

7. Bewegtbilder

- 7.1 Bewegungswahrnehmung
- 7.2 Videokompression
insbesondere MPEG-1 und MPEG-2
- 7.3 Videodatenformate



Literatur:

Arne Heyna/Marc Briede/Ulrich Schmidt: Datenformate im Medienbereich, Fachbuchverlag Leipzig 2003

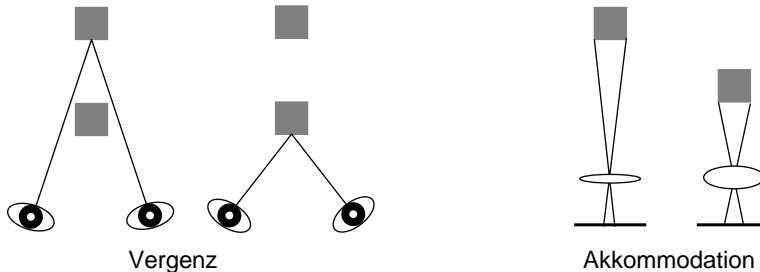
John Watkinson: The MPEG Handbook, Focal Press 2001

Bewegungswahrnehmung (1)

- 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
 - Maß: Bilder/Sekunde (*frames per second, fps*)
 - 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

Bewegungswahrnehmung (2)

- Physiologische Faktoren:
 - Gegenseitige Beeinflussung benachbarter Lichtsinneszellen auf der Netzhaut (Verschaltung)
 - Nachführung der Augen, um ein bewegtes Objekt auf die Fovea (Gelber Fleck, Stelle der besten Sehleistung) zu fokussieren (foveale Objektverfolgung)
 - Anpassung an veränderliche Entfernung des Objekts
 - » Vergenz
 - » Akkommodation

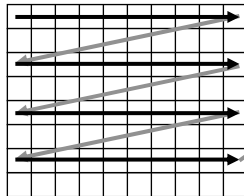


Bewegungssimulation durch Bildfolgen

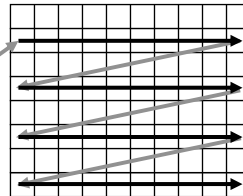
- Natürlichkeit des Bewegungseindrucks („Immersion“) ist bei klassischen Ausgabegeräten begrenzt:
 - Fehlende Beschleunigungswahrnehmung
 - » Übelkeit wegen inkonsistenter Signal-Information
 - Fehlende Akkommodation und Vergenz
 - » Bewegungen in Richtung zum Betrachter und vom Betrachter weg
 - » Alle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

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 (Kamm) z.B. bei Digitalisierung von analogem Material

7. Bewegtbilder

- 7.1 Bewegungswahrnehmung
- 7.2 Videokompression 
 - insbesondere MPEG-1 und MPEG-2
- 7.3 Videodatenformate

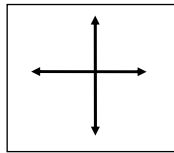
Literatur:

Arne Heyna/Marc Briede/Ulrich Schmidt: Datenformate im Medienbereich, Fachbuchverlag Leipzig 2003

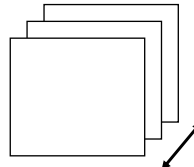
John Watkinson: The MPEG Handbook, Focal Press 2001

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

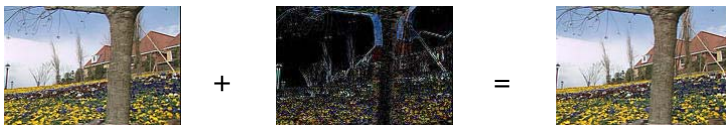
- Idee:
 - Bild aufteilen in Blöcke, z.B. 4 x 4 Pixel
 - Suche nach Ähnlichkeiten zwischen den Blöcken
 - Ähnliche Blöcke durch einen „Durchschnittsblock“ ersetzen
 - Palette für Bildblöcke, d.h. Kodierung durch Index
- Verwendung in Codecs:
 - Indeo, Cinepak
- Langsame Codierung (Spezial-Hardware)
-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

Codec = Coder/Decoder

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*)



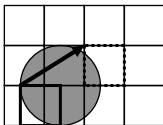
(Jackel, Uni Koblenz)

- 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

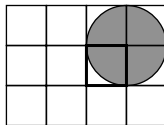
Konzept: Bewegungskompensation (*motion compensation*)

