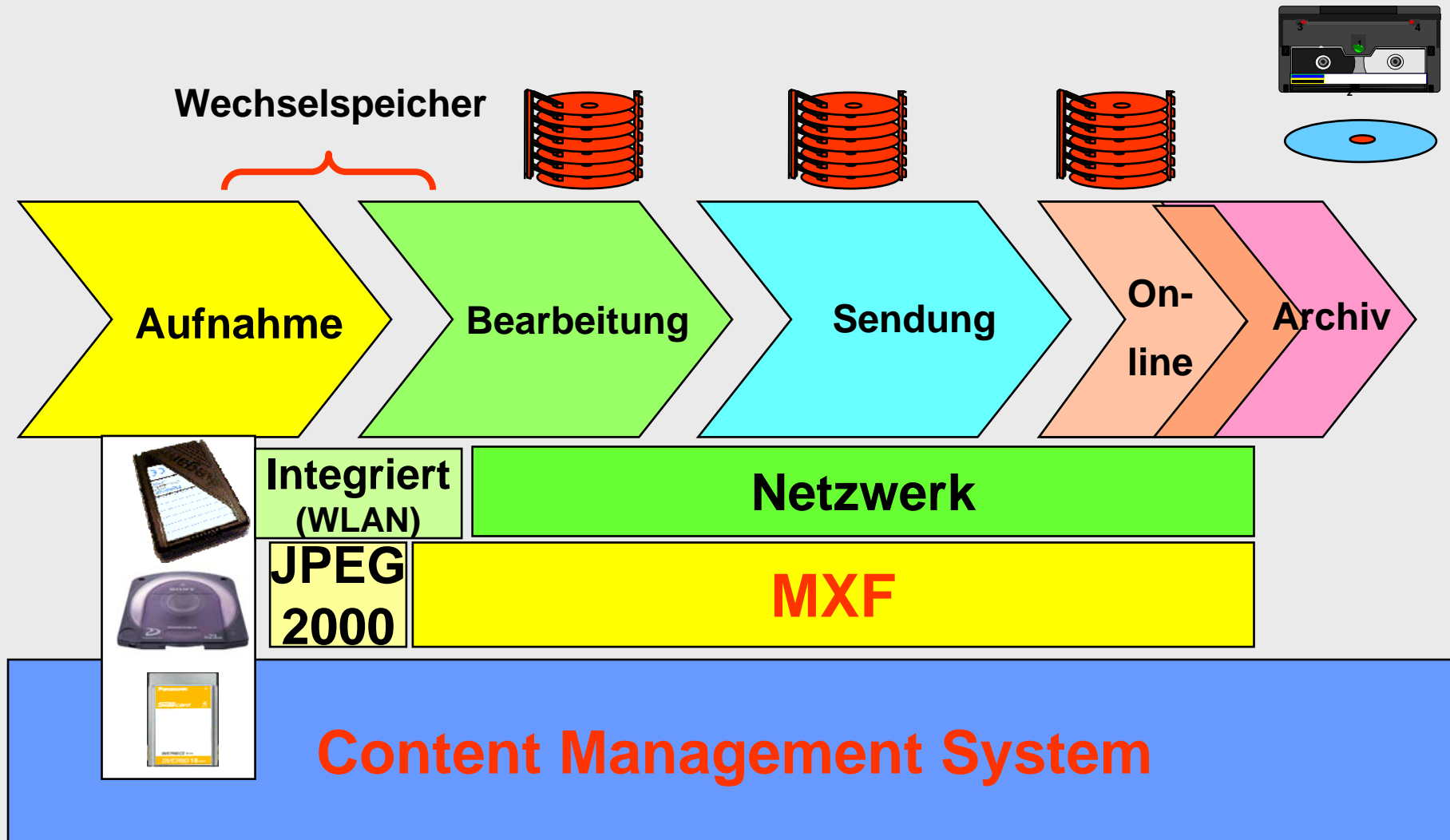
- File Information:** Name: E:\MXF-Files\mog\_op1a\_mpg.mxf, Size: 14.859.345 Bytes.
- Navigation:** Tabs for MXFwrap, MXFunwrap, Keys, File Structure, Timecode, Profile, Metadata (selected), Database, and Info.
- Metadata Actions:** Buttons for "New Metadata XML", "Open Metadata XML", and "Save Metadata XML".
- dynamic metadata input:**
  - current position: 00:00:00:00 (HH:MM:SS:FF)
  - set position as...: Start-Position, End-Position
  - Timecode table:

Start-Position	Duration	End-Position
00:00:00:00	00:00:00:00	00:00:00:00
  - Buttons: Clear, add to list, Delete
  - Text fields: Title, Annotation, Synopsis, Description
  - Contacts Set: Load Set, Insert to Line, Clear
- Table:** A table with 5 columns: Nr., Start-Position, Duration, End-Position, Title, Synopsis, Description, and Contacts Set. It contains 5 rows of metadata entries.

