

Kamprath-Reihe

Prof. Dipl.-Ing.
Willi Bohl

Strömungsmaschinen 2

Berechnung und Konstruktion

7. aktualisierte Auflage

Vogel Buchverlag

Inhaltsverzeichnis

Teil A

Strömungstechnische Auslegung und Berechnung der Bauteile von Strömungsmaschinen

1	Bestimmung der Hauptabmessungen des Laufrades	13	1.7.2.4	Wahl der Stufenzahl	63
1.1	Einleitung	13	1.7.3	Dimensionierung der axialen Verdichterstufe	65
1.2	Die Laufräder der Wasserturbinen	13	1.7.3.1	Einleitung	65
1.2.1	Das Laufrad der Freistrahlturbine	13	1.7.3.2	Hauptparameter eines Axialverdichters	65
1.2.2	Das Laufrad der Francisturbine	16	1.7.3.3	Bestimmung der Hauptabmessungen über dimensionslose Kennzahlen	66
1.2.3	Das Laufrad der Kaplan turbine	18	1.7.3.4	Auslegung von Axialverdichtern mit Hilfe von Auslegediagrammen	67
1.2.4	Das Laufrad der Diagonalturbine	21	2	Schaufelgitter	71
1.2.5	Das Laufrad der Durchströmturbine	24	2.1	Einleitung	71
1.3	Die Laufräder der axialen Dampf- und Gasturbinen	24	2.2	Radialgitter	71
1.3.1	Einleitung	24	2.2.1	Rotierende Radialgitter (Laufräder)	71
1.3.2	Vereinfachte Stufentheorie	24	2.2.1.1	Grundsätzliches zur Strömung in rotierenden Radialgittern	71
1.3.3	Kennwerte der Stufe	27	2.2.1.2	Der Verengungsfaktor k	73
1.3.4	Abschätzung der Stufenzahl	29	2.2.1.3	Der Minderleistungsfaktor μ	74
1.3.5	Kanalverlauf	30	2.2.1.4	Die Schaufelkonstruktion	79
1.3.6	Profilform	30	2.2.2	Stehende Radialgitter (Leiträder)	82
1.4	Das Laufrad der Zentripetalturbine	32	2.2.2.1	Einleitung	82
1.4.1	Einleitung	32	2.2.2.2	Leiträder von Pumpen	83
1.4.2	Vereinfachte Stufentheorie	32	2.2.2.3	Rückführschaufeln	84
1.4.3	Festlegung der Hauptabmessungen mit Hilfe von Kennzahlen	33	2.2.2.4	Leiträder von Radialverdichtern	86
1.5	Die Laufräder der Kreiselpumpen	34	2.2.2.5	Leiträder der Francisturbine und der Kaplan turbine	87
1.5.1	Einleitung	34	2.2.2.6	Leitrad der Zentripetalturbine	88
1.5.2	Das Laufrad der Radialpumpe	34	2.3	Axialgitter	89
1.5.3	Das Laufrad der Axialpumpe	39	2.3.1	Einleitung	89
1.6	Die Laufräder der Ventilatoren	45	2.3.2	Einteilung der Axialgitter und Grundbegriffe	89
1.6.1	Einleitung	45	2.3.3	Strömung und Kraftwirkungen in Axialgittern	90
1.6.2	Das Laufrad des Radialventilators	45	2.3.4	Hauptbemessungsgleichung für Axialgitter	95
1.6.3	Das Laufrad des Axialventilators	49	2.3.5	Der Gitterentwurf	97
1.6.4	Das Laufrad des Querstromventilators	56	2.3.6	Einige Hinweise zur Festlegung des Abstandes/zwischen Leitrad und Laufrad	105
1.7	Die Laufräder der Verdichter	58	3	Weitere Bauteile von Strömungsmaschinen	113
1.7.1	Kurze Einführung in die Theorie der Verdichterstufe	58	3.1	Düsen	113
1.7.2	Dimensionierung der radialen Verdichterstufe	60	3.1.1	Einlaufdüsen	113
1.7.2.1	Einleitung	60	3.1.2	Lavaldüsen	115
1.7.2.2	Festlegung der Laufradabmessungen mittels dimensionsloser Kennzahlen	60	3.1.3	Die Düse der Freistrahlturbine	117
1.7.2.3	Festlegung der Laufradabmessungen mittels Auslegediagrammen und Richtwerten	61			

