




# Gliederung

1. Fototechnik und digitale Bildbearbeitung (3 Vorlesungen) 
  - Grundlagen der analogen und digitalen Fototechnik
  - Prinzipien der Bildgestaltung
  - Grundlagen der Bildbearbeitung
2. Programmierung von Benutzungsschnittstellen (Swing) (1 Vorlesung) 
  - Grafische Oberflächen, Ereignisgesteuerte Programmierung, MVC-Muster
3. Film- und Videotechnik und digitale Videobearbeitung (2 Vorlesungen, 1 Gastvortrag) 
  - Grundlagen der Film- und Videotechnik
  - Prinzipien der Filmgestaltung, Spezialeffekte, Filmschnitt
4. Tontechnik und digitale Tonbearbeitung (2 Vorlesungen)
  - Grundlagen der Tontechnik, Audiogestaltung, Tonbearbeitung
  - Optische Speichermedien (CD/DVD/Bluray)
5. Zusätzlich geplant:
  - Exkursion
  - Abschlusspräsentation zu den Praktika

# Film, TV, Video



## Film

- Professionelle Aufnahme
- Wiedergabe im Kino
- Höchste Qualität
- Rasch sinkender Anteil an analoger Technik




- Aufnahme amateurtauglich
- Wiedergabe im Heim
- Eingeschränkte Qualität
- Überwiegend digital



- Professionelle Aufnahme
- Wiedergabe im Heim
- Eingeschränkte Qualität
- Überwiegend digital

[www.go-neon.de](http://www.go-neon.de), [www.schlossmuseum.at](http://www.schlossmuseum.at), [www.sony.de](http://www.sony.de)

# 3. Film- und Videotechnik und digitale Videobearbeitung

- 3.1 Film- und Kinotechnik analog 
- 3.2 Film- und Kinotechnik digital
- 3.3 TV- und Videotechnik analog und digital
- 3.4 Produktion und Gestaltung von Videomaterial
- 3.5 Digitaler Videoschnitt und Nachbearbeitung
- 3.6 Schnittstellen zur Übertragung von Videodaten

## Literatur:

Ulrich Schmidt: Digitale Film- und Videotechnik, 3. Auflage, Hanser 2010

Ulrich Schmidt: Professionelle Videotechnik, Springer Vieweg,  
6. Auflage 2013 (€100!)

Johannes Webers: Handbuch der Film- und Videotechnik, 8. Auflage,  
Franzis-Verlag 2007

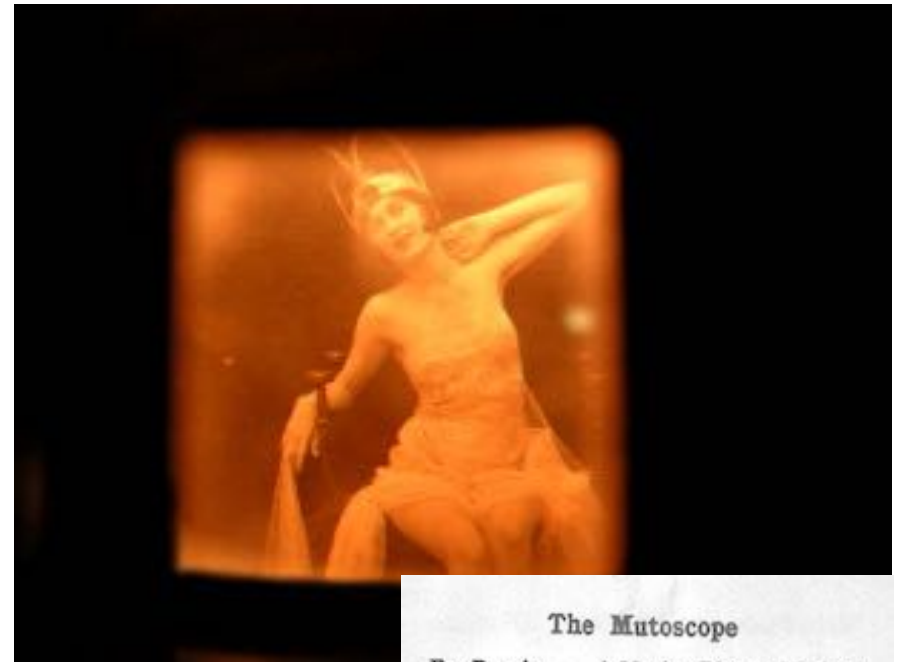
# Der erste Kuss im Film...

Öffentliche Aufführungen  
aufgenommener Bewegtbilder  
ab April 1894 in New York

„Edison Parlor“

„What the butler saw“ Machines

Extrem kurze Filmsequenzen, bereits  
kommerziell genutzt



Mutoscope ad 1899  
(Wikipedia)

# Geschichte der Filmtechnik

Entwicklung der Fototechnik (ab 1826: Daguerrotypie)

Lichtstarke Objektive, empfindlicheres Aufnahmematerial

1888: Erste flexible Schichtträger (Rollfilm, „Film“)

Thomas Alva Edison, 1891: Kinematograph/Kinematoskop

Film mit ca. 15 Bilder pro Sekunde durch Perforation transportiert

Noch keine Projektion

Brd. Skladanowsky, November 1895:

Bioskop: Doppelprojektor mit Überblendeffekt

Gebrüder Lumière, Dezember 1895: Cinematograph

Kamera und Projektor in einem Gerät

Filmstreifen mit Greifer transportiert

1897: Kommerzielle Filmproduktion (Gebrüder Pathé)

1902: Erste Filmtricks (Doppelbelichtung)

1907: Erster Animationsfilm

1909: Standardisierung des 35mm-Filmformats



# Stummfilm mit Musik

Ein Stummfilm-Pianist bei der Arbeit (1913)

1913



Gerhard Gruber  
2007  
[www.filmmusik.at](http://www.filmmusik.at)

# Der erste (kommerziell wichtige) Tonfilm



The Jazz Singer

# Geschichte des Tonfilms

Emil Berliner, 1887: Nadeltonverfahren (Grammophon)

„The Jazz Singer“, 1927: Nadeltontechnik "Vitaphon"

„Lichtton“: Optische Tonspur auf dem Film

Fa. Tri-Ergon, 1922:Lichttonsystem (an die USA verkauft)

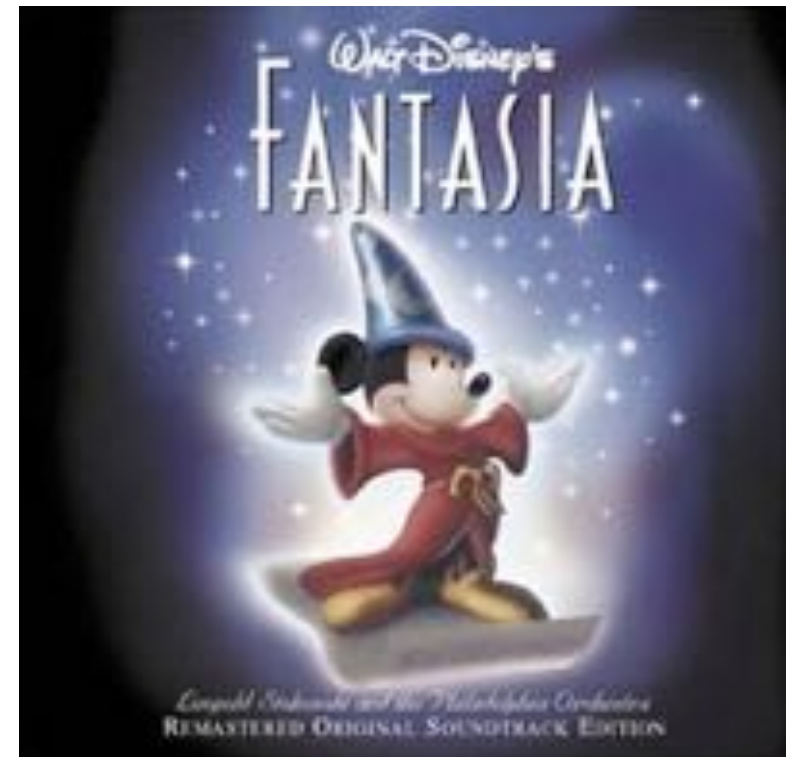
Ab ca. 1930: Dominanz des Tonfilms

Mehrkanalton

Erstmals in Disneys „Fantasia“ (1940)

Dolby-Stereo 1975

Dolby-Digital 1992





# Farbfilm



**Card  
Party  
(1895)**

# Geschichte des Farbfilms

Film war zunächst Schwarz/Weiss  
Handkolorierte Filme



The Last Days of Pompeji, 1926

Pathé Color, 1905

Frühe Mehrfarbtechniken 30er  
Jahre

z.B. „Technicolor“ (1935),  
drei Filme gefärbt und überlagert

Echte farbempfindliche Filme

Kodachrome (1935)

Agfacolor (1936)



Becky Sharp, 1935

# Filmformate

## Filmbreiten:

Breitester verwendeter Film 70 mm

Halbierung: Standardformat 35 mm

Kleinere Filmbreiten (günstiger):

16 mm: Schulungstechnik, Billigproduktionen

8 mm: Amateurformat (70er und 80er Jahre)

## Perforation:

Beidseitig, 4 Löcher pro Bild bei 35 mm

Einseitige Perforation bei kleinen Filmbreiten

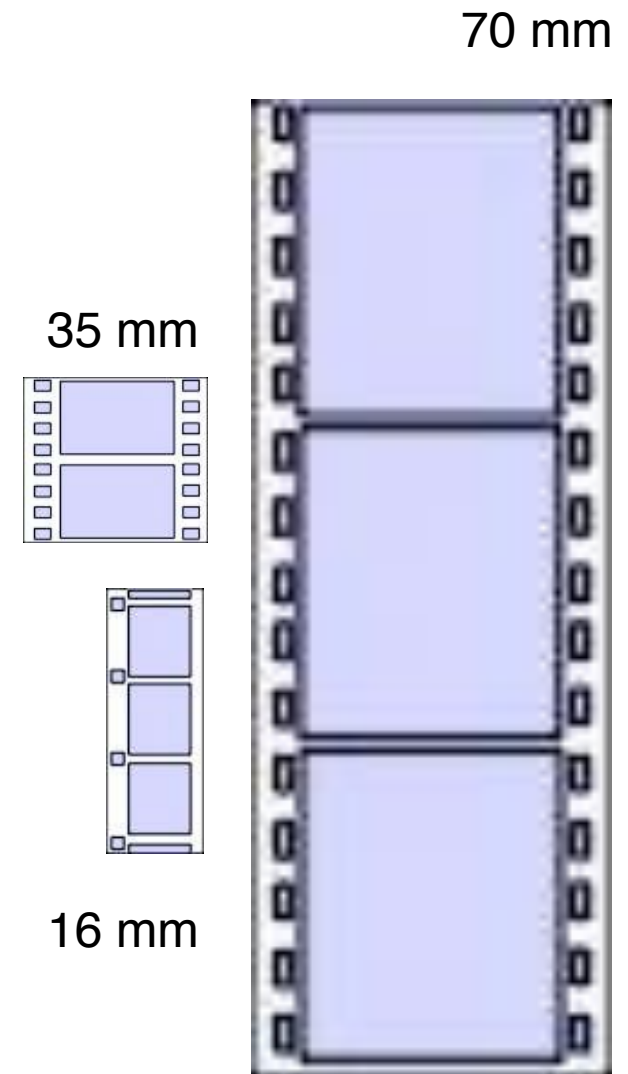
## Bildfeld:

Platz zwischen Perforation bei 35 mm-Film: 25,4 mm

Stummfilmzeit: 24 x 18 mm

Tonfilm (Platz für Tonspur): 22 x 16 mm

Bildseitenverhältnis 1,37:1 (*Academy-Format*)



# Vergleich verschiedener Bildformate



1,33:1 = 4:3 = Std-TV = Full Frame

1,375:1 = Academy

1,5:1 = 3:2 = Kleinbild

1,66:1 = Breitbild Euro

1,78:1 = 16:9 = Breit-TV

1,85:1 = Breitbild US

2,35:1 = Cinemascope

„Cinemascope“ (und ähnliche Verfahren):  
horizontale Stauchung des Bildes für „Breitwand“-Effekt

# Bildfeldanpassung

Wenn Ausgabegerät nicht dem Film-Bildfeld entspricht  
(z.B. bei DVD-Wiedergabe über TV-/Computermonitor):

## Option 1: **Letterbox**

Bild zeigt schwarze Streifen oben und unten  
Verkleinerung der Bildfläche

## Option 2: **Pan and Scan** oder **Adjust Size**

Bildwiedergabe ohne Randstreifen  
Informationsverlust, Wichtiges sollte im Ausschnitt sein

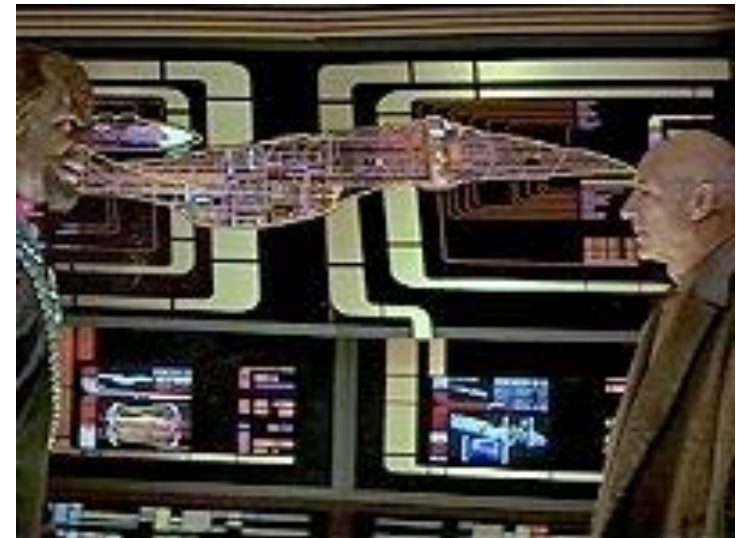
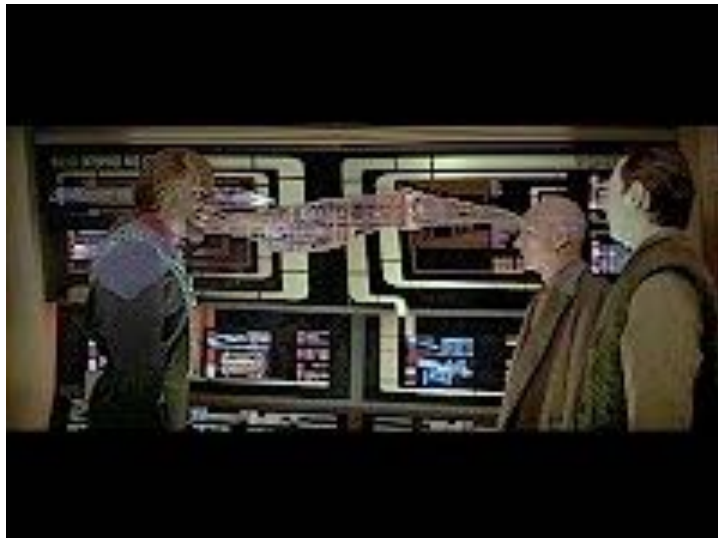
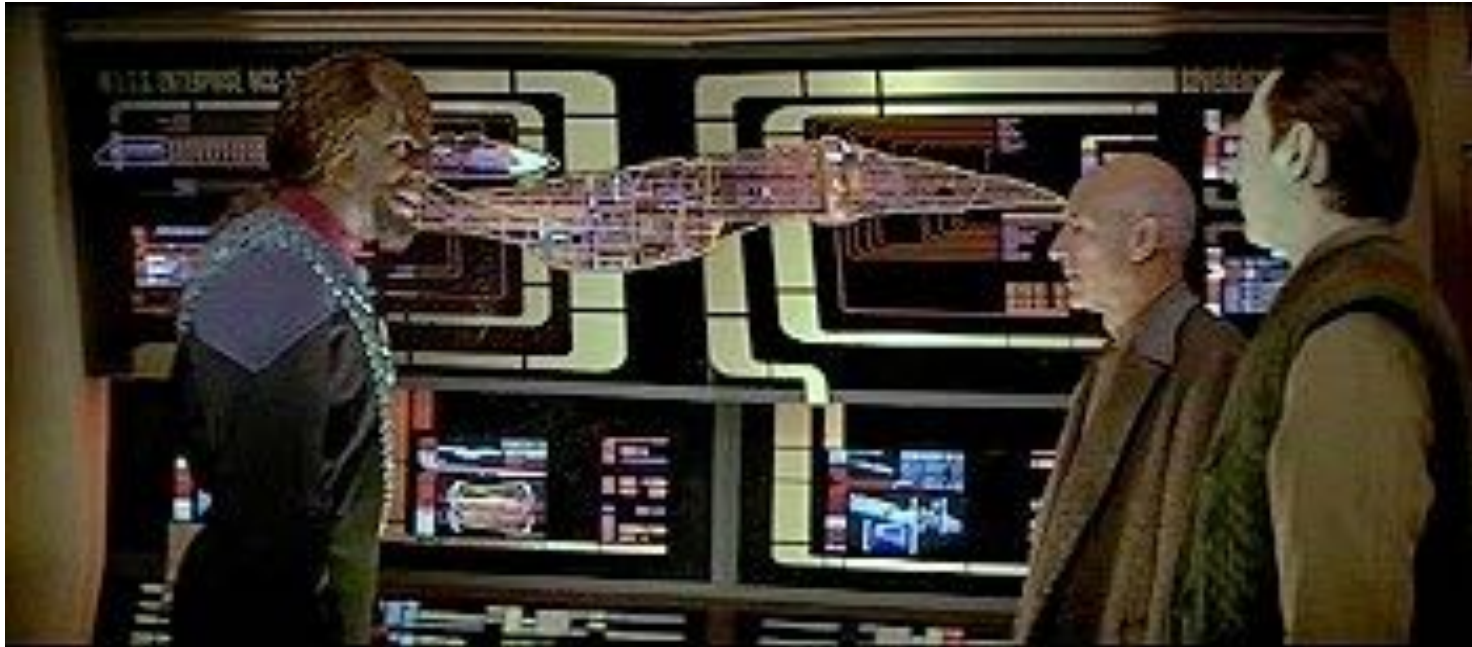
## Option 3: **Original**

Gelegentlich besser geeignetes Original-Format vorhanden  
Z.B. Originalaufnahme Academy-Format, nachträglich beschnitten zu Breitbild  
Dann z.B. bei der TV-Wiedergabe *mehr* Bildinformation als im Kino

# Letterbox vs. Pan&Scan



# Cinemascope am 4:3-TV-Gerät



# Von der Foto- zur Filmkamera

Viele Komponenten sind identisch:

- Grundlegendes Aufnahmeprinzip

- Fokussierung

  - Manuell oder „Autofocus“

- Objektiv

  - Brennweitereinstellung (Zoom)

- Blende

  - Zusammenhang zur Schärfentiefe

- Lichtempfindlichkeit, Farbtemperatur etc.

Entscheidende Unterschiede:

- Kontinuierlicher Filmtransport

- Repetitive Verschluss

  - Umlauf-Verschluss, oft irreführenderweise „Umlaufblende“ genannt

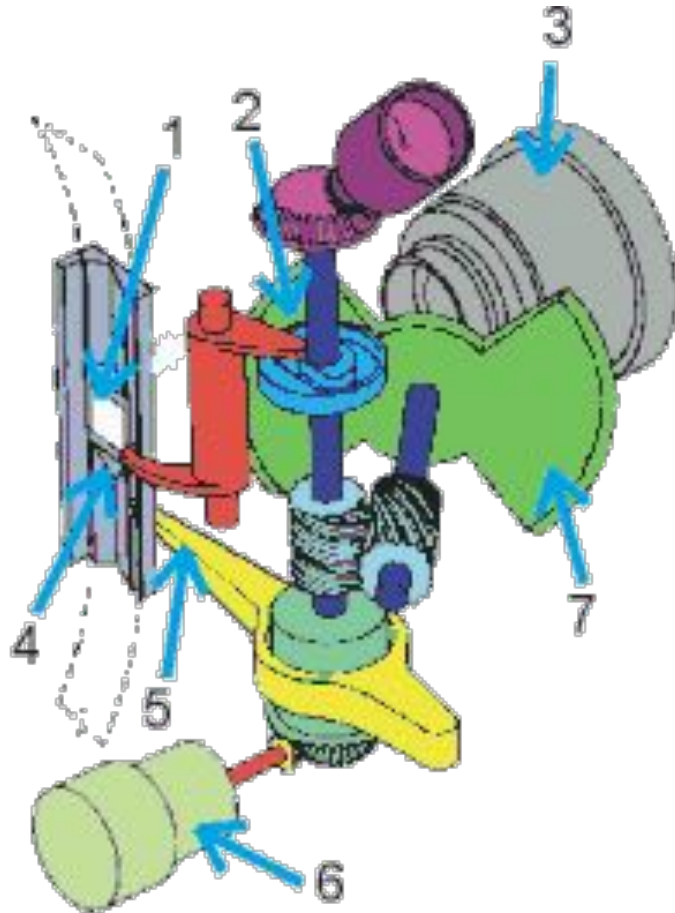




# Filmkamera: Filmtransport

Filmtransport durch Greifer-Schaltwerk (*Movement*):

Mit gleichmäßigem Tempo und genau definierten Stillstandszeiten  
Toleranz: 1/2000 der Bildhöhe, d.h. bei 16 mm Format 0,0037 mm



Beispiel:  
ARRI ST-16 Schaltwerk

1. Bildfenster
2. Schneckengang für Sperrgreifer
3. Objektiv
4. Sperrgreifer
5. Transportgreifer
6. Antriebsmotor
7. Spiegelumlaufblende

Verspiegelte Umlaufblende:  
Spiegelreflexkamera  
(aber ohne Sucherverdunklung!)

