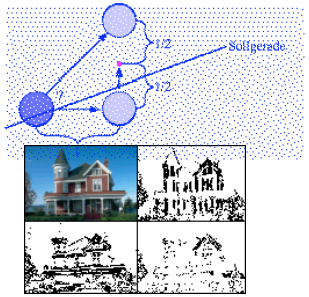
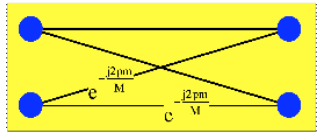
Multimedia I

Konrad Froitzheim

Programm



1. Algorithmen
   - Kompression
   - Geometrische Objekte
2. Hardware II
   - Prozessorerweiterungen
   - Signalprozessoren
   - Bussysteme
   - Plattenspeicher
3. Quicktime
   - Toolbox
   - Dateiformat
   - Programmieren Movie Toolbox
   - Programmieren Component Manager
4. Synchronisation



Literatur

- Apple Computer: Inside Quicktime.
- Chapman, Chapman: Digital Multimedia, 2000.
- Froitzheim, K.: Multimediale Kommunikationsdienste, 1996.
- Halsall, F.:Multimedia Communications, 2001.
- JPEG, MPEG, H.261; Comm. of the ACM, April 1991.
- Koegel Buford, J.F.: Multimedia Systems, Addison Wesley, 1994.
- Li, Z., Drew, M.: Fundamentals of Multimedia, 2004.
- Marven, C., Ewers, G.: Digital Signal Processing, 1993.
- Multimedia in the Workplace; Comm. of the ACM, January 1993.
- Rabbani, M., Jones, P.: Digital Image Compression Techniques, 1991.
- Steinmetz, Nahrstedt: Multimedia - Computing, Comm., App. 1995.
- Steinmetz, R.: Multimedia - Technologie, Springer, 1993.

Formales

Termine:

Vorlesung:	Donnerstag	16:00 - 17:30, Mm-1020
Übung:	Anmeldung bei Frau Schüttauf	

Dramatis Personae:

Prof. Dr. Konrad Froitzheim
03731/393939
frz@informatik.tu-freiberg.de
Helge Bahmann
mailto:helge.bahmann@informatik.tu-freiberg.de

Vorlesungsarchiv (kein Scriptum):
- http://ara.informatik.tu-freiberg.de/vorlesungen/MM2006.doc

Prüfung: Klausur in der vorlesungsfreien Zeit

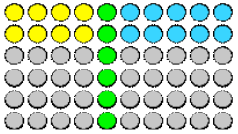
Modalitäten zum Ablauf der Übungen (Helge Bahmann)

- Bei den Übungen können insgesamt 100 Punkte gesammelt werden.
- Die Punktezahl errechnet sich wie folgt:
  1. Es finden 7 Übungen statt.
  2. Zusätzlich zum einfachen Lösen der Aufgaben dürfen diese auch in der folgenden Übung vorstellt werden; pro vorgestellter Aufgabe erhält man einen zusätzlichen Punkt.
  3. Die Punkte werden in der Klausur angerechnet, sind allerdings nur ein Bonus und keine Voraussetzung für die Klausur.
- Gruppenbildung ist erlaubt
  - eine Gruppe darf aus max. 3 Personen bestehen

1. Algorithmen

1.1 Kompression

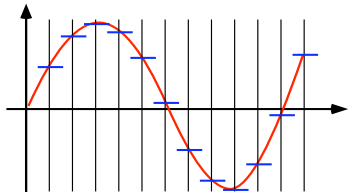
- Fast alle Daten enthalten Redundanz:
  - "eins, zwei, drei" <-> "1,2,3"



- Unterdrückung von Redundanz erhöht Informationsrate
  - Speicherung
  - Übertragung
- Einführung von nicht wahrnehmbaren Verlust
- Probleme
  - Rechenaufwand
  - Fehleranfälligkeit (Bitfehler, Paketverlust, etc)
  - Informationsverlust (<-> Weiterverarbeitung)

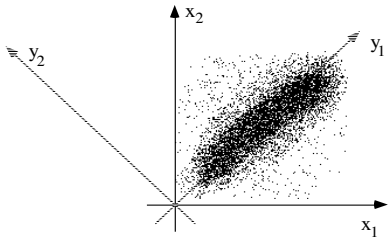
- Entropie-Kodierung
  - Korrelationen finden und ausnutzen
  - Nullunterdrückung, Lauflängen-Kodierung (Problem: Rauschen)
  - Huffman Coding
  - Lempel-Ziv (LZW, etc)
  - verlustlos
  - Weiterverarbeitung möglich

- Differenzen-Kodierung
  - in Raum und Zeit
  - $d_i = |val_i - val_{i+1}| < \varepsilon$
  - Delta-Modulation
  - Vorhersage



- Truncation Coding
  - Grenzen der menschlichen Wahrnehmung
  - z.B. Runden: Gleitpunkt-Zahlen
  - Audio, Video
  - verlustbehaftet

- Transformationskodierung
  - 'Daten aus einem anderen Blickwinkel betrachten'

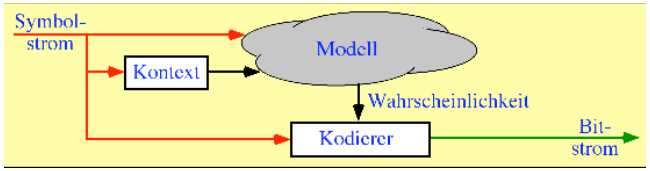


  - Koordinatentransformation
  - z.B. für Bilder
- Modellbasierte Kodierung
  - Decoder = eine Maschine die einen Medienstrom erzeugt
  - Coder findet die richtigen Eingaben für diese Maschine
  - Audio, Video mit sehr niedriger Bitrate

1.1.1 Entropiekodierung

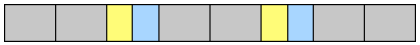
- Shannon, 1948
- Nachrichtenquelle
  - Symbolfolgen
  - Wahrscheinlichkeit vs. Informationsgehalt
- Entropie eines Symboles s_i mit Wahrscheinlichkeit p_i
  - $H_i = - ld\ p_i$ bits
  - auch Selbstinformation oder Informationsgehalt genannt
  - ≠ durchschnittliche Entropie aller Symbole = Entropie der Quelle
- Wahrscheinlichkeit einer Symbolfolge $s_1 s_2 \ldots s_n$?
  - Symbole haben Wahrscheinlichkeit $p(s_i) = p_i$
  - $p = p(s_1)*p(s_2)*\ldots p(s_n)$
  - p("the") = 0,076 * 0,042 * 0,102 = 3,25584 * 10^{-4}
  - H("the") = 11,6 bits
  - einfaches Modell
- Shannon: Mittlere Kodelänge kann Entropie annähern
- Shannon-Fano-Code tut das aber nicht

- Modelle mit endlichem Kontext
  - Wahrscheinlichkeit $p(s_i)$ allein ≠ im Kontext
  - $p(s_i='h') = 0,042$ => H('the') = 11,6 bits
  - $p(s_i='h' | s_{i-1} = 't') = 0,307$ => H('the') = 6,5 bits
- Brown'scher Korpus [W.N. Francis, H. Kucera; 1961]
  - Buchstaben, Digramme, Trigramme, Tetragramme
  - Wort-Delimiter ist auch ein Zeichen
- Ordnung des Modelles
  - Anzahl Vorgängerzeichen
- Modell versorgt Kodierer mit "Wissen"



1.1.1.1 Nullunterdrückung und Lauflängenkodierung

- viele Daten enthalten Läufe
- Nullunterdrückung
  - Bsp.: BA 83 00 00 00 00 00 AF FE FF 00 00 00 03 00 05



  - Problem: Marker+Zähler im Datenstrom
  - => Präfix für Problemzeichen
  - komprimiert: BA 83 06 AF FE FF 03 00 03 01 00 05
- Läufe beliebiger Zeichen
  - Daten (Zeichen + Kennzeichen + Anzahl) Daten
  - Kennzeichen im Datenstrom => Kennzeichen Kennzeichen
  - Bsp.: Hallo AAAAAA, wieviel $ kostet ein Auto?
  - komprimiert: Hallo A$6, wieviel $0 kostet ein Auto?
- Vereinfachungen in Sonderfällen
  - 7-bit Zeichen => höchstes Bit markiert Zähler
  - 8-bit Zeichen => 7 bit + Präfix für seltene Zeichen mit 8 Bit
  - FF xx bereits Marker im Datenstrom (JPEG)

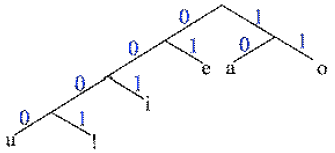
1.1.1.2 Huffman Kompression

- $p(s_1) > p(s_2)$ dann sei Länge($c(s_1)$) < Länge($c(s_2)$)
- Idee: Baum erzeugen
  1. alle Nachrichten s_i in Tabelle aufschreiben
  2. Wahrscheinlichkeiten $p(s_i)$ ermitteln
  3. 2 Nachrichten mit kleinster Wahrscheinlichkeit finden
  4. Zusammenfassen und Wahrscheinlichkeiten addieren
  5. Weiter mit 3 bis nur noch eine Nachricht
- Baum traversieren von Wurzel bis Blättern
  - linke Kante markiert mit 0, rechte mit 1
  - in den Blättern Bitkette der vorangehenden Kanten eintragen
  - es entstehen verschieden Lange Bitketten
- Anstelle der Symbole Bitketten aus dem Baum übertragen
- Redundanz = mittlere Codelänge - Entropie < p_{max} + 0,086

- Beispiel
  - Nachrichten: (a,0.2), (e,0.3), (i,0.1), (o,0.2), (u,0.1), (!,0.1)
  - iterativ zusammenfassen

e	0.3	e	0.3	e	0.3	(a,o)	0.4	(((u,!),i),e)	0.6	(((u,!),i),e), (a,0)	1
a	0.2	a	0.2	((u,!),i)	0.3	e	0.3	(a,o)	0.4		
o	0.2	o	0.2	a	0.2	((u,!),i)	0.3				
i	0.1	(u,!)	0.2	o	0.2						
u	0.1	i	0.1								
!	0.1										

  - Baum erzeugen und attributieren



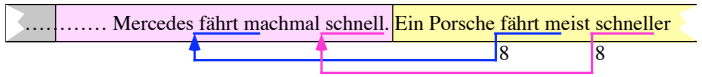
  - Codetabelle: (a,10), (e,01), (i,001), (o,11), (u,0000), (!,0001)
- a-priori Wissen: Codebaum bzw. Eingabezeichen-Verteilung
- *Huffman* nur optimal falls $p(a_i) = 1/2^n$; ∀i bei binärer Kodierung

1.1.1.3 Wörterbuchkompression (Lempel-Ziv)

- Symbolgröße und Kodelänge
  - Konstante Symbolgröße : variable Kodelänge
  - Variable Symbolgröße : konstante Kodelänge

- Wörterbuch mit Tupeln (Phrase, Kode)
- Phrasen sind Folgen von Eingabesymbolen
- Erzeugung des Wörterbuches?
- Jacob Ziv und Abraham Lempel; 1977, 1978

- LZ77: alte Daten als Kodebuch
  - Fenster in der Vergangenheit absuchen
  - Zeiger + Länge in dieses Fenster übertragen



- Heute: LZH kombiniert LZSS mit Huffman

- LZ78: Faktorisierung des Eingabestroms

- Eingabe:	aaabbabaabaaabab						
- Faktorisierung:	a	aa	b	ba	baa	baaa	bab
- Phrasen#:	1	2	3	4	5	6	7
- Ausgabe:	(0,a)	(1,a)	(0,b)	(3,a)	(4,a)	(5,a)	(4,b)

- Automatisch adaptiv
- Optimal falls Tabelle beliebig groß und Eingabe unendlich lang
- Datenstruktur für das Wörterbuch kritisch
  - Liste, Hash oder Mehrwegbaum

- Praktikabel seit Terry Welch, 1984: LZW => Patent <=> GIF
  - nur Codes (Pointer) übertragen, keine Symbole
  - Tabelle mit allen Symbolen initialisieren
  - neue Codes nicht sofort verwenden
  - letzes Symbol des neuen Codes -> erstes Symbol des nächsten Codes
- LZW-Algorithmus

```
WHILE getNextChar(theChar) DO BEGIN
    index:=FindEntry(currCode,theChar);
    IF dict[index].code <> empty THEN
        currCode:= dict[index].code
    ELSE BEGIN
        dict[index].code:=nextCode; inc(nextCode);
        dict[index].parentCode:=currCode;
        dict[index].character :=theChar
        Out(currCode);
        currCode:=ORD(theChar)
END END;
```

- Kodierung:
  - Schleife über Eingabestrom ➜ n_S Durchläufe
  - FindEntry
  - Hash max. 80% belegt, double hashing -> im Mittel 2 Versuche
  - $O(n_S)$

- Dekodierung:
  - Schleife über Codestrom ➜ n_c Durchläufe
  - Arrayzugriff, Ausgabe
  - Wartung des Modelles (wie im Kodierer)
  - $O(n_c)$
- Experimentell: 60 Instruktionen/Zeichen
- Eingabedatenströme oft heterogen
  - Keine neuen Tabelleneinträge frei
  - LZW: Kodes verlängern
- Tabellen und Bäume müssen klein bleiben
  - Suchzeit, Speicherplatz
  - maximale Tabellengröße
  - Tabelle initialisieren falls voll
  - LRU wiederverwenden
- Kompressionsleistung messen
  - Kodierungsbasis initialisieren
  - Modell neu aufbauen

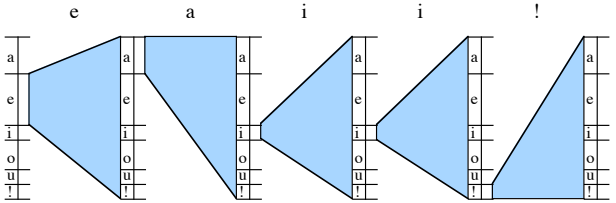
1.1.1.4 Arithmetische Kompression

- Nachricht durch Teilintervall von [0,1) repräsentieren
- Intervalltabelle

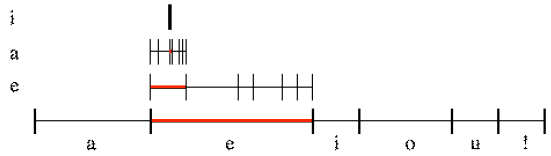
a	e	i	o	u	!
0,2	0,3	0,1	0,2	0,1	0,1
[0 ; 0,2)	[0,2 ; 0,5)	[0,5 ; 0,6)	[0,6 ; 0,8)	[0,8 ; 0,9)	[0,9 ; 1)

- Intervallentwicklung bei Eingabe eaii!

-	e	a	i	i	!
[0 ; 1)	[0,2 ; 0,5)	[0,2 ; 0,26)	[0,23 ; 0,236)	[0,233 ; 0,2336)	[0,23354 ; 0,2336)



- Jedes Eingabesymbol verkleinert und verschiebt Intervall
  - entsprechend $p(s_i)$




```
WHILE GetSymbol(theSymb) DO BEGIN
    range:=high-low;
    high:=low+range*theSymb.high;
    low:=low+range*theSymb.low;
END;
```

- Decoder sucht Symbol zu Intervall
  - in Intervalltabelle
  - etwas schwieriger

- Finden des richtigen Intervalls
  - Anordnen der Symbole entsprechend $p(s_i)$
  - Bisektion

```
WHILE theSymb <> EOF DO BEGIN
    theSymb:=FindSymb(value,range);
    PutSymbol(theSymb);
    range:=theSymb.high-theSymb.low;
    value:=value-theSymb.low;
    value:=value/range;
END;
```

- Länge der Gleitpunktzahl hängt von der Eingabelänge ab
- Inkrementelle Übertragung und Dekodierung
  - Senden eines Kodes, sobald er feststeht
  - im binären Fall: Intervall $\in [0 ; 0,5) \Rightarrow 0$
    Intervall $\in [0,5 ; 1) \Rightarrow 1$
  - solange ausgeben, bis $0,5 \in$ Intervall
  - Intervall-Skalierung: Bsp: [0,23 ; 0,236) -> [0 ; 0,6)
  - nach jeder Ausgabe Intervall skalieren => im binären Fall shiften

- Kodierfenster
  - Symbol senden falls entscheidbar
  - Fenster verschieben

low: 0,1001000111011010

high: 0,1001101111101010

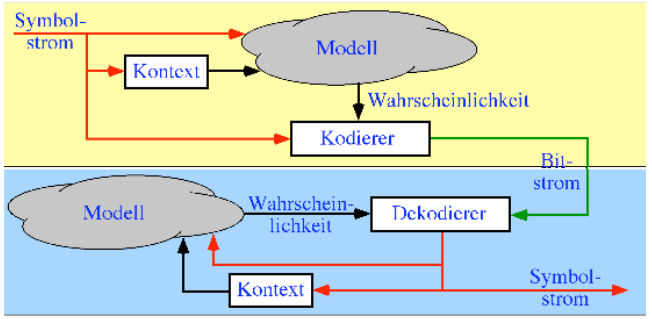
low: 0,10010001110110100

high: 0,10011011111010101

low: 0,1001000111011010000

high: 0,1001101111101010111

- Modell erneuern
  - cumFreq[theSymb] inkrementieren
  - cumFreq[theSymb] evtl. tauschen
  - alle Höheren inkrementieren
- Modell auch im Dekodierer mitführen



- Modelle höherer Ordnung möglich
  - vorsichtiger Umgang mit Speicherplatz
  - Ordnung 2: 256*256*256 Einträge
  - Teil-Tabellen nur bei Bedarf dynamisch anlegen

- Adaptive Modellbildung möglich
- Kodelänge
  - Intervallgröße = p(Nachricht)
  - Repräsentant des Intervalls hat log(p) Stellen = H(Nachricht)
  - Endesymbol+Auffüllen: 9 bit / Nachricht
  - Rundungsfehler < 10^{-4} bits/Symbol
  - Symbolzähler im Modell ist beschränkt: 0,25% / MByte
- $O(n_s)$ für Kodierung:
  - Zeichen lesen, low und high berechnen
  - c mal Bit ausgeben, shiften
- $O(n_b)$ für Dekodierung:
  - Bit in Code lesen, Code an Modell anpassen
  - Zeichen finden (O(m))
  - low und high berechnen
- O(m) für Verwaltung des Modells
- experimentell: 500 Instruktionen/Zeichen
- Kodieren: ~100 MC68020 Instruktionen / Byte
- Dekodieren: ~120 MC68020 Instruktionen / Byte

1.1.1.5 Bildkompression mit Farbtabellen

- Übertragung und Speicherung der Bilder im Index-Format
  - Indexlänge typisch 8 Bit
  - CLUT enthält echte Farbwerte, gehört zum Bild
- Kompression 2:1 oder 3:1 bei RGB
- Klassische Redundanzunterdrückung wieder sinnvoll (-> GIF: LZW)
- Orginalbild eventuell "dithern":
  - Jeder Punkt wird auf eine Farbe in der Tabelle abgebildet
  - Fehler in einem Pixel mit umliegenden Pixeln ausgleichen
  - Gewichtsfunktion für Fehlerverteilung um ein Pixel

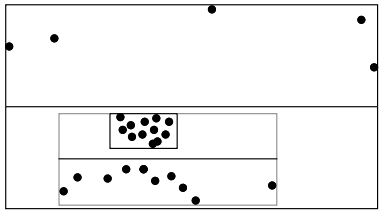
.	.	.	.	.	.	.
.	1	2	4	2	1	.
.	2	4	8	4	2	.
.	4	8	(i,j)	8	4	.
.	2	4	8	4	2	.
.	1	2	4	2	1	.
.	.	.	.	.	.	.

