



Danksagung	III
Kurzfassung	VII
Abstract	XI
Nomenklatur	XXI
1. Einführung	1
1.1. Motivation	3
1.2. Zielstellung und Struktur der Arbeit	3
1.3. Eingrenzung der Aufgabenstellung	5
1.4. Begriffsdefinitionen	6
2. Wissenschaftliche Grundlagen	7
2.1. Automobiler Entwicklungsprozess	9
2.1.1. Entwicklungsprozess der Fahrdynamik	11
2.1.2. Entwicklungsprozess des Fahrkomforts	13
2.2. Fahrkomfort auf Gesamtfahrzeugebene	14
2.2.1. Definition charakteristischer Schwingungsphänomene	14
2.2.2. Bewertungsmethoden	16
2.3. Analyse und Modellierung dynamischer Systeme	18
2.3.1. Kennwerte für Übertragungseigenschaften	18
2.3.2. Mechanische Ersatzmodelle	20
2.3.3. Modellansätze zur Abbildung von Reibungseffekten	23
2.4. Stand der Forschung zu Eigenschaften von Subsystemen	24
2.4.1. Aufbauschwingungsverhalten	24
2.4.2. Fahrwerkseigenschaften	26
2.4.3. Rad/Reifengefederte Masse mit Reifen	34
2.4.4. Aggregat	38
2.4.5. Hilfsrahmen und Differenzial	43
2.4.6. Weitere Subsysteme	44
2.5. Abstrakte Modellansätze zur Abbildung des Schwingungskomforts auf Gesamtfahrzeugebene	46
2.6. Zusammenfassung des Stands der Forschung und Diskussion hinsichtlich der Zielvorstellung	47
3. Methodische Mittel zur Ableitung der Subsystemmethodik	49
3.1. Effiziente Identifikation des frequenzabhängigen Übertragungsverhaltens von Systemen	51
3.2. Versuchstechnik	55
3.2.1. Referenzfahrzeug	55
3.2.2. Kinematics and Compliance Prüfstand	56
3.2.3. Dynamischer Achsprüfstand	57
3.2.4. Dynamischer Kinematics and Compliance Prüfstand	60
3.3. Methode der Analyse und Abstraktion von Subsystemen	61
3.3.1. Definition der Subsystem-Blackbox und Übertragungsmatrix	61
3.3.2. Analyse und Modifikation der Übertragungsmatrix	63
4. Charakterisierung der Übertragungseigenschaften von Subsystemen	65
4.1. Einfluss von Subsystemen auf das Gesamtfahrzeug	67



4.2. Fahrwerk mit starr angebundenem Hilfsrahmen	69
4.2.1. Definition kinematischer, elastokinematischer und dynamischer Fahrwerkseigenschaften auf Basis einer Subsystem-Übertragungs- matrix	70
4.2.2. Statische elastische Eigenschaften	77
4.2.3. Nichtlineare statische Reibungseffekte	79
4.2.4. Dynamische Eigenschaften	82
4.3. Fahrwerk mit elastisch gelagertem Hilfsrahmen und Differenzial	86
4.3.1. Statische elastische Eigenschaften	86
4.3.2. Nichtlineare statische Reibungseffekte	90
4.3.3. Dynamische Eigenschaften	93
4.4. Aggregat	96
4.4.1. Schwingverhalten ohne Berücksichtigung von Hydrolagern	96
4.4.2. Schwingverhalten unter Berücksichtigung von Hydrolagern	97
4.5. Diskussion der Subsystemeigenschaften	100
5. Erstellung eines Konzeptmodells auf Subsystemebene	103
5.1. Kriterien zur Auswahl von Subsystemkennwerten	107
5.2. Allgemeingültiger nichtlinearer Abstraktionsansatz für Subsysteme	108
5.2.1. Formulierung mittels elastischer Drehpole	108
5.2.2. Vereinfachungen durch symmetrische Systeme	110
5.2.3. Diskussion des Ansatzes	112
5.3. Subsystemmodellierung des Fahrwerks	113
5.3.1. Modellierung des vertikalen Übertragungspfadades	114
5.3.2. Modellierung der Fahrwerkskinematik	116
5.3.3. Modellierung der Fahrwerkselastokinematik	118
5.3.4. Modellierung der Fahrwerksreibung	120
5.3.5. Validierung des Subsystemansatzes auf Achsebene	123
5.4. Subsystemmodellierung der Hilfsrahmen- und Differenziallagerung	124
5.5. Subsystemmodellierung der Aggregatlagerung	126
5.6. Zusammenfassung und Diskussion zur Modellierung unter Verwendung von Subsystemparametern	127
6. Parametrierungskonzept	129
6.1. Übersicht über Parametrierungsverfahren	131
6.2. Parametrierung von Fahrwerkseigenschaften	133
6.2.1. Statische Fahrwerkseigenschaften	133
6.2.2. Dynamische Fahrwerkseigenschaften	136
6.3. Parametrierung von Eigenschaften der Hilfsrahmen- und Differenziallagerung	139
6.3.1. Parametrierung statischer Eigenschaften der Hilfsrahmenlagerung .	139
6.3.2. Parametrierung dynamischer Eigenschaften der Hilfsrahmen- und Differenziallagerung	143
6.4. Parametrierung der Aggregatlagerung	145
6.5. Diskussion zum Stand des Parametrierungsvorgehens	148
7. Prozessdefinition mit Integration der Subsystemmethodik	149
7.1. Abhängigkeit des Fahrzeugschwingungsverhaltens von Subsystemparametern	152
7.1.1. Einfluss der Fahrwerkslängssteifigkeit	152
7.1.2. Einfluss des Fahrwerksschrägfederungswinkels	153
7.1.3. Einfluss der Fahrwerksreibung	155
7.2. Wettbewerbsanalyse auf Gesamtfahrzeugebene	163



7.3. Ableitungsprozess von Gesamtfahrzeug- zu Subsystemeigenschaften	167
7.3.1. Einfluss von Subsystemparametern auf niederfrequente Aufbau- schwingungen	171
7.3.2. Einfluss von Subsystemparametern auf das Fahrzeugstuckern	173
7.3.3. Einfluss von Subsystemparametern auf das Schwingungsverhalten bei Kantenüberfahrt	174
7.3.4. Zusammenfassung der Ergebnisse und Handlungsableitung	175
7.4. Ableitungsprozess von Subsystem- zu Komponenteneigenschaften	176
7.4.1. Elastische Lagerungen	176
7.4.2. Fahrwerkskonzepte	179
8. Zusammenfassung und Ausblick	181
Literaturverzeichnis	XXXIII
Abkürzungsverzeichnis	XLIX
A. Anhang	LXIII
A.1. Translation von Steifigkeitsmatrizen	LXV
A.2. Reproduzierbarkeit der Reibungsmessungen	LXVI
A.3. Dynamische Reibungseffekte	LXVII
A.4. Kräfte- und Momentengleichgewichte für wechselseitige Längsanregun- gen im Radmittel- und Radaufstandspunkt bei elastisch gelagertem Hilfs- rahmen	LXVIII