

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Aufgabenstellung . . . . .	4
1.2 Stand der Technik . . . . .	5
1.3 Vorstellung des Versuchsträgers . . . . .	10
1.4 Aufbau der Arbeit . . . . .	11
<b>2 Erstellung eines Fahrzeugmodells</b>	<b>13</b>
2.1 Grundlagen des Fahrzeugmodells . . . . .	14
2.1.1 Verwendete Koordinatensysteme . . . . .	15
2.1.2 Systemzustände und Eingänge . . . . .	17
2.2 Modellierung der Fahrzeugdynamik . . . . .	19
2.2.1 Modellierung der Aufbaudynamik . . . . .	20
2.2.2 Modellierung der Raddynamik . . . . .	24
2.2.3 Validierung der Fahrzeugdynamik . . . . .	26
2.3 Modellierung des Bremsystems . . . . .	29
2.3.1 Modellierung des Bremsfaktors . . . . .	31
2.3.2 Modellierung der Bremsentemperatur . . . . .	31
2.3.3 Identifikation und Validierung des Bremsystems . . . . .	36
2.4 Modellierung der Lenkung . . . . .	41
2.4.1 Identifikation und Validierung der Lenkung . . . . .	42
2.5 Modellierung der Reifencharakteristik . . . . .	43
2.5.1 Modelle in der Literatur . . . . .	44
2.5.2 Der dynamische Radradius . . . . .	46
2.5.3 Das Reifenmodell Tire Model Easy . . . . .	47
2.5.4 Das Magic-Formula-Reifenmodell . . . . .	50
2.5.5 Identifikation und Validierung der Reifencharakteristik . . . . .	51
2.5.6 Parameter- und Sensitivitätsanalyse des MFT-Modells . . . . .	53
<b>3 Online Bremsperformance-Schätzung</b>	<b>59</b>
3.1 Ableitung eines Entwurfsmodells . . . . .	60
3.1.1 Modellierung des vereinfachten Zweispurmodells . . . . .	61
3.1.2 Näherung der Nick- und Wankdynamik . . . . .	62
3.1.3 Sensitivitätsanalyse der Modellparameter . . . . .	64
3.2 Beobachter für den dynamischen Radradius . . . . .	66

3.3	Langzeitschätzung der Reifenparameter . . . . .	70
3.3.1	Schätzung in longitudinaler Richtung . . . . .	70
3.3.2	Schätzung in lateraler Richtung . . . . .	73
3.4	Analyse der Beobachtbarkeit . . . . .	77
3.5	Auswirkungen von Sensorfehlern auf die Reibwertschätzung . . . . .	80
3.5.1	Auswirkungen von Fehlern der Geschwindigkeitsmessung . . . . .	82
3.5.2	Korrektur der Geschwindigkeitsmessung . . . . .	87
3.5.3	Auswirkungen von Fehlern der Beschleunigungsmessung . . . . .	88
3.5.4	Korrektur der Beschleunigungsmessung . . . . .	90
3.5.5	Auswirkungen von Messrauschen . . . . .	97
3.6	Schätzung des Reibwertes . . . . .	99
3.6.1	Modellanpassungen zur Verwendung im DD2 . . . . .	101
3.6.2	Auswirkungen der Diskretisierung auf die Reibwertschätzung . . . . .	102
3.6.3	Aktivierung der Reibwertschätzung . . . . .	105
3.6.4	Anwendung am Simulationsmodell . . . . .	107
3.7	Vereinfachte Reibwertschätzung in longitudinaler Richtung . . . . .	109
3.8	Vergleich der Verfahren BPE und sBPE . . . . .	113
<b>4</b>	<b>Reibwertprädiktion für nachfolgende Streckenabschnitte</b>	<b>123</b>
4.1	Konzept zur Reibwertprädiktion . . . . .	123
4.2	Konzept zur Erstellung einer Reibwertkarte . . . . .	125
4.2.1	Datenbasis zur Erstellung der Karte . . . . .	126
4.2.2	Methodik zur Erstellung der Karte . . . . .	128
4.2.3	Vergleich der Verfahren . . . . .	143
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>147</b>
<b>A</b>	<b>Ergänzungen zur Sensitivitätsanalyse der Modellparameter</b>	<b>149</b>
<b>B</b>	<b>Verfahren der kleinsten Fehlerquadrate</b>	<b>153</b>
<b>C</b>	<b>Beobachtbarkeit dynamischer Systeme</b>	<b>155</b>
<b>D</b>	<b>Filterung der Signale zur Offsetkorrektur</b>	<b>157</b>
<b>E</b>	<b>Ergänzungen zu Auswirkungen von Offsetfehlern</b>	<b>159</b>
<b>F</b>	<b>Ergänzungen zu Auswirkungen von Messrauschen</b>	<b>163</b>
<b>G</b>	<b>Dividierte-Differenzen-Filter zweiter Ordnung</b>	<b>167</b>
<b>H</b>	<b>Maschinelle Lernverfahren</b>	<b>171</b>
H.1	Klassifikation: Support-Vectormachine . . . . .	171

H.2 Klassifikation: k-nächste Nachbarn . . . . .	172
H.3 Regression: k-nächste Nachbarn . . . . .	173
H.4 Regression: Gaußprozess . . . . .	173
<b>Abkürzungs- und Symbolverzeichnis</b>	<b>177</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>191</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>195</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>197</b>