

# 3. Film- und Videotechnik und digitale Videobearbeitung



## 3.1 Klassische Filmtechnik ←

- Historischer Überblick
- Filmformate
- Aufnahme und Wiedergabe
- Filmtone

## 3.2 Analoge TV- und Videotechnik

## 3.3 Digitale Videotechnik

## 3.4 Digitale Videoproduktion

## 3.5 Programmieren?

### Literatur:

Ulrich Schmidt: Digitale Film- und Videotechnik, Fachbuchverlag Leipzig 2002  
Johannes Webers: Handbuch der Film- und Videotechnik, 7. Auflage,  
Franz-Verlag 2002

# 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



# Öffentliche Filmprojektion (Kino) in Berlin



Brüder Skladanowsky, November 1895

Erstes Kino in Deutschland

Bioskop: Doppelprojektor mit  
Überblendeffekt

Problematisch durch Trennen des Materials  
in zwei Bildströme

Brüder Lumière erst im Dezember des  
gleichen Jahres...

... aber mit besseren  
techn. Lösungen!

“cinematograph”



# 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

Gebrüder Lumière, Dezember 1895: Cinematograph

Kamera und Projektor in einem Gerät

Filmstreifen mit Greifer transportiert, steht kurz still,

Lichtweg während Transport abgedunkelt

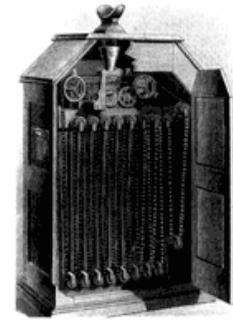
→ Technische Basis des Kinofilms bis heute!

1897: Kommerzielle Filmproduktion (Gebrüder Pathé)

1902: Erste Filmtricks (Doppelbelichtung)

1907: Erster Animationsfilm

1909: Standardisierung des 35mm-Filmformats



# Stummfilm mit Musik

Ein Stummfilm-Pianist bei der Arbeit (1913)



# Geschichte des Tonfilms

Film war zunächst Stummfilm - aber meist von Ton begleitet!

Z.B. Live-Musikbegleitung oder -Kommentator

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

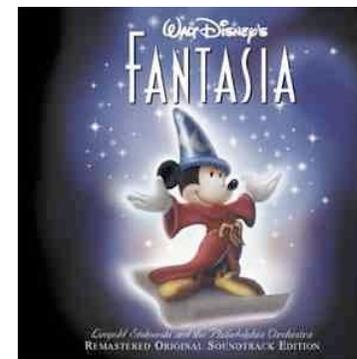
... Und starke Dominanz von „Hollywood“  
und der englischen Sprache

Mehrkanalton

Erstmals in Disneys „Fantasia“ (1940)

Dolby-Stereo 1975

Dolby-Digital 1992



# Geschichte des Farbfilms (1)

Film war zunächst Schwarz/Weiss  
Teilweise handkolorierte Filme



Pathé Color, 1905



The Last Days of Pompeji, 1926

## Geschichte des Farbfilms (2)

Zweifarb-Technik (Orange, Blaugrün):

1915 noch separate Streifen,  
ab 1922 auf einem Streifen kombiniert  
(„Cinecolor“)

Dreifarb-Technik („Technicolor“ ab 1935):

Drei Filme unter Färbung übereinander gedruckt  
Anfangs extrem teuer

„Chromogene Entwicklung“  
(Entstehung von Farbstoffen)

Basiserfindung von Fischer, 1912

Kodachrome-Verfahren (1935, USA)

Agfacolor-Verfahren (1936, Deutschland), einfacher

Nach dem zweiten Weltkrieg Patente  
freigegeben und in „Eastman-Color“ sowie  
Fuji-Film verwendet



Becky Sharp, 1935

## Zwei-Farben-System: Clip von 1930



„Animal Crackers“ [http://www.marx-brothers.org/mov4\\_Animal\\_Crackers.html](http://www.marx-brothers.org/mov4_Animal_Crackers.html)

# Filmformate

## Filmbreiten:

Breitester verwendeter Film 70 mm

Nur noch für Spezialkinos (IMAX etc.)

Aufnahmefilm dazu 65 mm

Halbierung: Standardformat 35 mm

Kleinere Filmbreiten, konzipiert für den  
Amateurbereich:

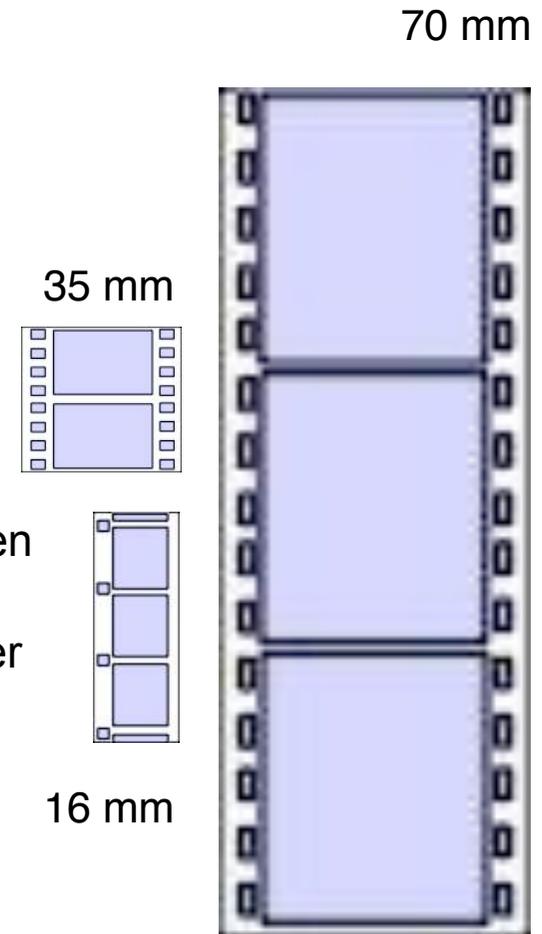
16 mm: kostengünstig, verbreitet als  
Schulungstechnik und für Billigproduktionen  
(„Blow-Up“-Kopie auf 35 mm möglich)

8 mm: hohe Verbreitung in den 70er und 80er  
Jahren als Amateurformat

## Perforation:

Beidseitig, 4 Löcher pro Bild bei 35 mm

Einseitige Perforation bei kleinen Filmbreiten



# 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 bei Aufnahme  
oder Zwischenkopie, Bildseitenverhältnis 2,35:1

Moderne Breitbildverfahren ohne Stauchung:  
in vertikaler Richtung kleineres Format genutzt  
(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 = KB

