

Josef Lexis

Ventilatoren in der Praxis

Das Handbuch für Planer und Anlagenbauer

mit über 100 Beispielen
235 Abbildungen
38 Fotos

2. Auflage



GENTNER VERLAG STUTT GART

Inhalt

1.	Bauformen von Ventilatoren	
1.1.	Einleitung	11
1.1.1.	Lauftradformen	11
1.1.2.	Bau- und Anschlußarten von Ventilatoren	13
1.1.3.	Antriebsarten von Ventilatoren	14
1.1.4.	Drehrichtungen und Gehäusestellungen	15
1.1.5.	Nenngrößen von Ventilatoren	16
1.2.	Die Anlagenkennlinie	17
1.3.	Spezifische Unterschiede zwischen einem Hochleistungsventilator und einem Trommelläufer	18
1.3.1.	Vergleich eines gemeinsamen Betriebspunktes	19
1.3.2.	Vergleich beider Ventilatoren bei konstantem Druck	22
2.	Auswirkungen von Veränderungen im Anlagensystem – Einsatzgebiete –	
2.1.	Vergleich Trommelläufer zum Hochleistungsventilator	24
2.2.	Korrekturen von Betriebspunktänderungen unter Verwendung des Kennlinienfeldes und der Proportionalgesetze	27
2.3.	Luftmengenverschiebung bei kombinierten Zu- und Abluftgeräten	31
3.	Parallelbetrieb von Ventilatoren	
3.1.	Was versteht man unter Parallelbetrieb	36
3.2.	Der reine Parallelbetrieb	36
3.3.	Der gemischte Parallelbetrieb	36
3.4.	Reine Parallelschaltung mit zwei gleichen Hochleistungs-Ventilatoren	37
3.5.	Reine Parallelschaltung mit zwei gleichen Ventilatoren bei Drehzahländerung	39
3.6.	Reine Parallelschaltung mit mehr als zwei gleichen Ventilatoren	40
3.7.	Reine Parallelschaltung mit zwei gleichen Ventilatoren bei einer Anlage mit externer Druckkonstanthaltung	41
3.8.	Reine Parallelschaltung mit zwei gleichen Trommelläufers	44
3.9.	Reine Parallelschaltung mit zwei ungleichen Ventilatoren	46
3.9.1.	Volumenstromzunahme bei zwei ungleichen Ventilatoren	46
3.9.2.	Volumenstromabnahme bei zwei ungleichen Ventilatoren	47
3.10.	Parallelschaltung bei Ventilatoren mit Scheitel- und Wendepunkt	49
3.11.	Gemischter Parallelbetrieb	51
3.11.1.	Beispiel einer gemischten Parallelschaltung mit zwei gleichen Ventilatoren	52
4.	Reihenschaltung von Ventilatoren	
4.1.	Was versteht man unter Reihenschaltung	57
4.2.	Reihenschaltung mit zwei gleichen Ventilatoren	58
4.3.	Reihenschaltung mit zwei ungleichen Ventilatoren	60
4.3.1.	Druckerhöhung bei ungleichen Ventilatoren – Reihenschaltung –	60
4.3.2.	Druckabfall bei ungleichen Ventilatoren – Reihenschaltung –	61
5.	Anlagen mit Druckkonstanthaltung	
5.1.	Was versteht man unter Druckkonstanthaltung	64
5.2.	Druckkonstanthaltung mit Hochleistungsventilatoren	66

