

Inhaltsverzeichnis

Symbolverzeichnis.....	XI
1 Einleitung und Übersicht	1
1.1 Fokus des Buches.....	3
1.2 Gliederung.....	6
2 Simulation im Automobilbereich	9
2.1 Einsatzgebiete von Simulationsverfahren.....	9
2.1.1 Spezifikation.....	11
2.1.2 Konstruktion.....	11
2.1.3 Virtuelle Produktentwicklung.....	12
2.1.4 Rapid Prototyping.....	13
2.1.5 Prototypen	15
2.1.6 Serienfahrzeug.....	15
2.1.7 Fertigung	16
2.1.8 Modellpflege	16
2.2 Moderne Simulationswerkzeuge.....	16
2.2.1 Allgemeine Simulationswerkzeuge.....	17
2.2.2 Automobilspezifische Simulationswerkzeuge	19
2.3 Zusammenfassung	19
3 Modellbildung der Fahrzeugdynamik	21
3.1 Aufbau und Struktur des Fahrzeugmodells.....	21
3.2 Stellsysteme im Kraftfahrzeug.....	23
3.2.1 Antrieb	23
3.2.2 Bremse	28
3.2.3 Lenkung	31
3.3 Bewegung der Reifen und Räder	33
3.3.1 Rotatorische Bewegungen der Räder.....	34
3.3.2 Translatorische Bewegungen der Räder.....	36
3.4 Fahrzeugbewegung parallel zur Fahrbahnoberfläche.....	42
3.5 Bewegung der Fahrzeugkarosserie.....	44
3.6 Relativbewegung zwischen Rädern und Karosserie.....	46
3.7 Zusammenfassung	51

4 Parametrierung des Fahrzeugmodells	53
4.1 Klassifikation der Modellparameter	53
4.2 Identifikation zeitvarianter Fahrzeugparameter	57
4.2.1 Offline-Schätzung der Fahrzeugmasse aus Fahrversuchen	60
4.2.2 Direkte Online-Schätzung der Fahrzeugmasse im Fahrbetrieb.....	63
4.2.3 Indirekte Online-Schätzung der Fahrzeugmasse.....	67
4.3 Zusammenfassung	75
5 Offline-Implementierung und Validierung des Fahrzeugmodells.....	77
5.1 Offline-Implementierung des Fahrzeugmodells.....	77
5.2 Validierung des Fahrzeugmodells.....	79
5.2.1 Validierung des Modells der Horizontalodynamik	80
5.2.2 Validierung des Modells der Vertikaldynamik.....	87
5.3 Fehlerquellen in der Simulation	89
5.3.1 Strukturelle Modellfehler	90
5.3.2 Parametrische Modellfehler	91
5.3.3 Auswirkungen von Modellfehlern auf die Simulation	92
5.3.4 Ansätze zur Reduktion von Modellfehlern.....	93
5.4 Zusammenfassung	93
6 Hybride Modellbildung.....	95
6.1 Grundlagen der Systemanalyse.....	95
6.2 Einordnung des Begriffs „Hybrides Modell“.....	97
6.3 Strukturen semiphysikalischer Modelle	99
6.3.1 Ersetzen von Teilkomponenten physikalischer Modelle	100
6.3.2 Kopplung von physikalischen und experimentellen Modellen	100
6.4 Experimentelle Modellbildung von Teilsystemen	105
6.4.1 Darstellungsformen nichtlinearer statischer Kennfelder	105
6.5 Modellierung dyn. nichtlinearer Systeme mit Neuronalen Netzen	114
6.5.1 Neuronale Netze mit externer Dynamik.....	114
6.5.2 Neuronale Netze mit interner Dynamik	124
6.6 Zusammenfassung	128
7 Ersetzen von Teilsystemen des Fahrzeugmodells	129
7.1 Identifikation des Verbrennungsmotors	129
7.1.1 Einsatz von Polynomen.....	131
7.1.2 Einsatz von Neuronalen Netzen.....	134
7.1.3 Einsatz von Fuzzy-Identifikationsverfahren.....	136
7.1.4 Vergleich der Verfahren.....	138
7.2 Identifikation der Radaufhängung	140
7.3 Identifikation der Wankdynamik	146
7.4 Struktur des semiphysikalischen Fahrzeugmodells.....	155
7.5 Zusammenfassung	157

8 Kopplung physikalischer und experimenteller Modelle	159
8.1 Adaption des Fahrzeugmodells an veränderliche Fahrzeugmassen	160
8.1.1 Struktur des Hybriden Modells.....	160
8.1.2 Training des Hybriden Modells	162
8.1.3 Generalisierung des Hybriden Modells	163
8.2 Adaption des Fahrzeugmodells an veränderliche Fahrbahnreibwerte	166
8.2.1 Struktur des Hybriden Modells.....	166
8.2.2 Training des Hybriden Modells	167
8.2.3 Generalisierung des Hybriden Modells	169
8.3 Zusammenfassung	173
9 Beobachtung externer Fahrwiderstände	175
9.1 Grundlagen nichtlinearer Zustandsbeobachter.....	175
9.2 Nichtlineare Zustandsbeobachter mit zeitvarianter Fehlerdifferentialgleichung	178
9.2.1 Struktur des nichtlinearen Beobachters	178
9.2.2 Analyse der Beobachtbarkeit des Systems	181
9.3 Entwurf eines Beobachters für die Fahrbahnsteigung.....	182
9.3.1 Struktur des Beobachters.....	182
9.3.2 Beobachtbarkeitsanalyse des Systems.....	183
9.3.3 Berechnung der zeitvarianten Beobachtermatrix	184
9.4 Ergebnisse der Beobachtung der Fahrbahnsteigung.....	186
9.5 Zusammenfassung	189
10 Implementierung des Fahrzeugmodells	191
10.1 Echtzeitimplementierung des Fahrzeugmodells.....	191
10.1.1 Hardware	191
10.1.2 Software	194
10.2 Ergebnisse der Echtzeitsimulation	196
10.3 Visualisierung der Simulationsergebnisse	199
10.3.1 Koordinatensysteme der Fahrzeugbewegung	199
10.3.2 Transformation der Koordinatensysteme.....	202
10.3.3 Darstellung der Fahrzeugbewegung in RealMotion	208
10.4 Zusammenfassung.....	209
11 Anwendungsbeispiele des Fahrzeugmodells	211
11.1 Dynamisches Übergangsverhalten	211
11.2 Charakteristische Übertragungsfunktionen.....	218
11.3 Zusammenfassung.....	224
12 Zusammenfassung	227
Literatur	231
Sachverzeichnis	243