

Fortschritt-Berichte VDI

Reihe 12

Verkehrstechnik/
Fahrzeugtechnik

Dipl.-Ing. Ingo Weber,
Karlsfeld

Nr. 592

**Verbesserungspotenzial
von Stabilisierungssystemen im Pkw durch
eine Reibwertsensorik**

Berichte aus dem
Fachgebiet Fahrzeugtechnik
der TU Darmstadt
(Leiter: Prof. Dr. rer. nat. H. Winner VDI)



Inhaltsverzeichnis

Nomenklatur	VIII
Formelzeichen und Indizes	VIII
Abkürzungen	XI
1 Einleitung	1
1.1 Einfluss des Reibwerts auf die Fahrdynamik	2
1.2 Anwendungsbereiche für die Reibwertinformation	3
1.3 Stand der Forschung	5
1.4 Problematik, Zielsetzung und Methodik	6
1.5 Fazit	10
2 Reifen / Reibwert	12
2.1 Reibung	12
2.1.1 Reifenreibung	12
2.1.2 Reibwertbetrachtung am Gesamtfahrzeug	18
2.1.3 Reibwerteinflussgrößen	19
2.2 Ermittlung von Reifenkennfeldern	20
2.2.1 Stationäres Reifenverhalten	21
2.2.2 Instationäres Reifenverhalten	25
2.3 Reibwertermittlung im Fahrzeug	27
2.3.1 Reibwertschätzer	27
2.3.2 Reibwertsensorik / Reibwerterkennung	29
2.3.3 Vergleich der Systeme	30
2.4 Fazit	31
3 Werkzeuge / Simulation	33
3.1 Versuchsfahrzeug	33
3.2 Fahrzeugmodell	34
3.2.1 Reifenmodell	34
3.2.2 Validierung des Fahrzeugmodells	35
3.3 Fahrzeugstabilisierungssysteme (FSS)	39
3.3.1 Antiblockiersystem (ABS)	39
3.3.2 Elektronisches Stabilitätsprogramm (ESP, DSC, FDR, ...)	47
3.3.3 Aktive Vorderradlenkung (AFS)	56
3.4 Abbildung der Reibwertermittlungssysteme	63
3.4.1 Reibwertsensorik	63
3.4.2 Reibwertschätzer	64

3.5	Fazit	65
4	Betrachtete Fahrmanöver und Fahrbahnzustände	68
4.1	Auswahl	68
4.2	Durchführung und Bewertung	70
4.2.1	Vollbremsung geradeaus	71
4.2.2	Fahrspurwechsel	73
4.2.3	Vollbremsung in der Kurve	77
4.3	Reibwertnutzungsdifferenz (RND)	79
4.4	Fazit	83
5	Ergebnisse / Reibwertsensorikpotenziale	85
5.1	Einflussgrößen auf die Reibwertnutzungsdifferenz (RND)	85
5.2	Vollbremsung geradeaus	89
5.2.1	Parametersensitivität	89
5.2.2	Ermittlung der RND	92
5.2.3	RND-Funktion	101
5.2.4	Robustheit und Sensitivität der RND	106
5.3	Fahrspurwechsel	114
5.3.1	Parametersensitivität	114
5.3.2	Ermittlung der RND	116
5.3.3	RND-Funktion	122
5.3.4	Robustheit und Sensitivität der RND	125
5.4	Vollbremsung in der Kurve	128
5.4.1	Parametersensitivität	128
5.4.2	Ermittlung der RND	132
5.4.3	Robustheit und Sensitivität der RND	144
5.5	Fazit	149
6	Diskussion und Ausblick	152
6.1	Übertragbarkeit der Ergebnisse	152
6.1.1	Fahrzeug, Reifen	152
6.1.2	Fahrbahn	153
6.1.3	Fahrer	154
6.1.4	Heutige Stabilisierungssysteme	154
6.2	Bedeutung der Ergebnisse	155
6.2.1	Beurteilung der Methodik der Arbeit	155
6.2.2	Diskussion der Ergebnisse	156
6.3	Ausblick	164

7 Zusammenfassung	165
8 Anhang	167
8.1 Mathematische Beschreibung der stationären Reifeneinflussgrößen	167
8.2 Fahrdynamik	174
8.2.1 Horizontale Fahrzeugbewegung	174
8.2.2 Vertikale Fahrzeugbewegung	176
8.3 Modelle	178
8.3.1 Einspurmodell	178
8.3.2 Erweitertes Einspurmodell	181
8.3.3 Referenzmodell für AFS und DSC	182
8.3.4 Viertelfahrzeugmodell	182
8.4 Auslegung der Regler (Steuerungsglieder) für die einzelnen Regelsysteme	184
8.4.1 ABS-Regler	184
8.4.2 DSC-Regler	188
8.4.3 AFS-Regler	191
8.4.4 Parameter zur Beschreibung der Regelsysteme	195
8.5 Messtechnik im Versuchsfahrzeug	196
8.6 Zusammenstellung der verwendeten Simulationsparameter	198
8.6.1 Gesamtfahrzeug, Referenzmodell	198
8.6.2 Lenkung	199
8.6.3 Bremsanlage	199
8.6.4 Rad / Reifen	200
8.7 Analyse der Entstehung der RND	204
Literatur	210
Eigene Publikationen und betreute studentische Arbeiten	220