

8. Bewegtbilder

- 8.1 Bewegungswahrnehmung
- 8.2 Videokompression
 - insbesondere MPEG-1 und MPEG-2
- 8.3 Videodatenformate



Literatur:

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

John Watkinson: The MPEG Handbook, Focal Press 2001

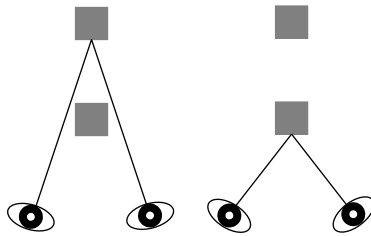
Iain E.G. Richardson: H.264 and MPEG-4 Video Compression, Wiley 2003

Bewegungswahrnehmung (1)

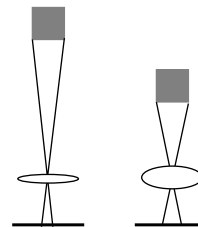
- Psychologische Faktoren:
 - Bewegungswahrnehmung ist eine komplexe Berechnungs- und Bewertungsleistung des Gehirns
 - Physikalisch „falsche“ Wahrnehmung durch Unterdrückung von Wahrnehmungen im Gehirn möglich
 - » Beispiel: Von bewegtem Objekt herunterfallendes Objekt
- Bewegungseindruck durch Betrachten 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



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)

8. Bewegtbilder

- 8.1 Bewegungswahrnehmung
- 8.2 Videokompression
insbesondere MPEG-1 und MPEG-2
- 8.3 Videodatenformate



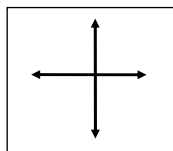
Literatur:

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

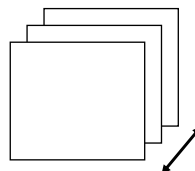
John Watkinson: The MPEG Handbook, Focal Press 2001

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

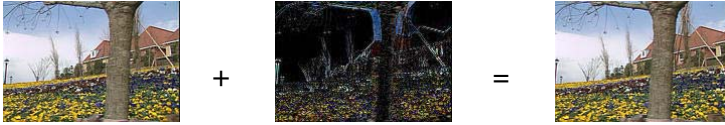
- Idee:
 - Bild aufteilen in Blöcke, z.B. 4 x 4 Pixel
 - Suche nach Ähnlichkeiten zwischen den Blöcken
 - Ähnliche Blöcke durch einen „Durchschnittsblock“ ersetzen
 - Palette für Bildblöcke, d.h. Kodierung durch Index
- Verwendung in Codecs:
 - Indeo, Cinepak
- Langsame Codierung (Spezial-Hardware)
- 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*)

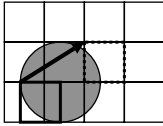


- In den meisten Fällen unterscheiden sich aufeinander folgende Bilder nur in Details
- Idee:
 - Startbild (und regelmäßig weitere *key frames*) intracodiert übertragen
 - Differenz zum nächsten Bild als Bild auffassen und komprimieren
 - » Z.B. mit DCT und anschließender Entropiecodierung
 - » Viele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

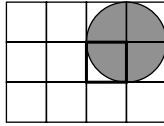
Konzept: Bewegungskompensation (*motion compensation*)

- Idee:
 - Bewegungen von Objekten zwischen aufeinander folgenden Bildern identifizieren
 - Für Teilbilder übertragen:
 - » Differenzbild
 - » Verschiebungsvektor
- Verwendung u.a.:
 - MPEG-1, -2 und -4, H.261-H.264
- Problem: Algorithmen zur Bewegungsabschätzung (*motion estimation*)
 - *block matching*
 - *gradient matching*
 - *phase correlation*

Block Matching



Referenzframe N

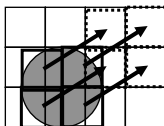


Zielframe $N+1$

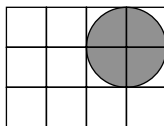
- Referenzframe und Zielframe (aktueller Frame)
 - Referenzframe = vorheriges Bild
- Einteilung des Bildes in Blöcke
- Für jeden Block des Zielframes:
 - Suche nach „best match“ im Referenzframe
 - » z.B. mittlere quadratische Abweichung oder mittlere Differenz
 - Speichern des Verschiebungsvektors
-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