  - Iterativer Prozess, rechenintensiv

- Algorithmus zur Tabellenermittlung für RGB-Bilder
  - Ausgangsbild z.B. 24 bit RGB
  - Abbildung "ähnlicher" RGB-Farben auf CLUT-Index
  - bestmögliche Auswahl der Farben
  - Parametrisierbar (Anzahl Indices, Abstand der Farben, …)
- Octree Quantisierung

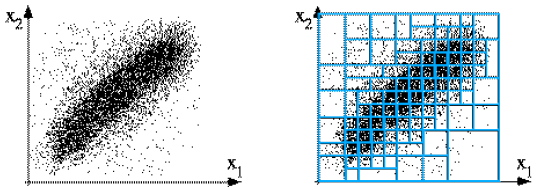
```
TYPE Clut = ARRAY [0..maxTabEntries] OF LongInt;

FUNCTION PixelsLeft : BOOLEAN; …
FUNCTION GetPixel : LongInt; …
PROCEDURE FindClosestTwo(VAR c:Clut; VAR i,j:INTEGER);
FUNCTION ReduceTable(VAR theClut : Clut):INTEGER;
   VAR i,j : INTEGER;
   BEGIN
      FindClosestTwo(theClut,i,j);
      theClut[i]:= FindMixCol(theClut[i],theClut[j]);
      ReduceTable:= j;
   END {ReduceTable};

BEGIN
nextfree:=0;tablefull:=false; …
WHILE PixelsLeft DO BEGIN
   myClut[nextfree]:= GetPixel;
   IF nextfree >= maxTabEntries THEN tablefull:=true;
   IF not tablefull THEN nextfree:= nextfree+1
   ELSE nextfree:= ReduceTable(myClut);
END {while};
```


- Median Cut
  - Farbpunkte im dreidimensionalen Raum (Achsen R,G,B)
  - Einteilung des Farbraumes in m Kästchen
    die alle Punkte enthalten
    Kästchen enthalten ungefähr gleichviele Punkte
  - das jeweils vollste Kästchen wird entlang der längsten Achse halbiert



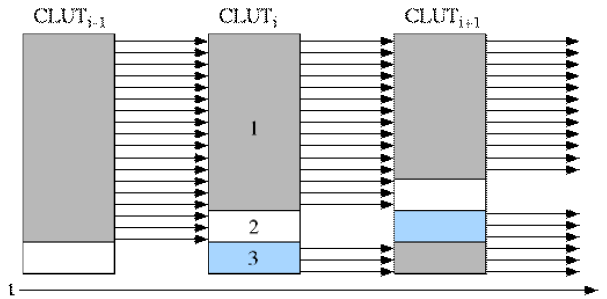
  - ein Wert repräsentiert Kästchen (also "ähnliche" Farben)
  - Nachbehandlung
    m+n Tabelleneinträge bilden
    Reduzierung um n Tabelleneinträge nach besonderen Kriterien

- Verallgemeinert: Codebuch (=> Vektorquantisierung)
  - Wertetupel $(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ (Vektoren)
  - auf k Repräsentanten abbilden (quantisieren)
  - card(x^n)>>k => Kompression



- Bewegtbildkompression mit Farbtabellen: asymmetrisch
  - Film wird mit Farbtabelle(n) gespeichert
  - einfache Dekompression im Anzeigegerät: CLUT laden
- Drei Strategien zur Tabellenverwaltung:
  - feste Farbtabelle für gesamte Sequenz: einfach, Ergebnisse schlecht
  - neue Tabelle für jedes Bild: Farbtabellenumschaltung problematisch
  - Adaptive Farbtabelle mit kleinen Veränderungen von Bild zu Bild

- Delta-CLUT Algorithmus (X-Movie)
  - vermeidet Umschalteffekte durch Reservierungsstrategie
  - Läßt Platz für Standardfarben anderer Applikationen
  - CLUT- Einteilung in drei Klassen:
    1: Weiterverwendete Farben vom vorhergehenden Bild
    2: Unbenutzte Farben vom vorhergehenden Bild
    (werden frei für das nächste Bild)
    3: Neue Farben für das aktuelle Bild



- Kodierungsablauf
  1. Tabelle i* mit m Einträgen berechnen für Bild i (Median Cut, Octree)
  2. m-k ähnliche Farben aus Tabelle i-1 in Tabelle i kopieren
  3. k weitere Farben aus Tabelle i-1 kopieren, als frei markieren
  4. k weitere Farben aus i* auswählen und in Tabelle i eintragen
  5. Bild entsprechend Tabelle i 'dithern'
- Implementierung:
  - Klassen nicht physikalisch zusammenlegen
  - Die Verschnittbits der Tabelle (Bit 15, Bits 24-31) zur Markierung der Klasse
  - Die CLUT Einträge 0..15 und 255 freilassen für Standardfarben

1.1.2 Standbildkompression

1.1.2.1 Blockcodiertechniken

- Einfache Verfahren ohne Floating-Point
- Kompromiß Leistung vs. Systembelastung
- Subsampling: 4:2:2, 4:1:1
- Ausnutzen vorhandener (Grafik-) Beschleuniger
  - z.B. Cell-A, Cell-B (Sun)
  - Idee: Bitmaptransfer mit Vordergrund und Hintergrundfarbe
- Erhalten gewisser Bildeigenschaften:
  - Mittelwert
  - Standardabweichung
  - Grobstrukturen

1.1.2.1.1 Block Truncation Coding

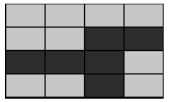
(Mitchell, Delp, Carlton; Kishimoto, Mitsuya, Hoshida; 1978)

- Für Graustufenbilder
- Einteilen eines Bildes in 4*4 Pixel Blöcke

12	14	15	23
62	100	201	204
190	195	240	41
20	48	206	45

→

0	0	0	0
0	0	1	1
1	1	1	0
0	0	1	0



- Mittelwert $m = \frac{1}{n}\sum_{i=0}^{15} p_i$ (Im Beispiel 101)
- Mittelwerte $mlow = \frac{1}{card(p_i \mid p_i < m)} \sum_{i=0,\, p_i<m}^{15} p_i$ (Bsp. 38)

  und $mhigh = \frac{1}{card(p_j \mid p_j \geq m)} \sum_{j=0,\, p_j \geq m}^{15} p_j$ (Bsp. 206)
- Eventuell andere Blockgößen und nur ein Grauwert
  - Varianz berechnen

- Code für Block (bitmap, mlow, mhigh)
  - 32 bit
  - 2 bit / Pixel
  - Bitmap beschreibt Form
- Auswahl von m, mlow, mhigh optimieren: Momente
  - Kontur-erhaltend
  - Helligkeit und Kontrast erhalten
  - andere Wahl des 'Unterscheidungswertes' m
- Mittelwert und Varianz übertragen
  - gemeinsame Kodierung von Mittelwert und Varianz in 6 bit
    => 22 bit pro Block: 1,375 bit/Pixel


Orginal


BTC


Differenz

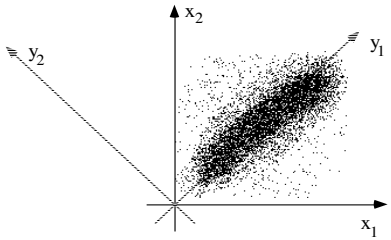
1.1.2.1.2 Color Cell Compression (Campbell, 1986)

- Verallgemeinerung auf Farbbilder
- 4*4 Blöcke
- Luminanz-Mittelwert als Quantisierer
- 2 24-bit Werte für 0 und 1
  - RGB Komponenten der Repräsentanten aus Farbebenen ermitteln
  - Code für Block (bitmap, vlow, vhigh) => 64 bit
  - 4 bit / Pixel
- 24 bit Werte auf Farbtabellenindizes abbilden
  - Median-Cut wie oben
  - Code für Block (bitmap, ilow, ihigh) => 32 bit
  - 2 bit / Pixel
- Farbtabelle pro Bild nötig
- Weitere Kompression siehe SMP (Software Motion Pictures)
  - subsampling
  - Monocolor Blocks

1.1.2.2 Transformationskodierung

- Interpretation der Transformation
  - Drehung

    asymmetrische Varianz bezüglich Achsen
    Gesamtvarianz bleibt erhalten



  - Darstellung mit Basisfunktionen

    Synthetisierung eines Punkteblocks als Linearkombination von BF
    z.B. Fourier-Transformation (FFT)

- Diskrete Cosinus Transformation
  - zweidimensional für n*n Block

$$F(u,v) = \frac{2}{n} C(u)C(v) \sum_{j=0}^{n-1} \sum_{k=0}^{n-1} f(j,k) \cos\left(\frac{(2j+1)u\pi}{2n}\right) \cos\left(\frac{(2k+1)v\pi}{2n}\right)$$

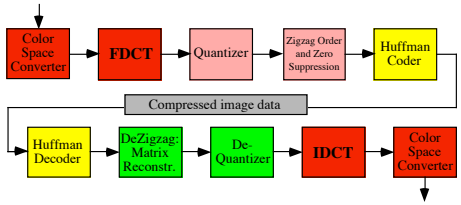
$$f(j,k) = \frac{2}{n} \sum_{u=0}^{n-1} \sum_{v=0}^{n-1} C(u)C(v)F(u,v) \cos\left(\frac{(2j+1)u\pi}{2n}\right) \cos\left(\frac{(2k+1)v\pi}{2n}\right)$$

$$C(w) = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} & w = 0 \\ 1 & w = 1,2,\ldots,n-1 \end{cases}$$

- DCT ist Orthogonale Transformation: $C = Q^T P Q$
  - 2 * 64 * (8 Mult + 7 Add)
  - Schnelle Algorithmen ähnlich FFT exisitieren

    2n FFT
    Generalized Chen Transform
    Spalten/Zeilenweise Ausführung: 1D-DCTs

1.1.2.2.1 JPEG Joint Photographic Expert Group



- JPEG-DCT
  - 8*8 Punktematrix
  - Pro 'Farbebene' (RGB, CMYK, YUV)
  - Wert links/oben wird als Gleichstrom-Koeffizient bezeichnet
  - Andere Werte 'Wechselstromkoeffizienten'

139	144	149	153	155	155	155	155
144	151	153	156	159	156	156	156
150	155	160	163	158	156	156	156
159	161	162	160	160	159	159	159
159	160	161	162	162	155	155	155
161	161	161	161	160	157	157	157
162	162	161	163	162	157	157	157
162	162	161	161	163	158	158	158

DCT →

1260	-1	-12	-5	2	-2	-3	1
-23	-17	-6	-3	-3	0	0	-1
-11	-9	-2	2	0	-1	-1	0
-7	-2	0	1	1	0	0	0
-1	-1	1	2	0	-1	1	1
2	0	2	0	-1	1	1	-1
-1	0	0	-1	0	2	1	-1
-3	2	-4	-2	2	1	-1	0

• Umquantisierung -> Kompression, Verlust an Genauigkeit
  - Normalisierung
  - Quantisierungschritt nimmt mit hohem Index zu

1260	-1	-12	-5	2	-2	-3	1
-23	-17	-6	-3	-3	0	0	-1
-11	-9	-2	2	0	-1	-1	0
-7	-2	0	1	1	0	0	0
-1	-1	1	2	0	-1	1	1
2	0	2	0	-1	1	1	-1
-1	0	0	-1	0	2	1	-1
-3	2	-4	-2	2	1	-1	0

Quant

79	0	-1	0	0	0	0	0
-2	-1	0	0	0	0	0	0
-1	-1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

• Quantisierungsmatrizen [Lohscheller, 1984]:

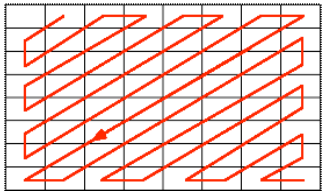
Luminanz (Y)

16	11	10	16	24	40	51	61
14	12	14	19	26	58	60	55
14	13	16	24	40	57	69	56
14	17	22	29	51	87	80	62
18	22	37	56	68	109	103	77
24	35	55	64	81	104	113	92
49	64	78	87	103	121	120	101
72	92	95	98	112	100	103	99

Chrominanz (U,V)

17	18	24	47	99	99	99	99
18	21	26	66	99	99	99	99
24	26	56	99	99	99	99	99
47	66	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99
99	99	99	99	99	99	99	99

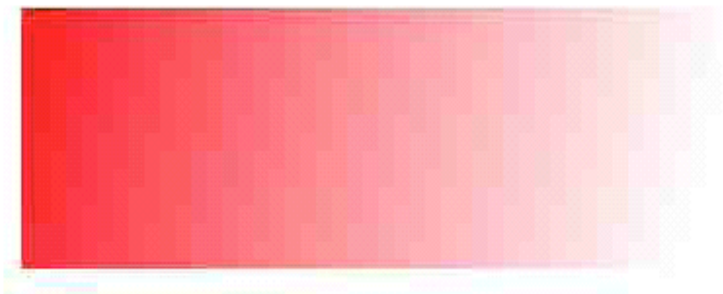
• Linearisierung

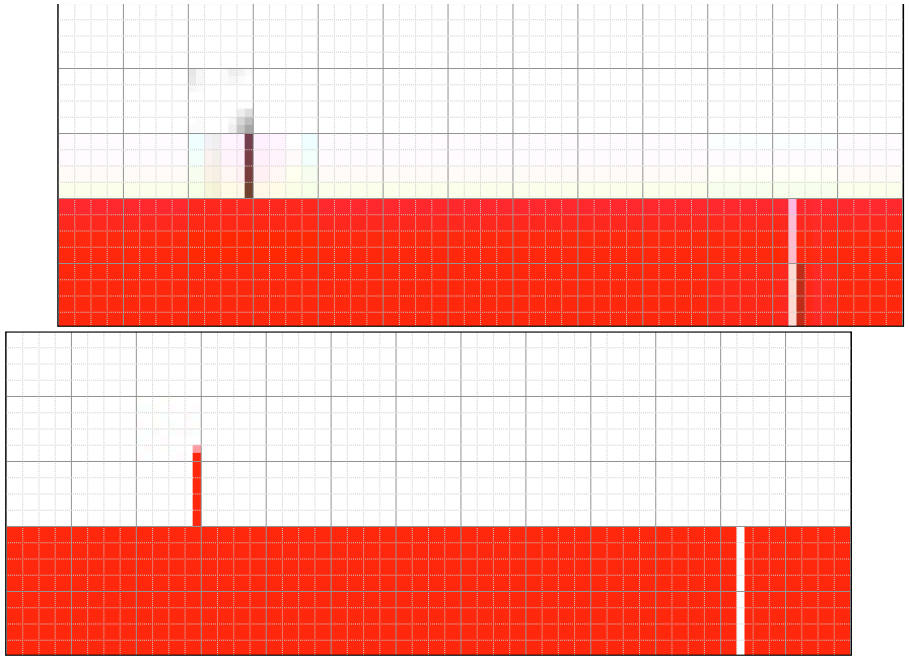


79; 0 -2 -1 -1 -1 0 0 -1 Blockende

• Lauflängenkodierung + Huffman-Kodierung zur weiteren Kompression
• JFIF - JPEG File Interchange Format
  - optimierte Quantisierungsmatrizen
  - optimierte Huffman-Tabellen
  - YUV 4:1:1 oder 4:2:2
• JPEG/M zur Bewegtbildkompression
  - jedes Bild selbständig JPEG-komprimiert

• Bit/Pixel 0.3 Qualität mittel, Blöcke sichtbar
  0.5 ordentlich
  0.75 sehr gut
  1.5 hervorragend
  2.0 kein Unterschied zum Orginal erkennbar
• Typische JPEG-Artefakte
  - Blockbildung (nur eine Mischfarbe pro Block)
  - 'Ausschwingen' bei scharfen Farbgrenzen
  - Beispiel Rotkeil 1: 104 komprimiert

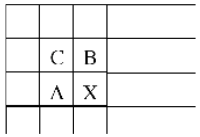




1.1.2.2.1.1 JPEG-Varianten

- Sequential Mode
- Progressive Mode (Expanded Lossy DCT-based Mode)
  - sukzessive Bildverfeinerung
  - Änderung der Quantisierung:
    - Einteilung in Koeffizientenklassen (spektrale Auswahl)
    - Bitklassen in Koeffizienten (successive approximation)
- Arithmetische Kodierung
  - spart Huffman-Tabellen
  - 5% - 10% kompakter
- 12 bit/Pixel
- Lossless Mode: Prädiktion aus Umgebungspixeln + Differenz

0	keine Prädiktion
1,2,3	X=A, X=B, X=C
4	X=(A+B+C)/3
5,6	X=(A+(B+C)/2)/2, X=((A+B)/2+C)/2
7	X=(A+B)/2

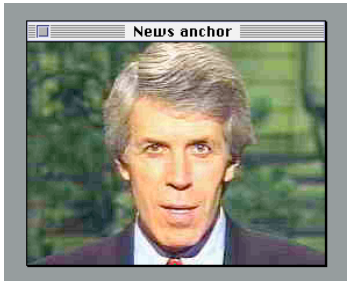


- Hierarchischer Modus: sequentielle Auflösungsverfeinerung

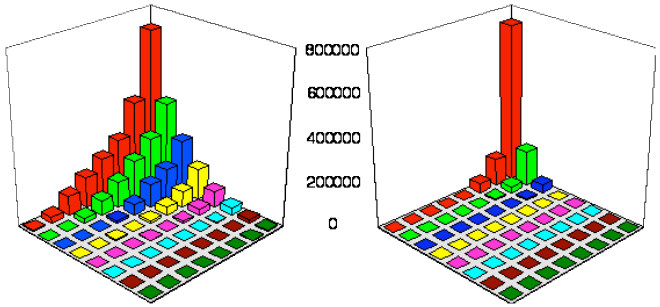
1.1.2.2.1.2 Optimierung

- Statistische Betrachtungen
- Hohe Kompression ⇔ Viele Elemente = 0

	News 1	News 2	Office	Movie	Text
Y	7.8 %	9.7 %	8.0 %	12.6 %	22.4 %
U/V	2.2 %	2.3 %	2.4 %	2.1 %	1.5 %

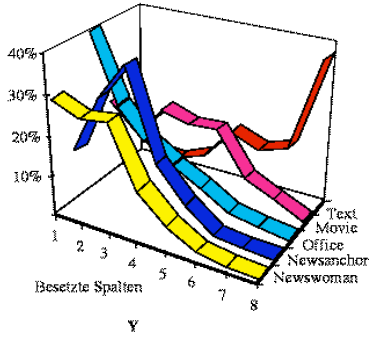


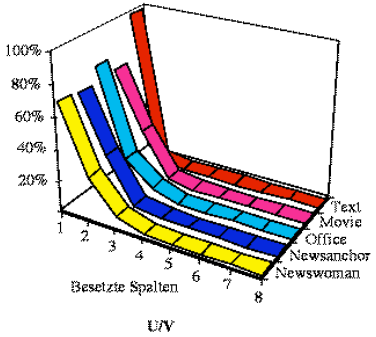
- Elemente ≠ 0 in der linken oberen Ecke



Luminanz (Y) Chrominanz (U, V)

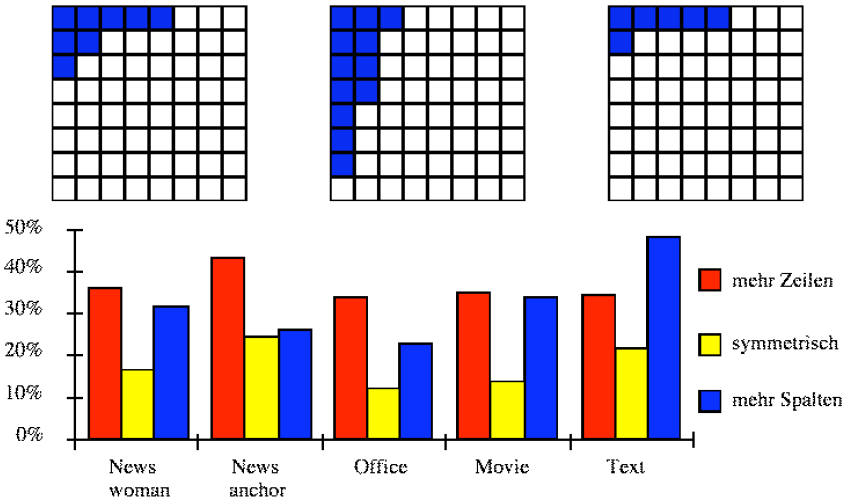
- Leere Zeilen und Spalten



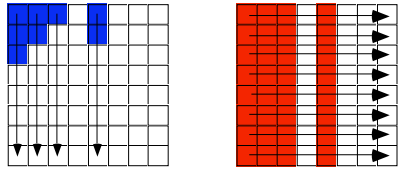


• Beispiele	Bit/Pixel	Y	U/V
Telekonferenz	0,14	8	2
Video	0,23	10	3
Standbild	0,5	15	4

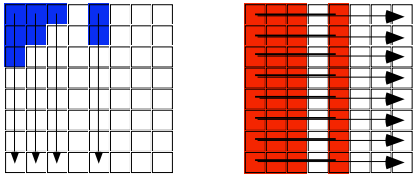
• Asymmetrien



• IDCT algorithm:
  - 1D (Chen)
  - Multiplikationen ~ Additionen
• Erste Optimierung: IDCT nur in nichtleeren Spalten/Zeilen

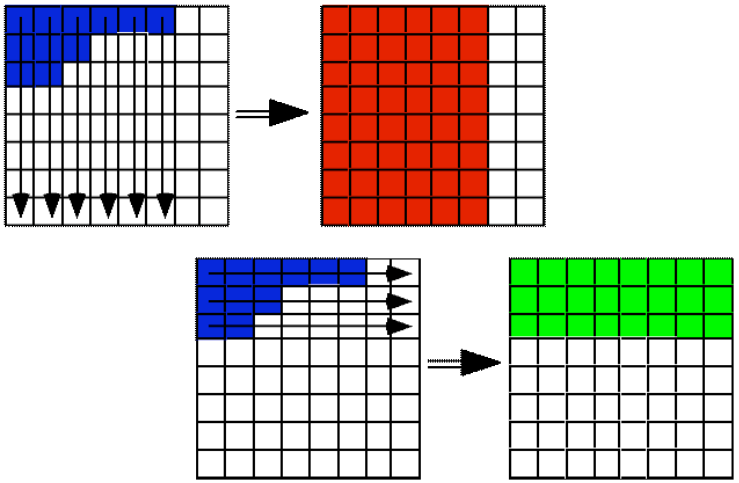


• Zweite Optimierung : 1D IDCT mit beschränkter Länge
  - Grad r einer Transformation: Index des letzten Elementes ≠ 0

