

Digitales Video

■ Codierung von Digital-Videos

- ◆ Motion-JPEG
- ◆ H.261
- ◆ MPEG-1
- ◆ MPEG-2
- ◆ andere

Digitales Video

■ Motion-JPEG (M-JPEG)

- ◆ JPEG-Bildfolge als Video betrachtet
- ◆ Abhängigkeiten zwischen Bildern nicht beachtet (keine Inter-Frame-Codierung)
 - ✦ niedrige Kompressionsrate
 - ✦ z.B. pro Bild 40kB -> bei 50 Teilbildern/s ca. 2 Mbyte/s (ca. 7 GByte/h Videodaten)
- ◆ durch Einzelbildcodierung
 - ✦ beliebige Positionierung innerhalb des Videos
 - ✦ gute Eignung für Off-Line-Bearbeitung (Video-Schnitt)
- ◆ keine Normierung
- ◆ keine Berücksichtigung von Audio (Synchronisation!)

Digitales Video

■ H.261

- ◆ ITU-Standard (1990)
- ◆ für Videokonferenzen/-telefonie über ISDN
- ◆ Bitraten von $n \cdot 64 \text{ kb/s}$ ($n=2$ bis 30)
- ◆ Realzeitanforderungen
 - ◆ z.B. Ende-zu-Ende Verzögerung max. 150 ms
- ◆ Annahmen
 - ◆ Bild sehr bewegungsarm
 - ◆ fixer Hintergrund (im Vordergrund Gesicht von Konferenzpartner)
- ◆ Audio/andere Daten
 - ◆ ITU H.221, H.230,...

Digitales Video

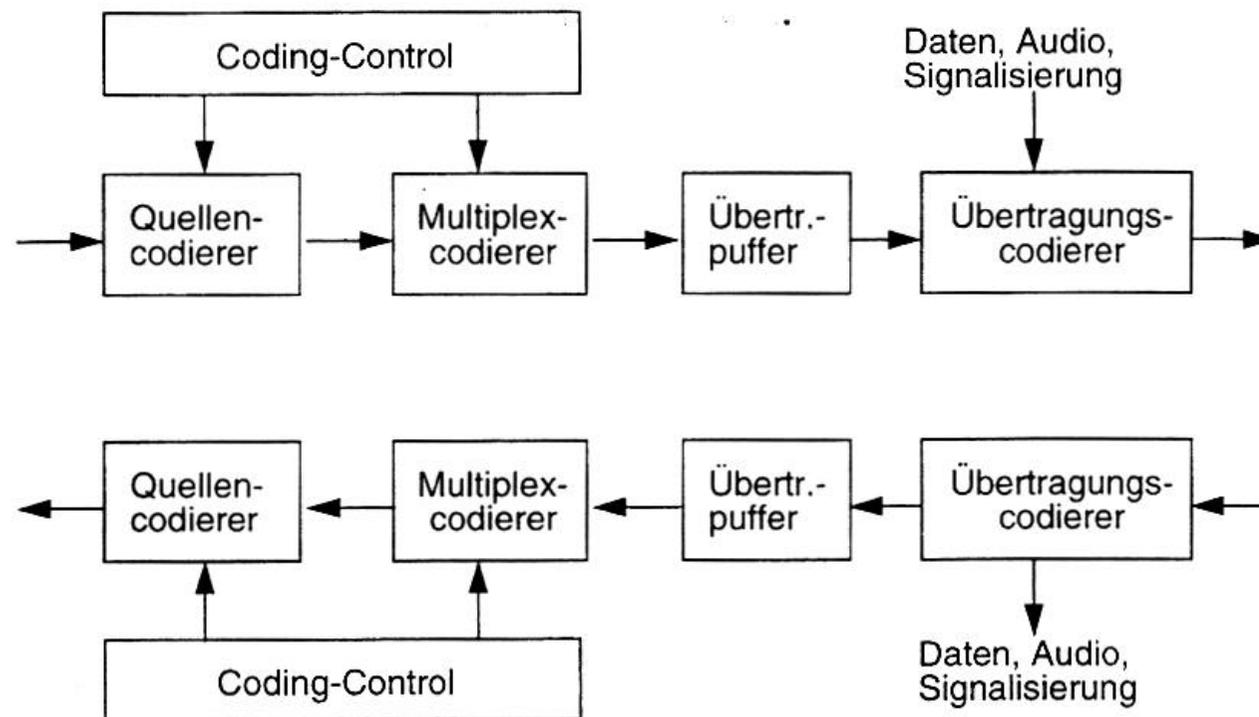
■ H.261

- ◆ ITU-Standard (1990) für Videokonferenzen/-telefonie über ISDN
 - ✦ Bitraten von $n \cdot 64 \text{ kb/s}$ ($n=2$ bis 30)
- ◆ Realzeitanforderungen
 - ✦ z.B. Ende-zu-Ende Verzögerung max. 150 ms
- ◆ Annahmen
 - ✦ Bild sehr bewegungsarm (fixer Hintergrund)
- ◆ Bildformate
 - ✦ QCIF (176x144) und optional CIF (352x288)
 - ✦ max 15 Frames/s
- ◆ Audio/andere Daten
 - ✦ ITU H.221, H.230,...
- ◆ H.263+
 - ✦ Weiterentwicklung, für Paketorientierte Netze (LAN), H.323
 - ✦ SIF (352x288) mit 30 Frames/s

Digitales Video

■ H.261 - Codec

- ◆ 4:1:1 Abtastung
- ◆ Pruning (Interpolation) beim Codieren
- ◆ Anpassung der Datenrate durch Frame-Dropping (0-3 Frames)



