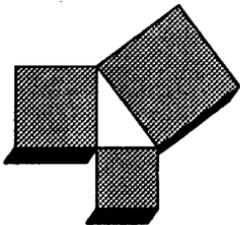


Strömungsmaschinen an Beispielen

von Ernst Käppeli



Verlag Harri Deutsch

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen	IX
1 Strömungsmaschinenlaufräder im Überblick, EULERSche Hauptgleichung der Strömungsmaschinen	1
2 Kreiselpumpen, Begriffe zum Betriebsverhalten	11
2.1 Kennlinie	11
2.2 Anlagekennlinie	14
2.3 Betriebspunkt	16
2.4 Kennfeld	17
2.5 Parallelbetrieb	21
2.6 Seriebetrieb	23
3 Veränderung der Pumpenkennlinie radialer Kreiselpumpenräder durch Abdrehen	24
3.1 Betriebswerte für Abdrehräder	24
3.2 Anwendung der Umrechnungsformeln	28
4 Kreiselpumpen, Betriebsverhalten in Pumpenanlagen	30
4.1 Unterschiedliche Dichte des Fördermediums	30
4.2 Verschiedene Nullförderhöhen. Parallel- und Seriebetrieb	32
4.3 Parallel geschaltete Anlageteile	35
4.4 Parallel- und seriegeschaltete Anlageteile	39
4.5 Parallelbetrieb externer Pumpen. Gleiche Nullförderhöhen. Stabile Drosselkurven	42
4.6 Parallelbetrieb externer Pumpen. Unterschiedliche Nullförderhöhen. Instabile Drosselkurven	45
4.7 Parallel- und Seriebetrieb externer Pumpen. Unterschiedliche Nullförderhöhen	48
4.8 Funktion als Haupt- und Nebenpumpe	51
4.9 Funktion als Haupt- und Nebenpumpe. Strömungsrichtung	55
4.10 Förderung in einen Hochbehälter	60
4.11 Förderung in Hochbehälter und Netz	63
4.12 Pumpe, Hochbehälter und Netz	67
5 Ähnlichkeitsgesetze, Hydraulische Pumpen und Turbinen	70
5.1 Modell-Turbine	70
5.2 Modell-Pumpenturbine	77
5.3 Wasserturbine. Betrieb mit verändertem Gefälle	79
5.4 Ähnliche Kreiselpumpen für unterschiedlichen Betrieb	81
5.5 Ähnliche Wasserturbinen für unterschiedlichen Betrieb	83

6 Ventilatoren	84
6.1 CORDIER-Diagramm, Laufrad-Bauart	85
6.2 Gegenläufiger Axialventilator	89
6.3 Radialventilator	92
7 Dampfturbinen	94
7.1 Zustandsänderung in einer Turbinenstufe	94
7.2 h,s-Diagramm, Leit- und Laufradgefälle	100
7.3 Strömungsquerschnitte und Schaufellängen	104
7.4 Kennzahlen der Turbinenstufe	105
7.5 Turbinenschaufelung, MACH- und REYNOLDSzahl	111
7.6 Turbinenschaufelung, Druckverteilung	114
7.7 Endstufe einer Niederdruck-Teilturbine	117
8 Strahltriebwerke	123
8.1 Zweikreis-Turbinen-Luftstrahltriebwerke (ZTL-Triebwerke)	123
8.2 ZTL-Triebwerk, Standschub 29,8 kN, Verhalten in Bodennähe	125
9 Radialverdichterstufe zu ZTL-Triebwerkverdichter	133
10 Wirkungsgrade des Strahltriebwerkprozesses	143
10.1 Vortriebswirkungsgrad	143
10.2 Thermischer Wirkungsgrad	147
10.3 Gesamtwirkungsgrad	149
11 ZTL-Triebwerk, Standschub 267 kN	150
11.1 Schubkräfte	152
11.2 Standschub	153
11.3 Aufteilung des Schubes auf die einzelnen Baugruppen	154
11.4 Niederdruckturbine 4.Stufe	158
11.5 Hochdruckverdichter 3. und 11.Stufe	163
11.6 h,s-Diagramm des Strahltriebwerkprozesses	170

12	ZTL-Triebwerk mit Nachverbrennung und regelbarer konvergent-divergenter Schubdüse (LAVAL-Düse)	173
	Stand Schub 60 kN bis 90 kN	
12.1	Standbetrieb ohne Nachverbrennung: $M_O = 0, H = 0 \text{ m}$	175
12.2	Standbetrieb mit Nachverbrennung: $M_O = 0, H = 0 \text{ m}$	193
12.3	Flugzustand ohne Nachverbrennung:	199
	$M_O = 0,9, H = 10000 \text{ m}$	
12.4	Flugzustand mit Nachverbrennung:	212
	$M_O = 1,8, H = 12000 \text{ m}$	
13	ZTL-Triebwerk, Stand Schub 216 kN	227
13.1	Standbetrieb: $M_O = 0, H = 0 \text{ m}$	227
13.2	Flugzustand: $M_O = 0,85, H = 35000 \text{ ft}$	234
13.3	Stand- und Flugzustand, Prozess-Vergleich	242
14	ZTL-Triebwerk, Stand Schub 59,2 kN	245
14.1	Standbetrieb: $M_O = 0, H = 0 \text{ m}$	248
14.2	Verdichter, Geschwindigkeitspläne und Schaufelung	253
14.3	Flugzustand: $M_O = 0,70, H = 23000 \text{ ft}$	256
14.4	Schub, Einfluss der Flugmachzahl M_O ,	264
	$H = 30000 \text{ ft} = \text{konstant}$	
	Anhang	273
	h,s-Diagramm für Luft und Verbrennungsgase	273
	Isentropenexponent, Realgasfaktor, Grössen der Verbrennungsrechnung	274
	Literaturverzeichnis	275
	Stichwortverzeichnis	277