

Gliederung

1. Fototechnik und digitale Bildbearbeitung (2 Vorlesungen, 1 Online-Video) ✓
 - Grundlagen der analogen und digitalen Fototechnik ✓
 - Prinzipien der Bildgestaltung ✓
 - Grundlagen der Bildbearbeitung **ONLINE** ✓
 - Technik der Bildspeicherung **ONLINE** ✓
2. Programmierung von Benutzungsschnittstellen (Swing) (1 Vorlesung) ✓
 - Grafische Oberflächen, Ereignisgesteuerte Programmierung, MVC-Muster
3. Film- und Videotechnik und digitale Videobearbeitung (2 Vorlesungen, 1 Gastvortrag, 1 Online-Video)
 - Grundlagen der Film- und Videotechnik ←
 - Prinzipien der Filmgestaltung, Spezialeffekte, Filmschnitt
 - Schnittstellen für breitbandige Datenübertragung **ONLINE**
4. Tontechnik und digitale Tonbearbeitung (1 Vorlesung, 1 Online-Video)
 - Grundlagen der Tontechnik, Audiogestaltung, Tonbearbeitung
 - Optische Speichermedien (CD/DVD/Bluray) **ONLINE**
5. Digitale Rundfunktechnik (1 Exkursion, 1 Online-Video) **ONLINE**

Film, TV, Video



- Professionelle Aufnahme
- Wiedergabe im Kino
- Höchste Qualität
- Noch hoher Anteil an analoger Technik



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



- Professionelle Aufnahme
- Wiedergabe im Heim
- Eingeschränkte Qualität
- Digitalisierung weit fortgeschritten

www.go-neon.de, www.schlossmuseum.at, 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
- 3.2 Produktion und Gestaltung von Videomaterial
- 3.3 Digitaler Videoschnitt und Nachbearbeitung
- 3.4 Speicherung und Übertragung von Videodaten **ONLINE**

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)

Zunehmend lichtstarke Objektive

Zunehmend 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, steht kurz still,

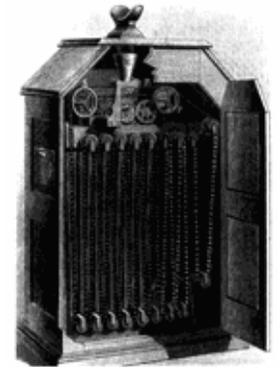
Lichtweg während Transport abgedunkelt

→ Technische Basis des Kinofilms bis heute!

1897: Kommerzielle Filmproduktion (Gebrüder Pathé)

1902: Erste Filmtricks (Doppelbelichtung)

1907: Erster Animationsfilm



Stummfilm mit Musik

Ein Stummfilm-Pianist bei der Arbeit (1913)

1913



Gerhard Gruber
2007
www.filmmusik.at

Geschichte des Tonfilms

Emil Berliner, 1887: Nadeltonverfahren (Grammophon)

Erster Tonfilm mit Nadeltontechnik 1927: „The Jazz Singer“

→ Synchronisationsprobleme schwer zu beherrschen

„Lichtton“: Tonsignal durch Schwärzung einer Tonspur auf dem Film

Fa. Triergon, 1922:

Patentiertes Lichttonsystem (an die USA verkauft)

Ab ca. 1930: Dominanz des Tonfilms

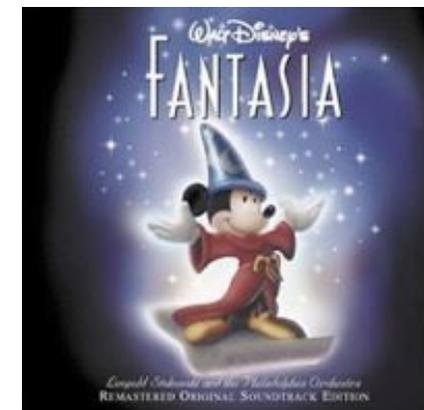
... Und starke Dominanz von „Hollywood“ und der englischen Sprache

Mehrkanalton

Erstmals in Disneys „Fantasia“ (1940)

Dolby-Stereo 1975

Dolby-Digital 1992



Geschichte des Farbfilms

Film war zunächst Schwarz/Weiss
Teilweise handkolorierte Filme



Pathé Color, 1905



The Last Days of Pompeii, 1926

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

Nur noch für Spezialkinos (IMAX etc.)

Halbierung: Standardformat 35 mm

Kleinere Filmbreiten (günstiger):

16 mm: Schulungstechnik und für
Billigproduktionen

(„Blow-Up“-Kopie auf 35 mm möglich)

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

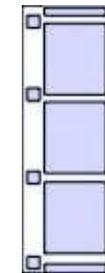
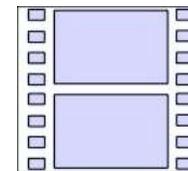
(vgl. Kleinbildformat 24 x 36 mm)

Tonfilm (Platz für Tonspur): 22 x 16 mm

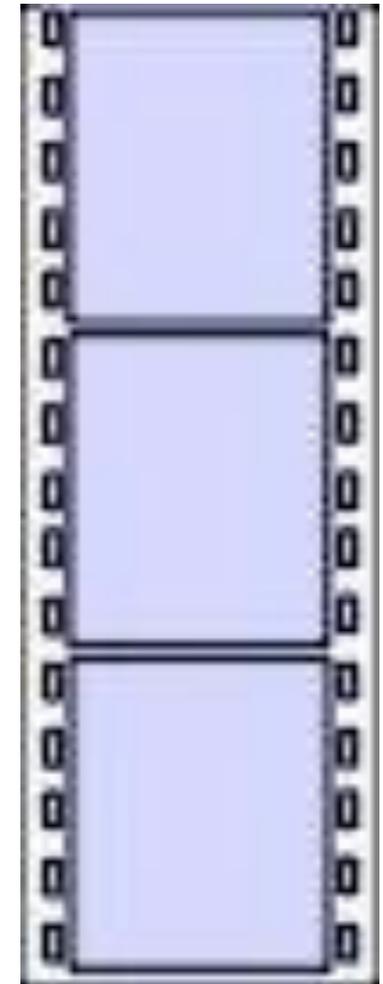
Bildseitenverhältnis 1,37:1 (*Academy-Format*)

70 mm

35 mm



16 mm



Bildfeldgrößen

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

Stummfilmzeit: 24 x 18 mm

(vgl. Kleinbildformat 24 x 36 mm)

Tonfilm (Platz für Tonspur): 22 x 16 mm

Bildfeldabstand 19 mm (damit 16 Bilder je *foot*)

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

Vollbildformat (*full frame*, „Super 35“): 24,9 x 18,7 mm

Bildseitenverhältnis 1,33:1 bzw. 4:3 (Standard-TV)

Breitbildformate:

„Cinemascope“ (und ähnliche Verfahren):

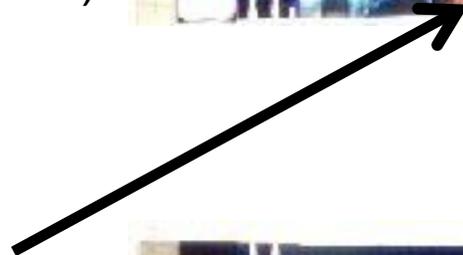
horizontale Stauchung des Bildes,
Bildseitenverhältnis 2,35:1

Moderne Breitbildverfahren ohne Stauchung:

in vertikaler Richtung kleiner (Maskierung), Bildseitenverhältnis:

