

Grundlagen Digitaler Medien

Videosignale

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Sebastian Knorr

Email: knorr@htw-berlin.de

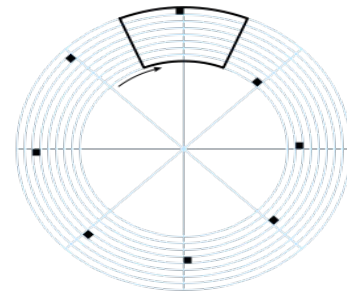


Lernziele

- (Analoges Videosignal)
- Digitales Video
- Zusammenfassung

Historie: Bewegtbild

- 1826: Erste erhaltene Photographie
 - Niépce hält Abbildung auf Zinnplatte fest
 - Belichtungszeit: 8 Stunden (!)
- 1873: Entdeckung der Lichtempfindlichkeit des Selens:
 - Steuerung von elektrischen Strömen mittels Lichtintensität
- 1884: Patent Nipkow-Scheibe (s. Abbildung)
 - Bei genügend schneller Abtastung Bildinformationen seriell übertragbar
- 1889:
 - Rollfilm verfügbar
 - Belichtungszeit unter 1/16 Sekunde => mehr als 15 Bilder/s



Nipkow-Scheibe, Quelle:
http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nipkow_disk.svg

Historie: Bewegtbild

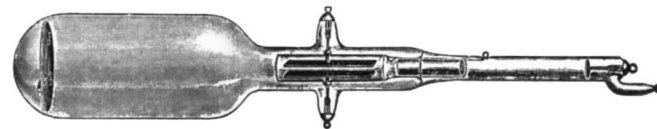
- 1895: Geburtsstunde des Films

Am 1. November 1895 zeigten die Brüder Skladanowsky mit ihrem Projektor Bioskop im Rahmen eines Varieté-Programms im Berliner Wintergarten neun kurze Filme.

- Filmtransport schnell genug
- Kamera und Projektion

- 1897: Braunsche Röhre zur schnellen Steuerung von Elektronenstrahlen

- Intensität
- Räumliche Bewegung



- 1929:

- Erste deutsche Fernsehnorm mit 30 Zeilen und 12,5 Bildern/s
- Ablösung der Nipkow-Technik durch elektronische Röhrentechnologie (USA)

Historie Bewegtbild

- Mitte 1930er Jahre
 - 1934 Deutschland: 180 Zeilen mit 25 Bildern
 - 1937 Deutschland: 441 Zeilen mit 50 Bildern
 - Ab 1935 regelmäßiger Sendebetrieb in Deutschland bis 1939
 - Z.B. Olympia 1936: Übertragung in „Fernsehtuben“
- Weiterentwicklung des Fernsehens in 1940er Jahren in USA
- 1950: Gerber-Norm mit 625 Zeilen in Deutschland
 - Kompatible Zeilenfrequenz zu USA Fernsehnorm NTSC (525 Zeilen/60 Hz)
- 1950: Gründung der ARD
 - 25.12.1952: Fernseh-Rundfunkbetrieb Deutschland beginnt mit Tagesschau
 - ZDF: 1963

Historie Bewegtbild

- Farbfernsehen:
 - 1953 (!) in USA (NTSC)
 - 1957: SECAM in Frankreich
 - 1963 bzw. 1967: PAL-Farbfernsehen in Deutschland/ Großbritannien
- 1962: Fernsehübertragung von USA nach Europa via Satellit
- 1984: Breitbandkabel – „Kabelfernsehen“
- Seit 1990er Jahren Satellitenempfang

