

## 4. Licht, Farbe und Bilder

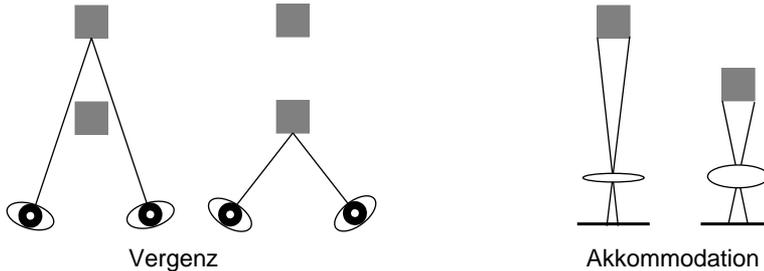
- 4.1 Licht und Farbe: Physikalische und physiologische Aspekte
- 4.2 Farbmodelle
- 4.3 Raster-Bilddatenformate
- 4.4 Verlustbehaftete Kompression bei Bildern
- 4.5 JPEG-Weiterentwicklungen
- 4.6 Bewegte Bilder: Grundbegriffe der digitalen Videotechnik
  - Bewegungswahrnehmung 
  - Videosignale
  - Konzepte zur Videokompression
  - MPEG- 1 und -2
  - Weitere komprimierte Videoformate

## Begriffe zu Animation und Video

- *Animation*: Satz von Multimediadaten, die in Pakete eingeteilt sind, so dass die Pakete räumlich korreliert sind und von Paket zu Paket eine zeitliche Korrelation besteht.
- Ein Datenpaket mit intern nur räumlicher Korrelation heißt *Frame*.
  - In der Praxis ist ein Frame immer ein geschlossenes (Stand-)Bild.
  - Ein Halb-Bild (Halb-Frame) heißt *Field*.
- Die gesamte Animation ist eine *Produktion* oder ein *Film (Movie)*.
  - Untereinheit „Szene“ heißt oft (*Video*-)Clip.
- Mehr oder weniger abstrakte Darstellungen von Movies:
  - Analog zu Vektorformat vs. Bitmapformat bei Bildern
  - Animation (Abstrakter): Benötigt expliziten *Rendering*-Vorgang zur Umsetzung in vom Menschen aufnehmbare Bilder
  - Videodaten (konkret): Kein spezielles Rendering (außer der Decodierung von Kompression)

## Bewegungswahrnehmung (1)

- Physiologische Faktoren:
  - Gegenseitige Beeinflussung benachbarter Lichtsinneszellen auf der Netzhaut (Verschaltung)
  - Nachführung der Augen, um ein bewegtes Objekt auf die Fovea (Gelber Fleck) zu fokussieren (foveale Objektverfolgung):
    - » Vergenz
    - » Akkommodation



## Bewegungswahrnehmung (2)

- Psychologische Faktoren:
  - Bewegungswahrnehmung ist eine komplexe Berechnungs- und Bewertungsleistung des Gehirns
  - Physikalisch „falsche“ Wahrnehmung durch Unterdrückung von Wahrnehmungen im Gehirn möglich
    - » Beispiel von bewegtem Objekt herunterfallendes Objekt
- Bewegungseindruck durch Betrachten von Bildfolgen
  - Grundprinzip bereits mit einfachen mechanischen Geräten nutzbar
  - Lumière 1895: Cinematograph
  - Physiologische Grenze: 50 – 60 Bilder/Sekunde (Hz)
    - » z.B. bei 100 Bildern/Sekunde keine Zwischenstufen mehr durch das Auge auflösbar
  - Psychologische Grenze: 25 – 30 Bilder/Sekunde (Hz)
    - » unter 50 Bildern/Sekunde aber sehr anstrengend
  - Koordination Bewegung-Wahrnehmung benötigt mindestens 5 Hz

