



Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	v
Tabellenverzeichnis	ix
1 Einleitung	1
1.1 Motivation und Zielstellung	2
1.2 Öffentliche Sicht der Thematik	5
1.3 Struktur der Arbeit	5
2 Stand der Technik	7
2.1 Positionsschätzung im Automobil	7
2.1.1 Koppelortung	8
2.1.2 Karteneinpassung	10
2.1.3 Referenzsystem	11
2.2 Kartierung im Automobil	11
2.3 Positionsschätzung und Kartierung in der Robotik	12
3 Lösungsansatz zur modellbasierten Lokalisierung und Kartierung	17
3.1 Lokalisierungsmodul	17
3.1.1 Parameterraum	19
3.1.2 Absolute Lokalisierung	20
3.1.3 Relative Lokalisierung	22
3.2 Probabilistische Verfahren	22
3.2.1 Partikel-Filter	24
3.2.2 Unscented-Kalman-Filter	27
3.2.3 Winkelschätzung	28
3.3 Kartierungsmodul	29



3.3.1	Extraktion von Linien als Bildmerkmale	29
3.3.2	Linienverfolgung über Bildsequenzen	29
3.3.3	Ablegen von Merkmalen	30
3.3.4	Hierarchische Kartierung	31
3.4	Stufenkonzept	31
3.5	Zusammenfassung	32
4	Fahrzeuglokalisierung	33
4.1	Absolute Lokalisierung	33
4.1.1	Strukturmerkmale der urbanen Umgebung	34
4.1.1.1	Vorverarbeitung des Kartenmaterials	35
4.1.1.2	Kombination von Bild- und Modellinformation	36
4.1.1.3	Analyse der Schätzmethodik und Strukturmerkmale	37
4.1.2	Bewertung in der Bodenebene	38
4.1.3	Realisierungsvariante des Partikel-Filters	39
4.1.4	Anforderungen an das Gütemaß	44
4.2	Tracking-Verfahren	46
4.3	Zusammenfassung	47
5	Merkmalskartierung	49
5.1	Merkmalsdetektion	49
5.1.1	Kantenextraktion	50
5.1.2	Kantenverfolgung durch Stützpunkte	50
5.1.3	Sammeln von Kanten in „Schläuchen“	53
5.1.4	Kombination von extrahierten Kanten	55
5.1.5	Kombination von verfolgten und extrahierten Kanten	55
5.1.6	Steigerung der Robustheit für die Merkmalserkennung	56
5.2	3D-Rekonstruktion	58
5.2.1	Zwei-Geraden-Rekonstruktion	58
5.2.2	Steigerung der Genauigkeit von 3D-Rekonstruktionen	59
5.2.3	Kombination mehrerer 3D-Rekonstruktionen	59
5.3	Merkmalsablage	61
5.3.1	Hierarchische Kartenergänzung	63
5.3.1.1	Lokale Karte	64



5.3.1.2	Globale Karte	64
5.3.2	Gütekriterium	65
5.4	Zusammenfassung	66
6	Versuchsaufbau und -durchführung	67
6.1	Softwarekomponenten	67
6.1.1	Datenquellen	68
6.1.2	Allgemeine Vorverarbeitung	70
6.1.3	Ausgabe	70
6.2	Teststrecke	70
6.3	Versuchsträger	71
6.3.1	GPS-Empfänger	72
6.3.2	Raddrehzahlsensor	74
6.3.3	Gyrosensor	76
6.3.4	Integrierte Gyrosensoren im Navigationssystem	77
6.3.5	Inertialsensoren im Automobil	78
6.3.6	Monovideo-Kamera	78
6.3.7	Referenzbox	80
6.4	Simulierte Sensordaten	82
6.5	Kartenmaterial	82
6.5.1	Zusatzdatenbank mit Gebäudegrundrissen	84
6.5.2	Gauß-Krüger-Koordinatensystem	86
7	Versuchsauswertung	89
7.1	Ergebnisse der Merkmalskartierung	89
7.2	Ergebnisse der Lokalisierungsmethodiken	94
7.2.1	Analyse der Bildbewertung	94
7.2.2	Analyse des Trackingverfahrens	95
7.3	Ergebnisse der gleichzeitigen Kartierung und Lokalisierung	98
7.3.1	Analyse der Bewertung in der Bodenebene	98
7.3.2	Lokalisierung mittels Referenzdaten	102
7.3.3	Lokalisierung mittels künstlicher Rauschdaten	104
7.3.4	Sequentielle Gewichtung	110
7.4	Analyse von Lokalisierungsserien	116



7.4.1	Bestimmung der optimalen Partikelanzahl	116
7.4.2	Bestimmung der optimalen Gütefunktion	120
7.5	Lokalisierung mittels realer Sensordaten	121
7.6	Zusammenfassung	128
8	Zusammenfassung und Ausblick	129
A	Datenbank eines Navigationssystems	133
A.1	WGS84-Referenzsystem	136
B	Dichteanalyse verschiedener Gewichtsfunktionen	139
C	Zusätzliche Visualisierungen	149
	Literaturverzeichnis	151