Digitales Video

■ H.261 - Codec - Quellencodierer - 1

- ◆ 2 Arten von Bildern codiert
 - ✦ Intra-Frames: codiertes Einzelbild
 - ✦ Inter-Frames: Differenzbild
- ◆ Erzeugung der Inter-Frames durch DPCM/DCT-Technik
- ◆ Motion-Compensation (Bewegungsabschätzung)
 - ✦ Bild in 16x16 Pixelblöcke = Makroblöcke zerteilt (Luminanz)
 - ✦ zwischen aufeinanderfolgenden Bildern in +/- 15 Pixel-Zonen um Blöcke Suche nach identen, bewegten Blöcken
 - ✦ „Bewegungsvektoren“ der Makroblöcke codiert und übertragen
- ◆ Intra-Frame-Erzeugung
 - ✦ Bild/Makroblöcke wird DCT-Codiert (ähnlich JPEG)

Digitales Video

■ H.261 - Codec - Quellencodierer - 2

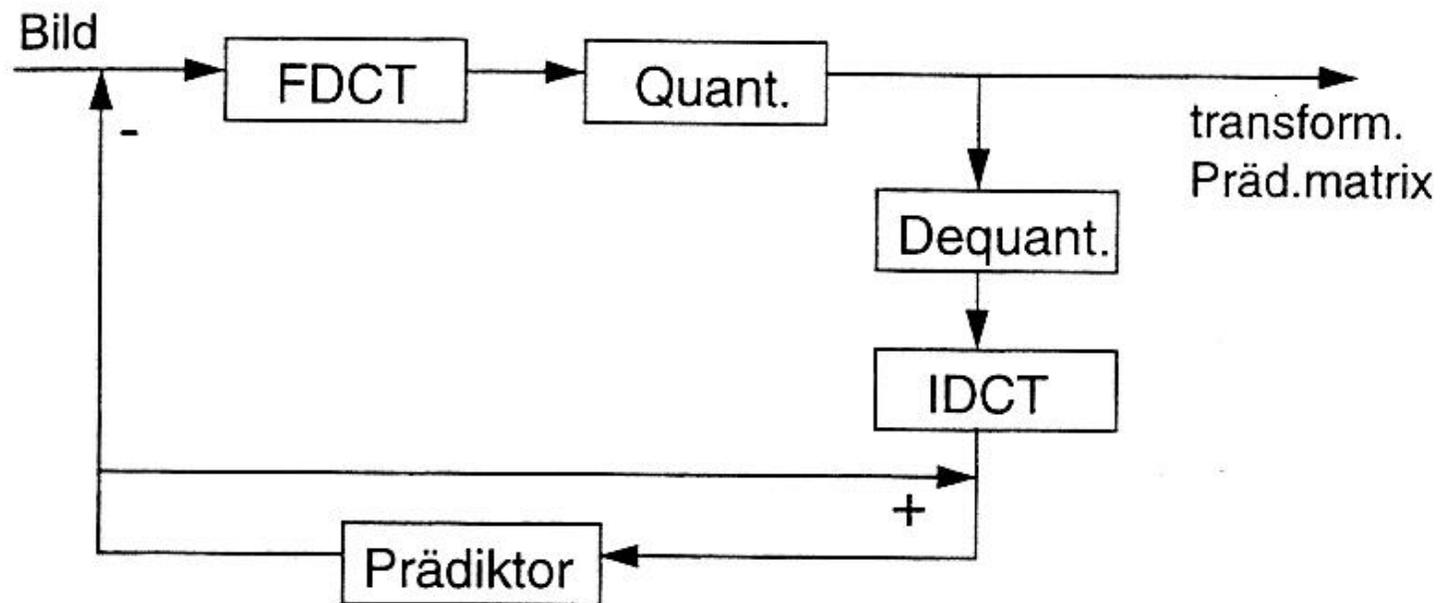
◆ Inter-Frames hybride DPCM/DCT-Technik

- ◆ Differenz von vorhergesagtem und aktuellem Bild wird DCT-Transformiert und Quantisiert, diese codierte Differenz wird übertragen
- ◆ im Codec auch Dequantisierung und Inverse-DCT -> liefert wieder Differenzbild
- ◆ zu diesem Differenzbild wird vorhergesagtes Bild addiert und von Prädiktor zu nächstem vorhergesagtem Bild umgesetzt
- ◆ dieses Bild wird für nächsten Frame wieder von aktuellem Bild subtrahiert, ...

- ◆ Sonderfall: Intra-Frames (Startbild, ...)
 - übertragenes Differenzbild = Intra-Frame
 - vorhergesagtes Bild = Intra-Frame
 - keine Rückkoppelung des vorhergesagten Bildes in Prädiktorstufe

Digitales Video

- H.261 - Codec - Quellencodierer - 3
 - ◆ Inter-Frames hybride DPCM/DCT-Technik



Digitales Video

■ H.261 - Codec - Quellencodierer - 4

◆ Codierfolge

- ◆ nach Intra-Frame kommt gewisse Anzahl von Inter-Frames
- ◆ um Quantisierungs/Prädiktionsfehler zu minimieren nicht zu wenige Intra-Frames
- ◆ durch Einsatzgebiet (Telefonie) aber keine Szenenwechsel -> wenige Intra-Frames notwendig
- ◆ Auswahlstrategie bleibt Implementierung (meist Bandbreitenbeschränkung) überlassen

Digitales Video

- H.261 - Codec - Multiplexcodierer
 - ◆ Lauflängencodierung der 8x8 Koeffizientenmatrizen
 - ◆ Zusammenfassung von 4 Luminanzblöcken samt zugehörigen Chrominanzblöcken zu „Makroblöcken“
 - ◆ Codierung der Bewegungsvektoren (16x16 Blöcke)
 - ◆ weitere Zusammenfassung zu
 - ✦ Group of Blocks (GOB, 33 Makroblöcke)
 - ✦ Picture (3 bzw. 12 GOBs bei QCIF(CIF))
 - ◆ liefert variable Bitrate an ...

