

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b> . . . . .	<b>1</b>
<b>2 Vorangegangene Arbeiten</b> . . . . .	<b>7</b>
2.1 Verwendete Daten und Sensorik . . . . .	8
2.1.1 Bildbasierte Fahrstreifenerkennung . . . . .	9
2.1.2 Straßenverlaufserkennung mittels eines bild- gebenden Radars . . . . .	19
2.1.3 Einsatz von Laserscannern . . . . .	24
2.1.4 Sensorfusionsansätze zur Straßenverlaufs- erkennung . . . . .	25
2.2 Straßenmodelle . . . . .	27
2.2.1 Lokale Straßenmodellierung im Fahrzeug- koordinatensystem . . . . .	27
2.2.2 Modellbeschreibung im Kamerakoordinaten- system . . . . .	33
2.2.3 Splinebasierte Modelle . . . . .	34
2.3 Zeitliche Filterung . . . . .	36
<b>3 Theoretische Grundlagen und verwendete Verfahren</b> . . . . .	<b>41</b>
3.1 Bild- und Kamerakoordinatensystem . . . . .	41
3.2 Stereoverfahren - Semi-Global Matching . . . . .	43
3.3 Nickwinkelschätzung . . . . .	46
3.4 Freiraumberechnung . . . . .	47
3.5 Detektion von Fahrbahnmarkierungen . . . . .	53
3.6 B-Splines . . . . .	55

3.7	Filterung dynamischer Systeme . . . . .	59
3.7.1	Kalman Filter . . . . .	60
3.7.2	Erweitertes Kaiman Filter . . . . .	63
3.8	M-Estimator . . . . .	65
<b>4</b>	<b>Dreidimensionales Straßenmodell . . . . .</b>	<b>69</b>
4.1	3D-Straßenmodell . . . . .	70
4.1.1	Einfaches Klothoidenmodell . . . . .	71
4.1.2	Erweiterung des Klothoidenmodells durch B-Splinefunktionen . . . . .	74
4.2	Dynamik . . . . .	83
4.2.1	Prädiktion . . . . .	83
4.2.2	Resampling . . . . .	86
4.3	Diskussion . . . . .	88
<b>5</b>	<b>Straßenmessungen . . . . .</b>	<b>91</b>
5.1	Messungen der Fahrbahnmarkierungen . . . . .	92
5.2	Detektion des Fahrbahnrandes . . . . .	93
5.3	Detektion der Straßenhöhe und -neigung . . . . .	101
5.4	Zuordnung von Messungen . . . . .	105
5.5	Behandlung von Ausreißern in den Messungen . . . . .	106
<b>6</b>	<b>Ergebnisse . . . . .</b>	<b>109</b>
6.1	Visuelle Beurteilung und Schwachstellenanalyse . . . . .	110
6.1.1	Ergebnisse der Straßenverlaufserkennung . . . . .	110
6.1.2	Problemsituationen durch Straßen-gegebenheiten . . . . .	120
6.1.3	Einflüsse unzureichender Kamerakalibrierung . . . . .	125
6.2	Evaluation mittels synthetischer Sequenzen . . . . .	129
6.2.1	Bewertung der horizontalen Straßenverlaufs-schätzung . . . . .	129

6.2.2	Betrachtung der Genauigkeit in der vertikalen Krümmungsschätzung . . . . .	144
6.3	Einfluss der Straßenwölbung . . . . .	148
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick . . . . .</b>	<b>155</b>
<b>A</b>	<b>Anhang . . . . .</b>	<b>161</b>
A.1	Systemmodellierung . . . . .	161
A.2	Systemrauschen . . . . .	161
A.3	Messungen und Messrauschen . . . . .	163
A.3.1	Bildinformationen . . . . .	163
A.3.2	Bedingungen . . . . .	164
A.3.3	Kovarianzmatrix des Messrauschens . . . . .	166
	<b>Literaturverzeichnis . . . . .</b>	<b>169</b>