## Bewegungssimulation durch Bildfolgen

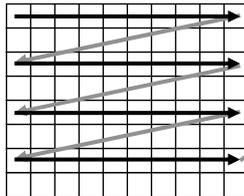
- Natürlichkeit des Bewegungseindrucks („Immersion“) ist bei klassischen Ausgabegeräten begrenzt:
  - Fehlende Beschleunigungswahrnehmung
    - » Übelkeit wegen inkonsistenter Signal-Information
  - Fehlende Akkommodation und Vergenz
    - » Bewegungen in Richtung zum Betrachter und vom Betrachter weg
    - » Alle Objekte in gleicher Entfernung dargestellt/aufgenommen
- Stereoskopische Ausgabegeräte:
  - Kopplung von Akkommodation und Vergenz nicht ausreichend
  - Belastende Präsentationstechnik (z.B. Shutterbrillen)

## 4. Licht, Farbe und Bilder

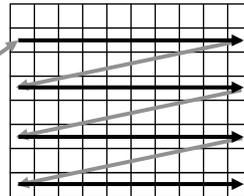
- 4.1 Licht und Farbe: Physikalische und physiologische Aspekte
- 4.2 Farbmodelle
- 4.3 Raster-Bilddatenformate
- 4.4 Verlustbehaftete Kompression bei Bildern
- 4.5 JPEG-Weiterentwicklungen
- 4.6 Bewegte Bilder: Grundbegriffe der digitalen Videotechnik
  - Bewegungswahrnehmung
  - Videosignale 
  - Konzepte zur Videokompression
  - MPEG- 1 und -2
  - Weitere komprimierte Videoformate

## Analoge TV-Standards

- Bildaufbau durch Elektronenstrahl
  - immer von links nach rechts (Rücksprung, Synchronisation)
  - verzahnte Halbbilder (*interlacing*, Zeilensprungverfahren)
- Standards:
  - NTSC (USA, Japan): 525 Zeilen, 29,96 Hz (Halbbild), 59,94 Hz (Vollbild)
  - PAL, SECAM (Europa): 625 Zeilen, 25 Hz (Halbbild), 50 Hz (Vollbild)



1. Halbbild (*field*)

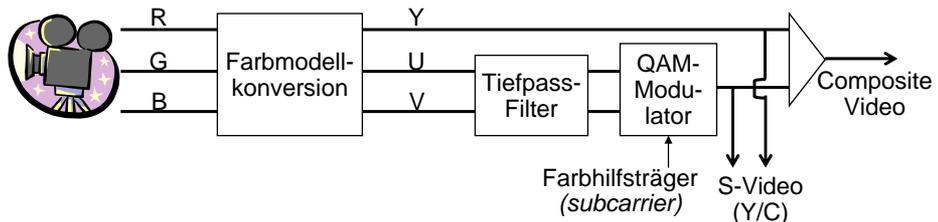


2. Halbbild (*field*)

- Probleme mit Interlacing:
  - Störungen (Flimmern) bei computergenerierten Bildern mit scharfen Kanten

## Composite Video

- Komposit-Signal umfaßt Helligkeitssignal (Luma) und Farbinformation (Chroma)
  - Deutsche Bezeichnungen: (F)BAS (Farbe, Bild, Austastung, Synchronisation)
  - Farbmodell YUV bzw. YIQ
  - Farbinformation wird mit geringerer Bandbreite übertragen (Subsampling)



- Probleme: „Übersprechen“ zwischen Farb- und Helligkeitsinformation

## Component Video

- RGB-Signal:
  - Separate Übertragung der drei Primärkomponenten
  - Für kurze Strecken mit höchsten Qualitätsansprüchen
    - » z.B. zur Kamera oder zum Monitor
- YUV- bzw. YIQ-Signale:
  - Reduzierte Bandbreite für die beiden Farbsignale
  - Verwendung bei hochwertiger Studioteknik
  - Gute Ausgangsbasis für Digitalisierung von analogem Video

## Standards für (unkomprimiertes) Digitales Video

- Digital Composite
  - Historische Zwischenform (D2-Videobänder):  
Digitalisierung von analogem Composite Video
- Digital Component
  - CCIR-Standard 601, umbenannt in ITU-Rec. BT.601
    - » NTSC-Variante: 720 x 480 Pixel, PAL-Variante: 720 x 576 Pixel
    - » Chroma-Subsampling 4:2:2, Interlacing, 13,5 MHz Abtastung für Y
    - » Wahlweise 8 oder 10 bit Tiefe
    - » Datenrate (PAL, 8 bit) 165,9 Mbit/s
  - CIF (Common Interchange Format)
    - » NTSC: 352 x 240 Pixel, PAL: 360 x 288 Pixel; kein Interlacing
    - » Chroma-Subsampling 4:2:0
    - » Datenrate 36,5 Mbit/s
  - QCIF (Quarter CIF)
    - » 176 x 144 Pixel, sonst wie CIF