<http://www.filmtechnik-online.de>

# Bildwechselfrequenz

Vorteil klassischer Filmkameras:

Bildwechselfrequenz im Prinzip stufenlos einstellbar

Wichtigste Bildwechselfrequenzen:

24 Hz, 25 Hz, 29,97 Hz und 30 Hz

Standardwert für Filmaufnahmen: 24 Hz (d.h. Bilder/s)

Belichtungszeitberechnung:

( $b$  = Bildwechselfrequenz,  $\alpha$  = Hellsektor)

Bei  $b = 24$  Hz,  $\alpha = 180^\circ$ :  $1/48$  s

$$t = \frac{1}{b} \times \frac{\alpha}{360}$$

Gründe für die Verringerung des Hellsektors:

- Kürzere Belichtungszeit pro Bild vermeidet Bewegungsunschärfe
- Anpassung an Wechselstrom-Lichtquellen (50 Hz oder 60 Hz) zur Vermeidung von Interferenzen (Flackern)

# Filmprojektion

24 Bilder/Sekunde:

Bewegungsillusion, aber „Grossflächenflimmern“

48 Bilder/Sekunde:

Bewegungsillusion *und* kaum mehr wahrnehmbares Flimmern

Technischer „Trick“:

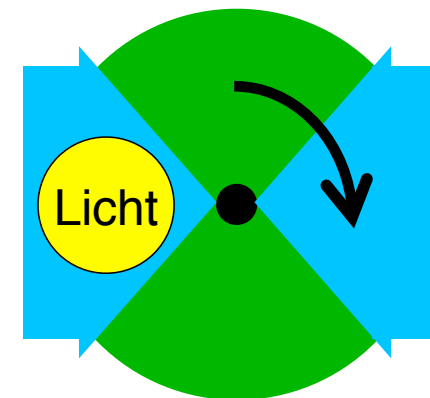
Jedes Bild wird *zweimal* gezeigt

Bildwechselfrequenz 24 Hz, aber Hell-/Dunkel-Frequenz 48 Hz

Technische Realisierung durch

Umlaufblende mit zwei Hellsektoren (gegenüberliegend), oder

Umlaufblende mit doppelter Geschwindigkeit im Vergleich zur Aufnahme



# Filmton

## Ton bei der Filmaufnahme

Wird normalerweise getrennt verarbeitet  
(„gemischt“ und „geschnitten“)

Deshalb separate Aufnahme von Bild und Ton sinnvoll

Meist separate magnetische Tonaufzeichnung („SEPMAG“)

Synchronisationssignale nötig (siehe unten)

## Ton bei der Filmwiedergabe

Strikte Synchronisation unabdingbar

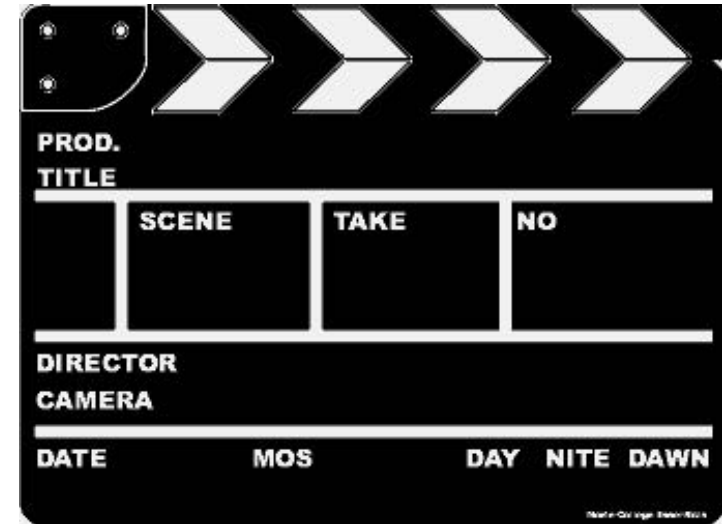
Leichte Kopierbarkeit wichtig

Deshalb meist gemeinsames Medium für Bild und Ton

Entweder Magnetspur auf dem Film („COMMAG“)

Oder optisch codierte Tonspur auf dem Film („COMOPT“)

# Die Synchronklappe



movie-college.de

Klappe (*slate*):

Klassisches Mittel zur Synchronisation

Synchronisationssignal und Zusatzinformation zur Aufnahme (*Take*):

Z.B. Produktionsname, Szenennummer, Takenummer

Ton-Bild-Synchronisation durch Klappe:

Schlagen der Klappe im Bild *und* im Ton erkennbar

Schlussklappe:

Wird eingesetzt, wenn Startklappe nicht möglich

Ansage und kopfstehende Klappe

# Timecode

Binärer Code zur Zuordnung aller Bestandteile (z.B. Bild, Ton)  
zum Ablauf einer Szene

Schon während der Produktion aufgezeichnet

Häufiger Standard-Code: SMPTE

80 Bit/Vollbild

Codierung im Tonspektrum, auf Tonspur untergebracht

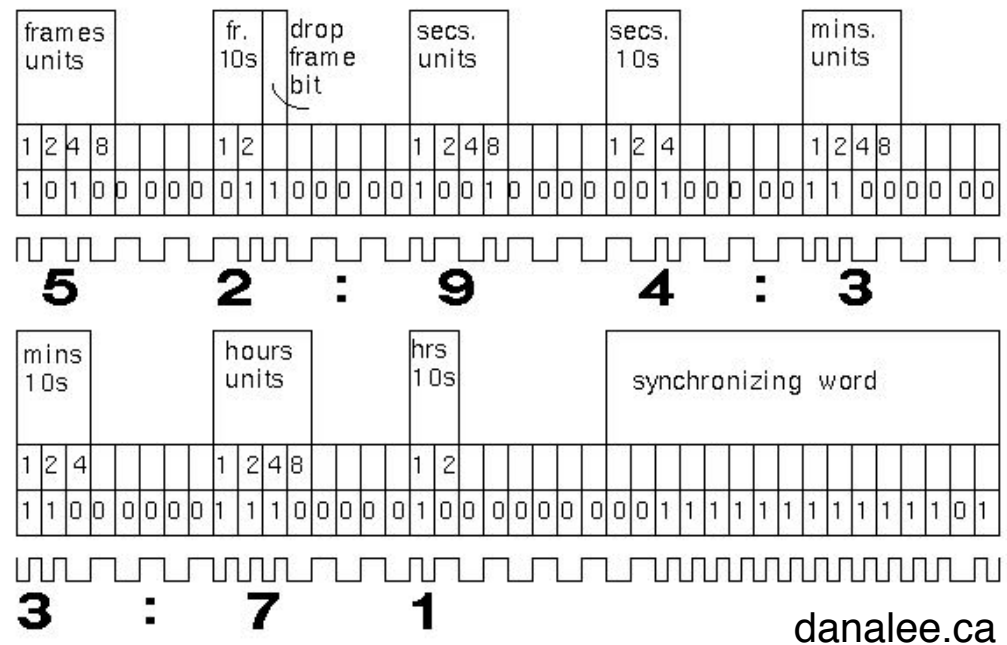
Bildnummer (bis 24)

Sekundenzähler (bis 60)

Minutenzähler (bis 60)

Stundenzähler (bis 39)

Zusatzinformation



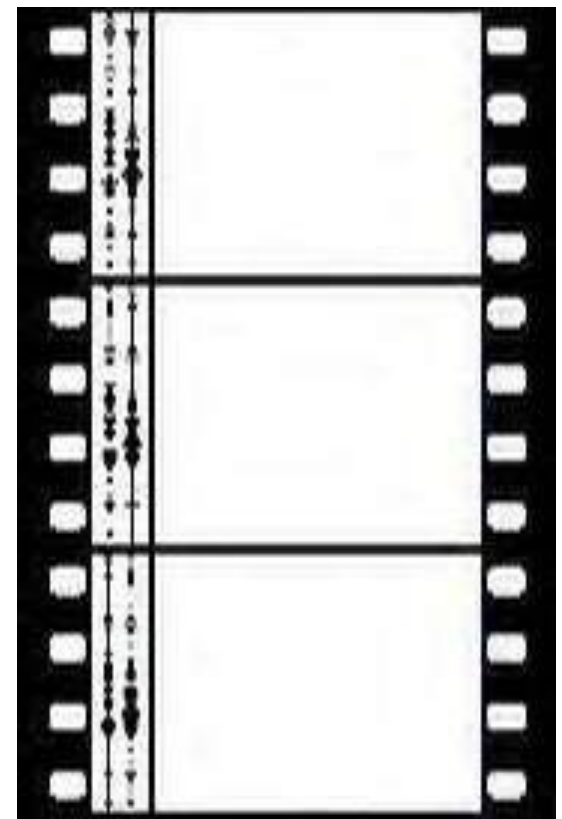
# Analoger Lichtton

Elektrisches Audiosignal  
umgesetzt in Bildinformation

Analoge oder digitale Codierung

- *Intensitätsschrift:*  
Variierende Schwärzung (Graustufen)  
Heute nicht mehr üblich
- *Transversalschrift:*  
Signalintensität analog durch „Zacken“ codiert  
Reines Schwarz-/Weiss-Signal  
Erzeugung elektromechanisch:  
Zackenblende über Spalt  
Moderne Weiterentwicklungen:  
Laser-Lichttonkamera

Für Stereoton zwei Lichtspuren



<http://www.cine4home.de/knowhow/Filmformate/Filmformate.htm>

# Raumklang: Dolby-Stereo

## Zwei analoge Lichttonspuren

Informationen für zwei weitere Kanäle verschlüsselt im Stereosignal enthalten

Weitere Kanäle:

Surround

(meist von mehreren Lautsprechern hinter dem Zuhörer wiedergegeben)

Center (aus der Leinwandrichtung)

## Codierung:

Surround- und Centersignal werden in der Dynamik komprimiert

Beide Signale werden beiden Stereokanälen zugemischt

Centersignal unverändert ( $C = L+R$ )