1,66:1 = Breitbild Euro

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

1,85:1 = Breitbild US

2,35:1 = Cinemascope

# 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**

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

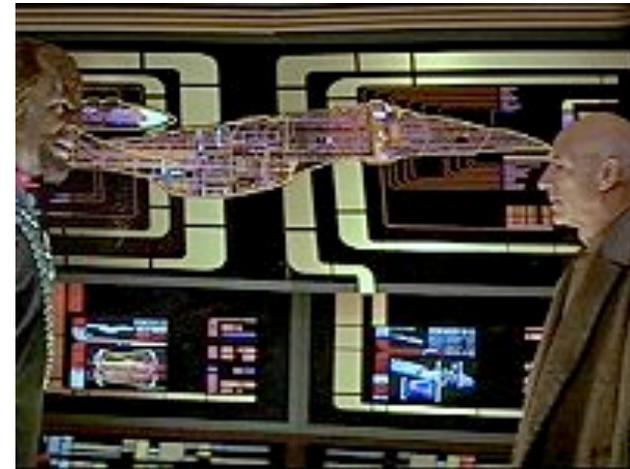
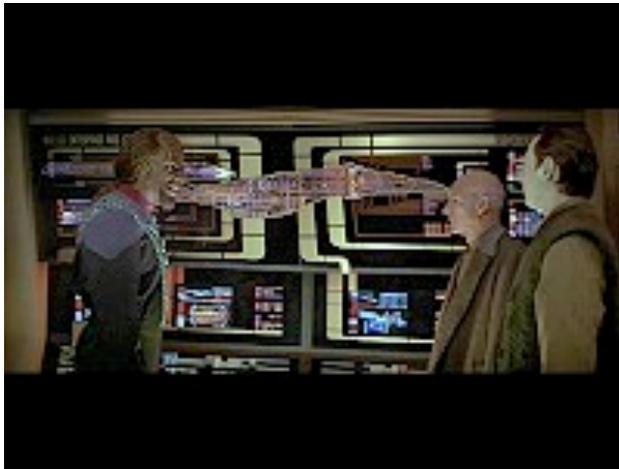
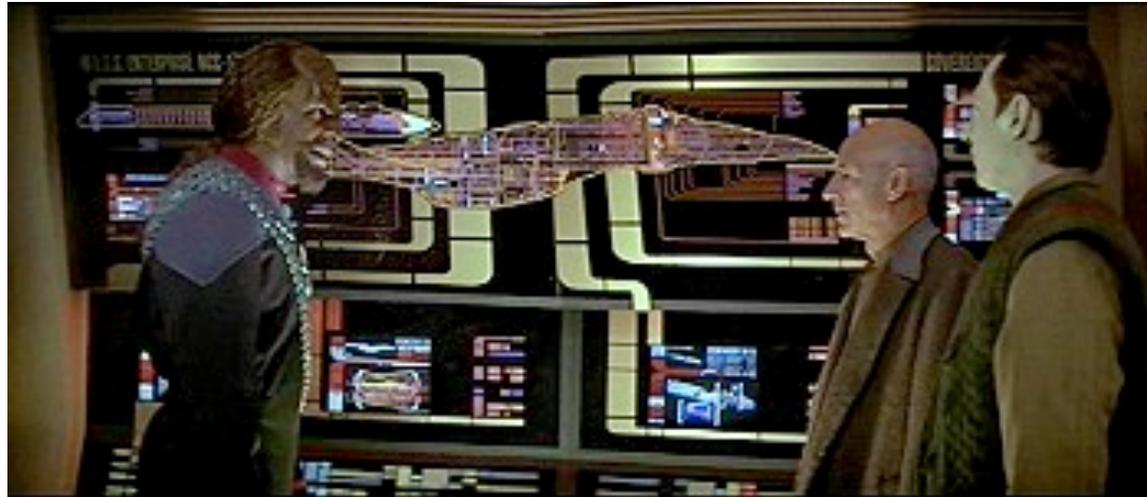
Z.B. Originalaufnahme Academy-Format, nachträglich beschnitten zu Breitbild

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 Brennweiteinstellung  
(Zoom)

- Blende

  - Zusammenhang zur Schärfentiefe

- Lichtempfindlichkeit, Farbtemperatur etc.



Entscheidende Unterschiede:

- Filmtransport ist bei Filmkamera kontinuierlich

- Verschluss funktioniert bei Filmkamera anders

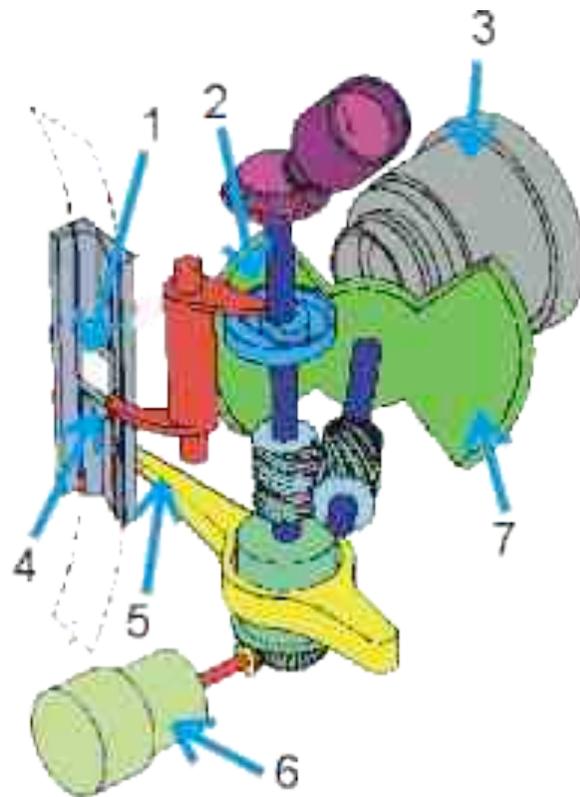
  - Umlauf-Verschluss, oft irreführenderweise „Umlaufblende“ genannt

# Filmkamera: Filmtransport

## Filmtransport durch Greifer-Schaltwerk:

Mit gleichmässigem Tempo und genau definierten Stillstandszeiten

Toleranz:  $1/2000$  der Bildhöhe, d.h. bei 16 mm Format 0,0037 mm

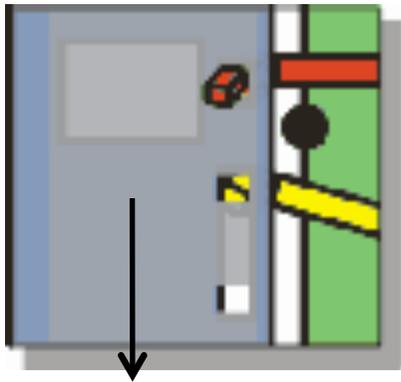


Beispiel:  
ARRI ST-16 Schaltwerk

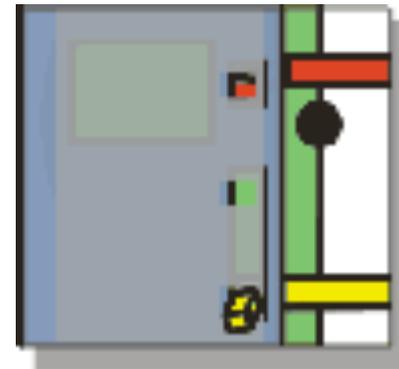
- 1 Bildfenster
- 2 Schneckengang für Sperrgreifer
- 3 Objektiv
- 4 Sperrgreifer
- 5 Transportgreifer
- 6 Antriebsmotor
- 7 Spiegelumlaufblende  
(siehe später)

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

# Einzelphasen des Filmtransports



Phase 1  
(Belichtung)



Phase 3  
(Transport)



Phase 2  
(Anfang  
Transport)



Phase 4  
(Fixierung)

# Umlaufverschluss

Rotierende Abdeckung für den Lichtkanal („Umlaufblende“)

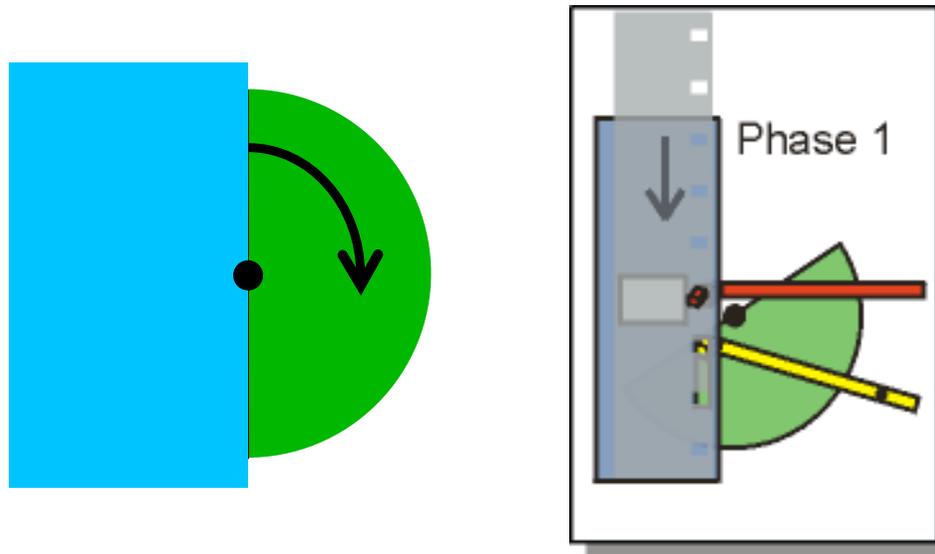
Deckt Lichtweg während Filmtransportphase ab