Historie Bewegtbild

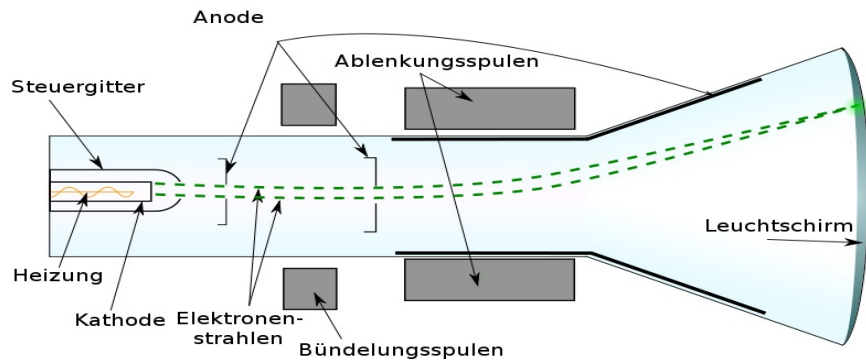
- Erhebliche Fortschritte bei Videokompression
 - 1991: H.261 (Ziel: Videotelefonie über ISDN)
 - 1993: MPEG-1
 - 1994: MPEG-2
 - 1998: MPEG-4
 - 2002: H.264 (MPEG-4/AVC)
 - 2012: H.265 (MPEG-4/HEVC) → Ultra-HD
- Seit 2000 DVB (Digital Video Broadcasting) in Europa

Analoges Fernsehen

- Zwei Hauptstandards
 - 625-Zeilensystem mit 50 Hz Bildwechselfrequenz
 - 525-Zeilensystem mit 60 hz Bildwechselfrequenz
- Arten der Farbübertragung
 - PAL (Phase Alternating Line)
 - SECAM (Sequentielle a Memoire)
 - NTSC (North American Television System Committee)
- Farbübertragungsarten mit 525 und 625 Zeilen kombinierbar

Wiedergabe Videosignal (Röhrenmonitor)

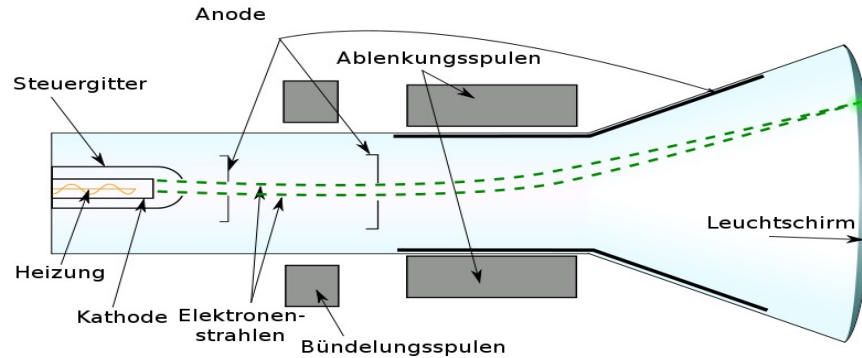
- Intensität des Elektronenstrahls durch Videosignal gesteuert
 - Strahl wird in gleichem Rhythmus über Schicht geführt
 - Schicht wird in Abhängigkeit von Stromstärke zum Leuchten angeregt
 - Farbe ist bestimmt durch Art des Leuchtstoffs



Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Kathodenstrahlröhre>

Wiedergabe Videosignal (Röhrenmonitor)

- Intensität des Elektronenstrahls durch Videosignal gesteuert
 - Strahl wird in gleichem Rhythmus über Schicht geführt
 - Schicht wird in Abhängigkeit von Stromstärke zum Leuchten angeregt
 - Farbe ist bestimmt durch Art des Leuchtstoffs

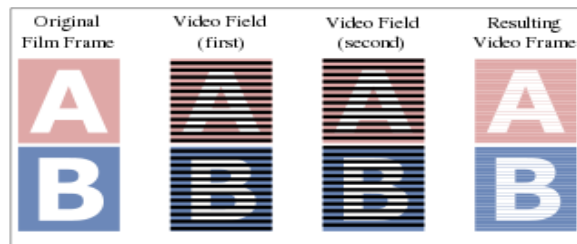
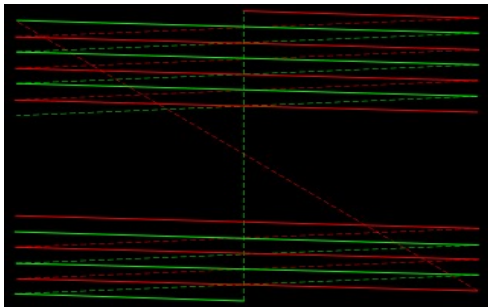


Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Kathodenstrahlröhre>



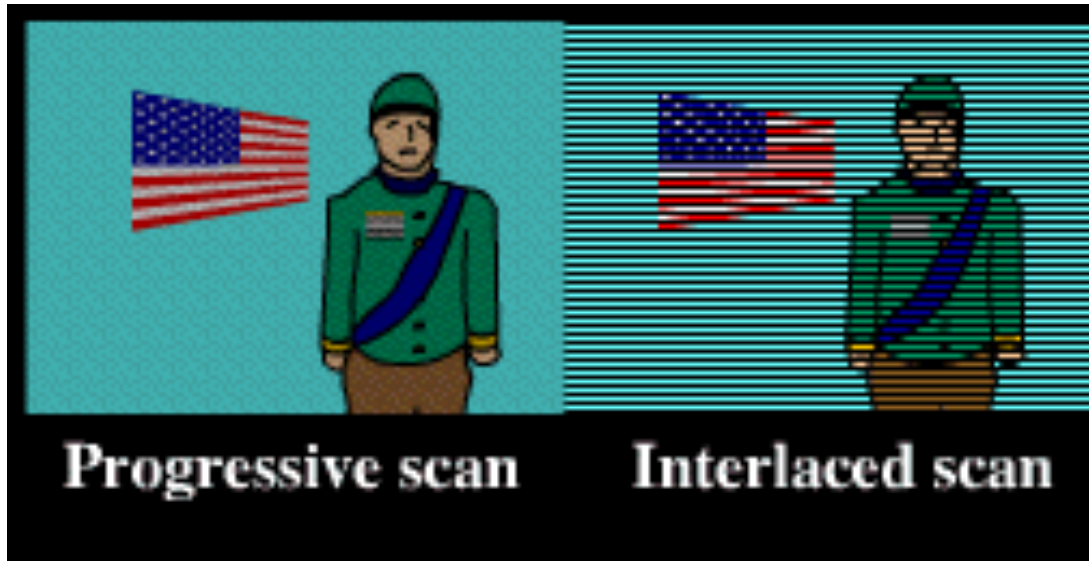
Zeilensprungverfahren (Interlaced Video)

- **Non-interlaced (progressiver) Bildaufbau:**
 - Lesen (Schreiben) der Bildzeilen nacheinander
 - Würde bei 25 Hz zu starkem Flimmern führen
- Daher Zeilensprungverfahren (**interlaced**), z.B. für 625 Zeilen
 - Unterteilung eines Bildes in zwei Halbbilder a 312,5 Zeilen
 - Doppelte Wiederholfrequenz von 50 Hz bei gleicher Signalbandbreite



Quelle: <http://de.wikipedia.org/wiki/Zeilensprungverfahren>

Zeilensprungverfahren (Interlaced Video)



<https://de.wikipedia.org/wiki/Zeilensprungverfahren>

Farbsignal

- Mehrere Arten von Farbsignal in der Praxis
 - RGB-Farbsignal oder YUV-Komponentensignal
 - Y/C-Signal
 - FBAS-Signal
- RGB-Signal
 - Einfachste Farbsignalform
 - Drei Übertragungskanäle
 - Austast- und Synchronsignale des S/W-Signals werden übernommen
 - S-Signal entweder auf Grün, auf allen Kanälen oder separat
 - Höchste Übertragungsqualität
 - Nur auf kurzen Strecken, zwischen Kameras und Bildtechnik etc.