Surroundsignal mit einer Phasenverschiebung  $+90^\circ$  links,  $-90^\circ$  rechts

( $S = L - R$ ), auf tiefe/mittlere Frequenzen bandbegrenzt

Bei Monowiedergabe: Zugemischte Signale verschwinden durch Interferenz



# 3. Film- und Videotechnik und digitale Videobearbeitung

3.1 Film- und Kinotechnik analog

3.2 Film- und Kinotechnik digital 

3.3 TV- und Videotechnik analog und digital

3.4 Produktion und Gestaltung von Videomaterial

3.5 Digitaler Videoschnitt und Nachbearbeitung

3.6 Schnittstellen zur Übertragung von Videodaten

Literatur:

Ulrich Schmidt: Digitale Film- und Videotechnik, 3. Auflage, Hanser 2010

Ulrich Schmidt: Professionelle Videotechnik, Springer Vieweg,

6. Auflage 2013 (€100!)

# Digitaler Lichtton: Dolby Digital (SR-D)



Bei analogem Filmmaterial: Kompatibilität mit Analog-Ton

Mindestens zwei analoge Lichttonspuren benötigt

Realisierung:

Genutzte Zusatzfläche: Zwischen den Perforationslöchern

76 x 76 Punkte-Matrix, ergibt 554 kbit/s

Kompression nach AC3-Verfahren (ähnlich MP3)

6 Kanäle (5.1):

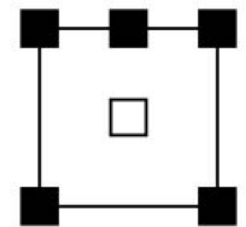
Left, Center, Right, Left Surround, Right Surround, Subwoofer

Diverse Kanalkonfigurationen möglich

Weiterentwicklungen:

Dolby-Digital EX: 7 Kanäle (6.1), Center Surround (Hinten Mitte)

Dolby Digital Plus: Höhere Bitraten, bis zu 13.1 Kanäle



Logo auf  
DVD-Hüllen

# Weitere Digital-Tonverfahren: DTS, SDDS

## Digital Theatre Sound (DTS):

Vom Film getrennter Tonträger (CD mit komprimiertem Audio)

Schmale Steuerspur auf dem Film

(neben den beiden analogen Lichtton-Spuren)

1993: Jurassic Park



## Sony Dynamic Digital Sound (SDDS):

Auf Spuren an den Filmrändern außerhalb der Perforation

Acht Audiokanäle (7.1):

Left – Half Left – Center – Half Right – Right –

Left Surround – Right Surround – Subwoofer

1993: Last Action Hero



## Und was ist „THX“?

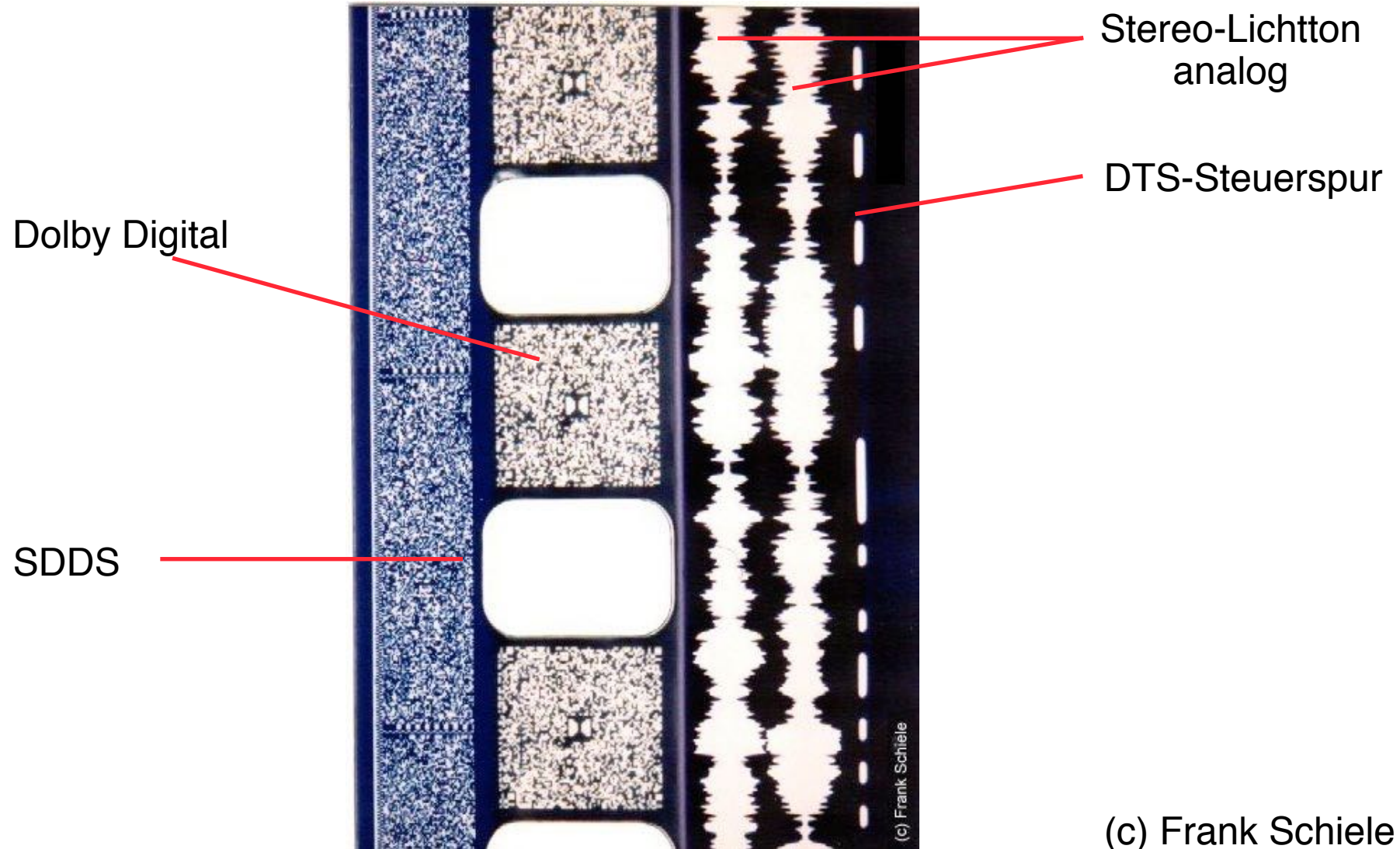
Tomlinson Holman Experiments

Genaue Definition elektroakustischer Parameter für den  
Vorführraum und andere Einflussgrößen (Lucas Film)

Kommerzielles Qualitätssiegel



# Viele Tonspuren auf einem Film



# Digitale Kinokameras

Kameras mit digitalem Sensor  
als Ersatz für 35- und 16-mm-Filmkameras

1999: Sony HDCAM ("CineAlta")

Produktionssystem zur digitalen Produktion von  
Kinofilmen und HDTV

Kamera HDW-700A (1999):

3 Sensoren mit 2,2 Megapixel, 1920x1080

Aktuell: CineAlta F65, 20 Megapixel Sensor, Auflösung „4K“

2005: Markteintritt von "RED" (hochauflösende Kameras)

Seit 2007 ist die Mehrheit der verkauften Kinokameras digital

Dennoch langsame Marktdurchdringung wegen sehr hoher Preise

2009: Kamera-Oscar an *Slumdog Millionaire*

größtenteils digital gefilmt

2010: *Avatar* erfolgreichster Film

der Filmgeschichte

rein digital produziert



Sony F 65  
[pro.sony.com](http://pro.sony.com)

# HD Cinema: Auflösung

Grundsätzlich alle Formate im "progressive scan" (siehe später)

**HD-TV:** 1920 x 1080 px

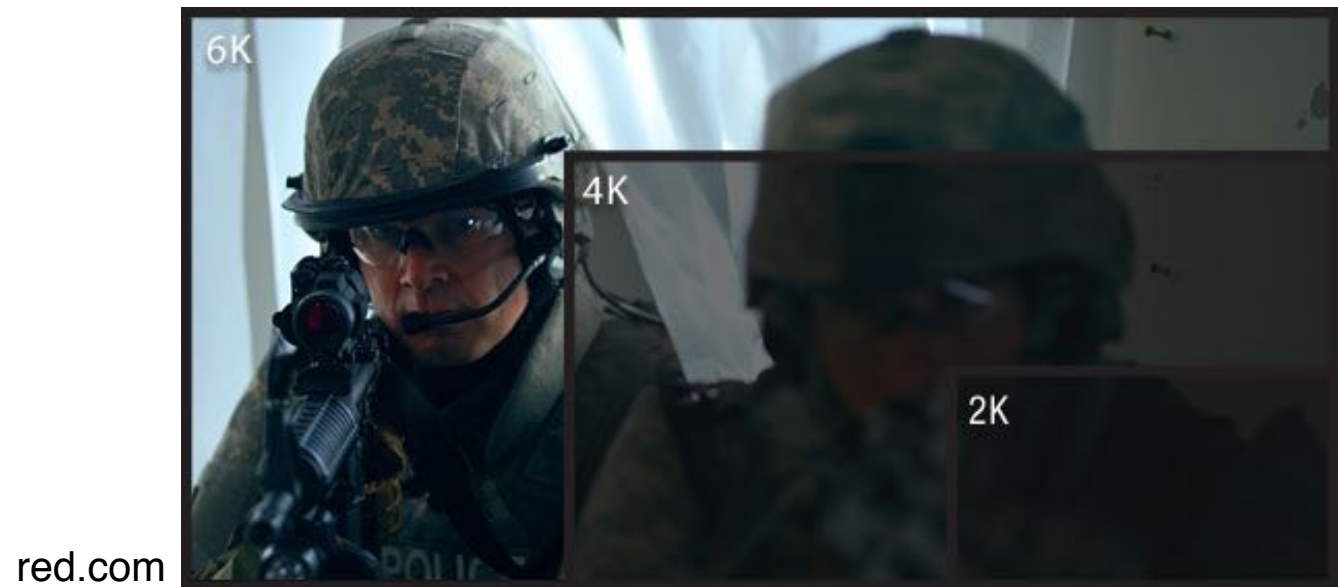
**2K:** 2048 px horizontal, vertikale Auflösung je nach Format

**3K:** 3072 px horizontal, vertikale Auflösung je nach Format

**4K:** 4096 px horizontal, vertikale Auflösung je nach Format

**6K:** 6144 px horizontal, vertikale Auflösung je nach Format  
(entspricht 19 Megapixel Fotosensor)

**28K:** 28000 px horizontal, vertikale Auflösung je nach Format  
(2008 postuliertes Ausbauziel für RED EPIC Kamerasystem)



