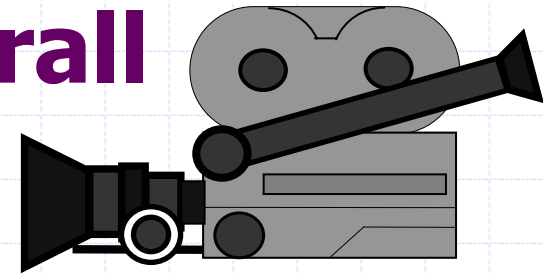


**Media Event
TU Ilmenau
22.06.2004**

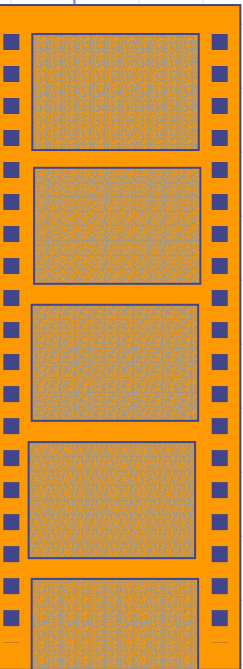


**Die 25p – Videoproduktion
für TV Applikationen**
*Ein technologischer Vergleich der
HD-Video- zur Filmproduktion*

Wo wird Film heute überall eingesetzt?

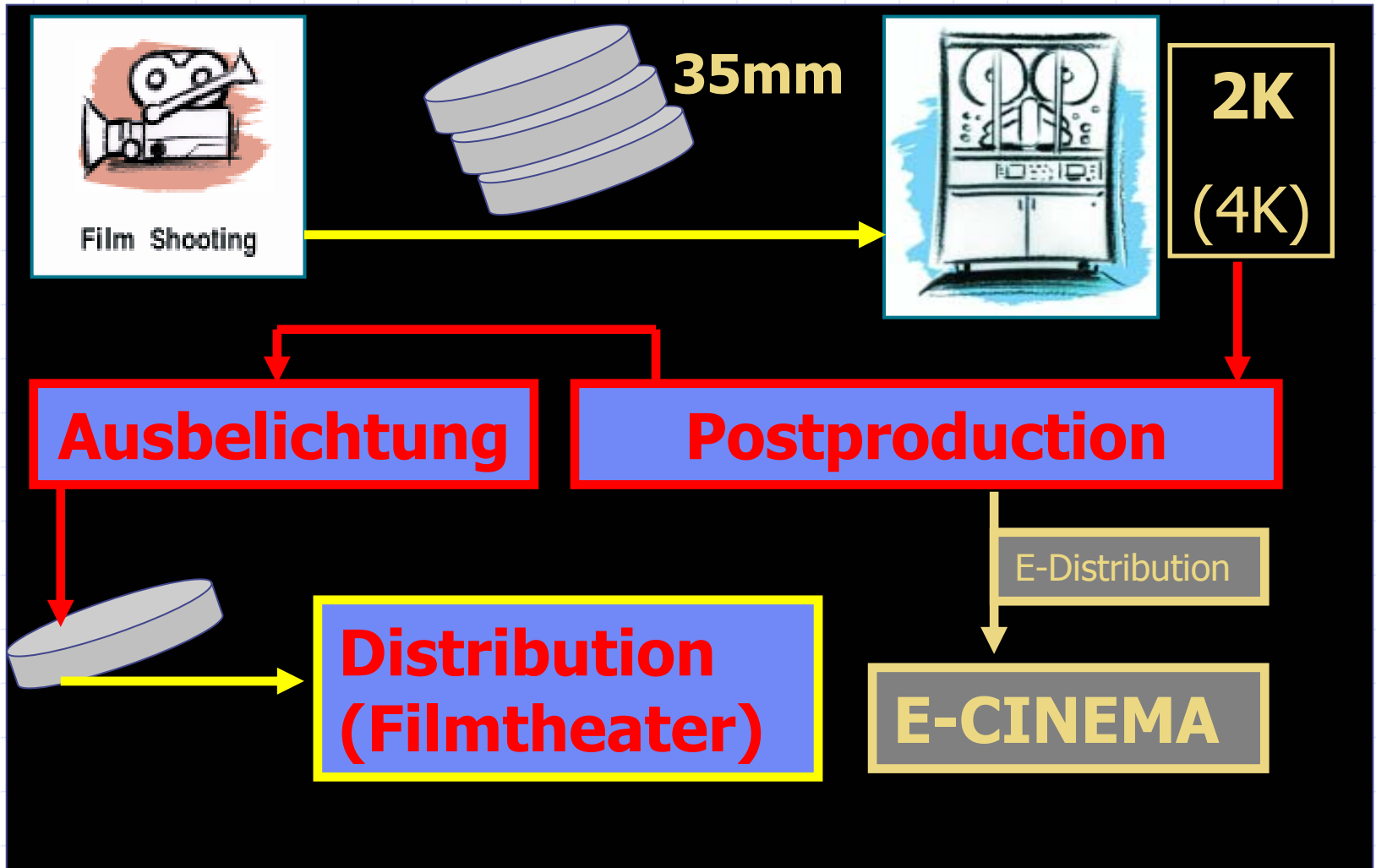


- Kinoproduktionen (35mm)
- Werbefilm (35mm)
- TV Spielfilm (35mm & 16mm)
- TV Dokumentation & Feature (16mm)
- Internationale TV Produktionen
(intern. Vermarktung/ 35mm & 16mm)



