

Analoges Video

Dr. Detlev Marpe
Fraunhofer Institut
für Nachrichtentechnik HHI

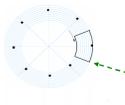


Fachhochschule für Technik
und Wirtschaft Berlin
University of Applied Sciences



Fraunhofer
Institut
Nachrichtentechnik
Heinrich-Hertz-Institut

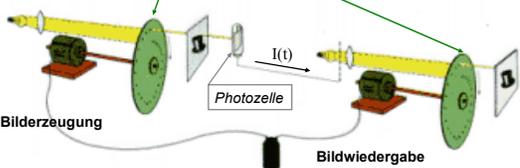
Nipkows Scheibe (1884)



Scheibe mit
konzentrisch
angeordneten
Löchern / Linsen



PATENT-SCHRIFT
Nr. 30105
1884



Bilderzeugung I(t) Bildwiedergabe

1. Elektromechanisches System zur Bilderzeugung u. -wiedergabe

Quelle: J.-J. Peters, EBU

Historische Entwicklung

- **J. L. Baird**
 - **Erstes elektromechanisches Fernsehen** auf Basis von Nipkow (1924)
 - Erstes kommerzielles Produkt ("Televisor") mit **30 Linien/Bild** u. **5 Bilder/sec** (1926)
 - Erste transatlantische Übertragung (1928)
- **D. v. Mihaly**
 - Funkausstellung, Berlin (1928): Telehor "Volksfernsehapparat" mit 30 Linien/Bild und 10 Bilder/sec auf 4 x 4 cm Display
- **M. v. Ardenne**
 - **Erstes vollelektronisches Fernsehen** auf Basis der Braunschen Röhre, Funkausstellung, Berlin (1931)
 - **1935**: Erste regelmäßige Fernsehausstrahlung (Berlin)
 - 180 Linien/Bild, 25 Bilder/sec auf 18 x 22 cm




Bildwiederholraten

- **Hinreichend hohe Bildwiederholrate** erzeugt beim menschl. Betrachter die Illusion einer kontinuierlichen Bewegung
- **Mindestauffrischrate** ("Flimmerfusionsfrequenz") hängt ab von
 - Ortsfrequenzcharakteristik des Bildsignals
 - Umgebungshelligkeit bei Bildwiedergabe
 - Helligkeit des Bildwiedergabesignals (Display/Leinwand)

Medium	Umgebungsbeleuchtung	Auffrischrate [Hz]	Wiederholrate [Hz]
Fernsehen	abgedunkelt	50 - 60	25 - 30
Kino	dunkel	48	24
Monitor (Büro)	hell	≥ 70	≥ 70

Zeilensprungverfahren ("Interlaced") (1/3)

Progressives Bild



1. Halbbild



2. Halbbild



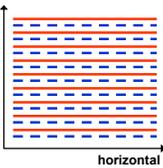
Interlaced Frame

$\Delta t = 1/50$ s (bzw. $\approx 1/60$ s)

F. Schröter* : "Verfahren zur Abtastung von Fernsehsignalen", Patent (1930)
* HHI Berlin / Telefunken AG bzw. Hon.-Prof. an der TH Berlin-Charlottenburg

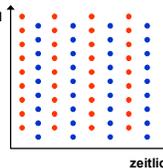
Zeilensprungverfahren ("Interlaced") (2/3)

vertikal



horizontal

vertikal



zeitlich

- **Vorteil 1: Doppelt so hohe Auffrischrate** gegenüber progressiver Abtastung bei gleicher Bandbreite und örtlicher Auflösung
- **Vorteil 2:** Max. Auffrischrate für niedrigfrequente (flache) Bildanteile und halbierte Auffrischrate für hohe örtliche Frequenzen (Bilddetails)
- **Nachteil:** Hochfrequente vertikale Bildinformation kann **Zwischenzeilenflimmern** (interline flicker) verursachen

Zeilensprungverfahren ("Interlaced") (3/3)

- Problematisch:** Darstellung von Interlaced Video auf Progressivem Monitor
- Lattenzauneffekt** bei Objekten mit schneller horizontaler Bewegung (gleichzeitige Darstellung von Bildzeilen, die zu unterschiedlichen Zeitpunkten aufgenommen wurden)

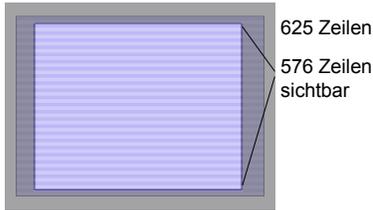


Beurteilung von Interlaced Video nur auf Videomonitor! Quelle: U. Plank, Apple DVD Studio Pro 3

