

Inhaltsverzeichnis

1 Thermische Energietechnik	1
1.1 Primärenergien und deren Aufbereitung	1
1.1.1 Kohle	2
1.1.2 Erdöl	2
1.1.3 Erdgas	2
1.1.4 Kernenergie	3
1.1.5 Wasserenergie	4
1.1.6 Sonnenenergie	5
1.1.7 Geothermische Energie	5
1.1.8 Windenergie	6
1.1.9 Bioenergie	6
1.2 Energiewirtschaft	6
1.2.1 Planung der Energieversorgung	7
1.2.2 Investitionsaufwand	7
1.3 Zukünftige Energieversorgungslage	13
1.3.1 Energieeinsparung	13
1.3.2 Neue Primärenergieträger	14
1.4 Umwandlung der Primärenergien	15
1.4.1 Stromerzeugung	15
1.4.2 Wärmeerzeugung	20
1.4.3 Thermisch erzeugte mechanische Energie	21
Literatur	23
2 Hubkolbenmaschinen	25
2.1 Verdrängermaschinen	25
2.1.1 Arten von Verdrängermaschinen	26
2.2 Hubkolbenmaschinen	28
2.2.1 Arbeitsverfahren	28
2.3 Anwendung der Hubkolbenmaschinen	29
2.3.1 Dampfmaschinen	29

2.3.2	Verbrennungsmotoren	30
2.3.3	Kompressoren	32
2.3.4	Pumpen	32
2.4	Bauarten von Maschinen	33
2.4.1	Bauart der Kolben	33
2.4.2	Anordnung der Zylinder	35
2.4.3	Bauart der Gestelle	36
2.5	Berechnungsgrundlagen	37
2.5.1	Mechanische Daten	37
2.5.2	Thermische Daten	42
2.5.3	Wirkungsgrade	44
3	Hubkolbenkompressoren	49
3.1	Aufbau und Verwendung	49
3.1.1	Aufbau	49
3.1.2	Verwendung	49
3.2	Thermische Daten	50
3.2.1	Stufendrucke	50
3.2.2	Massen	50
3.2.3	Volumina	51
3.2.4	Schadraum	51
3.2.5	Restmasse	52
3.2.6	Liefergrad	52
3.2.7	Energiebilanz im Arbeitsraum	54
3.2.8	Leistungen und Wirkungsgrade	56
3.2.9	Auswertung des Indikatordiagramms	57
3.2.10	Energiebilanz des Prozesses	58
3.3	Mehrstufige Kompressoren	61
3.3.1	Wahl der Stufendrucke	61
3.3.2	Bauarten	67
4	Brennkraftmaschinen	71
4.1	Aufbau, Einteilung und Verwendung	71
4.1.1	Aufbau	71
4.1.2	Einteilung	72
4.1.3	Verwendung	72
4.2	Arbeitsweise	73
4.3	Gemischbildung und Verbrennung	74
4.3.1	<i>Otto</i> -Verfahren	74
4.3.2	<i>Diesel</i> -Verfahren	75
4.3.3	Hybridmotoren	76
4.4	Berechnungsgrundlagen	76
4.4.1	Ladungswechsel	77