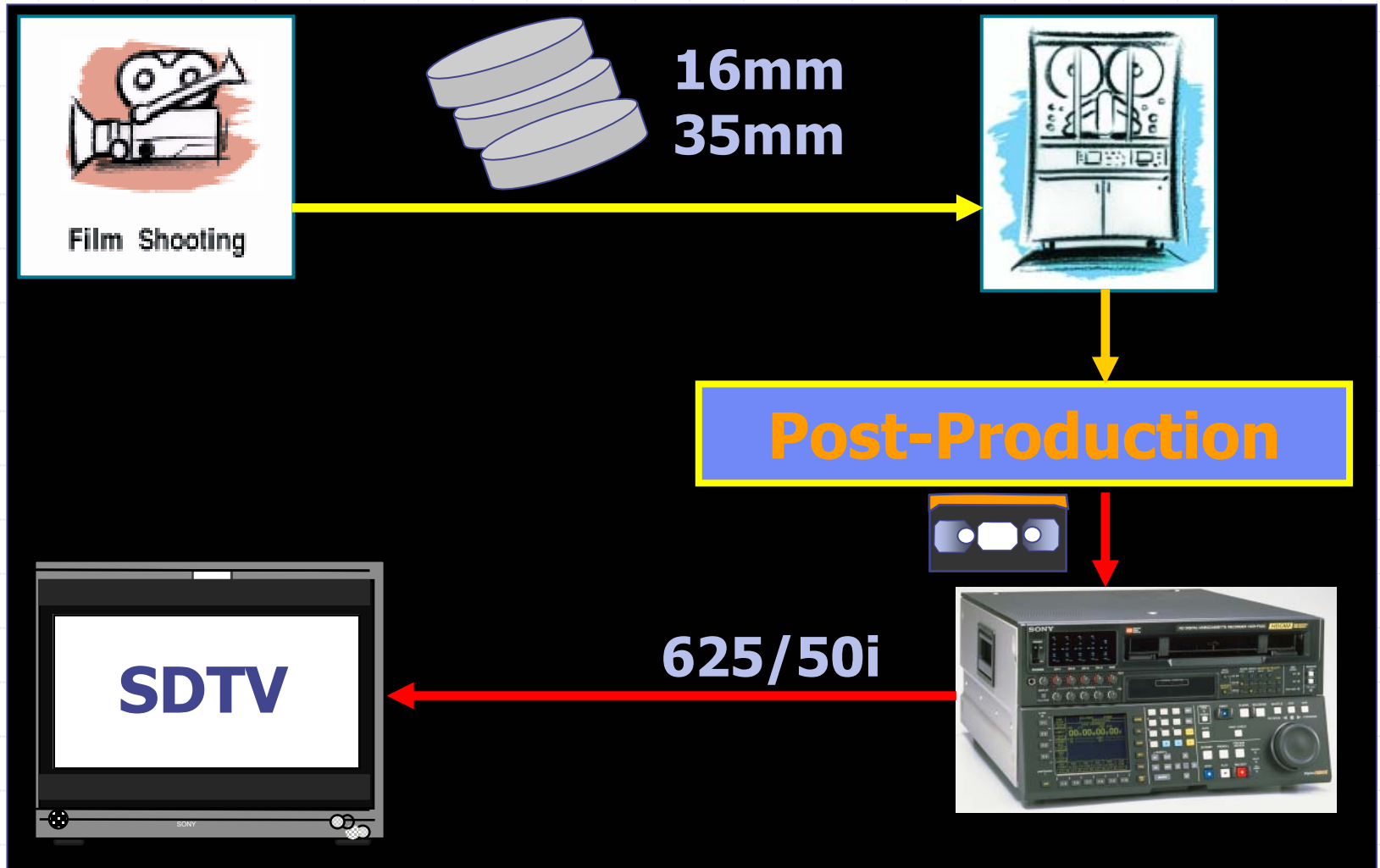
Verarbeitungswege des Films

Kinoproduktion



Verarbeitungswege des Films

TV-Produktion



Sony HD Akquisitionstools

HDCAM-Camcorder Modelle

HDCAM



HDW-F900

- 2/3"-HD-FIT-CCDs (1920x1080 P)
- 12 Bit A/D-Wandlung
- 24p / 25p / 30p / 50i / 60i

104.000 €



HDW-750P

- 2/3"-HD-FIT-CCDs (1920x1080 P)
- 10 Bit A/D-Wandlung
- 25p / 50i

75.000 €



HDW-730S

- 2/3"-HD-IT-CCDs (1920x1080 P)
- 10 Bit A/D-Wandlung
- 50i / 60i

43.455 €

Sony HD Akquisitionstools

HDCAM-SR VTR Modelle

HDCAM SR™



SRW-5000

- 4:2:2 10 bit MPEG-4 Recording
- 4:4:4 erweiterbar
- Datenrate: 440 Mbps

90.000 €



SRW-1

- Portabler HDCAM-SR VTR
- 4:2:2 10 bit MPEG-4 Recording
- 4:4:4 erweiterbar
- Datenrate: 440 Mbps



Sony HD Akquisitionstools

HDCAM VTR Modelle

HDCAM



HDW-F500

70.000 €

- HDCAM-Recording
- Datenrate: 140 Mbps
- Multi-Framerates: 24p/25p/30p/50i/60i



HDW-M2000

60.000 €

- HDCAM-Recording
- Datenrate: 140 Mbps
- Framerates: 25p/30p/50i/60i
- Multiformat Playback

Fragen zur Filmproduktion



Film Shooting

Warum mit Film akquirieren wenn zur Postproduction ein digitales Signal benötigt wird?

Warum Film verwenden, wenn die spätere Auswertung im TV erfolgt?

Argumente pro Film:

- Bildqualität
- Kompatibilität

KOSTEN ? ? ? ?

Bildqualität

Technologischer Vergleich

- 1. Optik**
- 2. Empfindlichkeit**
- 3. Schärfe /Auflösung**
- 4. Kontrastverhalten**
- 5. Farbwiedergabe**
- 6. Rauschen/Korn**
- 7. Bildstandfehler**
- 8. Belichtungszeit**
- 9. Bildfrequenzen**
- 10. Bewegungsauflösung**

