

Entwicklung einer Prüfspezifikation zur Charakterisierung von Luftfedern

Auftraggeber:

Forschungsvereinigung Automobiltechnik e.V. (FAT)

Auftragnehmer:

Fluidsystemtechnik (FST), Technische Universität Darmstadt,
Prof. Dr.-Ing. Peter Pelz,
Lehrstuhlinhaber und Institutsleiter

Verfasser:

Dipl.-Ing. Matthias Puff (FST),
Wissenschaftlicher Mitarbeiter

Inhalt

Zusammenfassung	I
Formelzeichen und Abkürzungen	VII
Abbildungen	XI
Tabellen	XV
1 Zielsetzung und Methode des Vorgehens	1
1.1 Zielsetzung	1
1.2 Methode des Vorgehens	1
2 Ableitung einer ausführlichen Prüfspezifikation	3
2.1 Begriffsdefinitionen	3
2.2 Anforderungen an die ausführliche Prüfspezifikation	4
2.3 Einzelprüfungen der ausführlichen Prüfspezifikation	4
2.4 Ergebnisse und Interpretation	6
2.4.1 Statische und Dynamische Kennlinie	6
2.4.2 Frequenz- und Amplitudengang	7
2.4.3 Zusammenfassung der physikalischen Effekte	11
3 Methoden zur Untersuchung von Harshness an Luftfedern	13
3.1 Begriffsbildung und Hypothesen als Ursachen für Harshness	13
3.1.1 Begriffsbildung	13
3.1.2 Hypothesen zur Ursache von Harshness	13
3.2 Experimentelle Untersuchungen der Harshnesshypothesen	14
3.2.1 Änderung der Tragfläche bei hochfrequenter Anregung	14
3.2.2 Auswirkungen von plastischen Elastomerverformungen	17
3.2.3 Steifigkeitsanstieg von Luftfedern bei kleinen Amplituden	19
3.2.4 Steifigkeitsanstieg von Luftfederbeinen bei kleinen Amplituden	21
3.3 Typische Länge zur Berechnung der Fahrzeugeigenfrequenz	23
3.3.1 Typische Länge einer Luftfeder	23
3.3.2 Ableitung der Fahrzeugeigenfrequenz aus der typischen Länge	24
3.4 Sprunganregung als Prüfmethode zur Harshnessbeurteilung	27
3.4.1 Verhalten der Luftfeder bei Sprunganregung	27
3.4.2 Zusammenhang zwischen Sprungantwort und Frequenzgang	27
3.4.3 Prüfmethodik Sprunganregung zur Harshnessbeurteilung	31
3.4.4 Definition einer realisierbaren Sprunganregung	32
3.4.5 Messergebnisse bei angepassten PID-Reglereinstellungen	33
3.4.6 Messergebnisse bei Vorgabe der Sprungfunktion über Cosinusflanke	34

3.4.7	Druckeinfluss auf das Harshnessverhalten	36
3.4.8	Fazit Sprunganregung	37
3.5	Ein HiLoop Verfahren zur Harshnessbeurteilung von Luftfedern	38
3.5.1	HiLoop Prinzip und Versuchsaufbau	38
3.5.2	Durchführung der HiLoop Versuche	39
3.5.3	Ergebnisse der HiLoop Versuche	40
4	Optimierung von Messdatenerfassung und Auswerteverfahren	42
4.1	Erforderliche Abtastfrequenz	42
4.2	Rauschreduktion durch Überabtastung und Filterung	42
4.2.1	Erhöhung der Abtastfrequenz zur Rauschreduktion	43
4.2.2	Filterdesign	44
4.3	Optimierung der Auswerteverfahren	45
4.3.1	Berechnung der Steifigkeit über Auswertefenster	45
4.3.2	Berechnung von Verlustwinkel und Dämpfarbeit	46
4.3.3	Optimierung der Anzahl von Schwingzyklen	47
5	Entwurf einer reduzierten Prüfspezifikation	49
5.1	Anforderungen an die reduzierte Prüfspezifikation	49
5.2	Reduzierte Prüfspezifikation	49
5.2.1	Erforderliche Prüfarten und Umfang der Einzelprüfungen	49
5.2.2	Bewertung und Fazit der reduzierten Prüfspezifikation	53
6	Literaturverzeichnis	54
A	Anhang: Ausführliche und reduzierte Prüfspezifikation	55
B	Anhang: Hinweise zur Versuchsdurchführung	57
B.1	Versuchsvorbereitung	57
B.1.1	Wahl der Servoventile	57
B.1.2	Wahl der Kraftmessdose	57
B.2	Versuchsdurchführung	58
B.2.1	Einbau der Luftfeder	58
B.2.2	Prüfstandsgrenzen	58
B.2.3	Vorkonditionierung	58
B.2.4	Messungen	58
B.2.5	Anpassung der PID Regelfaktoren	59
B.3	Versuchsauswertung	59
C	Anhang: Beschreibung der Auswertesoftware der Fa. Vibracoustic	61

D Anhang: Aufbau und charakteristische Eigenschaften von Luftfedern	65
D.1 Aufbau	65
D.2 Charakteristische Eigenschaften	66
D.2.1 Steifigkeit	66
D.2.2 Verlustwinkel und Dämpfarbeit	69
E Anhang: Messumgebung	72