

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	X
Tabellenverzeichnis.....	XV
Formelzeichen und Abkürzungen	XVI
1 Einleitung.....	1
1.1 Motivation.....	1
1.2 Zielsetzung.....	1
2 Grundlagen und Stand der Technik	2
2.1 Schwingungssystem Gesamtfahrzeug.....	2
2.2 Bremsinduzierte Schwingungen.....	4
2.2.1 Aufbau einer Scheibenbremsanlage	4
2.2.2 Physikalische Betrachtung des Bremsvorgangs	9
2.2.3 Definition und Entstehung von Bremsenrubbeln	11
2.3 Rad-Reifen induzierte Schwingungen.....	19
2.3.1 Radialkraftschwankung	19
2.3.2 Höhengschlag.....	19
2.3.3 Fiatspot.....	20
2.3.4 Radunwucht.....	20
2.4 Übertragungssystem Achse	22
2.4.1 Aufbau der Fünflenker Vorderachse des Audi A4 (B8)	23
2.4.2 Phasenlage der Anregung.....	25
2.5 Reduzierung der Anregung	26
2.5.1 Kompensation der Rad-Reifenungleichförmigkeit	26
2.5.2 Reduzierung der Bremsmomentenschwankungen.....	27
2.6 Verbesserung des Übertragungsverhaltens.....	29
2.6.1 Elastomerlager	29
2.6.2 Lenkungssystem.....	30
2.6.3 Achskinematik	30
2.6.4 Prüfstandkonzepte.....	32
2.7 Schlussfolgerungen aus dem Stand der Technik.....	32

3 Untersuchungsmethodik – Fahrversuch	34
3.1 Versuchsfahrzeug	34
3.2 Messaufbau.....	35
3.3 Definition der Prüfumgebung und Fahrmanöver	37
3.3.1 Bremsenrubbeln	37
3.3.2 Radunwucht.....	38
3.4 Signalanalyse.....	40
4 Objektives Bewertungsverfahren für Bremsenrubbeln.....	47
4.1 Subjektive Bewertung	47
4.2 Objektive Bewertungsmethode	48
4.2.1 Schwingungsbewertung nach der VDI-Richtlinie 2057.....	49
4.2.2 Generierung des Bewertungsmodells	50
5 Aufbau und Validierung des Simulationsmodells	55
5.1 Grundlagen der Mehrkörpersimulation.....	55
5.2 Modellaufbau.....	57
5.2.1 Achsen.....	58
5.2.2 Lenkung	59
5.2.3 Bremssystem.....	59
5.2.4 Reifen	59
5.2.5 Simulationsmanöver	61
5.3 Validierung der Simulation	62
5.3.1 Bremsenrubbeln	63
5.3.2 Radunwucht.....	65
6 Optimierung der Vorderachskinematik.....	67
6.1 Grundlagen der Numerischen Optimierung	67
6.1.1 Definition des Optimierungsproblems.....	67
6.1.2 Lokales und globales Minimum	69
6.1.3 Optimalitätskriterien.....	70
6.1.4 Nichtlineare Optimierungsalgorithmen	72
6.2 Aufbau der Optimierungsumgebung	74
6.3 Ergebnis der Schwingungsoptimierung.....	77
6.3.1 Achskinematikooptimierung.....	78
6.3.2 Elastomerlageroptimierung.....	81
6.3.3 Physikalische Deutung des Optimierungsergebnisses.....	83
6.4 Validierung des Optimierungsergebnisses im Fahrversuch.....	89

6.4.1	Aufbau des Versuchsträgers	89
6.4.2	Darstellung des Optimierungsergebnisses im Fahrversuch	91
6.4.3	Deutung der Unterschiede in Simulation und Fahrversuch	93
7	Zusammenfassung und Ausblick.....	96
	Literaturverzeichnis.....	98
	Anhang	106
A)	Definition der verwendeten kinematischen Kenngrößen.....	106
B)	Einfluss konstruktiver Parameter an der Radbremse auf die BTV	109
C)	Fahrzeugmesstechnik.....	110
D)	Schwingungsanalyse	112
E)	Objektives Bewertungsverfahren – Fahrversuchsauswertung	113
F)	Validierung der Simulation	114
G)	Optimierung der Vorderachskinematik.....	116