Bildqualität

Technologischer Vergleich

1. Optik

2. Empfindlichkeit

3. Schärfe / Auflösung

4. Kontrastverhalten

5. Farbwiedergabe

6. Rauschen / Korn

7. Bildstandfehler

8. Belichtungszeit

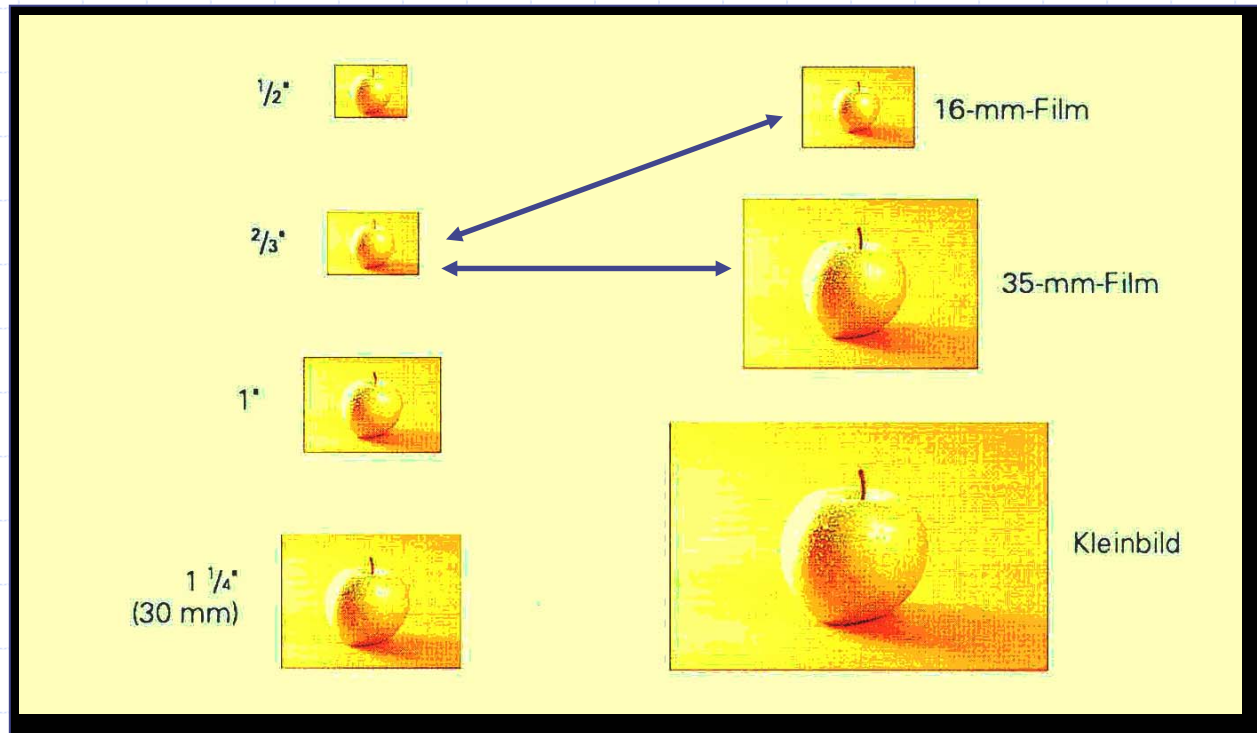
9. Bildfrequenzen

10. Bewegungsauflösung

Technologischer Vergleich

Optik

- Vergleich der verschiedenen Aufnahmeformate
 - *HD-Video vs. Film*



Technologischer Vergleich

Optik

- **Targetgrößen & Brennweiten**

	2/3"-CCD Target - 16:9 -	Super 16 Film	35mm Film
Bildfelddiagonale [mm]	11,0	14,5	27,26
Bildbreite [mm]	9,59	12,4	22,05

Umrechnungsformel:

$$f(35\text{mm}) * 0,404 = f(2/3\text{"-CCD})$$
$$f(16\text{mm}) * 0,76 = f(2/3\text{"-CCD})$$

Technologischer Vergleich

Optik

- **Schärfentiefe**

- Die Schärfentiefe ist von verschiedenen Variablen abhängig:
 - ◆ Blendenöffnung (k)
 - ◆ Brennweite (f)
 - ◆ zulässiger Zerstreuungskreisdurchmesser (u')
- Bei der Blendenzahl $>k<$ ist zu beachten, dass die max. Öffnung bei einer Videokamera auf 1:1,4 limitiert (wegen Prismenblock)
- Prime Lenses für Filmkameras weisen max. Öffnungen von 1:1,2 auf.

Technologischer Vergleich

Optik

- Formel zur Berechnung der „Schärfentiefe“

$$a_v = \frac{a * h}{h + (a + f)}$$

$$a_h = \frac{a * h}{h - (a + f)}$$

$$S = a_h - a_v = \frac{2 * a^2 * u' * k}{f^2}$$

h = Hyperfokale

- „h“ ist die vordere Schärfegrenze, wenn das Objektiv auf „unendlich“ eingestellt ist.

- ist „h“ die Fokussiereinstellung, so reicht die Schärfe von der halben Hyperfokalen bis zu unendlich.

$$h = \frac{f^2}{u' * k}$$

Technologischer Vergleich

Optik

• Blendenvergleich / Schärfentiefe

$$S = \frac{2 * a^2 * u' * k}{f^2}$$

$$S_{(35\text{mm})} = S_{(\text{HDCAM})}$$

mit:

- u' = zulässiger Zerstreuungskreis:
 $u'_{(35\text{mm})} = 0,0262 \text{ mm}$
 $u'_{(\text{HDCAM})} = 0,0085 \text{ mm}$
 $\Rightarrow u'_{(35\text{mm})} = 3,1 * u'_{(\text{HDCAM})}$
- f = Brennweite:
 $f_{(35\text{mm})} = 2,5 * f_{(\text{HDCAM})}$

$$k_{(\text{HDCAM})} = 0,5 * k_{(35\text{mm})}$$

$$S_{(16\text{mm})} = S_{(\text{HDCAM})}$$

mit:

- u' = zulässiger Zerstreuungskreis:
 $u'_{(16\text{mm})} = 0,0135 \text{ mm}$
 $u'_{(\text{HDCAM})} = 0,0085 \text{ mm}$
 $\Rightarrow u'_{(16\text{mm})} = 1,6 * u'_{(\text{HDCAM})}$
- f = Brennweite:
 $f_{(16\text{mm})} = 1,3 * f_{(\text{HDCAM})}$

$$k_{(\text{HDCAM})} = 0,95 * k_{(16\text{mm})}$$

Technologischer Vergleich

Optik

- **Blendenvergleich / Schärfentiefe**

Format	Blendenzahl "k"						
	<i>-für äquivalente Schärfentiefe-</i>						
35mm	1,2	1,4	2	2,8	4	5,6	8
2/3"-Video	---			1,4	2	2,8	4

Technologischer Vergleich

Optik

- **Fazit (Optik)**

- für identische Bildwinkel müssen beim Film längere Brennweiten eingesetzt werden (Faktor 2.5 bei 35mm / Faktor 1.3 bei 16mm).
- Brennweite, Blende und Zerstreuungskreis sind die wesentlichen Einflussgrößen der Schärfentiefe:
 - ◆ die Optik an der HDW-F900 muss 2 Blendenstufen geöffnet werden, um die Schärfenverh. bei 35mm zu erreichen.
 - ◆ zwischen 16mm und HDW-F900 besteht in der Praxis kein Unterschied.

Technologischer Vergleich

Optik

- **Grenzauflösung (Objektiv)**
 - HDW-F900 (im Vergleich zu SDTV):

Auflösungsvermögen (max) = (Max. Videofrequenz * aktiver Zeilendauer) / Bildbreite

	HDW-F900	SDTV (PAL)
Max. Videofrequenz [1/s]	27,5 MHz *	5 MHz
aktive Zeilendauer [µs]	25,9	52
Bildbreite (2/3"-16:9 CCD) [mm]	9,59	8,8
Grenzauflösung [L/mm]	74	30

* 27.5 MHz werden mit ca. 40% MOD aufgelöst

- Die Optik muss diesem Auflösungsvermögen optimal angepasst sein.