- 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

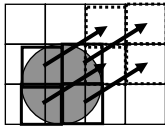


Zielframe $N+1$

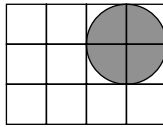
- Referenzframe und Zielframe (aktueller Frame)
 - Referenzframe = vorheriges Bild (meist errechnet)
- Einteilung des Bildes in Blöcke
- Für jeden Block des Zielframes:
 - Suche nach „best match“ im Referenzframe
 - » z.B. mittlere quadratische Abweichung oder mittlere Differenz
 - Speichern des Verschiebungsvektors
- Algorithmusbeschleunigung:
 - Hierarchische Suche zunächst auf vergrößertem Bild

Differenzbilder

- Auch bei relativ schlechtem Block Matching werden die Differenzbilder (*residual error pictures*) relativ einfach und damit klein.



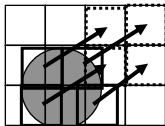
Referenzframe N



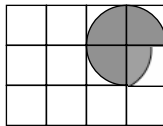
Zielframe $N+1$



Differenzframe



Referenzframe N



Zielframe $N+1$



Differenzframe

7. Bewegtbilder

- 7.1 Bewegungswahrnehmung
- 7.2 Videokompression
 - insbesondere MPEG-1 und MPEG-2 ←
- 7.3 Videodatenformate

Literatur:

Arne Heyna/Marc Briede/Ulrich Schmidt: Datenformate im Medienbereich, Fachbuchverlag Leipzig 2003

John Watkinson: The MPEG Handbook, Focal Press 2001

MPEG: Übersicht

- MPEG = Moving 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

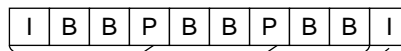
		Profiles					
		Simple	Main	4:2:2	SNR	Spatial	High
Levels	High (HDTV 16:9)		4:2:0 1920 x 1152 90 Mb/s				4:2:0/2 1920 x 1152 100 Mb/s
	High 1440 (HDTV 4:3)		4:2:0 1440 x 1152 60 Mb/s			4.2:0 1440 x 1152 60 Mb/s	4:2:0/2 1440 x 1152 80 Mb/s
	Main	4:2:0 720 x 576 15 Mb/s	4:2:0 720 x 576 15 Mb/s	4:2:2 720 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, nur innerhalb des Bildes komprimiert (ca. 92 kB, 7:1)
 - 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:

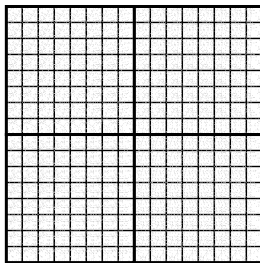


Group of Pictures (GOP)

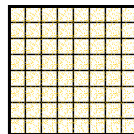
Übertragungsreihenfolge:



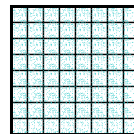
Makroblöcke in MPEG-1/2



Y



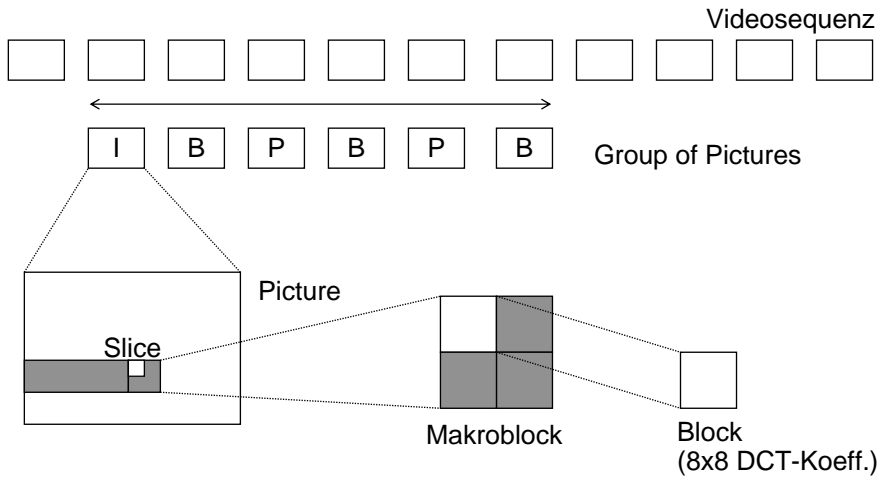
U



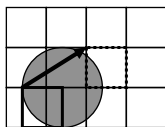
V

- Makro-Blockeinteilung so gewählt, dass
 - Vielfache von 8x8-Blöcken
 - Kompatibel mit Chroma-Subsampling
- Typisch: 16x16-Pixel Makroblöcke

