

Inhaltsverzeichnis

A. Einleitung	1
1. Allgemeine Beziehungen	1
2. Ähnlichkeitsbeziehungen	9
2.1 Kennzahlen	9
2.2 Optimalkurven	14
2.3 Weitere Kenngrößen	16
2.4 Grundformeln	19
2.5 Gesamtübersicht über die Eigenschaften der verschiedenen Gebläsetypen	22
3. Verluste und Wirkungsgrade	25
3.1 Hydraulischer Wirkungsgrad	25
3.2 Volumetrischer Wirkungsgrad	26
3.3 Innerer Wirkungsgrad	26
3.4 Mechanischer Wirkungsgrad	26
3.4.1 Radreibungsverluste	26
3.4.2 Lagerverluste	27
3.5 Gesamtwirkungsgrad	28
3.6 Änderung des Gesamtwirkungsgrades durch den Anteil der mechanischen Verluste bei Drehzahländerung	29
4. Thermische Bestimmung des hydraulischen Wirkungsgrades	30
B. Radialventilatoren	31
I. Allgemeine Stromfadentheorie	31
1. Allgemeine Beziehungen	31
2. Radialer Eintritt	34
3. Reaktionsgrad	36
4. Kennlinien bei unendlicher Schaufelzahl	40
5. Grundaufgaben	43
6. Einfluß der Kompressibilität auf die Gültigkeit der Berechnungen	43
II. Genauere rechnerische Behandlung der Schaufelströmung	45
7. Geschwindigkeitsverteilung im Schaufelkanal	45
8. Kräfte senkrecht zur Strömungsrichtung	46
9. Kräfte in Strömungsrichtung	47
10. Relativwirbel	48
11. Gerade Schaufeln	50
12. Berechnung von Geschwindigkeits- und Druckverteilung in einem beliebigen Schaufelkanal	51
13. Wesentliche physikalische Besonderheiten bei Durchströmung von Radialrädern	51

14. Tragflügelbeschaufelungen	54
15. Rein mathematische Methoden zur Berechnung der Laufraddurchströmung	55
III. Einfluß der endlichen Schaufelzahl	57
16. Grundsätzliches	57
17. Näherungsberechnung nach STOBOLA	59
18. Genauere rechnerische Ermittlung der Minderleistung	61
19. Beeinflussung des Reaktionsgrades	71
20. Minderleistungen bei größeren Ablösungen	71
21. Die Schaufelzahl	75
IV. Gestaltung der Schaufelenden	75
22. Die wirkungslose Schaufel	75
23. Berücksichtigung der Schaufelstärke	78
V. Verluste	80
24. Laufradverluste	80
25. Stoßverluste	83
25.1 Laufradeintritt	83
25.2 Leitradverluste	85
26. Spaltverluste	86
27. Verluste im Spiralgehäuse	88
28. Leitkanalverluste	89
29. Hydraulischer Wirkungsgrad	90
VI. Günstigste Gestaltung des Laufrades	91
30. Fragestellung	91
31. Günstigster Eintrittsdurchmesser, bester Eintrittsschaufelwinkel	91
32. Einfluß der Eintrittskrümmung auf den Optimalwinkel	95
33. Optimalberechnung bei Vordrall	96
34. Konische oder parallele Deckscheiben	98
35. Bestimmung der Schaufelform	99
35.1 Die gerade Schaufel	99
35.2 Die Kreisbogenschaufel	99
35.3 Ermittlung aus dem Querschnittsverlauf	100
35.4 Die logarithmische Spirale	102
VII. Betriebseigenschaften von Radialgebläsen	103
36. Theoretische Kennlinie als Vergleichsbasis	103
37. Berechnung der Kennlinie	104
38. Änderung des Breitenverhältnisses	108
39. ψ -Verlauf bei Radialrädern	111
VIII. Die Haupttypen von Radialgebläsen	112
40. Historischer Überblick	112
41. Ein neues Hochleistungsgebläse	113
42. Spaltdichtung mit Hilfsstrahl	120
43. Umlenkung mit zwei Hilfsstrahlen	125
44. Die Bedeutung der Laufradeintrittsfläche und des Eintrittswinkels β_1	127
45. Änderung der Schaufelwinkel mit dem Durchmesser Verhältnis	129