## Codecs

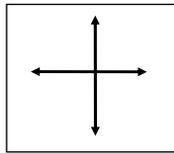
- Codec = Coder/Decoder
  - Software oder Hardware zur Kompression und Dekompression von Video- und Audiodaten
  - Treiber, im Betriebssystem installiert
- Beispiele:
  - Intel Indeo
  - Microsoft Video-1
  - Cinepak
  - sowie Codecs nach MPEG, H.261 etc.

## 4. Licht, Farbe und Bilder

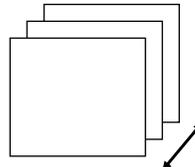
- 4.1 Licht und Farbe: Physikalische und physiologische Aspekte
- 4.2 Farbmodelle
- 4.3 Raster-Bilddatenformate
- 4.4 Verlustbehaftete Kompression bei Bildern
- 4.5 JPEG-Weiterentwicklungen
- 4.6 Bewegte Bilder: Grundbegriffe der digitalen Videotechnik
  - Bewegungswahrnehmung
  - Videosignale
  - Konzepte zur Videokompression 
  - MPEG- 1 und -2
  - Weitere komprimierte Videoformate

## Ansatzpunkte zur Video-Kompression

- Videodaten haben vier Dimensionen:
  - Zwei Bilddimensionen
  - Eigenschaften der Pixel (Helligkeit, Farbe)
  - Zeitachse
- Kompressionsansätze:
  - *Spatial* oder *intra-coding*: Redundanz aus einem Bild entfernen
    - » DCT, DWT, Vektorquantisierung, Konturbasierte Kodierung
  - *Temporal* oder *inter-coding*: Redundanz zwischen Bildern entfernen
    - » Differenzcodierung, Bewegungskompensation



Spatial



Temporal

## Konzept: Vektorquantisierung

- Idee:
  - Bild aufteilen in Blöcke, z.B. 4 x 4 Pixel
  - Suche nach Ähnlichkeiten zwischen den Blöcken
  - Ähnliche Blöcke durch einen „Durchschnittsblock“ ersetzen
  - Palette für Bildblöcke, d.h. Kodierung durch Index
- Verwendung:
  - Indeo, Cinepak
- Langsame Codierung (Spezial-Hardware)
- Schnelle Decodierung
- In Kompression und Bildqualität nicht besser als DCT und DWT

## Konzept: Konturbasierte Kodierung

- Idee:
  - Bild trennen in *Konturen* und *Texturen*
  - Konturen z.B. durch Beziér-Kurven beschreiben
  - Texturen z.B. nach DCT kodieren
- Verwendung:
  - Ansatzweise in MPEG-4
- Vermeidet Darstellungsprobleme an Kanten
- Problem: Finden der Konturen in gegebenem Bild
  - Forschungsthema

## Konzept: Differenzkodierung (*frame differencing*)



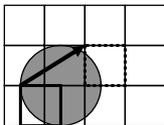
(Jackel, Uni Koblenz)

- In den meisten Fällen unterscheiden sich aufeinanderfolgende Bilder nur in Details
- Idee:
  - Startbild (und regelmässig weitere *key frames*) intracodiert übertragen
  - Differenz zum nächsten Bild als Bild auffassen und komprimieren
    - » Z.B. mit DCT und anschließender Entropiecodierung
    - » Viele niedrige Werte, also hoher Kompressionsfaktor möglich

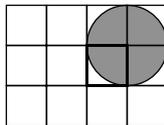
## Konzept: Bewegungskompensation (*motion compensation*)

- Idee:
  - Bewegungen von Objekten zwischen aufeinanderfolgenden Bildern identifizieren
  - Für Teilbilder übertragen:
    - » Differenzbild
    - » Verschiebungsvektor
- Verwendung u.a.:
  - MPEG-1 und -2, H.261
- Problem: Algorithmen zur Bewegungsabschätzung (*motion estimation*)
  - *block matching*
  - *gradient matching*
  - *phase correlation*