# Kamerabeispiele

RED ONE (2007):

4520 x 2540 px (4K+)

60 Bilder/s unkomprimiert

Anschluss für 16mm- und 35mm-Optik



RED EPIC (seit 2010):

EPIC DRAGON 6144 x 3160 px (6K, 2013)

(Basispreis ca. € 40.000)

Extrem modulares System

Ausbaubar zu 3D IMAX



ARRI Alexa (2010)

35 mm Sensor, 3392x2200 px (2.88 k)

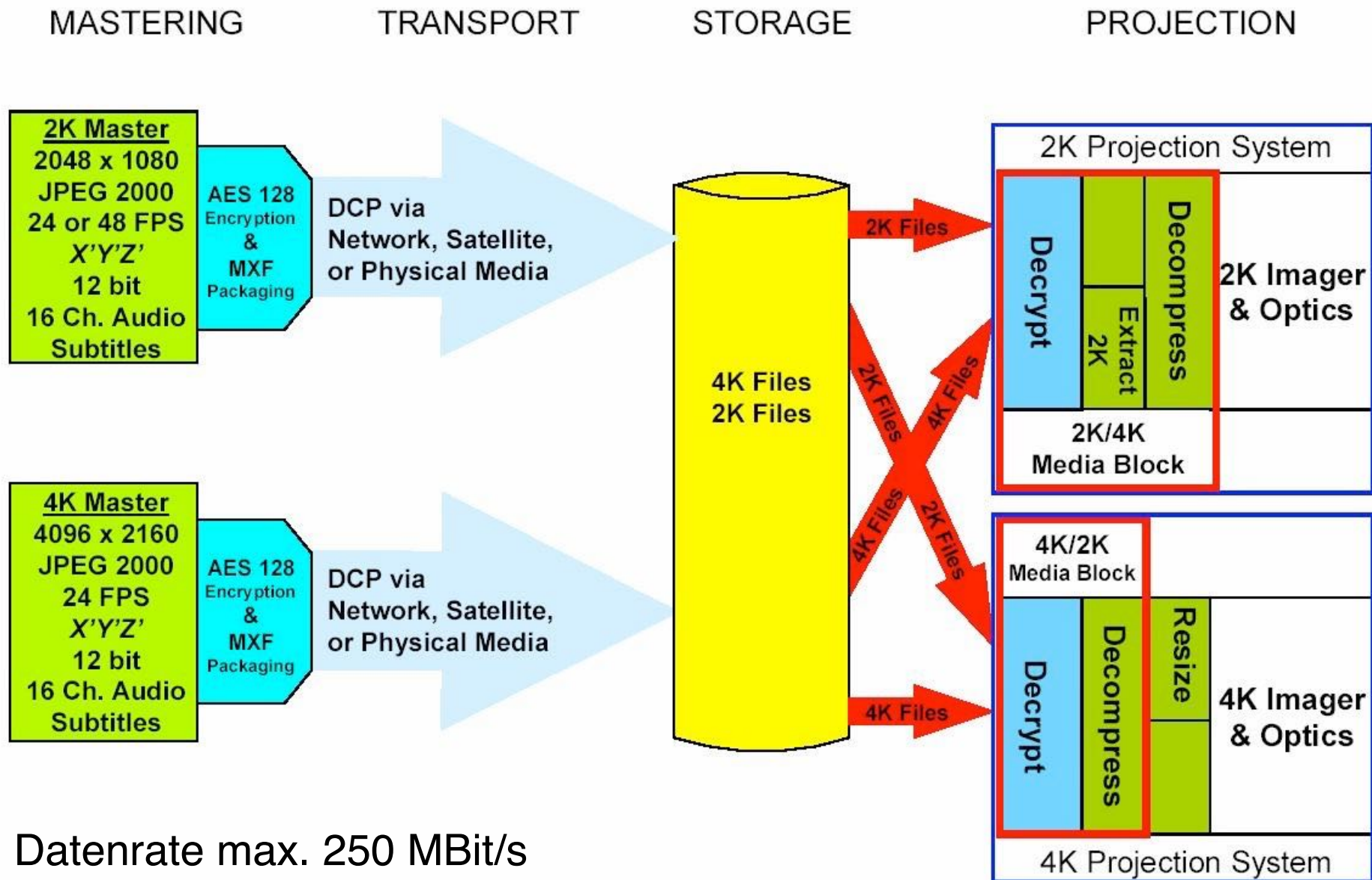
# DCI-Spezifikation

- Von der Digital Cinema Initiative (DCI) entworfen:  
Disney, Fox, (MGM), Paramount, Sony, Universal, Warner Bros
- Standard einer Vertriebs- und Produktionskette für Digitales Kino
- Letzte Version: 1.2 (Oktober 2012, Version von 2008 korrigiert)
- Baut auf existierenden Standards auf:
  - MXF (Container)
  - AES (Verschlüsselung)
  - HMAC-SHA-1 (Signatur)
  - JPEG 2000 (Bildkompression)
- Kinobetreiber-freundlich
  - “control lightly, audit tightly”
  - Technik soll nicht erneuert werden müssen
  - Hohe Stabilität (Offline-Betrieb, Fehlertoleranz)

<http://www.dcinovies.com>



# Digital Cinema System Workflow



Datenrate max. 250 MBit/s

# Digitale Projektionstechnik im Kino

Starke Beschleunigung der Umstellung durch 3D-Kino-Boom

Ca 80% der Kinos in Deutschland rein digital (2013)

Prognosen: Ende des analogen Kinos ca. 2015... (IHS)

Derzeit fast flächendeckend 2K- und bereits viele 4K-Systeme

Typische Projektionstechnologien:

Digital Mirroring Device  
(z.B. Texas Instruments DLP)

Liquid Crystal on Silicium (LCoS)  
z.B. Sony Silicon Crystal Reflective Display  
(SXRD), JVC D-ILA.

Beispielsystem:

Sony CineAlta SRX-R320

4096 x 2160 px

Helligkeit: 14 foot-Lamberts auf 17m Leinwand  
mit Gain-Factor 1,8

4,2 kW Stromverbrauch!



<http://www.dw.de/der-35mm-film-stirbt-aus-kino-wird-digital/a-17013764>

# 3D-Kino

## Grundprinzip:

Beide Augen des Betrachters erhalten verschiedene Bilder  
Aufnahme (bzw. Rendering) mit zwei Kameras im natürlichen Augenabstand

## Geschichte: 3D hat das Kino immer begleitet

Erste 3D-Vorführung (schwarz/weiß) vor Publikum: 27. Sept. 1922

Seit 1952 Farb-3D-Filme (zwei Filmstreifen)

60er und 70er Jahre: Ein-Filmstreifen-Technik (leichtere Synchronisation)

Ab 1985: 3D als Bestandteil von IMAX-Erlebniskinos

Seit 2003: Renaissance von 3D, zunehmend digital

## Techniken zur Kanaltrennung:

Farbbrillen (anaglyphes System)

Polarisationsbrillen (z.B. RealD)

Shutterbrillen (z.B. XpanD, LCD)

Interferenzfilterbrillen  
(z.B. Dolby 3D)



Bilder: Wikipedia

# 3. Film- und Videotechnik und digitale Videobearbeitung

3.1 Film- und Kinotechnik analog

3.2 Film- und Kinotechnik digital

3.3 TV- und Videotechnik analog und digital 

3.4 Produktion und Gestaltung von Videomaterial

3.5 Digitaler Videoschnitt und Nachbearbeitung

3.6 Schnittstellen zur Übertragung von Videodaten

## Literatur:

Ulrich Schmidt: Digitale Film- und Videotechnik, 3. Auflage, Hanser 2010

Ulrich Schmidt: Professionelle Videotechnik, Springer Vieweg,  
6. Auflage 2013 (€100!)

Johannes Webers: Handbuch der Film- und Videotechnik, 8. Auflage,  
Franzis-Verlag 2007

# Geschichte der TV-/Videotechnik

Abbe Giovanna Caselli, 1862:  
„Pantelegraph“

Paul Nipkow, 1884:  
„Elektrisches Teleskop“

Charles Jenkins, John Baird, 1924:  
Bewegtbildübertragung

Ab 1928 reguläre Ausstrahlung  
von TV-Programmen

Peter Goldmark, 1940: Farbfernsehen

Ampex, 1956:  
Video-Magnetbandaufzeichnung

Mondlandung 1969: 600 Millionen Zuschauer  
(über die Hälfte noch in schwarz/weiss)

Sony, 1976:  
Heim-Videokassettenrecorder („betamax“)

Bildquelle: [www.infocellar.com](http://www.infocellar.com)

*1938 General Electric (USA)  
5" CRT - Tabletop Prototype  
7 channels - with sound*



Color TV  
1958

# Physiologische Aspekte zur TV-Technologie

Räumliches Auflösungsvermögen des menschlichen Auges:

Bestimmt durch Abstand der Zapfen auf der Netzhaut:

ca.  $1,5' = 0,025^\circ$

Günstiger Betrachtungswinkel für scharfes Sehen:

Ca. 12- 15°

Notwendige Zeilenzahl:

Ca.  $15^\circ / 0,025^\circ = 600$

Nach CCIR-Norm: 625, davon 575 effektiv sichtbar (US: 525 Zeilen)

Betrachtungsabstand für diese Bedingungen:

Ca. 5-6-fache Bildhöhe

Grundkonzeption als „Bild“ innerhalb realer Umgebung

Ähnlich wahrgenommen wie Bilder, Kalender etc. an der Wand

Keine vollständige Inanspruchnahme des Sehfeldes

Stark begrenzte „Immersion“

# Zeilensprungverfahren

Problem beim analogen TV (Anfangszeit):  
nur 25 Bilder/s realistischerweise übertragbar,  
aber 50 Bilder/s Bildwechselfrequenz nötig (wg. "Flimmern")

Lösung:

Übertragung von zwei verzahnten Halbbildern („Interlacing Scan“)

Bei modernen Geräten eigentlich technisch nicht mehr nötig

Bildspeicher

Ermöglicht

„Progressive Scan“

Dennoch Basis  
aller TV-Übertragungen

„FBAS“ = Farb-/Bild-/Austast-/  
Synchron-Signal

Auflösung beim Digital-TV:  
"720p" = 720 px *progressive*  
"1080i" = 1080 px *interlaced*



Bildquelle: Wikipedia

# Analoge Farbvideosignale (1)

Component Video = Mehrere separate Signalkomponenten

Höchstwertiges (analoges) Farb-Video mit separaten Farbkanälen:  
Separates Synchronsignal, horizontal und vertikal

Zum Beispiel: **RGBHV**

Rot-, Grün-, Blau-Komponenten

Horizontale und vertikale Synchronisation

Verwendet z.B. im VGA-Videoanschluss für Computermonitore

In SCART-Anschlüssen unterstützt

Auch als separate Kabel/Stecker



VGA

RGBHV

Bildquelle:

[www.leshen.com](http://www.leshen.com)



# Analoge Farbvideosignale (2)

**Komponentensignal** (Component Video) mit **drei** Komponenten

Luminanzsignal  $Y$  für Bildpunkthelligkeit (Schwarz-/Weiss-kompatibel)

Enthält auch Abtast- und Synchronsignale

Zwei Chrominanzsignale ( $C$ )

Farbwertdifferenzen ( $C_R = Rot - Y$ ,  $C_B = Blau - Y$ )

Hochwertiges Komponentensignal durch 3 Leitungen  
(Analog-Studiotechnik)

Basis für Chroma-Subsampling

z.B. **YPbPr**

(Nicht genau identisch zu YUV!)