1,66:1 (Europa),

1,85:1 (USA, „Spielberg-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

Prinzipielle Optionen, 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

Relativ gut akzeptiert trotz oft starker Verkleinerung der Bildfläche

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

Bildwiedergabe ohne Randstreifen

Wichtigster Ausschnitt wird gezeigt

Wegen Informationsverlust nur schwer an Benutzer vermittelbar

Option 3: **Original**

Nicht immer möglich

Wenn das Aufnahme-Originalformat noch zur Verfügung steht, kann es für das Wiedergabegerät besser geeignet sein

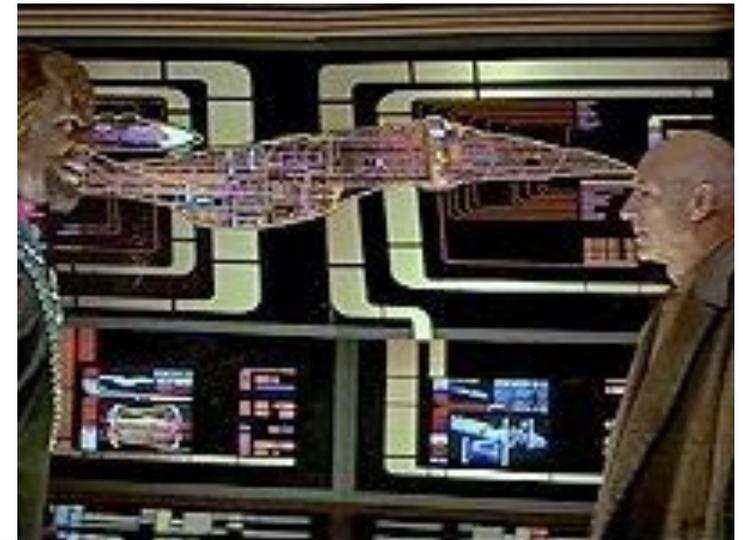
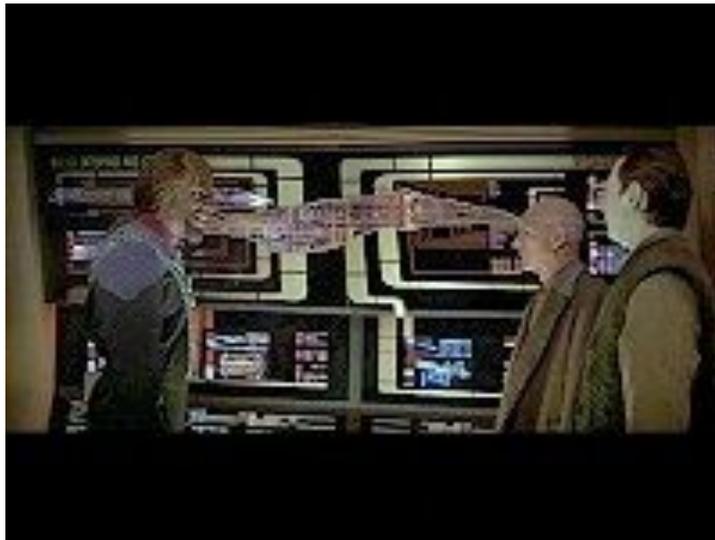
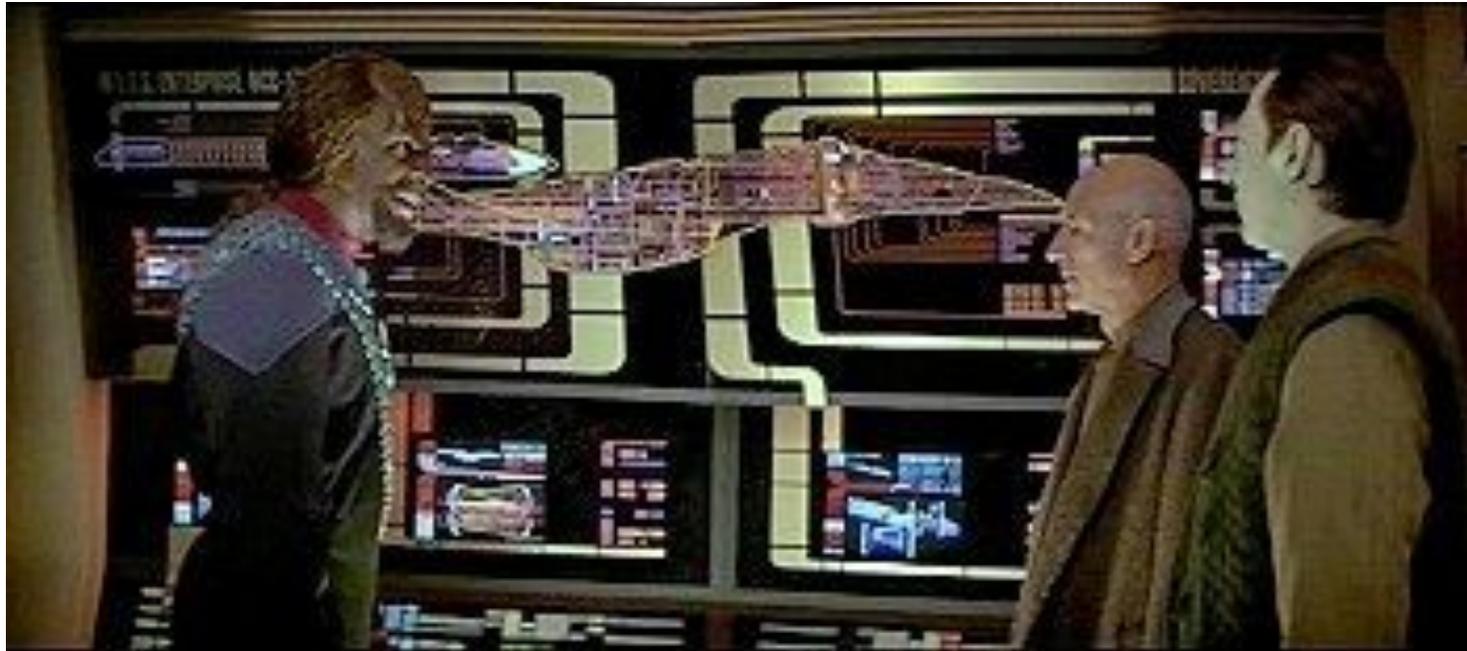
Z.B. Originalaufnahme Academy-Format, nachträglich beschnitten zu Breitbild

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

 - Insbesondere Brennweitereinstellung
(Zoom)

- Blende

 - Zusammenhang zur Schärfentiefe

- Lichtempfindlichkeit, Farbtemperatur etc.