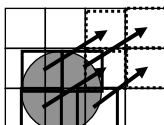
Referenzframe N



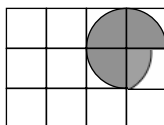
Zielframe $N+1$



Differenzframe



Referenzframe N



Zielframe $N+1$



Differenzframe

8. Bewegtbilder

- 8.1 Bewegungswahrnehmung
- 8.2 Videokompression
 - insbesondere MPEG-1 und MPEG-2
- 8.3 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) (--> Video-CD)
 - 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 abgeschlossen und in Vorbereitung:
 - MPEG-7, MPEG-21 (sind aber KEINE Kompressionsverfahren)

MPEG-2: Profiles und Levels

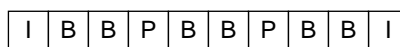
		Profiles					
		Simple	Main	4:2:2	SNR	Spatial	High
Levels	High (HDTV 16:9)		4:2:0 1920 x 1152 90 Mb/s				4:2:0/2 1920 x 1152 100 Mb/s
	High 1440 (HDTV 4:3)		4:2:0 1440 x 1152 60 Mb/s			4.2:0 1440 x 1152 60 Mb/s	4:2:0/2 1440 x 1152 80 Mb/s
	Main	4:2:0 720 x 576 15 Mb/s	4:2:0 720 x 576 15 Mb/s	4:2:2 720 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 Schreibweise z.B.: MP@ML

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

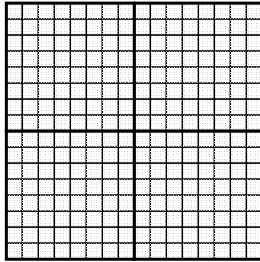
Darstellungsreihenfolge:



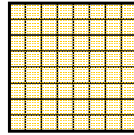
Übertragungsreihenfolge:



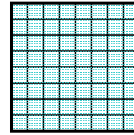
Makroblöcke in MPEG-1/2



Y



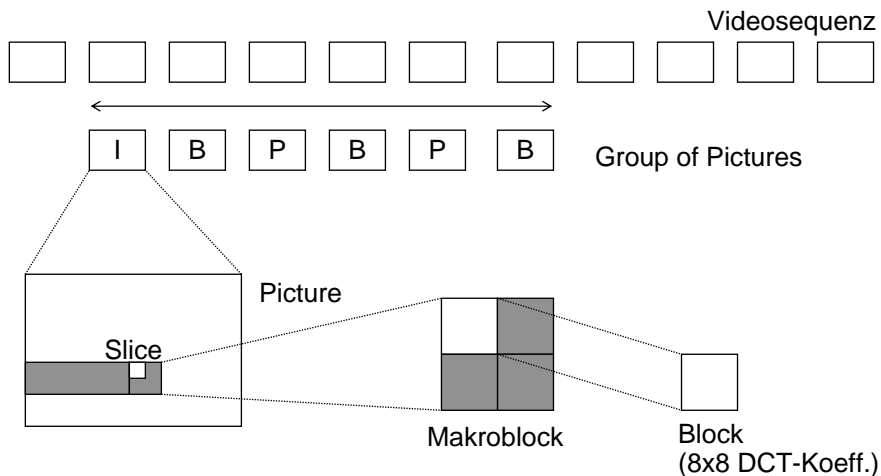
U



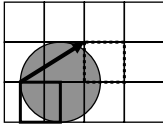
V

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

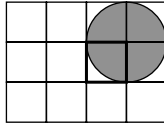
Struktur des MPEG-2 Videodatenstroms



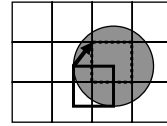
Bidirektionale Bewegungskompensation



Referenzframe N



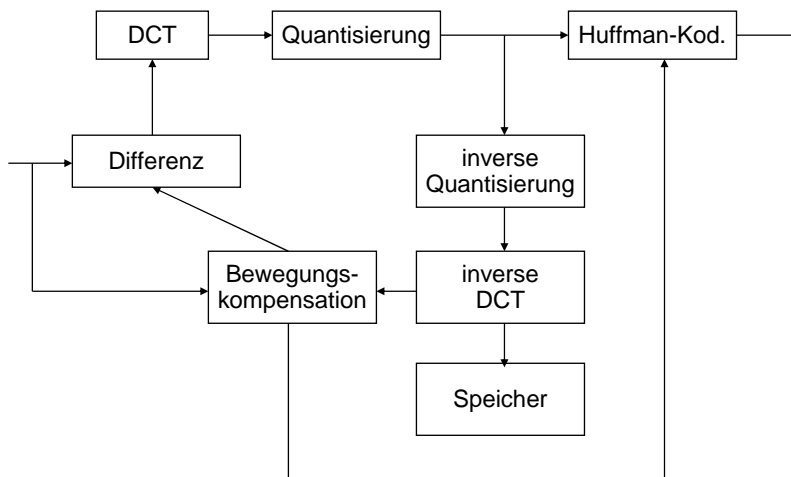
Zielframe $N+1$



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
- Ermöglicht es, mehr Information durch Verschiebungsvektoren zu kodieren als bei unidirektionaler Bewegungskompensation
- 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:
 - Differenzen werden wie Bilder behandelt und nach dem gleichen Schema komprimiert
- Vereinfachung: Standardisierte Quantisierungstabellen