Genau mit dem Greiferwerk synchronisiert

„Hellsektor“ = offener Teil der Blende

Meist 180° oder weniger

Kann bei aufwändigen Kameras in der Grösse verringert werden



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

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

- 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)

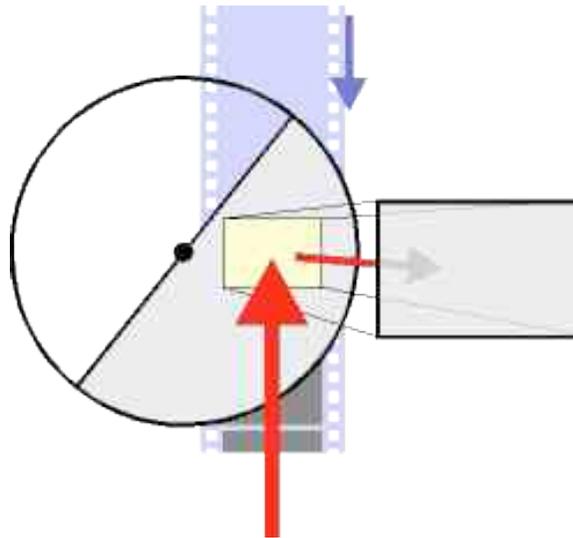
# Spiegelreflex-Filmkamas

Bildbetrachtung aus der gleichen Perspektive wie der Film während der Aufnahme

Idee:

Umlaufblende verspiegelt:  
reflektiert Licht während der Verdunklungsphase auf die Sucher-  
Mattscheibe

Permanentes Sucherbild wegen 24 B/s Wiederholfrequenz  
keine Verdunklung während der Aufnahme wie bei der Fotokamera



# 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“:

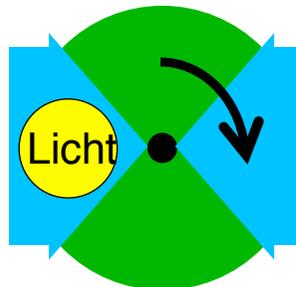
Jedes Bild wird *zweimal* gezeigt

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



# Praktisches Beispiel zur Projektionstechnik

Zitat aus einem Werbetext:

ERNEMANN® 15 5000

Das Sondermodell ERNEMANN® 15 5000 entspricht in der Ausstattung dem o.g. Projektor, allerdings zusätzlich mit integrierter elektronisch geregelter **5000 Meter Langlaufeinrichtung**. Das Modell ist sehr kompakt und damit platzsparend. Daher beschränken sich die Einsatzmöglichkeiten des Projektors nicht nur auf den stationären Betrieb, wenn im Vorführraum kein Platz für einen Filmteller vorhanden ist, sondern das Gerät wird auch gern im Rahmen spezieller Filmvorführungen wie **Open Air Kino**, Filmpremieren und ähnlichen Veranstaltungen eingesetzt. Die Filmzugregelung ist besonders filmschonend, sowohl während der Projektion, als auch während des Umspulbetriebes. Auch dieser Projektor wird ausschliesslich luftgekühlt, ein **Wasserkühlsystem** ist nicht erforderlich.



# 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“)

# Kinotechnik

Wie sehen die Projektions- und Audio-Anlagen in Kinos aus?  
(Bilder: Royal München und Frank Schiele, Stuttgart)



# Synchronisation Bild-Ton: Die Klappe



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

Fest zugewiesen (stellenweise Binärcodierung):

4+2 Bit für Bildnummer (bis 24)

4+3 Bit für Sekundenzähler (bis 60)

4+3 Bit für Minutenzähler (bis 60)

4+2 Bit für Stundenzähler (bis 39)

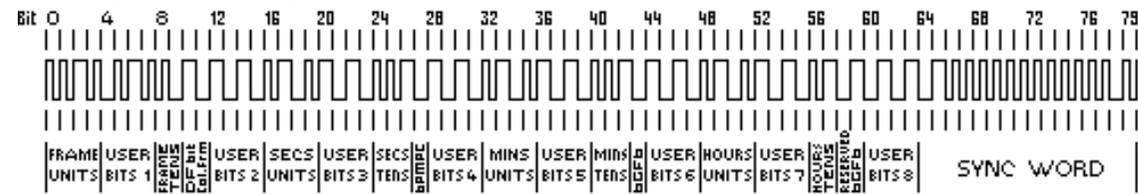
Zusätzlich:

Benutzer-Bits (z.B. Szenennummer, Datum/Uhrzeit)

Unbelegte Bits

Synchronisationswort (15 Bit)

Ähnlich zu Ton, auf Tonspur untergebracht



# Magnetton

Spezielle Anforderungen des Films an magnetische Tonaufzeichnung:

Viele parallele Kanäle: bereits in den 50er Jahren 4-Kanalton!

Synchronisation mit dem Bild

Klassische Technik in der Filmtombearbeitung: „Perfoband“

Film als Tonträger, der mehrere parallele Tonspuren (aber kein Bild!) enthält

Identisch perforiert wie das Filmmaterial, dadurch leichte Synchronisation  
(mechanisch)

70mm-Magnetton:

Bis zu 6 Tonspuren am Rande des Bilds und der Perforation

# 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

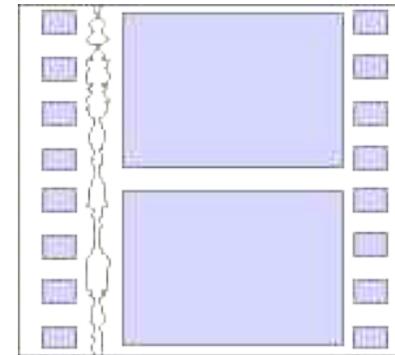
Erzeugung elektromechanisch:

Zackenblende über Spalt

Moderne Weiterentwicklungen:

Laser-Lichttonkamera

Für Stereoton zwei Lichtspuren



# Raumklang: Dolby-Stereo

Kombination eines Rauschunterdrückungsverfahrens (Kompaner) 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,  $-90^\circ$  rechts ( $S = L - R$ ), auf tiefe/mittlere Frequenzen bandbegrenzt

Bei Monowiedergabe: Surround-Signal verschwindet durch Interferenz

# 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)

Aktuelle Weiterentwicklungen:

Dolby-Digital EX:

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

Übertragung von Metadaten



# Dolby-Digital-Kanalkonfigurationen

Übliche Bezeichnung in Form  $x / y.z$

–  $x$  = Anzahl Kanäle „von vorn“

–  $y$  = Anzahl Kanäle „von hinten“

–  $z$  = Anzahl Kanäle für „Low Frequency Effects“ (LFE, Subwoofer)

(Oft  $x$  und  $y$  zu einer Summe zusammengefasst)

1/0	Mono
2/0	Stereo
3/0	Left - Center - Right
3/1	Left - Center - Right - Surround
2/2	Left - Right - Left Surround - Right Surround (Quadro)
3/2.1	Left - Center - Right - Left Surround - Right Surround - Subwoofer

# 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



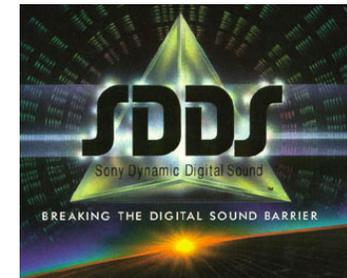
## Sony Dynamic Digital Sound (SDDS):