Technologischer Vergleich

Empfindlichkeit

- **Filmmaterial**

- Angabe der Empfindlichkeit als DIN oder ASA Wert oder als Belichtungsindex:

DIN Wert	ASA Wert	Belichtungsindex	Beispiel für 35mm Neg.-Material
18°	50	EI 50/18°	<i>EASTMAN EXR 50 D</i>
19°	64	EI 64/19°	
20°	80	EI 80/20°	
21°	100	EI 100/21°	<i>EASTMAN EXR 100 T</i>
22°	125	EI 125/22°	
23°	160	EI 160/23°	
24°	200	EI 200/24°	<i>KODAK VISION 200 T</i>
25°	250	EI 250/25°	<i>KODAK VISION 250 D</i>
26°	320	EI 320/26°	<i>KODAK VISION 320 T</i>
27°	400	EI 400/27°	
28°	500	EI 500/28°	<i>KODAK VISION 500 T</i>
29°	650	EI 650/29°	
30°	800	EI 800/30°	<i>KODAK VISION 800 T</i>

Technologischer Vergleich

Empfindlichkeit

- **HD-Videokamera (*HDW-F900*)**
 - Angabe als F-Wert, der sich bei einer best. Beleuchtungsstärke einstellt:
F=10/2000 lux
(3200K/ 0-dB/ 89.9% Refl./ 100% Pegel WFM/ 60i)
 - der Bezugswert liegt hier im Highlight-Bereich (bei ca. 90% Reflektion)

Technologischer Vergleich

Empfindlichkeit

- **Umrechnungsformel**

$$\Rightarrow S = -10 \log \frac{t * R * E}{c * k^2}$$

S = Empfindlichkeit [°DIN]

t = Std.-Belichtungszeit [1/sec]

R = Reflektionsfaktor

E = Beleuchtungsstärke [lux]

c = 285 [lux sec] (Kalibrierungskonstante)

k = Blendenzahl

- Standard-Empfindlichkeit HDW-F900:
 - ◆ **F=10/ 2000 lx** (3200K; 89,9% Reflektion; 0 dB; 60i-Modus)
- HDW-F900 (24p): 28 DIN / 500 ASA
- HDW-F900 (24p/48Hz): 25 DIN / 250 ASA
(~ Kodak Vision 200T/-320T)

Technologischer Vergleich

Empfindlichkeit

- **Empfindlichkeitssteigerung**
 - bei Filmmaterial möglich durch:
 - ◆ Wahl einer höher-empfindlichen Emulsion
 - bis max 800 ASA (Vision 800T)
 - ◆ durch PUSH-Entwicklung: **max. +1 F**
 - bei der HDW-F900:
 - ◆ Ausschalten des Shutters (48Hz => 24 Hz): **+1F**
 - ◆ Gain-up (bis max. 18 dB): **bis zu +3F** (=> 2000ASA)
 - ◆ elektronische Farbtemperaturkonversion: **+²/₃F**

Technologischer Vergleich

Empfindlichkeit

- **Empfindlichkeitsreduktion**

- bei Filmmaterial möglich durch:

- ◆ Wahl einer unempfindlicheren Emulsion
 - min. 50 ASA (Eastman XR 50D)

- bei der HDW-F900:

- ◆ Gain „down“: -3 dB: **-0,5 F**
- ◆ kamera-interne ND-Filter: **bis zu -6F**
- ◆ Erhöhung der Verschlusszeit (max. 1/2200s): **-5,5F**

bezogen auf 1/48s als Standard-Belichtungszeit

Technologischer Vergleich

Empfindlichkeit

- **Fazit (Empfindlichkeit):**

- die Grundempfindlichkeit der HDW-F900 ist sehr hoch (250 ASA bei 24p/48Hz) / entsprechend KODAK Vision 200T/-320T.
- die Empfindlichkeit der HDW-F900 kann in einem sehr weiten Rahmen individuell angepasst werden.
- Die Filmempfindlichkeit ist nur in engen Grenzen variabel und bedingt i.d.R. den Wechsel der Emulsion.

Technologischer Vergleich

Schärfe & Auflösungsvermögen

- Filmproduktion

Einflussfaktoren:

- *Optik (= ideal)*
- Filmemulsion
- Kopierprozess
- Elektronische Abtastung
- Mechanisches System

- HD-Produktion

Einflussfaktoren:

- CCD-Bildaufnehmer
- DSP-Signalverarbeitung
- Aufzeichnungsverfahren (HDCAM)

Technologischer Vergleich

Schärfe & Auflösungsvermögen

- **Filmemulsion**

- Sensibilisierung (Tages-/Kunstlicht)
- Empfindlichkeit (50 ~ 800 ASA)
- Auflösungsvermögen

Filmmaterial		Auflösungsvermögen	
		100% Kontrastwiedergabe (G-Kanal)	50% Kontrastwiedergabe (G-Kanal)
<i>EASTMAN EXR 50D</i>	5245	ca 40 LP/mm	ca. 90 LP/mm
<i>EASTMAN EXR 100T</i>	5248	ca 30 LP/mm	ca. 70 LP/mm
<i>KODAK VISION 200T</i>	5274	ca 30 LP/mm	ca 70 LP/mm
<i>KODAK VISION 250D</i>	5246	ca 25 LP/mm	ca 70 LP/mm
<i>KODAK VISION 320T *</i>	5277	ca 25 LP/mm	ca 60 LP/mm
<i>KODAK VISION 500T *</i>	5279	ca 25 LP/mm	ca 60 LP/mm
<i>KODAK VISION 800T</i>	5289	ca 10 LP/mm	ca 50 LP/mm

