

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen und Symbole	v
1 Einleitung	1
1.1 Motivation und Stand der Forschung	1
1.2 Zielsetzung und Gliederung der Arbeit	6
2 Theoretische Grundlagen	9
2.1 Grundgleichungen der Akustik	9
2.2 Grundgleichungen der Elastodynamik	12
2.3 Fluid-Struktur-Interaktionsprobleme	17
2.4 Grundgleichungen der Wärmeübertragung	18
3 Spektral-Elemente-Methode (SEM)	21
3.1 Numerische Methoden für Randwertprobleme	21
3.2 Grundlagen der SEM	24
3.2.1 Überblick über spektrale Näherungsverfahren	24
3.2.2 Interpolationsfunktionen	29
3.2.3 Numerische Integration	36
3.2.4 Kondition und Lösung des linearen Gleichungssystems	39
3.2.5 Zeitliche Diskretisierung	42
3.3 SEM für Akustik	45
3.4 SEM für Elastodynamik	49
3.5 SEM für Fluid-Struktur-Interaktionsprobleme	52
3.6 SEM für Wärmeleitungsprobleme	56
4 Validierungsbeispiele für die SEM	59
4.1 A priori Fehlerschätzung	59
4.2 Akustische Probleme	62
4.2.1 Beispiele im Frequenzbereich	62
4.2.2 Beispiele im Zeitbereich	72
4.3 Elastodynamische Probleme	76
4.3.1 Beispiele im Frequenzbereich	76
4.3.2 Beispiele im Zeitbereich	79
4.4 Fluid-Struktur-Interaktionsprobleme	80

4.4.1	Beispiele im Frequenzbereich	80
4.4.2	Beispiele im Zeitbereich	93
4.5	Wärmeleitungsprobleme	97
4.5.1	Stationäre Wärmeleitungsprobleme	97
4.5.2	Transiente Wärmeleitungsprobleme	97
5	Das virtuelle Mehrzwecklabor und seine Anwendungsgebiete	101
5.1	Konzept und Aufbau des virtuellen Mehrzwecklabors	101
5.2	Bestimmung des Schalldamm-Maßes	102
5.2.1	Ermittlung im realen Versuchslabor	102
5.2.2	Näherungen für monolithische und zweischalige Wände	104
5.2.3	Näherungen für geometrisch komplexe Wandaufbauten	109
5.2.4	Ermittlung der Schalldämmung im virtuellen Labor	111
5.3	Bestimmung der Wärmedurchgangszahl	115
5.4	Optimierung multifunktionaler Wandstrukturen	118
5.4.1	Bestimmung der Zielfunktion	118
5.4.2	Optimierung durch Parametervariation und genetischen Algorithmus	120
5.5	Einflussparameter des virtuellen Mehrzwecklabors	122
6	Ausgewählte Anwendungsbeispiele	131
6.1	Schalldämmung von Wandstrukturen	131
6.1.1	Schalldämmung von monolithischen und mehrschaligen Wänden .	132
6.1.2	Schalldämmung der CBMA Designs	136
6.1.3	Schalldämmung von periodisch aufgebauten Wandstrukturen .	139
6.2	Wärmedämmung von Wandstrukturen	145
6.3	Optimierung multifunktionaler Wandstrukturen	147
6.3.1	Doppelschalige Wand mit Hohlräumen	147
6.3.2	Wand mit sieben Schichten	150
7	Zusammenfassung und Ausblick	155
7.1	Zusammenfassung	155
7.2	Ausblick	157
A	Anhang	159
A.1	Fourier-Transformation	159
A.2	Analytische Lösung der Helmholtz-Gleichung mit Dirichlet-Randbedingungen	159
A.3	Numerische Lösung der Wärmeübertragung durch Wandstrukturen mit Hohlräumen	160

A.4 Berechnung der Dispersionsdiagramme von periodischen Strukturen	164
Literaturverzeichnis	167