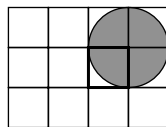
Struktur des MPEG-2 Videodatenstroms



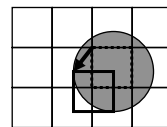
Bidirektionale Bewegungskompensation



Referenzframe N



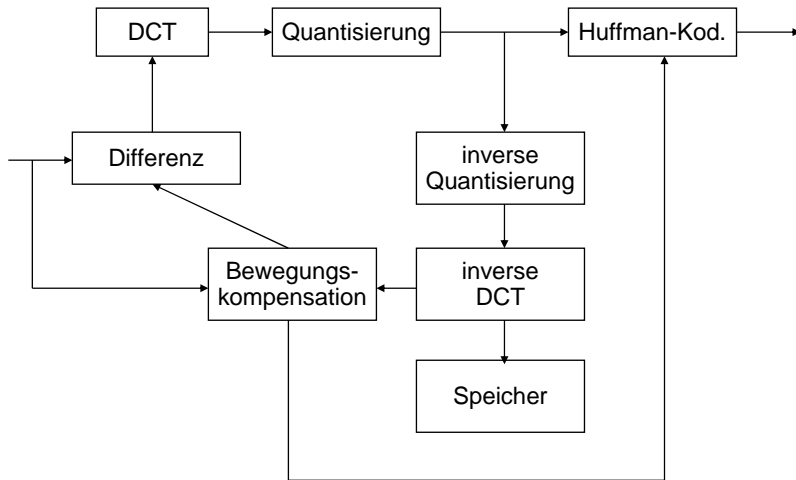
Zielframe $N+1$



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
- Nur in MPEG-2, nicht in MPEG-1

Schema der P- und B-Frame-Kodierung



Frame-Kompression in MPEG 1/2

- I-Frames:
 - JPEG-Kompression, d.h.
 - DCT, Quantisierung, Lauflängencodierung, Entropiecodierung
- B- und P-Frames:
 - Werden wie Bilder behandelt und nach dem gleichen Schema komprimiert
- Vereinfachung: Standardisierte Quantisierungstabellen

8	16	19	22	26	27	29	34
16	16	22	24	27	29	34	37
19	22	26	27	29	34	34	38
22	22	26	27	29	34	37	40
22	26	27	29	32	35	40	48
26	27	29	32	35	40	48	58
26	27	29	34	28	46	56	69
27	29	35	38	46	56	69	83

Luminanz

16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16
16	16	16	16	16	16	16	16

Chrominanz

Symmetrische und unsymmetrische Verfahren

- Symmetrisch:
 - Aufwand für Codierung und Decodierung vergleichbar
 - Relativ geringe Kompression
 - Z.B. DV-Standard für Digital Video (vor allem Chroma-Subsampling)
- Unsymmetrisch:
 - Codierung wesentlich aufwändiger als Decodierung
 - Hohe Kompression erreichbar
 - Qualität der Kompression oft abhängig von investiertem Aufwand
 - Z.B. MPEG-Kompression

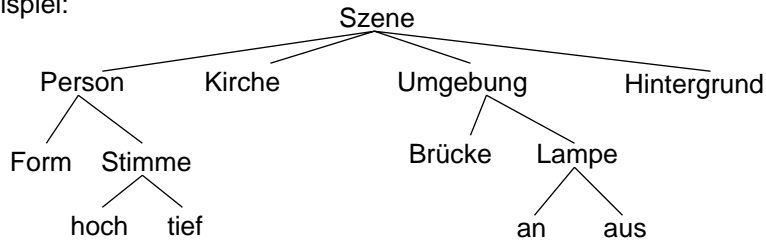
Was ist mit MPEG-3 passiert?

- Ursprünglicher Plan:
 - MPEG-3 als Erweiterung von MPEG-2 für HDTV
 - Wurde von MPEG-2 vollständig abgedeckt
 - Auflösung der MPEG-3 Aktivitäten
- Es gibt keinen MPEG-3 Standard!
- Dennoch parallel neue Entwicklung gestartet: MPEG-4
 - Verabschiedung der ersten Versionen 1999/2000
- Derzeit entwickelte MPEG-Standards: 1, 2, 4, 7, 21

MPEG-4 Media Objects

- Media Objects
 - Beliebige audiovisuelle Datenformen, auch mit unregelmäßigen Grenzen
 - Z.B. Hintergründe, Video-Objekte (etwa Personen), Audio-Objekte, animierte Objekte (z.B. Avatare = Repräsentanten von Menschen in virtuellen Welten)
 - Synthetic Natural Hybrid Coding: Mischung aus künstlichen und abgetasteten Medienobjekten
 - Hierarchisch organisiert