Technologischer Vergleich

Schärfe & Auflösungsvermögen

- **Kopierprozess**

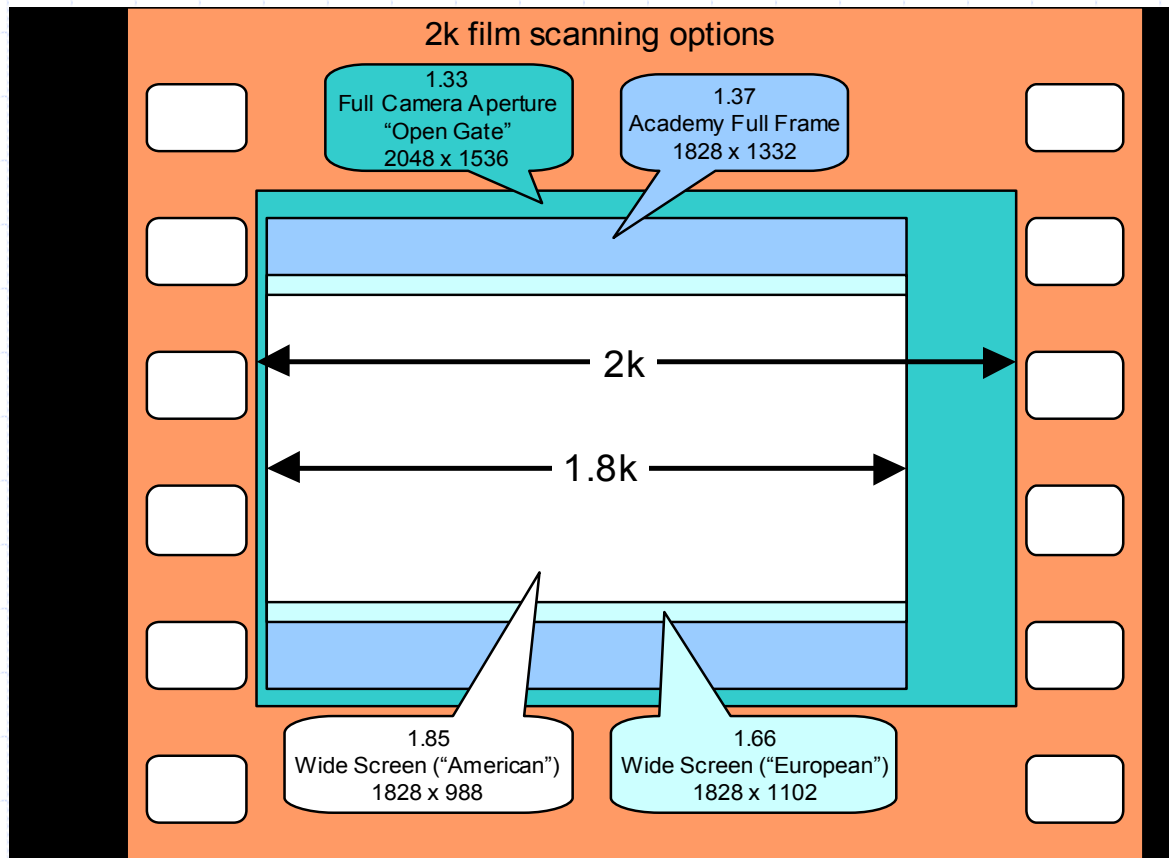
- viele Kopierprozess sind nötig bis das Kameranegativ im Kino zur Vorführung gelangt:
 - Negativ => Interpos. => Interneg. => Release Print
- Einflussfaktoren des Kopierprozesses:
 - ◆ Optik
 - ◆ Streuverluste innerhalb der Emulsion
 - ◆ mechanische Toleranzen
- Im Kino kommt bestenfalls 3. Generation zur Aufführung.

Technologischer Vergleich

Schärfe & Auflösungsvermögen

- **Elektronische Abtastung**

- 2-K-Abtastung: 2048 x 1540 Pixel (1:1,33)



16:9 WideScreen:
1793 x 1080 Pixel

Technologischer Vergleich

Schärfe & Auflösungsvermögen

- **Mechanisches System**

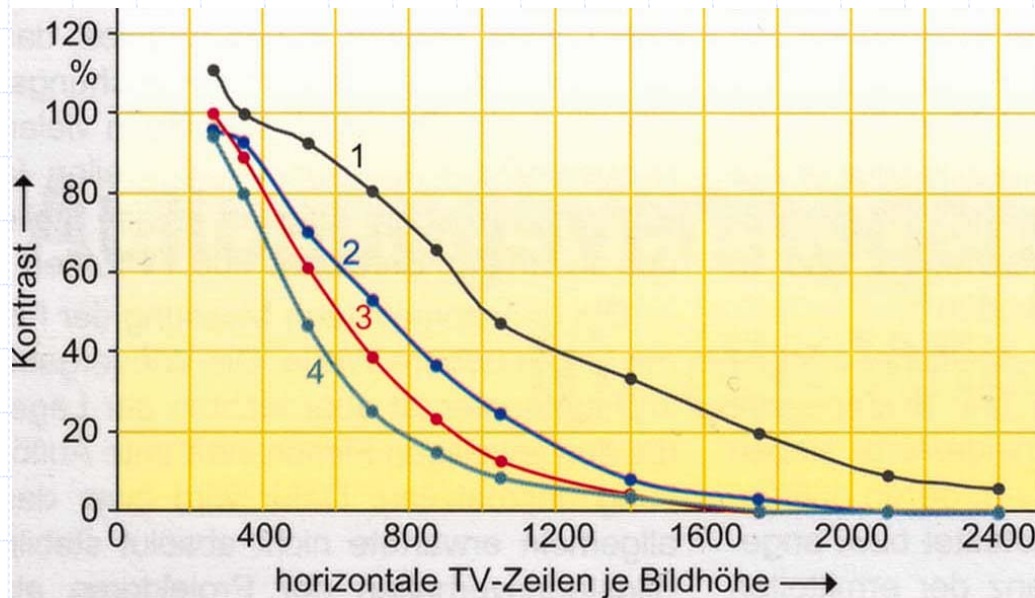
- im Filmbereich kommen ausnahmslos mechanische Systeme zum Einsatz:
 - ◆ Filmkamera
 - ◆ Abtaster
 - ◆ Filmprojektor
 - Addition der einzelnen mech. Toleranzen (Bildstandfehler)
- => **Limitierung der max. Auflösung**

Technologischer Vergleich

Schärfe & Auflösungsvermögen

- Max. Auflösungsvermögen von 35mm Film

Nach: ITU / Ad-Hoc Group on D-Cinema of the Steering Committee Study Group 6/
Document 6SCOM: "35mm Cinema Film Resolution Test Report"



Grafik: N. Bolewski in FKT-Magazin
Ausgabe 3/2002

Technologischer Vergleich

Schärfe & Auflösungsvermögen

- **CCD-Bildaufnehmer**

- Pixelanzahl: 1920H x 1080V

- H-Aufl.: 1000 TV-L

- Modulationstiefen (o. DTL):

- ◆ 10 MHz ca. 100% (entspr. rd. 27 Lp/mm)

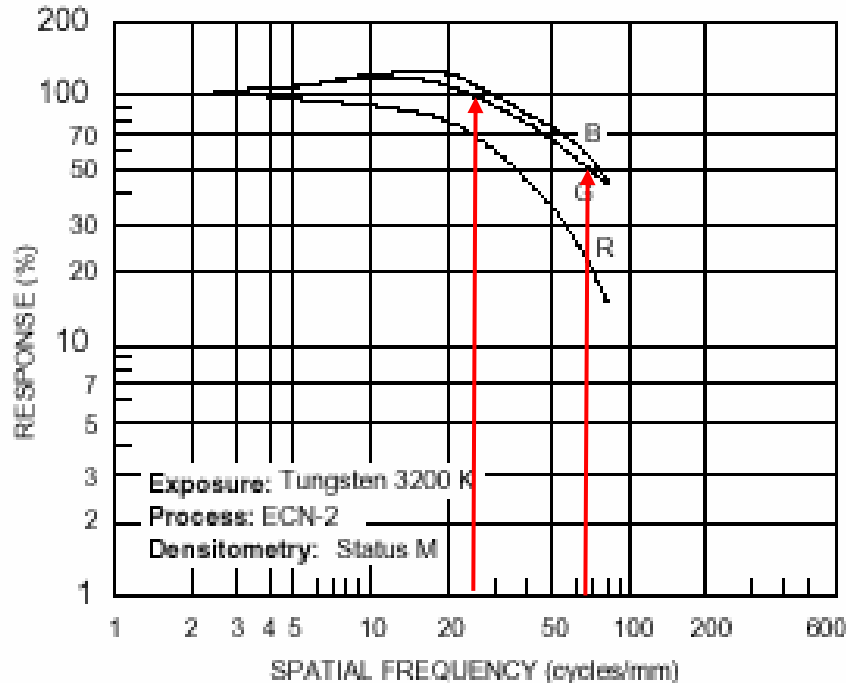
- ◆ 27,5 MHz ca. 40% (entspr. 74 Lp/mm)