5.3.	Druckkonstanthaltung mit Trommelläufern	67
5.4.	Beispiel einer Anlage mit Druckkonstanthaltung	68
5.5.	Zusammenfassung der Erläuterungen – Druckkonstanthaltung ...	70
6.	Bypassbetrieb	
6.1.	Was versteht man unter einem Bypassbetrieb	71
6.2.	Welche Ventilatoren eignen sich für einen Bypassbetrieb	71
6.3.	Beispiel einer Bypassregelung	72
6.4.	Anwendung der Proportionalitätsgesetze am Beispiel 6.3	74
6.5.	Zusammenfassung der Erläuterungen – Bypassbetrieb –	75
6.5.1.	Variante des Bypassbetriebes	76
7.	Einfluß der Temperatur auf die Ventilator Kennlinie	
7.1.	Definition des Begriffes – Volumenstrom –	77
7.2.	Was versteht man unter Normvolumen	78
7.3.	Einfluß der Temperatur auf die Ventilator Kennlinie	79
7.4.	Zusammenfassung der Erläuterungen	83
7.5.	Mischen von Volumenströmen unterschiedlicher Temperatur	84
8.	Regelung von Ventilatoren	
8.1.	Einleitung	87
8.2.	Was versteht man unter dem Begriff Steuerung und Regelung ...	88
8.3.	Regelwege und Ventilator-Auslegungskriterien	89
8.4.	Leistungsaufnahme verschiedener Regelsysteme bei Volumenstromregelung	91
8.5.	Akustisches Verhalten der unterschiedlichen Regelsysteme	93
8.6.	Funktionsbeschreibung der Regelsysteme	94
	a) Drosselregelung	94
	b) Bypassregelung	95
	c) Drallregelung	96
	d) Laufschaufelregelung bei Axialventilatoren	103
	e) Stufenlose Drehzahlregelung - elektrisch -	105
	f) Stufenlose Drehzahlregelung – mechanisch –	107
	g) Sonstige Regelsysteme	108
8.7.	Vergleichende Beispiele für eine Drehzahl-, Drall-, und Laufschaufelregelung	108
8.8.	Aufbau eines Regelsystems	114
8.9.	Zusammenfassung	117
9.	Diffusoren	
9.1.	Was ist und bewirkt ein Diffusor	119
9.2.	Druckrückgewinn	121
9.3.	Beispiel für die Ermittlung des Druckrückgewinnes	122
9.4.	Radialventilatoren mit Sprungdiffusor	126
9.5.	Diffusoren bei Axialventilatoren	128
9.6.	Die Reynolds'sche Kennzahl	129
10.	Anschlüsse an Ventilatoren – Widerstandsbeiwerte –	
10.1.	Widerstandsbeiwerte für Jalousieklappen und Ventilatorsaugta- schen etc.	131
10.2.	Widerstandsbeiwerte für Umlenkstücke vor dem Ventilatoreintritt .	132
10.3.	Widerstandsbeiwerte für Kanalanschlüsse hinter dem Ventilatoraustritt.	134
10.4.	Widerstandsbeiwerte für Kniestücke hinter dem Ventilatoraustritt	135
11.	Definition der Drücke	
11.1.	Messen von Drücken in Saug- und Druckleitungen	136
11.2.	Saug- und druckseitiger Betrieb	137

11.3.	Druckseitiger Betrieb	138
11.4.	Saugseitiger Betrieb	139
11.5.	Einfluß der Kompressibilität von Luft auf die Berechnungen und Kennlinienangaben	140
11.6.	Temperaturerhöhung der Luft zwischen Ventilatoreintritt und Ventilatoraustritt	142
11.7.	Lüftung durch Impulsantrieb	145
11.7.1.	Der Impulsdruck	145
11.7.2.	Der Staudruck	147
11.8.	Maßeinheiten bei Drücken	148
12.	Verluste bei lufttechnischen Analgen — Ventilator/Motor —	
12.1	Ventilatorverluste — Ventilatorwirkungsgrad —	150
12.1.1	Verluste bei Antriebs-elementen	151
12.1.2	Motorverluste	153
12.2	Wärmeabgabe von Motor und Ventilator	154
12.2.1	Berechnungsbeispiel für die Wärmeabgabe — Ventilator/Motor —	154
12.3	Motorverhalten bei Teillastbetrieb	155
12.4	Ermittlung der Anlaufzeit eines Motors	158
12.4.1	Bestimmung der theoretisch genauen Anlaufzeit eines Motors ...	159
12.4.2	Beispiel für die theoretisch genaue Bestimmung der Anlaufzeit ...	160
12.4.3	Angenäherte Überschlagsrechnung zur Bestimmung der Anlaufzeit	163
13.	Antriebselemente für Ventilatoren	
13.1	Der Keilriemenantrieb — Allgemeines —	164
13.1.1	Berechnungsgrundlagen für einen Keilriemenantrieb und Beispiel	165
13.2	Mindestscheibendurchmesser, Lagerbelastung, Lagerlebensdauer	169
13.3	Die Kupplung	174
14.	Schwingungsdämpfer	
14.1	Schwerpunktsbestimmung, Schubkräfte und Auflagedrücke	181
14.1.1	Schwerpunktsbestimmung — Beispiel —	181
14.1.2	Schubkräfte — Beispiel —	183
14.1.3	Auflagedrücke — Beispiel —	184
14.2	Bestimmung der Schwingungsdämpfer	185
14.2.1	Feder-Schwingungsdämpfer	185
14.2.2	Gummi-Schwingungsdämpfer	186
14.2.3	Berechnungsgrundlagen und Beispiel	187
14.3	Maßnahmen beim Ventilatorbetrieb im Resonanzfall	188
15.	Explosionsschutz bei Ventilatoren	
15.1	Allgemeines	191
15.2	Forderungen an Ventilatoren für Ex-Schutz-Anlagen	192
15.3	Forderungen an Motoren für Ex-Schutz-Anlagen	193
15.3.1	Zulässige Zündschutzarten der Motoren für die einzelnen Zonen ..	194
15.3.2	Temperaturklassen und Explosionsklassen	195
16.	Sonderformen von Ventilatoren	
16.1	Dachventilatoren	197
16.2	Radialventilatoren mit Motor im Trommellauf-rad	204
16.3	Der Querstromventilator	207
16.4	Höchstleistungs-Radialventilatoren mit quadratischem Gehäuse ...	211
17.	Axialventilatoren	
17.1	Einleitung	215
17.1.1.	Einteilung der Axialventilatoren nach der Bauart	216

