

# Ventilatoren im Einsatz

Anwendung in Geräten und Anlagen

Dipl.-Ing. Fritz Sohlender VDI und  
Dipl.-Ing. Günter Klingenberg VDI

unter Mitarbeit von

Dipl.-Ing. Dieter Franke  
Dipl.-Ing. Dieter Friedemann  
Elektromeister Werner Jähnige  
Dipl.-Ing. Bernd Rahn VDI  
Dipl.-Ing. Lothar Schmidt  
Dipl.-Ing. Dieter Schramm

VERLA3

# Inhalt

1	Einführung.....	1
2	Begriff des Ventilators.....	5
3	Ventilatorbauarten.....	9
3.1	Axialventilatoren.....	12
3.2	Radialventilatoren.....	19
3.3	Diagonalventilatoren.....	23
3.4	Seitenkanalventilatoren.....	24
4	Bestell- und Kenngrößen.....	27
4.1	Fördermedium.....	28
4.2	Volumenstrom.....	29
4.3	Druckerhöhung.....	31
4.3.1	Reibungsbehaftete Vorgänge.....	38
4.3.2	Impulssatz.....	44
4.4	Leistung und Wirkungsgrad.....	47
4.4.1	Energieumsetzung im Laufrad.....	48
4.4.2	Einfluß der Kompressibilität bei der Bestimmung der nutzbaren Förderleistung.....	50
4.5	Geräuschkenngrößen.....	51
4.5.1	Schalleistung.....	51
4.5.2	Schallwahrnehmung.....	52
4.5.3	Schallausbreitungsmedien.....	54
4.5.4	Schalldruck.....	54
4.5.5	Pegelmaße.....	54
4.5.6	Bewertete Schalldruckpegel.....	55
4.5.7	Frequenzanalyse.....	55
4.5.8	Schallabstrahlung vom Ventilator.....	56
4.5.9	Genormte Geräuschmeßverfahren.....	57
4.5.10	Überlagerung von Schallquellen.....	59
4.5.11	Schallfelder.....	60
4.6	Laufruhe.....	61
4.6.1	Auswirkungen der Unwuchten.....	64
4.6.2	Bewertung der Schwingungen.....	67
4.6.3	Auswirkungen der Schwingungen auf den Menschen.....	68
4.6.4	Schwingungsmessungen.....	70

4.6.5	Meßort und Meßrichtung.....	73
<b>5</b>	<b>Kennzahlen, Kennlinien und Betriebsverhalten.....</b>	<b>75</b>
5.1	Ähnlichkeitsgesetze und dimensionslose Kennzahlen.....	75
5.1.1	Umrechnung mit dimensionslosen Kennzahlen.....	76
5.1.2	Beispiel einer Umrechnung.....	76
5.1.3	Direkte Umrechnung.....	77
5.1.4	Ableitung der Ähnlichkeitsgesetze aus den Grundgesetzen der Turbomaschinen.....	79
5.1.5	Sonderfälle.....	80
5.1.6	Geltungsbereich der mechanischen Ähnlichkeit.....	80
5.1.7	Schnellaufzahl und Durchmesser kennzahl.....	82
5.2	Kennlinien und Betriebspunkt.....	85
5.2.1	Erforderlicher Volumenstrom.....	87
5.2.2	Totaldruckerhöhung bei hintereinander geschalteten Widerständen.....	87
5.2.3	Totaldruckerhöhung bei Netzverzweigungen.....	90
5.2.4	Kennlinien des Ventilators.....	93
5.2.5	Betriebspunkt.....	99
5.3	Parallelbetrieb und Hintereinanderschaltung.....	103
5.3.1	Parallelschaltung.....	103
5.3.2	Teilweiser Parallelbetrieb.....	106
5.3.3	Hintereinanderschaltung.....	107
5.4	Kennfelder, Typenfamilien, Regelkennfelder.....	109
5.4.1	Kennfelder geometrisch ähnlicher Ventilatoren.....	109
5.4.2	Kennfelder geometrisch nicht ähnlicher Ventilatoren.....	113
5.4.3	Regelkennfelder.....	119
5.4.4	Übersichtskennfelder.....	120
5.5	Einfluß der Reynolds-Zahl.....	124
5.6	Zulässige Toleranzen.....	126
5.7	Fehler bei der Zusammenarbeit des Ventilators mit der Anlage.....	128
5.8	Besonderheiten spezieller Bauarten und deren Vor- und Nachteile.....	133
<b>6</b>	<b>Elektrische Antriebe.....</b>	<b>139</b>
6.1	Auswahl der Ventilatormotoren.....	140
6.2	Elektrische Anlage bis zum Ventilatormotor.....	142
6.3	Verhalten und Kennwerte des Drehstrom-Asynchronmotors.....	147
6.4	Zusammenwirken von Motor und Ventilator.....	150
6.5	Drehzahlregelung.....	158