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



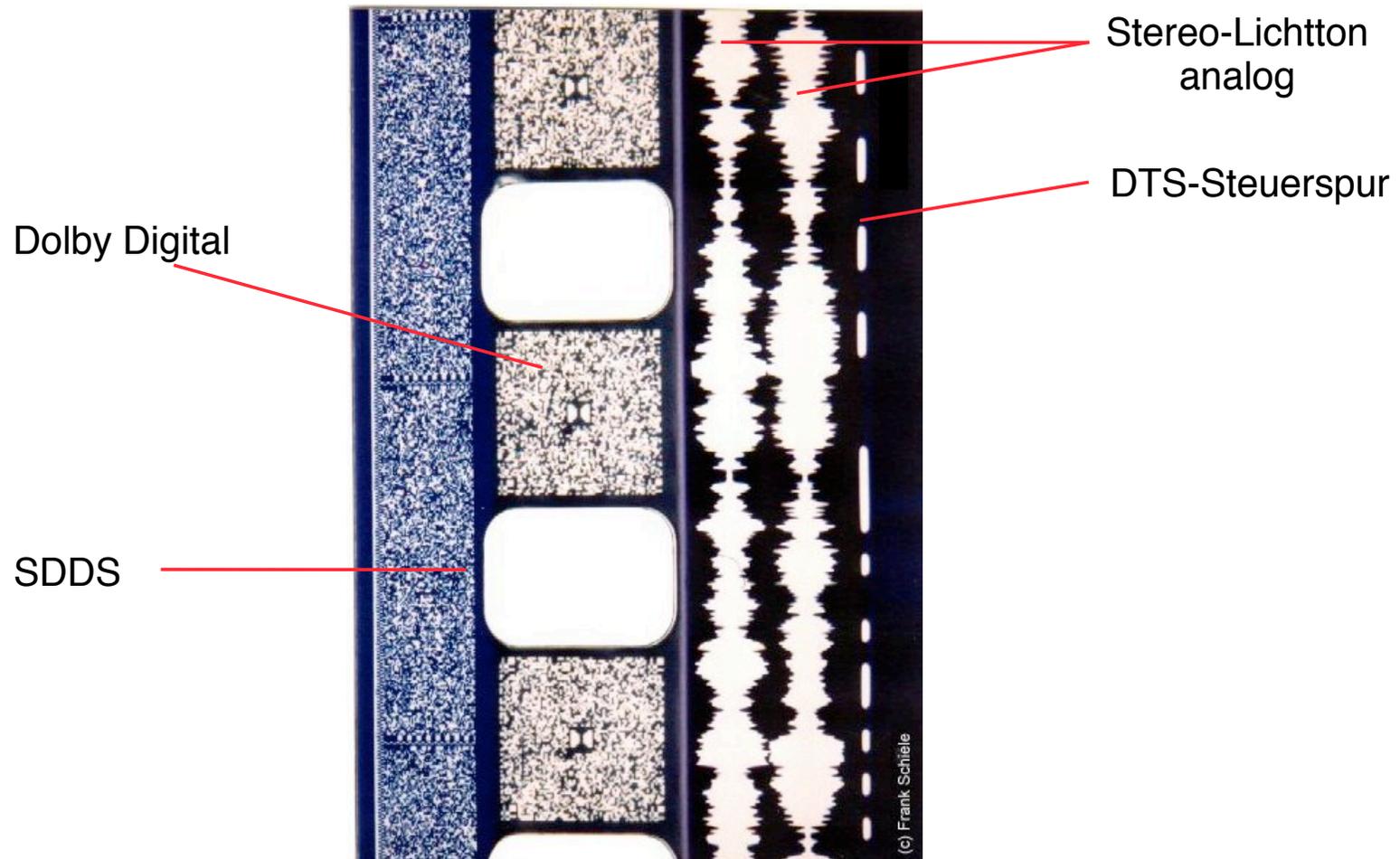
## Und was ist „THX“?

– *Tomlinson Holman Experiments*

– *Kein Tonaufzeichnungsverfahren, sondern genaue  
Definition elektroakustischer Parameter für den  
Vorführraum und andere Einflussgrößen (Lucas Film)*



# Viele Tonspuren auf einem Film



(c) Frank Schiele

# 3. Film- und Videotechnik und digitale Videobearbeitung

- 3.1 Klassische Filmtechnik
- 3.2 Analoge TV- und Videotechnik
  - TV-Technik 
  - Videoaufnahme- und Speichertechnik
- 3.3 Digitale Videotechnik
- 3.4 Digitale Videoproduktion

## Literatur:

Ulrich Schmidt: Digitale Film- und Videotechnik, Fachbuchverlag Leipzig 2002  
Johannes Webers: Handbuch der Film- und Videotechnik, 7.Auflage,  
Franzis-Verlag 2002

# Filmtechnik vs. TV/Videotechnik

## Film (= Kino)

Schwerpunkt auf ausgezeichneter Wiedergabequalität

Derzeit analoge Bild-Wiedergabe noch weit verbreitet

Kino-Digitalprojektoren (seit 2004): „2K Auflösung“ (2048x1080)

Digitalisierung beim Ton üblich, beim Bild in Einführung

Analog: Alle Bilddaten „parallel“ übertragen

Analog: Bandbreitenproblem durch mechanischen Transport gelöst

Bildinhalte sind aktuell nur im Wochen- oder Monats-Maßstab

## Fernsehen

Schwerpunkt auf Aktualität und breitem Publikum

Technik muss auch sehr einfache Wiedergabegeräte unterstützen  
(Schwarz/weiß mit wenigen cm Bildschirmdiagonale...)

Eng begrenzte Bandbreite wegen Funkübertragung

Bilddaten „sequentiell“ übertragen

Geringere Auflösung, dadurch Digitalisierung unproblematisch

# 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

# 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“

# Standard-TV und High-Definition-TV

## Standard-TV (SDTV):

Zeilenzahl 625

Seitenverhältnis 4:3

## High-Definition-TV (HDTV):

Verdopplung der Zeilenzahl (Europa 1250)

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)

# Zeilensprungverfahren

Wie beim Kino: nur 25 Bilder/s realistischerweise übertragbar, aber 50 Bilder/s Bildwechselfrequenz zur Vermeidung von „Flimmern“ nötig

Lösung:

Übertragung von zwei verzahnten Halbbildern („Interlacing Scan“)

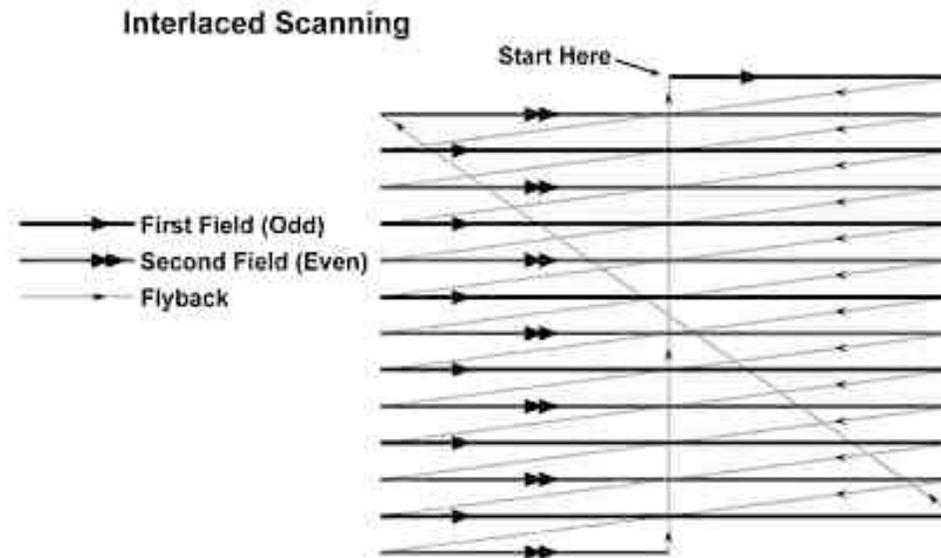
Bei modernen Geräten eigentlich technisch nicht mehr nötig

Bildspeicher

Ermöglicht

„Progressive Scan“

Dennoch Basis  
aller TV-Übertragungen



# TV-Signal elektrotechnisch

Vier wesentliche Anteile des TV-Signals:

Bild-Signal (*B*)

Austast-Signal (*A*)

Synchron-Signal (*S*)

Farbsynchron-Signal (*F*) (entfällt bei Schwarz-Weiss)

Zusammenfassung der Signale:

BAS-Signal (Schwarz-/Weiss)