Entscheidende Unterschiede:

- Filmtransport ist bei Filmkamera kontinuierlich

- Verschluss ist repetitiv

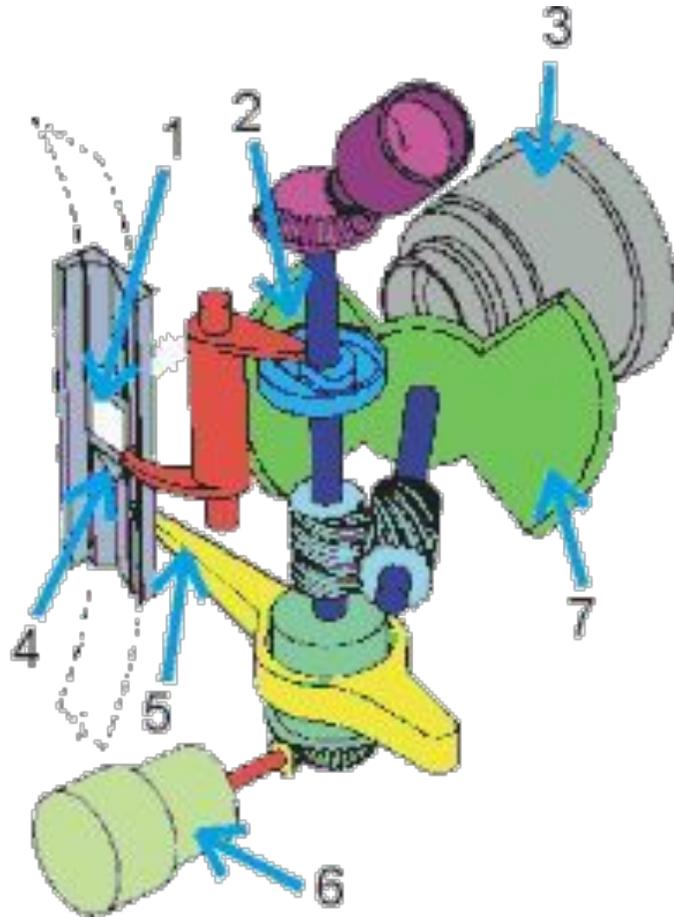
 - Umlauf-Verschluss, oft irreführenderweise „Umlaufblende“ genannt



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, α = 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 bei schnell bewegten Objekten
- Anpassung an mit 50 Hz oder 60 Hz (Netzfrequenz) schwingende Lichtquellen zur Vermeidung von Interferenzen („Schwebungen“ = Flackern)

Filmprojektion

24 Bilder/Sekunde:

genügen, um Bewegungsillusion zu erreichen

Dennoch nimmt der menschliche Betrachter „Grossflächenflimmern“ wahr

48 Bilder/Sekunde:

Bewegungsillusion *und* kaum mehr wahrnehmbares Flimmern

Technischer „Trick“:

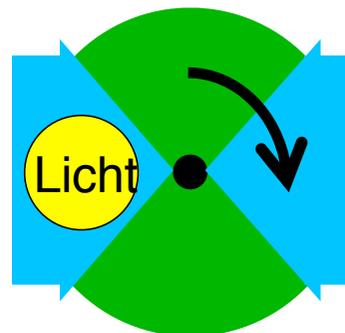
Jedes Bild wird *zweimal* gezeigt

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

Einfache technische Realisierung durch

Umlaufblende mit zwei gegenüberliegenden Hellsektoren
(symmetrische Teilung), oder

Umlaufblende mit doppelter Geschwindigkeit im Vergleich zur Aufnahme



Filmtone

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

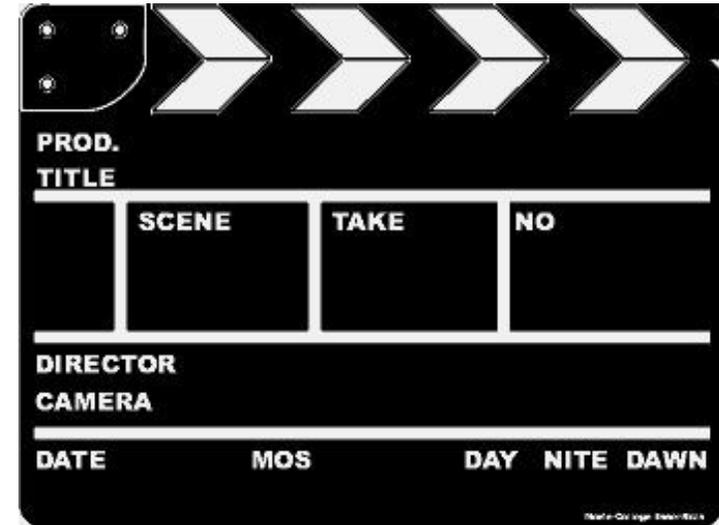
Leichte Kopierbarkeit wichtig

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 Synchronisationshilfsmittel

Trotz elektronischer Synchronisationshilfsmittel immer noch stets verwendet

Liefert Synchronisationssignal und Zusatzinformation zur jeweiligen Aufnahme

(*Take*):

Z.B. Produktionsname, Szenennummer, Takenummer

Idee der Synchronisation durch Klappe:

Schlagen der Klappe im Bild deutlich zu erkennen *und* in der Tonspur deutlich zu hören

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

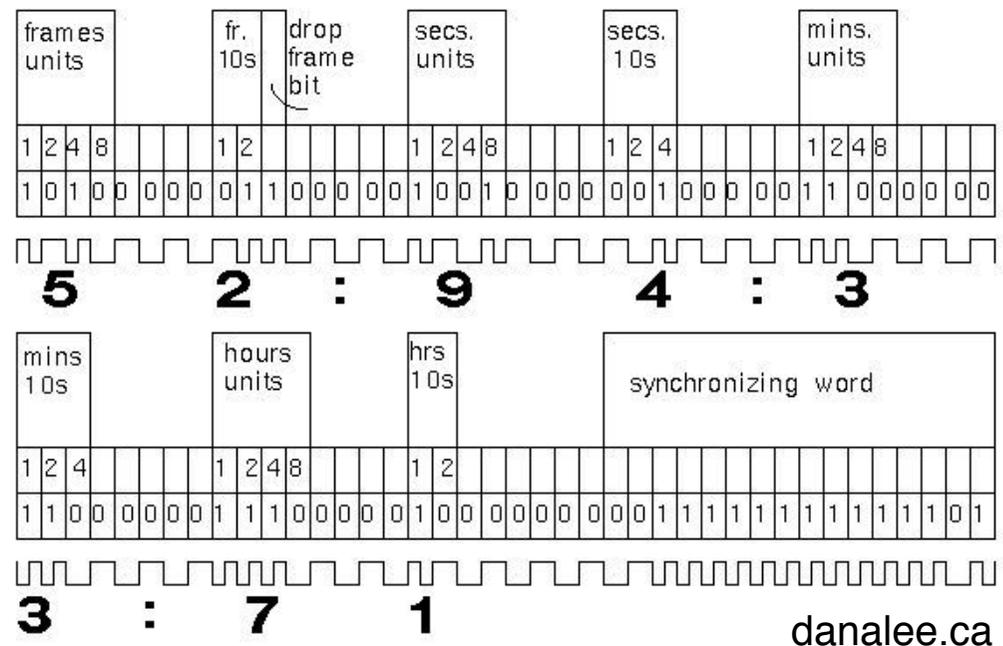
Codierung ähnlich zu Ton, auf Tonspur untergebracht

Fest zugewiesen (Binärcodierung):

Bildnummer (bis 24), Sekundenzähler (bis 60), Minutenzähler (bis 60),
Stundenzähler (bis 39)

Zusätzlich:

Benutzer-Bits,
Synchronisationswort (15 Bit)