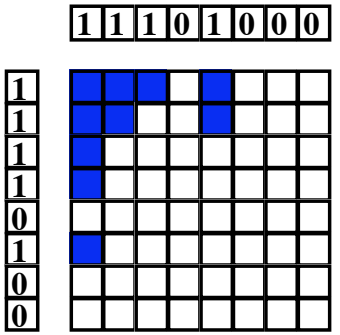


• Dritte Optimierungsstufe: Matrix dünnbesiedelt halten

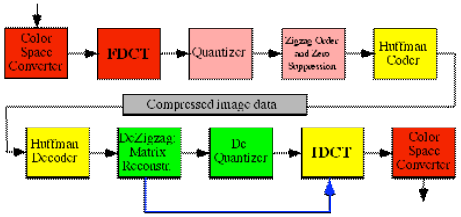
$$P = Q^T C Q = (Q^T C) Q = Q^T (C Q)$$



• Wie erhält man die Struktur-Information?
  - Nullen in der Matrix zählen ist teuer
  - Compare kostet genauso wie Compute
  - Konstanter Overhead
• Effizient: Huffman decode / matrix reconstruction
  - Zeilen- und Spalten-Bitsets
  - Overhead skaliert mit Kompression



• revidierter Prozeß



• MC68040 und DSP AT&T 3210, heute: PPC 601
  - JPEG Strombearbeitung in Pascal auf dem Hauptprozessor,
  - Huffman, Matrix Rekonstruktion, und
  - IDCT in 3210 Assembler auf 66 MHz AT&T 3210,
  - YUV -> RGB in 68040 Assembler

• DConly: 64 ops um vollständige Matrix zu erzeugen
• 1D IDCT auf leeren Spalten einsparen
• 1D IDCT mit Grad r implementieren

Grad	1	2	3	4	5	6	7	8
3210-Ops	12	27	33	37	42	44	46	48
PPC-Ops	17	28	33	38	40	43	46	49

• Information ist während der Matrix Rekonstruktion vorhanden:

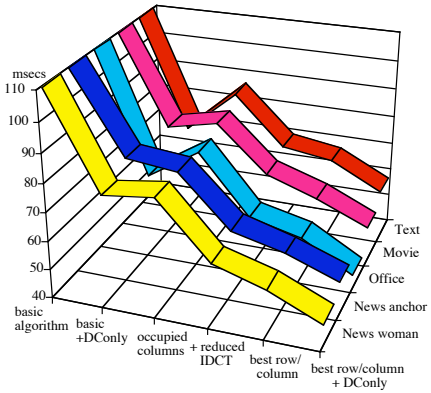
```
C[i,j] := coefficient;
Set(rows[i]);
Set(cols[j]);
```

  - skaliert mit Kompressionsfaktor

• Erste Richtung wählen

```
IF rows < cols THEN BEGIN
    rowtransform; coltransform
END
ELSE BEGIN
    coltransform; rowtransform
END;
```


• Beschleunigung der IDCT



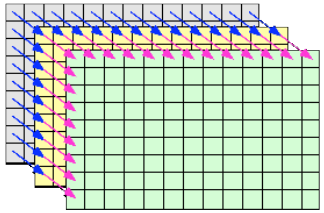
• Gesamtbeschleunigung

Framerate [frames/s]	News 1	News 2	Office	Movie	Text
Basis Algorithmus	7.6	7.3	7.5	7.0	6.1
Basis + DConly	9.9	9.0	10.8	8.9	7.9
Nur besetzte Spalten	9.7	9.2	9.6	8.6	7.0
Nur besetzte Spalten + reduziert IDCT	11.8	10.9	12.0	9.9	8.0
Auswahl Zeile/Spalte	12.6	11.5	12.6	10.6	8.1
Auswahl Zeile/Spalte + DConly	14.1 (86%)	12.5 (70%)	14.5 (92%)	11.5 (65%)	8.8 (45%)

• Auf 80 MHz PowerPC > 18 fps

1.1.2.2.1.3 Heuristische Beschleunigung der FDCT

- Reduzierte IDCT wird aus Entropiedekoderung abgeleitet
  - Bitmap beschreibt Blockstruktur
  - Blockstruktur als Ergebnis der FDCT
- Woher bekommt man Blockstrukturinformation bei der FDCT?
  - garnicht bei der Einzelbildkodierung
  - bei M-JPEG vom vorhergehenden Bild
  - nicht immer zuverlässig

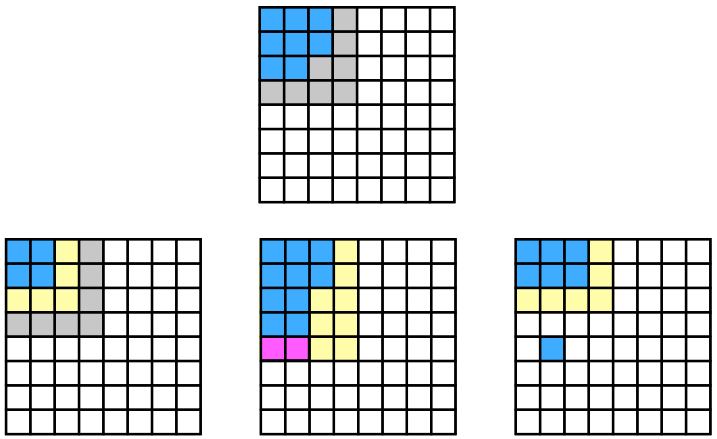


- Einsparpotential
  - FDCT (siehe IDCT)
  - Quantisierung: ca. 50%
  - Zig-Zag und Huffman geringfügig
- Experimentelle Ergebnisse
  - Beschleunigung der gesamten Kompression (inkl. RGB -> YUV)

	Mittel	Min	Max
Graustufen/Video	45%	28%	
Graustufen/Konferenz	52%		77%
RGB/Video	27%	22%	
RGB/Konferenz	30%		35%

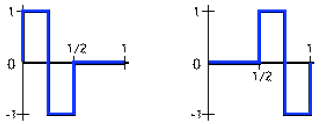
  - erzeugtes Rauschen < 2dB
- Blockstruktur
  - Blockstruktur kann sich ändern
  - Block zu klein => Bild verfälscht
  - Block zu groß => Rechenzeit vergeudet
  - Überwachung einbetten in Entropiekodierphase

- Überwachung mit Pufferzone: ein oder zwei Zeilen bzw. Spalten
  - Block erweitern falls Pufferzone Z_i, S_i nicht leer
  - Block schrumpfen, falls Z_{i-1}, S_{i-1} leer
  - Singuläre Koeffizienten?



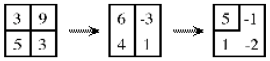
1.1.2.2.2 Wavelet-Kompression

- DCT modelliert Pixelwertkurve mit Cosinus-Summen
  - feste Blockstruktur lästig
  - isolierte Spitzen erfordern lange Summen
  - DFT/DCT eigentlich unendlich
- Wavelets verallgemeinern Ansatz
  - Funktionenraum mit besonderen Eigenschaften
  - Haar

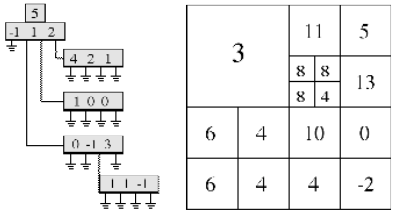


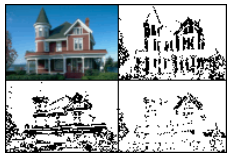
  - Daubechies, Shannon, Meyer, Koifman, Morlet
  - Splines (biorthogonal, semiorthogonal), Maxflat, Binary biorth.
  - Multiresolution

- Wavelet-Analyse mit Haar-Wavelets
  - Mittelwerte bilden und speichern (6,4) + (-3,3,1,-1) => (6,4) + (-3,1)
  - Differenzen (Detail) in freien Plätzen speichern



  - Differenzen quantisieren bzw. mit weniger Bits kodieren
- Wavelet-Baum

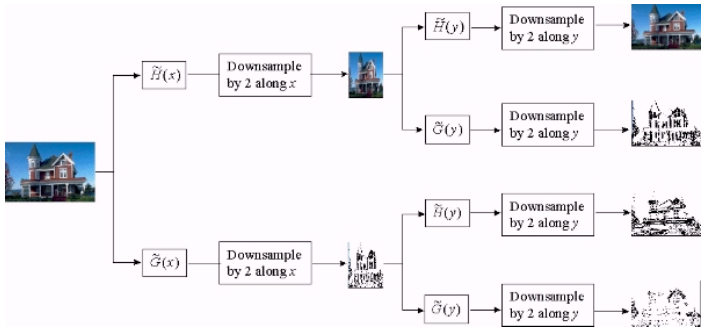




  - Abschneiden = Verlust einführen
  - Anpassen des Abschneidens an Randbedingungen
  - unterschiedliche Auflösungen möglich

- Filter
  - Tiefpassfilter erzeugt Durchschnitt (6,6,4,4): Scaling
  - Hochpassfilter erzeugt Differenzen (-3,3,1,-1): Wavelet
  - Unterabtastung mit Faktor 2 (6,4) + (-3,1)
- Filterbank
  - Tiefpass und Hochpass
  - teilt Signal in Frequenzbänder
  - vervielfachen Information
  - downsampling
- Synthese umgekehrt
  - upsamling durch Einfügen von 0 (6,4)+(-3,1) -> (6,0,4,0)+(-3,0,1,0)
  - Additions-Filter und Subtraktions-Filter
  - Orthogonale Transformation => Synthese = Analyse^T
- Transformationen
  - neue Repräsentation des Signals
  - verlustfrei: orthogonal
  - invertierbar: biorthogonal

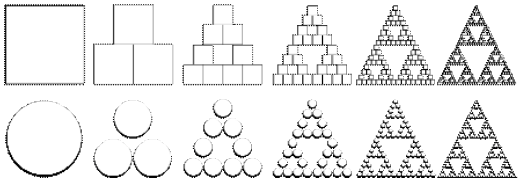
- Kompression: Iteration Lowpass/Highpass+Downsample



  - dynamische Bitzuordnung an Bänder
  - RLE + Huffman

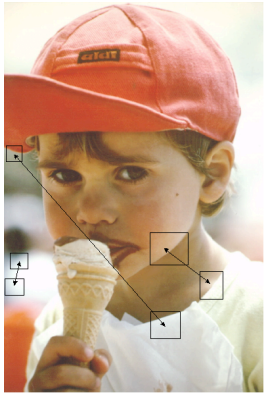
1.1.2.2.3 Fraktale Bildkompression

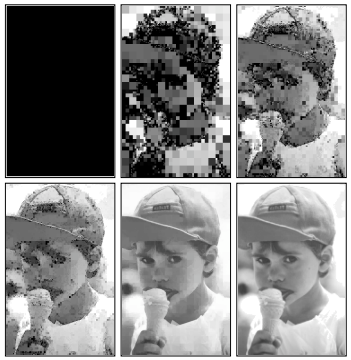
- fraktale Geometrie
  - iterierte Funktionensysteme
  - erzeugen beliebige Bilder
  - Konvergenz gegen Attraktor
  - Selbstähnlichkeit



- Kompression = inverses Problem
  - Funktionensystem finden, auf Bild anwenden
  - Verfahren konvergieren oft nicht
  - Bild erkennbar, aber mit hohem Rauschen
- Abkehr von der reinen Lehre der Fraktale

• Kompression: Ähnlichkeit zwischen Bildteilen suchen
  - Domain-Blöcke auf Range-Blöcke verkleinern
  - Helligkeit, Kontrast, Größe, Winkel verändern

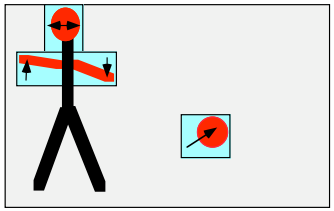




• Dekompression: Iteration der Abbildung
  - Anwendung auf beliebiges Ausgangsbild

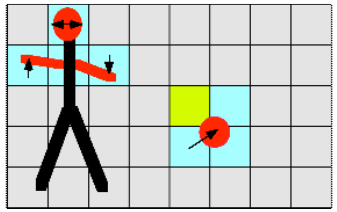
1.1.3 Videokompression

• Videostrom besteht aus Einzelbildern
  - Bilder einzeln komprimieren
  - z.B. JPEG/M, X-Movie, SMP
  - stärkere Kompression als bei Einzelbildern
  - Kompression 20:1 -> 120 MBit/s:6 MBit/s
• Ähnlichkeit der Bilder in zeitlicher Sequenz
  - hohe Ähnlichkeit in Szenen zwischen Schnitten
  - nur Änderungen übertragen
  - stationäre Objekte, Hintergrund
  - Blockbildung erforderlich
  - Bewegung im Raum = Transformationen
• Differenzerkennung
  - Differenzmaß, Blockgröße
  - exakt oder näherungsweise?
• Technische Probleme
  - Änderung verloren/verfälscht?
  - später Einstieg in den Strom



1.1.3.1 Conditional Replenishment [Frederick]

• Anfangsbild komprimiert vollständig übertragen
• Einteilung der Folge-Bilder in Blöcke
  - blockweise Differenz berechnen
  - Differenz>Schwellwert -> Block 'nachfüllen'
  - Blöcke vollständig oder als Differenz übertragen

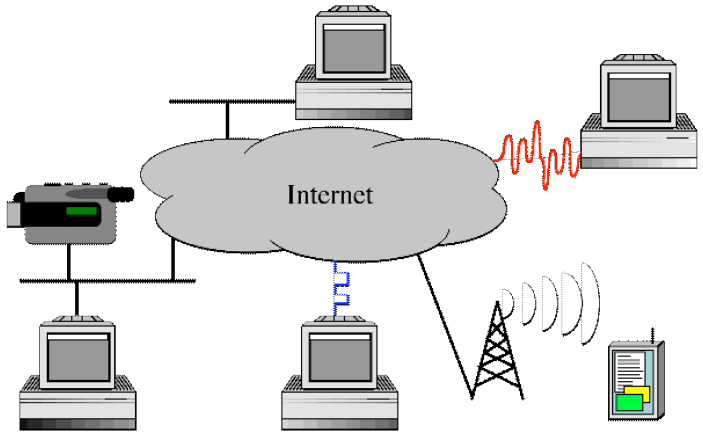


• Formate für Conditional Replenishment
  - selbstdefiniert: mbone-Tool nv
  - GIF, Delta-JPEG [Wolf, Froitzheim]
  - mbone-Tool vic: Intra-H.261 [McCanne, Jacobsen]

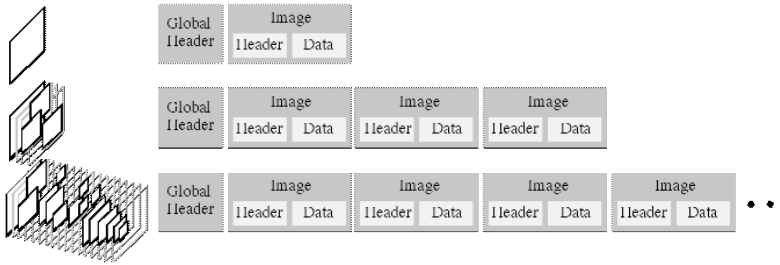
1.1.3.2 WebVideo

• Unterschiedlicher Durchsatz in Mehrpunkttopologien

– LAN, ISDN, Modem, GSM, …

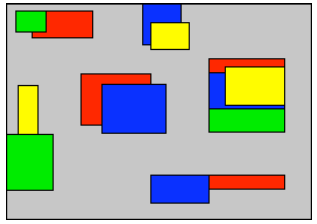


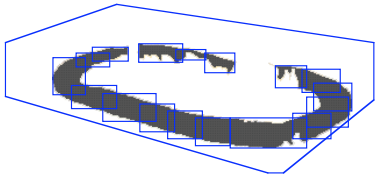
• GIF aus dem Bildschirmtext-Zeitalter
  - Header: globales Rechteck und Farbtabelle
  - Bilder als Teilrechtecke, Farbindices, evtl. mit eigener Farbtabelle



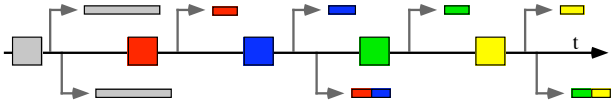
  - LZW zur Indexkompression
  - animated GIF im WWW
  - conditional replenishment möglich
• Δ-JPEG ähnlich
  - JPEG-Vollbild
  - Änderungen als Sub-Images: pos, kleines JPEG-Bild
  - auf Raster oder beliebige Position

• Bestimmung der Differenz: Änderungsinformation (action-block)

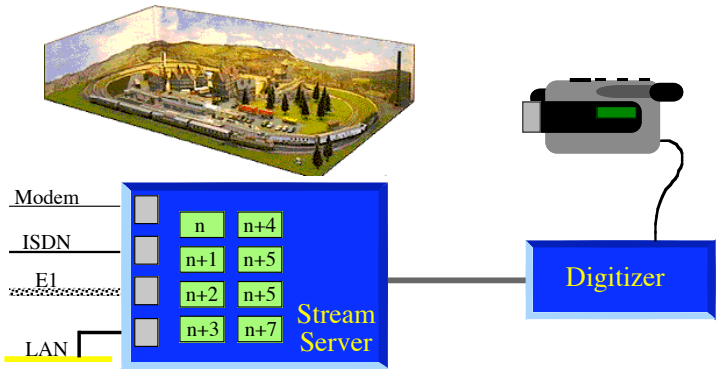




• Updateinformation beim Bildabruf erzeugen

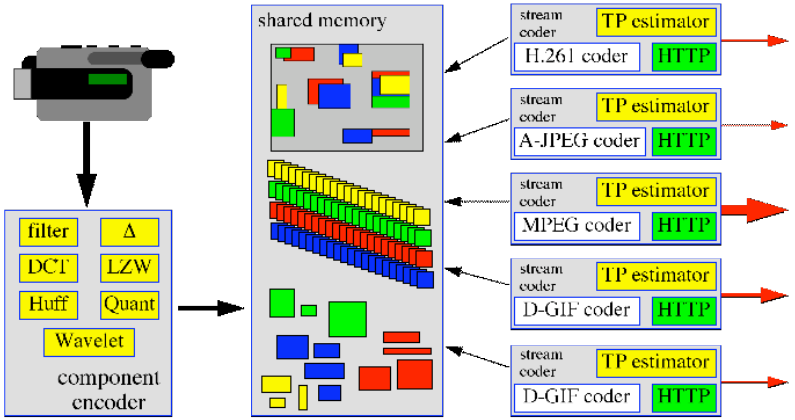


• Webvideo



• Streamserver
  - erzeugt Differenzinformation
  - konstruiert Datenstrom beim Absenden eines Bildes
• GIF-Strom aus Anfangsbild und Teilbildern

• CESC - Component encoding, Stream Construction
  - Kanalmessung, just in time
  - Wiederverwendung von vorverarbeiteten Stücken



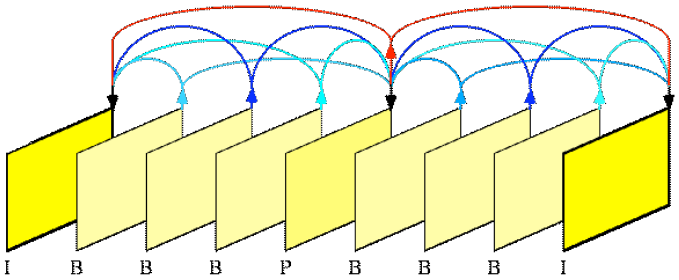
- Wiederverwendung
  - DCT+Huff: JPEG, Δ-JPEG, H.261, MPEG
  - LZW:GIF
- Differenzerkennung
  - Grenzwerte von der Eingabe abhängig: RGB, JPEG, …
  - Filter über mehrere Blöcke
  - für alle Stromformate
- Änderungsblock
  - evtl. variable Größe
  - Gitter oder beliebige Position
- Bandbreitenvorhersage
  - kleiner TCP-Puffer => buffer empty callback
  - Verlorene Zeit während 'back-trip delay' und Stromkonstruktion
  - nächsten callback vorhersagen und Kanal vorsorglich füllen
- Garbage collection

1.1.3.3 MPEG (Moving Pictures Expert Group)

- Kompression von Bewegtbildern und Ton
  - Auflösung SIF oder CIF, 30/25 Hz (MPEG I)
  - Audio in CD-Qualität
  - Datenrate 1,5 MBit/S
- Farbraumkonvertierung RGB -> YUV
  - U und V werden jeweils auf die Hälfte reduziert (4:2:2)
- JPEG zur Kompression von "Stützbildern"
  - Resynchronisation nach Datenverlust
  - Später Einstieg in den Datenstrom
  - Vermeidet 'wegdriften' vom Original
- Ausnutzen von Beziehungen zwischen Frames: Bewegungskompensation
  - mehrere, unterschiedliche Bewegungen im Bild
  - Bewegungsinterpolation, Bewegungsvorhersage
- Synthese von Zwischenbildern aus Stützbild-Elementen

