

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	xvii
Tabellenverzeichnis	xix
Algorithmenverzeichnis	xxi
Symbolverzeichnis	xxv
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Das EU-Projekt PReVENT	3
1.3 Zielsetzung	4
1.4 Beitrag der Arbeit	5
1.5 Sensordatenfusionskonzepte	6
1.5.1 Objektbasierte Fusion	7
1.5.2 Rasterbasierte Fusion	8
1.5.3 Fusion von Rohdaten	9
1.5.4 Frühe modellbasierte Fusion	10
1.6 Realisierung eines Umgebungserfassungssystems	12
1.6.1 Szenenmodellierung	13
1.6.2 Systemarchitektur	14
2 Sensormodelle und Datenvorverarbeitung	17
2.1 Sensorik und Sensormodelle	18
2.1.1 Die Sensorplattform	18
2.1.2 Kameramodellierung	23
2.1.3 Radarmodellierung	28
2.1.4 Laserscannermodellierung	34
2.2 Kalibrierung und zeitliche Einordnung	37
2.2.1 Intrinsische und extrinsische Kalibrierung	37
2.2.2 Behandlung der zeitliche Abfolge	37
2.3 Datenvorverarbeitung	39
2.3.1 Bestimmung der Fahrzeugeigenbewegung	40
2.3.2 Vorverarbeitung der Laserscannerdaten	49
2.3.3 Klassifikator-basierte Objektdetektion	53
2.3.4 Extraktion von Fahrbahnmarkierungen	73
2.4 Integration in die Systemarchitektur	77

3 Modelle dynamischer Systeme	79
3.1 Stochastisch differential-algebraische Gleichungen	80
3.2 Phasenraummodelle	82
3.2.1 Hinführung zu Phasenraummodellen	83
3.2.2 Nichtlineare Phasenraummodelle	85
3.2.3 Lineare Phasenraummodelle	88
3.2.4 Zeitdiskretisierung linearer Phasenraummodelle	88
4 Zustandsschätzung	91
4.1 Konzeptueller Lösungsansatz	92
4.2 Punktschätzungen	93
4.3 Lineare Systeme	95
4.4 Nichtlineare Systeme	97
4.4.1 Approximation in einer lokalen Umgebung	98
4.4.2 Globale Approximation	100
4.5 Anwendung der Zustandsschätzung	109
5 Objektmodelle	113
5.1 Konzept der Objektmodellierung	113
5.2 Objektmodellhierarchie	116
5.3 Objektmodelle für Fahrzeuge, Fußgänger und Objekthyphotesen	117
5.3.1 Objektzustand und geometrische Objektmodelle	117
5.3.2 Dynamische Modelle	120
5.3.3 Messmodelle	133
5.4 Das Eigenfahrzeugmodell	146
5.4.1 Zustand des Eigenfahrzeugmodells	146
5.4.2 Dynamisches Modell	148
5.4.3 Messmodell	153
5.5 Das Fahrspurmodell	160
5.5.1 Geometrisches Fahrspurmodell	161
5.5.2 Dynamisches Modell	163
5.5.3 Messmodell	164
6 Datenzuordnung	167
6.1 Modellierung des Datenzuordnungsproblems	168
6.2 Distanzfunktionen	169
6.2.1 Euklidische Distanz	169
6.2.2 Statistische Distanz	170
6.2.3 Weitere mögliche Distanzfunktionen	171
6.3 Algorithmen zur Datenzuordnung	171
6.3.1 Nächste-Nachbarn Zuordnung	171
6.3.2 Globale-Nächste-Nachbarn Zuordnung	171
6.3.3 Diskussion der Verfahren	175
6.4 Reduktion der Zuordnungskomplexität	176
6.5 Spezielle Datenzuordnung	179

6.5.1	Zuordnung von Eigenfahrzeugmesswerten	179
6.5.2	Zuordnung von Messwerten der Fahrspurextraktion	179
6.6	Datenuordnung im Systemzyklus	182
7	Objektmanagement	185
7.1	Hypothesengenerierung	186
7.1.1	Hypothese aus Radarmesswert	187
7.1.2	Hypothese aus Laserscanermesswert	188
7.1.3	Hypothese aus Kameramesswert	189
7.1.4	Zusammenführen von Hypothesen	190
7.1.5	Optimierung der Hypothesenerstellung	191
7.1.6	Konfidenz von Objekten	193
7.2	Klassifikation von Objekten	193
7.2.1	Klassifikation anhand des Zustandsvektors	194
7.2.2	Klassifikation anhand von Sensormesswerten	196
7.2.3	Kombination von Klassifikationsergebnissen	197
7.3	Integration in den Systemzyklus	199
8	Methoden zur Evaluierung	201
8.1	Evaluationsmethodik	202
8.1.1	Erzeugen von Referenzdaten	202
8.1.2	Bestimmung von Leistungsindikatoren	205
8.2	Zusammenfassung der Evaluation	206
9	Zusammenfassung und Ausblick	209
A	Koordinatensysteme	211
A.1	Kartesische Koordinatensysteme	211
A.1.1	Das Weltkoordinatensystem	211
A.1.2	Das Eigenfahrzeugkoordinatensystem	212
A.1.3	Objekt- und Sensorkoordinatensysteme	213
A.1.4	Bildkoordinatensysteme	213
A.2	Polarkoordinatensysteme	214
B	Grundlagen der Stochastik	215
B.1	Der Wahrscheinlichkeitsraum	215
B.2	Euklidische Zufallsvariablen	216
B.3	Erwartungswert und Varianz	217
B.4	Bedingte Wahrscheinlichkeit, Verteilungsfunktion und Dichtefunktion	218
B.5	Unabhängigkeit, Korrelation und Orthogonalität	219
B.6	Stochastische Prozesse	220
C	Ergänzende Abbildungen	223
C.1	Fahrzeugdetektion und -verfolgung	224
C.2	Fußgängerdetektion und -verfolgung	225
C.3	Fahrspurextraktion und -verfolgung	227

Literaturverzeichnis	229
Index	243