Analoger Lichtton

Elektrisches Audiosignal umgesetzt in
Schwärzung von Filmmaterial

Analoge oder digitale Codierung möglich

- *Intensitätsschrift:*

Signalintensität analog durch Schwärzung (Graustufen)
codiert

Heute nicht mehr üblich

- *Transversalschrift:*

Signalintensität analog durch „Zacken“ codiert

Reines Schwarz-/Weiss-Signal

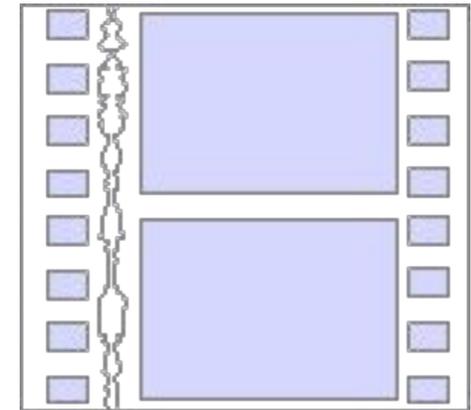
Erzeugung elektromechanisch:

Zackenblende über Spalt

Moderne Weiterentwicklungen:

Laser-Lichttonkamera

Für Stereoton zwei Lichtspuren



Raumklang: Dolby-Stereo

Kombination eines Rauschunterdrückungsverfahrens (Kompander) mit Raumklangeffekten

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

Bei Monowiedergabe: Surround-Signal verschwindet 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
- 3.2 Produktion und Gestaltung von Videomaterial
- 3.3 Digitaler Videoschnitt und Nachbearbeitung
- 3.4 Speicherung und 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)

Grundanforderung: Kompatibilität mit analoger Abspielung

D.h. auf Filmen grundsätzlich mindestens zwei analoge Lichttonspuren
zusätzlich zum digitalen Signal

Realisierung:

Genutzte Zusatzfläche: Zwischen den Perforationslöchern

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

Kompression nach AC3-Verfahren (ähnlich MP3)

Damit 6-Kanalton realisierbar

(5.1: Left, Center, Right, Left Surround, Right Surround, Subwoofer)

Weiterentwicklungen:

Dolby-Digital EX:

7-Kanal-Ton (6.1) mit zusätzlichem „Back Surround“-Kanal

Übertragung von Metadaten



Weitere Digital-Tonverfahren: DTS, SDDS

Digital Theatre Sound (DTS):

Arbeitet mit vom Film getrenntem Tonträger

Doppel-CD-ROM mit sechs komprimierten Audiokanälen
(geringer komprimiert als bei Dolby-Digital)

Film enthält nur schmale Steuerspur
(neben den beiden analogen Lichtton-Spuren)

1993: Jurassic Park



Sony Dynamic Digital Sound (SDDS):

Lichtton-Codierung 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“?

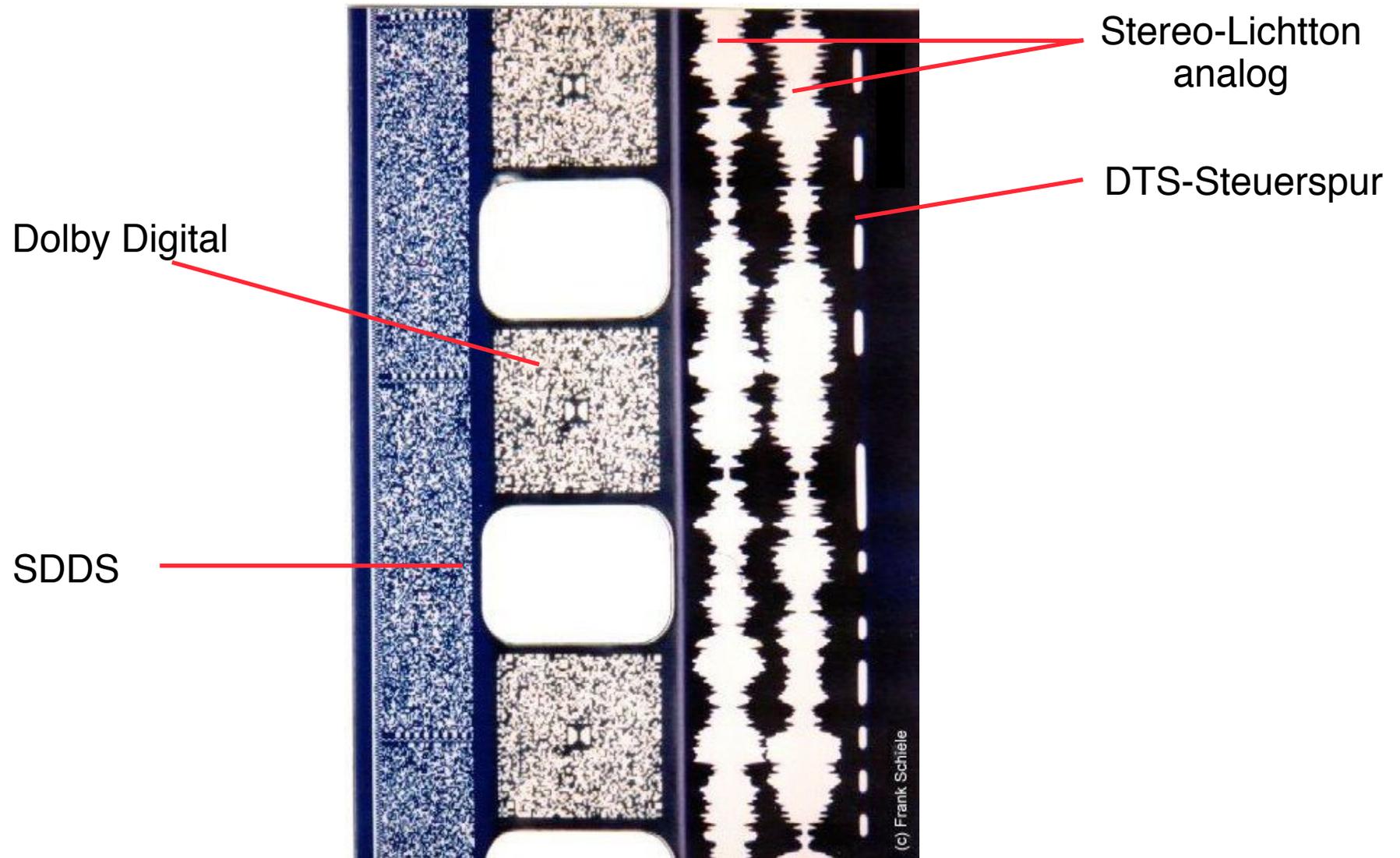
Tomlinson Holman Experiments

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 Kin
Kamera HDW-700A (1999):

3 Sensoren mit 2,2 Megapixel, 1920x1080

Aktuell: CineAlta F65, Auflösung bis zu „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