4.4.2	Arbeitsprozess	80
4.4.3	Idealprozess	81
4.4.4	Idealprozess mit idealen Gasen	85
4.4.5	Reale Prozesse	94
4.4.6	Energiebilanz der Motoren	96
4.5	Wirkungsgradverbesserung	101
4.5.1	Ladungswechsel bei Viertaktmotoren	102
4.5.2	Ladungswechsel bei Zweitaktmotoren	103
4.5.3	Aufladung von Motoren	105
4.6	Schadstoffreduktion	108
4.6.1	Schadstoffreduktion bei <i>Ottomotoren</i>	108
4.6.2	Schadstoffreduktion bei <i>Dieselmotoren</i>	112
5	Dampfkreisprozess	115
5.1	Einleitung	115
5.2	Dampfkraftprozesse	116
5.2.1	Idealprozess	116
5.2.2	Reale Dampfkraftprozesse	118
5.2.3	Kraftwerkstypen	124
5.3	Dampfturbinen	125
5.3.1	Einteilung	125
5.4	Berechnung der Dampfturbine	127
5.4.1	Energieumsetzung in der Gleichdruckturbine	127
5.4.2	Energieumsetzung in der Überdruckturbine	131
5.4.3	Energieumsetzung in der <i>Curtis</i> -Stufe	134
5.4.4	Auslegung der Schaufellängen	137
5.4.5	Festlegung des Stufengefälles und der Anzapdrücke	141
5.4.6	Durchflussgesetze	142
5.4.7	Regelung von Dampfturbinen	144
5.4.8	Axialschub und Schubausgleich	145
5.5	Stufenverluste und Wirkungsgrade	146
5.5.1	Reibungsverluste	146
5.5.2	Leckageverluste (Spaltverluste)	148
	Literatur	163
6	Gasturbinen	165
6.1	Unterteilung der Gasturbinenprozesse	166
6.1.1	Arbeitsweise	167
6.1.2	Ausführung	167
6.1.3	Anwendung	168
6.2	Berechnungsgrundlagen	169
6.2.1	Idealer Gasturbinenprozess	169

6.2.2	Realer Gasturbinenprozess	171
6.2.3	Energieumsetzung	191
	Literatur	198
7	GuD-Kraftwerke	199
7.1	Einfacher GuD-Anlagenprozess	199
7.2	Schaltungen der realen GuD-Anlagen	201
7.2.1	Eindruckschaltungen	201
7.2.2	Zweidruckschaltung	205
	Literatur	209
8	Kreiselpumpen	211
8.1	Allgemeine Grundlagen	212
8.2	Charakteristische Kenndaten	213
8.2.1	Energieumsetzung in der Pumpe	214
8.2.2	Förderhöhe	217
8.2.3	Leistung und Wirkungsgrad	219
8.2.4	Förderstrom	220
8.2.5	Haltedruckhöhe NPSH	221
8.2.6	Pumpenkennlinien	222
8.2.7	Zusammenhang zwischen Pumpen- und Systemkennlinie	224
8.2.8	Parallelschaltung von Kreiselpumpen	226
	Literatur	227
9	Wärmepumpen	229
9.1	Arten der Wärmepumpen	229
9.2	Allgemeine Grundlagen	230
9.3	Kaltdampf-Wärmepumpenprozess	231
9.4	Auslegung Luft/Wasser-Wärmepumpen	233
9.4.1	Auslegung der Wärmepumpe	234
9.4.2	Reduktion des CO ₂ -Austoßes mit Wärmepumpen	238
	Literatur	247
10	Windkraftanlagen	249
10.1	Auslegungsgrundlagen	249
10.2	Widerstandsläufer	251
10.3	Auftriebsläufer	252
10.4	Dreidimensionale Form des Rotorblatts	254
10.4.1	Berücksichtigung der Verluste	256
10.5	Abschätzung der Leistungskennlinien der Windkraftanlage	259
10.5.1	Reibungsverluste	259
10.5.2	Schaufelspitzen-Verluste	260
10.5.3	Einflüsse auf den Leistungsbeiwert im Auslegungspunkt	260

10.5.4 Rotorleistung bei Abweichung vom Auslegungspunkt	260
10.5.5 Drehmomentenverlauf des Rotors	262
10.6 Abschließende Bemerkungen	264
Literatur	264
11 Berechnung von Stoffeigenschaften	265
11.1 Zustandsgrößen idealer Gase	265
11.1.1 Spezifisches Volumen	266
11.1.2 Kalorische Zustandsgrößen	266
11.1.3 Dissoziation der Verbrennungsgase	269
11.2 Stoffwertprogramm CoolProp	270
11.3 Programme, Diagramme und Tabellen im Internet	273
11.3.1 Programme der Beispiele im Buch	273
11.3.2 Mathcad Programme	273
11.3.3 Diagramme	273
11.3.4 Tabellen	274
Stichwortverzeichnis	275