 - ◆ Übertragungscodierer
 - ✦ soll konstante Bitrate von $n \cdot 64 \text{ kb/s}$ erzeugen
 - ✦ „Leaky-Bucket“ Prinzip
 - ✦ bei Pufferüberlauf -> Codec muß gröber Quantisieren

Digitales Video

■ MPEG-1 (ISO/IEC 11172-3)

- ◆ neben Audio auch Videokompression, Ton-Bild-Synchronisation
- ◆ Ziele
 - ◆ Videowiedergabe von Audio-CD (1,41 Mbit/s)
 - ◆ Bildqualität besser als H.261
 - „volle Auflösung“ von 720x576 Pixel bei 30 Frames/s
 - ◆ Synchronisation von Video/Audio
 - ◆ weitgehende Kompatibilität zu H.261 angestrebt
 - ◆ durch nicht interaktiven Einsatz Codierungsverzögerung nicht kritisch
- ◆ Implementierung
 - ◆ Inter/Intra Frames wie bei H.261
 - ◆ zusätzliche Interpolationsframes
 - ◆ blockbasierte Bewegungskompensation wie bei H.261
 - ◆ 4:2:0 Abtastung

Digitales Video

■ MPEG-1 - Frame-Types

◆ Intra-Frames (I-Frames)

- ◆ JPEG-Codiert

- ◆ verwendet für Standbilder, Zugriffspunkte für wahlfreien Zugriff und schnellen Vor/Rücklauf

◆ Forward-Predicted-Frames (P-Frames)

- ◆ mit hybrider bewegungskompensierter DPCM/DCT aus I-Frames berechnete Differenzbilder

- ◆ entsprechen H.261 Inter-Frames

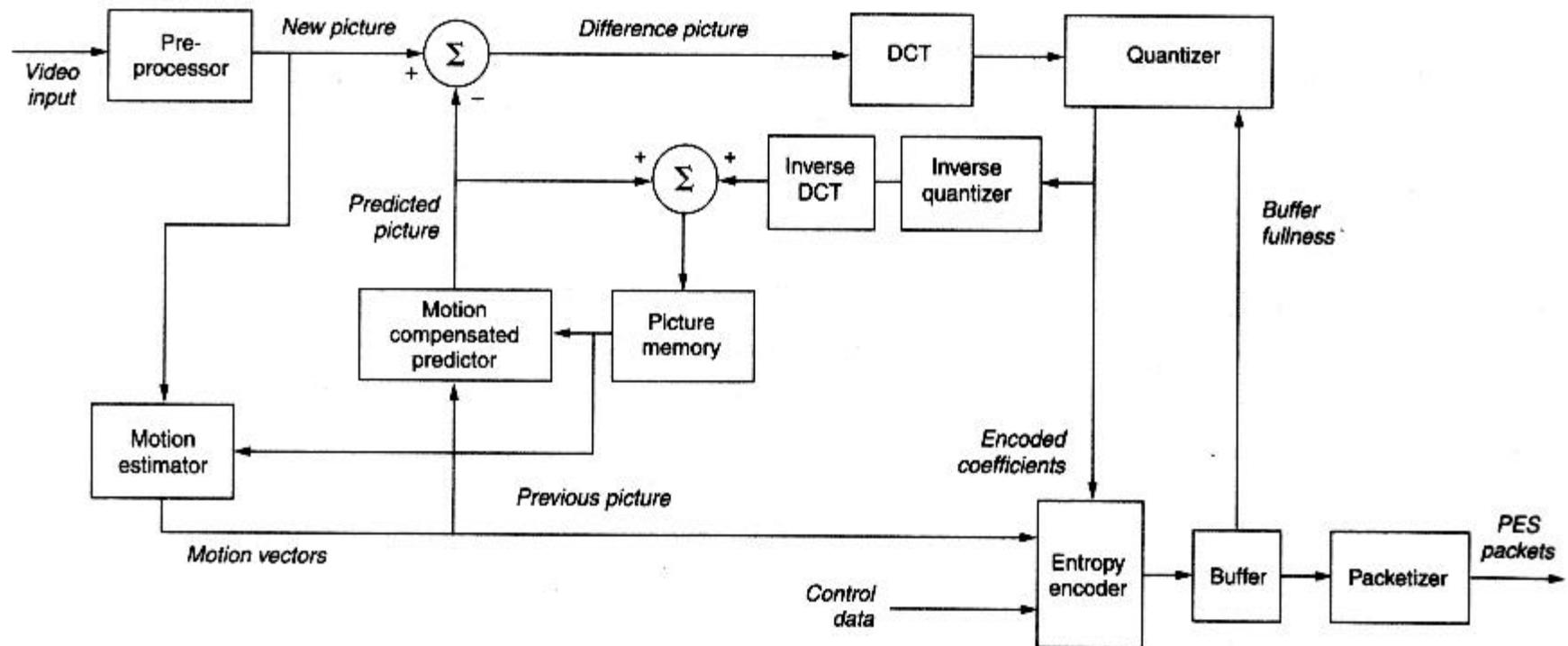
◆ Bidirectional-Predicted-Frames (B-Frames)

