

# Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen, Indizes und Abkürzungen	XII
--	-----

1	Historie und Rahmenbedingungen	1
1.1	Historie	1
1.2	Rahmenbedingungen	3
1.2.1	Testzyklen	3
1.2.2	Abgasgesetzgebung USA und Kalifornien	6
1.2.3	Abgasgesetzgebung Europa	6
1.2.4	Abgasgesetzgebung Japan	7
1.2.5	Regelungen zur Verbrauchsreduzierung	7
1.3	Technologien	8
2	Motorischer Arbeitsprozess	10
2.1	Merkmale und Einteilung	10
2.2	Kenngrößen	12
2.2.1	Leistung und Mitteldruck	12
2.2.2	Verdichtungsverhältnis	13
2.2.3	Wirkungsgrad	13
2.2.4	Energiebilanz und Verlustteilung	14
2.3	Sonderverfahren	19
2.3.1	Lastregelung mit vollvariablen Ventiltrieben	19
2.3.2	Miller-Cycle	19
2.3.3	Atkinson-Cycle	20
3	Kraftstoffe	21
3.1	Zusammensetzung und Aufbau	21
3.1.1	Reine Kohlenwasserstoffe	21
3.1.2	Sauerstoffhaltige Kohlenwasserstoffe	23
3.1.3	Kraftstoffzusätze	24
3.1.4	Gasförmige Kraftstoffe	24
3.2	Eigenschaften	25
3.2.1	Flüssige Kraftstoffe	25
3.2.2	Heizwert und Gemischheizwert	27
3.2.3	Zündwilligkeit und Klopfestigkeit	29
3.2.4	Gesetzliche Anforderungen an Otto-Kraftstoffe	30

3.3	Herstellung von Otto-Kraftstoffen	32
3.3.1	Herstellung aus Mineralöl	32
3.3.2	Alternative Herstellmethoden für flüssige Kraftstoffe	33
3.3.3	Bereitstellung von Wasserstoff	35
3.3.4	Energie- und Emissionsbilanzen – „Well to Tank“	35
4	Gemischbildung	37
4.1	Grundlagen der Gemischbildung	37
4.1.1	Zerstäubung	37
4.1.2	Charakterisierung von Tropfenspektren	42
4.1.3	Verdampfung	44
4.1.4	Numerische Methoden zur Berechnung der Gemischbildung	46
4.2	Äußere Gemischbildung	50
4.2.1	Zentrale Gemischbildung	50
4.2.2	Dezentrale Gemischbildung	58
4.3	Innere Gemischbildung	62
4.3.1	Zylinderströmung und Einspritzung	62
4.3.2	Mischungsprozess	63
4.3.3	Interaktion des Einspritzstrahls mit einer Wand	65
4.4	Charakterisierung der Gemischbildung	67
4.4.1	Einspritzstrahl	67
4.4.2	Gemischbildung und Motorgeometrie	70
5	Gemischbildner	74
5.1	Vergaser	75
5.1.1	Einfacher Kraftfahrzeug-Vergaser	75
5.1.2	Elektronischer Vergaser	77
5.1.3	Gleichdruckvergaser	78
5.1.4	Schiebervergaser	78
5.2	Zentraleinspritzung	79
5.3	Saugrohr-Einzeleinspritzung	79
5.3.1	Aufbau eines Saugrohr-Einspritzventils	80
5.3.2	Zumessung und Aufbereitung	80
5.3.3	Einblaseventil für gasförmige Kraftstoffe	84
5.3.4	Elektrische Ansteuerung und Durchflussverhalten	84
5.4	Benzin-Direkteinspritzung	85
5.4.1	Drallinjektor	87
5.4.2	Injektor mit Mehrlochdüse	89
5.4.3	Injektor mit Schlitzdüse	90
5.4.4	Nach außen öffnende Düse	90
5.4.5	Direkte Gemischeinblasung	93
5.5	Hydraulische Anforderungen an das Kraftstoffversorgungssystem	95
5.5.1	Niederdruck-Kraftstoffsystem	95
5.5.2	Hochdruck-Kraftstoffsystem	95
6	Ladungswechsel und Strömung	97
6.1	Kenngrößen des Ladungswechsels	97

