

**Hans-Peter Bähr**  
(Hrsg.)

# **Digitale Bild- verarbeitung**

**Anwendung in  
Photogrammetrie  
und  
Fernerkundung**



**Herbert Wichmann  
Verlag  
Karlsruhe**

**Hans-Peter Bähr (Hrsg.)**

# **Digitale Bildverarbeitung**

**Anwendung in  
Photogrammetrie  
und Fernerkundung**



**Herbert Wichmann Verlag  
Karlsruhe**

Inhaltsverzeichnis

1. Grundlagen der digitalen Bildverarbeitung - H.P. Bähr	1
1.1 Einordnung der digitalen Bildverarbeitung	1
1.2 Struktur digitaler Bilddaten	4
1.3 Zur Theorie der digitalen Bildverarbeitung	8
1.31 Lineare Systeme	8
1.32 Faltung	10
1.33 Fouriertransformation	13
1.34 Rechenregeln für lineare Systeme im Frequenzbereich	16
1.4 Abtastung und Wiederherstellung einer Bildfunktion	19
1.41 Bandbegrenzung	19
1.42 Abtastung	19
1.43 Wiederherstellung des kontinuierlichen Eingangssignals	20
1.44 Fehler bei Verwendung nicht idealer Interpolationsfunktionen	24
1.5 Datenmenge bei digitaler Bildverarbeitung	25
1.6 Anwendungsbeispiele	28
1.61 Histogrammanipulationen	28
1.62 Digitale Filter	33
1.7 Literatur	37
2. Hardware und Softwareaspekte - J. Wiesel	39
2.1 Einleitung	39
2.2 Hardware zur Bilddateneingabe	39
2.21 Analog-Digitalwandlung	39
2.211 Videokameras	40
2.212 Präzisionsabtaster	41
2.22 Bilddisplaysysteme	42
2.23 Prozessoren	50
2.24 Digital-Analogwandlung	51
2.241 Videohardcopygeräte	52
2.242 Printer/Plotter	52
2.243 Präzisionsausgabegeräte	53
2.3 Bildverarbeitungssoftware	54

2.31	Allgemeine Betrachtungen	54
2.32	Das digitale Datenauswertesystem Karlsruhe (DIDAK)	55
2.4	Schluß	69
2.5	Literatur	70
3.	Herstellung digitaler Orthophotos - J. Wiesel	73
3.1	Einleitung	73
3.2	Verfahrensablauf bei digitaler Herstellung	73
3.21	Digitalisierung der Bilddaten	77
3.22	Orientierung	80
3.23	Geometrische Umbildung im Rechner	81
3.24	Ergebnisse	89
3.25	Probleme und Ausblick	91
3.3	Schluß	93
3.4	Literatur	94
4.	Kartenfortführung mit Hilfe digitaler Orthophotos und Methoden der digitalen Bildverarbeitung - J. Peterle	97
4.1	Einleitung	97
4.2	Aufgabenstellung der Kartenfortführung	98
4.21	Kartenfortführung mit analogem Orthophoto	98
4.22	Kartenfortführung mit digitalisierten Folien	99
4.3	Methoden der digitalen Bildverarbeitung	100
4.31	Bildverbesserung	101
4.311	Medianfilter	102
4.312	Mittelwertfilter	102
4.313	Kontrastverstärkung	102
4.32	Objektextraktion	103
4.321	Kantenextraktion	103
4.322	Linienverfolgung	105
4.323	Lokalisierung kleiner Objekte	105
4.324	Formenanalyse	107
4.33	Objektmanipulation	110
4.331	Skelettierung	111

4.332	Erzeugung von Doppellinien	111
4.333	Linienglättung	111
4.334	Interaktive Operationen	112
4.4	Digitale Kartenfortführung	112
4.41	Ablauf des Verfahrens	113
4.42	Probleme bei der Realisierung	114
4.421	Geometrische Übereinstimmung	114
4.422	Objektextraktion	114
4.423	Generalisierung	114
4.43	Beispiele	114
4.5	Literatur	120
5.	Vom digitalen Orthophoto zur digitalen Orthophotokarte	123
	- G. Schweinfurth	
5.1	Einleitung	123
5.2	Aufbau einer Orthophotokarte	124
5.3	Herstellung digitaler Orthophotokarten	125
5.31	Vorbemerkungen	125
5.32	Das Verfahren	126
5.321	Kartenfeld	126
5.322	Kartenrahmen	127
5.323	Kartenschrift	128
5.324	Montage	130
5.4	Ausgabe digitaler Orthophotokarten	132
5.41	Prinzip der Binär- (gerasterten) Ausgabe digital vor- liegender Bilder	132
5.42	Technische Verwirklichung der elektronischen Rasterung	136
5.5	Zusammenfassung	138
5.6	Ausblick	138
5.7	Literatur	139
6.	3D- Darstellungen zur Unterstützung von Planungen	141
	- H. Kuhn	
6.1	Einleitung	141
6.2	Perspektive Darstellung	146
6.21	Abbildungsgleichung der Zentralprojektion	147

6.22	Visibilitätskriterien	147
6.221	Allgemeine Betrachtungen	148
6.2211	Flächentest	148
6.2212	Punkttest	149
6.2213	Punkt/ Flächentest	150
6.23	Beispiel eines 3D - Verfahrens für Vektordaten	150
6.231	Objekt - Generierung und Transformation	150
6.232	Flächentest zur Datenreduzierung	152
6.233	3D- Clipping zur Datenreduzierung	152
6.234	Flächensortierung	152
6.235	Sichtbarkeitsuntersuchungen	153
6.236	Verdeckungskriterien	154
6.24	Algorithmus für Liniensegmente	155
6.25	3D - Verfahren für Rasterdaten	155
6.251	Bildraumorientierte Algorithmen	156
6.252	Bildebenenorientierte Algorithmen	156
6.253	Beleuchtung und Färbung	157
6.2531	Hintergrundbeleuchtung	158
6.2532	Diffuse Reflexion	159
6.2533	Spiegelnde Reflexion (Glanzlicht)	159
6.26	Perpektive Darstellung eines Bildes nach dem Scanline- Algorithmus	160
6.261	Aufbereitung der Eingabedaten	161
6.262	Bestimmung der Steuerparameter	163
6.263	Bildrotation	164
6.264	Perspektive Landschaftsdarstellung	168
6.2641	Ablauf	168
6.2642	Weitere Bildmanipulationen	169
6.2643	Verbesserung des 3 - D - Raumeindrucks	172
6.265	Erzeugung stereoskopischer Bildpaare	174
6.3	Schluß	175
6.4	Literatur	176
7.	Nicht-topographische Anwendungen - G. Schweinfurth	181
7.1	Einleitung	181
7.2	Gebrauch von Orthophotos für nicht-topographische Anwendungen	182

7.21	Bedeutung des Orthophotos in der Architekturphotogrammetrie	182
7.22	Das analoge Orthophoto	182
7.23	Anwendungen	184
7.24	Das digitale Orthophoto	188
7.25	Anwendungen	188
7.3	Schluß	192
7.4	Literatur	192
8.	Korrelationsverfahren, Grundlagen und Anwendungen - J. Wiesel	195
8.1	Einleitung	195
8.2	Verfahren	195
8.21	Qualitätskriterien	195
8.22	Zielfunktionen	196
8.23	Softwarelösungen	198
8.24	Digitale Prozessoren	198
8.25	Optische Prozessoren	198
8.3	Anwendungen	201
8.31	Bildüberlagerung	201
8.32	Paßpunktmessung in Luftbildern	204
8.33	Stereobildkorrelation	204
8.4	Schluß	205
8.5	Literatur	206
9.	Verfahren der Stereobild-Korrelation - J. Piechel	209
9.1	Einleitung	209
9.2	Einflüsse auf Strategie und Techniken	210
9.21	Eingabedaten	210
9.22	Hardware-Ausstattung	211
9.23	Steuerung der Prozesse	212
9.3	Anwendungsbeispiele	217
9.31	On-Line	217
9.32	Off-Line	219
9.4	DISC-System	222
9.41	Grundlegende Algorithmen	222