- ◆ aus einem vergangenen und einem zukünftigen I/P-Frame interpoliertes Bild

Digitales Video

■ MPEG-1 - Codec - 1

- ◆ hybride DPCM/DCT Technik für Predicted Frames
 - ◆ codiert werden wieder nur Differenzbilder
 - ◆ DCT mit 8x8 Luminanz/Chrominanzblöcken
 - ◆ Bewegungskompensation mit 16x16 Luminanzblöcken

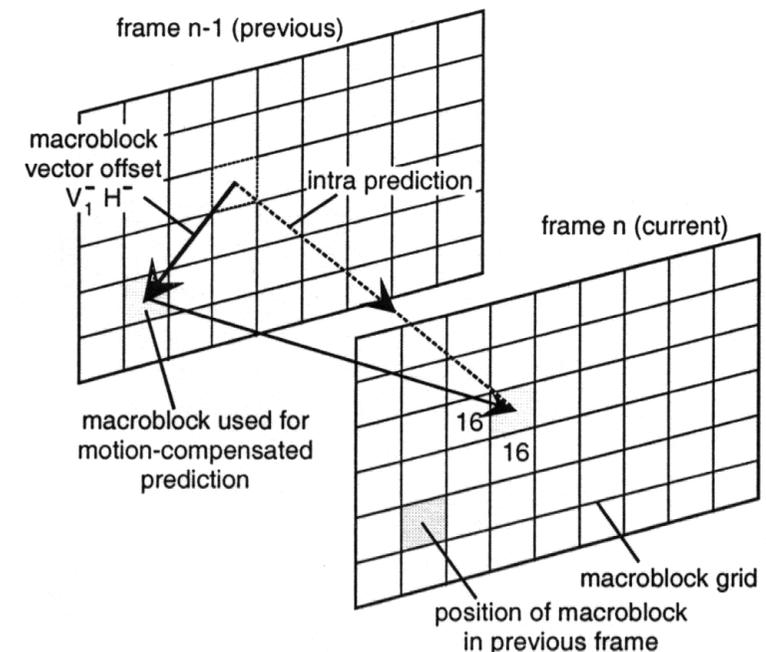


Digitales Video

■ MPEG-1 - Codec - 2

◆ Bewegungskompensation

- ◆ Makroblöcke (16x16 Pixel Luminanz)
- ◆ aktuelles Bild wird nach Teilen durchsucht, die durch Verschiebungsvektor aus vorhergegangenem Bild abgeleitet werden können
- ◆ Verschiebungsvektor (Richtung, Distanz) wird codiert
- ◆ Blöcke können zwischen Bildern beliebig verschoben werden
- ◆ Verfahren zum Finden der Makroblockverschiebungen nicht standardisiert