6.1.1	Spülung	100
6.1.2	Abgasrückführung	103
6.2	Auslegung	105
6.3	Wellendynamische Aufladeeffekte	106
6.3.1	Schwingrohraufladung	106
6.3.2	Resonanzaufladung	107
6.3.3	Auslegungsbeispiele	107
6.4	Aufladung	108
6.4.1	Mechanische Aufladung	113
6.4.2	Abgasturboaufladung	114
6.4.3	Erweiterte Turboaufladung	117
6.4.4	Impulsaufladung	118
6.5	Strömung im Motor	118
7	Zündung und Entflammung	122
7.1	Grundlagen der Funkenzündung	122
7.1.1	Zündvorgang	122
7.1.2	Entflammungsphase und Flammenkernbildung	124
7.2	Zyklische Schwankungen und Entflammung	127
7.3	Zündsysteme für Funkenzündung	129
7.3.1	Spulenzündung	129
7.3.2	Hochspannungs-Kondensatorzündung	130
7.3.3	Mehrfunkenzündung und Wechselstromzündung	130
7.3.4	Magnetzündung	130
7.4	Zündkerze	131
7.4.1	Funktion und Anforderungen	131
7.4.2	Aufbau	131
7.4.3	Betriebstemperatur und Wärmewert	132
7.4.4	Elektrodengeometrie und Funkenstrecke	133
7.4.5	Funkenlage	134
7.4.6	Ionenstrommessung	135
7.5	Alternative Zündsysteme	136
7.5.1	Oberflächenzündung	136
7.5.2	Plasmastrahlzündung	137
7.5.3	Laserzündung	137
7.5.4	Sonderzündverfahren	138
8	Verbrennung	139
8.1	Grundlagen und Ziele	139
8.2	Thermodynamik der Verbrennung	140
8.2.1	Luftbedarf und Luftverhältnis	140
8.2.2	Energiebilanz und Heizwert	141
8.2.3	Zusammensetzung und Stoffwerte des Verbrennungsgases	142
8.2.4	Reaktionskinetik	143
8.2.5	Zündprozesse	145
8.2.6	Strahlung der Flamme	145
8.2.7	Ionisation der Flamme	145

8.3	Flammenausbreitung	146
8.3.1	Laminare Flammenausbreitung	146
8.3.2	Turbulente Flammenausbreitung	147
8.4	Limitierte und nichtlimitierte Schadstoffe, Schadstoffbildung	149
8.4.1	Nichtlimitierte Schadstoffe	150
8.4.2	Limitierte Schadstoffe	150
8.4.3	Schadstoffentstehung	150
8.5	Homogene Selbstzündung	152
8.6	Verbrennungsanomalien	154
8.6.1	Glühzündungen	154
8.6.2	Klopfende Verbrennung	155
9	Abgasnachbehandlung	158
9.1	Abgasnachbehandlung bei $\lambda = 1$ -geregelten Motoren	158
9.1.1	Emissionen im Testzyklus	158
9.1.2	Reaktionsmechanismen	160
9.1.3	Funktion des $\lambda = 1$ -geregelten Dreiwege-Katalysators	161
9.1.4	Systemoptimierung	164
9.1.5	Systemerweiterungen	166
9.2	Abgasnachbehandlung mit $\lambda > 1$ -geregelten Motoren	168
9.2.1	Funktion des DeNO <sub>x</sub> -Katalysators	168
9.2.2	Systemoptimierung der „mageren“ Abgasnachbehandlung	170
9.2.3	Alternative Nachbehandlungskonzepte	171
10	Ottomotorische Technologien	173
10.1	Zielfelder	173
10.2	Konventioneller Ottomotor mit Saugrohreinspritzung	175
10.2.1	Ventiltriebskonzepte	175
10.2.2	Variabilitäten der Sauganlagen	177
10.2.3	Variabilitäten der Ventiltriebe (teilvariable Ventiltriebe)	178
10.2.4	Restgassteuerung	179
10.3	Variable Ladungsbewegung	181
10.4	Vollvariabler Ventiltrieb	185
10.4.1	Drosselfreie Laststeuerung mit vollvariablen Ventiltrieben	185
10.4.2	Der mechanisch vollvariable Ventiltrieb	186
10.4.3	Der elektromechanische Ventiltrieb	189
10.4.4	Der elektrohydraulische Ventiltrieb	191
10.5	Variables Verdichtungsverhältnis	194
10.6	Zylinderabschaltung	196
10.7	Benzin-Direkteinspritzung	199
10.7.1	Homogene Brennverfahren mit Direkteinspritzung	200
10.7.2	Schichtkonzepte der ersten Generation – wand- und luftgeführte Brennverfahren	203
10.7.3	Schichtkonzepte der zweiten Generation – strahlgeführte Brennverfahren	206
10.8	Downsizing	208
10.9	Kontrollierte homogene Selbstzündung	211

10.10	Zweitakt-Kleinmotoren	214
10.11	Großgasmotoren	217
10.12	Rotationskolben-Motoren	220
10.13	Brennverfahren für alternative Kraftstoffe	222
10.13.1	Flüssiggas	223
10.13.2	Erdgas	223
10.13.3	Methanol und Ethanol	226
10.13.4	Wasserstoff	227
11	Motorsteuerungen	239
11.1	Systembeschreibung	239
11.1.1	Modellbasierte Funktionsstruktur	239
11.1.2	Drehmomentbasierte Funktionsstruktur	240
11.1.3	Vernetzte Funktionsstruktur	240
11.2	Funktionen	241
11.2.1	Allgemeine Funktionen	242
11.2.2	Diagnose- und Sicherheitskonzepte	243
	Anhang	245
	Literatur	248
	Namen- und Sachverzeichnis	260

Grundlagen und Technologien des Ottomotors

Eichlseder, H.; Klüting, M.; Piock, W.

2008, XIV, 271 S., Hardcover

ISBN: 978-3-211-25774-6