

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Aufgabenstellung	4
1.2	Stand der Technik	5
1.3	Vorstellung des Versuchsträgers	10
1.4	Aufbau der Arbeit	11
2	Erstellung eines Fahrzeugmodells	13
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 Bremssystems	29
2.3.1	Modellierung des Bremsfaktors	31
2.3.2	Modellierung der Bremsentemperatur	31
2.3.3	Identifikation und Validierung des Bremssystems	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
3	Online Bremsperformance-Schätzung	59
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
4	Reibwertprädiktion für nachfolgende Streckenabschnitte	123
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
5	Zusammenfassung	147
A	Ergänzungen zur Sensitivitätsanalyse der Modellparameter	149
B	Verfahren der kleinsten Fehlerquadrate	153
C	Beobachtbarkeit dynamischer Systeme	155
D	Filterung der Signale zur Offsetkorrektur	157
E	Ergänzungen zu Auswirkungen von Offsetfehlern	159
F	Ergänzungen zu Auswirkungen von Messrauschen	163
G	Dividierte-Differenzen-Filter zweiter Ordnung	167
H	Maschinelle Lernverfahren	171
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
Abkürzungs- und Symbolverzeichnis	177
Abbildungsverzeichnis	191
Tabellenverzeichnis	195
Literaturverzeichnis	197