

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	iii
Formelzeichen und Indizes	vii
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Stand der Technik	3
1.2.1 Das Lenkgefühl und seine Bedeutung	3
1.2.1.1 Qualitative Beschreibung des Lenkgefühls	4
1.2.1.2 Quantitative Beschreibung des Lenkgefühls	6
1.2.1.3 Optimierung des Lenkgefühls mit aktiven Lenksystemen	10
1.2.2 Lenkmomentsimulation mit Steer-by-Wire Lenksystemen	16
1.2.2.1 Aktorik zur Darstellung künstlicher Lenkmomente	17
1.2.2.2 Messung der Reifenrückstellkräfte	18
1.2.2.3 Schätzung der Reifenrückstellkräfte	18
1.3 Schlussfolgerungen und Zielsetzung	20
2 Bestimmung des Lenkmoments	23
2.1 Messung der Zahnstangenkraft	23
2.2 Modellbildung des Zahnstangenkraftschätzers	24
2.2.1 Kalman-Filter zur Seitenkraftschätzung	25
2.2.2 Berechnung des Schräglaufwinkels	27
2.2.3 Quasistatische Radlastverteilung	28
2.2.4 Ergänzende Teilmodelle	30
2.3 Modellvalidierung und Analyse des Zahnstangenkraftschätzers	32
2.3.1 Validierung der Teilmodelle	32
2.3.2 Validierung des Gesamtmodells	35
2.3.3 Zeitverhalten	35
2.3.4 Zusammenfassung	40
2.4 Modellbildung und -validierung der Lenkung	41
3 Optimierung des Lenkgefühls	43
3.1 Lenkgefühloptimierung bei geschätzter Zahnstangenkraft	43
3.1.1 Verbesserung des Zeitverhaltens	43
3.1.2 Verstärkung der Fahrbahnrückmeldung	45
3.1.3 Verstärkung von Reifennachlaufänderungen	46

3.2	Lenkgefühloptimierung bei gemessener Zahnstangenkraft	47
3.2.1	Einstellung der Fahrbahnrückmeldung	47
3.2.2	Reduktion der Lenkungsstößigkeit	48
3.3	Übergreifende Maßnahmen zur Optimierung des Lenkgefühls	49
3.3.1	Systemimmanente Vorteile für die Berechnung und Abstimmung des Lenkmoments.	50
3.3.2	Verstärkung der Lenkmomentdegression beim Untersteuern.	50
4	Bewertung der entwickelten Modelle	53
4.1	Gegenstand der Untersuchungen.	53
4.2	Methodik.	54
4.2.1	Aufbau des Versuchsfahrzeugs	54
4.2.2	Bewertungsverfahren	57
4.2.3	Versuchsdurchführung	61
4.3	Ergebnisse	61
4.3.1	Lenkmomentverlauf	62
4.3.2	Präzision von Lenkeingaben	66
4.3.3	Rückmeldung von Fahrbahneigenschaften	66
4.4	Ergebniszusammenfassung.	70
5	Zusammenfassung und Ausblick	73
A	Anhang	77
A.1	Ergänzende Bilder zur Modellvalidierung	77
A.2	Einzelnoten der Probandenversuche	81
A.3	Fragebogen	86
A.4	Signifikanztests.	87
A.4.1	Signifikanztests der Notenbewertung.	88
A.4.2	Signifikanztests der Meinungsbewertung.	92
	Literaturverzeichnis	97