
Inhalt

Kurzfassung	IV
Abstract.....	V
Formelzeichen	IX
Abbildungsverzeichnis	XIV
Tabellenverzeichnis	XVIII
1 Einleitung und Aufbau der Arbeit.....	1
1.1 Aufbau der Arbeit.....	2
1.2 Zielstellung.....	5
2 Übersicht über Stand der Forschung zu Modellvalidierungsmethoden	11
2.1 Validierung durch qualitativen Vergleich der Systemausgangsdaten	12
2.2 Validierung durch quantitative Fehlermaße	12
2.3 Validierung durch Anpassung des Modells.....	12
2.4 Validierung durch Intervallarithmetik.....	13
2.5 Validierungsmethoden basierend auf Diagnose- und Identifikationsverfahren	16
2.6 Weitere Werkzeuge und Methoden zur Modellbildung und Modellvalidierung	18
2.6.1 Validierung und Modellierung durch Linearitätstests	18
2.6.2 Sensitivitätsanalysen und statistische Methoden	18
2.7 Zusammenfassung und Diskussion der Validierungsmethoden.....	19
3 Methoden zur Fehlerdetektion und Fehlerisolation und Identifizierbarkeitsanalyse	21
3.1 Fehlerdetektion mittels Zustandsbeobachtern und Zustandsschätzern	21
3.2 Fehlerdetektion mittels Paritätsgleichungen	25
3.3 Fehlerdetektion mittels künstlicher neuronaler Netze (KNN)	27
3.4 Fehlerdetektion mittels Parameterschätzung.....	29
3.5 Identifizierbarkeit	30
3.6 Strukturelle Identifizierbarkeit	31
3.7 Differentialalgebra zur Identifizierbarkeitsanalyse	38
3.7.1 Transformation in Differentialpolynome.....	39
3.7.2 Formale Definitionen zur Differentialalgebra	40
3.7.2.1 Definition Ring.....	40
3.7.2.2 Definition differentieller Ring.....	40
3.7.2.3 Definition Ideal	41
3.7.3 Pseudodivision und Eliminierungsreihenfolgen	41
3.7.4 Pseudodivisionsalgorithmus von Ritt	42

3.7.5	Identifizierbarkeitsanalyse mittels Differentialalgebra.....	44
3.8	Zusammenfassung möglicher Fehlerdetektionsmethoden für die Modellvalidierung und Auswahl geeigneter Lösungen.....	48
4	Modellvalidierung mittels Systemidentifikation.....	50
4.1	Übersicht über geeignete Identifikationsverfahren	54
4.2	Genetische Programmierung	55
4.2.1	Beispiel: Identifikation eines nichtlinearen Einmassenschwingers	58
4.3	Anwendung der Validierungsmethode auf Ganzfahrzeugmodelle	63
4.4	Validierungsmodell des Fahrzeugaufbaus.....	64
4.4.1	Berechnung der Aufbaubeschleunigung im Schwerpunkt aus verteilten Sensorsignalen	68
4.4.2	Gesamtsystem Validierungsmodell	71
4.4.3	Sicherstellung der Vertrauenswürdigkeit der identifizierten Funktionen	72
4.4.4	Theoretisch erkennbare Fehler und Auswirkungen	73
4.5	Vereinfachtes Fahrzeugmodell zur Überprüfung der Validierungsmethode ...	75
4.6	Identifikationsergebnisse des Validierungsmodells	77
4.6.1	Matrix der Beträge der empirischen Korrelationskoeffizienten des Ausgangssystems	78
4.6.2	Vergleich der identifizierten Kennlinien	80
4.6.3	Analyse der Signalanteile im Zeitbereich.....	85
4.6.4	Identifikation der Feder- und Dämpferkennlinien mittels Beschleunigungssignal hinten links.....	90
4.7	Anwendung der Validierungsmethode auf ein komplexes Ganzfahrzeugmodell	93
4.8	Zusammenfassung der Modellvalidierung mittels Systemidentifikation.....	100
5	Modellvalidierung mithilfe differentialalgebraischer Algorithmen.....	102
5.1	Strukturelle Validierung von Modellansätzen.....	103
5.1.1	Beispiel: Nachweis der Existenz von Parametern für eine Masse.....	104
5.1.2	Arbeitsablauf bei der Modellvalidierung mittels Differentialalgebra.....	106
5.1.3	Beispiel: Strukturelle Validierung eines Viertelfahrzeugmodells	107
5.2	Neue und erweiterte Lösungen zur Modellvalidierung mittels Differentialalgebra.....	111
5.2.1	Änderungserkennung von Systemparametern	111
5.2.1.1	Beispiel: Änderungserkennung von Parametern am Viertelfahrzeugmodell.....	114
5.2.2	Eingrenzung geänderter Systemparameter	116
5.2.2.1	Beispiel: Eingrenzung geänderter Systemparameter am Viertelfahrzeugmodell.....	117

Inhalt

5.2.3	Prozesskette zum Auffinden und Eingrenzen von Fehlern mittels Differentialalgebra	120
5.2.4	Berücksichtigung von Parametergrenzen	122
5.2.5	Approximierbarkeit von Systemen und konstante Parametrierungen bei der strukturellen Validierung	125
5.2.6	Ein neues Fehlerkriterium zur Untersuchung der Approximierbarkeit und Sensitivität	126
5.2.7	Untersuchung der Existenz konstanter Parameter bei Unterbrechung der strukturellen Übereinstimmung	131
5.2.8	Untersuchung der Sensitivität der strukturellen Methoden	133
5.3	Entwickelbarkeit und Substituierbarkeit von Systemen.....	134
5.4	Fazit differentialalgebraische Modellvalidierung	136
6	Zusammenfassung und Ausblick	137
A	Anhang	139
A.1	Lineares Gleichungssystem zur Überprüfung der strukturellen Übereinstimmung	139
A.2	Parameter des vereinfachten Fahrzeugmodells	141
A.3	Charakteristische Menge mit explizitem Residuum.....	142
A.4	Parameterbegrenzungsbeispiel	143
A.5	Identifizierte Fahrzeuggleichungen vereinfachtes Modell	144
A.5.1	Gleichung aus Identifikation vorne links	144
A.5.2	Gleichung aus Identifikation hinten links	145
A.6	Parameter des unveränderten veDYNA-Modells.....	147
A.7	Parameter des veränderten veDYNA-Modells.....	159
	Literaturverzeichnis	171