



# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>	<b>X</b>
<b>Tabellenverzeichnis.....</b>	<b>XV</b>
<b>Formelzeichen und Abkürzungen .....</b>	<b>XVI</b>
<b>1 Einleitung.....</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation.....	1
1.2 Zielsetzung.....	1
<b>2 Grundlagen und Stand der Technik .....</b>	<b>2</b>
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 Flatspot.....	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

<b>3 Untersuchungsmethodik – Fahrversuch .....</b>	<b>34</b>
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
<b>4 Objektives Bewertungsverfahren für Bremsenrubbeln.....</b>	<b>47</b>
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
<b>5 Aufbau und Validierung des Simulationsmodells .....</b>	<b>55</b>
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
<b>6 Optimierung der Vorderachskinematik.....</b>	<b>67</b>
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 Achskinematikoptimierung.....	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
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>96</b>
	<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>98</b>
	<b>Anhang .....</b>	<b>106</b>
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