

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	vii
Nomenklatur	xi
1 Einleitung	1
2 Technische Charakteristika des Fenestrans	3
2.1 Operative Vorteile des Fenestrans	3
2.2 Aerodynamik des Fenestrans	5
2.3 Akustik des Fenestrans	7
2.3.1 Aeroakustische Quellterme	7
2.3.2 Lärmquellen am Fenestron	12
2.4 Stand der Forschung in der Reduzierung von Fenestronlärm	16
3 Passive, indirekte Maßnahmen der Lärmreduzierung	26
3.1 Verschiedene indirekte Lärmreduzierungsmaßnahmen im Überblick	26
3.2 Zweidimensionale Theorie zur Beschreibung des Absorptionsverhaltens von Helmholtz-Resonatoren	29
3.2.1 Herleitung des Absorptionsgrades	30
3.2.2 Herleitung der komplexen Wandimpedanz	34
3.2.3 Herleitung der komplexen Wandimpedanz eines Helmholtz-Resonators	36
3.2.4 Herleitung der Reibungsimpedanz eines Helmholtz-Resonators	37
3.2.5 Herleitung der Massenimpedanz eines Helmholtz-Resonators	39
3.2.6 Herleitung der Bohrungsaustrittsimpedanz eines Helmholtz-Resonators	40

3.2.7 Absorptionsverhalten eines Helmholtz-Resonators nach der zweidimensionalen Theorie	41
3.2.8 Schräger Schalleinfall	46
3.3 Dreidimensionale Theorie zur Beschreibung des Absorptionsverhalten von Helmholtz-Resonatoren	48
3.3.1 Herleitung der Eintrittsimpedanz eines Helmholtz Resonators	51
3.3.2 Herleitung der Reibungsimpedanz eines Helmholtz Resonators	53
3.3.3 Herleitung der Massenimpedanz eines Helmholtz Resonators	53
3.3.4 Herleitung der Bohrungsaustrittsimpedanz eines Helmholtz Resonators	53
3.3.5 Absorptionsverhalten eines Helmholtz-Resonators nach der dreidimensionalen Theorie	56
3.4 Empirische Modelle zur Beschreibung des Absorptionsverhalten von Helmholtz-Resonatoren	57
3.4.1 Empirisches Modell zur Beschreibung des Absorptionsverhalten von Helmholtz-Resonatoren nach Ingard mit Erweiterungen von Brown	61
3.4.2 Empirisches Modell zur Beschreibung des Absorptionsverhaltens von Helmholtz-Resonatoren bei hohem Schalldruckpegel nach Hersh und Walker	63
3.4.3 Empirisches Modell zur Beschreibung des Absorptionsverhaltens von Helmholtz-Resonatoren bei hohem Schalldruckpegel und einer anliegenden Strömung nach Hersh und Walker	70
4 Versuchsaufbauten und Meßtechnik	76
4.1 Impedanzrohr	76
4.1.1 Bestimmung der Absorptionseigenschaften eines Helmholtz-Resonators im Impedanzrohr durch Messung der Schalldruckverteilung	77
4.1.2 Bestimmung der Absorptionseigenschaften eines Helmholtz-Resonators im Impedanzrohr durch die Zwei-Mikrofon-Methode	79
4.2 Helmholtz-Resonator Prüfstand	81
4.2.1 Bestimmung der Absorptionseigenschaften eines Helmholtz-Resonators im Helmholtz-Resonator Prüfstand	82

4.3 Fenestronprüfstand	83
4.3.1 Strömungstechnische Messungen	88
4.3.2 Bestimmung der Absorptionseigenschaften eines Helmholtz-Resonators im Fenestronprüfstand durch die Zwei-Mikrofon-Methode	89
4.3.3 Schalleistungsmessungen	91
5 Erarbeitung einer geeigneten Helmholtz-Resonatorgeometrie	93
5.1 Lage der Helmholtz-Resonatoren auf dem Fenestronmantel	95
5.2 Bestimmung des Fenestronschubes	96
5.3 Messung der Schalldruckverteilung auf dem Fenestronmantel	101
5.4 Berechnung der Eintrittsimpedanz	109
5.5 Bestimmung der Reibungsimpedanz, Massenimpedanz und Bohrungsaustrittsimpedanz ohne den Einfluß einer anliegenden Strömung	115
5.5.1 Beschreibung des Programmsystems Absorp	116
5.5.2 Ergebnisse der numerischen Simulation	117
5.5.3 Validierung der numerischen Simulation	119
5.5.4 Mehrlochresonatoren	122
5.6 Bestimmung der Reibungsimpedanz, Massenimpedanz und Bohrungsaustrittsimpedanz mit dem Einfluß einer anliegenden Strömung	126
5.7 Berechnung der Verlustleistung	133
6 Integration der Helmholtz-Resonatoren in das Fenestronmodell	138
6.1 Integration der Einzelresonatoren	138
6.2 Integration der Mehrlochresonatoren	143
7 Messungen am Fenestronprüfstand	145

7.1 Übertragung der Meßergebnisse auf den Originalfenestron	153
8 Aufgaben für die Zukunft	154
9 Zusammenfassung	158
10 Literaturverzeichnis	162
Anhang A: Daten unterschiedlicher Fenestrons	166
Anhang B: Technische Zeichnungen zum Fenestronprüfstand	168
Anhang C: Fotos des Fenestronprüfstandes	173
Anhang D: Meßergebnisse	177