Bildquelle:  
Wikipedia

# Analoge Farbvideosignale (3)

**Komponentensignal** (Component Video) mit **zwei** Komponenten

Luminanzsignal *Y* (incl. Synchronisation)

Ein Chrominanzsignal (*C*)

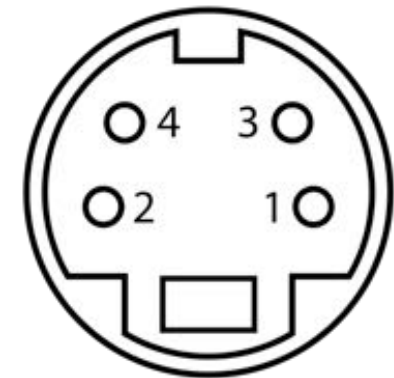
*Beide* Farbwertdifferenzen auf einem Kanal  
(z.B. durch Quadraturamplitudenmodulation)

Schlechtere Qualität als mit drei Komponenten

z.B. **S-Video, Y/C**

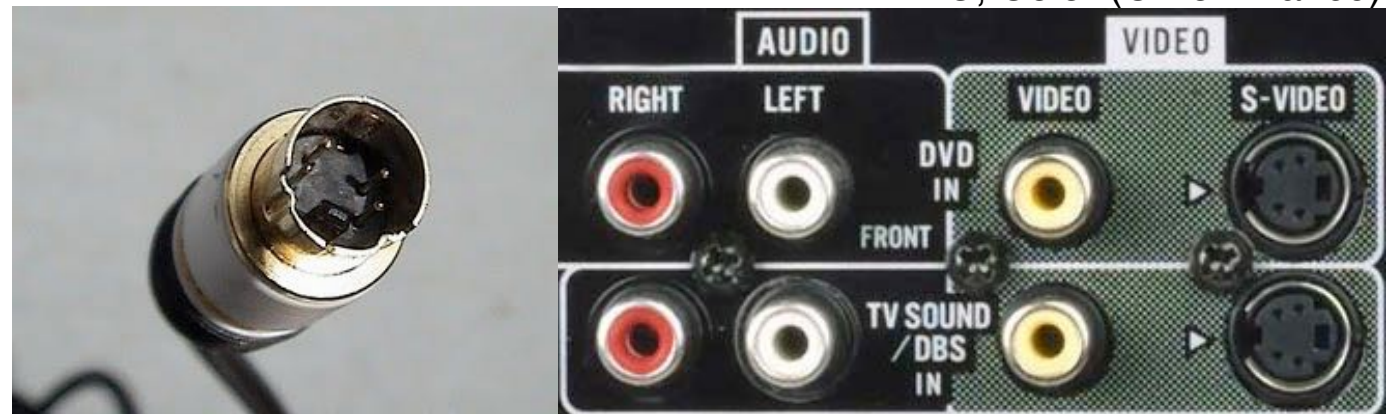
4-poliger Mini-DIN-Stecker (Hosiden)

Nur Video, kein Audio!



- Pin 1** Ground (*Y*)
- Pin 2** Ground (*C*)
- Pin 3** *Y*, Intensity (Luminance)
- Pin 4** *C*, Color (Chrominance)

Bildquellen:  
Wikipedia,  
crutchfield.com,  
beapqi-blogspot.com



# Analoge Farbvideosignale (4)

**Composite Video:** Ein Kanal für Luminanz- und Chrominanz-Signal

FBAS-Signal im analogen Fernsehen ist Composite Video

Relativ schlechte Bildqualität, kein Audio

Meist (gelber) Cinch-Stecker (RCA-Stecker)



Bildquelle: Wikipedia

# Farbfernsehsysteme

NTSC = National Television System Committee (USA)

Erstes Farbfernsehsystem

Farbton bestimmt sich aus der Phasenlage des Chrominanzsignals relativ zu einem Farbsynchronsignal (*burst*)

Fehler im Empfänger und in der Übertragung (Phasenverschiebungen) führen zu Farbtonveränderungen

„Never the same color“

PAL = Phase Alternating Line (Deutsche Entwicklung)

W. Bruch 1962

Richtung der Phasenmodulation für den Farbton bei jeder zweiten Zeile invertiert

Verzögerung des Farbwerts der vorhergehenden Zeile und Durchschnittsbildung mit aktuellem Farbwert

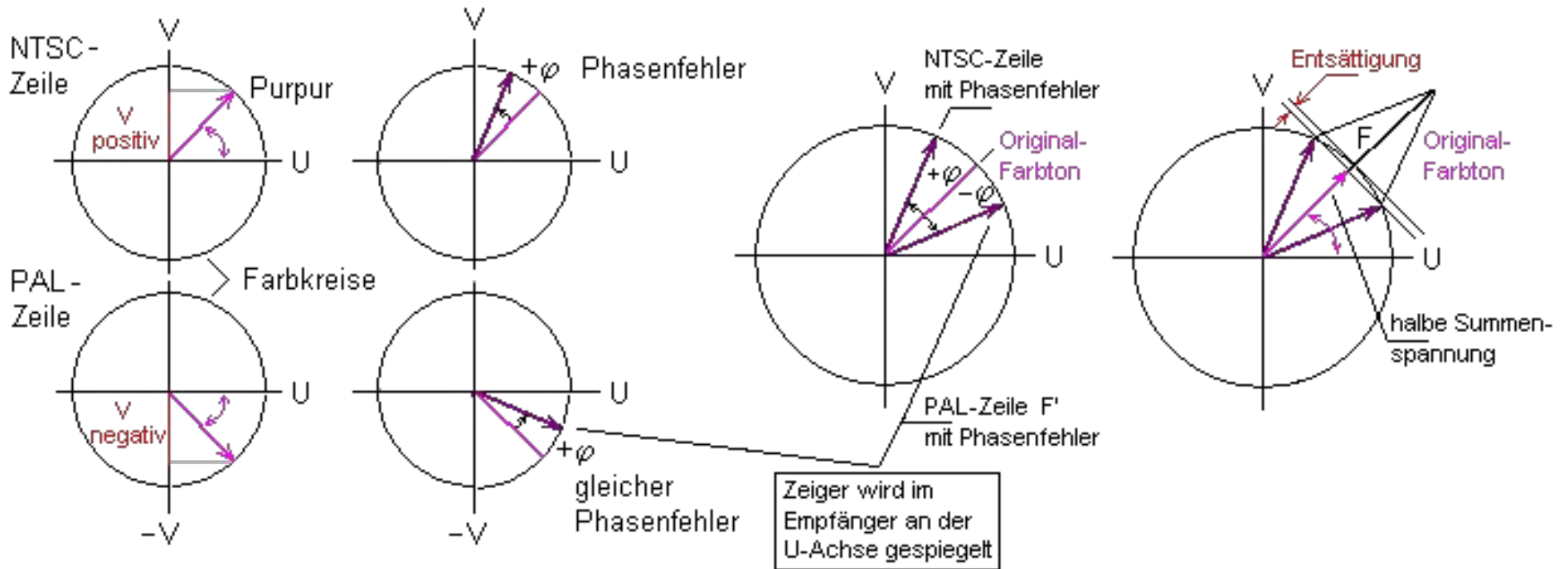
dadurch kompensieren sich Phasenfehler der Übertragung

SECAM = Secuentielle Couleur à mémoire (Französische Entwicklung)

Sequenzielle Übertragung der beiden Chrominanzwerte einer Zeile

Kombination mit dem anderen Chrominanzwert der vorhergehenden Zeile

# Beispiel zur Phasenkorrektur in PAL



<http://elektroniktutor.oszkim.de>

# Verbreitung der Farbfernsehsysteme

NTSC (60 Hz Netzfrequenz und Bildrate):