7 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

Analoges PAL Fernsehen

- Zeilensprungverfahren (interlaced)
- 50 Halbbilder/s bzw. 25 Bilder (Frames)/s
- Breiten-/Höhenverhältnis 4:3 = 1,333

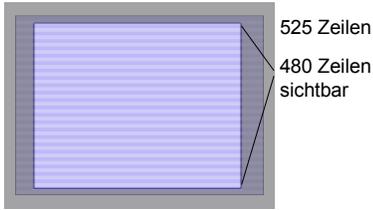


625 Zeilen
576 Zeilen sichtbar

8 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

Analoges NTSC Fernsehen

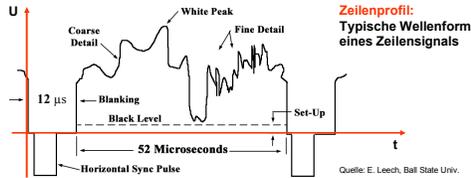
- Zeilensprungverfahren (interlaced)
- 59,94 Halbbilder/s bzw. 29,97 Bilder (Frames)/s
- Breiten-/Höhenverhältnis 4:3 = 1,333



525 Zeilen
480 Zeilen sichtbar

9 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

PAL Fernsehen: Monochrom



Zeilenprofil:
Typische Wellenform eines Zeilensignals

- 100% Referenz-Weiss: $U = 0,7\text{ V}$
- 0% Referenz-Weiss: $U = 0\text{ V}$
- Horizontaler Synchronisierungsimpuls ("Sync-Pulse"): $U = -0,3\text{ V}$
- Zeilenfrequenz $f_z = 25 \cdot 625 = 15,625\text{ kHz}$
- Zeilendauer $T_z = 1/f_z = 64\text{ }\mu\text{s}$
- Dauer des horizontalen Austastintervalls ("Blanking"): $12\text{ }\mu\text{s}$

10 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

PAL Fernsehen: Vertikale Auflösung

- Effektiv sichtbare Zeilen pro Bild: 576 Zeilen
- Max. vertikale Frequenz (**Nyquist-Frequenz**):
 $f_v = \frac{1}{2} \times 576 = 288\text{ Linienpaare / Bildhöhe}$
- Nyquist-Frequenz ist **theoretische Obergrenze** im Fall einer perfekten Abtastung und Rekonstruktion (letztere beinhaltet sinc = sin(x)/x-Interpolationsfilter!)
- **In der Praxis** ist die **effektive Auflösung geringer** aufgrund der Unvollkommenheit der technischen Realisierung, insbesondere der fehlenden sinc-Interpolation zur Rekonstruktion des kontinuierlichen Bildsignals \Rightarrow Einführung eines sog. Kell-Faktors [Kell et al., 1934]
- **Kell-Faktor** k : Verhältnis von theoretischer zu praktischer (effektiver) Auflösung; typischer Kell-Faktor in TV-Anwendungen: $0,6 \leq k \leq 0,8$
- **Effektive vertikale Frequenz $f_{v,eff}$ und Auflösung y** (für $k = 0,6$):
 $f_{v,eff} = k \times f_v = 0,6 \times 288 = 172,8\text{ Linienpaare}$
 $y = 2 \times 172,8 \approx 346\text{ Zeilen}$

11 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

PAL Fernsehen: Horizontale Auflösung

- Effektive horizontale Auflösung (mit der Annahme $y \approx 346$ und Breiten-/Höhenverhältnis 4:3):
 $x \approx 4/3 \times y = 4/3 \times 346 = 461,3\text{ Linien}$
(≈ 461 "Pixel pro Bildzeile", was nur im übertragenen Sinn zu verstehen ist, da Zeilenbildsignal analog !)
- Max. horizontale Frequenz (bezogen auf sichtbaren Teil):
 $f_H = \frac{1}{2} \times 461,3 \approx 230\text{ Linienpaare / sichtbare Breite}$
- Verhältnis sichtbare Breite zu Gesamtbreite
 $s_H = 52\text{ }\mu\text{s} / 64\text{ }\mu\text{s} = 0,8125$
- Maximal benötigte Videobandbreite B :
 $B = f_z \times f_H / s_H = 15,625 \times 230 / 0,8125\text{ kHz}$
 $= 15,625 \times 283\text{ kHz} = 4,4\text{ MHz}$
- Effektiv zur Verfügung stehende **Videobandbreite: 5 MHz (inklusive Farbinformation!)**