1.1.3.3.1 MPEG-Frametypen

- verschiedene Frametypen
  - Intrapictures (JPEG-kodiert, I)
  - Predicted Pictures (Vorwärts-Prädiktion, P)
  - Interpolated Pictures (bidirektionale Prädiktion, B)



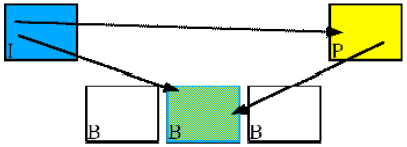
- Macroblöcke 16*16 im Y-Bild

- Intrapictures (I-Frame)
  - JPEG-kodiert
- Vorwärts-Prädiktion (P-Frame)
  - Suchen wohin sich Macroblöcke bewegt haben

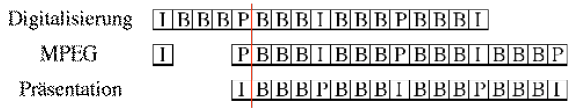
$$\min(x,y)\sum_{i=0}^{15}\sum_{j=0}^{15}\left|I_1(i,j)-I_2(i+x,j+y)\right|$$

  - Zwei Möglichkeiten zum Übertragen der Macroblöcke
    Bewegungsvektor + Fehlerinformation (JPEG-codiert)
    voller JPEG-Block
  - leichte Unterschiede zu JPEG
  - Bewegungsvektoren differenzkodiert

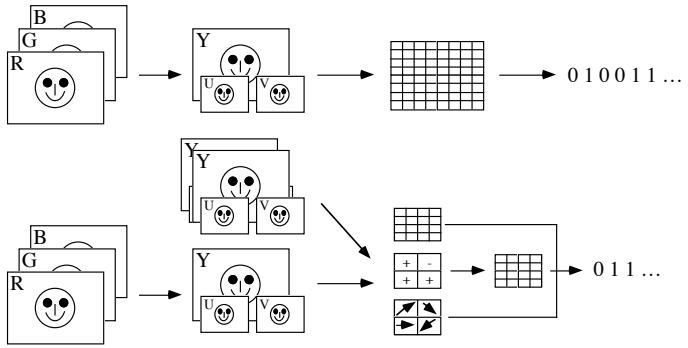
- Bidirektionale Prädiktion (B-Frame)
  - zwei Typen Pixelinformation: Objekt + auftauchender Hintergrund
- bei der Codierung
  - Zwischenrahmen blockweise mit Interpolation ermitteln
  - Unterschied zum tatsächlichen Block ermitteln (error block)
  - Korrekturterm mit JPEG behandeln
  - Bidirektional für Behandlung von auftauchendem Hintergrund
- Drei Optionen pro Macroblock
  - Fehlerblock zur Korrektur der Interpolation
  - Bewegungsvektor (vorwärts, rückwärts, beide)
  - Codiertes Orginal



- Bei der Decodierung
  - Zwischenrahmen interpolieren
  - Korrekturterme anwenden
  - Blöcke bewegen
  - Volle Blöcke einsetzen
- Probleme der B-Frame Kodierung
  - Erhöhte Speicheranforderungen (3 Bilder)
  - Verzögerungen (Pipeline) von 1/6 Sekunde
  - Übertragungsreihenfolge: IPBBBIBBB PBBBIBBB …



- Modelldecoder-Prinzip
  - Sicht vom aktuellen Bild zu Bezugsbildern
  - Coder sorgt für vollständige Überdeckung:
  - Block (x,y) kommt von Position (v,w). Nicht Block (a,b) nach (c,d)!

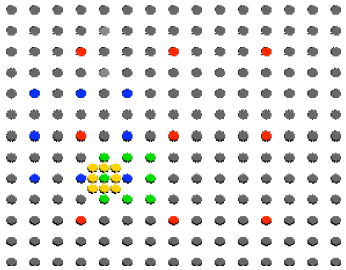


- Eigenschaften
  - Bewegungsvektoren suchen ist sehr rechenintensiv
  - Je nach Scenario in Bewegungsvorhersage investieren
  - Decoder wesentlich einfacher als Coder
  - Einstieg alle 0,4 Sekunden möglich
  - Variable Bitrate

1.1.3.3.2 Bewegungsvektorsuche

- Nicht standardisiert, Ideen im Standard
- Makroblock 16*16
- Im Y-Bild
- Reichweite
  - 7 Bereiche: -8 .. +7.5 bis -1024 .. +1023
  - pro Bild einheitlich
  - bestimmt Codierung des Vektors
- Differenzmaß (Kostenfunktion)
  - Summe der Pixeldifferenzen $\Sigma\ |a_{ij} - b_{ij}|$ (mindestens 511 Operationen)
  - Fehlerquadrate
  - Halbpunktgenauigkeit => Interpolation
- Suchstrategie
  - Vollsuche mit Reichweite n: $511 * \sum_{i=0}^{n} (2i+1)^2 + (2i)^2$
  - Vollsuche mit ganzen Vektoren, Minimum als Zentrum der Suche mit halben Vektoren

- Logarithmisch



- Ausnutzen bekannter Vektoren aus den vorangegangenen Bildern

• Suche im Orginalbild gibt bessere Vektoren

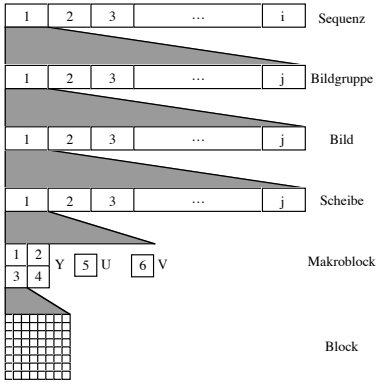
• Suche im decodierten Bild gibt kleinere Fehlerterme

• Bewegungsvektoren:
  - gut für Kameraschwenk und linear bewegte Objekte
  - schlecht für Zoom und rotierende Objekte

1.1.3.3.3 MPEG-Datenstrom

• Synchronisationspunkte auf Teilbildebene
  - Aufsetzen der Dekompression nach einem Übertragungsfehler

• Datenstrom



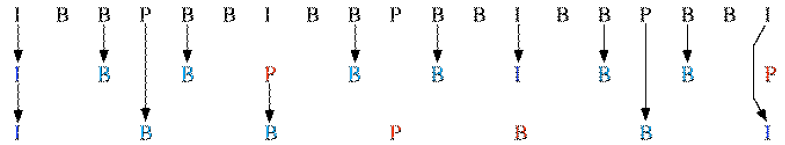
• MPEG-Bitstrom hat sechs Ebenen (Layer)
  - Sequence: ein Videostrom
  - Bildgruppe (GOP, group of pictures): Teil eines Videos
    IBBBPBBB(I), IBBPBBPBB(I), IPPPPP(I), IIIIIII, …
  - Bild (I, P, B)
  - Scheibe (slice): Bildausschnitt mit wählbarer Größe zur Resynchronisation nach einem Fehler
  - Makroblock (macroblock): 16*16 Punkte, auf der die Bewegungskompensation aufbaut
  - Blöcke: 8*8 Punkte für DCT, Quantisierung und Linearisierung

• Variable Bitrate
  - Szenenwechsel, freiwerdender Hintergrund -> Anstieg
  - Datenrate begrenzt durch CD-ROM bzw. Kanal

• Video Buffering Verifier (VBV)
  - simuliert Puffer im Empfänger
  - Buffer-Underflow und -Overflow
  - Steuerung der Quantisierung/Vektorsuche
  - glättet Datenstrom
  - Datenrate aber nicht konstant

• MPEG-Datenstrom schwer skalierbar
  - Wiederholrate 7 statt 25 reduziert Datenrate um 20%

• Hierarchische Kompression?



  - Wiederverwendung von Bewegungsvektoren
  - filmabhängiger Mehraufwand
  - höhere Wiederverwendbarkeit ➜ schlechtere Kompression

• Kompression ➜ Bereitstellung der Kodierungsbasis
  - jedes Bild als komprimiertes Vollbild
  - Differenzmarkierung
  - Bewegungsvektoren

• Portabler MPEG-Decoder von UC Berkeley

Funktion	Parse	IDCT	P/B Frames	Dither	Misc
Zeit	17,4%	14,2%	31,5%	24,3%	10,6%

• Durchsatz auf HP750

Film	Compr	Typ	Frames	mit Dither	ohne Dither
A	50:1	CIF	30	0,39	0,53
B	54:1	CIF	6	1,74	2,30
C	20:1	QCIF	30	0,88	1,40

• C-Cube Hardware Decoder
- CIF/SIF und CCIR 601 (skaliert) in Echtzeit
- Datenrate bis 8 Mbit/s

• MPEG-1 Video 1.5 MBit/s, gute Bildqualität
- für SIF/30 und CIF/25
- größere Formate möglich
- fehlerempfindlich

• MPEG-2 (ISO 13818) mit CCIR-601 Bildern
- 4 MBit/s, random access, VCR-Funktion
- program stream (ähnlich MPEG-1) + Verschlüsselung, Prioritäten, …
- transport stream: 188-byte Pakete
- besondere Vorkehrungen für Interlaced Betrieb
- Skalierbarkeit
- Layer (base, middle, enhancement)

Levels	Profile	Simple	Main	SNR Scale	Spatial Scale	High 4:2:0, 4:2:2
High	1920*1152*30		80			25,80,100
High 1440	1440*1152*30		60		15,40,60	20,60,80
Main	720*576*30	15	15	10,15		20
Low	352*288*30		4	3,4		

• Levels: Bildauflösung

• Profiles: Techniken und Komplexität der Kodierung
- SNR-scalability: zusätzliche DCT-Koeffizienten im enhancement-layer
- spatial scale mit zwei räumlichen Auflösungen

=> "MP@ML"

• MPEG-4
- auch für niedrige Bitraten, z.B. Mobilkommunikation, 8-64 kbit/s
- flexibler Datenstrom
- flexibles Dateiformat (QuickTime)
- konzeptuell 3D-Betrachtung der Bildfolge
- Detailverbesserungen an MPEG-1/2

• Visuelle Objekte
- Objekte im Bild erkennen
- Hintergrund, bewegte Objekte, …
- Fläche und Textur
- echte Transformationen auf Objekten (Rotation <-> MPEG-1/2)
- video object: Fläche mit veränderlicher Textur
- still texture object (sprite)
- mesh object: 2D/3D Oberfläche veränderlich in der Zeit
- face and body animation object
- Erkennung im Kodierer schwierig

1.1.3.4 ITU-Videokompression H.261

• Verteilung auf mehrere ISDN-Kanäle (px64)
- p<6: QCIF (Kompression 50:1 bei 10 fps für p=1)
- p≥6: CIF (optional)

• Bildwiederholrate wählbar

• JPEG für Stützbilder (intraframe)

• Vorwärts-Prädiktion für Zwischenbilder
- Macroblockvergleich im dekodierten Stützbild
- Bewegungsvektor
- Differenz-DCT mit linearer Quantisierung

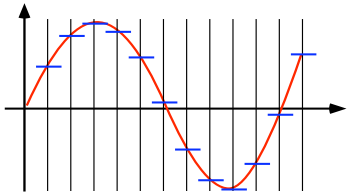
• bitratenkonstant
- Quantisierungsmatrix für DCT wird zur Laufzeit verändert
- Bildqualität schwankt während Verbindung
- 'Quantisierschleife' für Übertragungspuffer

• Datenstrom mit vier Ebenen
- Picture, Group of Blocks
- Macro Blocks, Block

1.1.4 Audio-Kompression

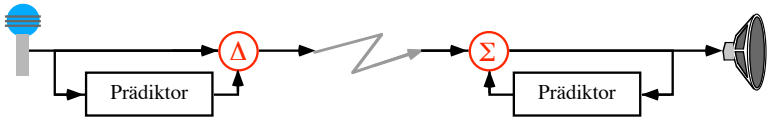
1.1.4.1 ADPCM

• Stetige, glatte Kurve => nächstes Sample 'in der Nähe'
  - $E(s_i - s_{i-1}) << E(s_i)$
  - Schluß von s_{i-1} auf s_i



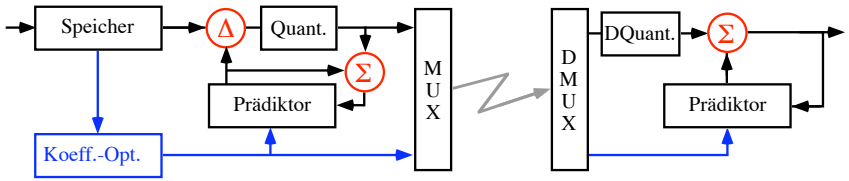
  - Übertragung der Differenzen zwischen Samples
  - Variable Bitlänge des Codes
  - Delta-Modulation
  - eventuell nur ±1 pro Sample

• Nächstes Sample in ähnlicher Richtung
  - $E(f'(s_i) - f'(s_{i-1})) < \varepsilon$
  - Schluß von $(s_{i-n}, \ldots, s_{i-1}, s_i)$ auf s_{i+1}
  - Vorhersage des nächsten Samples
  - Übertragung des Fehlers der Vorhersage
  - Differential PCM (DPCM)



• Algorithmus der Prädiktion
  - Extrapolation
  - vorhergehende n Samples mit Gewichten a_i, i=1..n
  - Prädiktorkoeffizienten

• Adaptive DPCM (ADPCM)
  - Optimierung der Prädiktionskoeffizienten: $d_i = s_i - s_i^*$ minimal
  - Intervallweise Optimierung
  - Übertragung der Koeffizienten zum Empfänger
  - CD-Interactive
  - ITU G.721, G.722



  - Rekonstruierte Werte zu Prädiktorberechnung

1.1.4.2 MP3 - Elektronische Medien

1.1.4.3 GSM -> Kommunikationssysteme

1.1.4.4 Audio und Paketisierung

• Qualität und Kompression			500 byte	20 msec
- sehr gut:	MPEG	192 kbit/s	21 msec	500 byte
- mittel:	ADPCM	32 kbit/s	125 msec	80 byte
- Telefon:	ADPCM	16 kbit/s	250 msec	40 byte
- mäßig:	GSM	13 kbit/s	307 msec	32.5 byte
- schlecht:	hrGSM	4 kbit/s	1 sec	10 byte

• Kosten für kurze und lange Pakete gleich
• Konferenzdienste (Telefon, …)
  - niedriges Delay ➜ mittlere und hohe Bitraten
  - schlechte Bandbreitennutzung im Internet
  - Teilnehmeranschlußleitung limitiert
  - ADPCM oder GSM
• niedrige Bitraten
  - Delay unvermeidbar
  - geeignet für Verteildienste

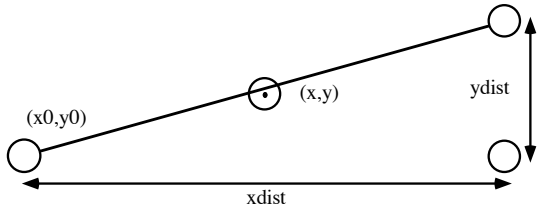
1.2 Grafische Algorithmen

• Abbildung der geometrischen Objekte auf das Punkteraster

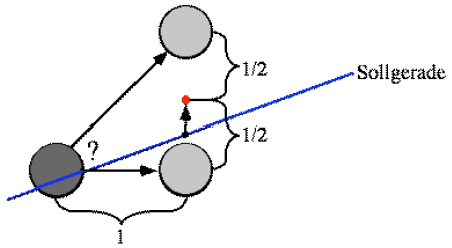
• Inkrementelle Algorithmen
• Integer-Arithmetik

1.2.1 Bresenham Algorithmus für Geraden

• Algorithmus nach Bresenham (IBM Syst. Journal, Vol. 4, No. 1, 1965).



- Gleichmäßige Schritte in Hauptrichtung,
- nach Bedarf Schritte in Nebenrichtung.



• Oberen Punkt wählen, falls Abstand vom Mittenpunkt < 0.

cntl = (y + 1/2) - ysoll
= (y + 1/2) - (x - x_0)*ydist/xdist - y0
cntl*xdist = (y - y_0) * xdist + (x_0 - x) * ydist + xdist/2

• Fortlaufendes Aufsummieren eliminiert die Multiplikationen:

pro x-Schritt: cntl := cntl - ydist;
pro y-Schritt: cntl := cntl + xdist;
Initialisierung: cntl := xdist DIV 2

• Der Fehler ist immer ≤ 0,5 * Rastermaß.

• Rahmenprogramm für Grafikbeispiele:

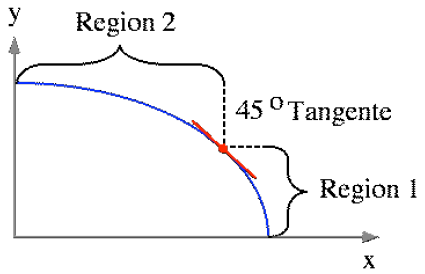
```
PROCEDURE drawThings (input, output);
CONST scale= 30;
VAR a, b, globx, globy: LongInt;

   PROCEDURE setpixel;
   BEGIN moveto(globx, globy);
         lineto(globx, globy)
   END;

   PROCEDURE Bresenham ...

   PROCEDURE Ellipse ...

BEGIN (* main *)
   globx:= ...;  globy:= ...;
   a := 4; b:=?;
   FOR b:=1 to 7 DO BEGIN
      ellipse(globx, globy, a*scale, b*scale);
      globx := 0;
      bresenham(globx, globy, a*scale, b*scale);
   END
END (* drawThings *);
```

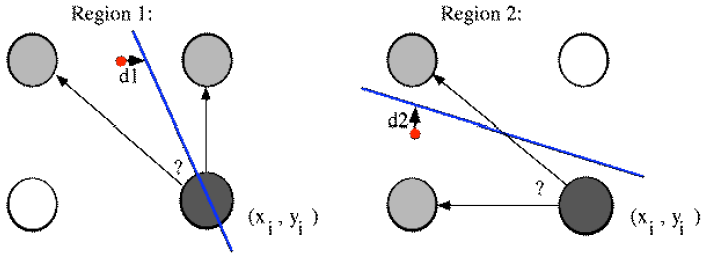


```
PROCEDURE Bresenham(VAR x, y: LongInt;
                        xdist, ydist : LongInt);
VAR xsign, ysign, cntl, i: LongInt;

BEGIN
   IF xdist > 0 THEN xsign:= 1
   ELSE BEGIN
      xsign := -1; xdist := -xdist
   END;
   IF ydist > 0 THEN ysign:= 1
   ELSE BEGIN
      ysign := -1; ydist := -ydist
   END;
   (* Ende der Initialisierung. *)
   IF xdist >= ydist THEN BEGIN (*flach*)
      Setpixel;
      cntl := xdist div 2;
      FOR i := 1 to xdist DO BEGIN
         x := x + xsign;
         cntl := cntl - ydist;
         IF cntl < 0 THEN BEGIN
            y := y + ysign;
            cntl := cntl + xdist
         END;
         Setpixel
   END END (* flach, FOR xdist *)
   ELSE Bresenham(y, x, ydist*ysign, xdist * xsign)
END (* Bresenham *);
```

1.2.2 Mittelpunktalgorithmus für Kreise und Ellipsen

- nach J. Van Aken, (IEEE C. Graph. & Appl., Sept. 84, pp 24-35.)
- Unterscheiden zwischen zwei Regionen:
  - Dazwischen 45 Grad Tangentenpunkt.
  - Umschalten der Strategie bei 45 Grad.





- Koordinaten der Mittenpunkte:
  d1 : $(x_i - 1/2, y_i + 1)$
  d2 : $(x_i - 1\ \ , y_i + 1/2)$
- Abstände d1, d2 von den Mittenpunkten als Kriterium für Folgepunkte
- Einsetzen in Ellipsengleichung:
  $0 = b^2 x^2 + a^2 y^2 - a^2 b^2$
  $b^2(x_i^2 - x_i + 1/4) + a^2 (y_i^2 + 2y_i + 1) - a^2 b^2 =$ d1 = cntl1 / 4
  $b^2(x_i^2 - 2x_i + 1) + a^2 (y_i^2 + y_i + 1/4) - a^2 b^2$ = d2 = cntl2 / 4


```
PROCEDURE ellipse(VAR x,y: LongInt; a,b: LongInt);
VARcntl1, cntl2:  LongInt;
BEGIN
   x:= a; y:= 0;
   REPEAT setpixel;
      cntl1:=   b*b * (4 * x*x – 4 * x + 1)
            + a*a * (4 * y*y + 8 * y + 4)
            – 4 * a*a * b*b;
      cntl2:=   b*b * (4 * x*x – 8 * x + 4)
            + a*a * (4 * y*y + 4 * y + 1)
            – 4 * a*a * b*b;
      IF cntl1 <0 THEN y:=  y + 1
      ELSE IF cntl2 <0 THEN  BEGIN
            y := y + 1; x := x-1
         END
         ELSE x := x-1;
   UNTIL x <0
END (*  Ellipse  *);
```

- Verfeinerungen:
  - cntl1 nur berechnen solange in Region 1
  - Multiplikationen durch sukzessive Additionen ersetzen
- Fehler kleiner als 0.5 * Rastermaß
- Vorsicht bei Zahlenbereichsüberschreitungen
- Verallgemeinern für Hyperbeln, Parabeln etc.