- 6.5.1 Regelung mit Frequenzumrichter.....159
- 6.5.2 Spannungsstellung.....168
- 6.5.3 Elektronikmotor.....170
- 6.6 Anschließen und Inbetriebnehmen des Ventilatormotors.....171
- 6.7 Leistungsmessungen an Motoren.....173
  
- 7 Regelung und Anpassung.....179
  - 7.1 Regelung.....179
  - 7.2 Anpassung.....185
  
- 8 Auswahl von Varianten.....187
  - 8.1 Auswahlkriterien.....187
  - 8.2 Auswahl aus vorhandenen Kennfeldern.....188
  - 8.3 Auswahl mit dimensionslosen Kennlinien.....190
  
- 9 Kennlinienstabilisierung.....195
  
- 10 Ventilatorenakustik.....205
  - 10.1 Geräuschkpektrum des Ventilators.....205
  - 10.2 Abschätzen der Geräuschemission.....209
  - 10.3 -Geräuschemission und Kanalsystem.....213
  - 10.4 Geräuschemission und Leistungsparameter.....217
  - 10.5 Konstruktionseinflüsse auf die Geräuschemission.....219
  - 10.6 Schallschutz bei Ventilatoren.....222
  
- 11 Zuverlässigkeit.....229
  - 11.1 Aerodynamische Bauabweichungen.....229
  - 11.2 Mechanische Zuverlässigkeit.....231
    - 11.2.1 Statische Belastungen.....232
    - 11.2.2 Dynamische Belastungen.....234
    - 11.2.3 Wälzlager und Schaufeln.....240
  - 11.3 Zur Maschinendiagnose an Prozeßventilatoren.....244
    - 11.3.1 Diagnosestrategie und Untersuchungsschritte.....245
    - 11.3.2 Messung und Beurteilung der Schwingintensität.....245
    - 11.3.3 Ermittlung von Bauteileigenfrequenzen.....248
  - 11.4 Zur Lagerdiagnose.....250
    - 11.4.1 Stufenweise Diagnose an Wälzlagern.....251
    - 11.4.2 Spezielle Diagnoseverfahren an Wälzlagern.....252

11.5	Zur Überwachung und Regelung.....	256
12	Ventilatoren in der Lufttechnik.....	261
12.1	Ventilatoren in Geräten und Anlagen.....	263
12.2	Ventilatoren in der Reinraumtechnik.....	275
12.3	Strahlventilatoren.....	278
13	Ventilatoren für besondere Beanspruchungen.....	287
13.1	Ventilatoren für explosive Gase und Stäube.....	287
13.2	Druckstoßfeste Ventilatoren.....	294
13.2.1	Anforderungen, Begriffe, Einsatzgebiete.....	294
13.2.2	Auslegung nach Anlagen- und Fluidkenngrößen.....	294
13.2.3	Besonderheiten druckstoßfester Ventilatoren in Anlagen.....	296
13.2.4	Hinweise zur druckstoßfesten Ventilatorgestaltung.....	298
13.3	Ventilatoren für feststoffbeladene Gase.....	300
13.3.1	Grundlagen des Staubtransportes.....	300
13.3.2	Verschleiß und Anhaftung bei Staubventilatoren.....	302
13.3.3	Dimensionierungshinweise für Staubventilatoren.....	311
13.4	Brandgasventilatoren, Entrauchungsventilatoren.....	311
13.4.1	Einsatzzweck und Anforderungen.....	311
13.4.2	Bauarten, Ausführungsformen.....	313
13.4.3	Bemessungs- und Aufstellungshinweise.....	315
13.5	Einfluß äußerer Kräfte auf Ventilatoren.....	316
14	Kunststoffeinsatz bei Ventilatoren.....	319
15	<i>Schwingungsprobleme bei großen Ventilatoren.....</i>	<i>325</i>
16	Kleinventilatoren.....	337
17	Meßtechnik.....	341
17.1	Prüfstandsmeßtechnik.....	341
17.2	Messungen in der Anlage.....	342
17.2.1	Einfache experimentelle Bestimmung des hydraulischen Wirkungsgrades.....	347
17.2.2	Beispiel der Messung einer Anlage als Grundlage für deren Erweiterung.....	348

---

18	Fehlersuchprogramme.....	359
18.1	Fehlersuchprogramm Aerodynamik.....	359
18.2	Fehlersuchprogramm Akustik.....	361
18.3	Fehlersuchprogramm Schwingungen.....	363
18.4	Fehlersuchprogramm elektrische Antriebe.....	366
18.5	Fehlersuchprogramm Wälzlager.....	368
18.6	Fehlersuchprogramm Maschinenbau.....	370
18.7	Fehlersuchprogramm Steuerung und Überwachung.....	370
19	Schlußbetrachtung.....T.....	373
	Literatur.....	375
	Vorschriften, Normen, Empfehlungen.....	407
	<b>Anlage:</b> Technischer Fragebogen für Ventilatoren in Anlehnung an DIN24 166.....	415
	Sachwörterverzeichnis.....	423