

Inhalt

■ Multimedia-Daten

- ◆ Audio ✓
- ◆ Images
 - ✦ Codierung (Farbtiefen, Alpha-Kanal)
 - ✦ verlustlose/verlustbehaftete Bildkompression
 - ✦ wichtige Formate
- ◆ Video
 - ✦ analoges Video-Signal
 - ✦ Standards (PAL, NTSC, HDTV, CCIR)
 - ✦ digitales Video
 - ✦ Standards (DVB)
 - ✦ Codierung (YUV, 4:2:2, ...)
 - ✦ Kompressionsverfahren (M-JPEG, MPEG, Quicktime)

Images

■ Kurze Wiederholung

◆ Arten von Bilddaten

✦ Bit-Maps

- bestehend aus Bildpunkten (Pixel), Zeilen/Spalten von Pixeln
- jedes Pixel hat zugewiesene Bit-Anzahl (1,2,4,8,16,24,32 üblich)
- jedes Pixel hat Farbe/Grauwert
- Kompression verlustlos/verlustbehaftet (Auge sieht nicht alles)

✦ Vektorbilder

- Knoten
- Verbindungen zwischen Knoten (Line Segements)
- Angaben über Farbe, Linienstärken, Füllungen von Polygonen,...
- Kompression über entsprechende Kodierung

Images

■ Bit-Maps - Pixel

- ◆ Anzahl der Bits/Pixel bestimmt Anzahl der darstellbaren Farben
- ◆ Schwarz/Weiss-Bilder
 - ✦ 1 Bit/Pixel
- ◆ Farbbilder
 - ✦ jedes Pixel wird durch RGB-Triplet „eingefärbt“
 - ✦ RGB-Werte können direkt im Pixel codiert sein
 - 24 Bit/Pixel: je 8 Bit für R/G/B Wert
 - 32 Bit/Pixel: zusätzliche Transparenzangabe (Alpha-Channel)
 - ✦ RGB-Werte über „Palette“ (color LookUp Table, LUT)
 - Pixel enthält Index für Tabelleneintrag
 - Tabelle selbst enthält RGB-Werte
 - 2 Bit/Pixel: 4 Farbeinträge möglich (CGA)
 - 4 Bit/Pixel: 16 Farbeinträge möglich (VGA, EGA)
 - 8 Bit/Pixel: 256 Farbeinträge möglich (GIF, VGA)
 - Problem: welche Farben in Tabelle? (Dithering)

Images

■ Bit-Maps - Farbmodelle

- ◆ RGB Modell heute sehr verbreitet, additives System
- ◆ CMY(K) Modell (Cyan, Magenta, Yellow, black), subtraktives System, Pigemente subtrahieren Farbe von Weiß (Papier), in Druckbereich verwendet
- ◆ HSV (Hue=Farbe, Saturation=Weißanteil, Value=Leuchtkraft), in Grafikformaten selten verwendet
- ◆ YUV (Y=Helligkeit, U=Rot-Cyan-Balance, V=Gelb-Blau Balance), auch YCrCb (Chrominanz Rot/Blau), in Videosystemen im Einsatz, auch in MPEG/JPEG/...

$$\begin{bmatrix} Y \\ C_r \\ C_b \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} .299 & .587 & .114 \\ -.169 & -.331 & .500 \\ .500 & -.419 & -.081 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1.000 & 0 & 1.404 \\ 1.000 & -.3434 & -.712 \\ 1.000 & 1.773 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} Y \\ C_r \\ C_b \end{bmatrix}$$

Images

■ Ansätze zur Datenreduktion bei Bilddaten

◆ verlustlose Verfahren

✦ Entropiecodierung

- über Histogramm und anschließende Codierung

✦ Lauflängencodierung (RLE)

- Folgen gleichen Inhalts werden durch Tupel (Inhalt, Zählerkennung, Zähler) codiert (z.B. PCX/TGA Format)

✦ LZW-Codierung (Lempel, Ziv, Welch)

- Zuordnung von Codeworten zu sich wiederholenden Zeichenfolgen (z.B. GIF/TIFF-Format) durch Sukzessive Codevergabe

◆ verlustbehaftete Verfahren

✦ Ausnutzung der Eigenschaften des visuellen Wahrnehmungssystemes (Auge/Gehirn) und der Aufnahme/Wiedergabegeräte

✦ Reduktion der Farben/Auflösung/Details

Images

■ Ansätze zur Datenreduktion bei Bilddaten

◆ Und wieder ein bisschen Physiologie:

- ✦ Auge kann gleichzeitig nur ca. 10.000 Farben sehen, maximal können ca. 60.000 Farben unterschieden werden
- ✦ Auge ist auf Grün am empfindlichsten, dann Rot, Blau
- ✦ Auge kann absolute Farben nicht wahrnehmen, feine Farbunterschiede werden nur bei benachbarten Flächen erkannt
- ✦ Auge kann Farbe von kleinen Objekten nicht wahrnehmen, sieht nur Summenfarbe (-> Farb-Triplets auf Bildschirmen!)
- ✦ Auflösung des Auges ist beschränkt (ca. 600 Linien im Sehzentrum)
- ✦ Auge sieht besser Hell/Dunkel-Unterschiede als Farbunterschiede (Details liegen in Konturen, Farben füllen Flächen -> Malbuch für Kinder)

◆ Ansätze zur Datenreduktion bei Bilddaten

- ✦ Reduktion der Farbauflösung
- ✦ Reduktion der Ortsauflösung (Pixelzahl)
- ✦ Quantisierung (Details weg, die nicht gesehen werden)