Farbsignalform: YUV-Komponentensignal

- Ursprüngliches Ziel: Farbsignal sollte kompatibel zu S/W-Signal sein
 - D.h. aus Farbsignal soll Leuchtdichte-Signal leicht ableitbar sein
 - ⇒ Luminanzsignal Y
 - Y wird gebildet in Bezug auf menschliche Wahrnehmung
 - Maximale Empfindlichkeit in Mitte des Spektrums von Grün
 - Grünanteil wird am höchsten bewertet
 - Farbinformation (Chrominanz C) beschrieben durch YUV-Farbraum
 - Luminanz
 - Farbdifferenzsignale U und V
- $Y = 0,299 R + 0,587 G + 0,114 B$

TV-Komponentenfarbräume

- Farbräume zur standardisierten Aufnahme, Speicherung, Übertragung, Wiedergabe von Farb-TV-Bildern
- Trennung in
 - 1 Luminanzkomponente: Y
 - 2 Farbkomponenten: U und V
- YUV: PAL/NTSC Analog-TV
- YCbCr: Digital-TV

YC_bC_r-Komponentenfarbraum

- Variante (Weiterentwicklung) von YUV
- Internationaler Standard für digital-TV
- Von International Telecommunication Union: ITU
- Auch bei JPEG (JFIF, EXIF) üblich

RGB → YC_bC_r

$$\begin{pmatrix} Y \\ C_b \\ C_r \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ -0.169 & -0.331 & 0.500 \\ 0.500 & -0.419 & -0.081 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

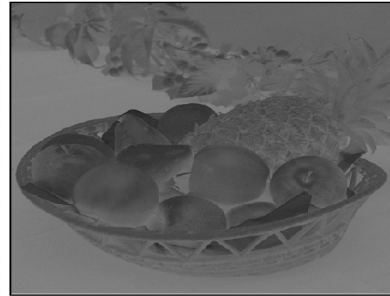
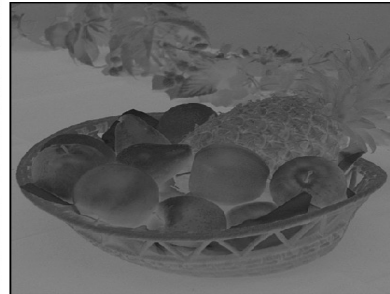
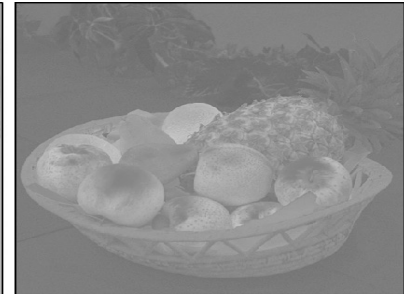
YC_bC_r → RGB

$$\begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1.000 & 0.000 & 1.403 \\ 1.000 & -0.344 & -0.714 \\ 1.000 & 1.773 & 0.000 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} Y \\ C_b \\ C_r \end{pmatrix}$$

Nach ITU-BT.601 (4:3 und 16:9 Digital-TV): $w_R=0.299$, $w_B=0.114$

Nach ITU-BT.709 (Digital-HDTV): $w_R=0.2125$, $w_B=0.0721$

YUV und YC_bC_r Komponenten

 Y YUV  U  V YC_bC_r  Y  C_b  C_r

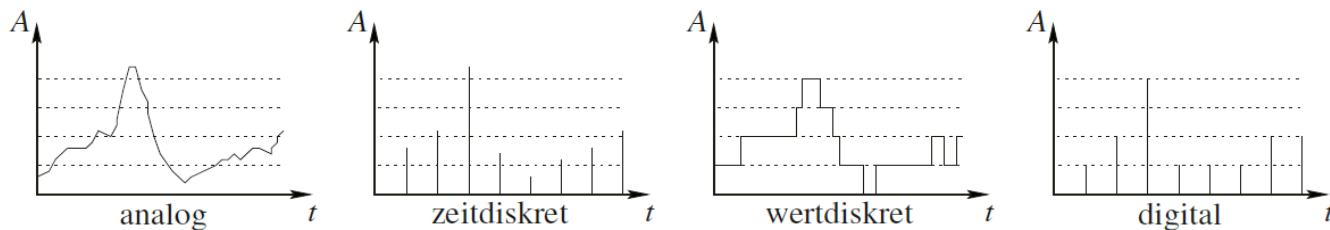
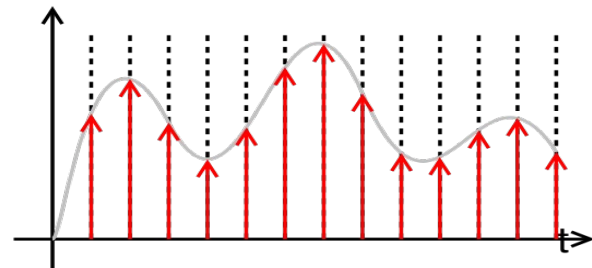
Farb-Komponentensignal Y/C

