

Inhaltsverzeichnis

Symbole und Abkürzungen	V
1 Einleitung	1
1.1 Klassische und moderne Fahrdynamikentwicklung	2
1.2 Stand der Forschung zur Fahrzeugquerdynamik	6
1.3 Aufbau und Ziel der Arbeit	8
2 Fahrzeugmodelle zur Bewertung der Querdynamik	11
2.1 Nichtlineares Einspurmodell mit Hinterachslenkung	11
2.1.1 Kinetik und Kinematik	12
2.1.2 Reifendynamik mit linearem Einlaufverhalten	15
2.1.3 Nichtlineares Reifenverhalten	18
2.1.4 Modellierung der Wankdynamik	20
2.1.5 Nichtlineare Zustandsgleichungen	24
2.2 Lineares Einspurmodell	24
2.2.1 Linearisierung von Kinetik und Kinematik	25
2.2.2 Lineare Zustandsgleichungen	26
2.2.3 Lenkmoment durch vektorielle Längskraftverteilung	27
2.3 Nichtlineares Zweispurmodell	29
2.3.1 Kinetik und Kinematik	30
2.3.2 Vereinfachte Radaufhängung	35
2.3.3 Erweiterung des Reifenmodells	38
3 Beurteilung der Querdynamik im Zeit- und Frequenzbereich	41
3.1 Fahrmanöver und Datenanalyse	41
3.2 Laplace-Transformation des linearen Einspurmodells	48
3.3 Kriterien zur Bewertung der Querdynamik	54
3.3.1 Beurteilung des Gierverhaltens	58
3.3.2 Bewertung des Querbeschleunigungsverhaltens	62

3.3.3	Bewertung des Wank-, Eigenlenk- und Reifenverhaltens	64
4	Entwicklung optimaler Lenkstrategien am linearen Einspurmodell	69
4.1	Optimale Vorderachslenkung für unterschiedliche Geschwindigkeiten	69
4.1.1	Formulierung als skalares Optimierungsproblem	71
4.1.2	Vergleich gradientenbasierter und stochastischer Optimierungen . .	73
4.1.3	Formulierung als mehrkriterielles Optimierungsproblem	79
4.1.4	Optimierung mit dem NSGA-II Algorithmus	82
4.1.5	Straftermstrategie für Nebenbedingungen	83
4.1.6	Optimierung mit einem MOPSO Algorithmus	84
4.2	Fahrgeschwindigkeitsabhängige Vorderachslenkung	89
4.2.1	Parametrisierungen	89
4.2.2	Optimierungsergebnisse	92
4.3	Regelung von Vorder- und Hinterachslenkung	95
4.3.1	Parametrisierung geschwindigkeitsabhängiger Regelgrößen	97
4.3.2	Ergebnisvergleich und Parameterreduktion	97
4.4	Fahrzeugindividualisierungsstrategie	102
5	Optimierung der Querdynamik im Bereich des nichtlinearen Fahrverhaltens	107
5.1	Kriterienvergleich zwischen Frequenz- und Zeitbereich	107
5.2	Darstellung des Einflusses von Nichtlinearitäten am Einspurmodell	109
5.2.1	Instationäres Fahrverhalten	110
5.2.2	Stationäres Fahrverhalten	112
5.2.3	Darstellung im Phasenraum	115
5.3	Mehrkriterielle Optimierungen des nichtlinearen Einspurmodells	120
5.3.1	Interpolationsmethode zur Approximation des diskreten Lenküber- setzungskennfeldes	124
5.3.2	Parametrisierung und Formulierung des Optimierungsproblems . . .	127
5.3.3	Diskussion der Optimierungsergebnisse	129
5.4	Mehrkriterielle Optimierungen des nichtlinearen Zweispurmodells	132
6	Robustheitsbasierte Optimierung	139
6.1	Grundlagen der robusten Optimierung	139
6.2	Unsicheres Fahrverhalten durch Zufallsparameter	143
6.2.1	Parameterunsicherheiten	144
6.2.2	Umweltunsicherheiten	145
6.2.3	Einfluss auf das Fahrverhalten	146
6.3	Optimierung des linearen Einspurmodells als robustes Entwurfsproblem . .	153

6.4	Stichprobenerzeugung und Antwortflächenmethoden	156
6.4.1	Stichprobenerzeugung mit optimal Latin-Hypercubes	157
6.4.2	Approximation mit dem Kriging-Verfahren	160
6.4.3	Untersuchungen zur Approximationsgüte und Recheneffizienz	163
6.4.4	Optimierungsergebnisse für das robuste Entwurfsproblem	167
6.5	Höhere Robustheit durch Adaption	168
7	Zusammenfassung	179
Anhang A:	Ergänzende Zusammenhänge	181
A.1	Zustandsform des linearen Einspurmodells mit Wankfreiheitsgrad	181
A.2	Kriging-Modell	183
Anhang B:	Zusätzliche Simulationen	185
B.1	Lineares Einspurmodell mit Wankfreiheitsgrad	185
B.2	Zweispurmodell	189
Abbildungen		193
Tabellen		201
Literatur		203