

# Inhaltsverzeichnis

<b>A</b>	<b>Einführung</b>	<b>13</b>
<b>1</b>	<b>Motivation</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>Augmented Reality als Querschnittstechnologie für Bildverarbeitung, Geoinformation und Computergrafik</b>	<b>21</b>
2.1	Komponenten eines AR-Systems . . . . .	22
2.1.1	Displaysysteme . . . . .	22
2.1.2	Positionierung und Orientierung . . . . .	27
2.1.3	Raumbezogene Informationen . . . . .	44
2.2	Verdeckung . . . . .	46
2.3	Schatten und Beleuchtung . . . . .	50
2.4	Zusammenfassung und Ausblick . . . . .	50
<b>B</b>	<b>Fusion unter geometrischen Aspekten</b>	<b>57</b>
<b>3</b>	<b>Fusion von 3D-Punktwolken und thermischen Infrarotbildern zur Objektdetektion in dynamischen Indoor-Szenen</b>	<b>59</b>
3.1	Einleitung . . . . .	59
3.2	Verwandte Arbeiten . . . . .	61
3.3	Sensorkalibrierung . . . . .	63
3.3.1	Entfernungskamera . . . . .	63
3.3.2	Thermalkamera . . . . .	65
3.4	Ermittlung von korrespondierenden Merkmalen . . . . .	67
3.5	Koregistrierung von 3D-Punktwolken und thermischen Infrarotbildern . . . . .	69
3.6	Objekt- und Änderungsdetektion in dynamischen Szenen . . . . .	72
3.7	Zusammenfassung und Ausblick . . . . .	74
<b>4</b>	<b>Fusion von Kameradaten und Laserscanner-Daten für mobile Anwendungen</b>	<b>81</b>
4.1	Einleitung . . . . .	81
4.2	Ausgleichung mit Varianzkomponenten . . . . .	82
4.2.1	Die Beobachtungsgleichungen des funktionalen Modells . . . . .	83
4.2.2	Die Varianzkomponenten des stochastischen Modells . . . . .	84
4.3	Merkmalsextraktion und -verfolgung . . . . .	85
4.4	Gleichzeitige Lokalisierung und Kartierung . . . . .	86
4.5	Systemkalibrierung . . . . .	87

4.6	Experimentalsystem . . . . .	89
4.7	Ergebnisse . . . . .	90
4.8	Zusammenfassung und Wertung . . . . .	94
<b>5</b>	<b>Fusion von Höhen- und Grundrissdaten zur Extraktion geeigneter Dachflächen für Solarenergieanlagen</b>	<b>97</b>
5.1	Einleitung . . . . .	97
5.2	Verwandte Arbeiten . . . . .	98
5.2.1	Extraktion ebener Dachflächen . . . . .	98
5.2.2	Extraktion geeigneter Dachflächen für Solarenergienutzung . . .	101
5.3	Methodischer Ansatz . . . . .	102
5.3.1	Datenvorverarbeitung . . . . .	103
5.3.2	Extraktion ebener Dachflächen . . . . .	103
5.3.3	Detektion und Elimination von Störobjekten . . . . .	105
5.3.4	Schattenanalyse . . . . .	108
5.3.5	Abschätzung des Energieertrags . . . . .	109
5.4	Daten und Software . . . . .	110
5.5	Ergebnisse und Qualität der Dachflächenextraktion . . . . .	110
5.5.1	Übereinstimmung der Gebäudegrundrisse mit den Höhenmodellen . . . . .	110
5.5.2	Qualität der Dachflächenextraktion . . . . .	112
5.5.3	Abhängigkeit von der Auflösung und Kompressionsrate der Eingangsdaten . . . . .	115
5.6	Diskussion der Ergebnisse . . . . .	117
5.6.1	Übereinstimmung der Gebäudegrundrisse mit den Höhenmodellen . . . . .	117
5.6.2	Extraktion ebener Dachflächen . . . . .	117
5.6.3	Einfluss der Auflösung und Kompressionsrate der Eingangsdaten . . . . .	119
5.6.4	Vergleich der Ergebnisse aus LiDAR- und Luftbilddaten . . . . .	120
5.7	Zusammenfassung und Ausblick . . . . .	121
<b>6</b>	<b>Zuordnung von Fahrzeugtrajektorien in Luftbild- und SAR-Daten</b>	<b>127</b>
6.1	Motivation . . . . .	127
6.2	Bewegungserkennung in Luftbildern . . . . .	129
6.2.1	Fahrzeuggeschwindigkeiten aus optischen Bildsequenzen . . .	129
6.2.2	Fahrzeuggeschwindigkeiten aus Zwei-Kanal-SAR-Daten . . . .	131
6.3	Zuordnung von sich bewegenden Fahrzeugen in optischen und SAR-Daten . . . . .	142
6.3.1	Geometrische Zuordnung . . . . .	143
6.3.2	Zeitliche Zuordnung . . . . .	144