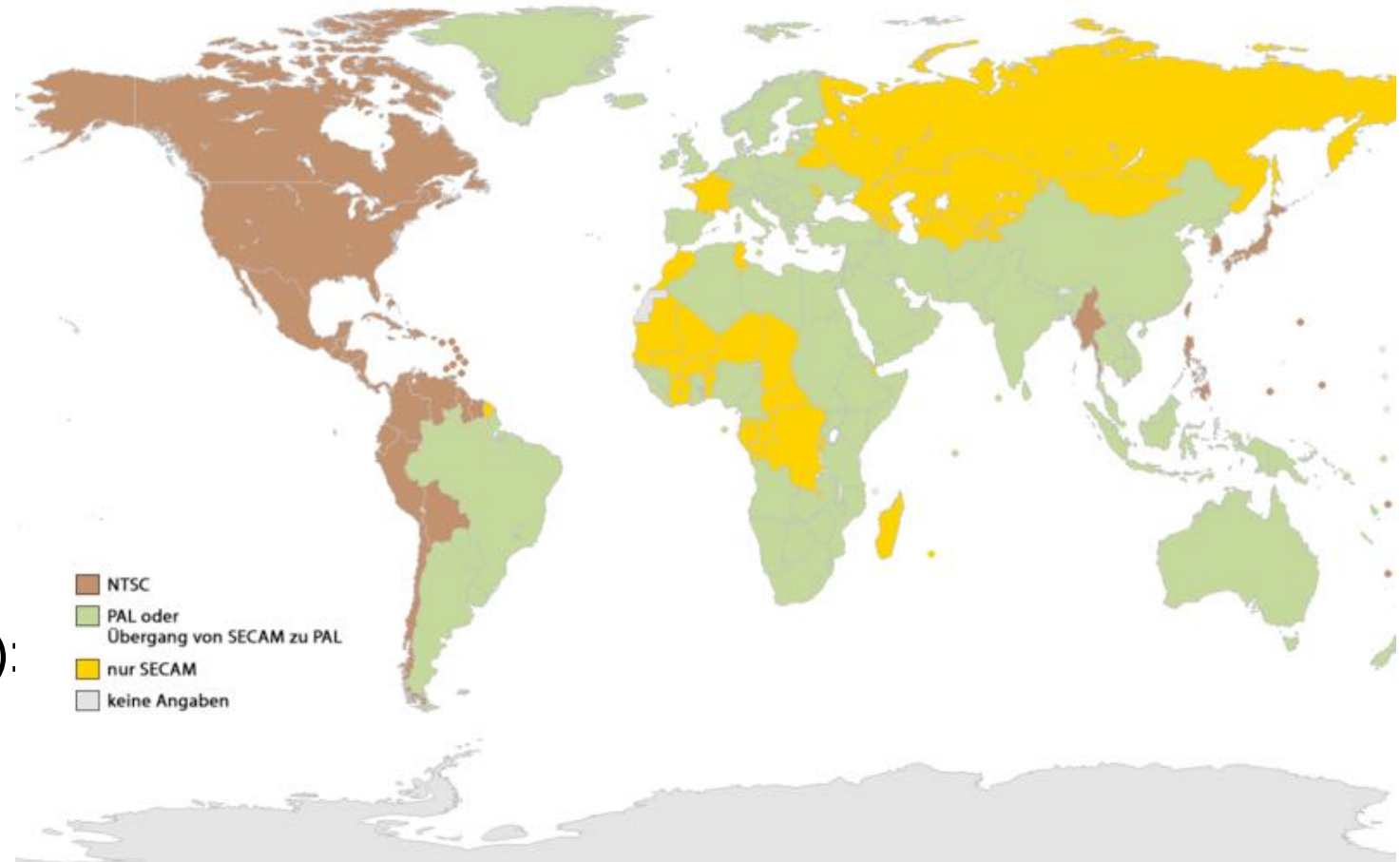
Japan  
USA  
Kanada  
Korea

PAL (50 Hz):

Brasilien  
China  
Deutschland  
UK  
Indien

SECAM (50 Hz):

Frankreich  
Ägypten  
Polen  
Russland



Quelle: <http://wapedia.mobi/de/>

# Digitalisierung von Video-Signalen

## Video:

Für Videomonitore verbreitet:

8 oder 10 bit Bildwertauflösung (256 bzw. 1024 Farbwerte)

Bei Filmdigitalisierung höchster Qualität:

14 bit Bildwertauflösung (16384 Farbwerte)

Abtastfrequenz (bei Digitalisierung von „Composite Video“, SD):

Farbträgerfrequenz ca. 4,43 MHz, also min. 10 MHz Abtastung

Zur Vermeidung von Interferenzen besser vierfache Frequenz des Farbträgers, d.h. 17,73 MHz

Bitrate:  $17,73 \text{ MHz} * 8 \text{ bit} = 142 \text{ Mbit/s}$

D.h. ca. 1 GByte/Minute ! ( $17,73 * 60 = 1064$ )

→ Digitale Videosignale stellen höchste Anforderungen an Speicherplatz

# Komponentensignal: Chroma-Subsampling

Video-Komponentensignal:  $Y$ ,  $C_R$ ,  $C_B$

4:4:4

Gleichmässige Abtastung von  $Y$ ,  $C_R$ ,  $C_B$

4:2:2

Bei  $C_R$ ,  $C_B$ : Jedes zweite Pixel

Reduzierte Datenrate:  $2/3$

4:1:1

Bei  $C_R$ ,  $C_B$ : Jedes vierte Pixel

Reduzierte Datenrate:  $1/2$

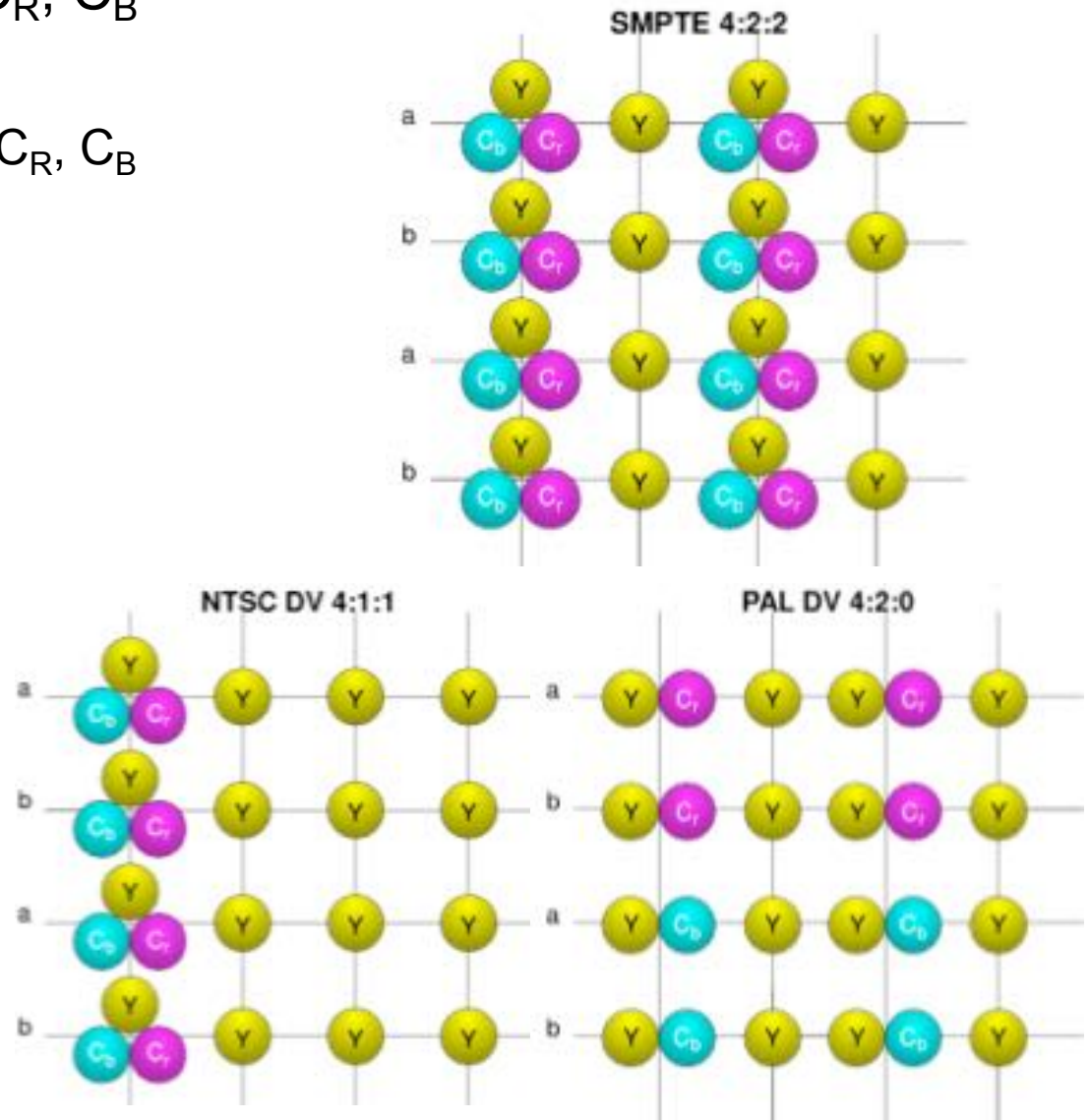
Bei NTSC verbreitet

4:2:0

Bei  $C_R$ ,  $C_B$ : Jedes zweite Pixel,  
abwechselnd  $C_R$  oder  $C_B$

Reduzierte Datenrate:  $1/2$

Bei PAL verbreitet





# Digitales Komponentensignal nach ITU-R 601

Internationaler Standard für digitale Abtastung von Videosignalen  
auch als CCIR-601 bzw. D1 bezeichnet

Systemkompatibel zu:

PAL: 625 Zeilen, 50 Hz Halbbildwechselfrequenz

NTSC: 525 Zeilen, 59,94 Hz Halbbildwechselfrequenz

Abtastfrequenz für Luminanzsignal (Y):

13,5 MHz, d.h. 864 Abtastwerte/Zeile (PAL) bzw. 858 (NTSC)

Berücksichtigung der Austastlücke: 720 Abtastwerte je Zeile  
(*unabhängig vom TV-Standard!*)

Z.B. bei 4:2:2-Chroma-Subsampling:

720 Luminanzwerte + 2 \* 360 Farbwerte je Zeile

576 Bildzeilen (effektiv, PAL), d.h. Speicherbedarf je Vollbild 829440 Samples

Datenrate (umfasst auch Daten der Austastlücke):

$13,5 \text{ MHz} * 2 * \text{Samplegrösse}$ , d.h. 216 Mbit/s bei 8 Bit Bildwertauflösung

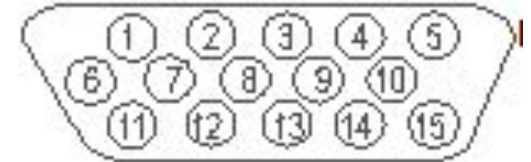
D.h. ca. 1,3 GByte/Minute !

Bei 4:1:1- oder 4:2:0-Subsampling: 162 Mbit/s

# Digitale und analoge Video-Monitoranschlüsse

## Analoger Computer-Monitoranschluss:

Im wesentlichen RGB-Komponenten, Taktsignale  
Verbreitetster Standard: VGA 15 Pin



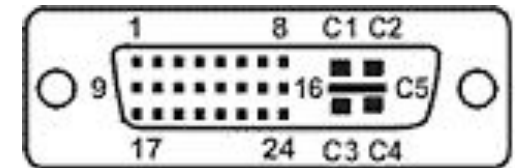
## Digitaler Computer-Monitoranschluss:

Für LC-Displays und andere Digitalmonitore  
Verbreiteter Standard: DVI (Digital Visual Interface)

DVI-D: Nur digital

DVI-I: Digital und analog (über C1–C4)  
(VGA-Signal über einfachen Steckeradapter)

DisplayPort (Standard für Monitore 2010)  
MiniDisplayPort (Apple): proprietäre  
Thunderbolt-konforme Realisierung



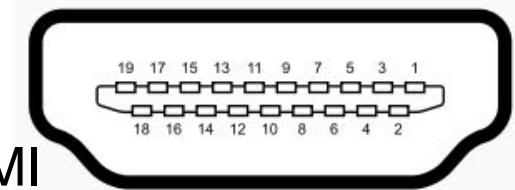
## Digitaler TV-Monitoranschluss:

HDMI (High Definition Multimedia Interface)

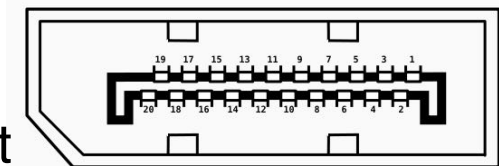
Signal elektrisch gleich zu DVI

Kopierschutzmechanismus (HDCP)