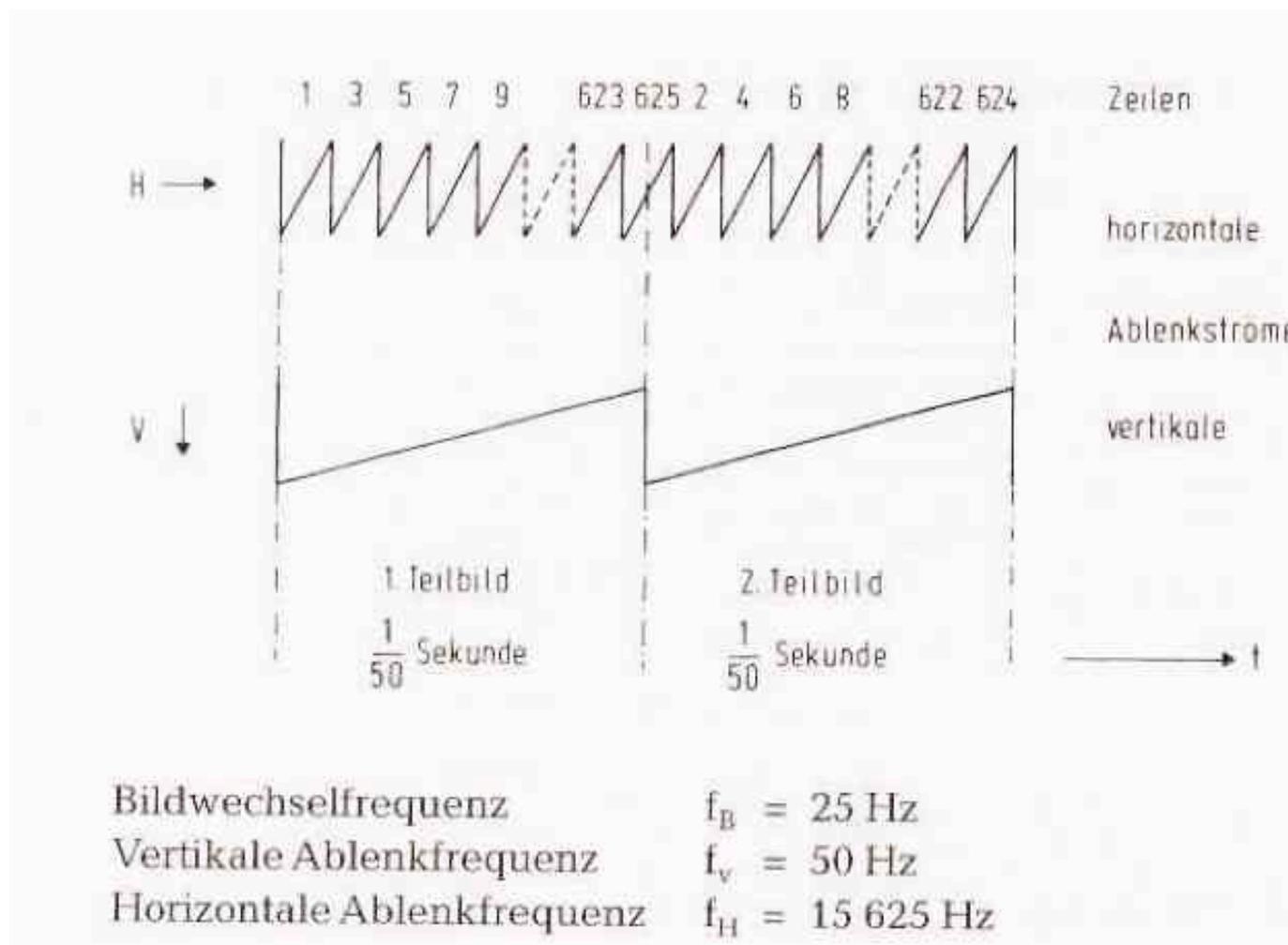
FBAS-Signal (Farbe)

„Austastsignal“:

Dient nur zum Abschalten des Elektronenstrahls während der Rückführung

Sägezahnartiger Spannungsverlauf

# Ablenkströme



# Zeit- und Zeilenbilanz

Bildfrequenz (Europa): 25 Bilder/s

Bilddauer =  $1000 \text{ ms} / 25 = 40 \text{ ms}$

Zeilenfrequenz:

Zeilendauer:  $40 \text{ ms} / 625 = 64 \text{ } \mu\text{s}$  (d.h. Zeilenfrequenz 15,625 kHz)

Strahlrücksprung (Strahl abgeschaltet, „Austastung“):

Horizontal:  $12 \text{ } \mu\text{s} * 312 = 3,75 \text{ ms}$

Vertikal:  $1,6 \text{ ms} = 25 \text{ Zeilendauern}$  (weil  $1,6 \text{ ms} / 64 \text{ } \mu\text{s} = 25$ )

Pro Vollbild:  $2 * 25 = 50 \text{ Zeilendauern}$  durch Rücksprung verbraucht

Deshalb häufige Sprechweise: „effektiv 575 Zeilen“

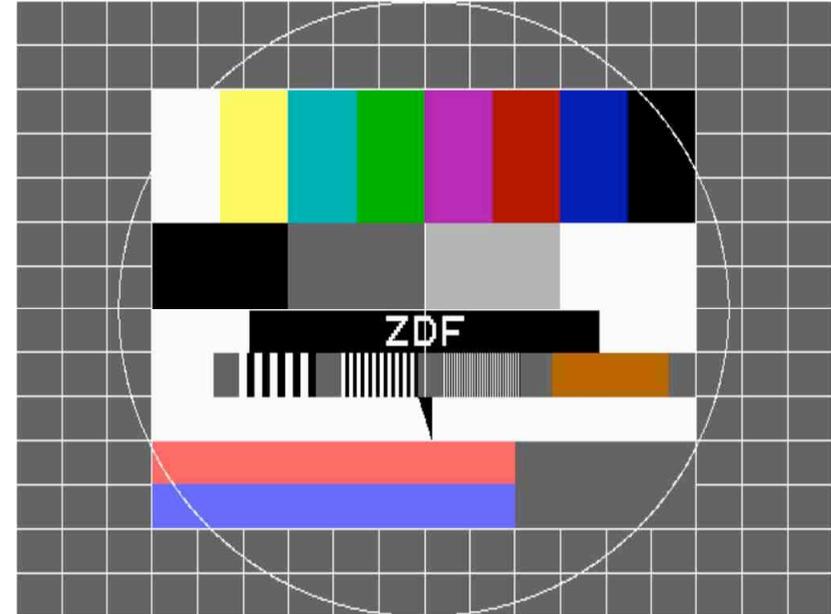
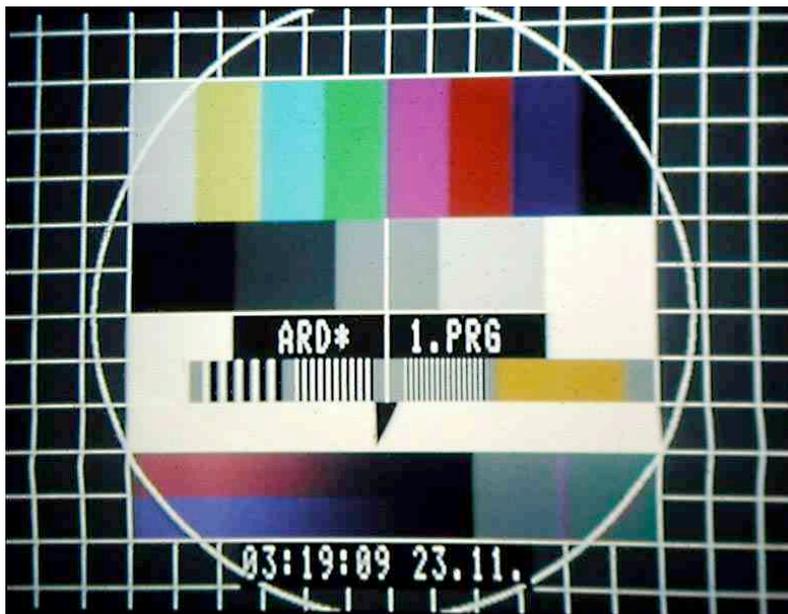
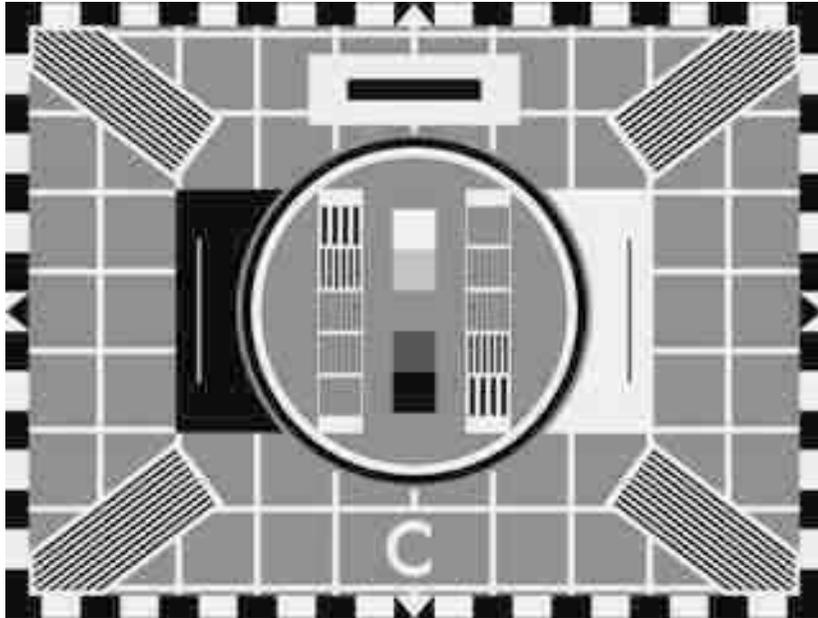
TV-Bild als Pixelbild gesehen:

