

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen	VII
Einleitung	1
1 Aerodynamisch erzeugter Lärm bei Axialventilatoren	4
1.1 Strömungsmechanische Betrachtungsweise.....	4
1.2 Akustische Betrachtungsweise.....	5
1.3 Einteilung einiger Lärmstehungsmechanismen.....	7
1.4 Literaturübersicht zum Blattspitzen-Wirbellärm.....	8
2 Experimenteller Aufbau	15
2.1 Der Versuchsventilator.....	15
2.2 Meßanordnungen.....	16
2.3 Meßtechnik und Datenverarbeitung.....	19
2.4 Korrelationsmeßtechnik.....	22
3 Globale experimentelle Ergebnisse	24
3.1 Einfluß der Spaltweite auf die Kenngrößen der Strömungsmaschine.....	24
3.2 Einfluß der Spaltweite auf die Schalldruckspektren	29
3.3 Spaltweitenvariation bei unterschiedlichen Zuströmbedingungen	32
3.4 Experimente zur Identifizierung des Schallentstehungsmechanismus.....	36
3.4.1 Vergleich von Nah- und Fernfeldspektren bei verschiedenen Betriebspunkten und Spaltweiten.....	36
3.4.2 Zeitverläufe der Wanddruckschwankungen.....	42
3.4.3 Lokalisierung der Effekte.....	46
3.4.4 Messungen auf den rotierenden Schaufeln	50
3.4.5 Strouhalsnormierung der untersuchten Effekte	56
3.5 Strömungssichtbarmachung	62
3.6 Versuche zur Minderung des Blattspitzen-Wirbellärms.....	67
3.6.1 Beschreibung einzelner Experimente.....	67
3.6.2 Turbulenzerzeuger im Spalt.....	72
4 Zum Unterschied aerodynamischer Druckänderungen und akustischer Druckwellen am Beispiel des Axialventilators	83
4.1 Die Frequenzen eines aerodynamischen Druckfeldes in relativ zueinander bewegten Koordinatensystemen.....	84
4.1.2 Zur Bestimmung der Ausbreitungsrichtung des periodischen aerodynamischen Druckfeldes.....	88
4.1.3 Die Ausbreitung der rotierenden Instabilitäten in azimuthaler Richtung.....	90

4.2	Das akustische Druckfeld des Axialventilators im angeschlossenen Kanal.....	99
4.2.1	Die Phasengeschwindigkeit einer Welle.....	99
4.2.2	Dispersion.....	100
4.2.3	Die Schallausbreitung in einem Rohr - akustische Moden.....	102
4.2.4	Summen- und Differenzfrequenzen einer rotierenden Schallquelle im Rohr.....	104
4.2.5	Die Schallabstrahlung einer rotierenden Schallquelle im Rohr - ein Experiment.....	106
4.3	Zusammenhänge des aerodynamischen Druckfeldes im Nahfeld mit der Schallabstrahlung im Fernfeld.....	112
4.3.1	Rotierende Instabilität (RI).....	112
4.3.2	Rotierende Ablösung(RS).....	115
4.3.3	Das Spaltweitengeräusch(CN).....	121
5	Ermittlung von Strömungsgeschwindigkeiten im Blattspitzen- bereich mittels Hitzdrahtanemometrie.....	122
5.1	Grundsätzliches zu Hitzdrahtmessungen an Strömungsmaschinen.....	122
5.2	Die hier eingesetzte Hitzdrahtmeßtechnik.....	123
5.3	Auswertung und Interpretationsversuche der Hitzdrahtsignale.....	124
5.4	Ein Vergleich zu den Druckschwankungen auf der Schaufel.....	137
6	Versuch der Modellbildung zum Entstehungsmechanismus des Spaltgeräuschs.....	139
7	Vorschläge für weitere Untersuchungen.....	142
	Zusammenfassung.....	144
Anhang		
A	Zur Entstehung von Rotor- und Blattfolgefrequenz.....	146
B	Zur Schallausbreitung im kreiszylindrischen Rohr mit und ohne Nabenkörper bei überlagerter Strömung.....	149
	Literatur.....	157