6.4	Genauigkeitsaspekte, Validierung und Ergebnisse . . . . .	147
6.4.1	Genauigkeit der Fahrzeugmessungen in optischen Bildern . . .	147
6.4.2	Genauigkeit der Fahrzeugmessungen in SAR-Bildern . . . . .	151
6.4.3	Ergebnisse der Flugkampagne . . . . .	153
6.5	Zusammenfassung und Schlussfolgerung . . . . .	155
<b>C</b>	<b>Fusion unter physikalischen Aspekten</b>	<b>159</b>
<b>7</b>	<b>Fusion von PSI-Geometrie und meteorologischen Daten zum Bewegungsmonitoring von urbanen Gebieten</b>	<b>161</b>
7.1	Einleitung . . . . .	161
7.2	Ansätze zur Auswertung von Interferogrammstapeln . . . . .	163
7.2.1	Persistent Scatterer Interferometry . . . . .	163
7.2.2	Auswahl von PS-Kandidaten . . . . .	164
7.2.3	Schätzung modellierbarer Phasenanteile . . . . .	165
7.2.4	Selektion der PS-Punkte . . . . .	169
7.2.5	Phasenabwicklung . . . . .	170
7.2.6	Schätzung räumlich korrelierter Signalanteile . . . . .	170
7.2.7	SAR-Tomografie . . . . .	171
7.2.8	SBAS . . . . .	172
7.2.9	SqueeSAR . . . . .	174
7.3	Temperaturabhängige Modellierung mit MSBAS . . . . .	174
7.3.1	Subbänder im $\tau$ - $B_{\perp}$ - $\vartheta$ -Raum . . . . .	176
7.3.2	Stapelung von Subbändern . . . . .	179
7.3.3	Sequentieller Ansatz . . . . .	181
7.3.4	Konvergenz der Iteration . . . . .	184
7.3.5	Parameterschätzung basierend auf Periodogrammen . . . . .	188
7.3.6	Parameterschätzung mittels TSVD . . . . .	190
7.3.7	Regularisierung . . . . .	193
7.3.8	Schätzung des Periodogramms . . . . .	194
7.3.9	Beispiel . . . . .	195
7.3.10	FFT-Methode . . . . .	199
7.3.11	Optimiertes Iterationsschema . . . . .	200
7.4	Untersuchungen zur Deformation der Bebauung und des Untergrundes . . . . .	202
7.4.1	Datengrundlage . . . . .	203
7.4.2	Ergebnisse . . . . .	203
7.5	Zusammenfassung und Schlussfolgerung . . . . .	212

