

Theorie und Konstruktion der Kolben- und Turbo- Kompressoren

Von

P. Ostertag

Dipl.-Ing., Professor am Kantonalen Technikum
Winterthur

Mit 266 Textfiguren



Springer-Verlag Berlin Heidelberg GmbH 1911

ISBN 978-3-662-35801-6
DOI 10.1007/978-3-662-36631-8

ISBN 978-3-662-36631-8 (eBook)

Softcover reprint of the hardcover 1st edition 1911

Vorwort.

In der Industrie ist der Bedarf an Gasen in verdichtetem Zustand fortwährend im Steigen begriffen, insbesondere findet Druckluft bei chemischen Prozessen oder als Energieträger ausgedehnte Verwendung. Aber auch viele andere Gase lassen sich für gewisse Zwecke nur unter Druck verwerten.

Von den Maschinen zur Verdichtung der Gase kommen hauptsächlich die Kolben- und die Turbokompressoren in Betracht, deren Wirkungsweise und Konstruktion in vorliegendem Buche behandelt wird. Andere Vorrichtungen, die sich meistens mit der Erstellung kleiner Drücke für Sonderwerke befassen, sind unberücksichtigt geblieben.

Den beiden Hauptteilen vorangehend werden zunächst die Grundgesetze der Gase kurz zusammengefaßt, soweit sie für das Anwendungsgebiet nötig sind.

Zur Klarstellung des Energieumsatzes im Kompressor ist die Entropietafel für Luft in ausgiebiger Weise benützt worden, nach der vom Verfasser entwickelten Art.¹⁾

Die Untersuchungen in den einzelnen Abschnitten sind möglichst kurz gehalten und mit einfachen mathematischen Mitteln durchgeführt; zahlreiche Beispiele unterstützen die Erklärungen und machen den Anfänger mit den Größenverhältnissen vertraut.

Von den dargestellten Konstruktionen ist eine beschränkte Auswahl neuzeitlicher, bewährter Ausführungen getroffen und durch Versuchsergebnisse ergänzt worden, soweit dies möglich war. Da Einzelheiten des Zylinders und des Kurbeltriebes der Kolbenkompressoren zu den Maschinenelementen gehören, wurde es unterlassen, darauf einzugehen.

Die bedeutenden Erfolge der Turbokompressoren lassen es gerechtfertigt erscheinen, daß auf den Energieumsatz in den Schaufelrädern etwas näher eingetreten worden ist; im besondern haben die Beschleunigungsverhältnisse Berücksichtigung gefunden. Ferner ist die Messung der Liefermenge mittelst Düsen eingehend erörtert. Sie bildet den empfindlichen Teil der Leistungsversuche an Kompressoren, deren Durchführung einer einheitlichen, allgemein gültigen Regelung harret. Der Verein deutscher Ingenieure hat durch einen Ausschuß diese umstrittene Frage in Arbeit genommen, deren Endergebnisse zurzeit noch ausstehen. Erst durch Verwendung gleichartiger Vorrichtungen und Meßmethoden wird es möglich sein, die Leistungsfähigkeit verschiedener Systeme miteinander einwandfrei zu vergleichen.

¹⁾ Siehe Ostertag, Die Entropietafel für Luft und ihre Verwendung zur Berechnung der Kolben- u. Turbokompressoren. Berlin, J. Springer. 1910.

Für Anfänger dürfte es erwünscht sein, bei den Konstruktionseinzelheiten eine einfache Berechnung der Spannungen im Scheibenrad zu finden, ferner die Bestimmung der kritischen Umlaufzahl. Diese Probleme sind für den Entwurf der Turbokompressoren ebenso wichtig als bei Dampfturbinen, weshalb sie zur Vervollständigung des vorliegenden Gebietes in möglichst knapper Form Aufnahme gefunden haben.

Der Verfasser erachtet es als angenehme Pflicht, den beteiligten Firmen für Überlassung des zeichnerischen Materials verbindlichst zu danken, desgleichen den Kollegen und Freunden in der Praxis für manchen Rat.

Winterthur, August 1911.

P. Ostertag.

Inhaltsübersicht.

Erster Teil. Grundgesetze aus der technischen Wärmelehre der Gase.

A. Die Zustandsgrößen der Gase.		Seite
1. Gasarten		1
2. Zustandsgrößen		1
3. Gesetz von Boyle und von Gay-Lussac		2
4. Allgemeine Zustandsgleichung		3
5. Werte der Gaskonstanten		3
6. Gültigkeit der Gesetze von Boyle und von Gay-Lussac		4
7. Zustandsgleichung verschiedener Gase		5
8. Gasgemische		6
9. Gewichts- und Volumenverhältnisse von Gasgemischen		7
10. Feuchte Luft		9
11. Zustandsgleichung für das Kilogramm-Molekül		11
B. Wärme und Arbeit.		
12. Erster Hauptsatz		12
13. Zweiter Hauptsatz		12
14. Die Wärmegleichung der Gase		12
15. Zusammenhang zwischen den spezifischen Wärmen bei konstantem Druck und bei konstantem Volumen		14
16. Zahlenwerte für die spezifische Wärme		14
17. Spezifische Wärmen von Gasgemischen		15
18. Spezifische Wärme der feuchten Luft		18
19. Druck und Temperatur von Gasmischungen		19
20. Die Entropie der Gase		19
C. Zustandsänderungen.		
21. Zustandsänderung bei unveränderlichem Volumen		23
22. Zustandsänderung bei gleichbleibendem Druck (Isobare)		24
23. Zustandsänderung bei gleichbleibender Temperatur (Isotherme)		25
24. Zustandsänderung bei unveränderlicher Entropie (Adiabate oder Isoentropie)		27
25. Polytropische Zustandsänderung		29

Zweiter Teil. Kolbenkompressoren.