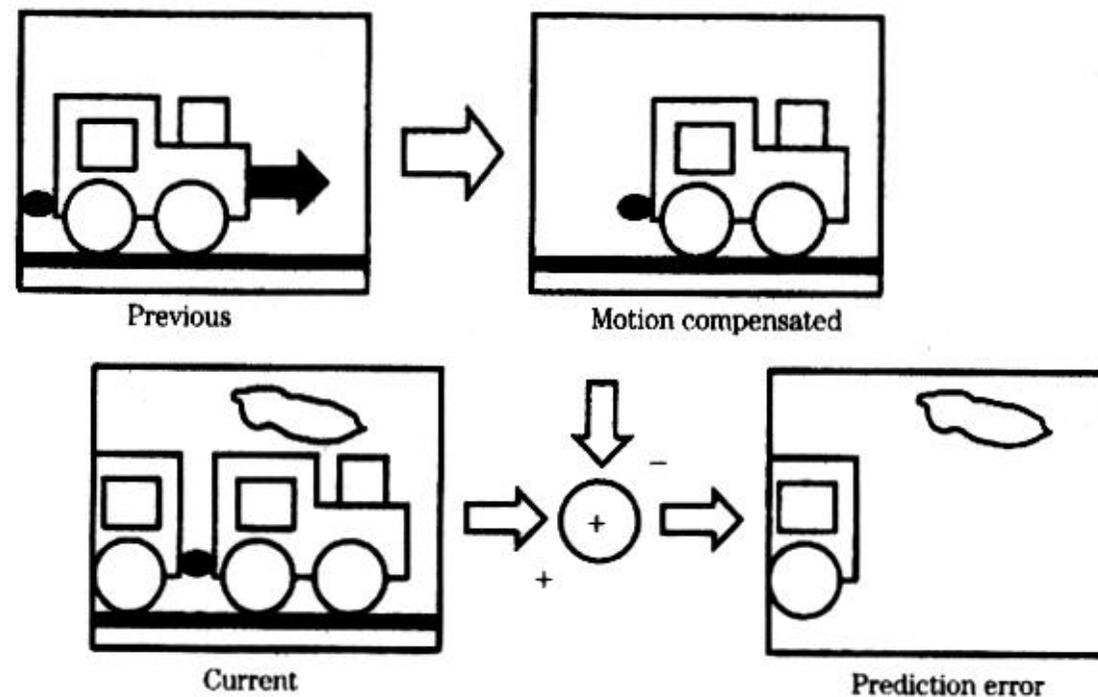


Digitales Video

■ MPEG-1 - Codec - 3

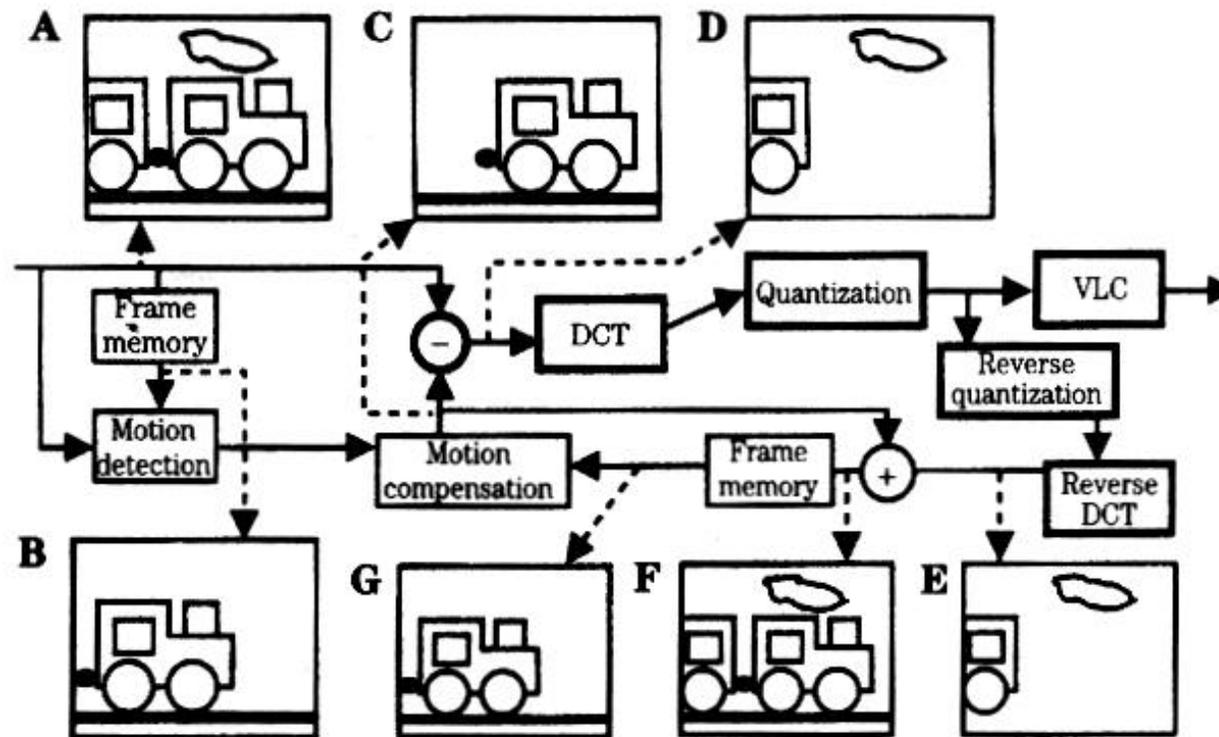
◆ Prädiktion

- ✦ Aus bewegungskompensiertem Bild wird Differenz zum aktuellen Bild berechnet
- ✦ daraus ergibt sich dann Prädiktionsfehler der über DCT codiert und übertragen wird



Digitales Video

- MPEG-1 - Codec - 4
 - ◆ Gesamtüberblick über Codec



A: aktuelles Bild, B: letztes Bild zur Bewegungsabschätzung, C: bewegungskompensiertes Bild, D: Differenzbild aus Bewegungskompensation = „Prädiktionsfehler“, E: Differenzbild aus Prädiktionsfehler mit Quantisierungsfehler, F: nächstes Prädiktionsbild, G: letztes Prädiktionsbild

Digitales Video

■ MPEG-1 - Codec - 5

◆ Auswirkung der Bewegungskompensation - 1



Zu codierender Frame N

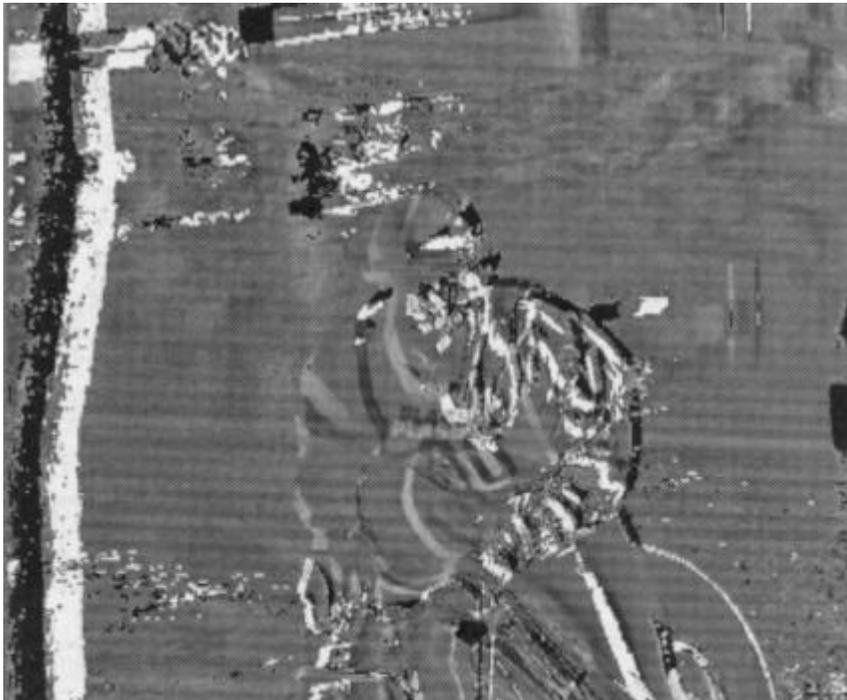


Frame N-1 wird zur Prediktion des Inhalts von Frame N herangezogen. Die hier dargestellten Bewegungsvektoren gehören nicht zum Bild.