<b>8</b>	<b>Fusion hyperspektraler, LWIR- und Bodenradar-Daten mit maschinellen Lernverfahren zur Bodenfeuchteschätzung</b>	<b>217</b>
8.1	Einleitung . . . . .	217
8.1.1	Räumliche und zeitliche Auflösung der Datenaufnahme von physikalischen Vorgängen . . . . .	218
8.1.2	Spektrale Auflösung von multi- und hyperspektralen Daten . . . . .	221
8.1.3	Spektrale Signatur und Mischpixel . . . . .	222
8.2	Überblick zu verwandten Arbeiten . . . . .	223
8.2.1	Schätzung der Bodenfeuchte aus Fernerkundungsdaten . . . . .	223
8.2.2	Grundlagen maschineller Lernverfahren . . . . .	226
8.3	Datenaufnahme in einer Messkampagne . . . . .	228
8.4	Fusion von hyperspektralen Daten und LWIR-Daten . . . . .	231
8.5	Fusion von hyperspektralen Daten und GPR-Daten . . . . .	238
8.6	Schlussfolgerung . . . . .	246
<b>D</b>	<b>Fusion unter semantischen Aspekten</b>	<b>251</b>
<b>9</b>	<b>Fusion von Bildverstehen und Sprachverstehen</b>	<b>253</b>
9.1	Grundlagen . . . . .	254
9.1.1	Einführung . . . . .	254
9.1.2	Terminologie . . . . .	255
9.1.3	Graphen zur Wissensrepräsentation in Bild und Sprache . . . . .	261
9.1.4	Beispiele für Transformationen bei Bild und Sprache . . . . .	261
9.1.5	Vergleich von Wissensmustern (Verstehen, Lernen) . . . . .	264
9.1.6	Schlussbemerkung . . . . .	266
9.2	Anwendungsbeispiele . . . . .	267
9.2.1	Beispiel 1: Text und Karte im brasilianischen Eigentumskataster . . . . .	267
9.2.2	Beispiel 2: Integration von Sprache in Meldesysteme durch Modellierung linguistischer Terme . . . . .	270
9.3	Schlussbemerkung . . . . .	275
<b>10</b>	<b>Crowdsourcing und GIS im Katastrophenmanagement</b>	<b>279</b>
10.1	Einleitung . . . . .	279
10.1.1	Motivation . . . . .	279
10.1.2	Merkmale von Social-Media-Daten . . . . .	280
10.1.3	Naturkatastrophen als gemeinsamer Anwendungsfall . . . . .	282
10.1.4	Naturkatastrophenereignisse . . . . .	283
10.1.5	Echtzeit . . . . .	285
10.1.6	Informationsbeschaffung und Themenerkennung . . . . .	286
10.2	Ereignisanalyse-Framework – Fusion unterschiedlicher Datentypen . . . . .	287

10.2.1 Eingabedaten . . . . .	288
10.2.2 Räumlich-zeitlicher Nachrichtenfluss . . . . .	292
10.2.3 Raum-Zeit-Modell zur globalen Ereigniserkennung . . . . .	295
10.2.4 Thematische Klassifizierung . . . . .	302
10.2.5 Datenfusion durch räumlich-thematisches und zeitliches Clustering . . . . .	305
10.3 Tests, Ergebnisse und Validierung . . . . .	309
10.3.1 Globales Bewertungsset . . . . .	310
10.3.2 Ergebnisse . . . . .	310
10.4 Diskussion . . . . .	315
10.5 Schlussfolgerungen . . . . .	317
<b>Anhang</b>	<b>323</b>
<b>A Modellbildung der SAR-Interferometrie</b>	<b>325</b>
A.1 Abbildungsgeometrie von PS-Punkten . . . . .	325
A.1.1 PS-Interferometrie . . . . .	328
A.2 Punktverschiebung . . . . .	333
A.3 Variation der Signalausbreitung . . . . .	335
A.3.1 Neutrosphärische Laufzeitverzögerung . . . . .	336
A.4 Variation der Rückstreuung . . . . .	337
A.4.1 Phasenkohärenz . . . . .	338
A.5 Zusammenfassung . . . . .	339