

Inhaltsverzeichnis

Verwendete Formelzeichen und Abkürzungen	VII
Zusammenfassung	IX
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Stand des Wissens	2
1.2.1 Experimentelle und analytische Betrachtungen	2
1.2.2 Numerische Untersuchungen	5
1.3 Zielsetzung	8
2 Theoretische Grundlagen	9
2.1 Allgemeine Akustikgrundlagen	9
2.1.1 Schalldruckpegel	9
2.1.2 Schmalband-Fourieranalyse	10
2.1.3 Schallschnelle, -intensität, -leistung und Impedanz	11
2.1.4 Schall und Pseudoschall	12
2.2 Theorie von Rossiter Pseudoschall	12
2.3 Allgemeine Edge-Tone Theorie	15
2.4 Helmholtzresonator	18
2.5 Navier-Stokes	21
2.5.1 Massenbilanz	21
2.5.2 Impulsbilanz	22
2.5.3 Energiebilanz	22
2.5.4 Allgemeine Form der Transportgleichung	23
2.5.5 Diskretisierung	23
2.5.6 Finite Volumen	24
2.5.7 Diskretisierung des Konvektionsterms	25
2.5.8 Diskretisierung des Zeitterms	27
2.5.9 Druckkorrektur	28
2.5.10 Turbulenzmodellierung	28
2.5.11 Standard-k-ε-Modell	29
2.5.12 Rechenverfahren	30
2.6 Lattice-Boltzmann Methode	30
2.6.1 Top-down versus bottom-up	31
2.6.2 Boltzmann Gleichung	32
2.6.3 Kollisionsoperator	33
2.6.4 Gleichgewichtsverteilung	35
2.6.5 Lattice-Boltzmann Gleichung	35
2.6.6 Diskretisierung	37
2.6.7 Multiskalen Analyse	38
2.6.8 Turbulenzmodellierung	40
2.6.9 Rechenverfahren	41

3	Experimentelle Untersuchungen	42
3.1	Messtechnik	42
3.2	Rechteckige Kavitäten	43
3.2.1	Der Helmholtzresonator	43
3.2.2	Flache Kavitäten	48
3.3	Heckklappenspalt	50
3.3.1	Vergleich A3/S3	51
3.3.2	Verstimmerleiste	55
3.3.3	Kreuzkorrelation	56
3.3.4	CFD Ausblick	57
3.4	Motorhaubenspalt	58
3.4.1	Zierritterposition	60
3.4.2	Störmaßnahmen zum Zierritterpfeifen	61
3.4.3	Hitzdrahtmessungen	64
4	CFD Simulation	69
4.1	Helmholtzresonator	70
4.1.1	Basissimulation	70
4.1.2	Geschwindigkeitsreihe	76
4.1.3	Frequenzanalyse	78
4.2	Heckklappenspalt	86
4.2.1	Simulationsmethodik	86
4.2.2	Quasi-3D Simulation PowerFLOW	89
4.2.3	2D Simulation mit PowerFLOW	92
4.2.4	2D Simulation mit Navier-Stokes	94
4.2.5	Frequenzanalyse	98
4.3	Motorhaubenspalt	102
4.3.1	Simulationsmethodik	103
4.3.2	Simulationsergebnis	104
5	Bewertung und Ausblick	109
	Literaturverzeichnis	111