

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IX
Tabellenverzeichnis	XIII
Nomenklatur	XV
Kurzfassung	XIX
Abstract	XXI
1 Einleitung	1
1.1 Hintergrund und Motivation	1
1.2 Literaturübersicht	2
1.2.1 Studien mittels Navier-Stokes basierender Methoden	4
1.2.2 Studien mittels der Lattice-Boltzmann-Methode	8
1.3 Zielsetzung und Arbeitshypothesen	10
1.4 Aufbau der Arbeit	11
2 Theoretische Grundlagen	12
2.1 Ventilatoren	12
2.1.1 Aufgaben von Ventilatoren	12
2.1.2 Klassifizierung von Ventilatoren	12
2.1.3 Kenngrößen von Ventilatoren	14
2.1.4 Kennlinien von Ventilatoren	16
2.2 Akustik	17
2.2.1 Grundbegriffe der Akustik	18
2.2.2 Signalverarbeitung	19
2.3 Grundlagen der Schallentstehung	22
2.3.1 Aerodynamische Schallentstehung und Elementarstrahler	22
2.3.2 Schallquellen und -entstehungsmechanismen bei Ventilatoren	23
2.4 Lattice-Boltzmann-Methode	28
2.5 Grundlagen der Ol-Anstrich-Methodik	31
2.5.1 Bestandteile einer Anstrichfarbe	32
2.5.2 Mischverhältnis der Anstrichfarbe	32
2.5.3 Interpretationstechnik der Anstrichbilder	33
3 Experimenteller Aufbau	34
3.1 Versuchsaufbau des Radialventilatorprüfstands	34
3.2 Beschreibung des analysierten Radialventilators	38
3.3 Sensorik und Datenerfassung	40
3.4 Versuchsaufbau und -durchführung von Hochfahrttests und Resonanzversuchen	41

3.5	Versuchsaufbau und -durchführung zur Erstellung der Ol-Anstrichbilder . .	42
4	Numerisches Setup	44
4.1	PowerFLOW, Release 6-2019 R2	44
4.1.1	Softwaremodule	44
4.1.2	Simulationsablauf	44
4.1.3	Gittererstellung	46
4.1.4	Physikalische Modellierung	47
4.2	Simulationsmodell	47
5	Basisanalyse	52
5.1	Einfluss des numerischen Gitters	52
5.1.1	Untersuchte Gittervarianten	52
5.1.2	Ergebnisse	55
5.1.3	Zwischenfazit	61
5.2	Untersuchung der Simulationsmachzahl	61
5.2.1	Untersuchte Machzahlen	61
5.2.2	Ergebnisse	62
5.2.3	Zwischenfazit	64
5.3	Variation der Betriebspunkte	64
5.3.1	Ergebnisse	64
5.3.2	Zwischenfazit	69
6	Tonale Analyse	70
6.1	Erweiterte Gitterstudie mit Spiralgehäuse	70
6.1.1	Untersuchte Gittervarianten	70
6.1.2	Ergebnisse	73
6.2	Variation der Zungengeometrie und Betriebspunkte	78
6.2.1	Untersuchte Zungenvarianten	78
6.2.2	Ergebnisse	79
6.3	Analyse der tonalen Schallkomponenten	86
6.4	Visuelle Analyse mit Spiralgehäuse	90
6.5	Zwischenfazit	99
7	Breitbandige Analyse	100
7.1	Untersuchte Einbauvarianten im Zuströmbereich	100
7.2	Erweiterte Gitterstudie mit Installationseffekt	101
7.2.1	Untersuchte Gittervarianten	101
7.2.2	Ergebnisse	102
7.3	Variation der Betriebspunkte mit Installationseffekt	112
7.3.1	Ergebnisse	112
7.4	Visuelle Analyse mit Installationseffekt	119
7.5	Zwischenfazit	122
8	Analyse der Simulationsergebnisse	123
8.1	Stromungstopologie	123
8.1.1	Einfluss des Volumenstroms	123
8.1.2	Detaillierte Betrachtung der Strömung im Optimalpunkt	127

8.2	Schallquellen und -entstehungsmechanismen	134
8.2.1	Übersicht der zu analysierenden Frequenzbereiche	135
8.2.2	Schallquellenlokalisierung	136
8.2.3	Schallentstehungsmechanismen	147
9	Zusammenfassung	151
10	Ausblick	154
	Literaturverzeichnis	156
A	Volumenstrom-Messeinrichtung: FLT-Düse	168
B	Hochfahrttest	170
C	Resonanzversuche	171
D	Fehleranalyse	173
E	Untersuchung des Netzeinflusses bei Off-Design-Bedingungen	178
F	Visuelle Analyse der Simulation mittels Anstrichbilder	180
	Betreute Arbeiten	189
	Lebenslauf	190