- YUV-Komponentensignal nicht als Fernsehsignal geeignet
 - Wegen dreifacher Signalführung
 - Luminanz- und Chrominanzsignal müssen in ein Signal integriert werden
- Farb-Komponentensignal besteht aus
 - Luminanz Y
 - Chrominanz C



Wiederholung: Digitales Videosignal

- Digitalisierung geschieht durch
 - Räumliches oder zeitliches Sampling (x)
 - Quantisierung der Signalwerte (y)
- Fehler entsprechend durch
 - Sampling
 - Quantisierung



Digitales Videosignal

- Vorteile
 - Flexible Übertragung
 - Datenkompression
 - Beliebige Manipulation
 - Beliebige Qualität
- Nachteile
 - Informationsverlust durch Sampling und Quantisierung
 - Hohes Datenaufkommen und hohe Bandbreite

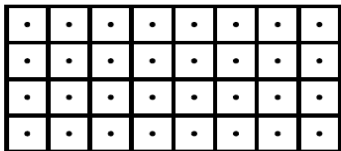
Abtastrate Y-Cb-Cr

- 4:4:4 - Codierung:
 - Y, C_B und C_R Werte werden jeweils mit 8 Bit codiert.
- 4:2:2 - Codierung
 - Je 4 Pixel werden jeweils 4 Y, 2 C_B und 2 C_R Werte mit 8 Bit codiert
 - ⇒ 16 Bit pro Pixel
- 4:2:0 - Codierung
 - Je 4 Pixel werden jeweils 4 Y, 1 C_B und 1 C_R Werte mit 8 Bit codiert
 - ⇒ 12 Bit pro Pixel
- Abtastung erfolgt nicht gleichmäßig pro Pixel sondern an verschiedenen räumlichen Punkten
- 4:2:0 z.B. im Consumer-Bereich gebräuchlich

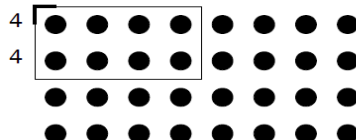
Chrominanz-Subsampling

4:4:4

H: 1/1
V: 1/1
T: 1/1

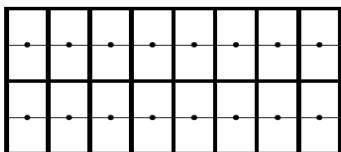


4:4:4

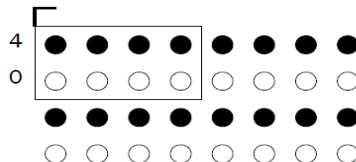


4:4:0

H: 1/1
V: 1/2
T: 1/2

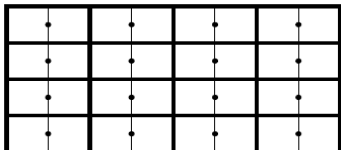


4:4:0

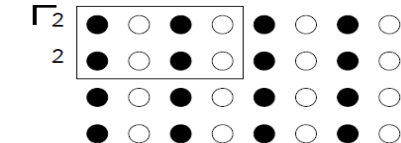


4:2:2

H: 1/2
V: 1/1
T: 1/2



4:2:2



H: chrominance resolution horizontal
V: chrominance resolution vertical
T: chrominance resolution total

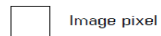


Image pixel



Centroid of chrominance pixel



Chrominance sample



No chrominance sample



Pattern identifier
reference "block"



Corner of pixel block shown at left

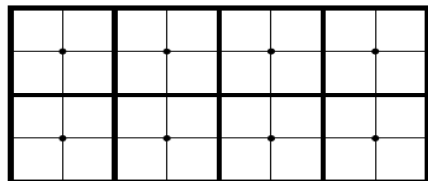
Chrominanz-Subsampling (2)

