

# Grundlagen Digitaler Medien

## Videosignale

Dozent: Prof. Dr.-Ing. Sebastian Knorr

Email: knorr@htw-berlin.de

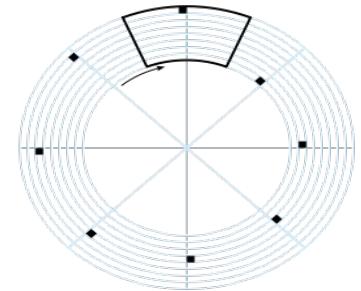


# Lernziele

- (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](http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Nipkow_disk.svg)

# Historie: Bewegtbild

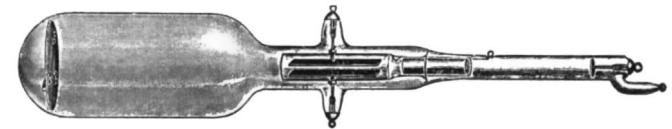
- 1895: Geburtsstunde des Films

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 „Fernsehstuben“
- 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

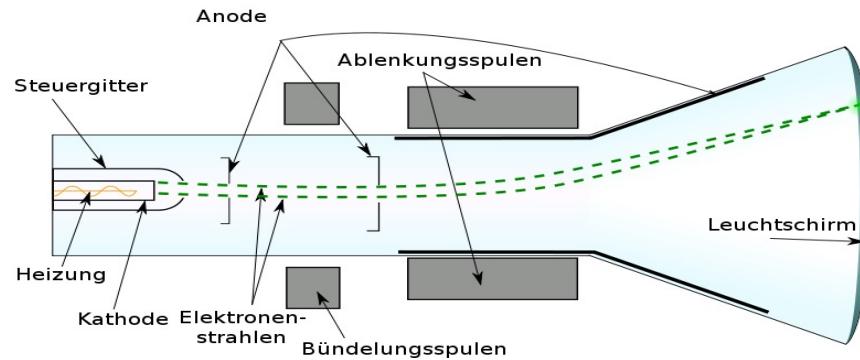
- Erhebliche Fortschritte bei Videokompression
  - 1991: H.261 (Ziel: Videotelefonie über ISDN)
  - 1993: MPEG-1
  - 1994: MPEG-2
  - 1998: MPEG-4
  - 2002: H.264 (MPEG-4/AVC)
  - 2012: H.265 (MPEG-4/HEVC) → Ultra-HD
- Seit 2000 DVB (Digital Video Broadcasting) in Europa

# 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)

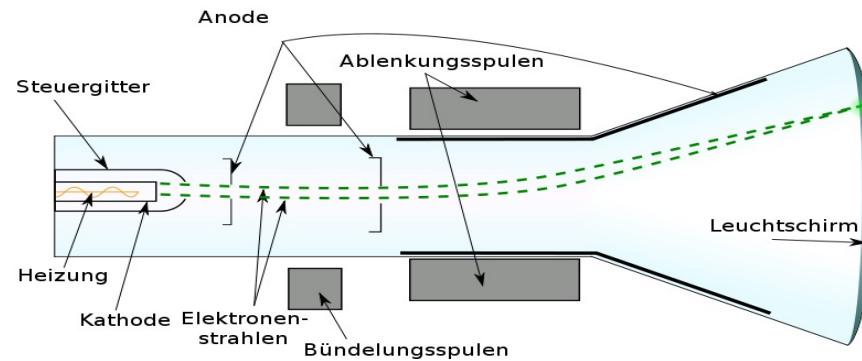
- Intensität des Elektronenstrahls durch Videosignal gesteuert
  - Strahl wird in gleichem Rhythmus über Schicht geführt
  - Schicht wird in Abhängigkeit von Stromstärke zum Leuchten angeregt
  - Farbe ist bestimmt durch Art des Leuchtstoffs