Technologischer Vergleich

Schärfe & Auflösungsvermögen

KODAK Vision 200T

MTF Diagramm



- ~ 25 Lp/mm = 100%
- ~ 70 Lp/mm = 50%

HD-Video

- 27 Lp/mm = 100%
- 74 Lp/mm = 40%

Technologischer Vergleich

Schärfe & Auflösungsvermögen

- **Signalverarbeitung**
 - 12-bit A/D Wandlung
 - 26 bit internes Processing
 - nach erfolgter A/D-Wandlung erfährt das digitale Signal keine weitere Degradierung im Kamerakopf

Technologischer Vergleich

Schärfe & Auflösungsvermögen

- **HDCAM Aufzeichnungsverfahren**

- unkomprimierter HD-Datenstrom: 996 Mbps
- aufgezeichneter Datenstrom: 144 Mbps
- Daten-Kompression durch:
 - ◆ digitales Pre-Filtering (Irrelevanz-Reduktion)
 - ◆ DCT (Discrete Cosinus Transfer)/ 1:4
- *1:7 Reduktion ist nur das mathematische Zahlenverhältnis (und gibt nicht den korrekt Kompressionsfaktor wieder)!*

Technologischer Vergleich

Schärfe & Auflösungsvermögen

• Fazit

- Die Pixelauflösung der HDW-F900 entspricht genau der bei 2K Filmabtastung im Format 1:1,66 (europ. Breitwand)/ HDW-F900 (Format 16:9 = 1:1,77)
- die HDW-F900 löst bis ~ 27.5 MHz auf (74 L/mm)/ dies entspricht dem Auflösungsvermögen von Filmmaterial ($\sim 200T$ Empfindlichkeit)
- mech. Toleranzen limitieren die resultierende Auflösung beim Film/ HDCAM ist absolut stabil.
- HD-Video ist ein direkter Prozess (2K-Auflösung im ersten Schritt) / digitales Signal erfährt keinen Generationsverlust (Aufzeichnungsverfahren als limitierender Faktor).

Kontrastwiedergabe

- Die HDW-Camcorder können Kontrastumfänge von mehr als $10 \frac{1}{2}$ Blendenstufen einwandfrei wiedergeben, wenn die Einstellmöglichkeiten der Gamma-kurve (im Black- & Highlight-Bereich) entsprechend genutzt werden.

**Diplomarbeiten von P. Gescher
u. J. Vorman an der FH-Köln
(FB: Fotoingenieurwesen) im
Juli 2003.**

- Laut Herstellerangabe sind bei Filmmaterialien hier auch keine wesentlich höheren Kontrastumfänge darstellbar. In der Praxis geht man von 11 bis max. 12 Blendenstufen aus.

Technologischer Vergleich

Bildstandfehler

- Video ist absolut stabil und frei von jeglichen Bildstandfehlern
- Bei Film tritt der Bildstandfehler bei jedem mech. Prozess erneut auf und addiert sich somit:
 - Filmkamera
 - Abtastung
 - Kopierer
 - Projektor

Technologischer Vergleich

Bildstandfehler

- **Bildstandfehler (Filmkamera)**
 - 0,1% der Bildhöhe

=> *Ein Beispiel:*

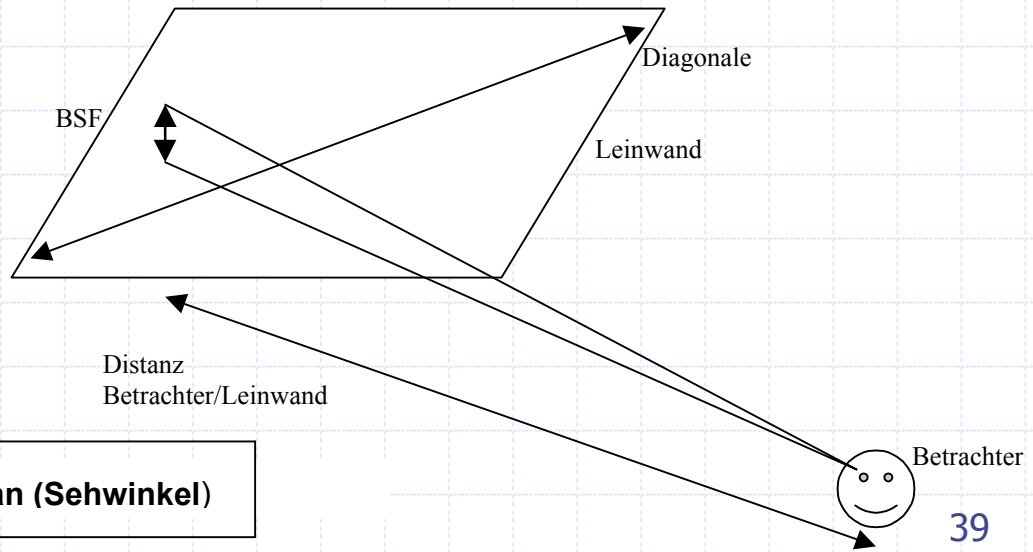
35mm Filmkamera		
<i>Bildfenster Diagonale</i>	<i>[mm]</i>	24.6 (Format 1:1.66)
<i>Bildfenster Format</i>	<i>[mm]</i>	22.0 H x 16.0 V
<i>Bildstandfehler</i>	<i>[mm]</i>	0.016 (=1% of 16 mm)

Kino-Leinwand		
<i>Diagonale</i>	<i>[mm]</i>	15m (=15,000 mm)
<i>Vergrößerungsfaktor</i>		610:1 (=15,000/24.6)
<i>Bildstandfehler (Leinwand)</i>	<i>[mm]</i>	9.76 mm (= 610 x 0.016mm)

Technologischer Vergleich

Bildstandfehler

- **Grenzauflösung (Auge): 1' (=0,0167°)**
 - alle Bildstandfehler, die grösser als dieser Grenzwert sind, werden vom Auge wahrgenommen und beeinflussen direkt den Schärfeeindruck.