46. Über 1 liegende statische Umsetzungsgrade bei Radialgebläsen	131
47. Berechnungsgrundlagen	137
48. Übersicht über die Änderung markanter Eigenschaften (ψ_{th} ; $\psi_{th, stat}$; w_2/w_1 ; β_2) mit dem Durchmesser Verhältnis	139
49. Staubgebläse	143
50. Doppelseitig ansaugende Gebläse	149
51. Gestaltung von Trommelläufern (Sirocco-Läufer)	151
a) Laufradbreite	152
b) Schaufelform	152
c) Schaufelzahl	154
d) Reaktionsgrad	155
e) Eingehendere Betrachtungen	155
f) Beschauflung mit beschleunigten Schaufelkanälen	158
g) Theoretische Berechnung der Schaufeldurchströmung	161
h) Versuchsergebnisse	162
i) Laufraddurchströmung von Trommelläufern bei Null-Förderung	165
k) Kleinstausführungen von Trommelläufern	166
l) Trommelläufer mit Platte vor dem Einlauf	167
IX. Zweimal durchströmte Läufer — Querstromgebläse	168
52. Historische Entwicklung des Querstromgebläses	168
53. Allgemeine Gesetzmäßigkeiten bei zweimal durchströmten Radialgittern	174
54. Der Reaktionsgrad r	179
55. Wirbelbewegung im Innern des Laufrades	180
56. Wirbelsteuerung	184
57. Übersicht über Versuchsergebnisse	187
58. Geschwindigkeitsverteilung	192
59. Querstromlüfter mit einer äußeren Leitfläche	193
60. Offen arbeitende Querstromläufer	194
61. Anwendungsbeispiele und Konstruktionsmerkmale	197
62. Seitenkanalgebläse	199
X. Leitvorrichtungen	200
63. Leitschaufeln	201
64. Austauschwirkung	203
65. Spiralgehäuse	205
a) Grundsätzliches	205
b) Konstruktionen von Spiralen ohne Berücksichtigung der Reibung	206
66. Exaktes Verfahren zur Gehäuseermittlung	217
67. Näherungsverfahren	219
68. Reibung und Sekundärströmungen in Spiralgehäusen	220
69. Drallabnahme durch Reibung in Ringräumen und glatten Leitringen	222
70. Der glatte Leitring	224
71. Verhalten der Spirale bei Belastungsänderungen	227
72. Der Zungenabstand	230
73. Radialgebläse mit filterartigen Schaufelkanälen	231
74. Diffusoren zur Verbesserung von Spiralgehäusen	232
75. Ausblasefilter	234

76. Gebläse mit Vorläufer. Gebläse mit umlaufendem Diffusor	234
77. Axialdruck von Radialgebläsen	236
78. Der Ventilator als Widerstandskörper in einem Netz. Verhalten bei umgekehrter Drehrichtung	239

C. Theorie und Berechnung von Axialgebläsen 239

XI. Berechnung der normalen Axialgebläse 239

79. Allgemeines	239
80. Einfache Beziehungen der Gitterströmung	241
81. Die vier Hauptfälle eines Axialventilators	244
82. Reaktionsgrad des bewegten Gitters	248
83. Berechnung nach der Tragflügeltheorie	249
84. Zweckmäßigkeit einer Profilierung	254
85. Gestaltung der Profilierung bei Axialgebläsen	257
86. Berechnung ohne Berücksichtigung der Flügelreibung	258
87. Allgemein gültige Beziehungen	260
88. Berechnung mit Berücksichtigung der Reibung	262
89. Der statische Umsetzungsgrad	263
90. Der Wirkungsgrad in Abhängigkeit von dimensionslosen Größen	264
91. Die Gleitzahlen von Lauf- und Leitrad	267
92. Wirkungsgrad bei frei ausblasenden Axialgebläsen	267
93. Diagramme zur optimalen Auslegung für alle Axialgebläse	269
94. Minderleistung durch Grenzschichteinflüsse	272
95. Geometrie der Kreisbogenschaufel	273
96. Die günstigste Schaufelteilung nach ZWEIFEL	276
97. Gitterberechnung nach WEINIG	279
98. Aufwinkelung bei Profilierung	281
99. Grenzschichtverhalten	282
100. Rotierende Ablösung	283
101. Wirbelkernbildung	283
102. Druckrückgewinn aus der Drallströmung beim Ausströmen in den freien Raum	285
103. Einfluß des Laufradspaltes	286
104. Berechnung und Konstruktion der Leiträder	288
105. Vergleich zwischen Ausführungen mit Vorleitrad und Nachleitrad	292
106. Grenzdimensionierung mit den Bedingungen des Innendurchmessers	292
107. Vorleitschaufel mit konstantem Austrittswinkel (Zylindrische Schaufel)	296
108. Radiale Druckverteilung von Axialgebläsen	299
109. Diffusorverluste	300
a) Allgemeine Beziehungen	301
b) Anteil der Diffusorverluste am Gesamtverlust	302
c) Einfluß des Nabenabflusses bei gleicher Kanalweite	302
110. Gestaltung der Diffusoren	304
111. Wann lohnt sich die Anwendung eines Leitapparates?	307
112. Auslegung von mehrstufigen Axialgebläsen	308
113. Praktische Ausführung der Berechnung. Übersicht über den Rechnungsgang	309
114. Berechnungsbeispiele	310