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

# Wiedergabe Videosignal (Röhrenmonitor)

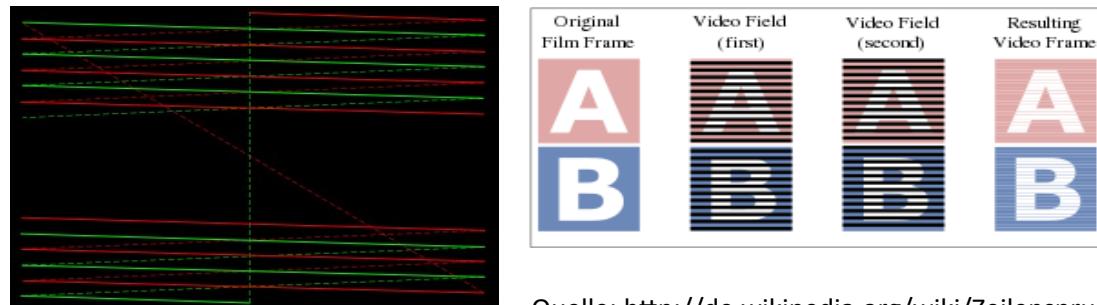
- Intensität des Elektronenstrahls durch Videosignal gesteuert
  - Strahl wird in gleichem Rhythmus über Schicht geführt
  - Schicht wird in Abhängigkeit von Stromstärke zum Leuchten angeregt
  - Farbe ist bestimmt durch Art des Leuchtstoffs



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

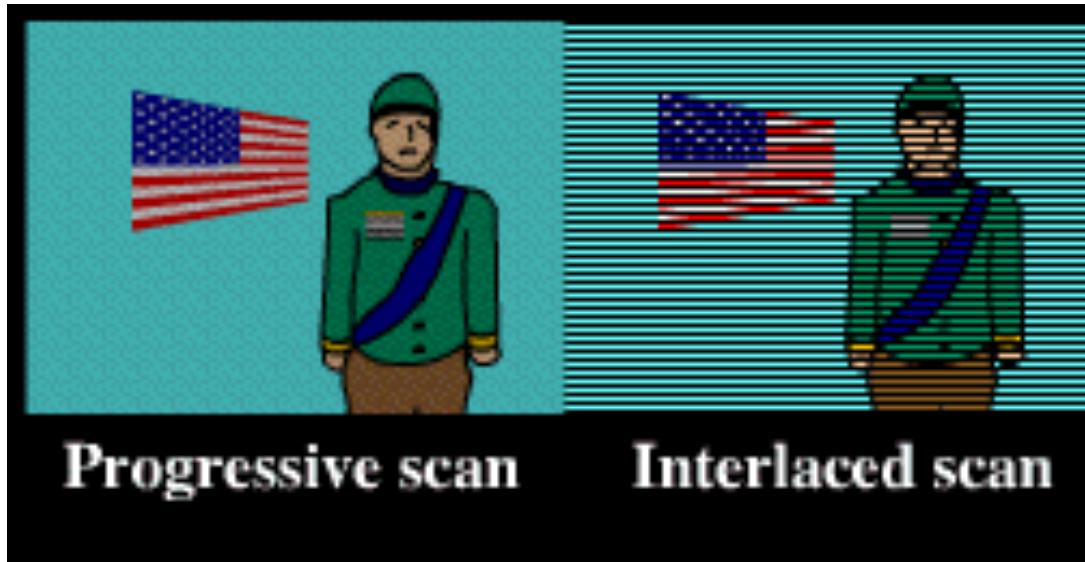
# Zeilensprungverfahren (Interlaced Video)

- **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
- YC<sub>b</sub>C<sub>r</sub>: Digital-TV