Images

■ Reduktion der Farbtiefe

- ◆ Auge kann ca. 60.000 Farben unterscheiden
- ◆ Reduktion 24 Bit/Pixel (True Color) auf 16 Bit/Pixel (High Color)
 - ✦ in der Regel nicht wahrnehmbar
 - ✦ wie teilt man Bits auf?
 - 5 Bit für Rot, Grün, Blau -> 1 Bit überzählig
 - Lösung: Auge für Grün am empfindlichsten: 6 Bit für Grün
- ◆ Reduktion von 24 Bit/Pixel auf 8 Bit/Pixel
 - ✦ stark sichtbar
 - ✦ nur über Palettendarstellung möglich
 - ✦ in Palette meist häufigsten Bildfarben (durch Histogramm)
 - ✦ Annäherung nicht mehr vorhandener Farben durch Dithering
 - ✦ Problematisch: sanfte Farbübergänge, wechselnde Farben bei Bildfolgen durch unterschiedliche Paletten, vorgegebene Systempaletten (VGA)
 - ✦ weitere Reduktion: nur in Spezialfällen, Extrem: S/W Bild

Images

- ◆ Bsp: Farbreduktion

Reduktion 24 Bit/Pixel auf 8 Bit/Pixel und 3 Bit/Pixel-Palettendarstellung



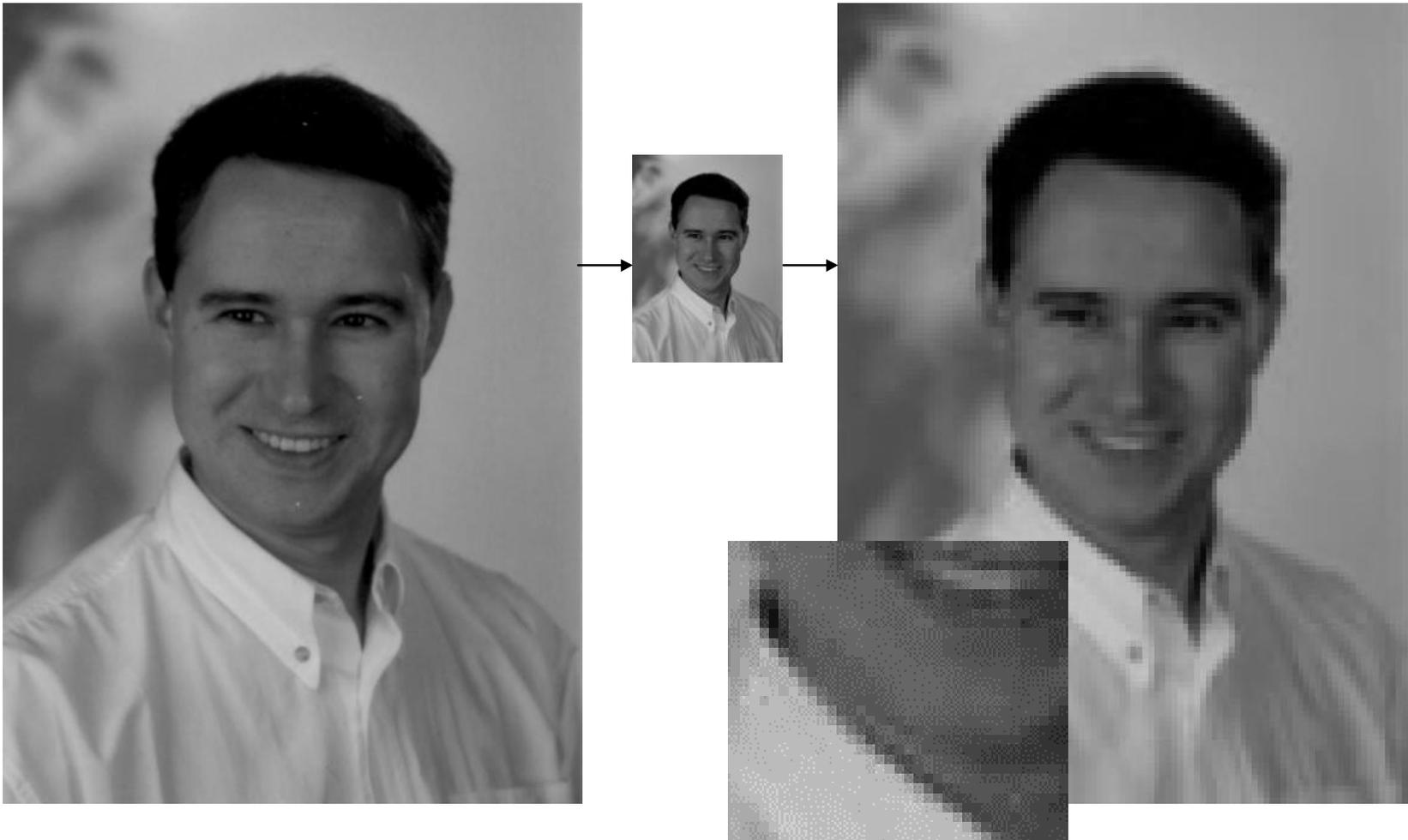
Images

■ Reduktion der Ortsauflösung

- ◆ abhängig vom Wiedergabesystem (oft durch Übertragungsstandard vorgegeben)
- ◆ Bsp: LCD-Display mit 320x200 Pixel, Originalbild vor Übertragung schon reduzieren
- ◆ bei Übertragung Verkleinerung durch
 - ✦ Pixel Dropping (Weglassen von Pixel, z.B. jedes 2.)
 - ✦ Pruning: Verkleinerung durch Interpolation (2-dimensionale Filter)
- ◆ bei Wiedergabe Vergrößerung durch
 - ✦ Pixel Replikation: Problem der Blockbildung (und Treppenbildung - Aliasing)
 - ✦ Resizing: Filterfunktion zur Bildvergrößerung samt Anti-Aliasing-Funktion (Schaffung von „weichen“ Übergängen)

Images

- Bsp: Reduktion Ortsauflösung (Bild 480x658 -> 120x165 -> 480x658)



