

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
1.1 Einführung	1
1.2 Stand der Forschung	3
1.3 Aufbau dieser Arbeit	10
2 Theoretische Grundlagen	15
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
3 Lösungsalgorithmen für akustische Trimmodelle	31
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
4 Alternative Vorgehensweise zur Trimmodellierung	55
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
5	Verifizierung und Validierung der Trimmodellierungstechnik	83
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
6	Modellierung einer Entdröhnung	105
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
7	Trimmodellierung im Gesamtfahrzeug	125
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
8	Zusammenfassung und Ausblick	147
8.1	Zusammenfassung	147
8.2	Ausblick	150
	Literaturverzeichnis	151