# YC<sub>b</sub>C<sub>r</sub>-Komponentenfarbraum

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

RGB → YC<sub>b</sub>C<sub>r</sub>

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

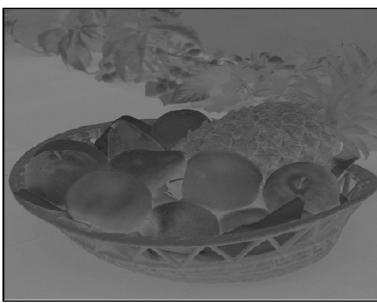
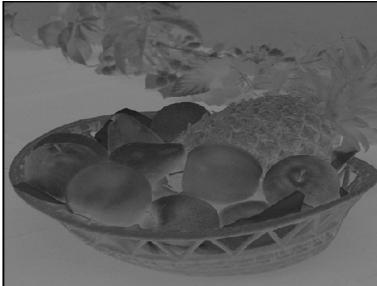
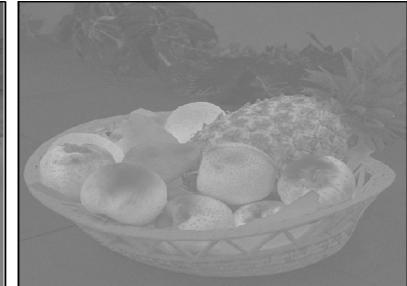
YC<sub>b</sub>C<sub>r</sub> → RGB

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

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<sub>b</sub>C<sub>r</sub> Komponenten

 $Y$  $U$  $YUV$  $V$  $Y$  $C_b$  $C_r$

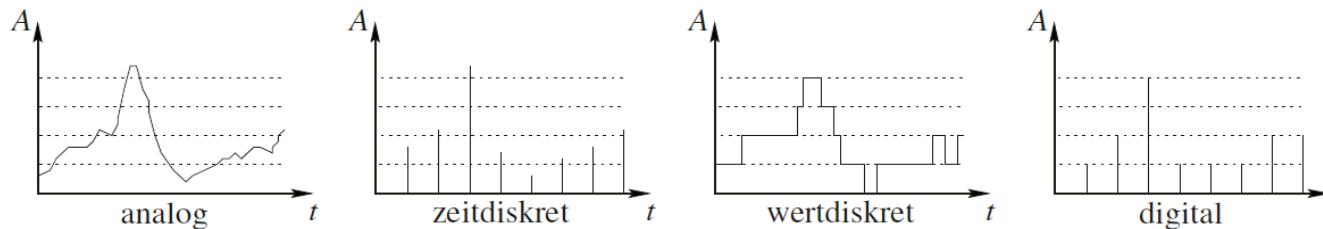
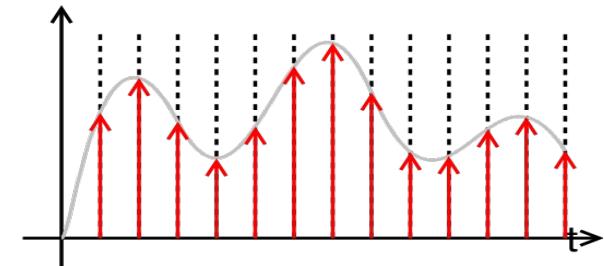
# Farb-Komponentensignal Y/C

- 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

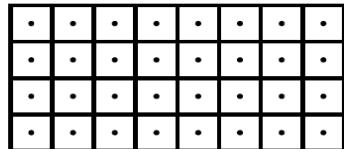
# Abtastrate Y-Cb-Cr

- 4:4:4 - Codierung:
  - Y, C<sub>B</sub> und C<sub>R</sub> Werte werden jeweils mit 8 Bit codiert.
- 4:2:2 - Codierung
  - Je 4 Pixel werden jeweils 4 Y, 2 C<sub>B</sub> und 2 C<sub>R</sub> Werte mit 8 Bit codiert  
⇒ 16 Bit pro Pixel
- 4:2:0 - Codierung
  - Je 4 Pixel werden jeweils 4 Y, 1 C<sub>B</sub> und 1 C<sub>R</sub> 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

