

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Einführung . . . . .	1
1.2	Stand der Forschung . . . . .	3
1.3	Aufbau dieser Arbeit . . . . .	10
<b>2</b>	<b>Theoretische Grundlagen</b>	<b>15</b>
2.1	Finite-Elemente-Methode . . . . .	15
2.1.1	Akustisches Fluid . . . . .	15
2.1.2	Festkörperstrukturen . . . . .	18
2.2	Dämpfung . . . . .	22
2.2.1	Viskose Dämpfung . . . . .	22
2.2.2	Strukturdämpfung . . . . .	24
2.2.3	Komplexer Elastizitätsmodul . . . . .	25
2.3	Ermittlung von Dämpfungsparametern . . . . .	26
<b>3</b>	<b>Lösungsalgorithmen für akustische Trimmodelle</b>	<b>31</b>
3.1	Repräsentation eines Trims . . . . .	32
3.1.1	Semiphänomenologische und phänomenologische Trimmodelle . . . . .	32
3.1.2	Nicht-akustische Materialparameter . . . . .	36
3.1.3	Finite-Elemente-Methode für poröse Materialien . . . . .	39
3.1.4	Transfermatrix-Methode für poröse Materialien . . . . .	43
3.1.5	Green'sche Funktionen . . . . .	46
3.1.6	Andere Methoden für die Trimrepräsentation . . . . .	47
3.2	Trimberücksichtigung in FE Gesamtmodellen . . . . .	48
3.2.1	Einbindung eines FE Trims in das FE Gleichungssystem . . . . .	48
3.2.2	Einbindung eines TMM-Trims in das FE Gleichungssystem . . . . .	52
<b>4</b>	<b>Alternative Vorgehensweise zur Trimmodellierung</b>	<b>55</b>
4.1	Konzeption . . . . .	55
4.2	Beschreibung des globalen Gleichungssystems . . . . .	60

4.2.1	Modifizierte komplexe Steifigkeitsmatrix . . . . .	60
4.2.2	Admittanzrandbedingung . . . . .	62
4.3	Berechnung äquivalenter Strukturdämpfung . . . . .	63
4.3.1	Theoretische Grundlagen der PIM . . . . .	64
4.3.2	Herleitung eines Dämpfungskennwerts für die Trimsimulation . . . . .	66
4.3.3	Berechnungsergebnisse des Dämpfungskennwerts für die Trimsimulation . . . . .	68
4.4	Berechnung einer äquivalenten akustischen Impedanz . . . . .	73
4.4.1	Einfluss des gewählten Modells auf die Absorption . . . . .	75
4.4.2	Einfluss unterschiedlicher Abschlüsse (schallhart vs. elastisch) auf die Absorption . . . . .	77
4.4.3	Einfluss der Materialparameter auf die Absorption . . . . .	80
<b>5</b>	<b>Verifizierung und Validierung der Trimmodellierungstechnik</b>	<b>83</b>
5.1	Verifizierung unterschiedlicher Trimmodellierungsmethoden . . . . .	83
5.1.1	Ausgangsmodell und Lastfall . . . . .	83
5.1.2	Referenzmodell . . . . .	87
5.1.3	Trimmodelle . . . . .	88
5.1.4	Modellierungsergebnisse . . . . .	89
5.1.5	Einfluss der Trimmasse im alternativen Modell . . . . .	95
5.2	Validierung der alternativen Trimmodellierungstechnik . . . . .	97
5.2.1	Gesamtmodell und Messprüfstand . . . . .	97
5.2.2	Mess- und Berechnungsergebnisse . . . . .	99
5.3	Diskussion . . . . .	102
<b>6</b>	<b>Modellierung einer Entdröhnung</b>	<b>105</b>
6.1	Typisches Materialverhalten . . . . .	105
6.2	FE Modell einer belegten Basisstruktur . . . . .	106
6.3	Materialcharakterisierung und Validierung der Materialparameter . . . . .	108
6.3.1	Verlustfaktor eines Materialverbunds . . . . .	108
6.3.2	Elastische Materialparameter und der Verlustmodul . . . . .	110
6.3.3	Numerische Vorhersage des Verlustfaktors für einen Materialverbund mittels PIM . . . . .	111
6.4	Validierung des Verbundmodells . . . . .	119
<b>7</b>	<b>Trimmodellierung im Gesamtfahrzeug</b>	<b>125</b>
7.1	Konzeption . . . . .	125
7.2	Definition eines Lastfalls . . . . .	127

7.3	Identifikation der Trimbereiche im Gesamtfahrzeugmodell . . . . .	128
7.4	Mess- und Modellierungsergebnisse . . . . .	135
7.5	Vergleich der Modellierungsergebnisse mit der Referenzmodellierung . . . . .	141
7.6	Integrierbarkeit der Trimmodellierung in den virtuellen Pkw-Entwicklungsprozess . . . . .	144
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>147</b>
8.1	Zusammenfassung . . . . .	147
8.2	Ausblick . . . . .	150
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>151</b>