3.2	Diffusoren	120	4.6.2.3	Der Radialschub.	159
3.2.1	Einleitung	120	4.6.3	Spannungen und Verformungen . . .	160
3.2.2	Strömungsverhältnisse	120	4.6.4	Die biegekritische Drehzahl	161
3.2.3	Kreisringdiffusoren	120	4.6.4.1	Einführung.	161
3.3	Spiralgehäuse	124	4.6.4.2	Überschlägige Berechnung der biege- kritischen Drehzahl	162
3.3.1	Abschätzung des Ein- bzw. Austritts- querschnitts	124	4.6.4.3	Einflüsse auf die kritische Drehzahl .	168
3.3.2	Festlegung der Spiralenquerschnitte .	124	4.6.5	Die torsionskritische Drehzahl	171
3.4	Einlauf- und Abströmgehäuse	129	4.6.6	Gestaltungsregeln und Betriebshin- weise	171
Teil B			4.7	Rotoren	172
Festigkeitsberechnung und Konstruktion der Bauteile von Strömungsmaschinen			4.7.1	Konstruktive Ausführungen von Ro- toren	172
4	Rotierende Teile	133	4.7.2	Berechnung der Rotoren	173
4.1	Einfache Grundelemente	133	5	Gehäuseteile	177
4.1.1	Prismatischer Stab	133	5.1	Einleitung	177
4.1.1.1	Spannungen	133	5.2	Zylindrische Schalen unter innerem Überdruck	177
4.1.1.2	Die radiale Dehnung	134	5.3	Kreisförmige ebene Platten.	180
4.1.1.3	Die Biegeeigenfrequenz	134	5.4	Gewölbte Böden.	183
4.1.1.4	Die Torsionseigenfrequenz	134	5.5	Kugelschalen.	184
4.1.2	Ring (Trommel, Kranz).	135	5.6	Stützen	184
4.1.3	Scheiben gleicher Dicke (konstanter Breite)	136	5.7	Flansche	186
4.2	Scheiben beliebigen Profiles (verän- derlicher Dicke)	140	5.7.1	Flanscharten	186
4.3	Scheiben gleicher Festigkeit	143	5.7.2	Rohrflansche (Rundflansche).	187
4.4	Radiale Laufräder	144	5.7.2.1	Die äußeren Kräfte	187
4.4.1	Einleitung	144	5.7.2.2	Schraubenkraft	193
4.4.2	Überschlägige Berechnung nach Eck	144	5.7.2.3	Berechnung der Flansche	193
4.4.3	Zerlegung des Laufrades in Scheiben und Schaufeln	145	5.7.3	Gehäuseflansche (horizontale Teil- flansche)	195
4.4.4	Berechnung der Schaufelbiegung im Radialrad	146	5.7.4	Schrauben	197
4.5	Axiale Laufräder	149	5.8	Fixierung von Gehäusen	198
4.5.1	Einleitung	149	6	Dichtungen	201
4.5.2	Fliehkraftbeanspruchung	149	6.1	Berührungsdichtungen	201
4.5.3	Biegebeanspruchung der Axialschau- fel.	150	6.1.1	Packungsstopfbuchsen	201
4.5.4	Torsionsbeanspruchung der Schaufel	152	6.1.1.1	Einleitung	201
4.5.5	Biegeeigenfrequenzen der starr einge- spannten Schaufel	152	6.1.1.2	Konstruktiver Aufbau und Wirkungs- weise	201
4.6	Wellen	157	6.1.1.3	Packungswerkstoffe	202
4.6.1	Rotorformen	157	6.1.1.4	Gestaltungshinweise	203
4.6.2	Kräfte und Momente	157	6.1.1.5	Kräfte, Drücke und Momente an und in der Packung.	206
4.6.2.1	Allgemeines	157	6.1.1.6	Einige besondere Stoffbuchskon- struktionen	208
4.6.2.2	Der Axialschub	158	6.1.2	Axiale Gleitringdichtungen	209

6.1.2.1	Einleitung	209	7.2.3.3	Auslegung von Axiallagern mit eingearbeiteten Keilflächen	239
6.1.2.2	Aufbau und Wirkungsweise	210	7.2.3.4	Kippsegment-Axiallager	242
6.1.2.3	Kräfte und Momente an der Gleitringdichtung	211	7.3	Wälzlager	244
6.1.2.4	Anordnungen und Ausführungen von Gleitringdichtungen	213	7.3.1	Einleitung	244
6.1.2.5	Leckage	214	7.3.2	Wahl der Lagerart	244
6.1.2.6	Beispiele	215	7.3.3	Wahl der Lagergröße (Dimensionierung)	244
6.1.3	Radial-Wellendichtringe	216	7.3.4	Drehzahlgrenzen	247
6.1.3.1	Aufbau und Wirkungsweise	216	7.3.5	Toleranzen und Passungen	247
6.1.3.2	Auswahl der Dichtung	217	7.3.6	Lagerluft	247
6.1.3.3	Konstruktionsrichtlinien	217	7.3.7	Gestaltungsfragen	248
6.2	Berührungsfreie Dichtungen	221	7.3.8	Abdichtung	248
6.2.1	Einleitung und Einteilung	221	7.3.9	Schmierung	248
6.2.2	Drucklose berührungsfreie Dichtungen	221	7.3.10	Montage	252
6.2.3	Spaltdichtungen	221	7.3.11	Beispiele	253
6.2.3.1	Der axiale Spalt	221	8	Kupplungen	259
6.2.3.2	Der radiale Spalt	226	8.1	Feste Kupplungen	259
6.2.3.3	Schwimmringdichtungen	227	8.2	Elastische Kupplungen	262
6.2.4	Labyrinthspaltdichtungen	228	8.3	Zahnkupplungen	265
6.2.4.1	Durchflußgleichungen (Leckage)	228	9	Fundamente	267
6.2.4.2	Gestaltungshinweise	229	9.1	Allgemeines	267
7	Lager	233	9.2	Zur Konstruktion der Fundamente	267
7.1	Einleitung	233			
7.2	Gleitlager	233		Die wichtigsten Formelzeichen und Einheiten	
7.2.1	Bauformen	233			
7.2.2	Radiallager	233		Literaturverzeichnis	269
7.2.3	Axiallager	238		Stichwortverzeichnis	283
7.2.3.1	Einleitung	238			
7.2.3.2	Auslegung von Axiallagern mit glatten Anlaufbunden	238			