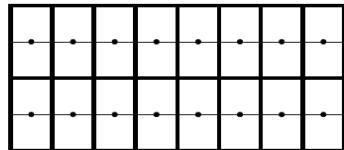
4:4:4

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



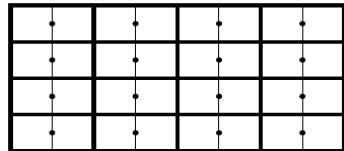
4:4:0

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



4:2:2

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



H: chrominance resolution horizontal

V: chrominance resolution vertical

T: chrominance resolution total

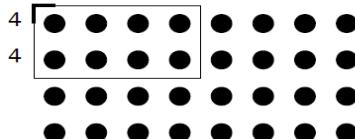


Image pixel

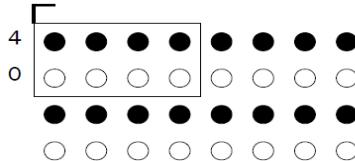


Chrominance pixel  
Centroid of chrominance pixel

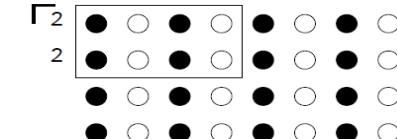
4:4:4



4:4:0



4:2:2



● Chrominance sample

○ No chrominance sample

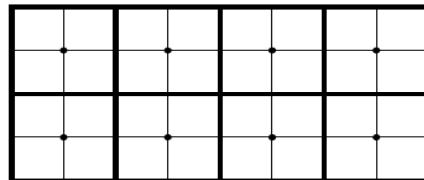
Pattern identifier  
reference "block"

└ Corner of pixel block shown at left

# Chrominanz-Subsampling (2)

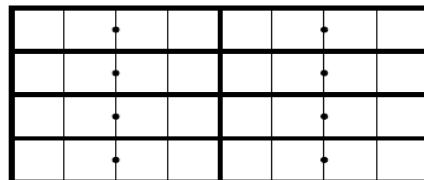
4:2:0 ①

H: 1/2  
V: 1/2  
T: 1/4



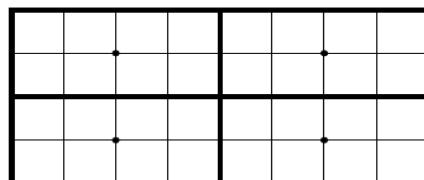
4:1:1

H: 1/4  
V: 1/1  
T: 1/4

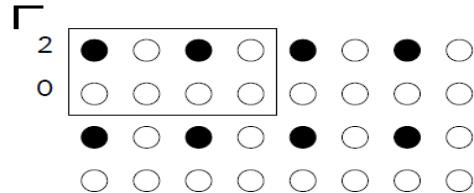


4:1:0

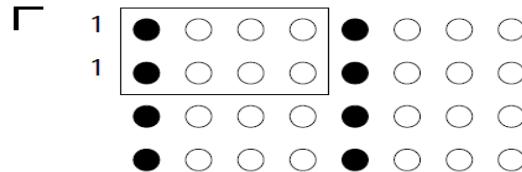
H: 1/4  
V: 1/2  
T: 1/8



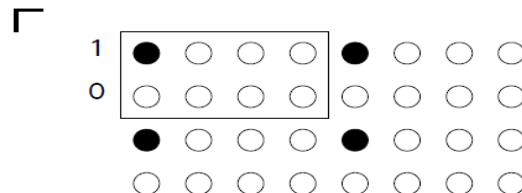
4:2:0



4:1:1



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

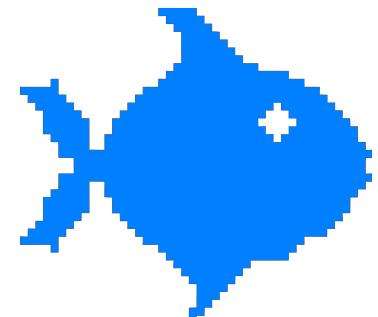
# HD: 720p und 1080i

- 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

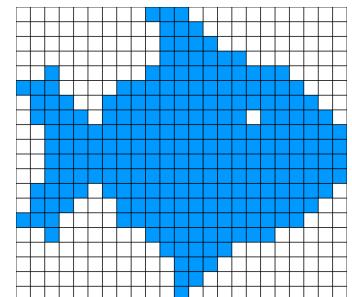
# Vergleich der Auflösungen



HD-Fisch



SD-Fisch



Quelle: [http://de.wikipedia.org/wiki/High\\_Definition\\_Television](http://de.wikipedia.org/wiki/High_Definition_Television)

