

Wolfgang Eifler | Eberhard Schlücker |
Ulrich Spicher | Gotthard Will

Küttner

Kolbenmaschinen

Mit 408 Abbildungen, 40 Tabellen sowie zahlreichen
Übungen und Beispielen mit Lösungen.

7., neu bearbeitete Auflage

STUDIUM



VIEWEG+
TEUBNER

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
1 Gemeinsame Grundlagen der Kolbenmaschinen	1
1.1 Wirkungsweise, Bauarten und Grundbegriffe	1
1.1.1 Das volumetrische Prinzip der Energieübertragung	1
1.1.2 Bauarten und ihre historische Entwicklung	4
1.1.3 Aufbau und Kenngrößen von Hubkolbenmaschinen	6
1.2 Die thermodynamische Funktion von Kolbenmaschinen	9
1.2.1 Die „vollkommene Maschine“ als Modellvorstellung	9
1.2.2 Idealisierte Arbeitsspiele	10
1.2.3 Die verlustbehafteten Zustandsänderungen im Arbeitsraum einer Kolbenmaschine	17
1.3 Kurbeltrieb	22
1.3.1 Kinematik der Hubkolbenmaschine	23
1.3.2 Kräfte und Momente im Triebwerk	27
1.3.3 Massenausgleich	34
1.3.4 Ungleichförmigkeitsgrad und Drehmomentausgleich	43
1.3.5 Übungsaufgaben	46
1.4 Antriebsstränge für Kolbenmaschinen	50
1.4.1 Elektromotoren für Kolbenmaschinen	50
1.4.2 Antriebsformen für leckfreie Kolbenmaschinen	51
1.4.3 Getriebe für Kolbenmaschinen	52
1.4.4 Kupplungen für Kolbenmaschinenantriebe	53
1.4.5 Frequenzumrichter	53
1.4.6 Auswahl der Motor- und Getriebegrößen	53
2 Oszillierende Verdrängerpumpen	57
2.1 Einsatzgebiete	58
2.2 Einteilung und Merkmale	58
2.3 Arbeitsweise	61
2.3.1 Funktion	61
2.3.2 Kinematik der Verdrängerbewegung	62
2.3.3 Massenstrom und Förderleistung	65
2.3.4 Volumetrischer Wirkungsgrad	65
2.3.5 Kennlinien und Einfluss der Stellgrößen	68
2.3.6 Dosiergenauigkeit	70
2.3.7 Wirkungsweise und Einfluss der Pumpenventile	71
2.3.8 Wirkungsweise von Mehrfachpumpen	77
2.3.9 Beispiele	78
2.4 Technische Ausführung oszillierender Pumpenantriebe	80
2.4.1 Baukonzepte	80
2.4.2 Linearantriebe	82
2.4.3 Maschinen mit Geradschubkurbeltrieb	87
2.4.4 Federnockentriebwerke	90
2.4.5 Axialkolben-, Kurvenscheiben- und Schrägscheibenantriebe	90

2.4.6	Steuerkolbenantriebe	91
2.4.7	Hydraulische Membranpumpen mit hydraulischem Phasenanschnitt ...	92
2.5	Technische Ausführungen von Kolbenpumpenköpfen	93
2.5.1	Klassische Bauformen	93
2.5.2	Hochdruckpumpenköpfe	95
2.5.3	Pumpenköpfe für die Hygienetechnik	96
2.5.4	Pumpen für die Motorentechnik	97
2.5.5	Mikrodosierpumpen	99
2.6	Technische Ausführungen von Membranpumpenköpfen	100
2.6.1	Membranpumpen mit mechanischem Membranantrieb	100
2.6.2	Membranpumpen mit hydraulischem Membranantrieb	101
2.6.3	Schlauchmembranpumpen	107
2.7	Konstruktive Gestaltung ausgewählter Baugruppen	108
2.7.1	Kolben	108
2.7.2	Kolbenabdichtung	109
2.7.3	Flüssigkeitsgesteuerte Ventile	111
2.7.4	Membranen	114
2.7.5	Hydraulikventile	115
2.8	Das Pumpensystem	117
2.8.1	Druckverluste	117
2.8.2	Saugfähigkeit oszillierender Pumpen	118
2.8.3	Schwingungstechnische Betrachtung von Pumpensystemen mit oszillierenden Verdrängerpumpen	122
2.8.4	Pulsationsdämpfung mit Absorptionsdämpfern	125
2.8.5	Pulsationsdämpfung mit Resonatoren und Blenden	126
2.8.6	Druckpulsationen in Einspritzsystemen der Motorentechnik	128
2.8.7	Beispiele	128
2.9	Überwachung und Diagnose	131
2.10	Stelleingriffe und Regelungen	134
2.11	Ausgewählte Rotierende Verdrängerpumpen	135
2.11.1	Gemeinsame Grundlagen	135
2.11.2	Drehkolbenpumpen	136
2.11.3	Zahnradpumpen	137
2.11.4	Flügelzellenpumpen	138
2.11.5	Peristaltische Schlauchpumpen	139
2.11.6	Exzentrerschneckenpumpen	141
2.12	Vergleichende Betrachtungen	142
3	Kolbenverdichter	147
3.1	Bestandteile, Förderparameter und Einsatzbedingungen	147
3.2	Funktionsweise	150
3.2.1	Vorgänge im Arbeitsraum	150
3.2.2	Vorgänge in der Verdichterstufe	152
3.2.3	Massebilanz und Förderstrom	155
3.2.4	Energiebilanz und Leistungsbedarf	157
3.3	Konzeption und Gestaltung des Verdichters	161
3.3.1	Stufenzahl	161
3.3.2	Hauptparameter und Bauform	163
3.3.3	Ausführungsbeispiele	165