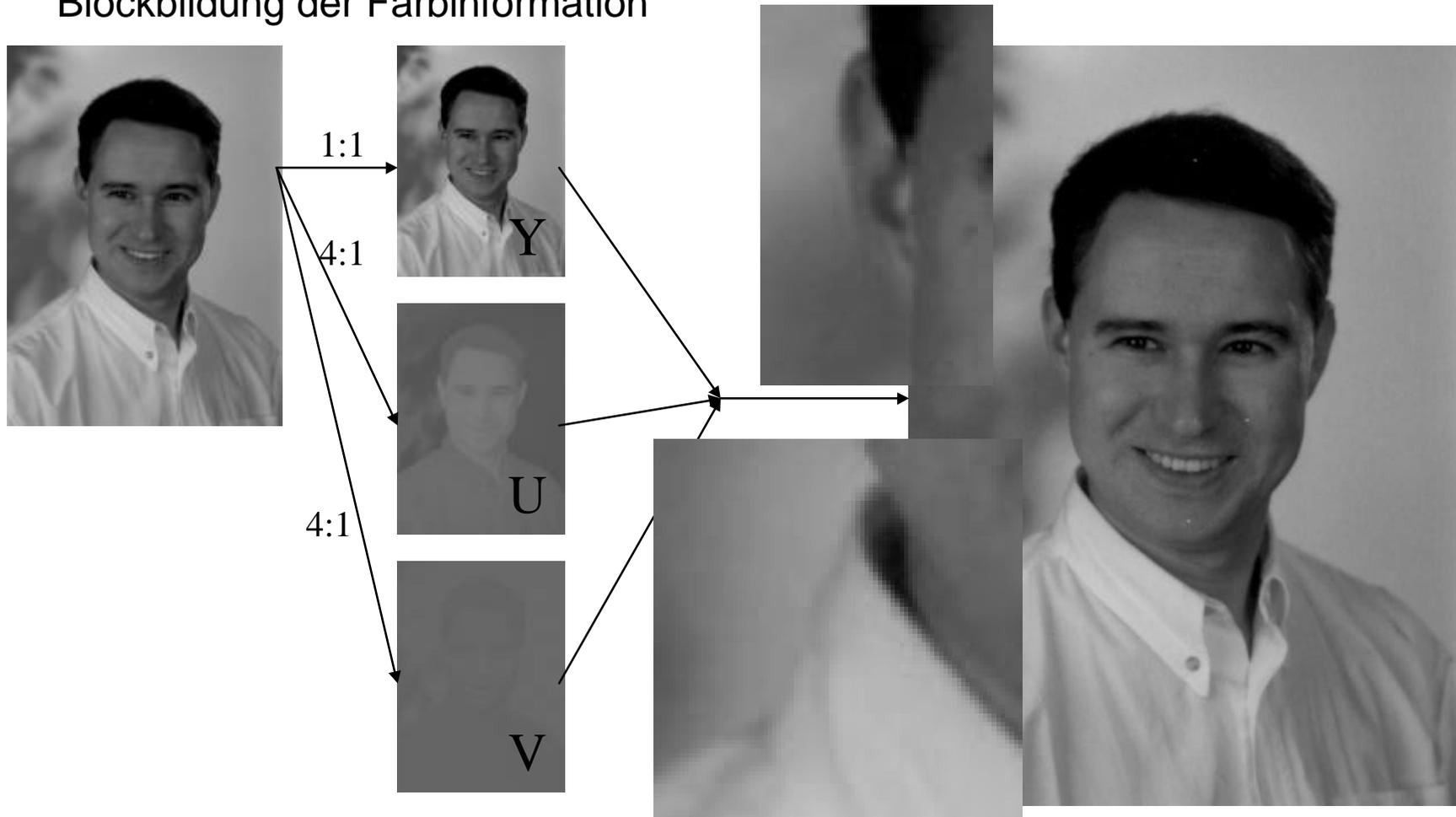
Images

■ Reduktion der Farbauflösung (Color-Subsampling)

- ◆ Auge hat schlechtere Farbauflösung wie Helligkeitswahrnehmung
- ◆ Schärfeinformation primär aus Helligkeitsanteil gewonnen
- ◆ YUV-Modell (z.B. MPEG, JPEG)
 - ✦ Pixeldarstellung mit jeweils 8 Bit / YUV-Wert liefert volle Auflösung
 - ✦ Reduktion der Farbinformation
 - 1/2 Auflösung horizontal „4:2:2“ -> 8 Bit Y pro Pixel, 8 Bit U/V für jedes 2. Pixel -> 30% Reduktion
 - 1/2 Auflösung horizontal/vertikal „4:2:0“ -> Farbinfo nur mehr für jedes 2. Pixel und jede 2. Zeile -> 50% Reduktion
- ◆ andere
 - ✦ Block Tuncation Coding (BTC)
 - Regionen von NxN Pixel durch Mittelwert + Abweichung der einzelnen Pixel vom Mittelwert dargestellt (1 Bit Diskretisierung)
 - ✦ Color Cell Compression
 - wie BTC, jedoch zusätzliche Farb-Info für 0/1 Bit-Darstellung

Images

- Bsp: Reduktion der Farbauflösung (Color-Subsampling)
Bild in YUV-Kanäle zerteilt, U/V subgesampelt, wieder zusammengefügt ->
Blockbildung der Farbinformation



Images

■ Reduktion durch Quantisierung

- ◆ Auge hat unterschiedliche Empfindlichkeiten für Ortsfrequenz (Bildetails) -> Vorgehensweise bei Bildern, wie bei verlustbehafteten Audiocodecs -> Reduktion der Frequenzanteile
- ◆ verlustbehaftete Bildkompression
 - ✦ Dekorrelation: Transformation in eine Darstellung, wo weniger Abhängigkeiten der Elemente untereinander entstehend
 - ✦ Anschliessende Reduktion der Daten durch Quantisierung
 - ✦ nachher eventuell noch Entropiecodierung
- ◆ Methoden
 - ✦ Diskrete Cosinus Transformation (DCT)
 - Darstellung des Bildinhaltes/-ausschnittes durch Überlagerung 2-dimensionaler Cosinus-Schwingungen
 - Problem: Kanten im Bild -> Spektrum unendlich
 - ✦ Wavelet-Transformation
 - anstelle Sinus/Cosinus-Schwingungen, andere Basisfunktionen

Images

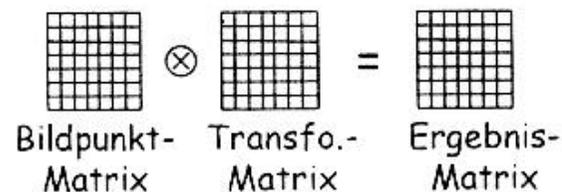
■ DCT (Diskrete Cosinus Transformation) - 1

