

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen und Abkürzungen	xv
1 Einleitung	1
1.1 Bedeutung von Fahrdynamikregelsystemen	1
1.2 Problematik und Zielsetzung	7
1.3 Aufbau der Arbeit	9
2 Stand der Technik	11
2.1 Literaturübersicht	11
2.1.1 PKW-Seriensysteme zur Fahrstabilitätsregelung mit Bremseneingriff . . .	12
2.1.2 Forschungsarbeiten zur Fahrstabilitätsregelung mit Bremseneingriff	16
2.1.3 Übersicht zu Patenten und Offenlegungsschriften zur Fahrstabilitätsregelung mit Bremseneingriff	19
2.2 Grundlagen bremsenbasierter Fahrstabilitätsregelung	24
2.2.1 Physikalisches Grundprinzip	24
2.2.2 Struktur und Wirkungsweise ausgewählter industrialisierter Funktionskonzepte	27
2.2.3 Anforderungen an Fahrstabilitätsregelsysteme	33
2.3 Fazit	35
3 Modellierung und Analyse der Fahrzeugquerdynamik	39
3.1 Definition der Koordinatensysteme	39
3.2 Lineares Modell der Fahrzeugquerdynamik (Einspurmodell)	40
3.2.1 Bewegungsgleichungen des verallgemeinerten Einspurmodells	40
3.2.2 Übergang zum linearen Einspurmodell	43
3.3 Nichtlineares, ebenes Modell der Fahrzeugquerdynamik (Zweispurmodell)	44
3.3.1 Bewegungsgleichungen	45
3.3.2 Reifenmodelle	54
3.3.3 Physikalische Modellreduktion	69

3.3.4	Resultierendes Bewegungsdifferentialgleichungssystem	70
3.4	Methoden zur Parametrierung der Modelle	72
3.5	Validierung des Fahrzeugmodells zur Beschreibung des querdynamischen Fahr- verhaltens	75
3.6	Fazit	78
4	Reglerentwurf	79
4.1	Globale Anforderungen und Regelziele	80
4.2	Struktur des Fahrzeugmodells für den Reglerentwurf	81
4.3	Verfahren zur Schwimmwinkelermittlung	81
4.3.1	Korrelationsoptische Messverfahren	83
4.3.2	GPS-gestützte Inertialsensorik	83
4.3.3	Schwimmwinkelschätzer/-beobachter	87
4.4	Regelung der Querdynamik	88
4.4.1	Grundlagen des Reglerentwurfs von LT(I)-Systemen im Zustandsraum . .	89
4.4.2	Linearisierung des nichtlinearen Bewegungsdifferentialgleichungssystems .	91
4.4.3	Optimale Zustandsregelung	93
4.4.4	Bestimmung der Linearisierungs-/Referenzlage	95
4.4.5	Bestimmung der Gewichtungsmatrizen	98
4.5	Gesamtreglerstruktur und Online-Entwurfsverfahren	99
4.5.1	Online-Entwurfsverfahren	100
4.5.2	Transformation der Radlängskräfte in äquivalente hydraulische Raddrücke	101
4.5.3	Steuerungsmechanismen zur Beeinflussung der Regleraktivität	102
4.5.4	Einbindung des Fahrzustandsreglers in die System- und Funktionslandschaft	102
4.6	Fazit	103
5	Fahrsituationsanalyse	105
5.1	Charakterisierung des Normalfahrers	105
5.2	Bewegungszustand eines Fahrzeugs	109
5.3	Ableitung und Klassifikation relevanter Fahrmanöver	110
5.3.1	Fahrmanöverauswahl	110
5.3.2	Manöverbeschreibung "Lastwechsel in der Kurve mit überlagerter Lenk- aktion"	113
5.3.3	Manöverbeschreibung "Lastwechsel in der Kurve mit überlagertem Gang- wechsel"	114
5.3.4	Manöverbeschreibung "Schleichendes Übersteuern"	115
5.4	Identifikation kritischer Fahrzustände	116

5.5	Fazit	120
6	Potenzialanalyse	121
6.1	Versuchsträger zur prototypischen Funktionsumsetzung	121
6.2	Definition von Bewertungskriterien	124
6.2.1	Bewertungskriterien für das querdynamische Fahrverhalten	124
6.2.2	Bewertungskriterien für das Agilitäts- und Komfortverhalten	126
6.3	Versuchssystematik und Auswertungsmethodik	127
6.3.1	Spezifikation der Fahrstabilitätsregelsysteme	127
6.3.2	Systematik der Auswertung	127
6.4	Ermittlung der Bewertungskriterien im Fahrversuch	128
6.4.1	Lastwechsel in der Kurve	128
6.4.2	Lastwechsel in der Kurve mit überlagerter Lenkaktion	132
6.4.3	Lastwechsel in der Kurve mit überlagertem Gangwechsel	137
6.4.4	Schleichendes Übersteuern	142
6.5	Subjektive Bewertung des Schwimmwinkelreglers	147
6.6	Diskussion und Übertragbarkeit der Ergebnisse	150
7	Zusammenfassung und Ausblick	155
	Anhang	161
A	Physikalische und mathematische Herleitungen	161
A.1	Transformationsmatrizen	161
A.2	Fahrdynamikmodelle	162
A.2.1	Grundzüge der theoretischen Modellbildung des Fahrzeugverhaltens	162
A.2.2	Ergänzende Erläuterungen zum Einspurmodell	164
A.2.3	Ergänzende Erläuterungen zum nichtlinearen Zweispurmodell	168
A.3	Reifenmodelle	173
A.3.1	Herleitung der effektiven Schräglaufsteifigkeit in linearen Reifenmodellen	173
A.3.2	Magic Tyre Formula nach Pacejka	173
A.3.3	Exponentialansatz nach Burckhardt	173
A.3.4	HSRI-Reifenmodell	174
A.4	Reglerentwurf	175
B	Schwimmwinkelermittlung	177
B.1	Korrelationsoptische Messverfahren	177

B.2	GPS-gestützte Inertialsensorik	180
B.3	Schwimmwinkelschätzverfahren	181
C	Technische Daten und Parameter	183
C.1	Modellparameter	183
C.1.1	Parameter des Fahrzeugmodells für den Reglerentwurf	183
C.1.2	Parameter des Referenzmodells	184
C.1.3	Parameter des Reifenmodells	184
C.1.4	Parameter des Antriebsstrangmodells	184
C.2	Versuchsträger	185
C.2.1	Parameter des Versuchsträgers	185
C.2.2	Parameter der Bremsanlage	185
C.2.3	Sensorik	185
C.2.4	Rad-/Reifenkombination	186
D	Ergebnisse der Messfahrten zur Potenzialanalyse	187
D.1	Lastwechsel in der Kurve	188
D.2	Lastwechsel in der Kurve mit überlagerter Lenkaktion	190
D.3	Lastwechsel in der Kurve mit überlagertem Gangwechsel	193
D.4	Schleichendes Übersteuern	195
	Literaturverzeichnis	197