

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Motivation der Arbeit . . . . .	1
1.2	Struktur der Arbeit . . . . .	3
1.3	Überblick relevanter Literatur zu hochfrequenten Bremsgeräuschen . .	4
1.3.1	Instabilitätsmechanismen . . . . .	5
1.3.2	Robustheit von Eigenwerten reiberregter Systeme . . . . .	6
1.3.3	Stabilität nichtlinearer Lösungen reiberregter Schwingungen .	6
1.3.4	Sensitivität reiberregter Schwingungen . . . . .	7
1.3.5	Optimierung von Substrukturen . . . . .	8
<b>2</b>	<b>Grundlagen der Modellierung und Berechnung reiberregter Flatterschwingungen an Reibungsbremsen</b>	<b>11</b>
2.1	Mechanische Einordnung des Bremsenquietschens . . . . .	11
2.2	Modellierung von Reibungsbremsen . . . . .	12
2.2.1	Modellierung von Komponenten . . . . .	13
2.2.2	Modellierung der Reibfläche . . . . .	14
2.2.3	Modellvalidierung . . . . .	16
2.3	Lösung des Eigenproblems . . . . .	18
2.4	Eigenwertstabilität . . . . .	21
<b>3</b>	<b>Robustheit reiberregter Flatterschwingungen</b>	<b>25</b>
3.1	Bedeutung der Robustheit von Eigenwerten . . . . .	26
3.2	Untersuchung der Robustheit an einem Minimalbeispiel . . . . .	27
3.2.1	Modellierung und statistischer Ansatz . . . . .	27
3.2.2	Robustheit auf Systemebene . . . . .	29
3.2.3	Robustheit auf modaler Ebene . . . . .	36
3.2.4	Auftretenswahrscheinlichkeit reiberregter Flatterschwingungen	41
<b>4</b>	<b>Der Einfluss nichtlinearer Fügestelleneigenschaften auf reiberregte Flatterschwingungen</b>	<b>45</b>
4.1	Bifurkationsverhalten und Stabilität reiberregter Schwingungen . . . .	45
4.2	Dominante Nichtlinearitäten und Fügestellen . . . . .	48

4.3	Bifurkationsszenarien unter Fügestelleneinfluss . . . . .	49
4.3.1	Modellierung . . . . .	49
4.3.2	Amplitudenmaximierung bei stetigen Eigenschaften . . . . .	52
4.3.3	Bifurkationsverhalten bei nicht-glatten Eigenschaften . . . . .	56
4.4	Anwendbarkeit von Stabilitätsapproximationen . . . . .	61
4.4.1	Approximationsverfahren für periodische Lösungen . . . . .	61
4.4.2	Abschätzung kritischer Parameterbereiche . . . . .	64
<b>5</b>	<b>Identifikation dominanter Substruktureigenschaften bei reiberregten Flatterschwingungen</b>	<b>67</b>
5.1	Sensitivitätsanalyse für reiberregte Flatterschwingungen . . . . .	67
5.2	Differentiation von Systemmatrizen . . . . .	69
5.2.1	Sensitivitätsanalyse bei FE-Modellen . . . . .	69
5.2.2	FE-Modelle als Kopplung modaler Substrukturen . . . . .	71
5.3	Identifikation dominanter Substrukturen . . . . .	72
5.4	Identifikation dominanter modaler Substruktureigenschaften . . . . .	78
<b>6</b>	<b>Bestimmung und Realisierung optimaler modaler Substruktureigenschaften zur Vermeidung reiberregter Flatterschwingungen</b>	<b>87</b>
6.1	Modale Entkopplung und Manipulation von Substrukturen . . . . .	87
6.2	Bestimmung optimaler Substrukturparameter . . . . .	89
6.3	Modale Strukturoptimierung für Substrukturen . . . . .	92
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung, Schlussfolgerungen und Ausblick</b>	<b>101</b>
<b>A</b>	<b>Innere Resonanz und reiberregte Flatterschwingungen</b>	<b>105</b>
<b>B</b>	<b>Der Einfluss entfernter Systemmoden auf die Stabilität</b>	<b>113</b>
<b>C</b>	<b>Streuung der Aufklingraten von Bremsgeräuschen im Laborversuch</b>	<b>117</b>
<b>D</b>	<b>Schemata der modalen Interaktion</b>	<b>121</b>
<b>E</b>	<b>Systemmatrizen und Parameter für das Minimalmodell</b>	<b>127</b>
<b>F</b>	<b>Substrukturreduktion bei reiberregten Flatterschwingungen</b>	<b>129</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>135</b>