- ◆ von FFT abgeleitet, jedoch ohne Imaginärteil
- ◆ Transformiert 2D-Abbildung in Frequenzbereich
- ◆ Berechnung
 - ◆ Bild in quadratische Blöcke NxN Pixel aufgeteilt
 - ◆ Pixelwerte $f(u,v)$ mit $0 \leq u, v < N$

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

$$C(u) \text{ bzw. } C(v) = \frac{1}{\sqrt{2}} \text{ für } u, v = 0 \text{ sonst } 1$$

- ◆ damit reduziert sich DCT auf blockweise Matrixmultiplikation

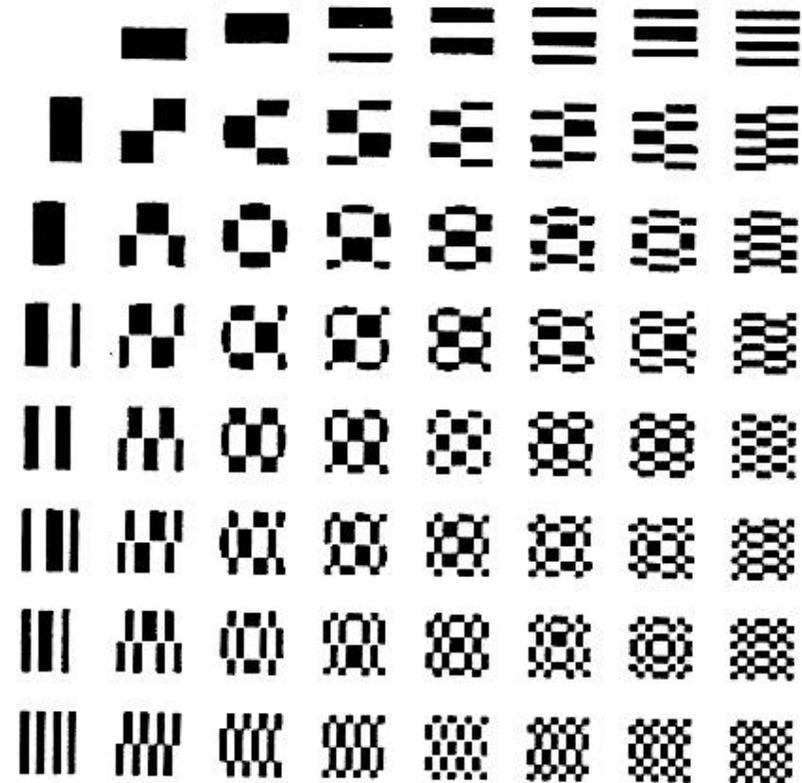


Images

■ DCT - 2

- ◆ DCT liefert Matrix der Frequenzanteile des Bildblockes

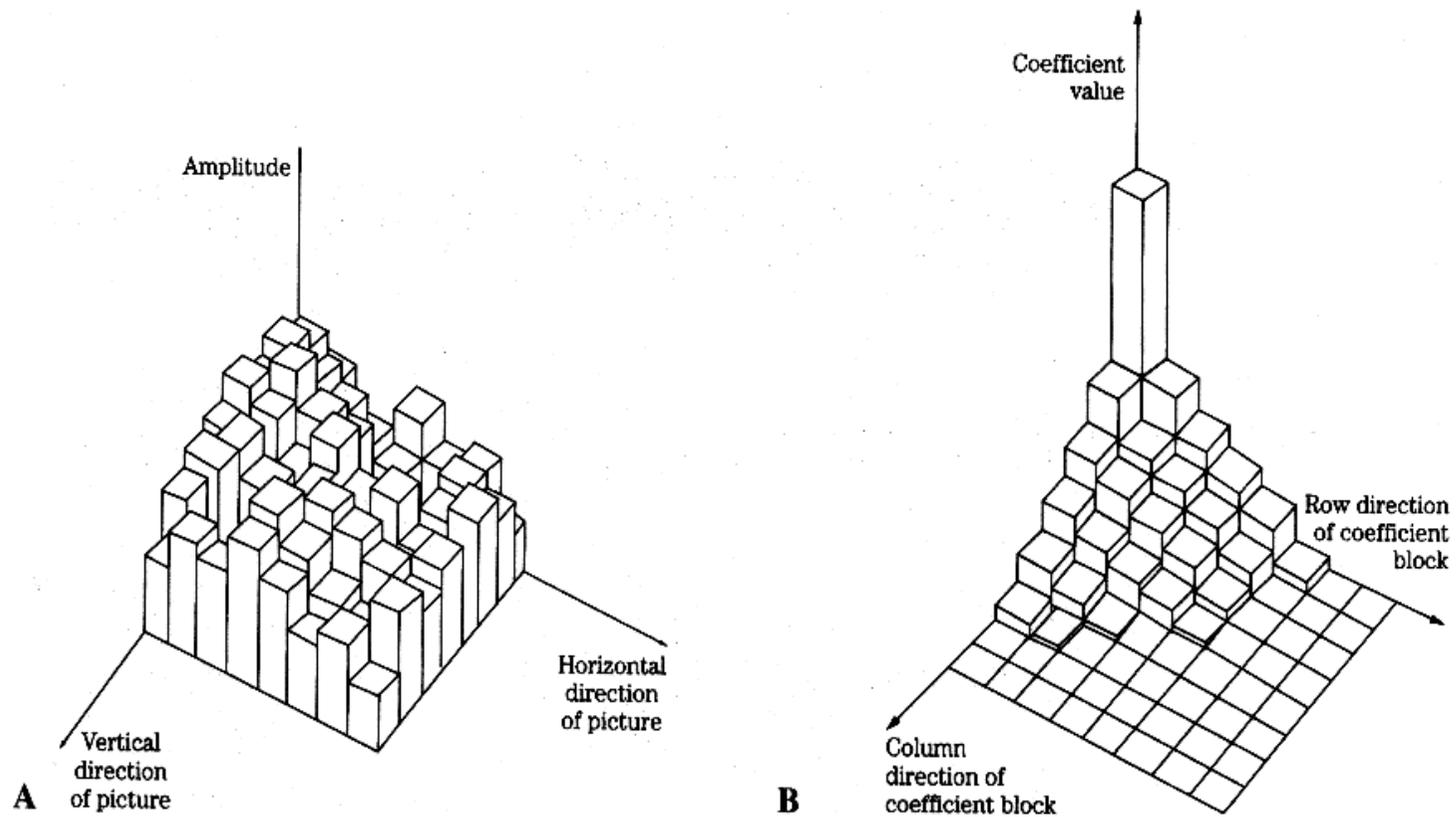
- ◆ links oben: Gleichanteil (DC-Koeffizient), „Grundhelligkeit“
- ◆ rechts unten: höchstfrequente Anteile, Details des Blockes