12 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

PAL Fernsehen: Farbe (1/2)

- PAL Farbsignal wird in einem dreistufigen Prozess erzeugt:
 - Transformation des (R,G,B) Eingangssignals in Luma (Y) und Chroma (U,V):

$$Y = 0,299 R + 0,587 G + 0,114 B$$

$$U = 0,493 \times (B - Y)$$

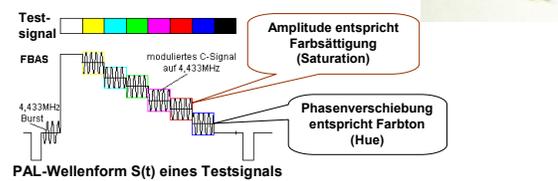
$$V = 0,877 \times (R - Y)$$
 - U und V werden amplitudenmoduliert (QAM) mit einer Trägerfrequenz $f_c = 4,433 \text{ MHz}$:

$$C(t) = U \cos(2\pi \cdot f_c \cdot t) \pm V \sin(2\pi \cdot f_c \cdot t)$$
 (+V, -V in alternierenden Zeilen: "Phase alternating line")
 - Luma- und Chroma-Signalanteile werden addiert:

$$S(t) = Y(t) + C(t)$$

13 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

PAL Fernsehen: Farbe (2/2)

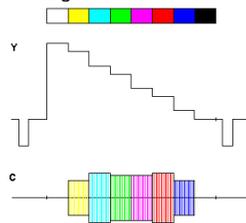


- PAL Farbsignal wird auch Farb-Bild-Austast-Synchron (FBAS) Signal oder **Composite**-Signal genannt
- Anwendungen in Fernsehübertragung, VHS und Video-8
- **Nachteil:** Störanfälligkeit durch mögliche Interferenzen zwischen Luma und Chroma
- Bandbreite von 3,5 MHz bis 5,0 MHz

14 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

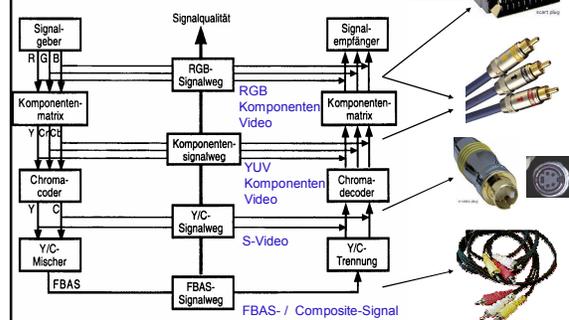
Y/C oder S-Video-Signal

- Luma (Y) und Chroma (C) werden über 2 getrennte Kanäle oder Kabel übertragen
- Wird verwendet bei S-VHS oder Hi8 Videogeräten
- Erhöhte Bandbreite für Luma entspricht einer horizontalen Auflösung von 400-430 Linien



15 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

Videoübertragung



16 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

Analoge Videoformate (1/2)

- **VHS:** Kassetten können PAL, SECAM oder NTSC bespielen oder wiedergeben. Aufzeichnung des FBAS-Signals. Horizontale Auflösung etwa 240 Linien.
- **VHS-C:** Video Home System Compact, Mini-Ausführung des VHS-Systems speziell für Camcorder, über einen Adapter in normalen VHS-Rekordern abzuspielen.
- **Betamax:** Sonys alternatives Videosystem zu VHS. Horizontale Auflösung etwa 240 Linien. Wird nicht mehr kommerziell vertrieben.
- **Video-8:** Videosystem, das mit 8 mm breiten Magnetband arbeitet und von Sony auf Basis von Betamax als Konkurrenz zu VHS-C speziell für Camcorder entwickelt wurde. Horizontale Auflösung etwa 280 Linien.

17 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

Analoge Videoformate (2/2)

- **S-VHS:** Super-VHS, Weiterentwicklung des VHS-Systems. Bessere Bildqualität, durch getrennte Aufzeichnung von Luma und Chroma. Horizontale Auflösung über 400 Linien. Geringe Marktakzeptanz. (S-VHS-C für die Verwendung in Camcordern).
- **Hi8:** Weiterentwickeltes Video 8-System für Videoaufzeichnungen in Profiqualität. Das Auflösungsvermögen wurde stark verbessert (horizontale Auflösung 400 Linien)
- **Betacam / Betacam SP:** System für den professionellen Einsatz (bis Ende der 90er Jahre). Signaltrennung nach YUV bzw. $Y_C B_C R_C$. Horizontale Auflösung 320-360 Linien.

18 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel