

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Grundlagen</b>	<b>1</b>
1.1 Aufnahmesysteme	1
1.1.1 Überblick	1
1.1.2 Physikalische Grundlagen	2
1.1.2.1 Elektromagnetisches Spektrum	2
1.1.2.2 Ladung und Ladungsverschiebung in Halbleiterelementen	4
1.1.2.3 Abbildendes Radar	6
1.1.3 Sensorplattformen	9
1.1.4 Typen digitaler Sensoren für die Fernerkundung	10
1.1.5 Zusammenstellung einzelner Systeme	11
1.1.5.1 Photographische Kameras im Weltraum	11
1.1.5.2 Multispektralabtaster im Weltraum	15
1.1.5.3 Weltraumgestützte Radar-Sensoren	22
1.1.5.4 CCD-Kameras	24
1.1.6 Geometrische Auflösung – Maße für die Bildqualität	28
1.1.6.1 Maße für geometrische Auflösung	28
1.1.6.2 Praktische Ermittlung geometrischer Auflösung	30
1.2 Geometrie	33
1.2.1 Einleitung und Überblick	33
1.2.2 Koordinatensysteme	34
1.2.2.1 Bildkoordinaten der klassischen Photogrammetrie	34
1.2.2.2 Bildkoordinaten für Abtastsysteme	36
1.2.2.3 Ebene geodätische Koordinatensysteme	39
1.2.2.4 Räumliche geozentrische Koordinatensysteme und Bahnparameter	40
1.2.3 Koordinatentransformationen	41
1.2.3.1 Grundgleichungen der analytischen Photogrammetrie für Abtastsysteme	41
1.2.3.2 Einführung von Bahnparametern für satellitengetragene Abtastsysteme	42

1.2.3.3	Einführung eines digitalen Geländemodells (DGM) . . . . .	45
1.2.3.4	Zeitvariable Orientierungsparameter . . . . .	47
1.2.3.5	Beispiel für einen Ausgleichsansatz mit Einbeziehung von Satellitenbahndaten und variablen Orientierungsparameter . . . . .	48
1.2.3.6	Näherungslösungen . . . . .	49
1.2.4	Ergebnisse . . . . .	51
1.2.4.1	Erreichbare Genauigkeit . . . . .	51
1.2.4.2	Ergebnisse für Näherungsverfahren . . . . .	52
1.2.4.3	Ergebnisse für Flugzeugabtaster-Aufnahmen . . . . .	54
1.2.4.4	Kritik der Paßpunktmethode . . . . .	55
1.2.4.5	Ausblick auf Standard-Geocodierung . . . . .	57
1.3	Grundlagen der digitalen Bildverarbeitung . . . . .	60
1.3.1	Grundbegriffe . . . . .	60
1.3.1.1	Einordnung der digitalen Bildverarbeitung . . . . .	60
1.3.1.2	Struktur digitaler Bilddaten . . . . .	61
1.3.1.3	Mathematische Grundlagen . . . . .	64
1.3.1.4	Abtastung und Wiederherstellung einer Bildfunktion . . . . .	69
1.3.2	Bild-Transformationen . . . . .	75
1.3.2.1	Fourier - Transformation . . . . .	75
1.3.2.2	Weitere Bild-Transformationen . . . . .	80
1.3.3	Bild-Verbesserung . . . . .	86
1.3.3.1	Verminderung von Störungen im Bild . . . . .	87
1.3.3.2	Verminderung von Unschärfe im Bild . . . . .	90
<b>2</b>	<b>Anwendungen in Photogrammetrie, Kartographie und Fernerkundung</b>	<b>97</b>
2.1	Stereobild-Korrelation . . . . .	97
2.1.1	Einleitung und Übersicht . . . . .	97
2.1.1.1	Koordinatensysteme . . . . .	99
2.1.2	Ähnlichkeit von Bildausschnitten . . . . .	100
2.1.2.1	Merkmals-Korrelation . . . . .	100
2.1.2.2	Viterbi-Algorithmus . . . . .	101
2.1.2.3	Kreuzkorrelation . . . . .	101
2.1.2.4	Kleinste-Quadrate-Anpassung . . . . .	103
2.1.3	Vorverarbeitung . . . . .	106
2.1.3.1	Digitalisierung und Bildverbesserung . . . . .	107
2.1.3.2	Orientierung der Bildpaare . . . . .	108
2.1.3.3	Erzeugung der Normalbilder . . . . .	111

2.1.4	Messung der Geländemodelle . . . . .	112
2.1.4.1	Punktauswahl . . . . .	112
2.1.4.2	Näherungswerte . . . . .	116
2.1.4.3	Kreuzkorrelation . . . . .	118
2.1.4.4	Feinmessung . . . . .	119
2.1.5	Prüfung und Weiterverarbeitung . . . . .	122
2.1.5.1	Automatische Korrekturen . . . . .	123
2.1.5.2	Interaktive Überarbeitungen . . . . .	127
2.1.6	Zusammenfassung und Ausblick . . . . .	131
2.2	Digitale Orthophototechnik . . . . .	137
2.2.1	Einleitung . . . . .	137
2.2.2	Verfahrensablauf bei digitaler Herstellung . . . . .	137
2.2.2.1	Digitalisierung der Bilddaten . . . . .	137
2.2.2.2	Orientierung . . . . .	137
2.2.2.3	Geometrische Umbildung im Rechner . . . . .	140
2.2.3	Schluß und Ausblick . . . . .	141
2.3	Bilddoptimierung . . . . .	145
2.3.1	Datenoptimierungsverfahren . . . . .	145
2.3.1.1	Einkanalige Verfahren . . . . .	145
2.3.1.2	Mehrkanalige Verarbeitungen . . . . .	146
2.3.1.3	Farbtransformationen . . . . .	147
2.4	Spektroskopie mit Fernerkundungsdaten . . . . .	152
2.4.1	Digitale Bilddaten aufgenommen von hyperspektralen Sensorsystemen . . . . .	152
2.4.2	Anwendungsgebiete und Informationspotential spektralanalytischer Auswertungen in der Geologie . . . . .	153
2.4.3	Mineraldiagnostische spektrale Signaturen . . . . .	153
2.4.3.1	Mineralogische Faktoren, die zur Modifizierung der Absorptionsintensität beitragen . . . . .	155
2.4.3.2	Unterdrückung spektraler Signaturen durch opake Minerale . . . . .	155
2.4.3.3	Modifizierung von Absorptionsbanden bei Mischsignaturen nach Position und Form . . . . .	157
2.4.3.4	Oberflächenspezifische Einflüsse auf das Spektralverhalten von Gesteinen . . . . .	160
2.4.4	Diskussion . . . . .	162
2.4.5	Praktische Anwendung von GER-Daten für die Exploration . . . . .	164
2.4.5.1	Bildauswertung . . . . .	164
2.4.5.2	Spektral-analytische Auswertung . . . . .	165

2.5	Digitale Bildauswertung . . . . .	170
2.5.1	Grundlagen der rechnergestützten Klassifizierung . . . . .	170
2.5.1.1	Informationsgehalt von Satellitenbilddaten . . . . .	170
2.5.1.2	Auswerteverfahren . . . . .	172
2.5.1.3	Klassifizierungsgenauigkeit . . . . .	174
2.5.1.4	Standardisierte Auswertung mit GIS-Daten . . . . .	177
2.5.1.5	Bildpunktbezogene Klassifizierung unter Berücksichtigung von Sensor- und Aufnahmegeometrie . . . . .	178
2.5.1.6	Umgebungsbezogene Klassifizierung: Texturanalyse . . . . .	181
2.5.1.7	Kombination von Spektral- und Texturmerkmalen . . . . .	182
2.5.1.8	Bildsegmentierung mit Baumstrukturen . . . . .	182
2.5.1.9	Wissensbasierte Bildverarbeitung . . . . .	184
2.5.2	Satellitenfernerkundung für Raumplanung und Umweltüberwachung . . . . .	187
2.5.2.1	Landnutzungsklassifizierung zur Raumplanung . . . . .	187
2.5.2.2	Kleinräumig: Naturraum "Filder" . . . . .	188
2.5.2.3	Geometrische Überlagerung verschiedener Datensätze . . . . .	189
2.5.2.4	Multispektrale Klassifizierung verschiedener Datensätze . . . . .	191
2.5.2.5	Klassifizierungsgenauigkeit (Ergebnisse) . . . . .	194
2.5.2.6	GIS-Integration der Fernerkundungsdaten . . . . .	196
2.5.2.7	Erfassung der Landnutzungsänderung . . . . .	198
2.5.2.8	Ökologische Beurteilung eines Raumes . . . . .	201
2.5.2.9	Bewertung der Beispiele . . . . .	203
2.5.2.10	Ausblick . . . . .	204
2.6	Auswertung von Bildfolgen . . . . .	208
2.6.1	Verkehrdatenerfassung mit Bildfolgen eines stationären Sensorträgers . . . . .	208
2.6.1.1	Detektion von Fahrzeugen . . . . .	209
2.6.1.2	Klassifizierung von Fahrzeugen . . . . .	218
2.6.1.3	Bestimmung der Geschwindigkeit von Fahrzeugen . . . . .	222
2.6.1.4	Bestimmung der Zeitabstände zwischen Fahrzeugen . . . . .	223
2.6.1.5	Tracking . . . . .	224
2.6.2	Verkehrsdatenerfassung mit Bildfolgen eines bewegten Sensorträgers . . . . .	225
2.6.2.1	Aufbau des Verfahrens . . . . .	225
2.6.2.2	Bestimmung der Lage des Straßenkörpers . . . . .	226
2.6.2.3	Bildanpassung . . . . .	226
2.6.2.4	Detektion und Klassifizierung von Fahrzeugen . . . . .	230
2.6.2.5	Bestimmung der Geschwindigkeit von Fahrzeugen . . . . .	232
2.6.2.6	Bestimmung der Zeit und Absolutposition im Streckenabschnitt . . . . .	232

2.6.3	Praktische Realisierung und Ergebnisse . . . . .	233
2.6.3.1	Stationärer Sensorträger . . . . .	233
2.6.3.2	Bewegter Sensorträger . . . . .	236
2.7	Geo-Informationssysteme (GIS) . . . . .	244
2.7.1	Grundlagen der Geo-Informationssysteme . . . . .	244
2.7.1.1	Einleitung . . . . .	244
2.7.1.2	Hardwareausstattung von Geo-Informationssystemen . . . . .	245
2.7.1.3	Datenerfassung . . . . .	246
2.7.1.4	Datenspeicherung . . . . .	250
2.7.1.5	Datenmanipulation und Datenanalyse . . . . .	253
2.7.1.6	Datenausgabe . . . . .	257
2.7.1.7	Perspektiven und 3-D Darstellung . . . . .	258
2.7.1.8	Datenqualität und Fehler in Geo- Informationssystemen . . . . .	265
2.7.1.9	Das amtliche Topographisch-Kartographische Informationssystem (ATKIS) . . . . .	267
2.7.1.10	Schlußbetrachtung . . . . .	270
2.7.2	GIS-Anwendung : Sturzwasserbewässerung in der Sahelzone . . . . .	271
2.7.2.1	Sturzwasserbewässerung (SWB) . . . . .	271
2.7.2.2	Beschreibung der Bedingungen in der Sahel-Zone . . . . .	272
2.7.2.3	Diskussion geeigneter Methoden . . . . .	273
2.7.2.4	Bestimmung der Parameter . . . . .	275
2.7.2.5	Erzeugung der Datenebenen im Testgebiet 'Mali' . . . . .	276
2.7.2.6	Verknüpfung der digitalen Datenebenen . . . . .	280
<b>3</b>	<b>Hard- und Softwareaspekte</b> . . . . .	<b>285</b>
3.1	Einleitung . . . . .	285
3.2	Komponenten von Bildverarbeitungssystemen . . . . .	285
3.2.1	Hardware . . . . .	285
3.2.2	Software . . . . .	287
3.2.2.1	Überlegungen zum Design von BVA-Software . . . . .	287
3.2.2.2	Beispiel DidIX . . . . .	287
3.2.2.3	Das Designkonzept . . . . .	287
3.2.2.4	Überlegungen zu Betriebssystemvarianten . . . . .	287
3.2.2.5	Wahl der Programmiersprache . . . . .	289
3.2.2.6	Programmierschnittstelle . . . . .	291
3.2.2.7	Bilddarstellung . . . . .	292
3.3	Standardisierungsbestrebungen . . . . .	293
3.3.1	ANSI-PIK . . . . .	293
3.3.2	IEC/ISO IPI . . . . .	293

3.3.3	Bedeutung der Standardisierung für die DBV . . . . .	295
3.4	Bildverarbeitung mit Standardworkstations . . . . .	295
3.4.1	Einige Produkte unter der Lupe . . . . .	295
3.5	Bildverarbeitung mit Personal Computern . . . . .	297
3.5.1	Hardwarekomponenten für PC-Bildverarbeitung . . . . .	298
3.6	Spezielle Bildverarbeitungssysteme . . . . .	298
3.6.1	Einige Anbieter von Systemen . . . . .	299
3.7	Preiswerte Software für die Bildverarbeitung . . . . .	300
3.7.1	Verfügbare Low cost Software . . . . .	300
3.8	Bewertungen und Schluß . . . . .	302
	<b>Farbtafeln</b>	<b>307</b>
	<b>Index</b>	<b>325</b>