Images

■ DCT - 3

- ◆ Transformation vom Bild (Pixel) in Spektrum

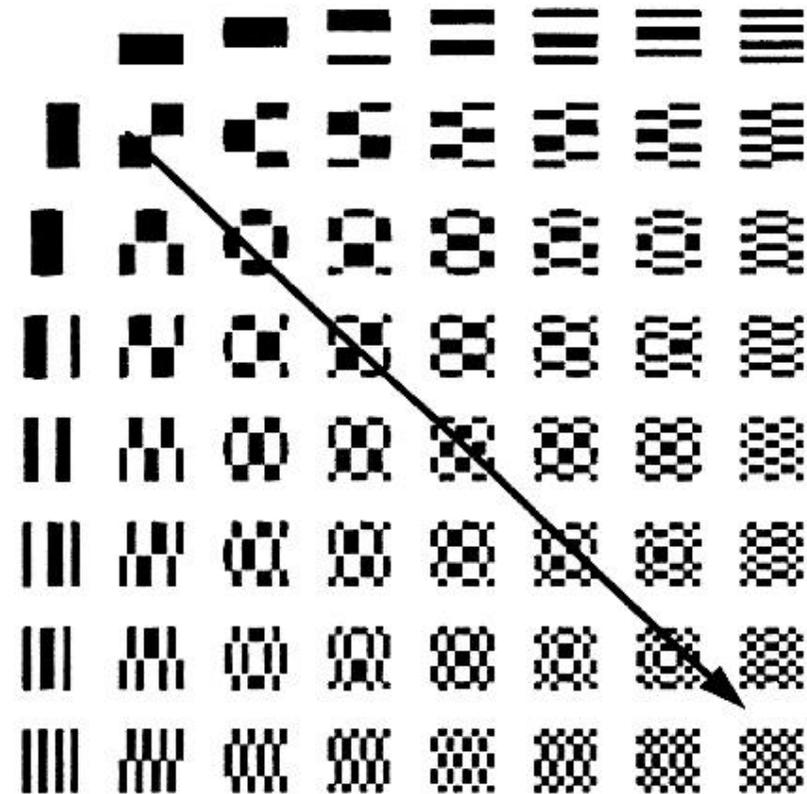


Images

■ DCT - 4

◆ Ansatz zur Datenreduktion

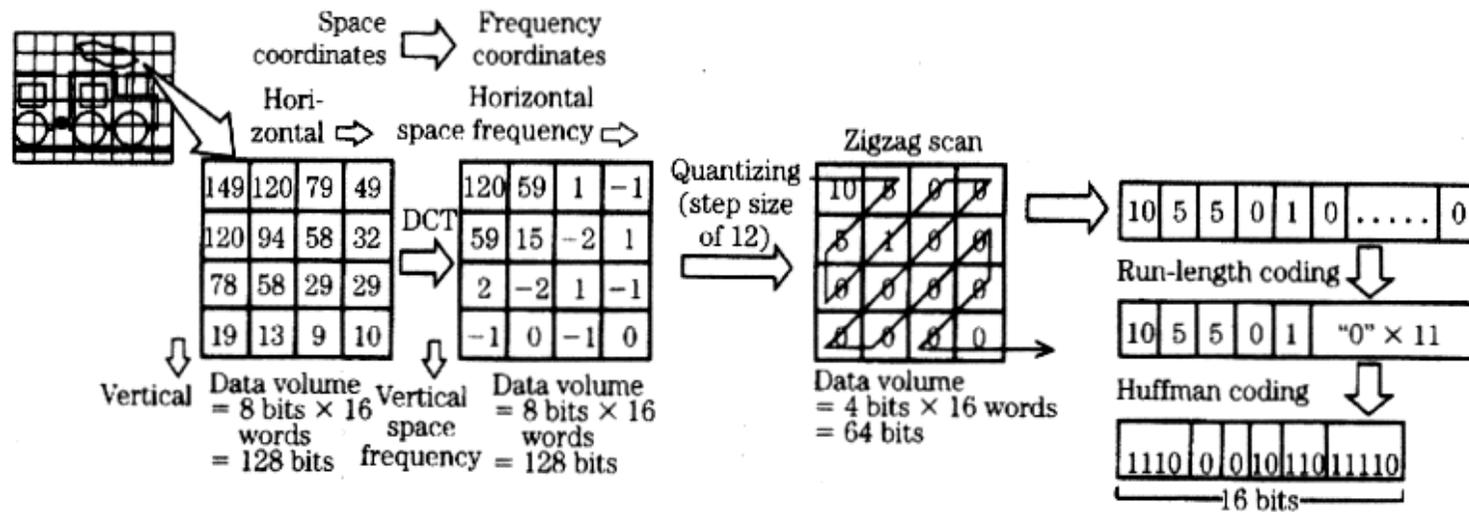
- ◆ abnehmende Wahrscheinlichkeiten von l.o. nach r.u.
- ◆ abnehmende Relevanz (Details)