A. Der Energieumsatz im Kolbenkompressor.

26. Arbeitsvorgang im idealen einstufigen Kompressor	34
27. Idealer mehrstufiger Kompressor mit vollkommener Zwischenkühlung	38
28. Der wirkliche Verlauf der Kompression	40
29. Volumetrischer Wirkungsgrad	44
30. Liefergrad	47
31. Bestimmung der nutzbaren Liefermenge durch Messung	48
32. Einfluß der Größe des Zwischenkühlers auf das Indikatordiagramm	51
33. Wirkungsgrad	52
34. Bestimmung der Hauptabmessungen	53
35. Kolbenkräfte	59

B. Die Steuerungen der Kolbenkompressoren.

36. Ventilsteuerungen	61
37. Die Gutmuth-Klappe	66
38. Schiebersteuerungen	70
39. Schiebersteuerung mit Druckausgleich	75

C. Die Regelung der Kolbenkompressoren.

40. Regelung der Liefermenge durch Änderung der Umlaufzahl	76
41. Regelung der Liefermenge bei gleichbleibender Umlaufzahl	78
a) Regelung durch Aussetzer (78), b) Regelung der Ansaugmenge innerhalb eines Kolbenhubes (81), c) Vergrößerung der schädlichen Räume (84).	

D. Ausgeführte Kolbenkompressoren.		Seite
42. Märkische Maschinenbauanstalt Ludwig Stuckenholtz A. G., Wetter-Ruhr		84
43. A. Borsig, Berlin-Tegel		85
44. Königin-Marienhütte A. G., Cainsdorf i. Sachsen		88
45. Erfurter Maschinenfabrik Franz Beyer & Co., Erfurt		90
46. Sächsische Maschinenfabrik vorm. Rich. Hartmann A. G., Chemnitz		91
47. Maschinenbau-Anstalt Balcke A. G., Bochum		93
48. Weise & Monski, Halle a. Saale		94
49. Maschinenbau A. G. Pokorny & Wittekind, Frankfurt a. M.		95
50. Gebrüder Sulzer, Winterthur		99
51. Maschinenfabrik Sürth a. Rhein		103
E. Zwischenkühler.		
52. Wärmeübergang		105
53. Druckabfall		109
54. Ausführung der Zwischenkühler		110
Dritter Teil. Turbokompressoren.		
55. Einleitung		112
A. Der Energieumsatz im Turbokompressor.		
56. Einfluß der Fliehkraft auf rotierende Flüssigkeiten		113
57. Spaltüberdruck		114
58. Absolute und relative Bewegung im rotierenden Kanal		115
59. Theoretische Druckhöhe		116
60. Theoretische Druckhöhe für senkrechten Eintritt		120
61. Theoretische Druckhöhe für gerade radiale Schaufeln		122
62. Absoluter und relativer Weg der Flüssigkeit		125
63. Beschleunigungen der absoluten und der relativen Bewegung		128
64. Nutzbare Druckhöhe		131
65. Kennlinie der Schaufelräder		132
66. Verwendung der Kennlinie		134
67. Gleichwertige Öffnung		136
68. Isothermischer Wirkungsgrad		137
69. Diffusor und Leitrad		139
70. Einstufiges Gebläse ohne Kühlung		142
71. Mehrstufiger Kompressor mit vollkommener Kühlung		148
72. Mehrstufiges Turbogebläse ohne Kühlung		150
73. Mehrstufiger Turbokompressor mit unvollkommener Kühlung		153
74. Nutzen des Zwischenkühlers		160
75. Bestimmung der Betriebsarbeit aus der entstandenen Wärme		161
76. Bestimmung der Liefermenge mittels Düsen		163
77. Bestimmung der Liefermenge durch Geschwindigkeitsmessung		170
B. Die Regelung der Turbokompressoren.		
78. Allgemeines		172
79. Regelungsvorrichtung von Rateau (D.R.P. Nr. 188331)		172
80. Regelungsvorrichtung von Huguenin (Franzö. Patent Nr. 413767)		176
81. Abblaseventil, Ausführung der Gutehoffnungshütte, Oberhausen		176
C. Ausgeführte Turbokompressoren.		
82. Brown, Boveri & Co., Baden (Schweiz)		178
83. „Gutehoffnungshütte“, Aktienverein für Bergbau und Hüttenbetrieb, Oberhausen		187
84. Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft Berlin		199
85. Maschinenbau A. G. Pokorny & Wittekind, Frankfurt a. M.		203
86. Escher Wyss & Co., Zürich		205
87. C. H. Jäger & Co., Leipzig		212
88. Gebrüder Sulzer, Winterthur		214
D. Einige Konstruktionseinzelheiten der Turbokompressoren.		
89. Achsschub		218
90. Berechnung der Scheibenräder		219
91. Kritische Umdrehungszahl		225
92. Die Lagerung der Kompressorwelle		232