

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	I
Abstract	III
Vorwort	VI
Nomenklatur	XI
Abbildungsverzeichnis	XIX
Tabellenverzeichnis	XXI
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	2
1.2 Kontext der Arbeit	4
1.3 Wissenschaftliche Zielsetzung	5
1.4 Aufbau der Dissertation	7
2 Satellitennavigation in der Automobilindustrie	9
2.1 Ursprünge der Satellitennavigation	9
2.2 Entwicklung des Global Positioning System	10
2.3 Planung und Umsetzung von Galileo	12
2.4 Weitere Satellitennavigationssysteme	13
2.4.1 Glonass	14
2.4.2 QZSS	14
2.5 Ortungsprinzip derzeitiger Satellitennavigationssysteme	15
2.5.1 Signalstruktur von GPS	15
2.5.2 Signalstruktur von Galileo	18
2.6 Signalverarbeitung von Satellitensignalen	21
2.6.1 Akquisition von GNSS-Signalen	21
2.6.2 Tracking von GNSS-Signalen	23

VII

Inhaltsverzeichnis

2.7	Integration mit Fahrdynamiksensoren	25
2.7.1	Raddrehzahlsensoren	26
2.7.2	Beschleunigungsmesser	27
2.7.3	Drehratensensoren	29
2.7.4	Lenkradwinkelsensoren	30
2.8	Ansätze zur Sensordatenfusion	30
2.8.1	Sensordatenfusion durch Kalman-Filterung	31
2.8.2	Strategien der Kopplung	34
2.9	Fazit	37
3	Einordnung in den Stand der Technik	39
3.1	Arbeiten anderer Forschungsgruppen	39
3.1.1	GPS Lab, Stanford University	39
3.1.2	GPS and Vehicle Dynamics Laboratory, Auburn University	40
3.1.3	Avionics Engineering Center, Ohio University	40
3.1.4	Position, Location And Navigation Group, University of Calgary	42
3.2	Kommerzielle Produkte	43
3.2.1	M2XPro, Continental AG	43
3.2.2	UBX-G6010 Automotive DR, u-blox AG	43
3.3	Bisherige Arbeiten am Institut für Flugföhrung	44
3.4	„Galileo for Future Automotive Systems“	45
3.5	Fazit	49
4	Entwurf eines fahrzeugspezifischen GNSS-Empfängers	51
4.1	Limitierungen ungestützter GNSS-Empfänger	51
4.2	Integration von Fahrdynamiksensoren in die Signalverarbeitung	53
4.3	Filterstrategie	53
4.4	Definition des Zustandsvektors der Fahrzeugbewegung	55
4.5	Herleitung der Messgleichungen	57
4.5.1	Schätzung des Fahrdynamikzustands	57
4.5.2	Stützung der GPS-Signalverarbeitung	62
4.6	Fazit	66
5	Implementierung eines Demonstrators	67
5.1	Relevante Randbedingungen	67
5.2	Wahl eines Softwareframework	68

5.3	Systemaufbau im „Automotive Data and Time-Triggered Framework“	69
5.4	Aufbau des Rohdatenakquisitionsmoduls	71
5.5	Aufbau des Softwarereceiver-Moduls	72
6	Systemvalidierung	77
6.1	Methodik und Zielsetzung der Validierung	77
6.2	Validierung im Laborversuch	78
6.2.1	Experimenteller Aufbau der Laborversuche	78
6.2.2	Szenario der Simulation	79
6.2.3	Ergebnisse der Validierung im Laborversuch	82
6.3	Validierung im realen Straßenverkehr	86
6.3.1	Experimenteller Versuchsaufbau zur Durchführung der Messfahrten	86
6.3.2	Validierung im Szenario „Grassel“	89
6.3.3	Validierung im Szenario „Hondelage“	95
6.3.4	Validierung im Szenario „Wendhausen“	101
6.4	Fazit	106
7	Zusammenfassung und Ausblick	109
7.1	Zusammenfassung	109
7.2	Ausblick	110
Anhang		113
A	Koordinatensysteme	115
A.1	Globales erfestes Bezugssystem (ECEF - Earth Centered Earth Fixed)	115
A.2	Geodätisches North-East-Down-Koordinatensystem (NED)	117
A.3	Fahrzeugfestes Koordinatensystem	118
B	Herleitung der Gleichungen der Fahrzeugpositionierung	119
B.1	Zustandsgleichung der Fahrzeuggbewegung	119
B.2	Herleitung der Jacobi-Matrix zur Auswertung der Pseudo-range-Messungen	120
B.3	Herleitung der Jacobi-Matrix zur Auswertung der Doppler-Messungen	121

Inhaltsverzeichnis

B.4 Herleitung der Jacobi-Matrix zur Auswertung der Fahrzeugsensor-Messungen	125
C Herleitung der Gleichungen der Signalverarbeitung	129
C.1 Zustandsgleichung der gestützten Signalverarbeitung	129
D Eigenschaften der Szenarien	133
D.1 Szenario der Simulation	133
D.2 Szenario „Grassel“	134
D.3 Szenario „Hondelage“	135
D.4 Szenario „Wendhausen“	136
Ausgewählte Publikationen des Autors	137
Literaturverzeichnis	141