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

Symmetrische und unsymmetrische Verfahren

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

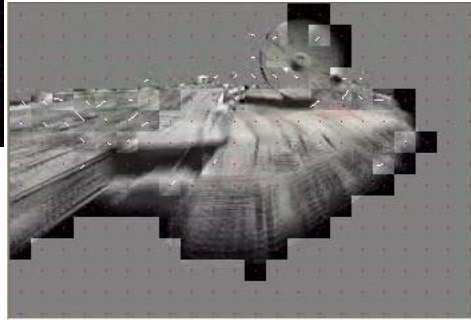
Beispiel: MPEG Video Analyse

- Demonstrationssoftware "VCDemo", siehe:
 - <http://www-it.et.tudelft.nl/~inald/vcdemo/>



Bewegungskompensation

Inter-Frame Codierung



8. Bewegtbilder

- 8.1 Bewegungswahrnehmung
- 8.2 Videokompression
 - insbesondere MPEG-1 und MPEG-2
- 8.3 Videodatenformate ←

Literatur:

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

John Watkinson: The MPEG Handbook, Focal Press 2001

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!

- Parallel neue Entwicklung gestartet: MPEG-4
 - Start 1993
 - 1995: H.263 (siehe später) als Basis für Videocodierung gewählt
 - 1999: MPEG-4 Visual Standard publiziert, Ergänzungen 2002
 - 2003: H.264/MPEG-4 Part 10 (siehe später)

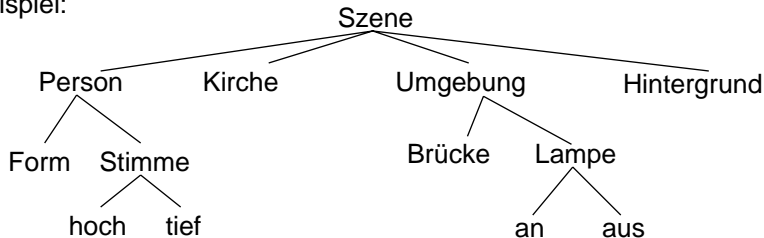
MPEG-4 Visual (1999)

- Part 2 von ISO/IEC 14496 "Coding of Audio-Visual Objects"
 - Ca. 540 Seiten...
- Diverse "Coding tools"
 - Repräsentation verschiedener Datentypen für "Video-Objekte", siehe nächste Folie
- Kernstück = Video-Kompressionsalgorithmus, sehr ähnlich zu MPEG-2
 - Block-basiert, Bewegungskompensation, DCT, Quantisierung, Entropiecodierung
 - Verbesserungen der Codierungs-Effizienz u.a. durch
 - » Kleinere Blöcke für Bewegungskompensation (4x4)
 - » Intra-Frame prediction

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

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

H.264

- Zusammenarbeit zwischen MPEG (Moving Pictures Expert Group der ISO) und der VCEG (Video Coding Experts Group der ITU)
 - VCEG entwickelte H.261 und H.263
 - Gemeinsames Joint Video Team (JVT)
- Resultat: Internationaler gemeinsamer Standard
 - H.264/MPEG-4 Part 10, von beiden Gremien publiziert
 - "Advanced Video Coding" (AVC)
 - Ziel: Bessere Kompressionsraten relativ zur Qualität
- Techniken (Auswahl):
 - Prädiktion kann auf Speicher von mehreren Bildern zurückgreifen (short- and long-term prediction)
 - Baum-strukturierte Bewegungskompensation mit variabler Blockgröße
 - Prädiktion für Bewegungsvektoren aus benachbarten Partitionen
 - Filter zur Beseitigung von Block-Artefakten
 - Spezielle Entropie-Codierungsverfahren

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 Heimwerkerformat, 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

Und jetzt...

- Als kleiner Rückblick & Ausblick auf die kommenden Tage:
 - MPEG-Layer-III-Audiodatei
 - Singstimmen durch Sprachsynthese erzeugt
 - » Vielsprachig
- Quelle:
 - MBROLA Projekt
 - Siehe <http://tcts.fpms.ac.be/synthesis/mbrola/demo/xmas.mp3>