17.2.2	Einteilung nach Laufradform und Materialien	217
17.1.3	Einteilung nach dem Förderdruck	218
17.1.4	Das Axiallaufrad	218
17.2	Antriebsarten bei Axialventilatoren	219
17.2.1	Die Ventilator Kennlinie – Axialventilator –	222
17.2.2	Sicherheitseinrichtungen	224
17.2.3	Der Ventilatorwirkungsgrad	225
17.3	Betriebspunktfestlegung, Anschlußarten, Totaldruckerhöhung	227
17.4	Was bewirkt ein Vor- oder Nachleitrad	230
17.4.1	Gegenläufige Axialventilatoren	231
17.5	Anströmung druckseitiger Bauelemente in Klimazentralen	232
18.	Grundlagen der Akustik	
18.1	Begriffe und Definition	237
18.1.1.	Schalleistung und Schalldruck	240
18.1.2	Schalleistung, Schalleistungspegel, Schallintensität	242
18.1.3	Schalldruck, Schalldruckpegel	244
18.1.4	Beziehung der Schalleistung zum Schalldruck	245
18.1.5	Bewerteter Schalleistungspegel und Schalldruckpegel	246
18.1.6	Frequenzspektrum	247
18.1.7	Lautstärke und Lästigkeit	248
18.2	Addition von Schallquellen gleichen Pegels	252
18.3	Addition von Schallquellen unterschiedlichen Pegels	253
18.4	Schallabnahme mit der Entfernung im Freien	256
18.5	Schalldämpfung, Schalldämmung	257
19.	Berechnung der Ventilator-Geräusche	
19.1	Theoretische Bestimmung der Ventilatorgeräusche	261
19.2	Bestimmung der Ventilatorgeräusche nach Herstellerangaben	264
19.2.1	Bestimmung des Ventilatorgeräusches über den spezifischen Schalleistungspegel	267
19.3	Theoretische Bestimmung der Ventilatorgeräusche bei Betriebspunktänderungen	270
19.3.1	Verzeichnis wichtiger Normen für die Ventilatorakustik	271
19.4	Geräuschkomponenten bei Ventilatoren	272
20.	Montagehinweise für Ventilatoren	280
21.	Formelzeichen, Formeln, Ventilator-Kenngrößen	284
22.	Tabellen	291
22.1	Gaskonstante und Dichte von Gasen	291
22.2	Luftdruck und Temperatur je nach Ortshöhe	291
22.3	Dichte und Volumen der Trockenluft	292
22.4	Dampfdruck, Dampfgehalt und Wärmehalt von Luft	294
22.5	Dynamische und kinematische Zähigkeit von Luft und Wasser	295
22.6	Mittlere spezifische Wärmekapazität idealer Gase	296
22.7	h–x Diagramm	297
23.	Sachwortverzeichnis	298
24.	Schrifttum	301