HD Cinema: Auflösung

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

HD-TV: 1920 x 1080 px

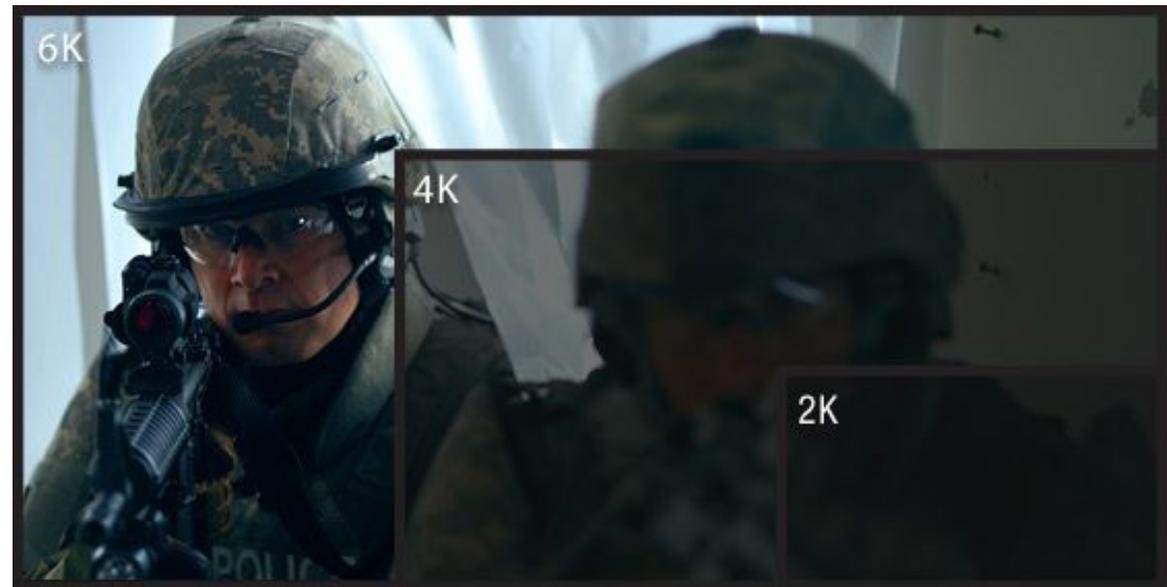
2K: 2048 px horizontal, vertikale Auflösung je nach Format

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

(Basispreis ca. US-\$ 55.000)



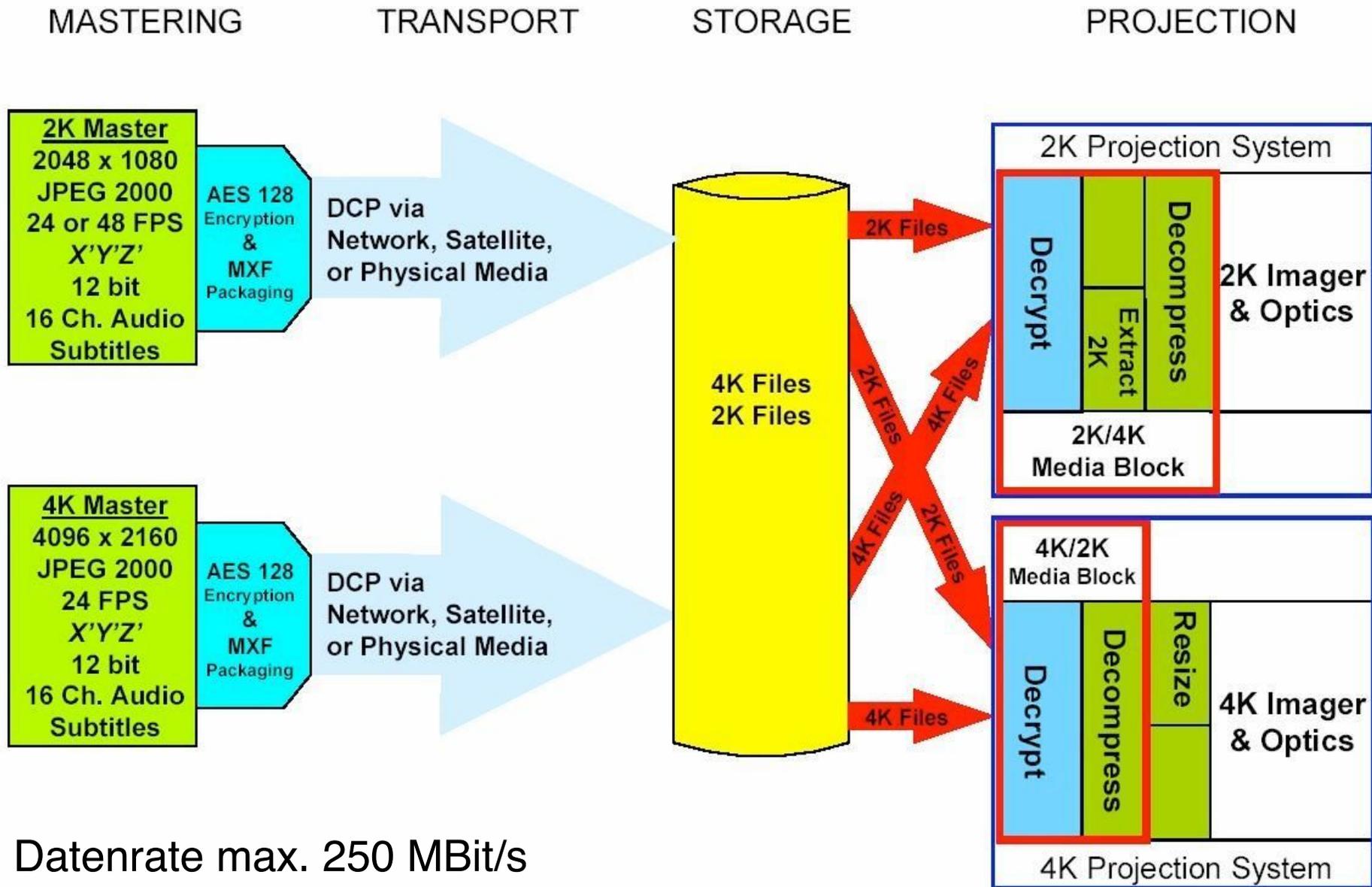
ARRI Alexa (2010)

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
- Umfassender 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)

Digital Cinema System Workflow



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 (2014) meist 2K- und bereits viele 4K-Systeme

Typische aktuelle Projektionstechnologien:

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

Liquid Crystal on Silicium (LCoS)
z.B. Sony Silicon Crystal Reflective Display
(SXR), 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 
- 3.2 Produktion und Gestaltung von Videomaterial
- 3.3 Digitaler Videoschnitt und Nachbearbeitung
- 3.4 Speicherung und Übertragung von Videodaten

Literatur:

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

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



Color TV
1958

Bildquelle: www.infocellar.com

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. $12-15^\circ$

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 realistischweise 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*



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

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*)

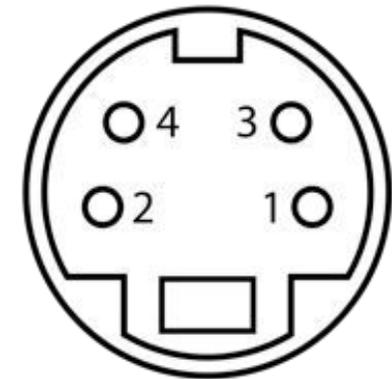
Beide Farbwertdifferenzen auf einem Kanal
(z.B. durch Quadraturamplitudenmodulation)