2. Multimedia-Hardware

2.1. Prozessorerweiterungen

2.1.1. Beispielproblem

- YUV-Konvertierung
- UpSampling: 4:1:1 -> 4:4:4
- Konvertierungsmatrix YIQ - > RGB

$$\frac{1}{4096}\begin{pmatrix} 4788 & 0 & 6563 \\ 4788 & -1611 & -3343 \\ 4788 & 8295 & 0 \end{pmatrix}\begin{pmatrix} Y \\ U \\ V \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R \\ G \\ B \end{pmatrix}$$

- CIF: 288*352*25*30 = 76.032.000 Instruktionen/sec
  - 7 (5) Multiplikationen, 4 Additionen
  - 8 Laden, 3 Speichern, 3 Shifts
  - pro Pixel 23 Instruktionen plus Adressmanipulation ~ 30 Inst.
- Tabelle 8 * 3 MB groß

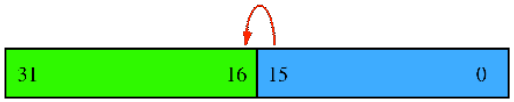
```
display^[i] := rgb[BSL(y,16)+BSL(u,8)+v];
```

• Programmbeispiel

```
FOR i := 0 TO LineLength-1 DO BEGIN                    (* 2 *)
   tmpy := 4788 * y^[i];                               (* 3 *)
   r:=BSR((tmpy + 6563 * v^[vi]), 12);                 (* 4 *)
   IF r < 0 THEN r := 0 ELSE IF r > 255 THEN r := 255; (* 6 *)
      (* Sättigungs-Clipping *)

   g:=BSR((tmpy -1611*u^[ui] -3343*v^[vi]),12);        (* 7 *)
   IF g < 0 THEN g := 0 ELSE IF g > 255 THEN g := 255; (* 6 *)

   b:=BSR((tmpy +8295*u^[ui]),12);                     (* 4 *)
   IF b < 0 THEN b := 0 ELSE IF b > 255 THEN b := 255; (* 6 *)

   display^[i] := BSL(r, 16) + BSL(g, 8) + b;          (* 5 *)
   IF i mod 4 = 3 THEN BEGIN ui:=ui+1; vi:=vi+1 END;   (* 5 *)
END;
```

• 48 Instruktionen

• Zahlen nur 16 bit groß
  - 2 Pixel parallel addieren/multiplizieren <-> Carry



• Mittelwertbildung

• Farbtabellenberechnung mit Octree

```
theClut[i]:= Average(theClut[i],theClut[j]);
```

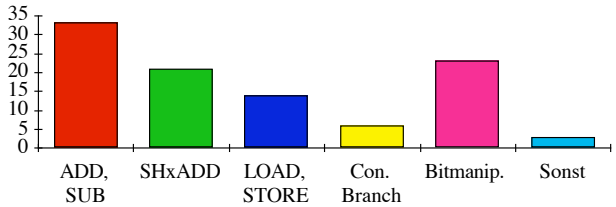
  - Elementweise Addition und Division / 2

```
theClut[i].r:= (theClut[i].r + theClut[j].r) SHR 1; (*5*)
theClut[i].g:= (theClut[i].g + theClut[j].g) SHR 1; (*5*)
theClut[i].b:= (theClut[i].b + theClut[j].b) SHR 1; (*5*)
```

• Problem bei Parallelausführung
  - ungerade + gerade => ungerade
  - ungerade SHR 1 => niedrigerer Wert + 128 (bzw. 32768)

2.1.2. Spezialinstruktionen

• Codeanalyse IDCT



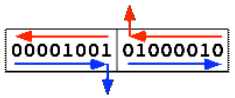
• SIMD-Instruktionen
  - Werte im Speicher nebeneinander => 1 Bustransfer für 2/4 Werte
  - kleine Zahlen, große Register (32, 64 bit)

```
  00010010 01001001          00010010 11001001
+ 01100010 00100000        + 01100010 01100000
  01110100 01101001          01110101 00101001
```


• Konfigurierbare ALU
  - Paralleles Addieren/Subtrahieren

```
  00010010 11001001
+ 01100010 01100000
  01110100 00101001
```

  - Carry Unterbrechung konfigurieren
  - Paralleles Shiften



  - Paralleles Multiplizieren 16 * 16

• Operation ShiftxAdd
  - RISC ohne Integermultiplikation
  - besonders für Multiplikation mit (kleinen) Konstanten

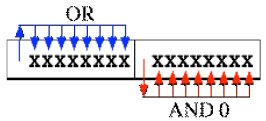
• Sättigungsarthmetik

```
    00010010 11001001          00010010 11001001
+   01100010 01100000      +   01100010 01100000
    01110100 00101001          01110100 11111111
```

```
erg := a + b;
IF erg < 0 THEN erg:= 0 ELSE IF erg > max THEN erg:= max;
```

- besondere Carry/Borrow Behandlung

```
IF borrow THEN regPart := 0;
IF carry THEN regPart := maxPartInt;
```



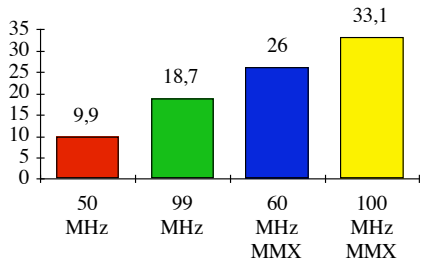
• Auch für 2-seitigen Begrenzer (Clipping)

• YUV mit Parallel-Add/Mult und Sättigungsarithmetik

```
YRGB = BSL(299,16)+299; VR = BSL(410,16)+410; UG,VG,UB …
i:=0; ui:=0; vi:=0;

REPEAT
   thisV := LoadHigh(v^[vi])+v^[vi];                    (* 2 *)
   thisU := LoadHigh(u^[ui])+u^[ui];                    (* 2 *)

   tmpy := YRGB * Load32(y^[i]);                        (* 2 *)
   r:=PBSR(tmpy + VR * thisV,8);                        (* 3 *)
   g:=PBSR(tmpy + UG * thisU + VG * thisV,8);           (* 5 *)
   b:=PBSR(tmpy + UB * thisU,8);                        (* 3 *)

   display^[i]:=       BSL(High(r),16)                  (* 2 *)
                  +    BSL(High(g),8)   + High(b);      (* 5 *)
   i := i+1;                                            (* 1 *)
   display^[i]:=       BSL(Low(r),16)                   (* 2 *)
                  +    BSL(Low(g),8)    + Low(b)        (* 5 *)
   i := i+1;                                            (* 1 *)
   …                                                    (* 29 *)
   ui:=ui+1; vi:=vi+1;                                  (* 2 *)
UNTIL i>=LineLength;                                    (* 2 *)
```

• 66 Instruktionen für 4 Pixel: 16,5 Inst/Pixel

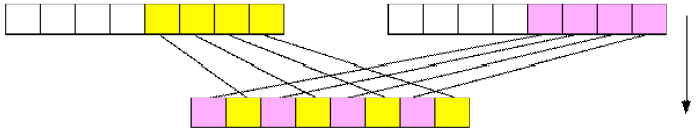
• HP PA-RISC 7100LC, 8000
  - HADD,ss ra, rb, rt
  - HADD,us ra, rb, rt
  - HSUB, HAVE (Mittelwert)
  - HSHLADD, HSHRADD als Teil der Multiplikation
• Bsp: MPEG Video Dekompression (352*240 Pixel)



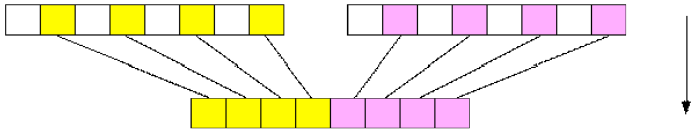
• Intel Pentium MMX
  - 8 64-bit-Register, mm0 .. mm7
  - entweder die FP's nach Umschaltung oder zusätzlich
  - 64 = 2*32 = 4*16 = 8*8
  - 57 'neue' Instruktionen
• Parallele Operationen
  - paddw dest, source ; add words
  - paddusb dest, source ; add bytes saturated
  - psrlw dest, count ; shift word right
• Parallele Multiplikation und Multiply-Add
  - pmulhw dest, source ; multiply word: 16*16=>32
    ; 4 high-words -> dest (oder low words)
  - 3 Prozessorzyklen, aber Pipeline
  - pmaddwd dest, source ; multiply and accumulate word
• Testen umständlich
  - pcmpeq[b,w,d] reg, reg/mm ; auch gt
  - Ergebnisse als 00/11 gepackt in Register dest

• Laden und Packen

- movq dest, source ; 8 byte
- punpcklbw dest, source ; unpack low bytes to word

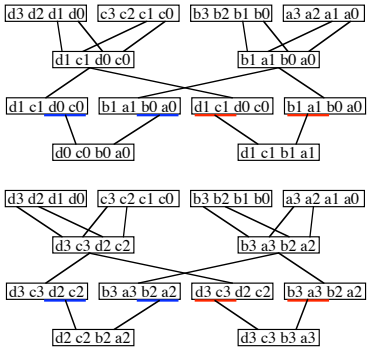


- packuswb dest, source ; dest:= d6 d4 d2 d0 s6 s4 s2 s0
  ; unsigned saturation



• Matrix-Transposition: 4*4

```
moveq       mm1,row1
moveq       mm2,row2
moveq       mm3,row3
moveq       mm4,row4
punpcklwd   mm1,mm2
punpcklwd   mm3,mm4
moveq       mm6,mm1
punpckldq   mm1,mm3   ;1. Zeile
punpckhdq   mm6,mm3   ;2. Zeile
moveq       mm5,mm1
moveq       mm1,row1
moveq       mm3,row3
punpckhwd   mm1,mm2
punpckhwd   mm3,mm4
moveq       mm7,mm1
punpckldq   mm1,mm3   ;3. Zeile
punpckhdq   mm7,mm3   ;4. Zeile
```



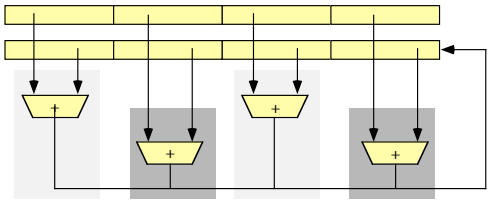
• Jim Blinn: I don't think compilers will automatically generate MMX code anytime soon, leaving a need for human assembly language crafters. This makes me happy.

2.1.3 SIMD in Mikroprozessoren

• Motorola Altivec
- G4-Kern, FPU
- AltiVec-Erweiterung
- 32 Vektor-Register je 128 Bit
- Vector ALU: Integer und Floating Point SIMD:
  - 16*8 Integer
  - 8*16 Integer
  - 4*32 Integer und Float
- Vector Permute Unit: pack, unpack, load, store

• Intel MMX
- Pentium-Erweiterung
- Integer SIMD
- Wiederverwendung von Pentium-Einheiten
- 8 Vektor-Register je 64 Bit (= 8 FPU-Register)
- Umschaltung FPU-MMX

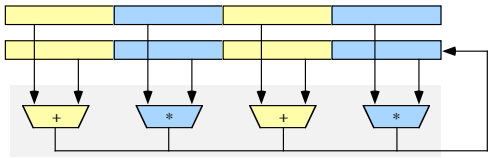
• 3DNow! und SSE (siehe www.arstechnica.com)
- MMX und Floating Point SIMD (32 bit Float)
- 8 Vektor-Register je 128 Bit
- Mischverwendung möglich …
- FP für grafische Algorithmen
- Ausführung von 2 * 2-SIMD
- 4-MAC pipelined
- Produkt (4x4)*(4) aufwendig



- Bsp.: (a*b)+(c*d)+(e*f)+(g*h) in 5 Zyklen

• 3DNow!
- Vektor-Reg = FP-Reg

• SSE
- Vektor-Reg <> FP-Reg
- neuer Prozessor-State



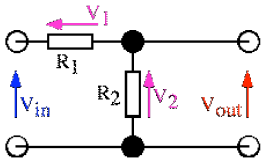
• SSE2
- double Precision Float

2.2. Signalprozessoren

2.2.1. Signalverarbeitungsalgorithmen

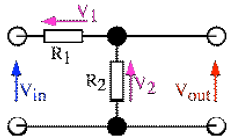
2.2.1.1. Filter

- Anwendungen
  - Anti-Aliasing
  - MPEG-Audio Analyse
  - Bildverarbeitung
  - GSM …
- Spannungsteiler
  - U = I * R

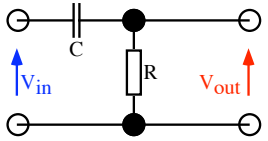


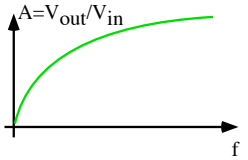
$$\frac{V_1}{V_2}=\frac{IR_1}{IR_2}=\frac{R_1}{R_2}, V_{in}=V_1+V_2 \quad \Rightarrow \quad V_{out}=V_2=\frac{V_{in}R_2}{R_1+R_2}$$

$$V_{out}=V_2=\frac{V_{in}R_2}{R_1+R_2}$$

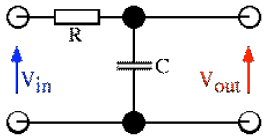


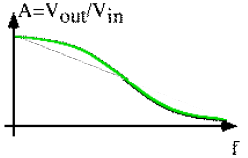
- Frequenzabhängiger Spannungsteiler
  - Hochpass



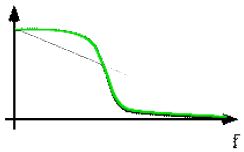


- Tiefpaß als RC-Filter

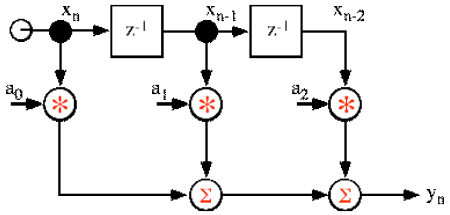




- Steile Flanke von Pass-Band zum Stop-Band
  - mehrstufige Filter
  - Tschebyschev
  - weitere Filtereigenschaften: Phasenantwort, …



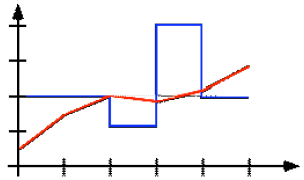
- Filter mit endlicher Impulsantwort: FIR-Filter



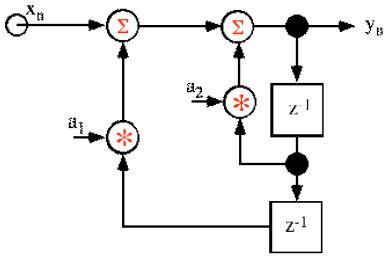
  - $y_n = a_0x_n + a_1x_{n-1} + a_2x_{n-2}$
  - Lineare Phasenantwort: Koeffizienten symmetrisch um Mitte

- Beispiel:

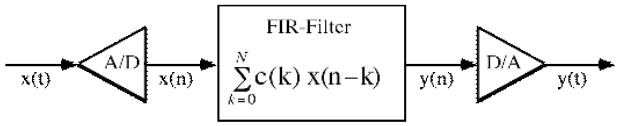
  $a_0 = 0{,}25;\quad a_1 = 0{,}5;\quad a_2 = 0{,}25$
  $x_0 = 20;\quad x_1 = 20;\quad x_2 = 20;$
  $x_3 = 12;\quad x_4 = 40;\quad x_5 = 20$



- Allgemeines FIR-Filter
  - $y(n) = \sum_{k=0}^{N-1} c(k)x(n-k)$
- Unendliche Impulsantwort: IIR



• Digitales Filter



• Algorithmische Bausteine

```
repeat
    sum := 0;                       (* 1 *)
    for i:=0 to n do begin          (* 3*(n+1) *)
       hilf := x[i] * coeff[i];     (* n+1 *)
       sum := sum + hilf;           (* n+1 *)
    end;
    PORT(DAC):= sum;                (* 1 *)
    for i:=n-1 downto 0 do          (* 3*n *)
       x[i+1] := x[i];              (* n *)
    x[0]:= PORT(ADC);               (* 1 *)
until feierabend;                   (* 2 *)
```

• 9n + 10 Instruktionen

• Verbesserungen:

- Ringpuffer
- Multiply-Accumulate

2.2.1.2. Fouriertransformation

• Spektrale Analyse eines Signales

• Fourier, 1822:

- jedes periodische Signal kann dargestellt werden durch:

$$x(t) = \sum_{k=-n}^{n} C_k e^{i(\omega_i t)}$$

- Fourier-Reihe
- Diskrete Fourier-Reihe x(t) -> x(n)

• Nicht-periodisches Signal

- Kontinuierliche Fourier Transformation $X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{-i2\pi ft}\, dt$
- Diskrete Fourier Transformation (DFT)
- endliche Berechnung => 'Fenstern' (Konvolution mit Fensterfunktion)

• Endform:

$$X_N(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)\, e^{-i(\frac{2\pi kn}{N})} \qquad x(n) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^{N-1} X_N(k)\, e^{i(\frac{2\pi kn}{N})}$$

• DFT entspricht Multiplikation $\text{Matrix}_{N,N}/\text{Vektor}_N$

- extrem rechenintensiv: $O(N^2)$
- N = 1000 => 1 Million Instruktionen
- 50 Mips DSP => Analyse eines 25 Hz Signales

• FFT nach J.W. Cooley, J.W Tuckey, 1965

- Zerlegung einer N-DFT in Folge von ld(N) 2-DFTs

$$X_N(k) = \sum_{r=0}^{\frac{N}{2}-1} x(2r)\, e^{-j(\frac{2\pi k 2r}{N})} + \sum_{r=0}^{\frac{N}{2}-1} x(2r+1)\, e^{-j(\frac{2\pi k(2r+1)}{N})}$$

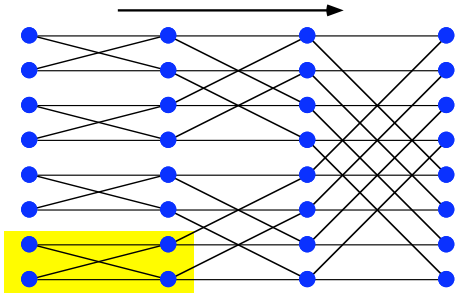
$$= \sum_{r=0}^{\frac{N}{2}-1} x(2r)\, e^{-j(\frac{2\pi k 2r}{N})} + e^{-j(\frac{2\pi k}{N})} \sum_{r=0}^{\frac{N}{2}-1} x(2r+1)\, e^{-j(\frac{2\pi k 2r}{N})}$$

- N Zweierpotenz

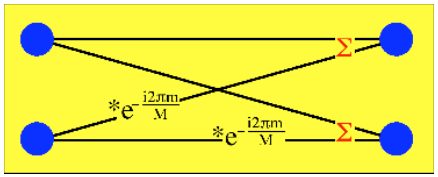
• Rekursion

• $O(N \log_2 N)$

• Berechnungsfluß



• Butterfly:



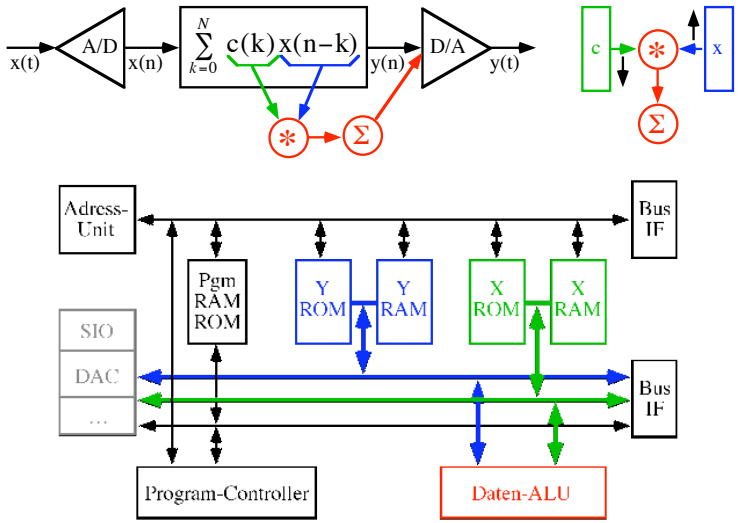
Multiplikation mit exp(…)
Vor Beginn umsortieren:

000	001	010	011	100	101	110	111
x(0)	x(1)	x(2)	x(3)	x(4)	x(5)	x(6)	x(7)
x(0)	x(4)	x(2)	x(6)	x(1)	x(5)	x(3)	x(7)
000	100	010	110	001	101	011	111

=> Bitreversal-Adressierung

• Goertzel-Algorthmus für DTMF-Dekodierung
• Chen-Transform für DCT

2.2.2 DSP-Architektur



• Processing Units
  - Control, Instruction Decode, …
  - Adressverarbeitung
  - Multiplikation
  - evtl. reduzierte FPU
  - keine MMU
  - zusätzliche Funktionen auf dem Chip:
    ADC, DAC, SIO, Timer, …
• Speicher im DSP
  - on Chip RAM, 512 bis 4096 Worte
  - Wort 16/24 Bit Integer oder 24/32 Bit Float
  - typisch Aufteilung in Bänke
  - ROM für besonders häufig gebrauchte Konstanten (sin, cos, e, …)