Images

■ DCT - 6

◆ Beispiel Bildkompression



Images

■ JPEG - Bildformat

- ◆ JPEG (Joint Photographics Expert Group), 1992 ISO-Norm
- ◆ Bildformat zur Speicherung von 24 Bit Truecolor-Bildern
- ◆ Einsatz von Color Subsampling, DCT und Entropiecodierung
- ◆ verlustbehaftete Kompressionsfaktoren von 20:1 und mehr erreichbar

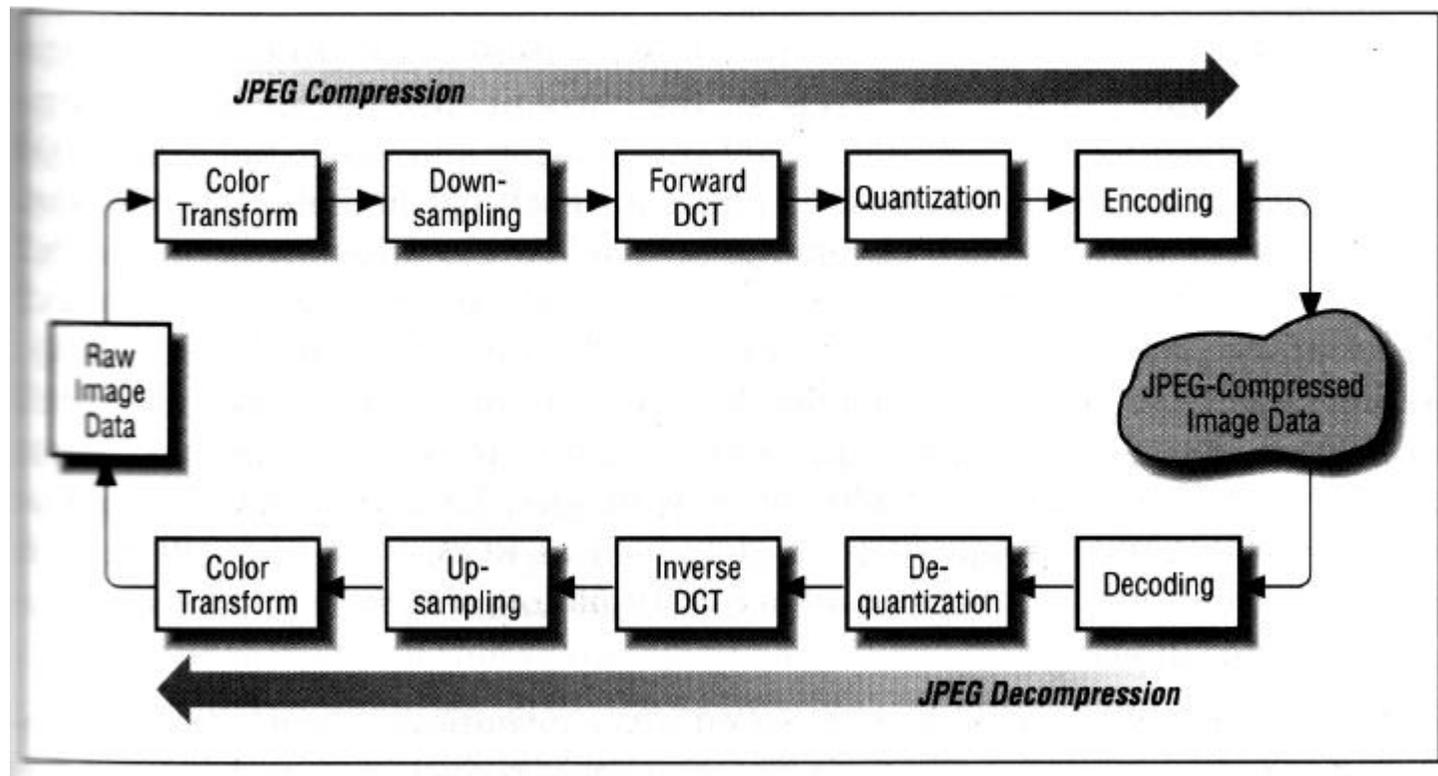
- ◆ Baseline System
 - ✦ sequentielle Codierung des Bildinhaltes
- ◆ Extended System (optional)
 - ✦ progressive Codierung des Bildinhaltes
 - ✦ arithmetic encoding (10-15% kürzere Codes wie Huffman)
 - ✦ lossless compression

Images

■ JPEG - Bildformat - 2

◆ Baseline System

- ✦ Encoder/Decoder hat 5 Verarbeitungsschritte



Images

■ JPEG - Bildformat - 3

◆ Baseline System

1. Color Transform

- Bild wird in Farbkomponenten unterteilt
- Farbbilder meist in YCrCb-Format konvertiert

2. Downsampling

- Subsampling der Farbinformationen im 4:2:2 oder 4:2:0 Format
- Helligkeitsinformationen bleiben 1:1 erhalten

3. DCT

- auf jede Komponenten wird DCT in 8x8 Pixel-Blöcken angewendet

4. Quantisierung

- jede DCT-Koeffizientenmatrix wird durch Quantisierungsfaktoren aus vordefinierten Tabellen dividiert und in Integers umgewandelt
- Quantisierung erfolgt für Luminanz/Chrominanz getrennt
- Chrominanz stärker quantisiert (Farbsehen), ebenso Koeffizienten höherer Ordnung (Auflösung)
- Tabellen in Codecs von ISO/JPEG, durch Q-Faktor (User) verändert

Images

■ JPEG - Bildformat - 4

◆ Baseline System

5. Encoding

- Zick-Zack-Scan der quantisierten Koeffizientenmatrix
- Huffman-Codierung zur Entropiereduktion

