

Inhalt

Verzeichnis der verwendeten Symbole

Einleitung	1
1 Die Kraftfahrzeugradaufhängung als Schwingungssystem: Grundlagen	7
1.1 Ersatzsysteme und Kennwerte der Vertikaldynamik	7
1.2 Klassifikation von Radaufhängungen mit veränderlichen Komponenten	9
1.3 Stand der Technik	14
1.3.1 Regelungs- und Steuerungskonzepte für variable Stoßdämpfer und Federn	14
1.3.2 Verstellprinzipien	17
1.4 Zusammenfassung	18
2 Mathematische Modellbildung, Simulation und Verifikation	20
2.1 Modellbildung und Simulation des dynamischen Verhaltens des kontinuierlich verstellbaren Zweirohrdämpfers	20
2.2 Modellbildung und Simulation des dynamischen Verhaltens der hydraulisch-pneumatischen Feder	30
2.3 Modellbildung und Simulation des dynamischen Verhaltens des Luftreifens	34
2.4 Beschreibung des Radaufhängungsprüfstandes PEGASUS	37
2.5 Modellvereinfachung und Verifikation	39
2.6 Zusammenfassung	42
3 Identifikation des Viertelfahrzeuges	44
3.1 Zeitkontinuierliche Identifikationsverfahren	44
3.2 Identifikation von Teilmodellen	49
3.2.1 Stückweise Linearisierung (Modellumschaltung)	52
3.2.2 Nichtlineare Identifikation	54
3.3 Identifikationsergebnisse	56
3.3.1 Anregungs- und Meßsignale	56
3.3.2 Identifikation der Koeffizienten der Radaufhängung mit linearen Modellen	57

3.3.3	Identifikation der Stoßdämpferkennlinie mit nichtlinearen und abschnittsweise linearen Modellen	63
3.3.4	Identifikation von Coulomb'scher Dämpfer- und Lagerreibung	66
3.3.5	Identifikation zeitvarianter Anteile	70
3.4	Identifikation von Signalmodellen	72
3.4.1	Grundlagen der Spektralschätzung	73
3.4.2	Identifikation der Reifenfedersteifigkeit	75
3.4.3	Einflußfaktoren	77
3.5	Zusammenfassung	80
4	Modellbildung und Identifikation eines Halbfahrzeuges	82
4.1	Beschreibung des Berkeley-Halbfahrzeugprüfstandes	82
4.2	Modellgleichungen	83
4.3	Identifikationsergebnisse	85
4.4	Vergleich zwischen Viertel- und Halbfahrzeug	87
4.5	Zusammenfassung	89
5	Modellgestützte Steuerungs- und Regelungskonzepte	90
5.1	Selbsteinstellende Radaufhängung	91
5.2	Dämpfungsregelung mit Parameterschätzung	93
5.2.1	Beschreibung des Verfahrens	93
5.2.2	Experimentelle Ergebnisse	96
5.3	Semiaktive Zustandsgrößen- und Parameterrückführung	99
5.3.1	Feedback-Linearisierung	99
5.3.2	Rückführung relativer oder absoluter Zustandsgrößen	103
5.3.3	Entwurf nach minimaler Varianz	104
5.3.4	Simulations- und experimentelle Ergebnisse	107
5.3.5	Schätzung absoluter Zustandsgrößen mittels Kalmanfilter	131
5.3.6	Aufschaltung meßbarer Störgrößen	134
5.4	Zusammenfassung	136

6	Einige Aspekte zur Realisierung	138
6.1	Überwachung der Identifikation	138
6.2	Anforderungen an Schaltzeiten und Stellbereiche	140
6.3	Reduzierung der Stellenergie	142
6.4	Zusammenfassung	143
7	Selbsteinstellendes Feder-Dämpfer-Element als mechatronisches System	145
7.1	Integration von Komponenten und Funktionen	145
7.2	Integriertes Gesamtsystem	147
7.3	Zusammenfassung	150
8	Zusammenfassung und Ausblick	151
	Anhang	155
A	Technische Daten des Viertel- und des Halbfahrzeugprüfstandes	155
B	Berechnung der physikalischen Prozeßkoeffizienten aus den Parameterschätzwerten a_i , b_i und c_{gi}	159
C	Herleitung der Bewegungsgleichungen des Viertelfahrzeuges aus den Gleichungen des Halbfahrzeuges	161
D	Identifikation von Coulomb'scher Reibung in Radaufhängungen (theoretische Untersuchungen)	163
E	Nebenrechnungen	168
E.1	Matrizen der Zustandsraumdarstellung (5.27) und (5.28)	168
E.2	Herleitung der Matrizen \underline{S} , \underline{Q} und der Gl. (5.39)	169
E.3	Matrizen der erweiterten Zustandsraumdarstellung (5.51) und (5.52)	172
F	Verwendete Rechnerhardware und Softwarebeschreibung	173
	Literatur	177