

# Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	iii
-----------------------	-----

Formelzeichen und Indizes	vii
---------------------------	-----

<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
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
<b>2 Bestimmung des Lenkmoments</b>	<b>23</b>
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
<b>3 Optimierung des Lenkgefühls</b>	<b>43</b>
3.1 Lenkgefühlsoptimierung 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	Lenkgeföhloptimierung bei gemessener Zahnstangenkraft . . . . .	47
3.2.1	Einstellung der Fahrbahnrückmeldung . . . . .	47
3.2.2	Reduktion der LenkungsstöÖigkeit . . . . .	48
3.3	Übergreifende Maßnahmen zur Optimierung des Lenkgeföhls . . . . .	49
3.3.1	Systemimmanente Vorteile für die Berechnung und Abstimmung des Lenkmoments. . . . .	50
3.3.2	Verstärkung der Lenkmomentdegression beim Untersteuern. . . . .	50
<b>4</b>	<b>Bewertung der entwickelten Modelle</b>	<b>53</b>
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
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>73</b>
<b>A</b>	<b>Anhang</b>	<b>77</b>
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
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>97</b>