Schlechtere Qualität als mit drei Komponenten

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

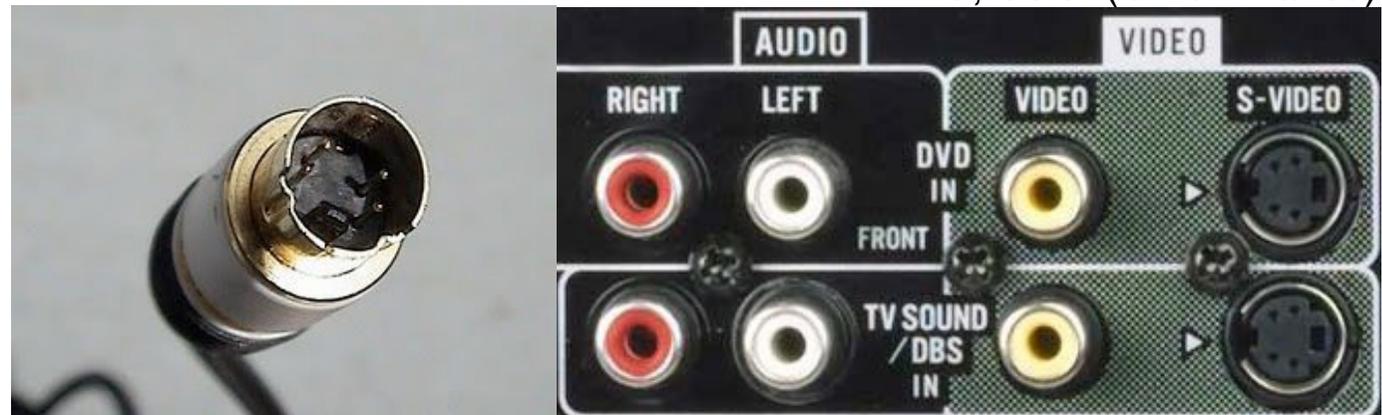
4-poliger Mini-DIN-Stecker (Hosiden)

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

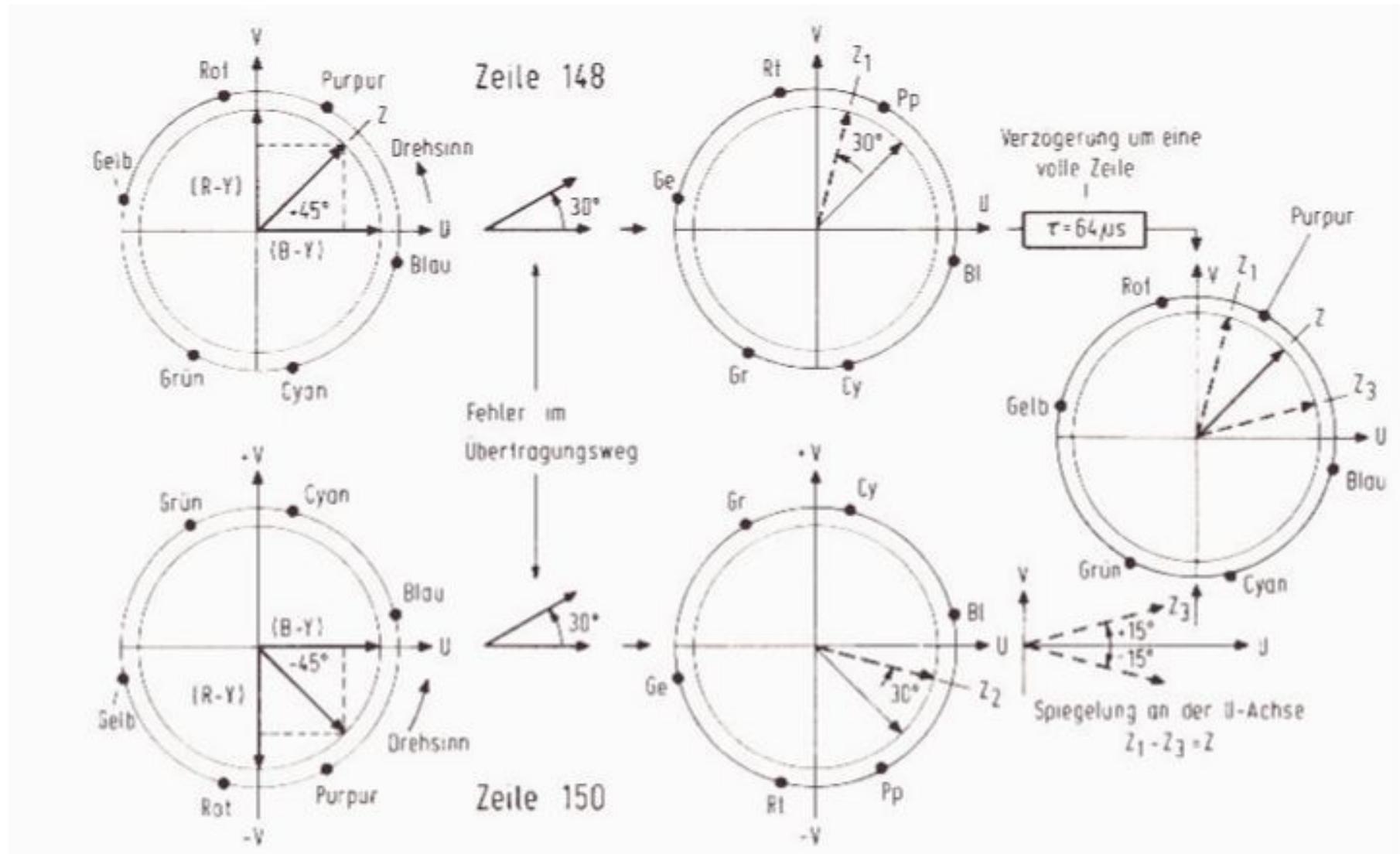
dadurch kompensieren sich Phasenfehler der Übertragung

SECAM = Secuentielle Couleur à mémoire (Französische Entwicklung)

Sequentielle Übertragung der beiden Chrominanzwerte einer Zeile

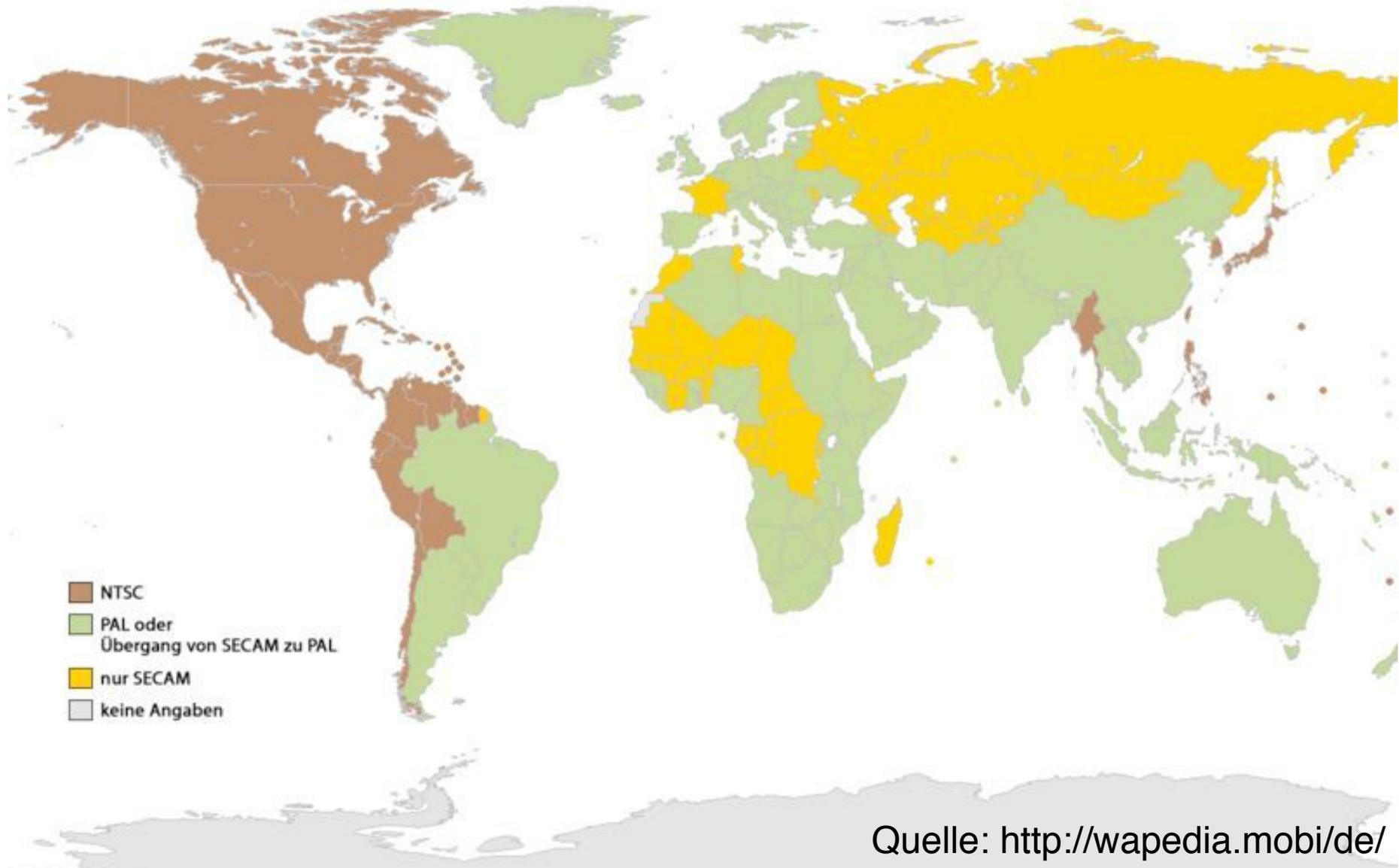
Kombination mit dem anderen Chrominanzwert der vorhergehenden Zeile