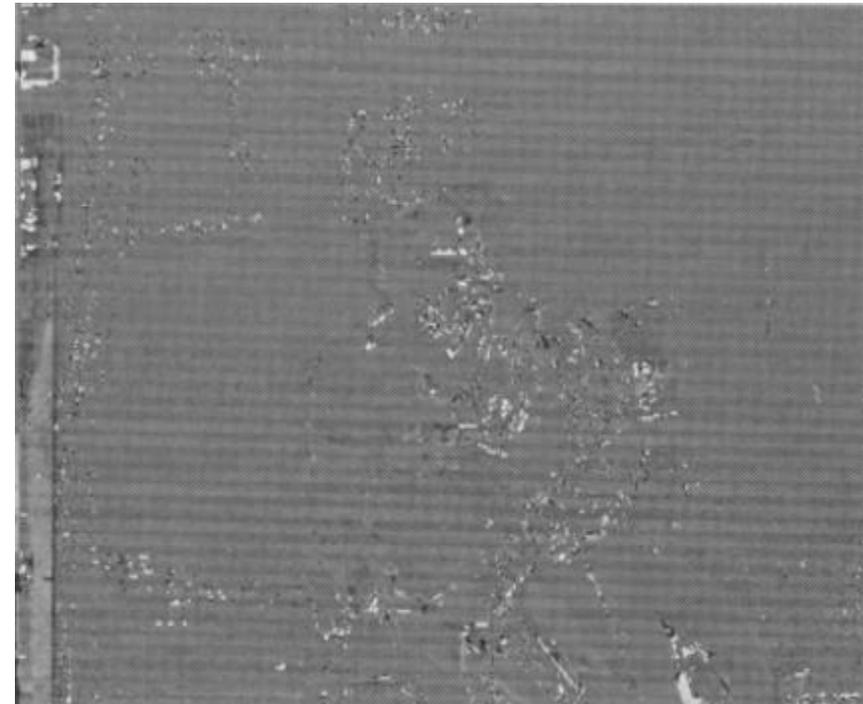
Digitales Video

■ MPEG-1 - Codec - 6

◆ Auswirkung der Bewegungskompensation - 2



Prädiktionsfehler, wenn Bewegungskompensation nicht angewendet wird.



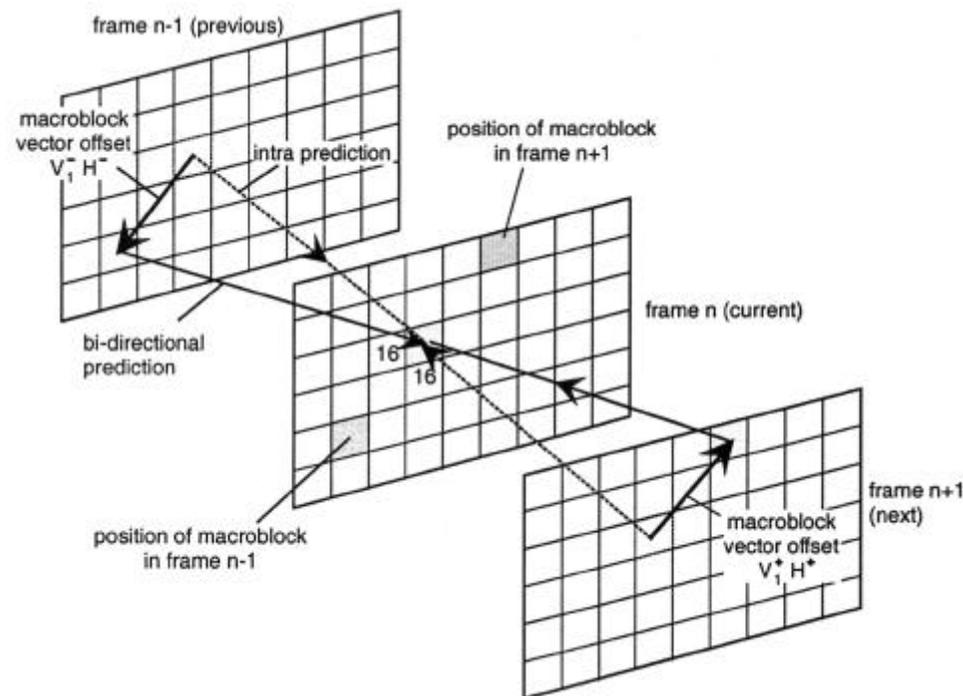
Prädiktionsfehler bei Anwendung der Bewegungskompensation.

Digitales Video

■ MPEG-1 - Codec - 7

◆ B-Frames

- ◆ werden aus vergangennem und zukünftigem Bild interpoliert (Bewegungskompensation aus 2 Richtungen)
- ◆ Differenz aus interpoliertem Bild und tatsächlichem Bild wird wieder codiert und übertragen