◆ Decoder

- ✦ durchläuft Schritte umgekehrt
- ✦ gleicher Aufwand wie bei Encoder

◆ wichtig für JPEG

- ✦ richtige Wahl des Q-Faktors für Quantisierung, sonst starke Artefaktbildung

Images

■ JPEG - Bildformat - 5

Original Bild: 156kB

JPEG-Bildqualität Q=75,50,10,1



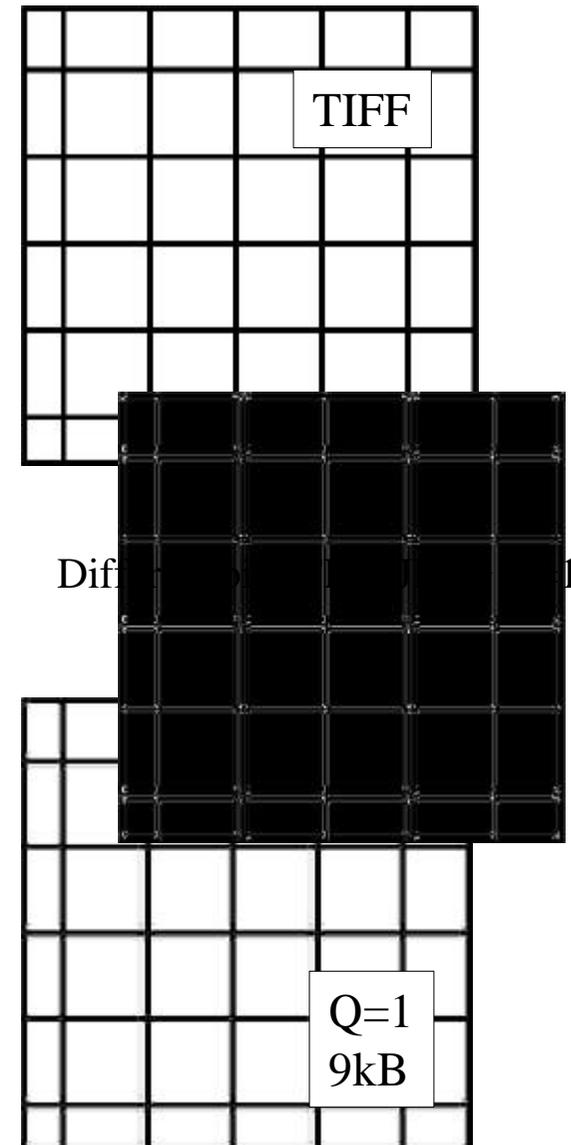
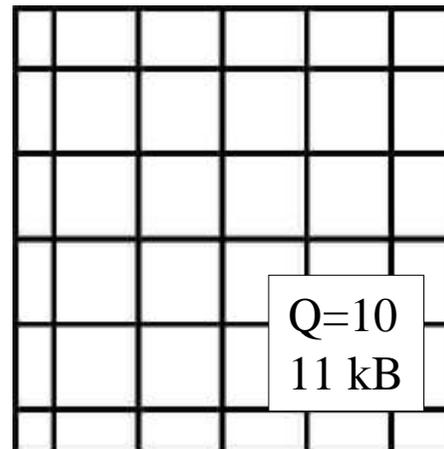
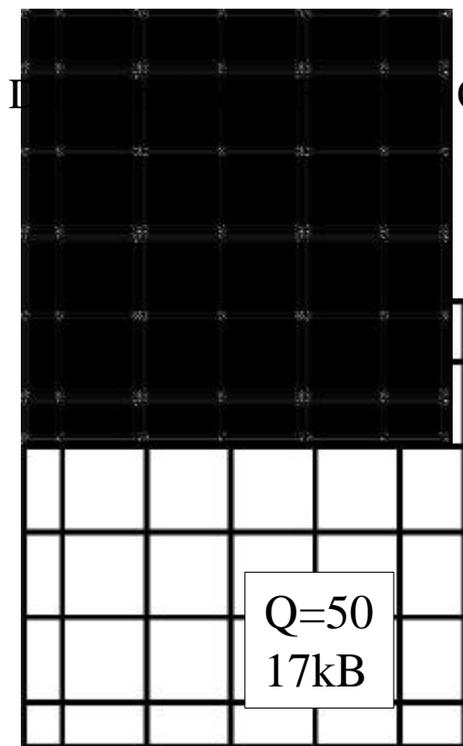
Images

■ JPEG - Bildformat - 6

durch DCT schlecht für Bilder mit Kanten

Originalbild: TIFF (477kB)

JPEG-Bildqualität Q=50,10,1



Images

■ JPEG - Bildformat - 7

◆ Extended System

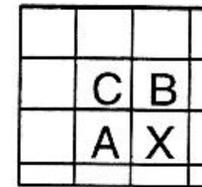
- ✦ Progressive Codierung
- ✦ Bild wird in mehreren Durchgängen codiert
- ✦ 2 Arten
 - Spectral Selection
 - zuerst nur niederfrequente Koeffizienten für grobes Bild
 - dann höher Auflösende Differenzbilder
 - Successive Approximation
 - zuerst werden nur höchstwertigen Bits der Koeffizienten codiert
 - in weiteren Schritten die niedrigwertigen Bits
- ✦ Vorteil: Bild kann schon während Übertragung angezeigt werden (zuerst grob, dann immer feiner)
- ✦ Nachteil: jedesmal kompletter JPEG-Decoderdurchlauf notwendig (CPU)

Images

■ JPEG - Bildformat - 8

◆ Extended System

- ✦ verlustfreie Codierung
- ✦ keine DCT, keine Blockbildung, Pixelauflösung 2-12Bit
- ✦ verwendet 2D-DPCM Verfahren
- ✦ setzt Pixel X über Prädiktor mit Nachbarpixel (A,B,C) in Verbindung (2x2Pixelgruppen)
 - 8 Prädiktorfunktionen definiert (3 Bit)
 - Prädiktionsfehler des Pixel + Code für Prädiktorfunktion wird übertragen



Code	Prädiktoren
0	keine Präd.
1	$X=A$
2	$X=B$
3	$X=C$
4	$X=A+B+C$
5	$X=A+(B-C)/2$
6	$X=B+(A-C)/2$
7	$X=(A+B)/2$