9.42	Orientierung	225
9.43	Kernstrahlen-Korrelation	227
9.5	Ausblick	232
9.6	Literatur	234
10.	Gegenwärtige und zukünftige Aufnahmesysteme der Fernerkundung und Photogrammetrie	239
	- H.-P. Bähr	
10.1	Zusammenstellung der Entwicklungslinien	239
10.2	Klassifizierung der Aufnahmesysteme	241
10.21	Elektromagnetisches Spektrum	241
10.22	Datenübertragung aus dem Weltraum	245
10.3	Opto-mechanische Abtaster: LANDSAT	247
10.31	LANDSAT Multispectral Scanner System (MSS)	249
10.32	LANDSAT Thematic Mapper (TM)	251
10.4	Elektrooptische Abtaster	255
10.41	Prinzip	255
10.42	Modular Optoelectronic Multispectral Scanner (MOMS)	255
10.43	Système Probatoire d'Observation de la Terre (SPOT)	259
10.5	Mikrowellensysteme	262
10.51	Prinzip	262
10.52	Systeme und Projekte	268
10.6	Photogrammetrische Kameras im Weltraum	271
10.61	Aspekte der Bildqualität	274
10.62	Das ATLAS-Projekt	281
10.7	Literatur	289
11.	Digitale multispektrale Klassifizierung	293
	- F. Quiel	
11.1	Einleitung	293
11.2	Informationsgehalt von Fernerkundungsdaten	294
11.3	Grundlagen der Klassifizierungsverfahren	296
11.4	Vergleich und Wertung der Verfahren	302
11.5	Signaturenextension	307
11.6	Reproduzierbarkeit	311

11.7	Ausblick	313
11.8	Literatur	314
12.	Klassifizierung mit Zusatzinformationen - B. Pfeiffer	317
12.1	Vorbemerkung	317
12.2	Einleitung	317
12.3	Klassifizierungsfehler	318
12.31	Spektrale Signatur und Klassendefinition	318
12.32	Einfluß der Topographie	318
12.33	Linienhafte Objekte	319
12.34	Bildortabhängige Fehler	319
12.35	Mischsignaturen	320
12.4	Bildpunktbezogene Klassifizierung unter Berücksichtigung von Sensor- und Aufnahmegeometrie	320
12.41	Richtungsabhängiges Strahlungsverhalten	320
12.42	Erfassung des richtungsabhängigen Strahlungsverhaltens	322
12.43	Richtungsabhängige Klassifizierung	324
12.44	Ausblick auf neue satellitengetragene Abtastsysteme	329
12.5	Umgebungsbezogene Klassifizierung unter Berücksichtigung von Textur- und Spektralmerkmalen	331
12.51	Texturen	331
12.52	Texturanalyse	331
12.53	Klassifizierung mit Spektral- und Texturmerkmalen	335
12.6	Automatische Bildsegmentierung durch Kombination von Multispektral- und Texturanalyse	338
12.61	Einleitung	340
12.62	Systemkonzept	340
12.63	Anwendungsbeispiel	340
12.7	Bildsegmentierung in einer Baumstruktur	343
12.71	Baumstrukturen	343
12.72	Objektklassifikatoren	344
12.73	Ergebnisse	345
12.8	Literatur	345

13. Geometrische Modelle	- H.-P. Bähr	349
13.1 Einführung und Überblick		349
13.2 Koordinatensysteme		351
13.21 Bildkoordinaten der klassischen Photogrammetrie		351
13.22 Bildkoordinaten für Abtastsysteme		353
13.23 Ebene geodätische Koordinatensysteme		357
13.24 Räumliche geozentrische Koordinatensysteme		359
13.3 Koordinatentransformationen		362
13.31 Grundgleichungen der analytischen Photogrammetrie für Abtastsysteme		362
13.32 Einführung von Bahnparametern für satellitengetragene Abtastsysteme		365
13.33 Einführung eines digitalen Geländemodells (DGM)		367
13.34 Zeitvariable Orientierungsparameter		370
13.35 Beispiel für einen Ausgleichsansatz mit Einbeziehung von Satellitenbahndaten und variablen Orientierungsparametern		373
13.36 Näherungslösungen		375
13.4 Ergebnisse		382
13.41 Erreichbare Genauigkeit		382
13.42 Ergebnisse für LANDSAT-MSS-Aufnahmen		383
13.43 Ergebnisse für Flugzeugabtaster-Aufnahmen		385
13.5 Literatur		389
Stichwortverzeichnis		393