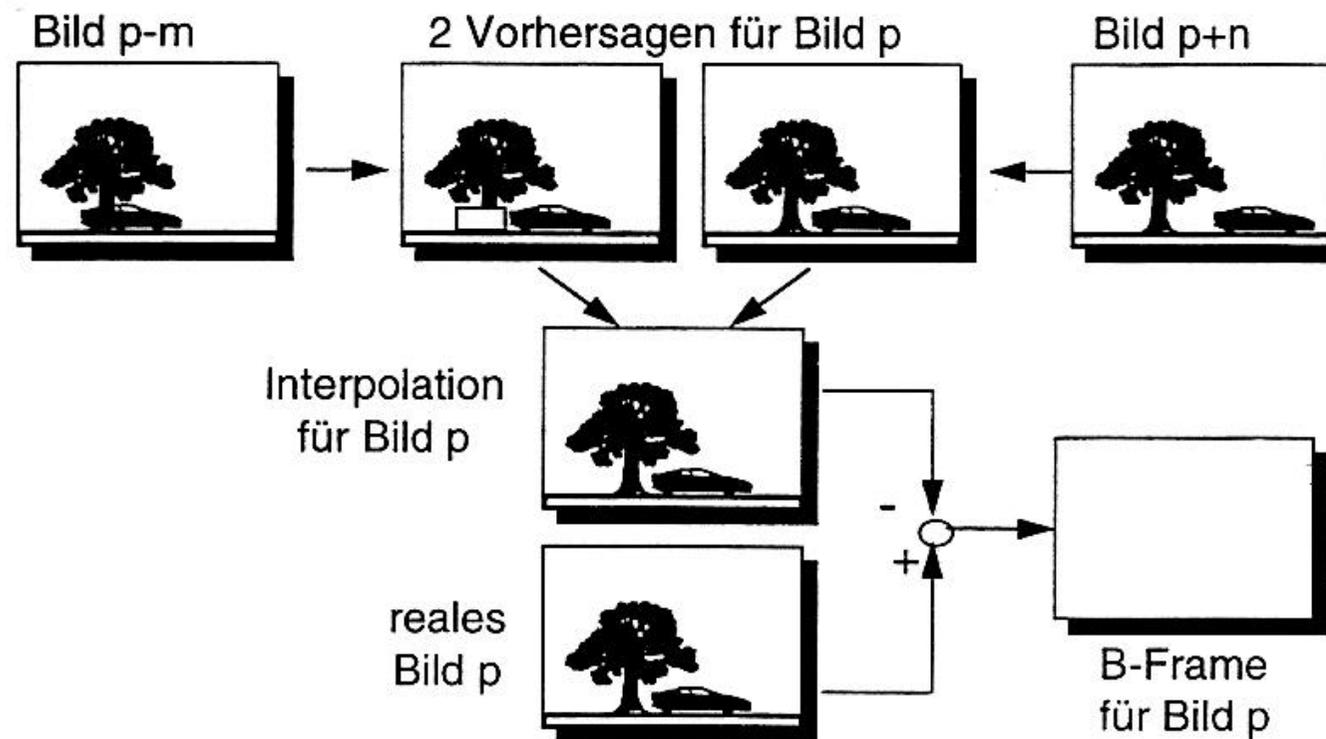


Digitales Video

■ MPEG-1 - Codec - 8

◆ B-Frames

- ◆ interpolierte Vektoren liefern kleineres Differenzbild
- ◆ „Löcher“ werden mit Makroblöcken aus der „Zukunft“ gestopft



Digitales Video

■ MPEG-1 - Codec - 9

◆ Quantisierung

- ◆ I/P/B-Frames werden unterschiedliche Quantisiert
- ◆ DC-Anteil nach DCT meist mit höherer Auflösung als Rest quantisiert (-> Helligkeitsunterschiede im Bild -> „Flecken“)
- ◆ Quantisierung kann von Frame zu Frame geändert werden

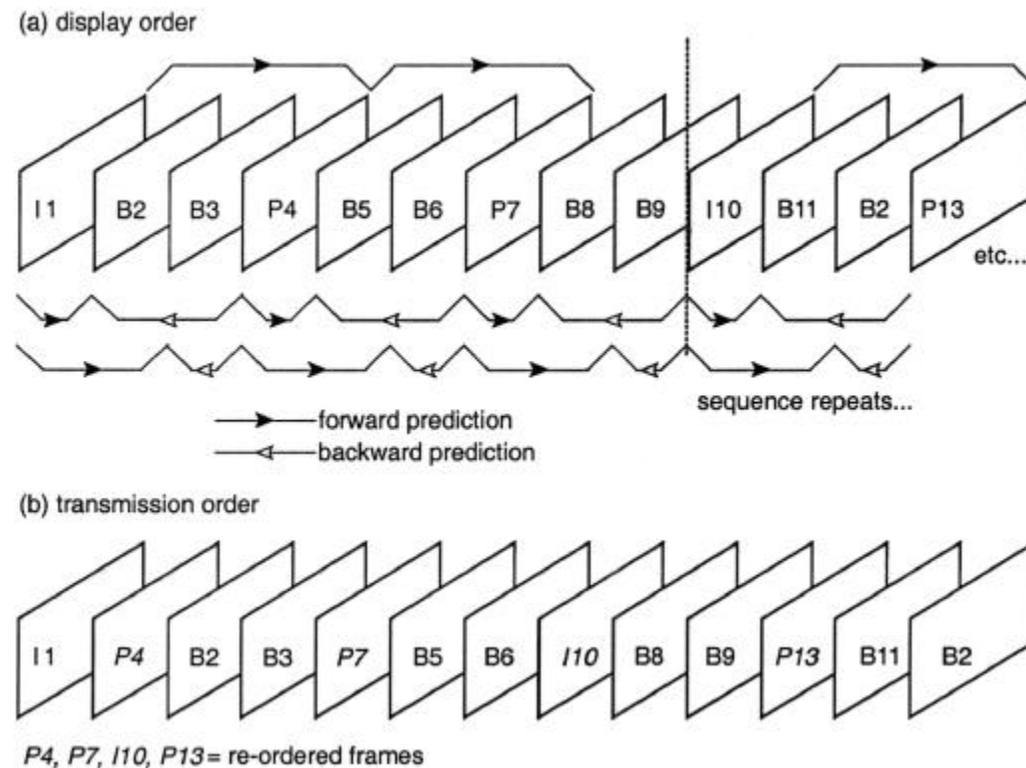
◆ Codierung

- ◆ Zick-Zack-Scan der DCT-Koeffizientenmatrizen
- ◆ End of Block (EOB) Marker zeigt an, ab wo nurmehr 0-Koeffizienten existieren
- ◆ anschließende Huffman-Codierung
- ◆ ergibt in Summe zusätzliche 4:1 Kompression
- ◆ Anpassung an gewünschte Bandbreite (auch durch Rückkoppelung in Quantisierung)
- ◆ Datenstrom als packetized elementary stream (PES) ausgegeben

