

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
1 Historischer Rückblick	11
2 Mechanische Grundlagen	17
2.1 Kinematik des Hubkolbenmotors	18
2.2 Kinematik des Kreiskolbenmotors	20
2.3 Gaskräfte	23
2.4 Massenkräfte	24
2.5 Kräfte im Triebwerk	25
2.5.1 Kräfte im Triebwerk der Hubkolbenmaschine	25
2.5.2 Kräfte im Triebwerk der Kreiskolbenmaschine	26
2.6 Drehkraftdiagramm	28
2.7 Ungleichförmigkeitsgrad und Schwungrad	32
2.8 Massenausgleich	35
2.8.1 Ausgleich der Massenkräfte bei der Einzylindermaschine	35
2.8.2 Ausgleich der Massenkräfte und Massenmomente bei Reihenmotoren	36
2.8.2.1 Resultierende der rotierenden Massenkräfte	36
2.8.2.2 Resultierende der Massenkräfte 1. Ordnung	37
2.8.2.3 Resultierende der Massenkräfte 2. Ordnung	38
2.8.2.4 Resultierendes rotierendes Massenmoment	38
2.8.2.5 Resultierendes Massenmoment 1. Ordnung	39
2.8.2.6 Resultierendes Massenmoment 2. Ordnung	40
2.9 Torsionsschwingungen	43
3 Wärmetechnische Grundlagen	51
3.1 Arbeitsverfahren	51
3.1.1 Viertaktverfahren	51
3.1.2 Zweitaktverfahren	52
3.2 Vergleichsprozesse	52
3.2.1 Grundlagen	52
3.2.2 Thermischer Wirkungsgrad	53
3.2.3 Verbrennung und Kraftstoffe	55
3.2.4 Ableitung spezieller Kreisprozesse	57
3.3 Wirklicher Arbeitsprozess	59
3.4 Mittlerer Kolbendruck	61
3.5 Leistung	61
3.5.1 Innenleistung	61
3.5.2 Nutzleistung	61
3.5.3 Hubraumleistung	62
3.5.4 Leistungsgewicht	62
3.6 Wirkungsgrad	62
3.6.1 Gütegrad	62
3.6.2 Innenwirkungsgrad	62
3.6.3 Mechanischer Wirkungsgrad	63
3.6.4 Nutzwirkungsgrad	63
3.7 Spezifischer Kraftstoffverbrauch	64
3.8 Berechnung des mittleren effektiven Kolbendrucks	64
4 Berechnung der Hauptabmessungen	67
4.1 Hauptabmessungen bei Motoren mit Hubraumsteuer	67
4.2 Hauptabmessungen bei Angabe von Nutzleistung und Drehzahl	68

5	Zündung	71
5.1	Zündarten	71
5.1.1	Fremdzündung	71
5.1.2	Selbstzündung	72
5.2	Zündverzug	72
5.3	Zündsysteme für die Fremdzündung	73
5.3.1	Spulenzündung	73
5.3.2	Transistorspulenzündung	75
5.3.3	Hochspannungskondensatorzündung, Entwicklungstendenzen	79
5.4	Zündkerze	80
5.5	Zündzeitpunkt	83
5.6	Einfluss der Zündung auf die Abgaszusammensetzung	85
6	Klopfen	87
6.1	Klopfen beim Ottomotor	87
6.1.1	Ursache	87
6.1.2	Maßnahmen zur Verhinderung des Klopfens	87
6.1.3	Bestimmung der Klopfestigkeit des Benzins	89
6.2	Klopfen beim Dieselmotor	91
6.2.1	Ursache	91
6.2.2	Maßnahmen zur Verhinderung des Klopfens	91
6.2.3	Bestimmung der Zündwilligkeit des Dieselöls	92
7	Gemischbildung	95
7.1	Gemischbildung beim Ottomotor	95
7.1.1	Vergaser	96
7.1.1.1	Arbeitsweise des vereinfachten Vergasers	96
7.1.1.2	Vereinfachte Vergaserberechnung	97
7.1.1.3	Vergaserbauarten	98
7.1.1.4	Arbeitsweise des Vergasers	100
7.1.2	Einspritzung	110
7.1.2.1	Mechanisch gesteuerte Saugrohreinspritzung	114
7.1.2.2	Elektronisch gesteuerte Einspritzung	119
7.1.3	Einfluss der Gemischbildung auf die Schadstoffemission beim Ottomotor	124
7.1.4	Abgasreinigung beim Ottomotor	125
7.2	Gemischbildung beim Dieselmotor	131
7.2.1	Luftverteilende Einspritzung	133
7.2.1.1	Direkteinspritzung	133
7.2.1.2	Indirekte Einspritzung	134
7.2.2	Wandverteilende Einspritzung	136
7.2.3	Abgasrückführung	137
7.2.4	Einspritzsysteme	140
7.2.4.1	Reiheneinspritzpumpe	141
7.2.4.2	Verteilereinspritzpumpe	143
7.2.4.3	Pumpe-Düse-System	148
7.2.4.4	Speichereinspritzsysteme (Common Rail)	148
7.2.4.5	Einspritzleitung	152
7.2.4.6	Einspritzventil	153
7.2.4.7	Vereinfachte Berechnung der Düsenbohrung	158
7.2.4.8	Elektronische Dieselregelung	160
7.2.5	Abgasreinigung beim Dieselmotor	160
7.3	Schichtladung	164
8	Ladungswechsel	167
8.1	Ladungswechsel beim Viertaktmotor	167
8.1.1	Ventiltrieb	167
8.1.2	Ventilkonstruktion	173