4:2:0 ①

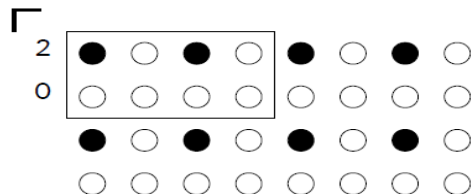
H: 1/2

V: 1/2

T: 1/4



4:2:0

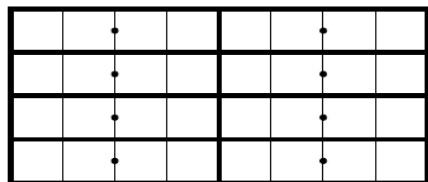


4:1:1

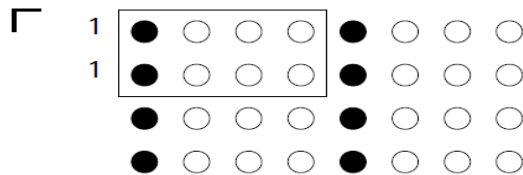
H: 1/4

V: 1/1

T: 1/4



4:1:1

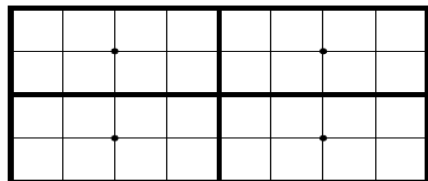


4:1:0

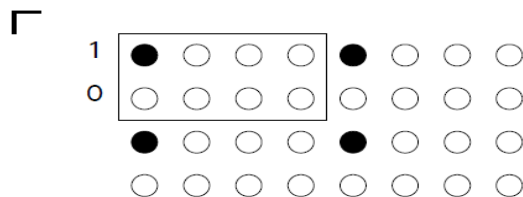
H: 1/4

V: 1/2

T: 1/8



4:1:0



① This is the most common "centered" form for 4:2:0 for still images; others are used in video

Quelle: Kerr, Douglas, 2012, <http://dougkerr.net/pumpkin/articles/Subsampling.pdf>

High-Definition (HD) Videosignale

- Höhere Bildauflösung und 16:9 Format
- HDTV analog
 - 1080 aktive Zeilen pro Bild
 - 24 bis 60 Bilder pro Sekunde **progressiv**
 - 50 bis 60 Bilder pro Sekunde **interlaced**
- HDTV digital
 - 1080 aktive Zeilen pro Bild
 - 1920 aktive Bildpunkte pro Zeile