Digitales Video

■ MPEG-1 - Group of Pictures (GOP) - 1

- ◆ beginnen immer mit I-Frame gefolgt von B/P-Frames
- ◆ GOPs werden ständig wiederholt
- ◆ Abfolge der I/P/B-Frames von Applikation bestimmt
- ◆ Anzeigefolge und Übertragungsfolge nicht ident wegen Codec



Digitales Video

■ MPEG-1 - Group of Pictures (GOP) - 2

◆ Framegrößen (bei PAL-Signal)

- ◆ I-Frame ca. 50-150kB
- ◆ P-Frame ca. 25-50kB (ca. 50% des I-Frames)
- ◆ B-Frame ca. 10-20kB (ca. 20% des I-Frames)

◆ MPEG-Audio-Synchronisation

- ◆ durch Multiplexing der Audio- und Videoströme
- ◆ durch Aufteilung des A/V-Stromes in Pakete möglich
- ◆ erstes Paket enthält Ressourceninformationen

Digitales Video

■ MPEG-2

- ◆ 1993 spezifiziert, ISO/IEC 13818-2
- ◆ Erweiterung von MPEG-1 (abwärtskompatibel)
- ◆ Hauptziel
 - ✦ Broadcastqualität (wichtig für Consumer Markt)
 - ✦ verschiedene Qualitäts-Level (Matrix) - Profile
 - ✦ skalierbare Datenraten und Qualität (SNR, Farbauflösung, ...)
 - ✦ variable Bitraten bis 60 Mbit/s
 - ✦ neue Codierungsverfahren
 - Teilbandcodierung
 - Pyramidencodierung
- ◆ Einsatz:
 - ✦ Digital Video Broadcast (DVB)
 - ✦ DVD

Digitales Video

■ MPEG-2

◆ Teilbandcodierung (vergl. ATRAC)

- ✦ Gesamtsignal in spektrale Teilbänder gespalten

- ✦ Vorteile

- individuelle Quantisierung der Teilbänder
- Berücksichtigung der Eigenschaften Auge/Gehirn

- ✦ Nachteile

- schwierig mit Bewegungskompensation zu kombinieren (hochfrequenter Anteil bewegt sich, niederfrequenter nicht -> was passiert mit Makroblöcken?)
- hoher Rechenaufwand -> schwierig zu implementieren

◆ Pyramidencodierung

- ✦ Originalsignal wird mit verschiedenen Auflösungen diskretisiert

- ✦ DCT-basierende Codierung der niedrigsten Auflösungen

- ✦ höhere Auflösungen durch Interpolation und prädiktive Codierung des Interpolationsfehlers

- ✦ Wiederholung bis zur Originalauflösung

Digitales Video

■ MPEG-2 - Qualitätsklassen

- ◆ in Matrix beschrieben
- ◆ Profile (5 Stück)
 - ✦ beschreiben wie Codiert wird (SNR, Subsampling, ...)
- ◆ Levels (4 Stück)
 - ✦ beschreiben Bildauflösung (Pixel, Framerate)
- ◆ angeordnet in Hierarchie
 - ✦ vom Studio (beste Qualität) hin zum Consumer (schlechtere Qualität)
 - ✦ 11 Klassen definiert
- ◆ „Standard-MPEG-2“: Main Profile @ Main Level (MP@ML)
 - ✦ interlace-scan,
 - ✦ 4:2:0 YUV
 - ✦ 720 pixel * 576 lines
 - ✦ 30 frames/sec

Digitales Video

■ MPEG-2 - Qualitätsklassen

		PROFILES				
		Simple I,P 4:2:0 non-scalable	Main I,P,B 4:2:0 non-scalable	SNR I,P,B 4:2:0 SNR scalable	Spacial I,P,B 4:2:0 spatially scalable	High I,P,B 4:2:0 or 4:2:2 SNR and spatially scalable
LEVELS	High <1920 × 1152/1080 60 frames/sec		MP@HL <80Mb/s 1080 I 720 P			HP@HL <100Mb/s
	High-1440 <1440 × 1152/1080 60 frames/sec		MP@H-1440 <60Mb/s		SSP@H-1440 <60Mb/s	HP@H-1440 <80Mb/s
	Main <720 × 576/480 30 frames/sec	SP@ML <15Mb/s	MP@ML <15Mb/s	SNR@ML <15Mb/s		HP@ML <20Mb/s
	Low <352 × 288/240 30 frames/sec		MP@LL <4Mb/s	SNR@LL <4Mb/s		

Digitales Video

■ Andere Codecs (c't 10/2001)

- ◆ Apple - Quicktime Video Codec
- ◆ Intel - Indeo
- ◆ Microsoft - ASF
- ◆ Real - RealAudio/Video
- ◆ ...

■ Weitere Entwicklungen

- ◆ MPEG4 mit Object-Layers
 - ◆ AVOs (Audio Visual Objects): Audio, Video, 3D-Animation, ...
 - ◆ Können zu komplexen Szenen zusammengefügt werden
 - ◆ über Multiplexing und Synchronisation verknüpft
 - ◆ empfängerseitige Synthetisierung der Gesamtszene