

JPEG2000 (Fortsetzung) und JPEG-LS

Dr. Detlev Marpe
Fraunhofer Institut
für Nachrichtentechnik HHI




Fachhochschule für Technik
und Wirtschaft Berlin
University of Applied Sciences



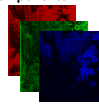
Fraunhofer
Institut
Nachrichtentechnik
Heinrich-Hertz-Institut

JPEG2000 – Codierschema (Wdhg.)


Zerlegung des
Bildes in
Tiles




Zerlegung der Tiles
in Komponenten

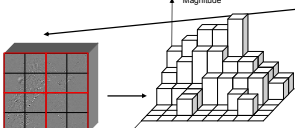


Transformation,
Zerlegung
in Auflösungsstufen



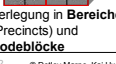
Zerlegung in
Teilbänder



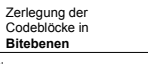


Magnitude

Zerlegung in Bereiche
(Precincts) und
Codeblöcke



Zerlegung der
Codeblöcke in
Bitebenen

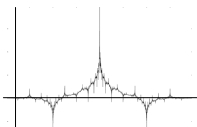


Codierung der Bitebenen
in drei Durchgängen

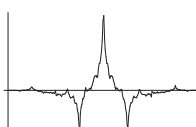
1	1	1	1	1	1	0
1	1	1	1	1	1	0
0	0	0	1	1	1	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

2 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

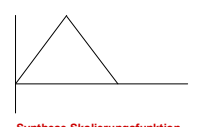
5/3-Wavelet und Skalierungsfunktion (Nachtrag)



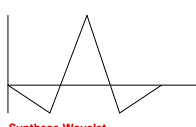
Analyse Skalierungsfunktion



Analyse Wavelet



Synthese Skalierungsfunktion
(B-Spline der Ordnung 1)

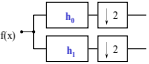


Synthese Wavelet

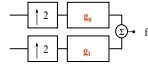
3 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

5/3-Filterbank in JPEG2000 (Nachtrag)

$f(x)$

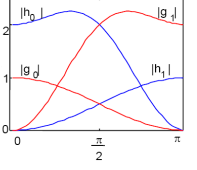


c_1



$f(x)$

Frequenzverlauf



$\frac{1}{4}[-1, 2, 6, 2, -1]$
Analyse Tiefpass h_0

$\frac{1}{4}[1, 2, 1]$
Synthese Tiefpass g_0


$\frac{1}{4}[-1, 2, -1]$
Analyse Hochpass h_1

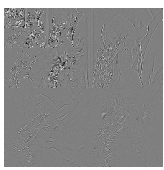
$\frac{1}{4}[-1, -2, 6, -2, -1]$
Synthese Hochpass g_1

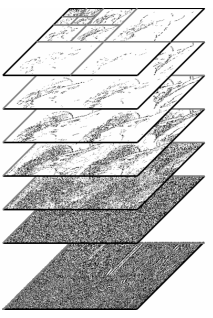
- 5/3-Filterbank wird von jedem JPEG2000-konformen Decoder unterstützt
- Verwendung im reversiblen (verlustlosen) Modus von JPEG2000, da Abbildung von Integer (Pixelwerte) auf Integer (Waveletkoeffizienten)
- Kann ohne Multiplikationen realisiert werden ("Lifting")

4 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

Zerlegung des Waveletspektrums in Bitplanes

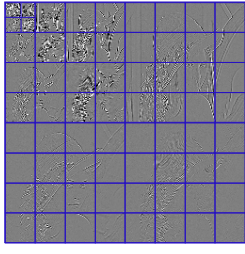
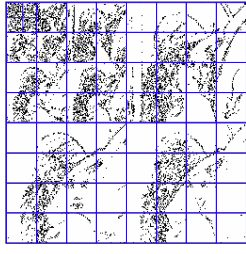






5 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

Zerlegung des Spektrums in Codeblöcke

6 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

Warum Block-basierte Codierung?

- Keine Blockartefakte durch Blockbildung im Waveletbereich
- Ausnutzung lokaler statistischer Variationen
 - ⇒ hohe Kompressionseffizienz bei der arithmetischen Codierung
- Random Access möglich
- verringertes Speicherbedarf
- Parallelisierung möglich

7 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

JPEG2000 Core: Embedded Block Coding with Optimized Truncation (EBCOT)

Tier 1 (T1):

- Jedes Teilband wird in Codeblöcke zerlegt
- Codeblöcke werden unabhängig voneinander codiert

Tier 2 (T2):

- Nachträglicher Prozess entscheidet, wo die codierten Daten der einzelnen Blöcke abgeschnitten werden und in welcher Reihenfolge die Daten in Layer sortiert und in den Bitstrom übernommen werden

8 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

T1 (EBCOT) I

- Jedes Teilband wird in **Codeblöcke** zerlegt, max. Größe: $2^x \cdot 2^y = 2^{12}$; $x, y = 2, \dots, 10$
- Für jeden Codeblock wird ein feinskalierbarer Bitstrom erzeugt, der an mehreren Stellen optimal abgeschnitten werden kann.
- insignifikante Bitebenen (enthalten nur Nullen) werden übersprungen
- jede Bitebene: **3 Durchläufe**
- Codeblock wird zerlegt in **horizontale Streifen** (4 Samples hoch)
- adaptive **kontextbasierte Codierung** der binären Symbole (MQ-Koder)

9 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

T1 (EBCOT) II : 3 Durchläufe (Pass 1-3)

- 1. Significance Propagation Pass ⇒ mindestens ein Nachbar ist schon signifikant (aus voriger Bitebene)
- 2. Magnitude Refinement Pass ⇒ Koeffizient ist schon signifikant
- 3. Cleanup Pass ⇒ alle bis jetzt uncodierten Bits der aktuellen Bitebene

10 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

Precincts, Codeblock-Bitstreams, Packets, Layer

11 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

2-stufige Codierungsstrategie T1, T2

T1 Eingebettete Block Codierung

- vertikale, unabhängige Codierung der einzelnen Codeblöcke
- liefert einen eingebetteten Bitstrom mit adressierbaren Codesegmenten
- Codesegmente
 - potentielle Abschnidepunkte
 - enthalten Info über R/D - Verhalten

T2 Layer und Packet Bildung

- horizontale Umorganisation entsprechend der Layerbildung
- Packets bilden die kleinste Einheit im endgültigen Bitstrom
- Packets geben die Möglichkeit, offline den Bitstrom neu zu arrangieren oder bestimmte Teilmengen zu extrahieren

JPEG2000 ermöglicht eine **Umorganisation des Bitstroms** entsprechend der hervorzuhebenden Merkmale (z.B. Wechsel von Auflösungs- zu SNR-Skalierbarkeit)

12 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

Demo der JPEG2000 Funktionalitäten

- Auflösungs-skalierbarkeit mit 5 Stufen
 - Extrahiert aus der höchsten Qualitätsstufe mit 2.0 bpp
- SNR-Skalierbarkeit mit 6 Zielraten
 - 6 Quality Layer, entsprechend den Zielbitraten 0.0625, 0.125, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0 bpp
- ROI mit kreisförmigem Gebiet und 6 Zielraten

- Originalbild „Hotel“ (720 x 576 Pixel, 8 bpp)
- JPEG2000 mit Standardeinstellungen:
 - Keine Verwendung von Tiles und Precincts
 - 9/7 Filter
 - 5 örtliche Zerlegungslevel
 - 64x64 Codeblockgröße

13 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

Auflösungs-Skalierbar: Stufe 1 von 5



14 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

Auflösungs-Skalierbar: Stufe 2 von 5



15 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

Auflösungs-Skalierbar: Stufe 3 von 5



16 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

Auflösungs-Skalierbar: Stufe 4 von 5



17 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

Auflösungs-Skalierbar: Stufe 5 von 5



18

Demo der JPEG2000 Funktionalitäten

- Auflösungsskalierbarkeit mit 5 Stufen
 - Extrahiert aus der höchsten Qualitätsstufe mit 2,0 bpp
- SNR-Skalierbarkeit mit 6 Zielraten
 - 6 Quality Layer, entsprechend den Zielbitraten 0.0625, 0.125, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0 bpp
- ROI mit kreisförmigem Gebiet und 6 Zielraten

- Originalbild „Hotel“ (720 x 576 Pixel, 8 bpp)
- JPEG2000 mit Standardeinstellungen:
 - Keine Verwendung von Tiles und Precincts
 - 9/7 Filter
 - 5 örtliche Zerlegungslevel
 - 64x64 Codeblockgröße

19 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

SNR-Skalierbar mit 6 Zielraten, Rate: 0,0625 bpp



20 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

SNR-Skalierbar mit 6 Zielraten, Rate: 0,125 bpp



21 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

SNR-Skalierbar mit 6 Zielraten, Rate: 0,25 bpp



22 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

SNR-Skalierbar mit 6 Zielraten, Rate: 0,5 bpp



23 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

SNR-Skalierbar mit 6 Zielraten, Rate: 1,0 bpp



24 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

SNR-Skalierbar mit 6 Zielraten, Rate: 2,0 bpp



25 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

Demo der JPEG2000 Funktionalitäten

- Auflösungskalierbarkeit mit 5 Stufen
 - Extrahiert aus der höchsten Qualitätsstufe mit 2.0 bpp
- SNR-Skalierbarkeit mit 6 Zielraten
 - 6 Quality Layer, entsprechend den Zielbitraten 0.0625, 0.125, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0 bpp
- ROI mit kreisförmigem Gebiet und 6 Zielraten
- Originalbild „Hotel“ (720 x 576 Pixel, 8 bpp)
- JPEG2000 mit Standardeinstellungen:
 - Keine Verwendung von Tiles und Precincts
 - 9/7 Filter
 - 5 örtliche Zerlegungslevel
 - 64x64 Codeblockgröße

26 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

ROI, Gebiet: Kreis, Shift: 4, 0,0625 bpp



27 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

ROI, Gebiet: Kreis, Shift: 4, 0,125 bpp



28 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

ROI, Gebiet: Kreis, Shift: 4, 0,25 bpp

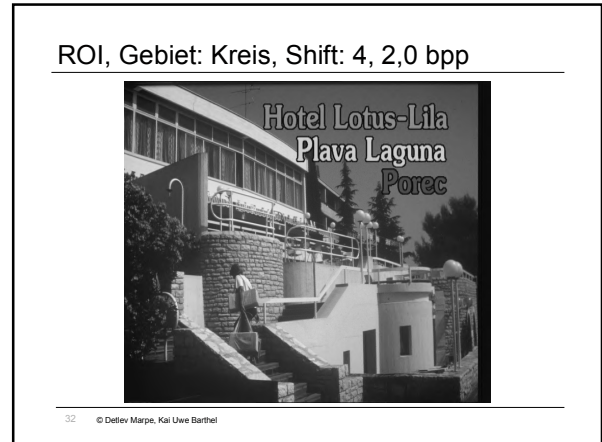


29 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

ROI, Gebiet: Kreis, Shift: 4, 0,5 bpp



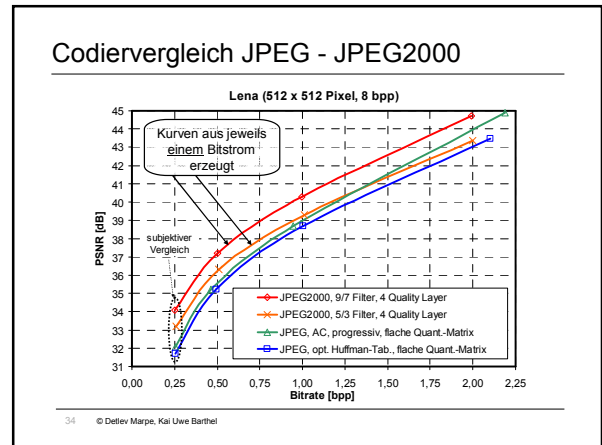
30 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel



Interaktive JPEG2000 Demo

- ❑ Originalbild „Lena“ (512 x 512 Pixel, 8 bpp)
- ❑ JPEG2000 mit Standardeinstellungen:
 - Keine Verwendung von Tiles und Precincts
 - 9/7 Filter
 - 5 örtliche Zerlegungslevel
 - 64x64 Codeblockgröße
- ❑ SNR-Skalierbarkeit mit 6 Zielraten
 - 6 Quality Layer, entsprechend den Zielbitraten 0.0625, 0.125, 0.25, 0.5, 1.0, 2.0 bpp

33 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel



Subjektiver Vergleich JPEG - JPEG2000

Originalbild 512x512 Pixel 8 bpp	JPEG - 0,25 bpp opt. Huffman, flache Quant.-matrix	JPEG2000 - 0,25 bpp 5/3 Filter, 4 Quality Layer (2,0 1,0 0,5 0,25 bpp)	JPEG2000 - 0,25 bpp 9/7 Filter, 4 Quality Layer (2,0 1,0 0,5 0,25 bpp)
---	---	--	--

35 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

- ### JPEG 2000: Bestandteile des Standards
- ❑ Part-1: JPEG2000 Image Coding System: Core Coding System (**Minimale Decoder-Anforderung**)
 - ❑ Part-2: JPEG2000 Image Coding System: Extensions (*mehr Funktionalitäten und Features*)
 - ❑ Part-3: Motion JPEG2000
 - ❑ Part-4: Conformance Testing
 - ❑ Part-5: Reference Software (Java und C)
 - ❑ Part-6: Compound Image File Format (*Gemischter Inhalt*)
 - ❑ Part-7: (*eingestellt*)
 - ❑ Part-8: JPSEC (*Sicherheits- und IPR-Aspekte*)
 - ❑ Part-9: JPIP (*Interaktive Protokolle und API*)
 - ❑ Part-10: JP3D (*3D Volumendaten*)
 - ❑ Part-11: JPWL (*Wireless Transport*)
 - ❑ Part-12: ISO Base Media File Format (*zusammen mit MPEG*)
- 36 © Detlev Marpe, Kai Uwe Barthel

JPEG2000: File Format

- Basic File Format (Part 1): **.jp2**
- Extended File Format (Part 2): **.jpx**
- Motion JPEG File Format (Part 3): **.mj2**
- Document Imaging File Format (Part 6): **.jpm**
- ISO Base File Format: gemeinsamer Wrapper für alle JPEG2000 und MPEG4 File Formate (aufbauend auf Apple Quicktime)

Für alle File Formate gilt:

- Möglichkeit zum Einschluss von
 - Metadaten (zu Bilderzeugung, Farbraum, etc.)
 - XML-Daten

JPEG2000: Zusammenfassung

- Fortgeschrittenes Codierungssystem für digitale Bilder
- Deutlich **komplexer als JPEG**
- Deutlich **mehr Funktionalitäten als JPEG**
- Für geringe Bitraten bessere Codiereffizienz als JPEG

Weitere Informationen:

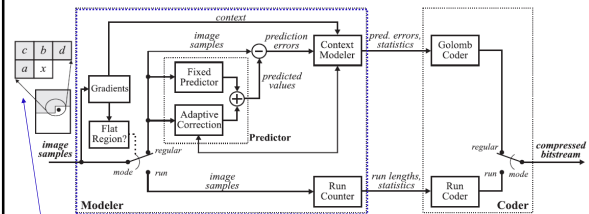
- D. S. Taubman and M. W. Marcellin: **JPEG2000 - Image Compression Fundamentals, Standards, and Practice**, Kluwer Academic Publisher, 2002.
- ISO/IEC International Standard 15144-1 bzw. ITU-T Recommendation T.800 (Aug. 2002), Part 1
 - <http://www.itu.int/rec/T-REC-T.800/en/>
- Offizielle JPEG/JBIG web site (enthält weitere Links):
 - <http://www.jpeg.org/>

JPEG-LS: Überblick

- **JPEG-LS:** Lossless and near-lossless compression of continuous-tone still images (ITU-T Rec. T87/T870 & ISO/IEC 14495-1/2)
- Part 1: **Baseline** (Minimale Anforderung an jeden Decoder): Niedrige Komplexität bei guter Effizienz
- Part 2: **Extensions** (optional): Hohe Effizienz bei moderater Komplexität (Arithmetische Codierung)



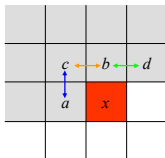
JPEG-LS: Baseline Encoder



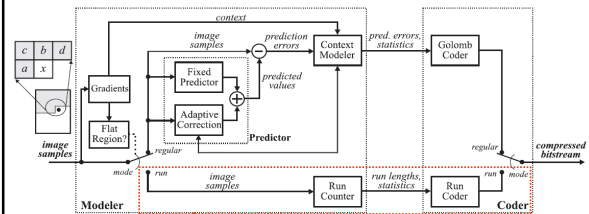
Kontextmodellierung:
Ausnutzung der Abhängigkeiten von bereits codierten Nachbar-Bildpunkten *a, b, c, d*

JPEG-LS: Kontextmodellierung

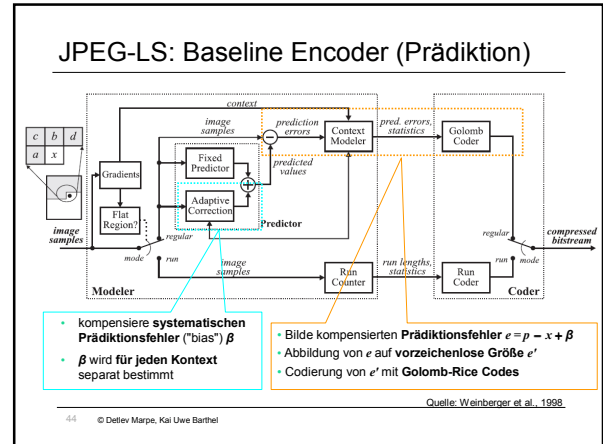
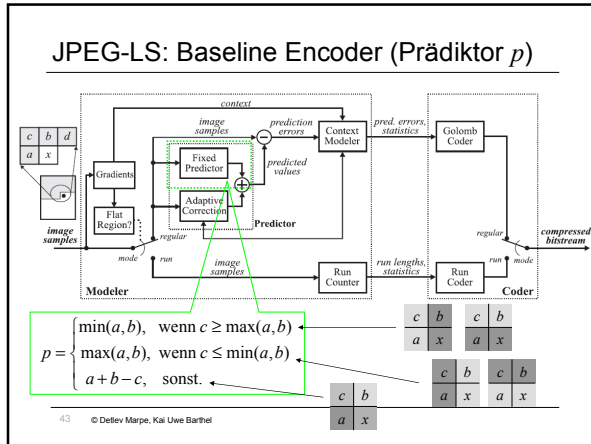
- Bestimme "lokale Gradienten": $g1 = d-b, g2 = b-c, g3 = c-a$
- Quantisiere $g1, g2, g3$ mit den Schwellwerten $\pm 1, \pm T1, \pm T2, \pm T3$ Standard-Schwellwerte für 8-bit: $(T1, T2, T3) = (3, 7, 21)$
- Ergibt $9^3 = 729$ verschiedene Kombinationen von quantisierten Gradienten $q1, q2, q3$
- Fasse Kombinationen mit entgegengesetztem Vorzeichen zusammen:
- Ergibt $365 = 728 / 2 + 1$ Kontexte



JPEG-LS: Baseline Encoder (run mode)



Wenn $g1=g2=g3=0$ (alle Pixelwerte der Nachbarn identisch), schalte in **Laufängen-Modus (Run Mode)**



JPEG-LS: Golomb-Rice Codes

- Familie von strukturierten Codes (Ordnungsparameter $k \geq 0$)
- Golomb-Rice Code k -ter Ordnung für $n \geq 0$: $n = q \times 2^k + r$

$q + 1$ bits k LSBs von n (Binärdarstellung von r , uncodiert)

- Beispiel: $k = 2, n = 22 = 5 \times 2^2 + 2$

Schritt 1: Binärdarstellung von n : 10110
 Schritt 2: Schiebe um 2 Binärstellen nach rechts: $q = 101$
 Schritt 3: Schreibe q mal '0' und eine terminierende '1':
 000001
 Schritt 4: Schreibe die $k=2$ niederwertigen LSBs von n : 10
 Schritt 5: Setze Präfix und Suffix zusammen: 00000110

45 © Delfev Marpe, Kai Uwe Barthel

JPEG-LS: Leistungsvergleich

Verlustlose Bitraten in [bpp]

Images		LS part-2	LS part-1	JPEG2000	
		Arithmetic	(diff %)	(diff %)	(diff %)
natural images	bike.raw	4.25	4.36	2.50	4.53 6.21
	cafe.raw	4.99	5.09	1.96	5.35 6.75
	woman.raw	4.37	4.45	1.91	4.51 3.22
artificial images	hotel.raw	4.29	4.38	2.15	4.59 6.48
	cmpnd1.raw	1.17	1.24	5.64	2.12 44.81
faxballs.I	target.raw	1.72	2.19	21.55	2.13 19.42
	pc.I	1.57	1.64	4.10	3.57 56.08
	faxballs.I	0.54	0.81	33.50	0.91 40.65

Anstieg in Bitrate (%) relative zu JPEG-LS, Part-2

Quelle: Ueno, 2000

46 © Delfev Marpe, Kai Uwe Barthel

Vergleich der Funktionalitäten

Eigenschaften	Coder	JPEG	JPEG-LS	JPEG2000
verlustlose Codierung		(+)	+++	+++
verlustbehaftete Codierung		++	+	+++
Region of Interest		/	/	++
Schutz vor Übertragungsfehlern		+	/	++
Skalierbarkeit		(+)	/	++
embedded Bitstream		/	/	++
Grad der Komplexität		+	++	--
Wahrfreier Zugriff im Bild		+	-	++

47 © Delfev Marpe, Kai Uwe Barthel