Images

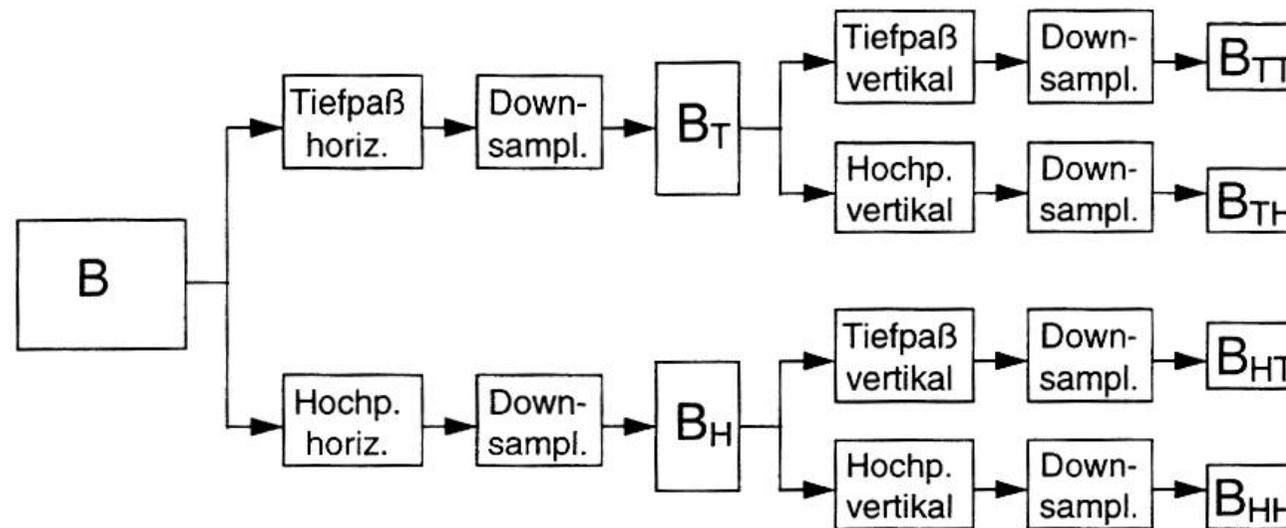
■ Wavelet - Transformation (informell) - 1

- ◆ aus Mathematik, Ende der 80er
- ◆ Problem von FFT/DCT
 - ✦ Kanten in Bildern (sehr hohe Frequenzanteile im Spektrum)
- ◆ Idee der Wavelets
 - ✦ andere Basisfunktion anstelle Sinusschwingung zu verwenden
 - ✦ Ziel: beliebige Frequenzen mit wenig Koeffizienten darzustellen
 - ✦ wie FFT/DCT: Transformation zur Dekorrelation, dann Quantisierung und Entropiecodierung
 - ✦ Transformation aber nicht blockweise sondern für ganzes Bild
 - ✦ Implementierung: Filter zerteilt Bild in horizontale/vertikale Teilbilder die jeweils auf 1/4 der Auflösung reduziert werden
 - ✦ Filter ist Digitalfilter das „Basisfunktion enthält“
- ◆ Problem: fehlende Standardisierung, Wahl der Basisfunktion

Images

■ Wavelet - Transformation - 2

◆ Implementierung der Filterung



B_{TT} : geglättete Verkleinerung des Originalbildes (1/4 Auflösung)

$B_{TH/HT}$: Details in der Horizontalen/Vertikalen

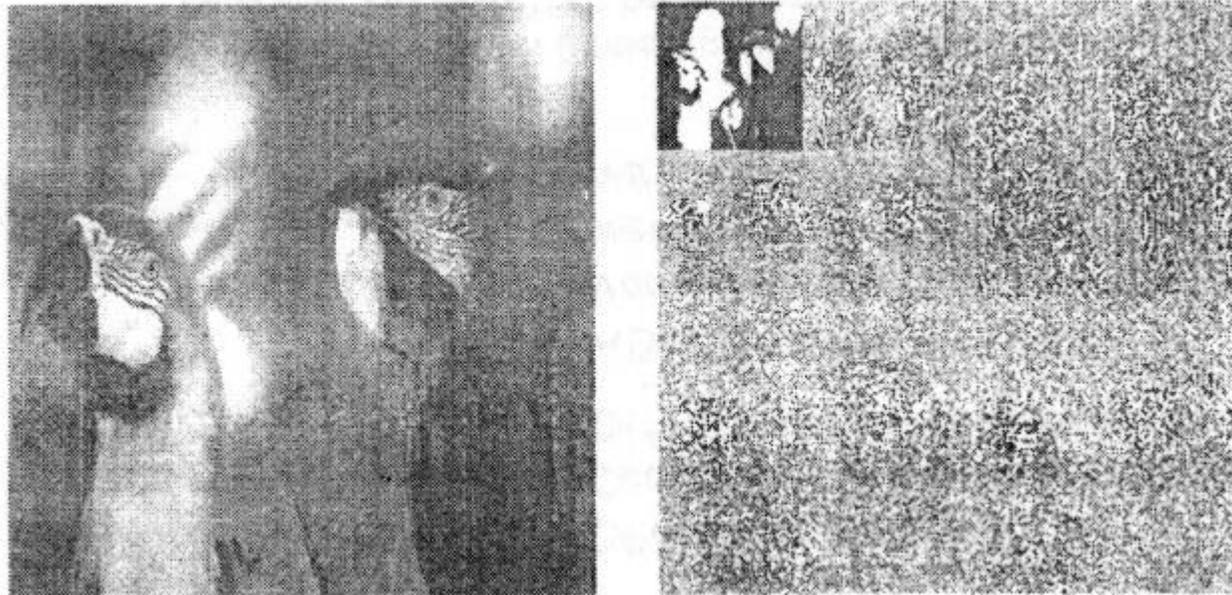
B_{HH} : diagonale Bildstruktur

Downsampling: Entfernen jeder 2. Zeile/Spalte (verlustfrei durch Digitalfilter)

Images

■ Wavelet - Transformation - 3

- ◆ Beispiel: Bild nach 2 Transformationsschritten



◆ Decoder:

- ✦ Einfügen von Nullzeilen/Spalten in Teilbilder
- ✦ Rücktransformation durch Rücktransformationsfilter

Images

■ Wavelet - Transformation - 4

Beispiel: Wavelet Darstellung (Corel Photo Paint)

JPEG (Q=50, 15 kB)

Wavelet (3 kB)