HDMI



DisplayPort



# Standard-TV und High-Definition-TV

## Standard-TV (SDTV):

Seitenverhältnis 4:3

Zeilenzahl im Digitalsignal: 576 (PAL) bzw. 480 (NTSC)

## High-Definition-TV (HDTV):

Ca. Verdopplung der Zeilenzahl (1080, auch 720 benutzt)

720p = 1280 x 720 px, 1080p = 1920 x 1080 px

Verdopplung des Blickwinkels

Verkürzung des typischen Betrachtungsabstandes auf 3-fache Bildhöhe

Zusammen mit Formatwechsel auf 16:9 deutliche Annäherung an Kinobedingungen

## Historie von HDTV:

Europäische Initiative zu Beginn der 90er Jahre mit minimaler Akzeptanz

USA: Digitales (Kabel-)Fernsehen als Impulsgeber für höhere Auflösungen

Europa 2000+: Steigendes Interesse an hochauflösendem TV

Seit 2010: (Staatlich verordneter) Umstieg auf HDTV-Technik

# Ultra High Definition (UHD)

**Derzeit** Begriff für alle HD-TV übersteigenden Werte für die Auflösung in TV/Video-Systemen

Consumer Electronics Association: UHD = “at least 3.840 x 2.160” px (horizontal 4.096 = 4K native)

Benutzt in Varianten, z.B.:

4K UHD-TV (2160p) = 3840 x 2160 px im 16:9-Format

8K UHD-TV (4320p) = 7680 x 4320 px im 16:9-Format

Aktuell (2014):

4K UHD-TV-Geräte verfügbar für Endverbraucher

8K UHD ist Zukunftsmusik, möglicherweise 6K als Zwischenstation?

<http://www.ce.org/News/News-Releases/Press-Releases/2012-Press-Releases/Consumer-Electronics-Industry-Announces-Ultra-High.aspx>

# Kameratypen für Digitales Video

## High-End Studio-Kamera (Datennetz)

Sehr hohe Auflösung (4K/8K), großer Bildsensor (z.B. 35 mm Full Frame)

## (Semi-)Professioneller Camcorder (Magnetband oder Speicherkarte)

Mindestens HDTV-Auflösung, kleiner Bildsensor, häufig 3 Sensoren

## Überwachungskamera (Datennetz, Speicherkarte)

Schwerpunkt auf Lichtempfindlichkeit

## Amateur-Camcorder (Speicherkarte)

Mindestens HDTV-Auflösung, meist nur ein Sensor, manchmal Projektor

## Fotokamera mit Videofunktion (Speicherkarte)

Interessante Alternative/Konkurrenz, gute Auflösung und Anpassbarkeit

## Mobiltelefon/Tablet (Meist eingebauter Speicher)

Probleme: Flexibilität, Objektive, Datenspeicherung

Kamera + Aufzeichnungseinheit = „Camcorder“  
Studio-Kameras meist mit separater Aufzeichnung

# Magnetische Bildaufzeichnung (MAZ)

In Fernsehstudios: Bereitstellung von Einspielungen

Grundproblem: Bandbreite (10 Hz bis 5 MHz)

Lösungsansatz 1:

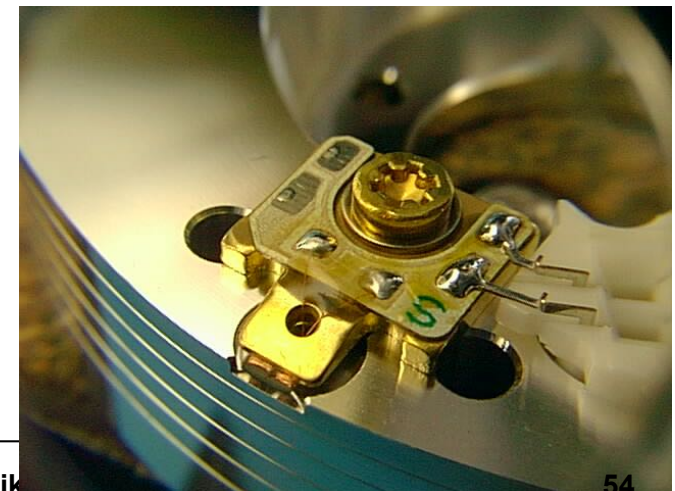
Frequenzmodulation des Signals auf Zwischenfrequenz-Träger

Weiteres Problem: Bandgeschwindigkeit

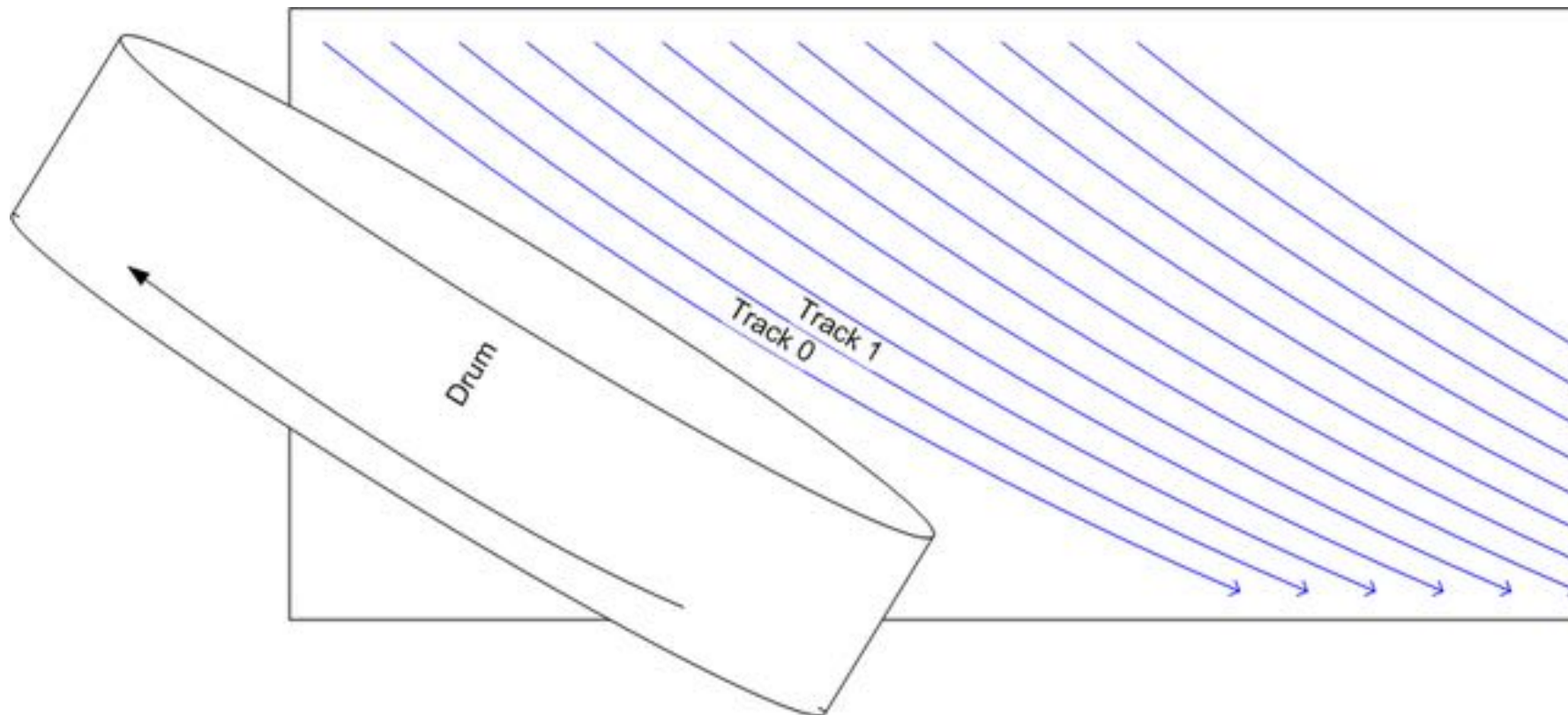
Linearer Bandtransport müsste ca. 40 m/s leisten !  
(d.h. 216 km Band für einen Spielfilm)

Lösungsansatz 2:

Rotierende Schreib-/Leseköpfe  
Schrägspuraufzeichnung



# Schrägaufzeichnung auf Magnetband (Prinzip)



Quelle: Wikipedia (engl.), Kubanczyk

# Frühes Schrägspur-Aufzeichnungsgerät (Video)

Ampex VR-1000 Video Recorder (1952)

„Quadruplex“ Video Recording System (4 Köpfe, "helical scan")

Mitglied des Entwicklungsteams: Ray Dolby (19 Jahre)



Bildquelle: Wikipedia (engl.)



# Videobandformate

	1950	1960	1970	1980	1990
FM-Direkt		Quadruplex		1" B, 1" C	
Colour Under			U-Matic VCR	Betamax VHS	Video8 Hi8 S-VHS
Komponenten				Betacam (SP) MI MII	
Digital Composite					D2 D3
Digitale Komponenten				D1	DCT D5 D-Beta DVC

Bekannter analoger Videoband-Standard: Sony Betacam SP

- separate Spuren für Luminanz- & Chrominanz-Signale
- Farbkomponentensignale getrennt (komprimiert) aufgezeichnet

# Video Home System (VHS)

Entwickelt von JVC (mit von Sony gekauften Patenten)

Sieger im Marktkampf (70er/80er Jahre)

Konkurrenten Betamax (Sony) und Video 2000 (Philips/Grundig)

Bandmaterial wie bei professionellen Systemen (1/2“)

langsamere Bandgeschwindigkeit (2 cm/s)

Spuren:

Eine Spur für Luminanz und Chrominanz (Frequenzmultiplex)

„ColourUnder“: Farbsignal in Frequenzbereich unterhalb des Y-Signals

Auflösung:

250 Linien (Variante S-VHS: 400 Linien)

Zum Vergleich: Gute Monitore lösen 800 Linien auf

Spätere Weiterentwicklung:

Digitale Varianten von VHS

„High Definition VHS“

# Digitale Video-Bandaufzeichnung

Digitale Komponenten-Signal-Aufzeichnung (unkomprimiert):

D1-Standard (1985), S2, D3

D5 HD (Panasonic, 1994)

D6 (Philips)

D-9 / Digital-S (JVC, 1999)

Digitale Komponenten-Signal-Aufzeichnung (komprimiert) - Beispiele:

Digital Betacam (nur SD):

DCT-Kompression 2:1 (124 Mbit/s)

Professionelle Versionen von DV:

z.B. DVCPRO HD (100 Mbit/s)

HDCAM/HDCAM-SR/CineAlta (Sony):

z.B. HDCAM-SR mit 4:4:4-RGB (440 Mbit/s)