3.4	Konstruktion und Berechnung von Baugruppen	175
3.4.1	Zylinder und Ventile	175
3.4.2	Kolben und Dichtelemente	187
3.4.3	Kühler, Abscheider und Trockner	194
3.4.4	Pulsationskontrolle im Zwischenstufensystem	198
3.5	Betrieb von Kolbenverdichter-Anlagen	200
3.5.1	Förderverhalten	200
3.5.2	Stelleingriffe und Regelungen	206
3.5.3	Überwachung und Diagnose	212
3.6	Drehkolbenverdichter	216
3.6.1	Einteilung, Eigenschaften und Grundbegriffe	216
3.6.2	Zellenverdichter	218
3.6.3	Scrollverdichter	219
3.6.4	Rootsgebläse	220
3.6.5	Schraubenverdichter	223
4	Brennkraftmaschinen	231
4.1	Mechanische Bauteile	231
4.1.1	Kurbeltrieb	231
4.1.2	Kurbelgehäuse, Zylinder	239
4.1.3	Zylinderkopf und Ventiltrieb	240
4.1.4	Übungsaufgaben	247
4.2	Kraftstoffe des Verbrennungsmotors	248
4.2.1	Herkunft und Herstellungsprozess	248
4.2.2	Der chemische Aufbau der Kraftstoffe	250
4.2.3	Physikalisch-chemische Eigenschaften der Kraftstoffe	252
4.2.4	Normtabellen der Kraftstoffkennwerte	262
4.2.5	Kraftstoffadditive [4.2-1]	262
4.2.6	Stöchiometrischer Luftbedarf, Lambda und Gemischheizwert	264
4.2.7	Die Rußbildungsneigung von Kraftstoffen	266
4.2.8	Die laminare Brenngeschwindigkeit und die Zündgrenzen	267
4.2.9	Der Gemischheizwert	267
4.2.10	Alternative Kraftstoffe	269
4.2.11	Übungsaufgaben	282
4.3	Thermodynamik des Verbrennungsmotors	285
4.3.1	Einführung	285
4.3.2	Geschlossene Kreisprozesse	285
4.3.3	Öffene Vergleichsprozesse – das Modell des „Vollkommenen Motors“	296
4.3.4	Korrektur der Verbrennungsberechnung und Auswirkung der Dissoziation	309
4.3.5	Der reale Motorprozess (Verlustteilung)	311
4.3.6	Der Wärmestrom im Verbrennungsmotor	318
4.3.7	Energiebilanz und -umwandlung	330
4.4	Motor- und Betriebskenngrößen	334
4.4.1	Hubvolumen und Verdichtungsverhältnis	334
4.4.2	Die mittlere Kolbengeschwindigkeit	336
4.4.3	Effektive Leistung und Drehmoment	337
4.4.4	Innere Leistung und Mitteldruck	338

4.4.5	Wirkungsgrade und Kraftstoffverbrauch	341
4.4.6	Die Zylinderfüllung – Kenngrößen des Ladungswechsels	342
4.4.7	Die Motorenkennfelder	346
4.5	Ladungswechsel	352
4.5.1	Allgemeines	352
4.5.2	4-Takt-Hubkolbenmotor	353
4.5.3	2-Takt-Hubkolbenmotor	368
4.5.4	Übungsaufgaben	373
4.6	Der Prozessverlauf im Ottomotor	375
4.6.1	Grundlagen der Gemischbildung	376
4.6.2	Gemischbildungsverfahren	379
4.6.3	Zündung	398
4.6.4	Verbrennung	404
4.7	Dieselmotor	416
4.7.1	Grundlagen	416
4.7.2	Einspritzverfahren	418
4.7.3	Einspritzsysteme	421
4.7.4	Strahlausbreitung und Gemischbildung	431
4.7.5	Zündung und Verbrennung	433
4.7.6	Schadstoffentstehung	439
4.7.7	Übungsaufgaben	443
4.8	Entwicklungsschwerpunkte	445
4.8.1	Variabler Ventiltrieb (VVT)	445
4.8.2	Benzin-Direkteinspritzung (BDE)	452
4.8.2.1	Direkteinspritzung mit homogenem Gemisch	454
4.8.2.2	Direkteinspritzung mit geschichtetem Gemisch	456
4.8.2.3	Serienkonzepte	465
4.8.3	Aufladung	471
4.8.3.1	Mechanische Aufladung	472
4.8.3.2	Abgasturboaufladung	476
4.8.4	Downsizing und Downsampling	479
4.8.4.1	Downsizing	480
4.8.4.2	Downsampling	482
4.8.5	Moderne Konzepte bei Dieselmotoren	484
4.8.5.1	Mehrfacheinspritzung und Einspritzverlaufsformung	486
4.8.5.2	Piezo-Injektor und variable Einspritzdüsen	488
4.8.6	Homogeneous Charged Compression Ignition (HCCI)	489
4.8.7	Übungsfragen	493
4.9	Sonderverfahren	495
4.9.1	Wankelmotor	495
4.9.2	Stirling-Motor	498
4.9.3	Dampfmotor	501
4.9.4	Gasmotor	502
4.9.5	Wasserstoffantrieb	508
4.9.6	Atkinson-Zyklus und Miller-Verfahren	513
	Anhang: Stoffwerte zur Thermodynamik	516

Sachwortverzeichnis	523
----------------------------------	------------