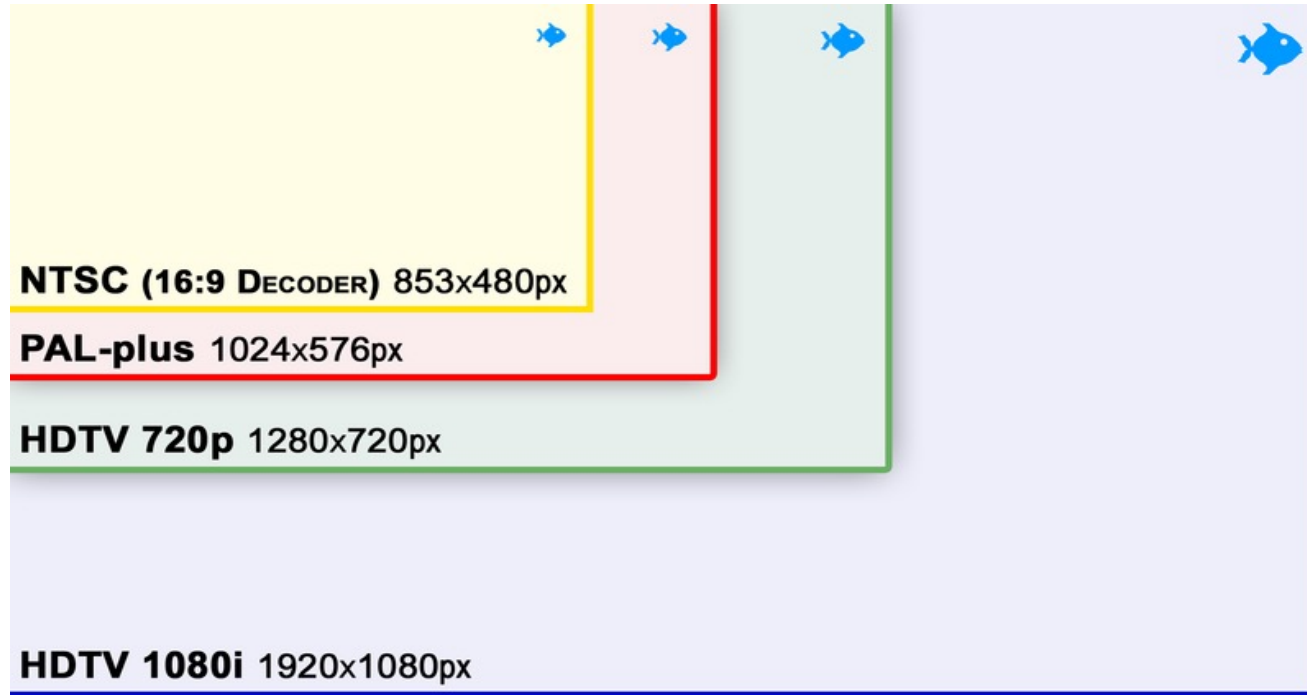
HD digital: 720p

- Weiteres HD-Format 720p
 - p steht für **progressiv**
 - 720 aktive Zeilen
 - 1280 aktive Bildpunkte pro Zeile
 - Unterschied zu 1080i:
 - Geringere Auflösung
 - Ausschließlich progressiver Bildaufbau, d.h. kein Interlaced

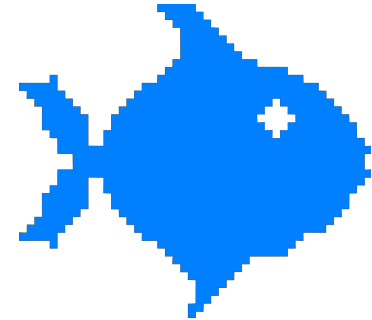
HD: 720p und 1080i

- Datenraten
 - 720p hat 0,92 Mpixel pro (Voll)Bild
 - 1080i hat 1,04 Mpixel pro Halbbild
- Unterschied in der Darstellung
 - 720p: Bewegungen lassen sich progressiv besser darstellen
 - 1080i: benötigt Deinterlacing zur besseren Darstellung von Bewegung

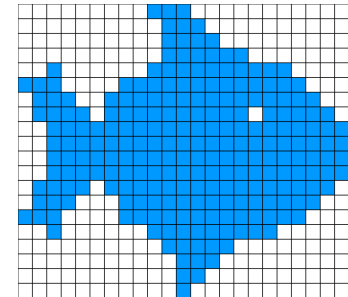
Vergleich der Auflösungen



HD-Fisch



SD-Fisch



Quelle: http://de.wikipedia.org/wiki/High_Definition_Television

8K UHD

4K UHD

1080p HD

SD

Lessons Learned

- Analoges Fernseh-/Videosignal
 - Farbraum
 - PAL & NTSC
- Digitales Videosignal
 - Formate, Auflösung etc.
 - YC_bC_r Abtastung
 - HD

Literatur

- Fischer, Walter: Digitale Fernseh- und Hörfunktechnik in Theorie und Praxis, Springer Verlag, 2010.
- Schmidt, Ulrich: Digitale Film- und Videotechnik, Hanser-Verlag 2011.
- Schmidt, Ulrich: Professionelle Videotechnik, 5. Auflage, Springer-Verlag, 2009.
- Stotz, Dieter: Computergestützte Audio- und Videotechnik, 2. Auflage, Springer-Verlag, 2011.
- Strutz, Tilo: Bilddatenkompression, 4. Auflage, 2009.



Vielen Dank!

Sebastian Knorr