Es gilt die Beziehung: $\frac{\text{Bildstandfehler}}{\text{Distanz (a)}} = \tan(\text{Sehwinkel})$

Technologischer Vergleich

Bildstandfehler

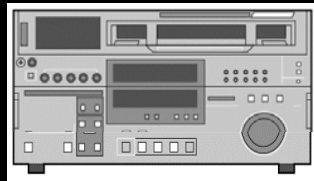
- **Fazit**

- Der Bildstandfehler kann bereits von Zuschauern, die näher als 33 m zur Bildwand sitzen wahrgenommen werden. Dies entspricht der 2-fachen Bilddiagonale.
- Eine Betrachtungsentfernung von 1,5x der Bildhöhe wird als „optimale“ Betrachtungsdistanz erachtet; hier wird der BSF in jedem Fall wahrgenommen.
- 800-900 Zeilen wurden auch von der ITU Ad-Hoc Gruppe als Maximalwert ermittelt.

Kompatibilität

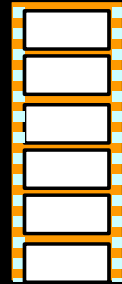
**Das HDCAM-Master Tape als
internationales
Austauschformat**


**24p / 25p
HDCAM Master**



**Film
recorder**

Film Recording



50 Hz HD and PAL



60 Hz HD and NTSC



E-Cinema

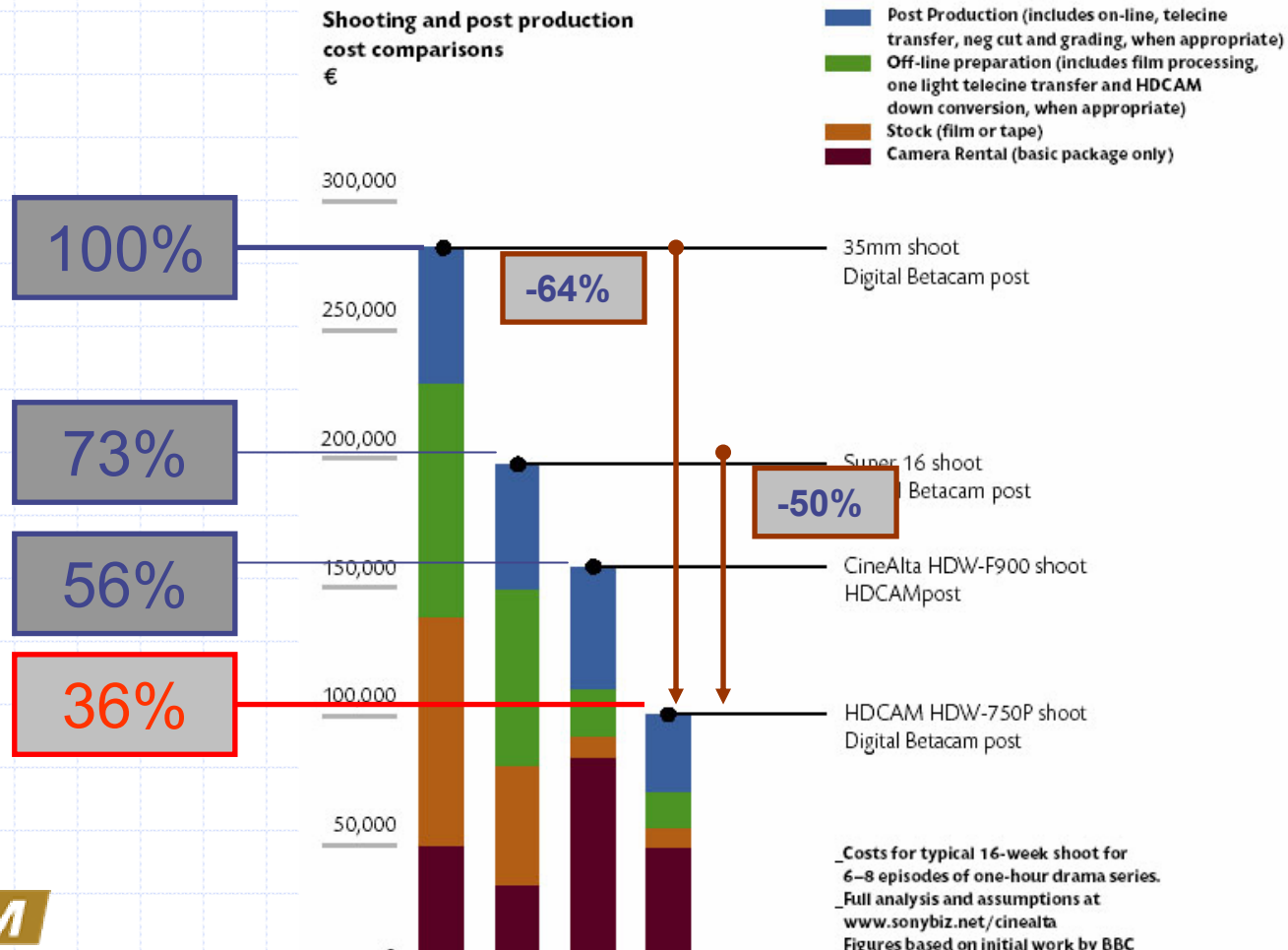
**ITU 709-03
1080/24P**

Internationaes Programm Austauschformat

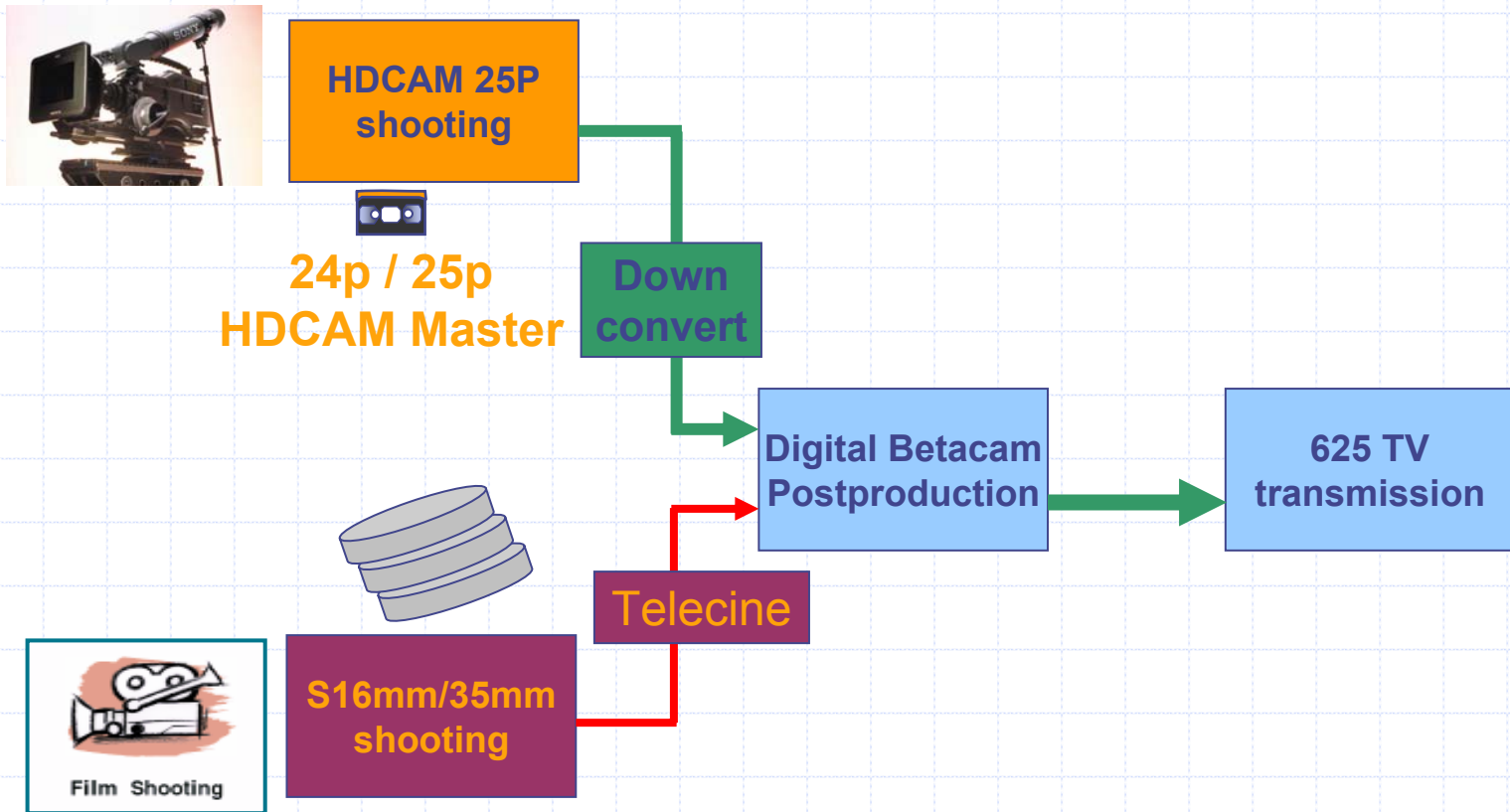
Kostenvergleich

HD-Video vs. Film

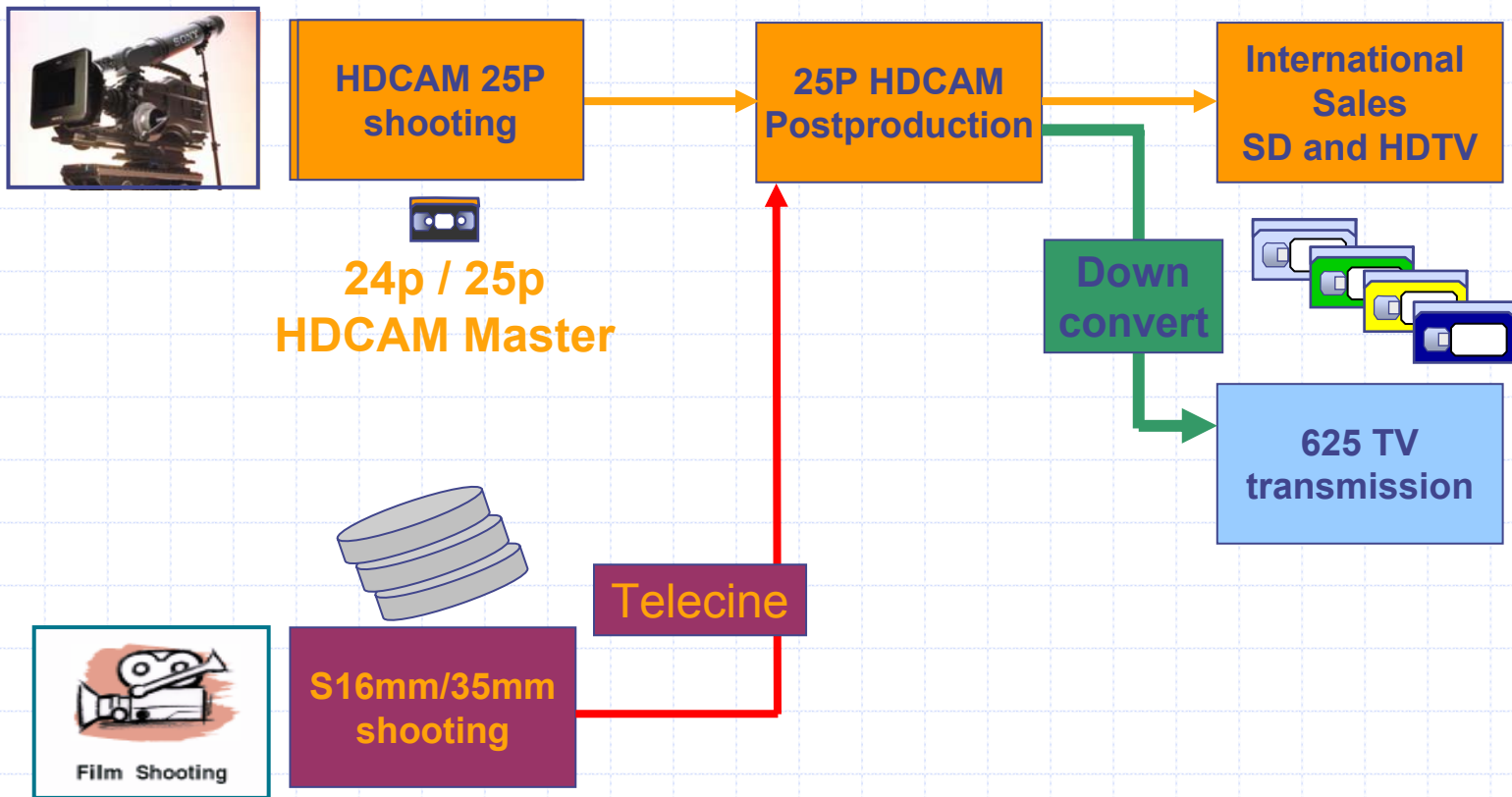
- Studie der BBC



HD-Workflow (SD-TV)



HD-Workflow (SD/HDTV)



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit

Literatur:

www.film-buch.de

www.mediabook.biz

„24p - Digitale Kinematographie mit der HDW-F900“