• Instruktionen (AT&T 3210)
  - Multiply-Accumulate-Store

```
*r11++r17 = a0 = a0 + *r3++ x *r4--
```

  - reduzierte Bitverarbeitung
  - Spezialbefehle: PCM <-> Linear
  - Bedingte Befehle:
    erg := ifcond (reg)

```
TwoSideLimiter:     a2 = -*r1           ; a2 := - limit
                    a1 = -a0 +*r1       ; if a0 > limit
                    a0 = ifalt(*r1)     ;  then a0:=limit
                    a1 = a0 + *r1       ; if a0 < limit
                    a0 = ifalt(a2)      ;  then a0:= -limit
```

  - Schleifen:

```
DO instCount, times
DO instCount, reg
```

• Adressierung
  - weniger allgemeine Adressierungsmodi als CISC
  - Modulo-Adressierung (=> Ringpuffer)

```
if (index++ > base+blockSize) index = base;
```

  - Vorkehrungen für Bit-Reversal:

000	001	010	011	100	101	110	111
⇓	⇓	⇓	⇓	⇓	⇓	⇓	⇓
000	100	010	110	001	101	011	111

  - Durchlauf des Vektors: Bits Spiegeln, 1 Addieren, Bits Spiegeln
  - Address-Mode Reverse-Carry-Add:

    2^{M-1} addieren, dabei Carry von links nach rechts bewegen

  Bsp 8-FFT: $N = 2^3 = 2^M$

```
  000
+ 100 =   100
        + 100 =   010
                + 100 =  110
                       + 100    =   001
                                 + 100 =   101
                                         +   100 =   011
                                                 +   100 = 111
```


• Sortieren des Eingabe-Vektors bei der FFT (3210)

```
// r18 = M/2
// r16 = M/2
// r1, r2 begin of input vector
// r3  "swap-space"

Loop:    r1 - r2                    // exchange?
         if(ge) pcgoto Bitrev
         nop
         *r3++ = a0 = *r1++         // yes!
         *r3-- = a0 = *r1--
         *r1++ = a0 = *r2++         // real
         *r1-- = a0 = *r2--         // imaginär
         *r2++ = a0 = *r3++
         *r2-- = a0 = *r3--
Bitrev:  r2 = r2 # r16
         r1 = r1 + 8
         r18 = r18 - 1
         if(ge) pcgoto Loop
         nop
```


• Optimierungen
  - Ausnutzen der Pipeline-Latenz
  - Jump-Slot

```
// r18 = M/2
// r16 = M/2
// r1, r2 begin of input vector
Loop :   r1 - r2
         if(ge) pcgoto Bitrev
         nop
         *r1   = a0 = *r2
         *r2++ = a0 = *r1++
         *r1   = a0 = *r2
         *r2-- = a0 = *r1--
Bitrev:  r1 = r1 + 8
         r18 = r18 - 1
         if(ge) pcgoto Loop
         r2 = r2 # r16
```


• Beispiel: FIR Filter

$$y(n) = \sum_{k=0}^{N-1} c(k)x(n-k)$$

```
repeat
   sum := 0;                          (* 1 *)
   for i:=0 to n-1 do begin           (* 3(n+1) *)
    sum :=sum + coeff[i]*             (* MAC *)
      x[(curr+i) MOD(n-1)];           (* n+1 *)
   end;
   curr:= (curr+1) AND (n-1)          (* 2; empty pipeline *)
   DAC:= sum;                         (* 1 *)
   x[curr]:= ADC;                     (* 1 *)
until feierabend;                     (* 2 *)
```

• 4n + 7 Instruktionen

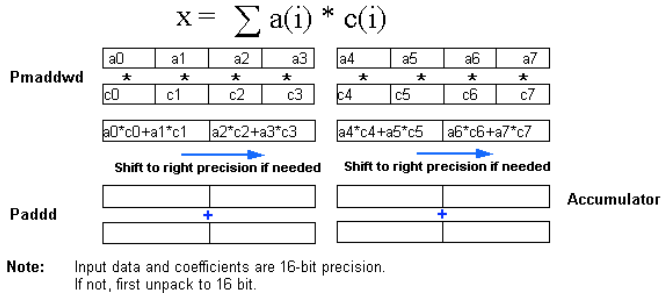
• TMS 320 (TI 320C30)

- mit FPU

```
* Init
*
          LDI    N, BK                          * Blocksize
          LDI    Coeff, AR0
          LDI    X, AR1
*
* Get sample
*
Repeat    LDF    IN, R3
          STF    R3, *AR1++%
          LDF    0, R0
          LDF    0, R2
* Filter
          RPTS   N                              * RepCount:= N
          MPYF3  *AR0++%, *AR1++%, R0   ||  ADDF3  R0, R2, R2
          ADDF   R0, R2

          STF    R2, Y
          B      Repeat
```

- 1*FilterOrder + 8 Instruktionen
- 200 MHz DSP => 100 Mips => 100 MSamples/Filterlänge
- Filterlänge 256 => 200 kHz Signal filterbar

• oder mit MMX



• Filterdesign

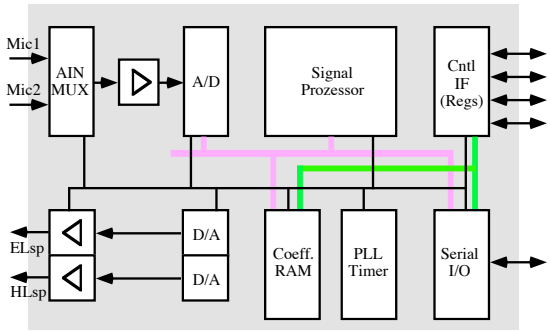
- Koeffizientenwahl
- MatLab Skripte von den Herstellern
- Simulationspakete (z.B. TI.com)

2.3 Chips zur Multimediaverarbeitung

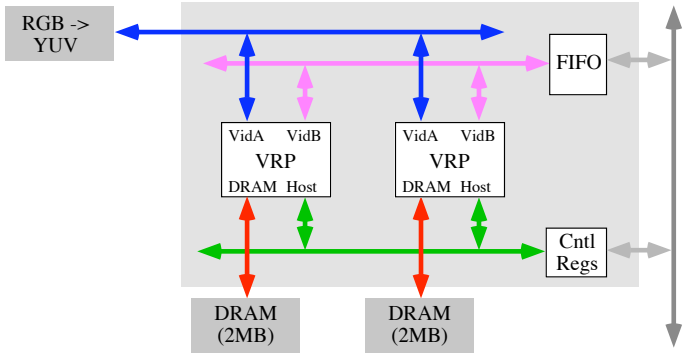
• Kombination von

- A/D und D/A Wandler (ISDN-Codec)
- Spezialschaltungen (Shifter, …)
- Speicher (Puffer, FIFOs)
- DSP oder RISC-Prozessor

• Beispiel ISDN Sprach-Codec

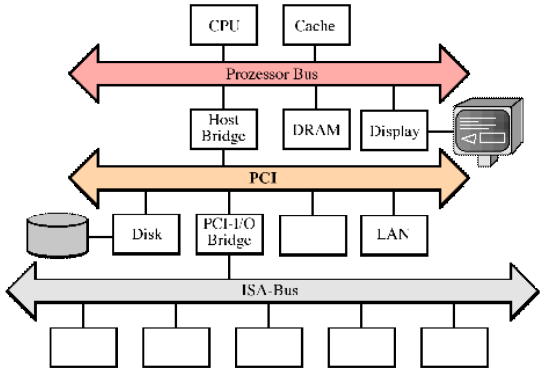


• Beispiel C-Cube CLM4550 "MPEG-1 Video Encoder"

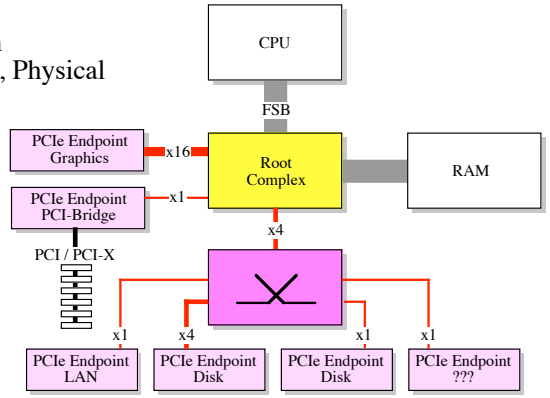


2.4 Hochgeschwindigkeitsbussysteme

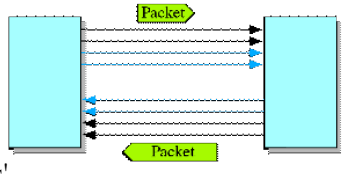
- Peripheral Component Interconnect (PCI)
  - vier Slots
  - Adress/Datenmultiplex, 32 bit; 64 bit Erweiterung
  - vollständiger Bus mit Arbitrierung und Interrupts
  - 30 ns -> 66 MByte/s
  - Burst bis 133 MByte/s
  - CPU unabhängig: 80x86, Alpha, PowerPC



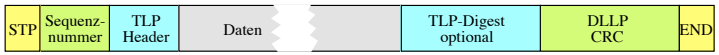
- PCI-Skalierung problematisch: Takt begrenzt
  - Skew vs. Leitungslänge und Leitungsführung
  - Adressauswertung/Chip Select auf den Karten
- PCI Express
  - serielle Links übertragen Bytes
  - Switch möglich
  - l, 2 - 32 Links
  - Transaktionen in Paketen
  - Schichten: Transfer, Link, Physical
- PCIe Konfigurationen
  - PCs, Server
  - Netzwerk-Geräte
  - Mehrprozessorsysteme



- Links
  - 2,5 Gbit/s pro Link
  - 250 MByte/s für Daten+Overhead
  - Taktgewinnung aus Signal
  - 1, 2, 4, 8, 12, 16, 32 'Lanes'
  - Bytestrom byteweise auf mehreren 'Lanes'

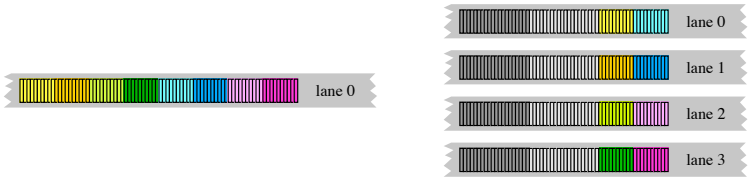


- Transaction Layer
  - Flusskontrolle mit Krediten
  - Virtuelle Kanäle: Multiplex zwischen Geräten
  - Differentiated Services, Traffic Class Field
  - Transaction Layer Packet (TLP): Header+Data+T-CRC



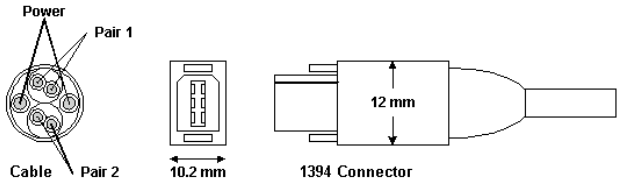
- Link Layer
  - zuverlässige Übertragung
  - Sequenznummern und L-CRC
  - ACK, Retransmission
  - Data Link Layer Packet (DLLP)

- Physical Layer
  - differentielle Übertragung: RX- und TX-Paare
  - Kodierung 8b/10b (= Gigabit Ethernet)
  - Sondersymbole für Frame-Bildung
  - 2.5 Gbit/s - 10 Gbit/s pro Link pro Richtung
  - 'de-skew' in Traningsphase
  - byteweise Verteilung auf Lanes



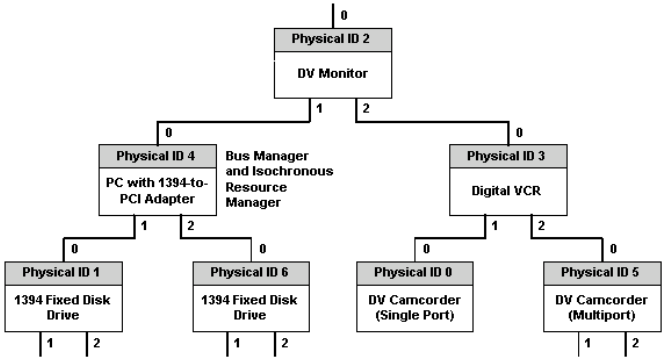
- PCI Express x16 Graphics 150W-ATX
  - 16 PCIe-Links
  - 150W Stromversorgung

- IEEE 1394: Firewire
  - desktop-LAN
  - Apple, Intel, TI, Adaptec, Sony (iLink), …
  - auf der Hauptplatine oder kabelbasiert
- High speed serial bus IEEE-Working Group seit 1988
  - günstige Verkabelung, automatische Konfiguration

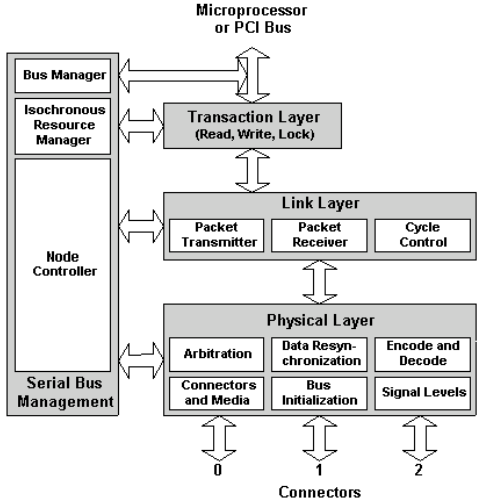


  - 100, 200 und 400 MBit/s
  - IEEE 1394b: 800, 1800, 3200 MBit/s
  - Anschluß interner und externer Digitizer und Speichermedien
  - Überspielkabel für Digital Video (DV)
- Reservierter Durchsatz und asynchrone Transfers
- Paar 1 für Daten, Paar 2 für Strobe zur Taktrückgewinnung

- Typische Konfiguration der Standardisierung
  - nichtlineares Video-Editieren
  - root = cycle master
  - Manager: Bus und Isochronous Resources



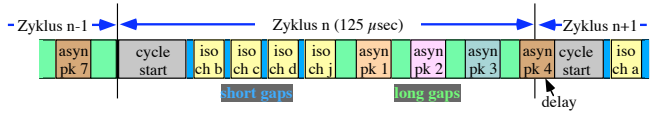
- Software-Instanzen



- Bus-Arbitrierung - Isochrone Phase
  - wiederholt in den Short Gaps, bis sich keiner mehr meldet

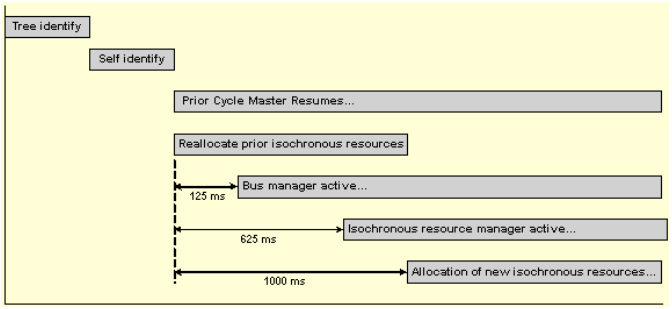
```
FOR i:=1 TO AdrLen DO BEGIN
    others:=0;
    IF myAdr[i]=1 Then Send('1')
    ELSE read(others);
    IF others = 1 THEN EXIT {lost arbitration}
END;
```

  - Datenpaket mit vereinbarter Länge
  - isochrone Sender können auch Zyklus auslassen



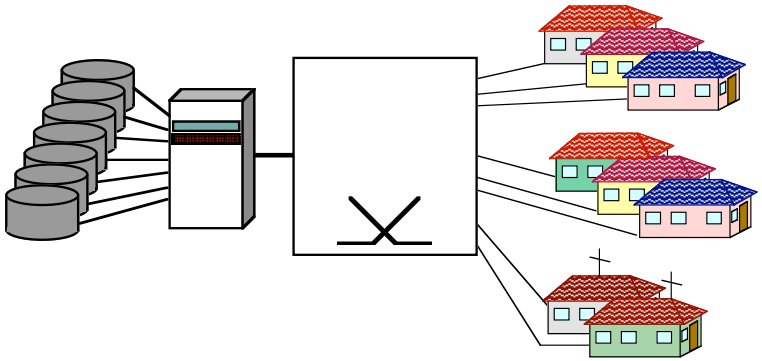
- Bus-Arbitrierung - Asynchrone Phase
  - Request von allen Sendewilligen
  - arbeitet sich durch Nodes nach oben: 1. Request weiter, Rest: Deny
  - Root sendet Grant an Auserwählten und Deny an andere Nodes
  - Fairness-Intervall

- Bus-Reset
  - primäres Managementinstrument
  - hot-plugging
  - Verteilen von IDs
  - Zuteilung von isochronen Resourcen
  - mindestens 20% für asynchronen Dienst



2.5 Speichersysteme

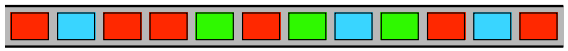
- Beispiel 'video on demand'



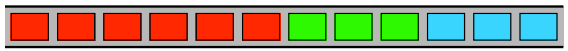
  - viele Klienten (1.000, 10.000, 100.000)
  - Gigantische Datenmengen (100 - 10.000 Spielfilme, 120 min)
    TV-Qualität (MPEG-2): 4 MBit/s * 60 *120 / 8 = 3,6 GByte
  - Echtzeitbedingungen

2.5.1 Verbesserte Plazierung von Dateien

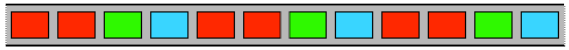
- Kopfpositionierung
- Rotationslatenz
- Kapazitätsoptimierung
- Verstreut
  - natürliche Entstehung
  - viel Positionierung
  - fehlerhafte Sektoren abbilden auf Reservespuren



- Zusammenhängend
  - wenig Positionierung
  - Verschnitt wächst bei Änderungen -> Sortierläufe
  - zeitlich korrekter Zugriff nicht leichter



- Interleaved

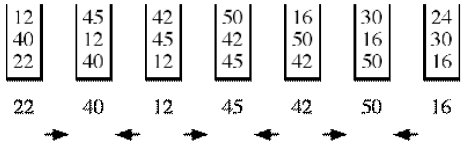


  - zeitlich korrekter Zugriff vereinfacht
  - Einfügen und Löschen schwierig
  - schwer planbar

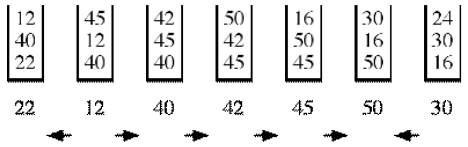
2.5.2 Disk Scheduling

2.5.2.1 Klassische Methoden

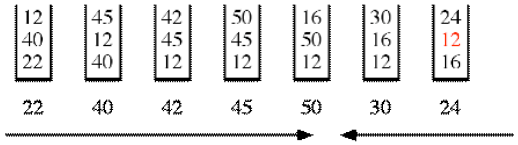
- Kriterien
  - Antwortzeiten
  - Durchsatz
  - Fairness (Plattenränder und Plattenmitte)
  - Positionierungszeit und Rotationsverzögerung
- First Come First Serve (FCFS)
  - einfache Planung
  - überflüssige Kopfbewegungen



- Shortest Seek Time First (SSTF)
  - weniger Positionierung
  - höhere Antwortzeiten
  - unfair

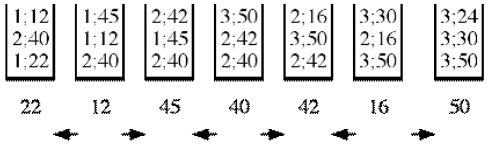


- SCAN
  - Nächster Block in Bewegungsrichtung
  - Kopf ändert Richtung nur an Plattenenden
  - wenig Positionierung
  - hohe Antwortzeiten

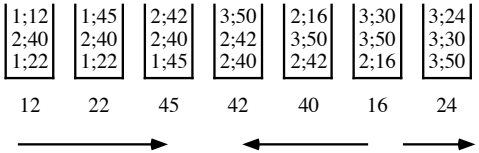


2.5.2.2 Integration kontinuierlicher Medien

- Maßnahmen zur Einhaltung von Zeitgrenzen
- EDF (Earliest Deadline First)?
  - Block mit nächster Deadline lesen

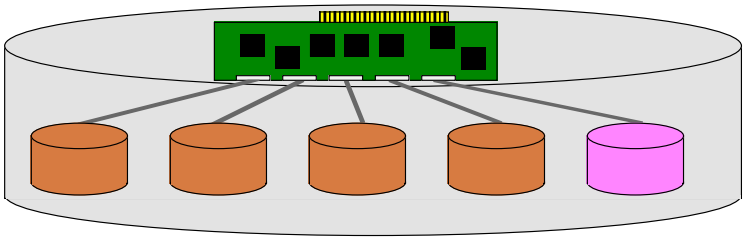


  - viel Positionieren
  - wenig Durchsatz
- SCAN + EDF
  - bei gleicher Deadline Bewegungsrichtung beibehalten



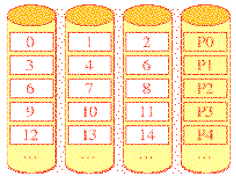
2.5.3 RAID - Redundant Array of Independent Disks

- A Case for Redundant Arrays of Inexpensive Disks [1987, UCB]
  - Datenintegrität
  - I/O-Durchsatz durch parallele Interfaces
  - niedrigere Kosten im Vergleich zu Hochleistungslaufwerken
  - 'striping' + Prüfsumme

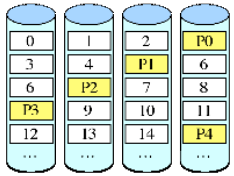


- RAID-Taxonomie
  - 5 Ebenen (layers)
  - ansteigende Komplexität
  - zusätzliche Layer (6, …) für verbesserte Geschwindigkeit
  - Kombinationen

- RAID 0
  - mehre Platten mit striping ohne Redundanz
- RAID 1
  - Schreiboperationen auf 2 Festplatten gleich (Plattenspiegeln)
- RAID 3 (für stromorientierte Anwendungen)
  - byte striping: Daten byteweise auf Platten verteilt
  - separate Platte(n) mit Parity
  - Obermenge von RAID 2
  - Platten synchronisiert



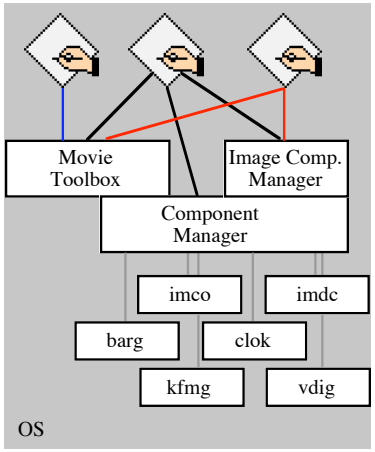
- RAID 4
  - block striping
  - einzelne Blöcke erfordern nur einen Zugriff
  - Blockgruppen von n Platten
  - separate Platte(n) mit Parity <-> Parallel Schreiben?