115. Verhalten eines Axialgebläses abseits des Bestpunktes.	315
116. Maßnahmen zur Stabilisierung der Kennlinie von Axialgebläsen	317
117. Kennlinien und Teilkennlinien von Axialgebläsen.	319
118. Vorausberechnung der Betriebseigenschaften bei Schaufelverdre- hungen	320
119. Versuchsergebnisse von Axialgebläsen	321
120. Versuchsergebnisse von Kleinstaxialventilatoren.	328
121. Ungleichmäßige Zuströmbedingungen	329
122. Axialgebläse mit Abnahme verschiedener Drücke.	330
123. Offen laufende Axiallüfter	331
124. Meridianbeschleunigte Axialgebläse	335
a) Allgemeine Übersicht	335
b) Gleichdruckgebläse	339
c) Meridianbeschleunigte Überdruckgebläse.	340
XII. Gegenläufige Axialgebläse	342
125. Konstruktion und Versuchswerte	342
D. Gemeinsame Probleme an Gebläsen	345
XIII. Regulierung von Gebläsen	345
126. Allgemeine Gesichtspunkte	345
127. Verstellbare Eintrittsleitschaufeln	349
128. Der Verstellboden	357
129. Verschiebbarer Leitapparat	358
130. Die Dralldrossel	359
131. Selbstregulierung durch Kennlinie	360
132. Gesetzmäßigkeiten bei Änderung der Drehzahl.	361
133. Logarithmische Darstellung der Kennlinien	364
XIV. Ventilator und Antriebsmaschine.	365
134. Allgemeine Gesichtspunkte	365
135. Antrieb durch Elektromotoren	366
136. Ermittlung der Kennlinie bei konstanter Einstellung der Antriebsmaschine	369
XV. Betriebsverhalten eines Ventilators	372
137. Der Betriebspunkt des Ventilators	372
138. Drehzahlregulierung oder Drosselregulierung?	374
139. Labile Arbeitsbereiche des einzelnen Gebläses	376
140. Befahrbare und nicht befahrbare labile Bereiche.	377
141. Zusammenarbeiten mehrerer Gebläse.	378
a) Ermittlung der resultierenden Kennlinie bei Parallel- schaltung	379
b) Hintereinanderschaltung von Gebläsen	382
c) Labilität, Pendeln	382
d) Parallelarbeiten von zwei gleichartigen Kreisen durch Querverbindung	383
e) Doppelseitig wirkende Gebläse	387
142. Betriebsverhalten eines oder mehrerer Gebläse bei Einschalt- ung in beliebige Leitungssysteme	388
a) Betriebskennlinie bei Leitungsverzweigungen	388
b) Kennlinienfeld der gleichwertigen Düsen	392

