

**Kamprath-Reihe Kompaktlehrbuch
Technik**

Fritz Dietze,

Turbinen, Pumpen u n d Verdichter

**Hydraulische und thermische
Strömungsmaschinen
Grundlagen vor jedem Hauptabschnitt,
Wirkungsweise, Berechnung der
Hauptabmessungen, ausgeführte Maschinen,
Regelung und Betriebsverhalten**

VOGEL-VERLAG

Inhaltsverzeichnis

1	Wasserturbinen	11	2.2.3	Die Überdruckstufe $r = 0,5$	99
1.1	Grundlagen aus der Strömungslehre.	11	2.2.4	Geschwindigkeitsstufung im Curtisrad.	103
1.2	Umwandlung der Energieformen	16	2.2.5	Gegenläufige Radialturbinenstufen.	106
1.3	Umfangskraft, Leistung, Eulersche Gleichung, Laufradformen.	18	2.3	Verluste in den Stufen.	107
1.4	Wasserräder, Überdruck- und Gleichdruckturbinen.	22	2.3.1	Schauflungsverluste.	107
1.5	Auswahl des Turbinentyps; spez. Drehzahl n_q	26	2.3.2	Gleichdruckstufen: Radreibung, Ventilation, Spaltverlust	108
1.6	Die Pelton-Turbinen.	31	2.3.3	Überdruckstufen: Spaltverluste ..	109
1.6.1	Die Ossberger-Durchströmturbine	31	2.3.4	Innerer Wirkungsgrad der Turbine, V_i	H1
1.7	Gleichdruck (Aktion), Überdruck (Reaktion), Kavitation, zulässige Saughöhe H_s	42	2.3.5	Der mechanische Wirkungsgrad V_m	H2
1.8	Die Francis-Turbinen.	46	2.3.6	Zusammenfassung.	112
1.9	Die Kaplan-Turbinen.	52	2.4	Durchmesser der ersten und letzten Stufe	113
1.9.1	Kaplan-Rohrturbinen.	60	2.4.1	Durchmesser der ersten Stufe	113
1.10	Teillastverhalten und Regelung der Wasserturbinen.	62	2.4.2	D der letzten Stufe von Kondensationsturbinen.	114
1.11	Pumpspeichieranlagen.	67	2.4.3	Besondere Probleme der Endstufen von Kondensationsturbinen	120
2	Dampfturbinen	71	2.5	Einige ausgeführte Dampfturbinen-Konstruktionen.	121
2.1	Grundlagen.	71	2.5.1	Kleinturbinen mit nur einem Laufrad.	121
2.1.1	Der Dampfkraftprozeß im Schalt-schema	71	2.5.2	Mehrstufige Turbinen, Gleichdruck-Bauart	123
2.1.2	Wasser und Wasserdampf im \wedge und \wedge Diagramm.	72	2.5.3	Mehrstufige Turbinen, Überdruck-Bauart	127
2.1.3	Anwendung des f_c, s -Diagrammes	75	3	Gasturbinen	131
2.1.4	Wärmetechnische Verbesserung des einfachen Dampfkraftprozesses durch ZU und SpwVw.	78	3.1	Wärmetechnische Grundlagen ..	131
2.1.5	Gegendruck- und Entnahmeturbinen.	81	3.1.1	Wirkungsweise: offener, einfacher Prozeß.	131
2.1.6	Leistung, Wirkungsgrade, Dampfdurchsatz.	82	3.1.2	Der Prozeßablauf im p, v - und T, s -Diagramm.	132
2.1.7	Kontinuitätsgleichung; Strömungsquerschnitte.	83	3.1.3	Thermischer Wirkungsgrad und spez. Nutzarbeit.	134
2.1.8	Strömung durch Leit- und Laufschaufeln.	85	3.1.4	Offener, einfacher Prozeß mit Verlusten.	136
2.1.9	Wirkungsweise und Bauteile mehrstufiger Dampfturbinen.	88	3.1.5	Offener Prozeß mit Wärmetauscher.	138
2.2	Energieumsetzung in Dampfturbinenstufen.	90	3.1.6	Der geschlossene Gasturbinen-Kreisprozeß.	139
2.2.1	Geschwindigkeitsplan, Umfangskraft, Leistung, Gefälle.	91	3.2	Werkstoffe, Brennstoffe, Brennkammern, Schaufelkühlung	141
2.2.2	Die Gleichdruckstufe $r = 0$	94			

