

Tilo Strutz

Bilddaten- kompression

**Grundlagen, Codierung,
JPEG, MPEG, Wavelets**

2., aktualisierte und erweiterte Auflage

Mit 134 Abbildungen und 55 Tabellen



Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
2	Grundlagen der Datenkompression	4
2.1	Informationsgehalt und Entropie	4
2.2	Redundanz und Irrelevanz	8
2.2.1	Codierungsredundanz	8
2.2.2	Intersymbolredundanz	9
2.2.3	Irrelevanz	9
2.3	Kriterien zur Kompressionsbewertung	10
2.3.1	Kompressionsrate	10
2.3.2	Signalqualität	10
2.3.3	Rate-Distortion-Funktion	13
2.3.4	Merkmale eines Kompressionsalgorithmus	14
3	Datenreduktion	15
3.1	Modifikation der Abtastrate	15
3.1.1	Unterabtastung	15
3.1.2	Aufwärtstastung	16
3.2	Quantisierung	17
3.2.1	Skalare Quantisierung	17
3.2.2	Vektorquantisierung	22
4	Entropiecodierung	25
4.1	Codierungstheorie	25
4.2	Morse-Code	26
4.3	Shannon-Fano-Codierung	27
4.4	Huffman-Codierung	29
4.5	Golomb- und Rice-Codes	31
4.6	Universelle Präfixcodes	34
4.7	Decodierung von Präfixcodes	36
4.8	Arithmetische Codierung	39
4.8.1	Festkomma-Implementierung	41
4.8.2	Beschleunigte Implementierung	46
4.8.3	Binäre arithmetische Codierung	50
4.9	Codierungsadaptation	51
4.9.1	Adaptation von Präfixcodes	52
4.9.2	Adaptation der arithmetischen Codierung	54
4.10	Codierung von sehr großen Symbolalphabeten	55

5	Präcodierung	58
5.1	Statistische Abhängigkeiten und Verbundentropie	58
5.2	Laufängencodierung	62
5.2.1	Allgemeine Codierung mehrwertiger Signale	62
5.2.2	Signale mit Vorzugsamplitude	64
5.2.3	Verarbeitung binärer Signale	65
5.3	Bit-Markierung	66
5.4	Viererbaum-Codierung	67
5.5	Maximalwert-Codierung	70
5.6	Minimalwert-Bäume	71
5.7	Phrasen-Codierung	72
5.7.1	Der LZ77-Algorithmus	73
5.7.2	Der LZ78-Algorithmus	74
5.7.3	Der LZW-Algorithmus	75
5.8	Blocksortierung	77
6	Techniken zur Dekorrelation	80
6.1	Prädiktion von Signalwerten	80
6.1.1	Einfache lineare Prädiktion	81
6.1.2	Lineare Prädiktion höherer Ordnung	83
6.1.3	Prädiktion mit Quantisierung	83
6.1.4	2D-Prädiktion	84
6.1.5	Nichtlineare Prädiktion	84
6.2	Transformationen	86
6.2.1	Diskrete Transformationen	86
6.2.2	Orthogonale Transformation	87
6.2.3	Biorthogonale Transformation	88
6.2.4	Diskrete Fourier-Transformation (DFT)	89
6.2.5	Karhunen-Loeve-Transformation (KLT)	89
6.2.6	Diskrete Kosinus-Transformation (DCT)	90
6.2.7	Walsh-Hadamard-Transformation (WHT)	91
6.2.8	Diskrete Wavelet-Transformation (DWT)	92
6.2.9	Fraktale Transformation	98
6.3	Filterbänke	103
6.3.1	Zwei-Kanal-Filterbänke	104
6.3.2	Oktavfilterbänke	110
6.3.3	2D-Filterung	114
6.3.4	Beste Basen — Wavelet-Pakete	115
6.3.5	Implementierung von Filterbänken	118
6.3.6	Das Lifting-Schema	121
6.4	Transformationscoder	123

7	Wavelet-basierte Bildcodierung	126
7.1	Überblick	126
7.2	Encoder	127
7.2.1	Transformation	127
7.2.2	Quantisierung	128
7.2.3	Präcodierung	129
7.2.4	Entropiecodierung	130
7.3	Decoder	131
7.3.1	Decodierung des Bitstroms	132
7.3.2	Rekonstruktion der Transformationskoeffizienten	132
7.3.3	Rücktransformation	132
7.4	Kompressionsergebnisse	132
8	Wahrnehmung und Farbe	137
8.1	Visuelle Wahrnehmung	137
8.1.1	Netzhaut und Sehnerven	137
8.1.2	Die Lichtempfindung	139
8.2	Farbsysteme	141
8.2.1	Was ist Farbe?	141
8.2.2	CIE-Normfarbtafel	142
8.2.3	Der RGB-Farbraum	143
8.2.4	Der CYM-Farbraum	144
8.2.5	Der HLS-Farbraum	144
8.2.6	Die Yxx-Farbräume	145
8.2.7	Farbpaletten	147
9	Verfahren zur Bildsequenzcodierung	150
9.1	Struktur eines Video-Codexs	150
9.2	Bewegungsschätzung und -kompensation	152
9.2.1	Bewegungsarten und Schätzverfahren	152
9.2.2	Block-Matching	153
9.2.3	Warping	160
9.3	Codierung von Prädiktionsfehlerbildern	161
10	Der JPEG-Standard	162
10.1	Historie	162
10.2	DCT-basierte Kompression	163
10.2.1	Datentypen und Ablaufplan	163
10.2.2	Transformation (DCT)	163
10.2.3	Quantisierung	165

10.2.4	Codierung der DC-Koeffizienten . . . . .	.166
10.2.5	Codierung der AC-Koeffizienten . . . . .	.168
10.3	Die Arbeitsmethoden . . . . .	.170
10.3.1	Charakteristik der Codierungsprozesse . . . . .	.170
10.3.2	Sequentielle Verarbeitung . . . . .	.171
10.3.3	Progressive Verarbeitung . . . . .	.172
10.3.4	Sequentielle verlustlose Verarbeitung . . . . .	.173
10.3.5	Hierarchische Verarbeitung . . . . .	.174
10.4	JPEG-Syntax und Organisation der Daten . . . . .	.175
10.4.1	Die Datenstruktur . . . . .	.175
10.4.2	Markensegmente . . . . .	.176
10.5	Kompressionsergebnisse . . . . .	.181
11	Standards zur Bildsequenzcodierung	188
11.1	Allgemeines . . . . .	.188
11.2	MPEG-Systemschicht . . . . .	.190
11.3	MPEG-Video . . . . .	.191
11.3.1	Struktur von Video-Elementarströmen . . . . .	.191
11.3.2	Codierung von I-Bildern . . . . .	.194
11.3.3	Codierung von P- und B-Bildern . . . . .	.195
11.3.4	Bewegungskompensation . . . . .	.196
11.3.5	Bitratensteuerung . . . . .	.196
11.3.6	MPEG-1 . . . . .	.197
11.3.7	MPEG-2 . . . . .	.197
12	JPEG - neue Standards	202
12.1	JPEG 2000 - Wavelet-basierte Kompression . . . . .	.202
12.1.1	Das Kompressionsverfahren . . . . .	.202
12.1.2	Die Datenstruktur . . . . .	.210
12.1.3	Dateiformat-Syntax (JP2) . . . . .	.219
12.1.4	Kompressionsergebnisse im Vergleich . . . . .	.219
12.2	JPEG-LS - Verlustlose Codierung . . . . .	.221
12.2.1	Der Kompressionsalgorithmus . . . . .	.221
12.2.2	Encodierungsprozeduren . . . . .	.222
12.2.3	Das Datenformat . . . . .	.227
12.2.4	Kompressionsresultate der verlustlosen Codierung . . . . .	.231
A	Testbilder	234
B	Quelltexte	238
B.1	Arithmetische Codierung	238

B.1.1	Verteilungsmodell	238
B.1.2	Arithmetische Codierung - Variante 1.	238
B.1.3	Arithmetische Codierung - Variante 2.	240
B.1.4	Arithmetische Codierung mit Modellumschaltung.	243
B.1.5	Input/Output-Routinen.	244
B.2	Diskrete Wavelet-Transformation	245
B.2.1	Orthogonale Signalzerlegung	245
B.2.2	Biorthogonale Signalzerlegung.	246
B.3	Wavelet-basierte Bildcodierung	247
B.3.1	Encoder.	249
B.3.2	Decoder.	254
Formelzeichen und Abkürzungen		259
Literatur		262
Sachwortverzeichnis		272