

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Numerische Strömungsakustik (CAA)	2
1.1.1	Verfahren höherer Ordnung	5
1.1.2	Overset-Gitter-Ansatz für komplexe Geometrien	7
1.1.3	Zonale Zerlegung	8
1.2	Zielsetzung	11
2	Modellierung der Schallausbreitung	15
2.1	Strömungsmechanische Bilanzgleichungen	16
2.2	Strömungsakustische Modellgleichungen	17
2.2.1	Nichtlineare Eulersche Störungsgleichungen	19
2.2.2	Linearisierte Eulergleichungen	20
2.3	Konvektive akustische Wellengleichung	21
2.4	Schallfeld in Rohrumgebungen	22
2.5	Akustische Analogien	26
3	Numerische Verfahren	31
3.1	Diskretisierungsschemata für CAA	31
3.1.1	Räumliche Diskretisierung	32
3.1.2	Zeitliche Diskretisierung	36
3.1.3	Filterung	42
3.2	Gitter	45
3.2.1	Krummlinige Koordinaten	45
3.2.2	Blockstrukturierung und Parallelisierung	47
3.2.3	Gittergenerierung und -aufbereitung	49
3.3	Grundströmung	50
3.4	Randbedingungen	51
3.4.1	Wandrandbedingung	51
3.4.2	Reflexionsarme Randbedingungen	52
3.4.3	Quellrandbedingungen	56
3.5	Modalanalyse	60
3.6	Fernfeldvorhersage	62
4	Overset-Gitter-Methode	65
4.1	Probleme blockstrukturierter CAA-Gitter	65
4.2	Gittereinbettung	68

Inhaltsverzeichnis

4.3	Interpolation	70
4.4	Austauschtopologie	73
4.4.1	Punkt-Such-Algorithmus	73
4.4.2	Identifikation von Zielknoten und Interpolationssternen	75
4.5	Voraussetzungen für den Einsatz	80
4.6	Implementierung im CAA-Verfahren	80
5	Validierung des Simulationsverfahrens	83
5.1	CAA-Verfahren	83
5.1.1	Bewertungskriterien für die Lösungsqualität	85
5.1.2	Randbedingungen	87
5.1.3	Gitterauflösung	92
5.1.4	Grundströmung	97
5.2	CAA-Verfahren mit Overset-Gitter-Technik	100
5.2.1	Einfluss der Gitterauflösungen im Overset-Gitter	103
5.2.2	Einfluss der Interpolationssterngröße	105
5.3	Hybrides CAA-FWH-Verfahren	108
6	Technische Anwendungsfälle	113
6.1	Angeschrägter Triebwerkseinlauf (<i>scarfed intake</i>)	114
6.1.1	Einfluss des Ansträngungswinkels	122
6.1.2	Einfluss der Grundströmung	123
6.2	Nebenstromkanal eines Triebwerks	128
6.2.1	Einfluss des Profils der Gabelung	139
6.2.2	Einfluss der Verstreubungen	141
6.2.3	Einfluss der Kanalkrümmung	143
7	Zusammenfassung und Ausblick	149
	Literaturverzeichnis	153
A	Koeffizientensätze für das numerische Verfahren	165
A.1	Räumliche Diskretisierung	165
A.2	Zeitliche Diskretisierung	167
A.3	Filterung	168
B	Detaillierte Ergebnisse der Nebenstromkanalsimulationen	171
B.1	Modenfelder im geraden Kanal	171
B.2	Modenfelder im gekrümmten Kanal	174
B.3	Vergleich der Modenfelder bei verschiedenen Gabelungen	177
B.4	Vergleich der Modenfelder mit und ohne Verstreubungen	178
B.5	Vergleich der Modenfelder im geraden und gekrümmten Kanal	180