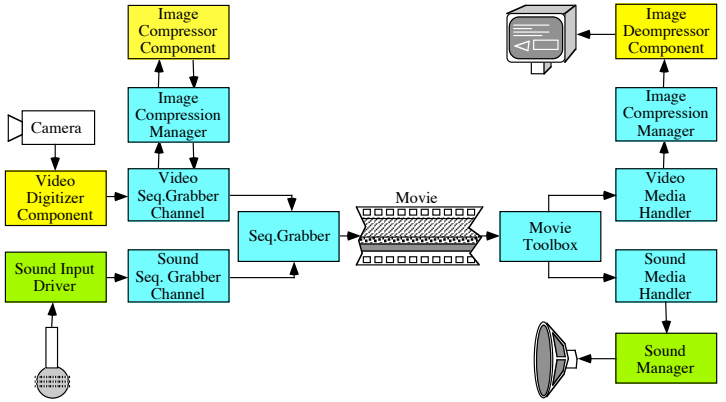
- RAID 5 (für transaktionsorientierte Anwendungen)
  - block striping mit verteilter Parity
  - Flaschenhals Parity reduziert
  - Platten nicht synchronisiert
- RAID 6, RAID 7, RAID 35

3. Multimedia-Programmierung am Beispiel: Quicktime

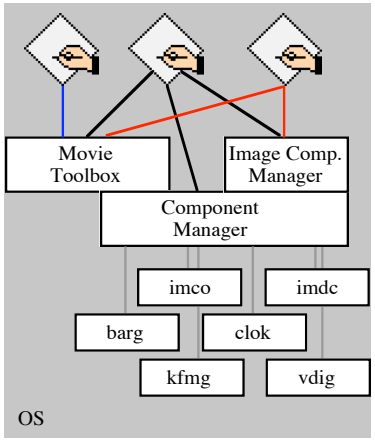
- Multimedia Toolbox
- System Software
- Rahmen für Multimedia Komponenten
  - Abstraktion: Hardware, Software
  - Management
- Application Programmers Interface
- Dateiformat
- Std-Applikationen -> Movie Toolbox
- Multimedia-Applikationen
  -> Component-Manager
  -> Components
- ICM -> Image Codecs
- Sequencegrabber
  -> Component-Manager
  -> video-Digitizer



- Funktionale Komposition

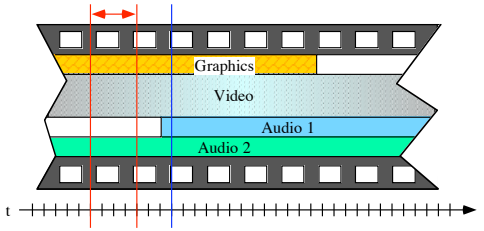


- Movie Toolbox zur Filmverarbeitung
  - Suchen, Öffnen und Schließen
  - Abspielen
  - Aufnehmen und Editieren
- Image Compression Manager
- Component Manager
  - verwaltet Komponenten
  - 'Datenbank'
  - Interface zu den Komponenten
- Komponenten
  - Device Driver
  - von Apple und anderen Herstellern
  - Standard Interface für Hardware
  - Sequence Grabber (barg)
  - Video Digitizer (vdig)
  - Image Compressor (imco),
  - Image Decompressor (imdc)

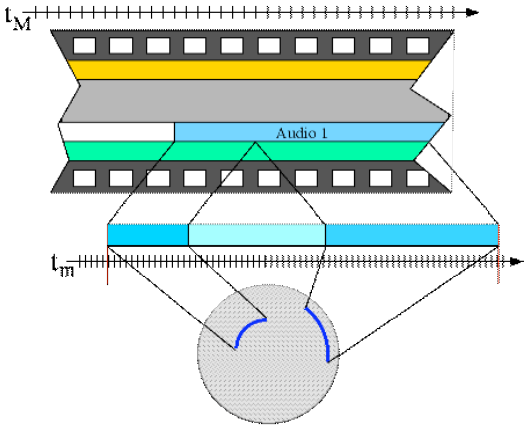


3.1 Movies

- Movie
  - Zeit: Skala und Dauer
  - 1..n Tracks
  - Preview: Startzeit, Dauer, Tracks
  - Poster: Zeitpunkt im Movie
  - in derselben Datei oder verstreut in anderen Dateien



- Track
  - Einzelner Medienstrom
  - Zeitinformation: Dauer, Offset
  - Liste von Referenzen auf Medium (Edit-Liste)
  - Präsentationeigenschaften
    Transformationsmatrix,
    Clipping-Rgn, …
    Lautstärke, …
- Media
  - Trackdaten
  - Zeitkoordinatensystem
  - Media-Handler

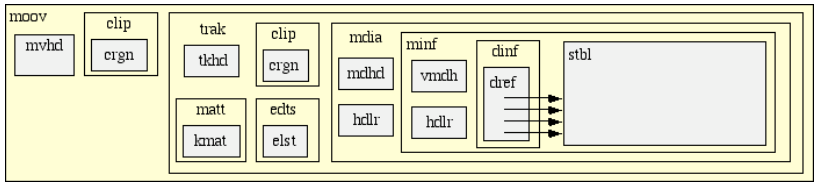


3.1.1 QMF - QuickTime Movie Format

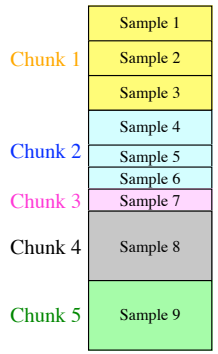
- Dokumentenformat Apple's QuickTime
  - Multimedia-Filme
  - Video, Audio, Text, Grafik, …
  - Präsentationsinformation (Transformationen, Zeitbezüge, …)
- MPEG-4 Dateiformat
  - Speicherung auf dem Server
  - Austausch zwischen Servern
  - ≠ Stromformat
- Movie ist eine Datenstruktur
  - Metadaten
  - Anzahl Tracks, Kompressionsverfahren, Zeitbezüge
  - Verweise auf Mediendaten (Samples, Video-Bilder)
  - Mediendaten im File oder in anderen Dateien

- Information in Atomen
  - Behälter-Atom, Blatt-Atom

  - Grösse in 32 bit
  - Typ 4 Zeichen ('clip', 'trak', 'moov', …, 'free', 'skip')
  - auch komplexere und flexible QT-Atome möglich
  - Nummer: 32 bit
  - Anzahl Kinder: 16 bit
- Atome unsortiert in der Datei
  - Strukturinformation im Data- oder Resource-Fork
  - Sample-Daten im Data-Fork

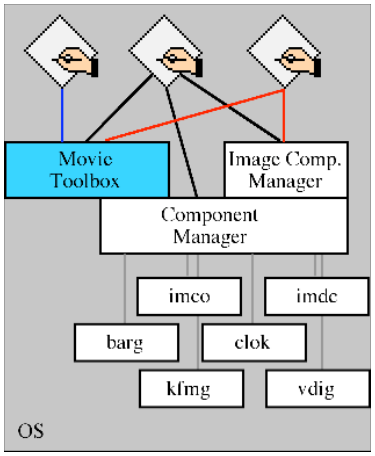


- Movie Header Atom
  - version, flags, creation time, modification time
  - duration, preferred rate, preferred volume, matrix
  - preview
  - Variablen: selection, current time, next track
- Edit List
  - Medienteile eines Tracks
  - Dauer und Zeiger (offset) in Quelle
- Data Reference Atoms ('dref')
  - Anzahl Einträge, Referenzen
  - Referenz: 'alis'l'rsrc', flags
  - Pfadname oder Res-Typ und Res-Id
- Sample Table Atom ('stbl')
  - time-to-sample (Anzahl Samples, Sample-Dauer)
  - sync sample (Indices der Keyframes)
  - sample-to-chunk
  - sample size (Tabelle mit Sample-Größen)
  - chunk offset (Tabelle mit chunk-Anfang in Bytes)

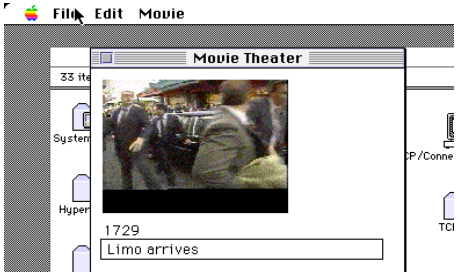


3.2 Movie Toolbox

- Movie erzeugen
  - NewMovie
  - SetMovieBox, SetMovieGWorld
  - NewMovieTrack
  - NewTrackMedia
  - FlattenMovie
- Einfache Erweiterung von Apps
  - Abspielfunktion
  - NewMovieFromFile
  - StartMovie, StopMovie
- Bearbeitung von Movies
  - Edit-Standardoperationen:
    Cut, copy, paste, clear, undo
  - Clipboard



- Beispielprogramm Movie Toolbox
  - Annotation von Filmen (Untertitel, Erklärungen)
  - Rechteck mit Text unter dem Film-Rechteck
  - Gesteuert durch Film-Zeit
- Struktur
  - Initialisieren
  - GetOurMovie
  - MovieMenu
  - DisplayAnnotations
  - Carbon-Interface



- GetOurMovie

```
void GetOurMovie(void)
{ SFReply   aReply;
  OSErr     myerr;
  short     rRef;
  short     resId = 0;

  mySFGetFile('MooV',&aReply);
  if (aReply.sfGood)
  { if (OpenMovieFile(&aReply.sfFile,&rRef,fsRdPerm) == 0)
    { SetPort(GetWindowPort(window));
      myerr=NewMovieFromFile(&myMovie,…,newMovieActive,NULL);
      myadjustWindow();
      CloseMovieFile(rRef);
      mySFGetFile('TEXT',&aReply);
      if (aReply.sfGood)
        { if (FSpOpenDF(&aReply.sfFile,fsRdPerm,&rRef) == 0)
            { ReadAnnotations(rRef); myerr=FSClose(rRef);
} } }    }    }
```


- DoMenuCommand

```
pascal OSStatus MovieMenu( EventHandlerCallRef next,
                           EventRef theEvent, void* uD)
{ HICommand cmd;

  GetEventParameter(theEvent,…,typeHICommand,…,NULL,&cmd);

  if (cmd.commandID==kCmdStop)      {StopMovie(myMovie);
                                     return noErr;}
  if (cmd.commandID==kCmdPlay)      {StartMovie(myMovie);
                                     nextAnnoStop=FALSE;
                                     return noErr;}
  if (cmd.commandID==kCmdNextAnno) {StartMovie(myMovie);
                                     nextAnnoStop=TRUE;
                                     return noErr;}
  if (cmd.commandID==kCmdRewind)    {StopMovie(myMovie);
                                     GoToBeginningOfMovie(myMovie);
                                     currAnn=0; return noErr;}
  return CallNextEventHandler(next,theEvent);
}
```

• DisplayAnnotations

```
pascal void DisplayAnno(EventLoopTimerRef theTimer, void* uD)
{ Str255      currTime;
  TimeRecord  timeRec;
  long        theTime;
  CGrafPtr    savePort;

  MoviesTask(NULL,0);    // give QT time to display the video

  GetPort(&savePort);
  SetPort(GetWindowPort(window));
  EraseRect(&timeRect);
  theTime=GetMovieTime(myMovie,&timeRec);
  NumToString(theTime,currTime);
  MoveTo(timeRect.left,timeRect.bottom);
  DrawString(currTime);
  if (theTime >= timeArr[currAnn])
  {  EraseRect(&annoRect);
     MoveTo(annoRect.left,annoRect.bottom-3);
     DrawString(annotations[currAnn]);
     currAnn=currAnn+1;
    if (nextAnnoStop) StopMovie(myMovie);
  }
  SetPort(savePort);
}
```


• Hauptprogramm und Events

```
void InstallHandlers()
{ EventTypeSpec myEvents =
                          {kEventClassCommand,kEventCommandProcess};

  InstallApplicationEventHandler(NewEventHandlerUPP(MovieMenu),
                                 1,&myEvents,0,NULL);
  InstallEventLoopTimer(…,kEventDurationSecond/30,
                        NewEventLoopTimerUPP(DisplayAnno),…);
}


int main(int argc, char* argv[])
{  OSStatus     err;

   err = initialize();           //  make window etc.
   if (err==noErr) {
      GetOurMovie();
      InstallHandlers();         // two: MovieMenu and a timertask
      RunApplicationEventLoop(); // Let carbon do the loop
   }
   return err;
}
```


3.3 Component Manager und Komponenten

• Objektorientiert
  - Klassen
  - mehrere Instanzen
  - Vererbung

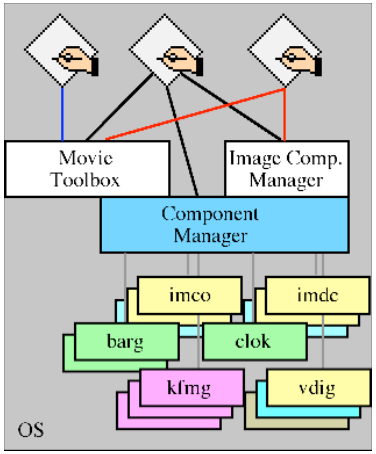
• Suchen von Componenten

```
desc.… = …;
co=NULL;
done=FALSE; i=0;
max = CountComponents(&desc);
do
{co=FindNextComponent(co,&desc);
 GetComponentInfo(co,&cdesc,inf);
 done= (inf.… == …);
 i=i+1;
} while (!done && i<max);
```

• Öffnen und Schließen

```
cInst=OpenComponent(co);
```

• Benutzen
  - komponentenspezifisch
  - Standardmechanismus zum Aufruf



Wichtige Komponenten

• Sequence Grabber: 'barg'
  - Audio und Video
  - SGSetDataOutput(grabComp, fileSpec, …);
  - SGNewChannel(grabComp,SoundMediaType,channelId);
  - SGStartRecord(), SGStop(), SGPause(),
  - SGSettingsDialog(grabComp,channelId,…)

• Sequence Grabber Channels: 'sgch'

• Kompression: 'imco' bzw. 'imdc'
  - CDBandCompress / CDBandDecompress
  - Standard Image Compression Dialog Component ('scdi')

• Video Digitizer: 'vdig'
  - VDSetInput, VDSetInputFormat, VDSetInputStandard
  - VDSetActiveSrcRect
  - VDSetPlayThroughDestination
  - VDGrabOneFrame, VDGrabOneFrameAsync(,,,CompProc,,)
  - eventuell mit Kompression
  - Kontrolle des AD Wandlers (Farbe, Helligkeit, …)

• Beispiel: MovieController
  - Videorecorderfunktion
  - Editieren von Movies: Cut, Copy, Paste und Undo

```
pascal OSStatus DoMovieEdit( EventHandlerCallRef next,
                             EventRef theEvent)
{ ComponentResult err;
  HICommand cmd;

  GetEventParameter(theEvent,…,sizeof(HICommand),NULL,&cmd);

  if (cmd.commandID==iUndo)  {err = MCUndo(contComp);
                              return noErr;}
  if (cmd.commandID==iCut)   {clipMovie = MCCut(contComp);
                              return noErr;}
  if (cmd.commandID==iCopy)  {clipMovie = MCCopy(contComp);
                              return noErr;}
  if (cmd.commandID==iPaste) {err = MCPaste(contComp,clipMovie);
                              return noErr;}
  if (cmd.commandID==iClear) {err = MCClear(contComp);
                              return noErr;}
  return -1;
}
```



```
pascal OSStatus ControllerMenu( EventHandlerCallRef next,
                                EventRef theEvent, void* uD)
  HICommand cmd;
  Rect aRect; Point aPoint;
  ComponentResult cErr;

  GetEventParameter(theEvent,…,sizeof(HICommand),NULL,&cmd);
  if (cmd.commandID == kCmdCOpen)  {
     contComp = OpenDefaultComponent('play',0);
     if (contComp != NULL) {
        GetMovieBox(myMovie,&aRect);aPoint.v=aRect.top; …;
        cErr=MCSetMovie(contComp,myMovie,window,aPoint);
        cErr=MCSetVisible(contComp,TRUE);
        cErr=MCDraw(contComp,window); }
     return noErr;}
  if (cmd.commandID == kCmdCClose) {
     cErr=MCSetVisible(contComp,FALSE);
     cErr=CloseComponent(contComp); contComp=NULL;
     return noErr;}
  if (cmd.commandID == kCmdCEdit)    {
     if (MCIsEditingEnabled(contComp) == 0) {
     cErr=MCEnableEditing(contComp,TRUE); AdjustEditMenu(TRUE); }
     else { cErr=MCEnableEditing(contComp,FALSE);
            AdjustEditMenu(FALSE); }
     return noErr;}
  if (DoMovieEdit(next,theEvent)==noErr) return noErr;
  return CallNextEventHandler(next,theEvent);}
```

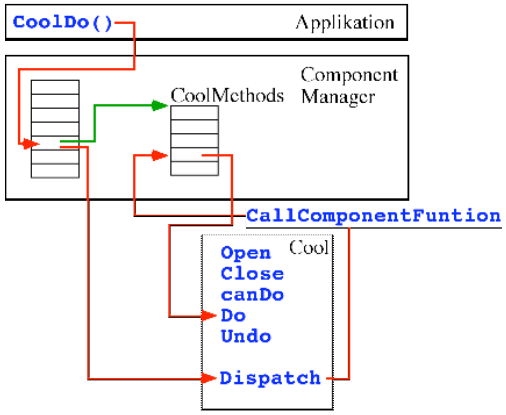


```
pascal OSStatus WindowClick(…)
{ ComponentResult compRes;
  EventRecord theEvent;

  if (contComp!=NULL) {
      ConvertEventRefToEventRecord(evtRef,&theEvent);
      compRes= MCIsPlayerEvent(contComp,&theEvent);
      if (compRes=1) return 0;
  }
  return CallNextEventHandler(next,evtRef);
}

pascal void time4QT(EventLoopTimerRef theTimer, void* uD)
{ MCIdle(contComp);   // give QT time to display the video }

void InstallHandlers()
{ EventTypeSpec myEvt = {kEventClassCommand,kEventCommandProcess};

InstallApplicationEventHandler(NewEventHandlerUPP(ControllerMenu),
                               1,&myEvt,0,NULL);

myEvt.eventClass=kEventClassMouse;myEvt.eventKind=kEventMouseDown;
InstallApplicationEventHandler(NewEventHandlerUPP(WindowClick),
                               1,&myEvt,0,NULL);

InstallEventLoopTimer(GetMainEventLoop(),0,kEventDurationSecond/30,NewE
ventLoopTimerUPP(time4QT),NULL,&t4QTTimer);}
```


Beispiel-Komponente: cool

```
typedef struct {…} CoolRecord, **globHandle;

pascal ComponentResult CoolOpen(globHandle globs,
                                ComponentInstance self)
{globs = (globHandle)Newhandle(sizeof(CoolRecord));
 if (!globs) return MemError;
 SetComponentInstanceStorage((Handle)globs);
 Return noErr; }

pascal ComponentResult CoolClose(GlobHandle globs,
                      ComponentInstance self)
{if (globs) Disposehandle((handle)globs); return noErr;}

pascal ComponentResult CoolCanDo(short selector)
{;}

pascal ComponentResult CoolDo(globHandle globs)
{;}

pascal ComponentResult CoolUndo(GlobHandle globs)
{;}
```