## Block Matching



Referenzframe  $N$



Zielframe  $N+1$

- Referenzframe und Zielframe (aktueller Frame)
  - Referenzframe = vorheriges Bild (meist errechnet)
- Zielframe zerlegt in Makroblöcke (16 x 16 Pixel)
- Für jeden Makroblock des Zielframes:
  - Suche nach „best match“ im Referenzframe
    - » z.B. mittlere quadratische Abweichung oder mittlere Differenz
  - Speichern von Differenzbild (komprimiert) und Verschiebungsvektor
- Algorithmusbeschleunigung:
  - Hierarchische Suche zunächst auf vergrößertem Bild

## 4. Licht, Farbe und Bilder

- 4.1 Licht und Farbe: Physikalische und physiologische Aspekte
- 4.2 Farbmodelle
- 4.3 Raster-Bilddatenformate
- 4.4 Verlustbehaftete Kompression bei Bildern
- 4.5 JPEG-Weiterentwicklungen
- 4.6 Bewegte Bilder: Grundbegriffe der digitalen Videotechnik
  - Bewegungswahrnehmung
  - Videosignale
  - Konzepte zur Videokompression
  - MPEG- 1 und -2
  - Weitere komprimierte Videoformate



## MPEG: Übersicht

- MPEG = Motion Pictures Experts Group
  - Expertengruppe bei der ISO, Standards für Bewegtbild-Kompression
  - Benutzt konsequent JPEG-Standards
  - Ansatz: Nur Decodierung spezifiziert, viele Encoder möglich
- MPEG-1 (ISO 11172, 1992)
  - Video und Audio mit der Datenrate einer Audio-CD (1,8 Mbit/s, davon 1,25 Mbit/s Video + zwei Audio-Kanäle)
  - Auflösung: CIF (bei PAL 352 x 288)
- MPEG-2 (ISO-13818 und ITU Rec. H.262, 1993)
  - Hohe Bandbreite zwischen 2 und 80 Mbit/s, skalierbare Qualität
  - Bis zu 5 Audio-Kanäle
- MPEG-4 (ISO 14496, 2000)
  - Unregelmäßig geformte Objekte, Animationen, Interaktion
- Weitere MPEG-Standards in Vorbereitung:
  - MPEG-7, MPEG-21

## MPEG-2: Profiles und Levels

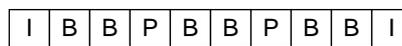
		Profiles					
		Simple	Main	4:2:2	SNR	Spatial	High
Levels	High (HDTV 16:9)		4:2:0 1920 x 1152 90 Mb/s				4:2:0/2 1920 x 1152 100 Mb/s
	High 1440 (HDTV 4:3)		4:2:0 1440 x 1152 60 Mb/s			4.2:0 1440 x 1152 60 Mb/s	4:2:0/2 1440 x 1152 80 Mb/s
	Main	4:2:0 720 x 576 15 Mb/s	4:2:0 720 x 576 15 Mb/s	4:2:2 720 x 608 50 Mb/s	4:2:0 720 x 576 15 Mb/s		4:2:0/w 720 x 576 20 Mb/s
	Low		4:2:0 352 x 288 4 Mb/s		4:2:0 352 x 288 4 Mb/s		

SNR = Signal Noise Ratio, HDTV = High Definition TV

## Frametypen in MPEG

- Intraframes (I-Frames)
  - Vollständige Bilddaten, nach JPEG codiert (ca. 92 kB, 7:1 komprimiert)
  - Ca. jedes 15. Frame ist ein I-Frame
- Predicted Frames (P-Frames)
  - Bewegungskompensation und Differenzbildung (ca. 32 kB, 20:1)
  - Typischerweise 3 P-Frames zwischen zwei I-Frames
- Bidirectionally Predicted Frames (B-Frames)
  - Bewegungskompensation unter Berücksichtigung von nachfolgendem und vorausgehendem I- oder P-Frame (ca. 13 kB, 50:1)
  - Typischerweise 2-3 B-Frames zwischen zwei P-Frames

Darstellungsreihenfolge:

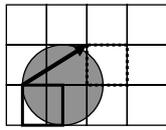


Group of Pictures (GOP)

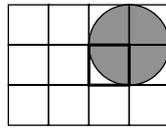
Übertragungsreihenfolge:



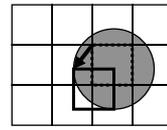
## Bidirektionale Bewegungskompensation



Referenzframe  $N$



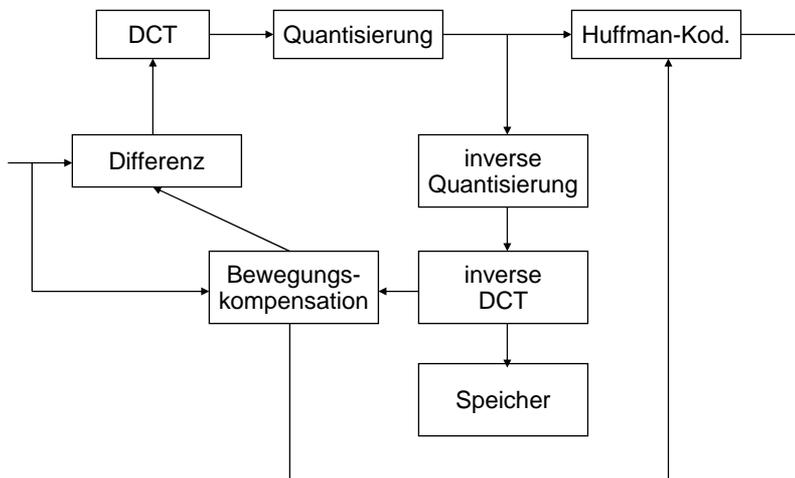
Zielframe  $N+1$



Referenzframe  $N+2$

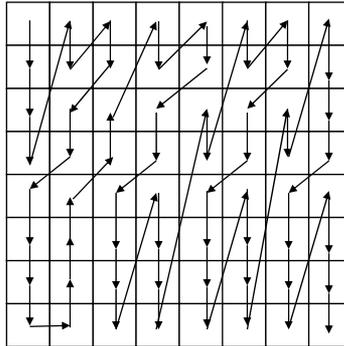
- Das Zielframe soll im Decoder zwischen zwei anderen Frames interpoliert werden.
  - Bestimmung von zwei Verschiebungsvektoren
  - Differenzkodierung im Vergleich zum Durchschnitt der Darstellung des Makroblocks in den beiden Referenzbildern

## Schema der P- und B-Frame-Kodierung



## Behandlung von Interlacing

- Interlacing macht Kompression schwieriger
- Beispiel: Modifizierter Zick-Zack-Durchlauf durch DCT-Koeffizienten („Yeltsin walk“)
  - 67,5° Durchlauf (statt 45°)



## 4. Licht, Farbe und Bilder

- 4.1 Licht und Farbe: Physikalische und physiologische Aspekte
- 4.2 Farbmodelle
- 4.3 Raster-Bilddatenformate
- 4.4 Verlustbehaftete Kompression bei Bildern
- 4.5 JPEG-Weiterentwicklungen
- 4.6 Bewegte Bilder: Grundbegriffe der digitalen Videotechnik
  - Bewegungswahrnehmung
  - Videosignale
  - Konzepte zur Videokompression
  - MPEG- 1 und -2
  - Weitere komprimierte Videoformate ←

## H.261 und H.263

- H.261: CCITT-Entwicklung (1984-1990)
- H.263: ITU-T (1996), Ersatz und Ergänzung von H.261
- Ziel: Videokonferenzen und Videotelefonie auf ISDN-Leitungen
  - Bandbreiten 64 kbit/s und Vielfache
- YUV-Farbmodell, Chroma-Subsampling 4:2:0
- Frames vom Typ CIF oder QCIF
  - I-Frames und P-Frames wie in MPEG

## AVI

- Audio Video Interleaved
- Eingeführt von Microsoft mit *Video for Windows*
- Basiert auf dem generischen „RIFF“-Format (Resource Interchange File Format)
- Kann unkomprimierte oder komprimierte Bitmap-Daten für Video enthalten
- Audio- und Video-Information in einer Datei
- Einfach, niedriger Kompressionsgrad