Nr.	Start-Position	Duration	End-Position	Title	Synopsis	Description	Contacts Set
1	00:00:00:00	00:00:56:12		Introduction	Brief introduction to the Ma...	The Presenter makes a bri...	
2	00:00:57:07	00:00:15:18		Interview with Mark Wildig	Smoke and Mirrors challen...	Mark Wildig speaks about t...	
3	00:01:13:11	00:00:19:06		Interview with Collin Lippitt	Linking together legacy ba...	Collin Lippit speaks about ...	
4	00:01:33:06	00:00:34:01		Interview with John Varney	BBC's concerns about the ...	John varney talks about th...	
5	00:02:08:08	00:00:04:21		MXF Logo			
- Timecode Controls:**
  - Buttons: Play, Pause, Stop
  - Fields: MP, User TC, Creation TC, SMPTE 12M, SMPTE 309M
  - Timecode display: hours: 0, minutes: 0, seconds: 0, frames: 0
  - Material Package TC dropdown menu
  - Goto button

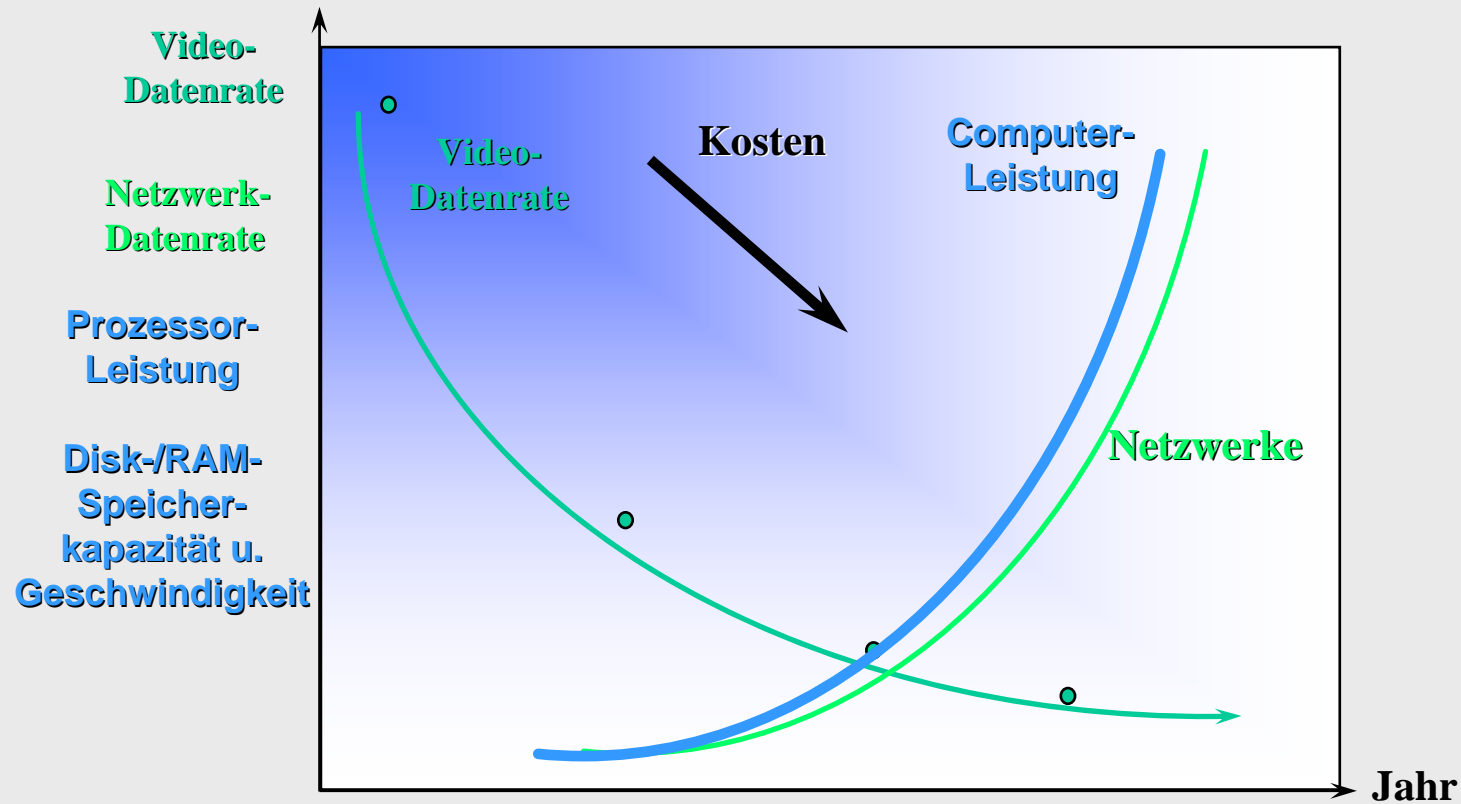


# Zukünftige Speichersysteme



# Fazit

## Trends





---

**Vielen Dank für Ihre**

**Aufmerksamkeit !**

**[schnoell@ite.fh-wiesbaden.de](mailto:schnoell@ite.fh-wiesbaden.de)**