3.2.1	Metallische Werkstoffe für Gasturbinenanlagen	141	4.1.4	Spezifische Drehzahl und Laufradformen	202
3.2.2	Brennstoffe für Gasturbinen	142	4.1.5	Mehrstufige Pumpen, Stufenzahl, Drehzahleinfluß	203
3.2.3	Verbrennungstemperatur; <i>h,s-Diagramm</i>	143	4.2	Hauptabmessungen der Radialpumpe	208
3.2.4	Brennkammer-Ausführungen	146	4.2.1	Wirkliche Förderhöhe <i>H</i>	208
3.2.5	Probleme bei der Schaufelkühlung	147	4.2.2	Wahl des Laufschaufel-Austrittswinkels β_f	210
3.3	Aufbau und Wirkungsweise von Verdichter und Turbine	150	4.2.3	Entwurf der Hauptabmessungen	211
3.3.1	Gesamtaufbau einer großen Industrie-Gasturbine	150	4.2.4	Beispiel: Radialpumpe $V = 300 \text{ m}^3/\text{h}; n = 1450 \text{ min}^{-1}$	214
3.3.2	Verdichter für Gasturbinen	153	4.2.5	Leitschaufeln, Beispiel, Rückführschaufeln, Spiralgehäuse	217
3.3.3	Gasturbinen	158	4.2.6	Rückströmverlust, Axialschub, Schubausgleich	223
3.4	Ausgeführte ortsfeste Gasturbinenanlagen	162	4.3	Zweiflutige und mehrstufige Radialpumpen, halbaxiale und Axialpumpen	228
3.4.1	Industriegasturbinen als Spitzenlastmaschine	162	4.3.1	Ausgeführte zweiflutige Radialpumpen	228
3.4.2	Kombinierte Gasturbinen-Dampfkraftanlagen	173	4.3.2	Mehrstufige Radialpumpen	229
3.4.3	Gasturbinen für Heizkraftwerke	174	4.3.3	Halbaxiale Kreiselpumpen (Diagonalpumpen)	236
3.4.4	Luftspeicher-Gasturbinenkraftwerk	176	4.3.4	Axialpumpen	238
3.4.5	Gasturbinen für Verdichter-, Schiffs-, Bahn- und Kfz-Antriebe	178	4.4	Kennlinien zur Beurteilung des Betriebsverhaltens	244
3.4.6	Gasturbinenanlagen für den geschlossenen Prozeß	183	4.4.1	Anlagenkennlinien	244
3.5	Gasturbinen für Flugzeugantriebe	186	4.4.2	Haitedruckhöhe, NPSH-Wert (früher Saugverhalten)	246
3.5.1	Einige Begriffe aus dem Bereich Flugzeugantriebe	187	4.4.3	Verhalten von Kreiselpumpen bei Drehzahländerung	250
3.5.2	Propellerantrieb; PTL-Triebwerk (Propeller, Turbine, Luftstrahl)	187	4.4.4	Die Kennlinien von Kreiselpumpen	251
3.5.3	Zwei ausgeführte PTL-Triebwerke	188	4.5	Betriebsverhalten und Regelung von Kreiselpumpen	255
3.5.4	Antrieb durch Strahltriebwerke; TL- und ZTL-Antriebe	189	4.5.1	Betriebspunkt, Betriebsverhalten, stabile und labile Kennlinien	255
3.5.5	Ausgeführte ZTL- und TL-Triebwerke	192	4.5.2	Regelung der Kreiselpumpen	259
4	Kreiselpumpen	195	5	Kreiselverdichter	265
4.1	Allgemein gültige Grundlagen	195	5.1	Einsatzbereiche und Einteilung der Kreiselverdichter	266
4.1.1	Wirkungsweise, Pumpengleichung, spez. Förderarbeit <i>Y</i>	196	5.2	Spez. Förderarbeit <i>Y</i> ; Förderhöhe <i>H</i> ; Druckerhöhung <i>Ap</i>	267
4.1.2	Förderhöhe <i>H</i> , Druck <i>p</i> , Leistungsbedarf <i>P</i> , η_e -Werte	197	5.3	Radialventilatoren und -gebläse	269
4.1.3	Schnittbilder ein- und mehrstufiger Radialpumpen	199			

5.3.1	Kennzahlen zum Auslegen von Radialmaschinen	270
5.3.2	Berechnungsentwurf für einen Radialventilator.	273
5.3.3	Ausgeführte Radialventilatoren und -gebläse	275
5.4	Axialventilatoren und -gebläse ..	279
5.4.1	Zusammenarbeit zwischen Leit- und Laufschaufeln.	280
5.4.2	Betriebsverhalten und ausgeführte Axialventilatoren	282
5.5	Radialverdichter.	289
5.5.1	Wärmetechnische Grundlagenfragen	289
5.5.2	Mehrstufige Verdichtung	292
5.5.3	Hauptabmessungen der Radialverdichter.	294
5.5.4	Konstruktiver Aufbau; ausgeführte Radialverdichter.	300

5.5.5	Ansaugverhältnisse, Kennfelder, Pumpgrenze.	305
5.5.6	Regelung der Radialverdichter ..	312
5.6	Axialverdichter.	314
5.6.1	Konstruktiver Aufbau	315
5.6.2	Grundlegende Fragen zum Energieumsatz	316
5.6.3	Kurzes einführendes Berechnungsbeispiel.	320
5.6.4	Hinweise zu Auslegungsproblemen; Tragflügeltheorie	323
5.6.5	Ausgeführte Axial- und Axial-Radialverdichter.	329
5.6.6	Regelung, Kennlinien, Betriebsverhalten	335

Literaturverzeichnis. 341

Stichwortverzeichnis. 345