625 Zeilen

Seitenverhältnis 4:3, d.h. ca. 833 „Spalten“

Insgesamt ca. 521.000 Bildelemente (Pixel)

Deshalb bei digitalen Videokameras relativ geringe Pixelzahlen  
(typisch 800.000 Pixel)



# Synchronsignale

Stellen identische Darstellung bei Wiedergabe und Aufnahme sicher

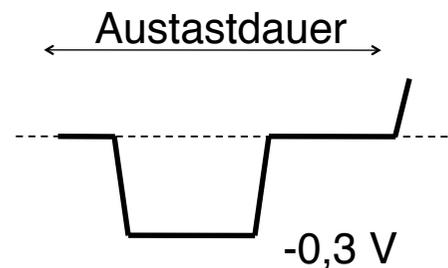
Horizontal:

In der „Austastlücke“ ( $12 \mu\text{s}$ ) negatives Rechtecksignal ( $4,7 \mu\text{s}$ )

Vertikal:

Sehr langes Rechtecksignal (über 2,5 Zeilen)

Mit einfachen elektrotechnischen Hilfsmitteln (RC-Glieder) erkennbar



Horizontales  
Synchronsignal

# Farbvideosignale

Hochwertiges Farb-Video mit RGB:

- 3 Farb-Bildsignale, separat geführt
- Separates Synchronsignal

Komponentensignal:

- Luminanzsignal  $Y$  für Bildpunkthelligkeit (Schwarz-/Weiss-kompatibel)
- Enthält auch Abtast- und Synchronsignale

Chrominanzsignale ( $C$ )

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

Hochwertiges Komponentensignal durch 3 Leitungen  
(Analog-Studioteknik)

Separate Führung von  $Y$  und  $C$ :

- Überlagerung der beiden Chrominanzsignale  
( $90^\circ$  phasenverschoben)

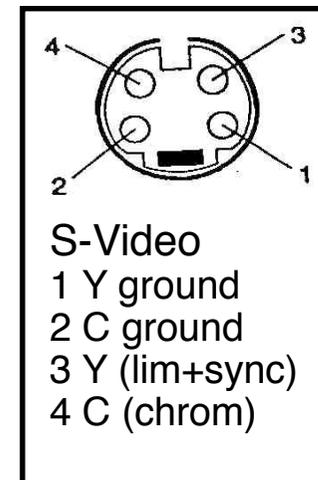
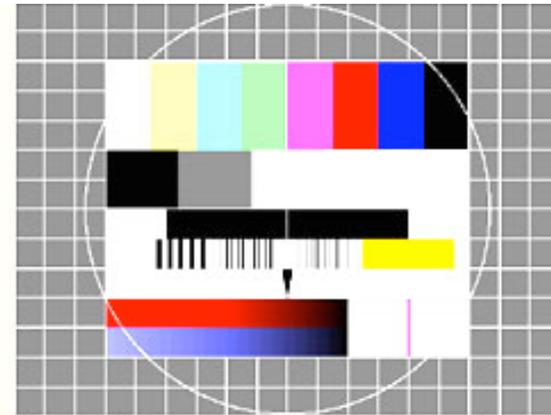
– *S-Video*, *Y/C-Video* mit 4-poligem Hosiden-Stecker

Relativ hochwertige Bildqualität

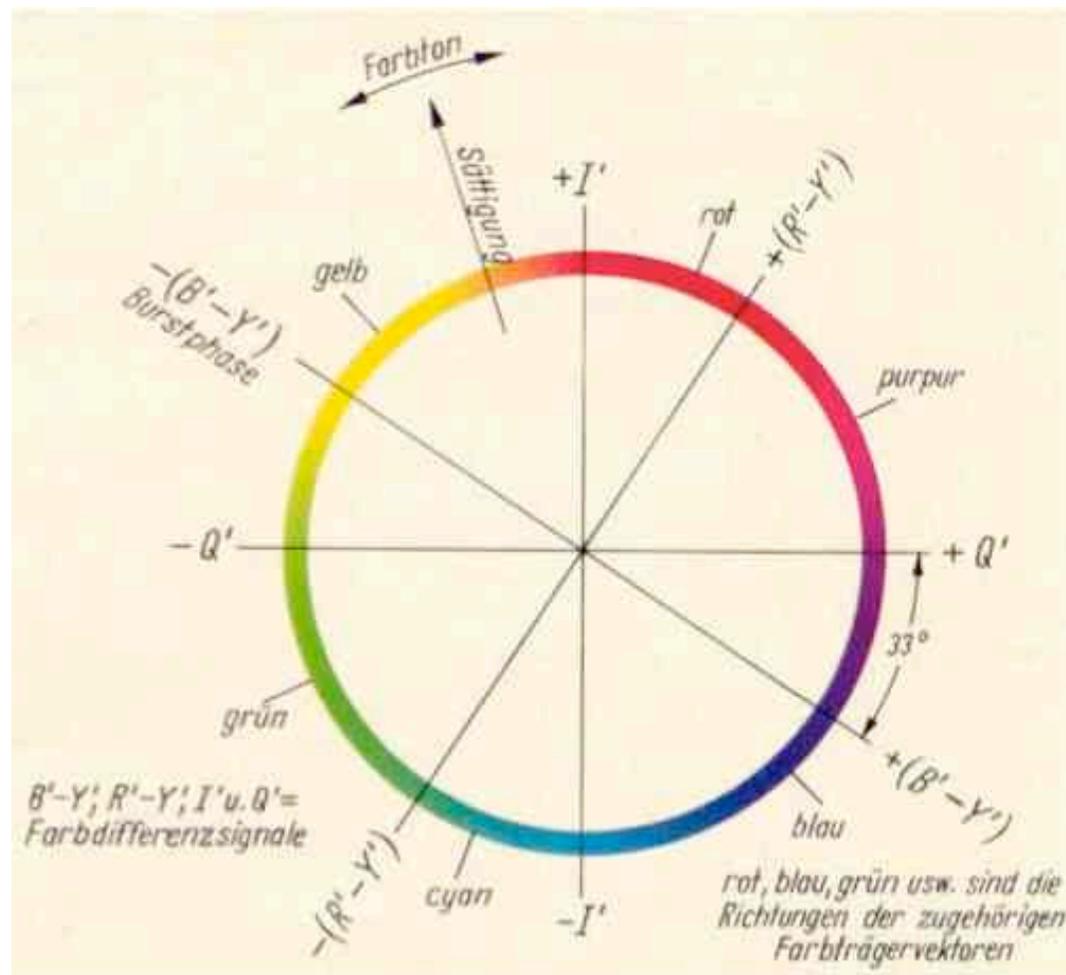
Gemeinsame Führung von  $Y$  und  $C$  auf einer Leitung:

– *Composite Video*, FBAS-Signal, meist auf (gelbem) Cinch-Stecker

Einfachste Bildqualität



# Farbkreis der TV-Phasenmodulation



# 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

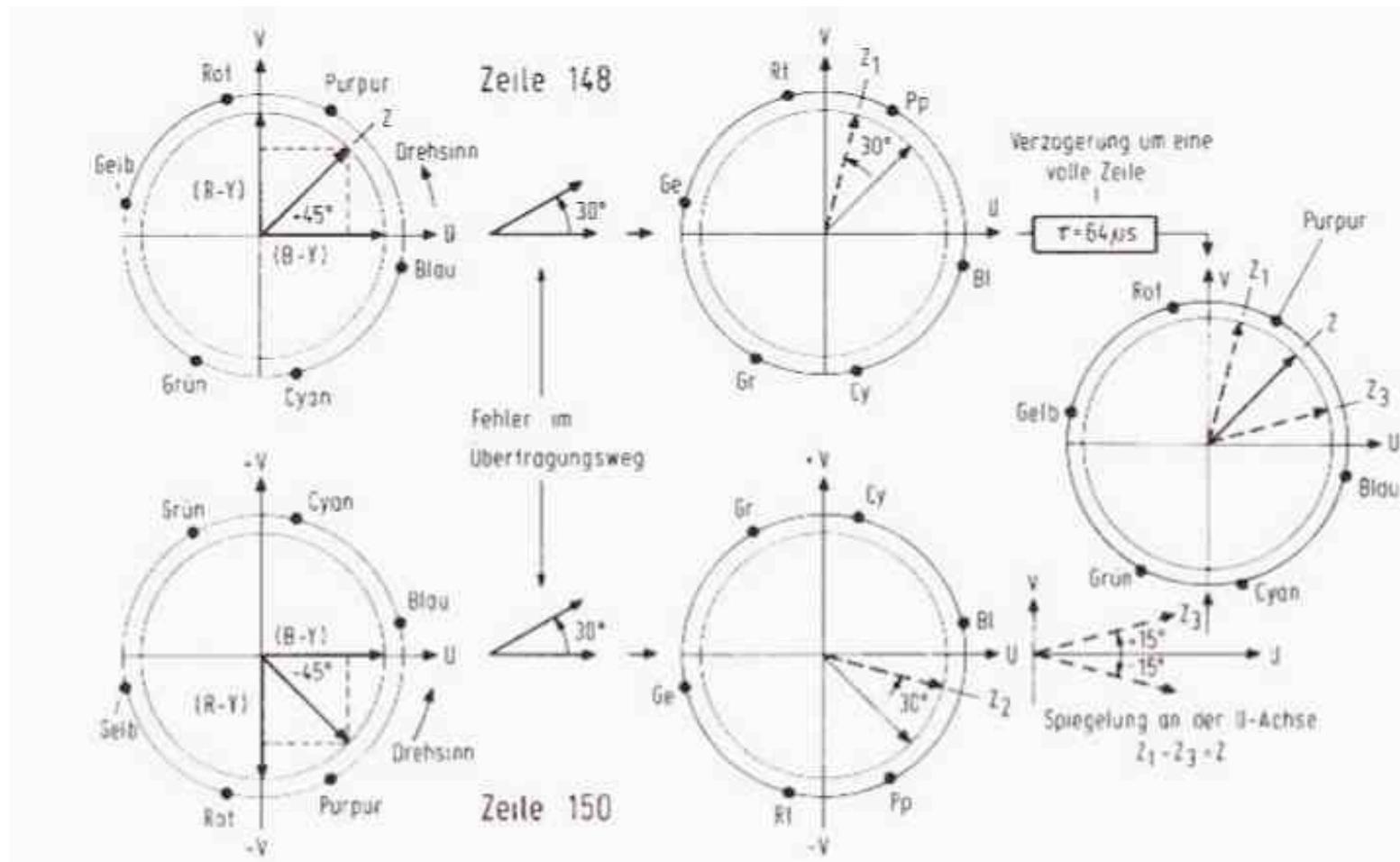
dadurch kompensieren sich Phasenfehler der Übertragung

SECAM = Secuentele 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:

Japan

USA

Kanada

Korea

## PAL:

Brasilien

China

Deutschland

UK

Indien

## SECAM:

Frankreich

Ägypten

Polen

Russland

Beispiele!

# 3. Technik der digitalen Bewegtbildverarbeitung

- 3.1 Klassische Filmtechnik
- 3.2 Analoge TV- und Videotechnik
  - TV-Technik
  - Videoaufnahme- und Speichertechnik
- 3.3 Digitale Videotechnik
- 3.4 Digitale Videoproduktion



## Literatur:

Ulrich Schmidt: Digitale Film- und Videotechnik, Fachbuchverlag Leipzig 2002  
Johannes Webers: Handbuch der Film- und Videotechnik, 7.Auflage,  
Franzis-Verlag 2002

# Video-Aufnahme

## Typen von Video-Kameras

Reine Video-Kamera, z.B. Fernseh-Studiokamera

*Camcorder* = Camera & Recorder, d.h.  
optische Kamera und Magnetbandaufzeichnung

## Video-Kameratechnik

Sehr ähnlich zur Filmkamera, aber Bildwandler statt Film

Analoger Bildwandler:

Bildwandlung durch zeilenweise Abtastung mit Elektronenstrahl

z.B. „Vidikon“: lichtempfindliche Halbleiterschicht und  
Speicherplatte wirken als Kondensatoren, die durch Licht  
entladen werden;

Aufladung durch Elektronenstrahl ergibt messbaren Ladestrom

Digitaler Bildwandler (heute auch in Analog-Kameras!):

CCD- oder CMOS-Bildwandler

Bei „Frame-Transfer“ CCD mechanische Abdeckung (Flügelblende)  
während Ladungstransport

Bei „Interline-Transfer“ CCD elektronischer „Verschluss“ durch  
Speicherbereich im Bildwandler

„Frame-Interline-Transfer (FIT)“-CCD: Kombination der Vorteile

# Typische Bildwandlergrößen bei Videokameras

„2/3-Zoll“:

8,8 x 6,6 mm (4:3)

9,6 x 5,4 mm (16:9)

Erreicht fast die Grösse des 16mm-Filmformats  
Profikameras



„1/2-Zoll“:

6,4 x 4,8 mm (4:3)

Profikameras, Überwachungskameras



„1/4-Zoll“:

4,4 x 3,7 mm (4:3)

Consumer-Kameras



Zur Erhöhung der Auflösung haben  
hochwertige Kameras ein 3-Sensor-  
System

je ein CCD je Grundfarbe

# 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:

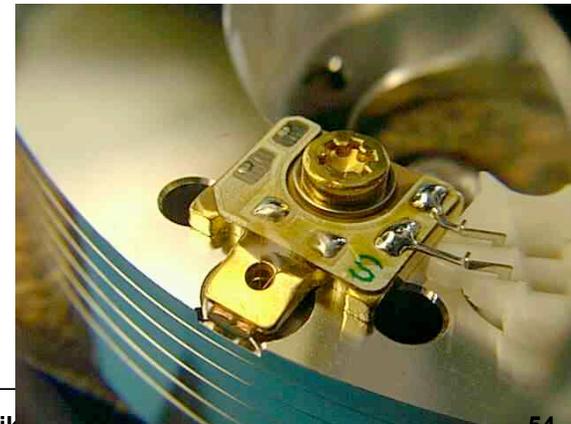
Frequenzmodulation des Signals auf Zwischenfrequenz-Träger