Beispiel:



Szenenbeschreibung in MPEG-4

- BIFS (Binary Format for Scenes)
 - Basiert auf dem Standardformat für 3-dimensionale Szenen VRML
 - XML-basiertes Repräsentationsformat XMT, ähnlich zu SMIL
Details zu diesen Technologien siehe später!
- Bäume von Medienobjekten sind dynamisch
 - Bestimmte Knoten können Objekte bewegen und modifizieren
 - » Z.B. abhängig vom Zeitverlauf
 - Interaktion mit Objekten
 - » Reaktion auf benutzererzeugte Ereignisse
 - » Verursacht Modifikation von Objekten
- Anwendungsbeispiele:
 - Interaktive Produktpräsentation im E-Commerce
 - Interaktives Video (z.B. Sprachversionen)
 - Virtuelle Konferenzen mit künstlich animierten Köpfen/Körpern und Möglichkeit zur Steuerung des „eigenen“ virtuellen Repräsentanten
<http://www.apple.com/quicktime/gallery/mpeg4.html>

7. Bewegtbilder

- 7.1 Bewegungswahrnehmung
- 7.2 Videokompression
 - insbesondere MPEG-1 und MPEG-2
- 7.3 Videodatenformate 

Literatur:

Arne Heyna/Marc Briede/Ulrich Schmidt: Datenformate im Medienbereich, Fachbuchverlag Leipzig 2003

John Watkinson: The MPEG Handbook, Focal Press 2001

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
 - 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
- I-Frames und P-Frames wie in MPEG

AVI

- Audio Video Interleave
- Eingeführt von Microsoft mit *Video for Windows* (1991)
 - Wurde abgelöst von ASF (siehe nächste Folie)
 - Seit 2003 MS-Standard-Format für Video „Windows Media Video“ (WMV) (analog „Windows Media Audio“ (WMA))
- Basiert auf dem generischen „RIFF“-Format (Resource Interchange File Format)
 - Universelles „Container“-Format:
 - Kann unkomprimierte oder komprimierte Bitmap-Daten für Video enthalten
- Audio- und Video-Information in einer Datei, je genau ein Strom
- Einfach
 - Kaum Unterstützung zur Synchronisation der Spuren
 - Reines Heimanwenderformat, für lange Sequenzen ungeeignet

Microsoft ASF

- Derzeitige Bedeutung des Akronyms „Advanced Systems Format“
 - Frühere Bedeutung u.a. „Active Streaming Format“
- Zweck:
 - Vielzahl von multimedialen Inhalten in geordneter Form speichern, abspielen und portionsweise über Netze übertragen („streamen“)
 - Offizieller Nachfolger von AVI
- Alternative zu Apple QuickTime
 - Allerdings Schwächen z.B. bei der Einbeziehung dateifremder Rohdaten (wichtig für Videoschnitt)

DivX

- DivX;-)
 - Jérôme Rota („Gej“) u.a. entschlüsseln Microsofts MP43C32.dll (Microsofts Ansatz für MPEG-4, nicht Standard-konform) und publizieren Varianten davon
 - U.a. MP3 als Audioformat (statt WMA 2, wie von Microsoft vorgesehen)
- OpenDivX (oder DivX 4)
 - Echter MPEG4-Codec
 - Entwickelt von „Gej“s DivXNetworks, Universität Hannover, HHI Berlin
 - Basiert auf MPEG-4-Quellcode aus EU-Projekt
- XviD
 - OpenSource-Entwicklung auf der Basis von OpenDivX

Professionelle Formate

- UMID (Unique Material Identifier)
 - Unverwechselbare Identifikation von Medienmaterial
 - Standard der SMPTE (Society of Motion Picture and Television Engineers)
- AAF (Advanced Authoring Format)
 - Vereinheitlichte Darstellung von “Edit Decision Lists”
 - Welche Ausschnitte aus welchen Materialien werden wie zusammengebunden?
- MXF (Material Exchange Format)
 - Task Force von EBU (European Broadcasting Union) und SMPTE
 - Entwicklung seit 1999
 - Austausch von audiovisuellem Inhalt unabhängig von Format, Kompression, Plattform, einschließlich Metadaten
 - AAF und MXF verwenden gleiches objektorientiertes Format
- GXF (General Exchange Format)
- ...