Beispiel zur Phasenkorrektur in PAL



Verbreitung der Farbfernsehsysteme

NTSC (60 Hz Netzfrequenz und Bildrate):



Digitalisierung von Video-Signalen

Audio (CD-Qualität):

16 bit Auflösung, Abtastfrequenz 44,1 kHz

Video:

Für Videomonitoring 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

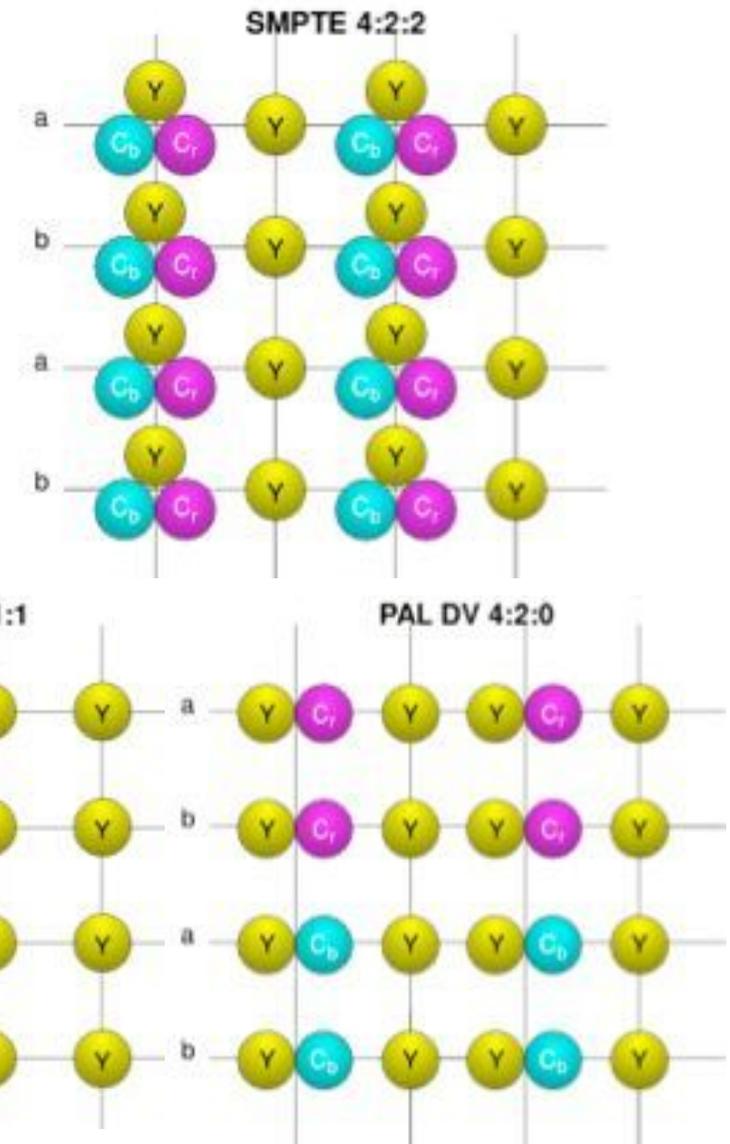
Bei NTSC verbreitet

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

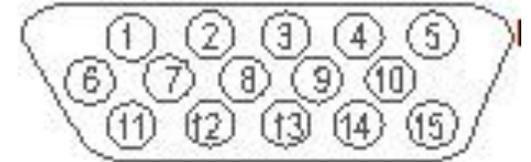
Physikalische Schnittstellen (ITU-R 656):

parallel oder seriell (Serial Digital Interface SDI)

Digitale und analoge Video-Monitoranschlüsse

Analoger Computer-Monitoranschluss:

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



Digitaler Computer-Monitoranschluss:

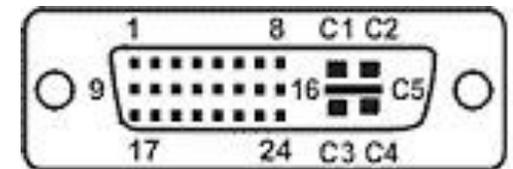
Für LC-Displays und andere Digitalmonitore
Verbreiteter Standard: DVI (Digital Visual Interface)

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



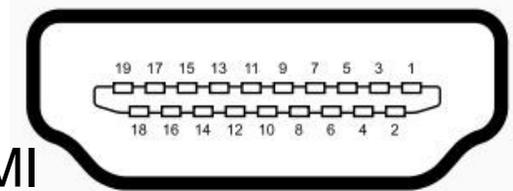
Digitaler TV-Monitoranschluss:

HDMI (High Definition Multimedia Interface)

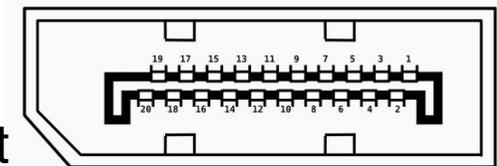
Signal elektrisch gleich zu DVI

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

Grosse Bildschirme bzw. Projektionsanlagen preisgünstiger geworden

Verfügbarkeit von DVD-Technik und DVB (Digitalfernsehen)

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 (z.B. „1/3in“ = 4,8 x 3,6 mm)

Sehr häufig 3 Sensoren, einer pro Farbkanal (bessere Auflösung um Faktor 3!)