Weiteres Problem: Bandgeschwindigkeit

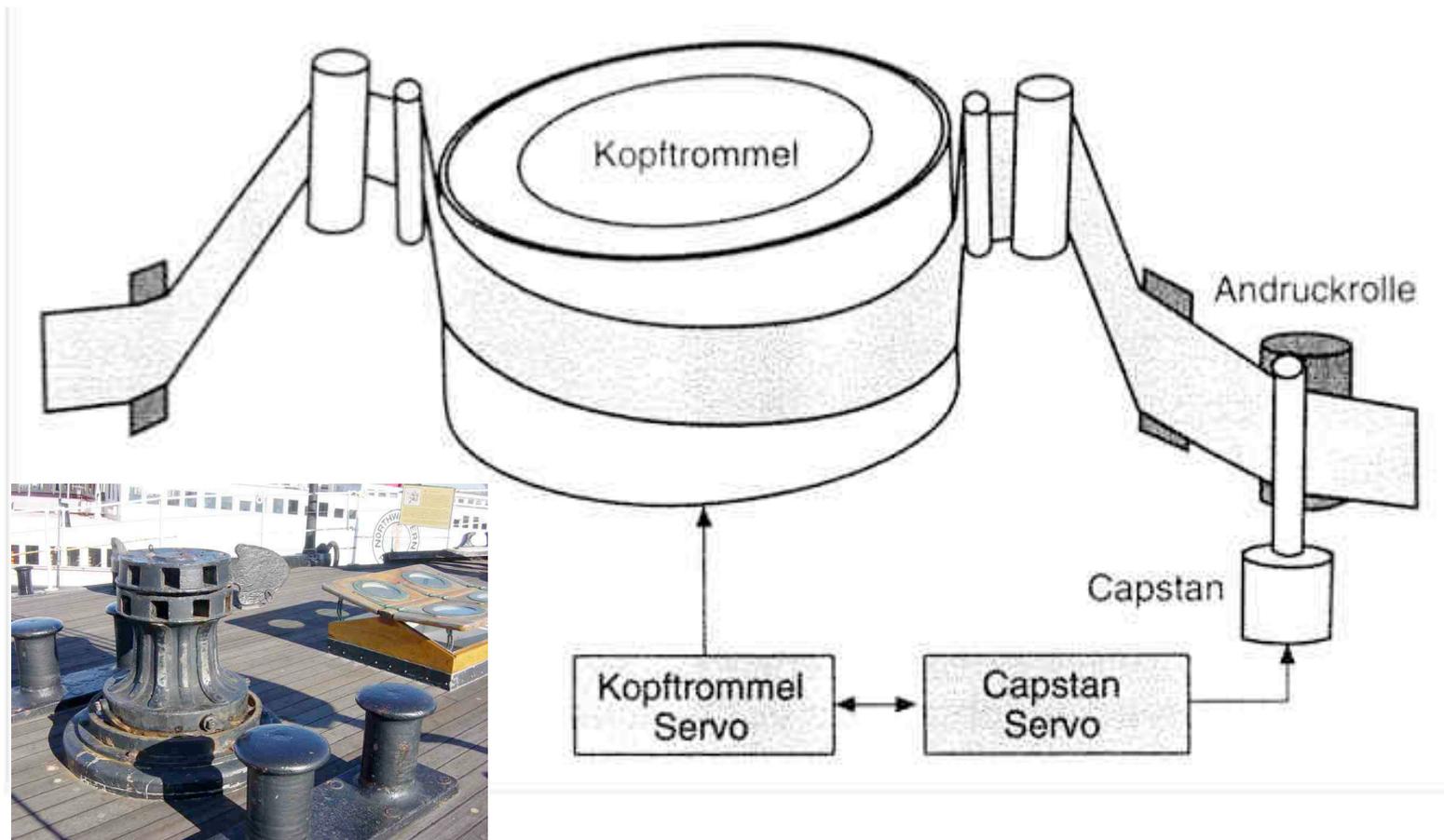
Linearer Bandtransport müsste ca. 40 m/s leisten !  
(d.h. 216 km Band für einen Spielfilm)

Lösungsansatz 2:

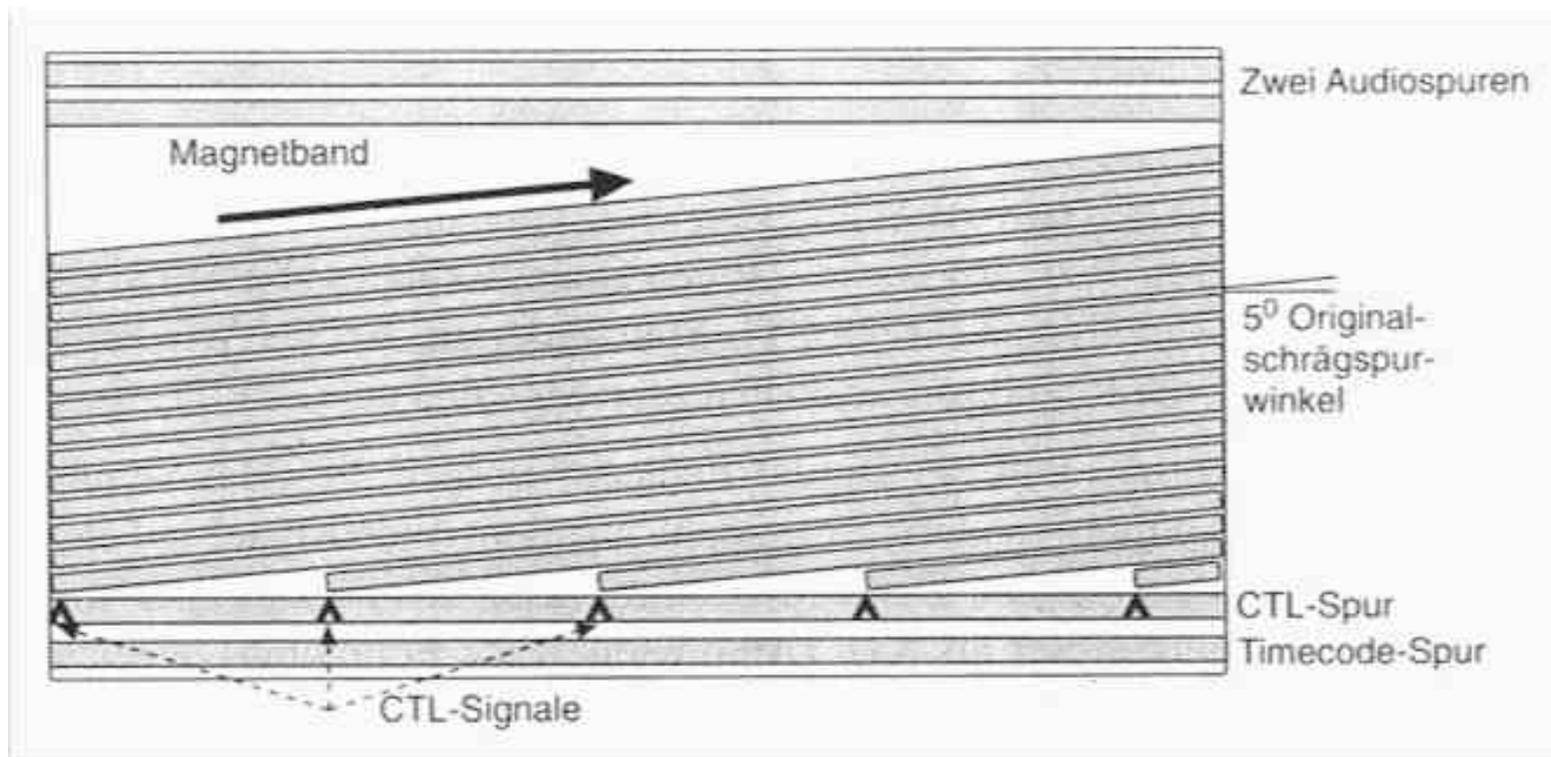
Rotierende Schreib-/Leseköpfe  
Schrägschreib-/Schreibaufzeichnung



# Bandführung bei der Schrägaufzeichnung



# Schrägaufzeichnung auf Magnetband (Beispiel)



# Ein frühes Schrägspur-Aufzeichnungsgerät

1967 Ampex CR-2000 (ca. 1 Tonne Gewicht)

Analoges (unkomprimiertes) Video, vier rotierende Köpfe



# 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

Nach wie vor 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 mit den Systemen 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“