

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
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
<b>2</b>	<b>Modellierung der Schallausbreitung</b>	<b>15</b>
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
<b>3</b>	<b>Numerische Verfahren</b>	<b>31</b>
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
<b>4</b>	<b>Overset-Gitter-Methode</b>	<b>65</b>
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
<b>5</b>	<b>Validierung des Simulationsverfahrens</b>	<b>83</b>
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
<b>6</b>	<b>Technische Anwendungsfälle</b>	<b>113</b>
6.1	Angeschrägter Triebwerkseinlauf ( <i>scarfed intake</i> ) . . . . .	114
6.1.1	Einfluss des Anschrägungswinkels . . . . .	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 Verstrebungen . . . . .	141
6.2.3	Einfluss der Kanalkrümmung . . . . .	143
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>149</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>		<b>153</b>
<b>A</b>	<b>Koeffizientensätze für das numerische Verfahren</b>	<b>165</b>
A.1	Räumliche Diskretisierung . . . . .	165
A.2	Zeitliche Diskretisierung . . . . .	167
A.3	Filterung . . . . .	168
<b>B</b>	<b>Detaillierte Ergebnisse der Nebenstromkanalsimulationen</b>	<b>171</b>
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 Verstrebungen . . . . .	178
B.5	Vergleich der Modenfelder im geraden und gekrümmten Kanal . . . . .	180