8K UHD

4K UHD

1080p HD

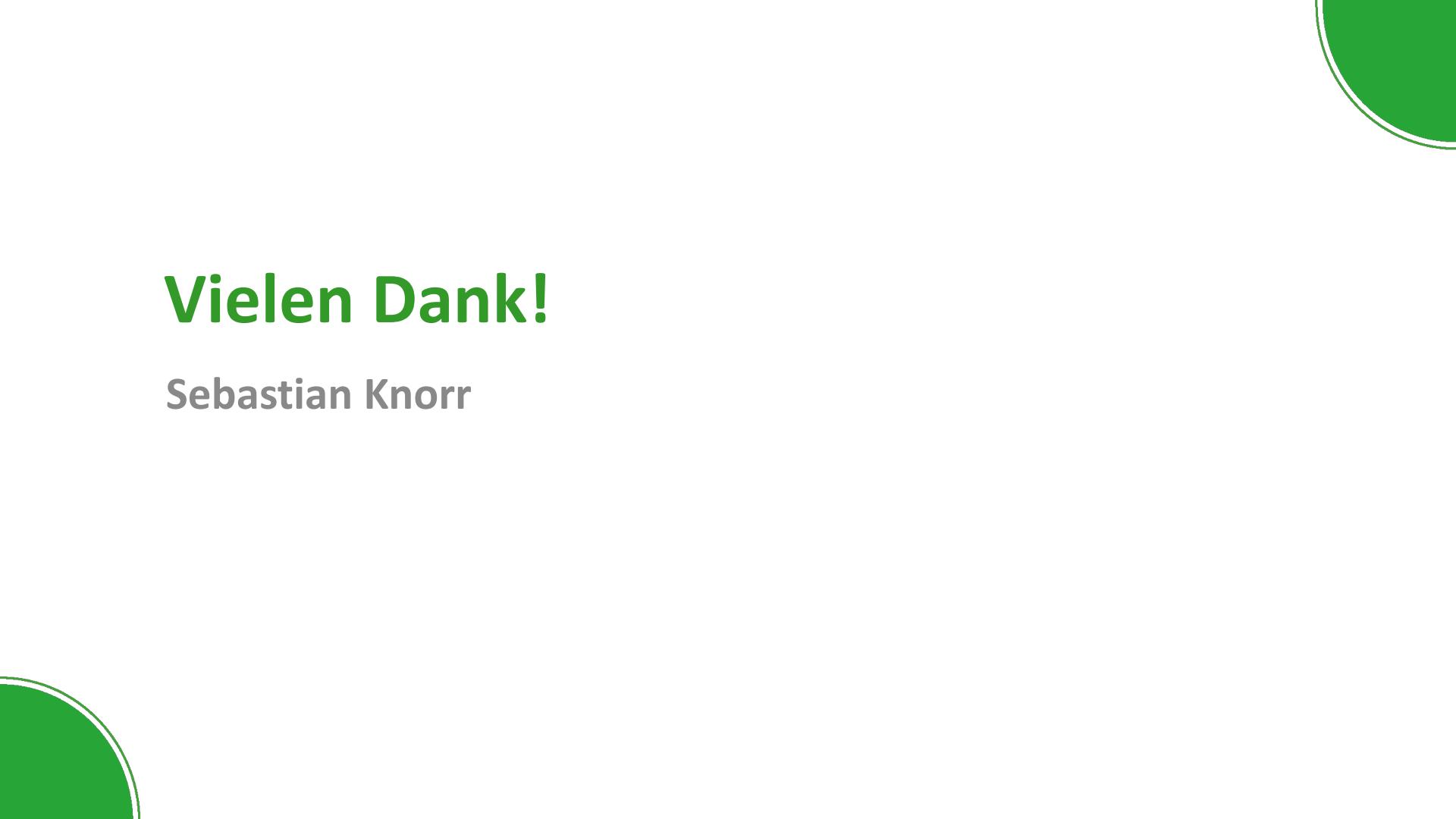
SD

# 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