c) Veränderung der Ventilator Kennlinie durch eine Drosselstelle	392
d) Widerstand und Lüfter als Glieder einer Leitung.	394
e) Umföhrungsleitung zum Anfahren und Regulieren von Gebläsen.	397
f) Lüfter und Widerstände in beliebiger Kombination.	399
g) Leitungssysteme mit Querverbindungen	401
h) Die undichte Leitung	404
i) Zusätzliche Belastung eines Leitungssystems durch konstante Überdrücke oder Unterdrücke	405
k) Impulsbelastung eines Ventilators.	407
l) Belüftung eines Raumes mit Luftrückführung.	410
m) Zusammenarbeiten von zwei Lüftern mit veränderlichem Widerstand	411
n) Auslegung bei schwankenden Widerständen	412
o) Geschlossene Leitungssysteme	413
p) Ventilator Kennlinie bei verschiedenen Dichten.	414
q) Die Betriebs Kennlinie bei verschiedenen Wichten	415
r) Experimentelle Ermittlung der Leitungskennlinie	418
s) Experimentelle Lösungen mit Kleinstmodellen	419
143. Elektrische Methoden zur Ermittlung der Betriebs Kennlinie	422
E. Sonderprobleme, Sonderanwendung.	426
XVI. Grubenlüfter und Kesselgebläse	426
144. Gebläse für Grubenbewetterung	426
145. Kesselgebläse	435
XVII. Typische Einzelanwendungen.	445
146. Laufräder zum Umwälzen von Luft	445
147. Freilaufende Radialräder ohne Gehäuse	448
148. Entlastung eines Gebläses durch Warmluftauftrieb, Wind- einfluß, Fahrteinfluß.	450
149. Bewetterung durch Impulsantrieb, Tunnelbelüftung	452
150. Impulsbelüftung von Begehkanälen	457
151. Saugwirkung von offen umströmten Leitungsöffnungen (Dachlüfter u. dgl.)	458
152. Wurfgebläse, Gebläse für Materialförderung.	463
153. Kleinstventilatoren	468
154. Aufladagebläse	472
F. Konstruktive Gestaltung und Konstruktionsmerkmale von Gebläsen	474
XVIII. Übersicht	474
155. Typische Ausführungen von Ventilatoren	474
156. Bemerkenswerte Konstruktionseinzelteile.	484
157. Luftgekühlte Lager für Heißgasgebläse.	486
G. Schallerzeugung und Schalldämpfung von Ventilatoranlagen	490
XIX. Die Schallerzeugung von Ventilatoren (bearbeitet von B. REGENSCHKEIT).	490
158. Grundsätzliches	490

159. Die Frequenzabhängigkeit des Ventilatorgeräusches	494
160. Zusammenfassung	497
XX. Lärminderung an Ventilatoren und lufttechnischen Anlagen (bearbeitet von E. GOEHLICH)	498
161. Grundbegriffe	498
162. Zulässige Schallpegel	503
163. Schallausbreitung	504
164. Schallpegelabnahmen im Kanalsystem	509
165. Schalldämpfer	512
166. Dämmung des von Ventilatorgehäusen und Kanälen übertragene Luft- und Körperschalls	521
H. Festigkeitsberechnungen	526
XXI. Kurze Übersicht	526
167. Grundlagen	526
I. Experimentelle Erprobung von Ventilatoren	535
XXII. Allgemeine Gesichtspunkte	536
168. Übersicht über die Schaltungsmöglichkeiten bei Versuchen mit Ventilatoren	536
169. Messung nach Log-Linear-Regel	541
170. Fehlerquellen bei Druckmessungen	543
a) Ungleiche Druckverteilung im Leitungsquerschnitt	543
b) Ungleiche Druckverteilung entlang der Rohrleitung ohne Längswirbel	545
c) Druckmessung bei Drallbewegung der Hauptströmung	547
d) Fehlergrößen	549
e) Fehler beim freien Ansaugen	551
171. Aufwertung	551
172. Einfluß der Re-Zahl auf Wirkungsgrad und Kennlinien von Ventilatoren	553
173. Versuchseinrichtungen, Versuchsgeräte	557
XXIII. Messungen und ihre Fehlerquellen	561
174. Der Druckverlauf bei verschiedenen Meßmethoden	561
175. Mechanische Leistungsmessung	566
176. Beispiel eines Abnahmeversuches	567
a) Versuchsanordnung	567
b) Beschreibung der durchgeführten Messungen und deren Auswertungen	567
c) Verwendete Meßgeräte	570
Namen- und Sachverzeichnis	572

Ventilatoren

Entwurf und Betrieb der Radial-, Axial- und
Querstromventilatoren

Eck, B.

2003, XV, 576 S., Hardcover

ISBN: 978-3-540-44058-1