

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Aufbau der Arbeit	2
2	Bewertung von Fahrzeugschwingungen	3
2.1	Komfort	3
2.1.1	Quantifizierung des Fahrkomforts.....	3
2.1.2	Frequenzbewertung	6
2.1.3	Gesetzliche Rahmenbedingungen.....	7
2.1.4	Betrachtungen zur Genauigkeit der Bestimmung des Fahrkomforts	8
2.2	Fahrsicherheit	10
2.3	Übertragbare Zugkraft, Straßenbeanspruchung	11
3	Einflussparameter der Fahrzeugschwingungen	13
3.1	Federsteifigkeit.....	13
3.2	Dämpfung	13
3.2.1	Einfluss der Aufbaudämpfung auf den Fahrkomfort.....	14
3.2.2	Einfluss der Dämpfung auf die Fahrsicherheit	14
3.3	Weitere fahrzeugbasierte Einflussparameter	15
3.4	Anregungsprofile	15
4	Wirkprinzipien der schwingungsbeeinflussenden Systeme	19
4.1	Blattfeder.....	19
4.2	Schraubenfeder.....	19
4.3	Luftfederung	19
4.4	Hydropneumatische Federung	19
4.4.1	Einfachwirkendes hydropneumatisches Federungssystem.....	19
4.4.2	Doppeltwirkendes hydropneumatisches Federungssystem	23
4.5	Erzeugung der Dämpferkraft	25
4.5.1	Dämpfung durch Festkörperreibung	26
4.5.2	Dämpfung durch Flüssigkeitsreibung	27
4.5.3	Verstellbarkeit der Dämpfung	28
5	Geregelte Systeme zur Schwingungsbeeinflussung	30
5.1	Einteilung geregelter Federungssysteme	30
5.2	Regelstrategien für semi-aktive Systeme	31
5.2.1	Skyhook	32

5.2.2	Groundhook	34
5.2.3	Hybrid Skyhook-Groundhook	35
5.2.4	LQ-Regler	36
5.2.5	H_∞ - Regelung	36
5.2.6	Fuzzy-Regler und Neuro-Fuzzy-Regler	37
5.2.7	Weitere Regelungsstrategien	37
6	Stand der Technik	38
6.1	Federung durch die Reifen	38
6.2	Sitzfederung	39
6.3	Kabinenfederung	40
6.4	Achsfederung	42
6.5	Kombinierte Regelungen mehrerer Systeme	43
7	Modellbildung	45
7.1	Viertelfahrzeugmodell ohne Kabine	45
7.2	Viertelfahrzeugmodell mit Kabine	46
7.3	Weitere Modelleigenschaften	47
8	Simulationsauswertung	48
8.1	Konflikt Fahrkomfort Fahrsicherheit	48
8.2	Einfluss der Fahrgeschwindigkeit	51
8.3	Einfluss des Anregungsprofils	51
8.4	Potenziale und Grenzen der Regelungen	53
8.4.1	Skyhook-On/Off	54
8.4.2	Skyhook kontinuierlich	58
8.4.3	Groundhook-On/Off	61
8.4.4	Groundhook kontinuierlich	65
8.5	Einfluss der Aktordynamik	68
8.6	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen aus den Simulationsergebnissen der Achsfederung	71
8.7	Passive Kabinen- und Achsfederung	72
8.8	Kombinierte geregelte Kabinen- und Aufbaufederung mit unterschiedlichen Zielkriterien	73
8.9	Einfluss der Aktordynamik auf die kombinierte Regelung	75
8.10	Betrachtungen zum Vergleich des Fahrkomforts passiver und aktiver Systeme	76
9	Versuchsaufbau	78

9.1	Versuchsfahrzeug	78
9.1.1	Aufbaufederung des Versuchsfahrzeugs.....	78
9.1.2	Kabinenfederung des Versuchsfahrzeugs	81
9.1.3	Sitz.....	82
9.1.4	Sensorik und Aktorik	83
9.2	Fahrwerksprüfstand.....	84
9.3	Messung der dynamischen Radlast.....	85
9.3.1	Indirekte Messung der dynamischen Radlast	85
9.3.2	Direkte Messung der dynamischen Radlast	86
9.3.3	Messmethode 1 (indirekt).....	86
9.3.4	Messmethode 2 (direkt).....	87
9.4	Struktur der Hardware zur Steuerung und Regelung	88
9.5	Struktur der Software zur Steuerung und Regelung	90
9.5.1	Field Programmable Gate Array (FPGA).....	92
9.5.2	Bestimmung der Geschwindigkeiten	94
10	Versuchsauswertung	100
10.1	Aufbaufederung.....	100
10.1.1	Vergleich verschiedener passiver Dämpfungseinstellungen	100
10.1.2	Einfluss der Fahrgeschwindigkeit	101
10.1.3	Sprungantwort Skyhook-Regelung	102
10.1.4	Skyhookregelung des Aufbaus.....	103
10.2	Aufbau- und Kabinenfederung.....	105
10.2.1	Aufbau und Kabinenfederung passiv.....	105
10.2.2	Aufbau- und Kabinenfederung mit kontinuierlicher Skyhookregelung	107
11	Zusammenfassung und Ausblick	109
A1.	Parameter.....	122
A2.	Technische Daten 4-Stempel-Hydropulsanlage	124
A3.	Sensoren.....	125
A4.	Abmessungen Mobiltechnik Kabinenfederungselement Hydac	126
A5.	Vereinfachter Hydraulikschaltplan Aufbaufederung.....	127
A6.	Vereinfachter Hydraulikschaltplan Kabinenfederung.....	128