Überwachungskamera (Datennetz, Speicherkarte)

Mittlere Auflösung (z.B. 1024 x 512), Schwerpunkt auf Lichtempfindlichkeit

Amateur-Camcorder (Speicherkarte)

Mindestens HDTV-Auflösung, meist nur ein Sensor für alle Farben (z.B. 1in)

Neuerdings oft Präsentationsfunktion (z.B. Projektor) enthalten

Fotokamera mit Videofunktion (Speicherkarte)

Interessante Alternative/Konkurrenz, gute Auflösung und Anpassbarkeit

Mobiltelefon/Tablet (Meist eingebauter Speicher)

Dominierende Plattform für Verbraucher, oft gute technische Leistungsdaten

Probleme: Flexibilität, Objektive, Datenspeicherung

Kamera + Aufzeichnungseinheit = „Camcorder“

Studio-Kameras meist mit separater Aufzeichnung

Magnetische Bildaufzeichnung (MAZ)

In Fernsehstudios seit langem betrieben, um kurzfristige Bereitstellung von Einspielungen zu realisieren

Grundproblem: Bandbreite

10 Hz bis 5 MHz
(vgl. Audio 20 Hz bis 20 kHz)

Lösungsansatz 1:

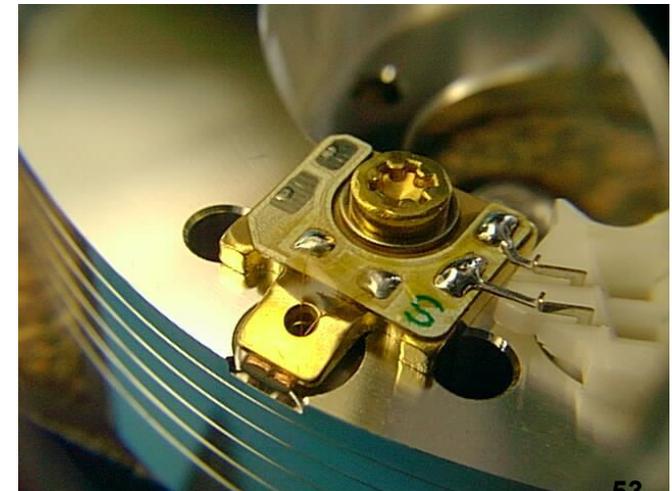
Frequenzmodulation des Signals auf Zwischenfrequenz-Träger

Weiteres Problem: Bandgeschwindigkeit

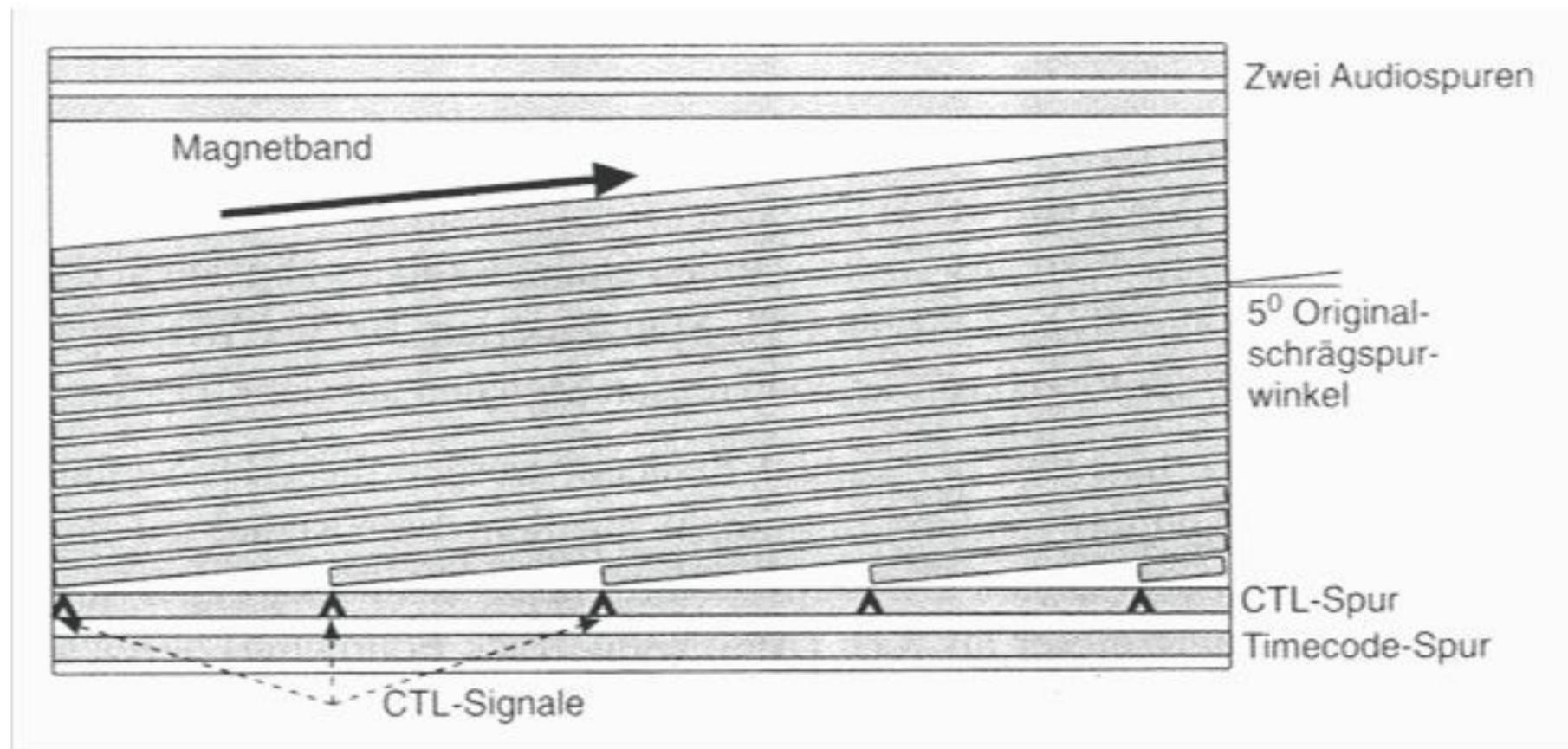
Linearer Bandtransport müsste ca. 40 m/s leisten !
(d.h. 216 km Band für einen Spielfilm)

Lösungsansatz 2:

Rotierende Schreib-/Leseköpfe
Schrägspuraufzeichnung



Schrägaufzeichnung auf Magnetband (Beispiel)



Frühes Schrägspur-Aufzeichnungsgerät (Video)

Ampex VR-1000 Video Recorder (1952)

Führte „Quadruplex“ Video Recording System ein (4 Köpfe)

Mitglied des Entwicklungsteams: Ray Dolby (19 Jahre)

Basis für fast alle nachfolgenden „helical scan“ Bandgeräte für Video- und Datenaufzeichnung (incl. Betamax, VHS)



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

Lange weitverbreiteter 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)

Digitales Komponenten-Signal nach ITU-R 601 (227 Mbit/s),
8 bit Samples

Chroma-Subsampling 4:2:2, sonst unkomprimiert

Diagonale Bandaufzeichnung mit schmalen Spuren

Ähnliches Format mit 10 bit Samples: D5 (D2, D3 veraltet, D4 ausgelassen)

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

Digital Betacam (nur SD): DCT-Kompression 2:1 (124 Mbit/s)

Digital Video (DV): DCT-Kompression 5:1 und 4:2:0 Subsampling (25 Mbit/s)
(d.h. 190 MByte/Minute)

Professionelle Versionen von DV: DVCPRO (Panasonic) und DVCAM (Sony)

Beide in diversen Versionen, z.B. DVCPRO HD (100 Mbit/s)

HDCAM/HDCAM-SR/CineAlta (Sony):

Produktfamilie für professionelles Video

HDCAM-SR unterstützt 4:4:4-RGB (440 Mbit/s)