- Objektorientierter Aufruf durch ComponentManager und Component
  - Componenttabelle, Methodentabellen
  - Dispatchprozedur in der Component




```
    // CallComponentFunctionwithStorage    -> CallCFStore
    // CallComponentFunction               -> CallCF

pascal ComponentResult CoolDispatch(ComponentParameters *parms,
                                    Handle store)
{
 switch (parms->what) {
    case kComponentOpenSelect: return CallCF(parms,&CoolOpen);

    case kComponentCloseSelect:
                        return CallCFStore(store,parms,&CoolClose);

    case kComponentCanDoSelect: return CallCF(parms,&CoolCanDo);

    case kComponentVersionSelect: return 0;

    case coolDoSelect: return CallCFStore(store,parms,&CoolDo);

    case coolUndoSelect: return CallCFStore(store,parms,&CoolUndo);

    default return badComponentSelector;
} }
```

- Aufruf: `erg = CoolDo(…);`

4. Synchronisation

- Multimedia = Mischung mehrerer Medien
  - Bezüge zwischen Medien
    inhaltlich: Grafik und Tabelle: gemeinsame Daten
    räumlich: Layout, Benutzungsschnittstelle, Stereo, …
    zeitlich: gleichzeitig, unabhängig, hintereinander
  - Erschwerte Bedingungen durch kontinuierliche Medien
- Synchronität

  Einhaltung der inhaltlichen, räumlichen und/oder zeitlichen Bezüge bei der Präsentation mehrerer, gemischter Medienströme.
- Synchronisation
  - Meyers Lexikon:

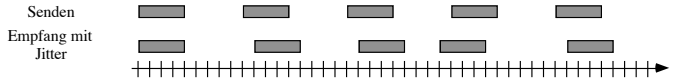
    Die Herstellung des Gleichlaufs zwischen zwei Vorgängen, Maschinen oder Geräten bzw. -teilen.
  - Herstellung der Synchronität
  - Orchestrierung (Orchestration)

- Koordinierte Präsentation von verschiedenen Datenströmen
  - Audio, Video, Grafik, Text
  - Steuerinformation der Applikation (Benutzungsschnittstelle)
- Weiche Synchronitätsanforderungen
  - Gegensatz zu Prozesskommunikation
- Lokale Synchronität (Punkt-zu-Punkt)
  - Audio ⇔ Video (Lippensynchron)
  - Untertitel (Text/Grafik) ⇔ Video
  - Audio ⇔ Grafik/Animation
  - Grafik ⇔ Grafik
- Globale Synchronität (Mehrpunkt)
  - Präsentation an verschiedenen Arbeitsplätzen
  - Ströme werden zur gleichen Zeit präsentiert
  - essentiell in Gruppenarbeitsszenarien
    Tokenverteilung
    Globaler Jitter < 200 msec für Sprachkonferenzen

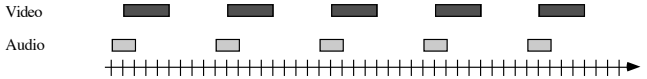
- Natürliche Zeitbezüge durch parallele Aufnahme
  - Live-Übertragung
  - Telepräsenz
  - implizit
- Synthetische Zeitbezüge durch Anordnung (Schnitt)
  - gespeicherte Multimediadaten
  - Filme
  - Überblendungen und Einspielungen gespeicherter Daten in Live-Multimedia
  - explizit
  - Beschreibungsmodell
    parallel, sequentiell, unabhängig

4.1 Quellen der Asynchronität

- Verzögerung (Delay) auf dem Weg vom Produzenten zum Konsumenten
  - wegabhängig
  - stört besonders globale Synchronisation
- Jitter: Variation der Verzögerung

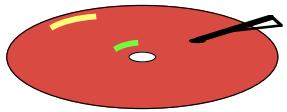


- Skew (Divergenz) zwischen Datenströmen



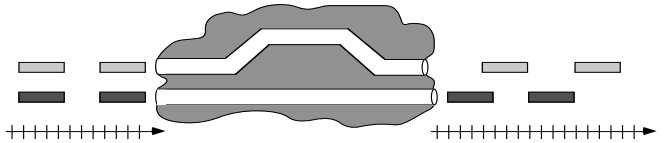
  - Ankunft zu verschiedenen Zeiten
  - Präsentation zur gleichen Zeit
- Auch die Synchronisationsinformation selbst kann betroffen sein

- Entstehung im Endgerät:
  - Betriebssystem
    Prozess-Scheduling
    Kritische Bereiche



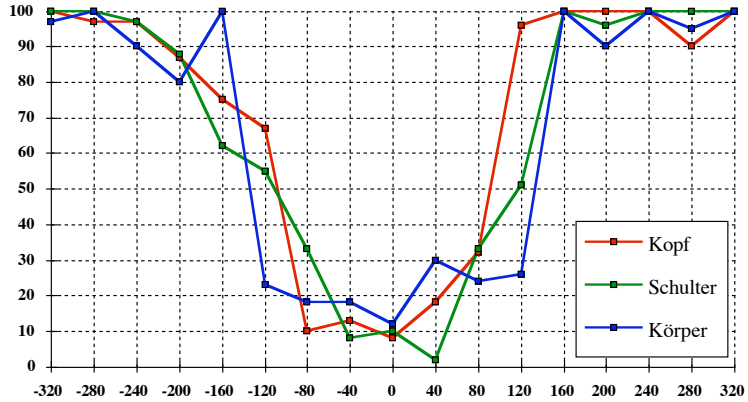
  - Interruptsperre
    Warteschlangen
    Latenz des Speichermediums (Festplatten)
    Verarbeitungspipelines (Kompression, Rendering)
    Busbelegung
    Virtueller Speicher

- Auf dem Übertragungsweg
  Netzknoten mit Store and Forward
  Paketverlust und Retransmission
  Leitungen unterschiedlicher Laufzeit (ISDN …)
  Bearbeitungsverzögerung in den Protokollen

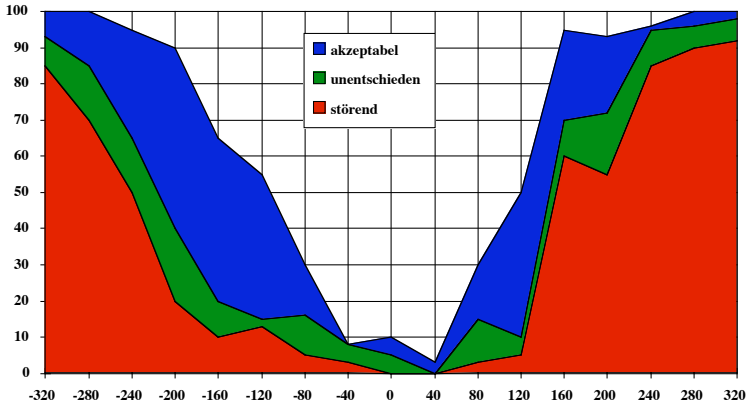


4.2 Wahrnehmung von Synchronitätsfehlern

- Empirische Bestimmung (IBM-ENC, R. Steinmetz, 1993)
  - ca. 100 Probanden
- Lippensynchronisation: Audio-Video

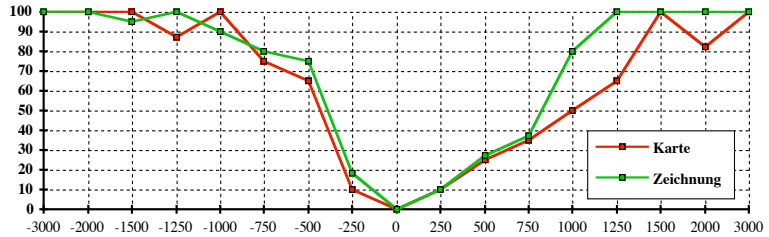


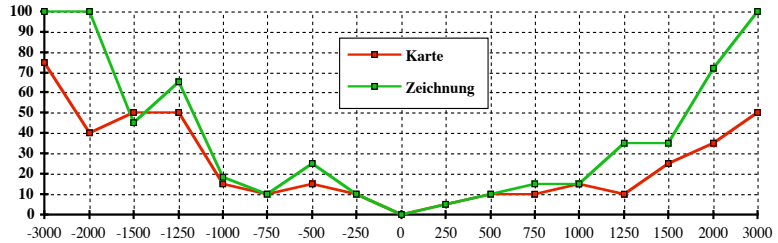
- Akzeptanz



- ± 80 ms unmerklich
- -160 ms < skew < 120 ms: nicht störend
- Audio-Synchronität unabhängig von der Sprache

- Synchronisation Audio - Zeiger auf Grafik





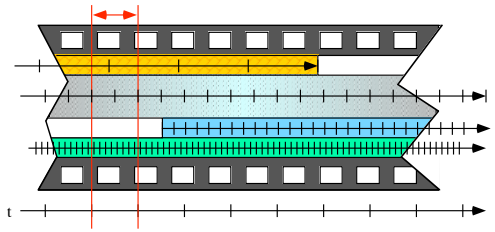
- Überblendung kritischer als Parallelpräsentation bei Text/Grafik und Video
- Grenzen der Wahrnehmung / Störung

Video	Animation	korreliert	-120	120
	Audio	lippensynchron	-80	80
	Grafik	überblendet	-240	240
		nebeneinander	-500	500
	Text	überblendet	-240	240
		nebeneinander	-500	500
Audio	Animation	korreliert	-80	80
	Audio	stereophon	-11	11
		Dialog	-120	120
		Hintergrund	-500	500
	Grafik	eng (Musik mit Noten)	-5	5
		lose (Dia-show)	-500	500
	Text	korreliert	-240	240
	Zeiger	korreliert	-500	750

- Jitter auch kritisch in einem Datenstrom
  - Audio: >5 ms

4.3 Synchronisationsinformation

- Zeitangaben
  - Sample-bezogen
  - SMPTE (Society of Motion Pictures and Television Engineers)
    entwickelt von NASA
    Stunde:Minute:Sekunde:Frame:Bits (80 Bits/Frame)
    Linear Time Code (LTC) auf besonderer Spur
    Vertical Interval TC im vertical blanking
    Puls pro Halbbild, keine Werte
  - eventuell auf andere Spur (Medium) bezogen
- Synchronität zwischen Medienströmen

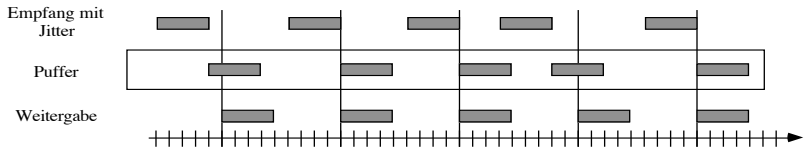


- Zeitkritische Dateneinheit m als Tripel
  - m = (Daten, Start, Dauer)
  - Gültigkeit = [Start, Start+Dauer)
  - Medienstrom ist Folge zeitkritischer Dateneinheiten
- Zeitachsen
  - Auflösung 1 sec bis 10 μsec
  - Individuelle Zeitachsen pro Spur
    Schnitt und Kombination verschiedener Spuren
    Zeitangaben relativ zum Beginn einer Spur
    Abbildung auf globale Zeitachse bei der Wiedergabe
- Koordinationsspur (~verbindung)
  - Zeiger, die in die Spuren zeigen
  - Kleine Datenmenge, Übertragung leicht
- Abhängigkeitsgraphen
- siehe QuickTime Movie-Format

- Zeit in verteilten Systemen
  - Muß nicht absolut richtig sein
  - Gleicher Wert bei allen beteiligten Systemen
  - Drift im μsec Bereich
  - Quarze arbeiten mit Genauigkeit 10^{-6} => pro Stunde bis zu 4 msec
- Uhrensynchronisationsprotokoll
  - Network Time Protocol [Mills, RFC 1305]
- DCF77 (Physikalisch technische Bundesanstalt)
  - Auflösung 1 Sekunde
  - Fehler << 1μsec
  - Laufzeit des Signales vom Sender zum Empfänger bekannt
- NAVSTAR GPS
  - Positionsermittlung in mobilen Einheiten
  - 22 Satelliten strahlen Zeit und Satelliten-Position aus
  - Endgerät ermittelt eigene Position aus Laufzeitunterschieden
  - Unabhängig von der Position des Endgerätes
  - Zeitfehler < 363 ns

4.4 Mittel zur Synchronisation

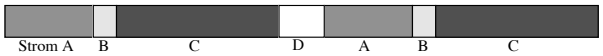
- Verzögerungsvermeidung
  - auf dem Übertragungsweg
    Resource-Reservierung: Bandbreite, Puffer
    Protokolloptimierung
  - im Endgerät
    Reservierung: Puffer, Zeit (CPU, …)
    keine Datenkopien (DMA, Zeigerübergabe)
- Jitterausgleich (Schadensbegrenzung)
  - Einfügen einer Basis-Verzögerung



Berechnung der Delaylänge: Max(Üb.Verzögerung) + Paketdauer

- Extrapolation bei fehlenden Samples kontinuierlicher Medien
  - Interleaving -> Interpolation möglich, MPEG …
  - zu spät eintreffende Samples wegwerfen
- Multiplexen aller Medienströme in einen Datenstrom
  - Synchronisation auf Stromebene
  - Blöcke mit gleicher 'Zeitdauer'
  - Sender arrangiert Daten für optimale Präsentation

    Empfängereigenschaften ausnutzen
    Zeitaufwand …

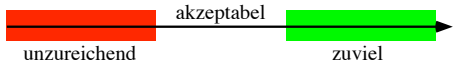


  - alle Ströme sind gleichermaßen von Verzögerungen betroffen
  - Verschleiert Eigenschaften von Datenströmen

    Burstdaten stören Isochrone Daten
    Nur Summen-QoS Anforderung möglich
    Netzwerk kann keine vernünftige Ressourcereservierung vornehmen
- Strategie zur Synchronisation
  - Resource Reservation , Scheduling

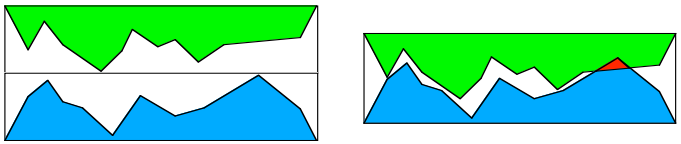
4.5 Resource Reservation

- Bearbeitungseinheiten für Medien
  - Prozessor
  - Speicher (RAM, Magnetplatten, CD, CD-ROM)
  - Spezialhardware (Kompression, Dekompression)
  - Präsentationsgeräte
  - Digitalisierer
  - Netzwerk und Netzwerkadapter
- Dienstegüte (Quality of Service, QoS)
  - Applikationsanforderungen <-> Systemkapazität
  - Best Effort oder Garantie
  - Garantie -> Reservierung, Planung
  - Multiplexeffekte verbessern Kosten/Nutzen



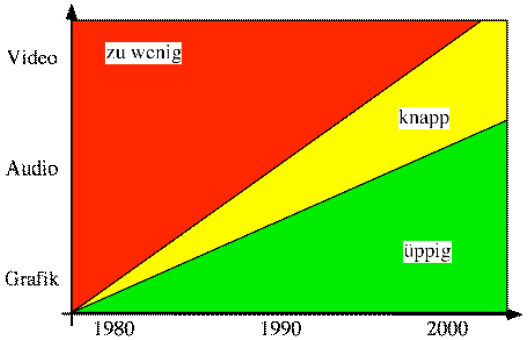
  - Spezifikation: Interval gewünscht und minimal
    required QoS, desired QoS

- Garantierte Dienstegüte
  - Obere Grenze für Last
  - Pessimistische Annahmen Systemverhalten
  - Sehr zuverlässig
  - Überreservierung
  - Schlechte Ressourcennutzung



- Statistische Dienstegüte
  - Oberer Grenze für Last
  - Mittlere Systembelastung
  - Stochastische Ausnutzung der angeforderten Dienstegüte
  - keine Garantie …

- Resourcenknappheit



- Resourcen-Verwaltung
  - Verwaltung des Mangels
  - Optimierung des Systemdurchsatzes

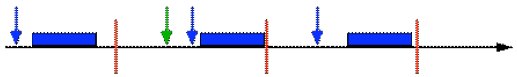
- Resource-Planung
  - Berechnung der nötigen Ressourcen abhängig von QoS
  - statische Zuteilung
  - entlang des Datenpfades
- Verhandlung
  - mit der Applikation
  - mit anderen Komponenten
  - Modifikation zur Laufzeit
- Dynamische Resource-Zuteilung (Resource Scheduling)
  - für jede Resource
  - steuert Bearbeitungsreihenfolge
  - Ereignisgesteuerter Prozesswechsel
  - Unterbrechung
  - überwacht Zuteilung (Policing)
- Prioritäten
  1. Multimediadaten mit garantierter Dienstegüte
  2. Multimediadaten mit statistischer Dienstegüte
  3. Andere Prozesse

4.6 Echtzeit und Scheduling

- Erweiterte Prozesskennzeichen:
  - Priorität
  - Zeitkritisch
  - Intervall des regelmäßigen Aufrufens (Gültigkeit)
- Interruptkennzeichen:
  - Maximale Verzögerung bis zur Bearbeitung
  - Minimale Bearbeitungsdauer
- Leichtgewichtige Prozesse
  - teilweiser Kontextwechsel beim Aufruf
  - besonders für ISR und Call-Backs
  - Einschränkung der aufrufbaren Betriebssystemdienste
  - Cache-Invalidierung bei MMU Umschaltung
- Problem Prioritäts-Umkehr
  - nicht unterbrechbare Prozesse mit niedriger Priorität
  - Prozess mit höherer Priorität wird gestartet
  - Priorität anderer Prozesse steigt während der Bearbeitungszeit
  - Unterbrechung des Ersten, Thrashing

- Scheduler mit garantierter 'Quality of Service'
  - behandelt zeitkritische Prozesse bevorzugt
  - garantiert Interruptbearbeitung innerhalb der verlangten Zeit
  - normale Betriebssystemprozesse haben niedrige Priorität
  - Zeitgarantien für Prozesse

    Deadline = späteste Ausführungszeit
    = erwartete Ankunft + max. Delay



    höchste Priorität für Prozesse mit:
    Daten präsent und Deadline erreicht
  - Periodische (isochrone) Prozesse

    Feste Einplanung
    Jitter -> Resourcevergeudung

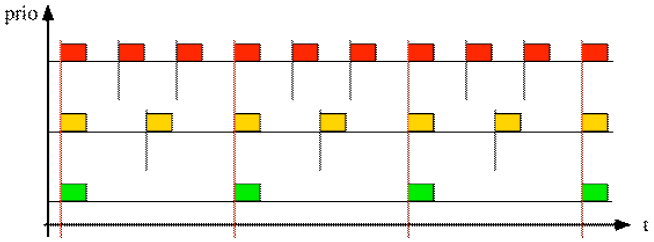
- Non-Preemptive Scheduling
  - Prozesse nicht unterbrechbar

  - Inhärent für viele Resourcen
  - Prioritätsumkehr möglich
  - Weniger Prozesswechsel

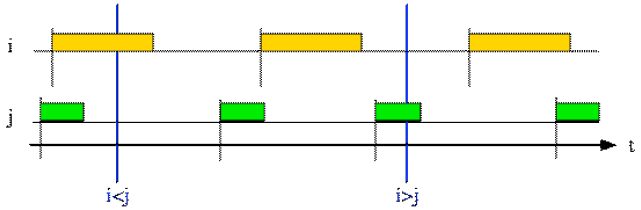
- Preemptive Scheduling
  - Prozesse durch andere Prozesse mit höherer Priorität unterbrechbar

  - Oft in OS vorhanden für CPU
  - Prioritätsumkehr möglich
  - Prozesswechsel häufig und teuer

• Raten-monotones Scheduling
  - Liu und Layland 1973
  - statische Priorität
  - kleinste Periode -> größte Priorität
  - Frist (deadline) = Beginn der neuen Periode
  - Prozess planbar <=> t + längste Ausführungsdauer < deadline
  - längste Ausführungsdauer: kritischer Moment

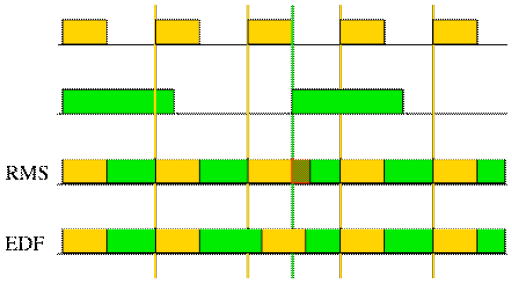


• Deadline Based Scheduling
  - dynamische Planung
  - EDF: Earliest Deadline First
  - Prozess mit kürzester Frist wird aktiviert
  - neuer Prozess bereit -> Unterbrechung + neue Fristenauswertung
  - Unterbrechbarkeit nötig



  - Prioritäten ändern sich
  - $O(n^2)$
  - QoS-Planung wie raten-monotones Verfahren
  - Variante für non-preemptive möglich, Planbarkeit schlechter

• Vergleich



  - EDF reagiert flexibler: Jitter, …

• auch in nicht-preemptiven Systemen
  - Prozesse Echtzeit-fähig
  - Sprachmittel z.B. in RTC++

```
within (deadline_duration) do
   { do_something
   };
```

• Real-Time Mach (CMU)