8.1.3	Konstruktion des Nockens	175
8.1.3.1	Festlegung der Steuerzeiten	175
8.1.3.2	Variable Ventilöffnungszeiten	176
8.1.3.3	Vollvariable Ventilsteuerung	178
8.1.3.4	Harmonischer Nocken	179
8.1.3.5	Festlegung der Nockenform	181
8.1.3.6	Vornocken	183
8.1.3.7	Allgemeines	184
8.1.4	Berechnung der Ventildfeder	184
8.1.4.1	Bestimmung der reduzierten Masse	184
8.1.4.2	Ermittlung der Ventilverzögerung	185
8.1.4.3	Federabmessungen	185
8.2	Ladungswechsel beim Zweitaktmotor	187
8.2.1	Spülverfahren	188
8.2.1.1	Gleichstromspülung	188
8.2.1.2	Umkehrspülung	189
8.2.1.3	Querspülung	190
8.2.2	Spülgebläse	190
8.2.3	Berechnung der Ein- und Auslassöffnungen	190
8.2.3.1	Zeitquerschnitt	191
8.2.3.2	Abmessungen der Einlassschlitze	194
8.2.3.3	Vorauslass	194
8.2.4	Spüldruck	195
9	Aufladung	197
9.1	Möglichkeiten der Leistungssteigerung	197
9.2	Aufladeverfahren	199
9.2.1	Fremdaufladung, mechanische Aufladung	199
9.2.2	Abgasturboaufladung	200
9.2.2.1	Verdichter	202
9.2.2.2	Turbine	202
9.2.2.3	Ladeluftkühler	203
9.2.2.4	Abgasturboaufladung von Viertakt-Dieselmotoren	204
9.2.2.5	Abgasturboaufladung bei Zweitakt-Dieselmotoren	204
9.2.2.6	Abgasturboaufladung von Ottomotoren	206
9.2.3	Aufladung durch Druckschwingungen	206
9.3	Freikolben-Gaserzeuger	209
10	Bauteile	213
10.1	Kurbeltrieb	213
10.1.1	Kolben	213
10.1.1.1	Kolbenringe	220
10.1.1.2	Kolbenbolzen	222
10.1.2	Pleuel	224
10.1.3	Kurbelwelle	226
10.2	Zylinderkopf	229
10.3	Kurbelgehäuse und Zylinder	230
10.3.1	Kurbelgehäuse	230
10.3.2	Zylinder	230
11	Ausblick	233
11.1	Wankelmotor	233
11.2	Philips-Stirling-Motor	235
11.3	Zukünftige Motorenkonzepte	237

Anhang	241
Verwendete Formelzeichen	253
Literaturverzeichnis	255
Quellenverzeichnis	256
Stichwortverzeichnis	257