

1 Grundlagen des Ottomotors	1
David Lejsek, Andreas Kufferath, André Kulzer und Konrad Reif	
1.1 Arbeitsweise	1
1.1.1 Viertakt-Verfahren	1
1.1.2 Arbeitsprozess: Ladungswechsel und Verbrennung	3
1.1.3 Luftverhältnis und Abgasemissionen	4
1.1.4 Gemischbildung	6
1.1.5 Zündung und Entflammung	8
1.2 Zylinderfüllung	8
1.2.1 Bestandteile	8
1.2.2 Ladungswechsel	9
1.2.3 Steuerung der Luftfüllung	10
1.2.4 Füllungserfassung und Gemischregelung	14
1.2.5 Kraftstoffe	15
1.3 Verbrennung	18
1.3.1 Turbulente vorgemischte Verbrennung	18
1.3.2 Turbulente vorgemischte teildiffusive Verbrennung	19
1.3.3 Homogene Selbstzündung	20
1.3.4 Irreguläre Verbrennung	21
1.4 Drehmoment, Leistung und Verbrauch	24
1.4.1 Drehmomente am Antriebsstrang	24
1.4.2 Definition von Kenngrößen	25
1.4.3 Verläufe	28
1.4.4 Spezifischer Kraftstoffverbrauch	28
Literatur	29
2 Kraftstoffversorgung	31
Andreas Posselt, Jens Wolber, Peter Schelhas, Manfred Franz, Horst Kirschner, Andreas Pape, Winfried Langer, Peter Kolb, Jörg Ullmann, Günther Straub und Konrad Reif	
2.1 Einführung und Überblick	31

2.1.1	Kraftstoffförderung bei Saugrohreinspritzung	31
2.1.1.1	System mit Rücklauf	32
2.1.1.2	Rücklauffreies System	33
2.1.1.3	Bedarfsgeregeltes System	33
2.1.2	Kraftstoffförderung bei Benzin-Direkteinspritzung	35
2.1.2.1	Niederdruckkreis	36
2.2	Komponenten der Kraftstoffförderung	36
2.2.1	Elektrokraftstoffpumpe	36
2.2.1.1	Aufgabe	36
2.2.1.2	Aufbau	37
2.2.1.3	Verdrängerpumpe	38
2.2.1.4	Peripheralpumpe	40
2.2.1.5	Ausblick	40
2.2.2	Kraftstofffördermodule	41
2.2.3	Benzinfilter	42
2.2.3.1	Aufbau	42
2.2.3.2	Filtermedium	42
2.2.3.3	Filtrationseffekte	43
2.2.3.4	Anforderungen	43
2.2.4	Kraftstoffdruckregler	44
2.2.4.1	Aufgabe	44
2.2.4.2	Aufbau und Arbeitsweise	44
2.2.5	Kraftstoffdruckdämpfer	45
2.3	Rückhaltesysteme für Kraftstoffdämpfe, Tankentlüftung	46
2.3.1	Entstehung von Kraftstoffdämpfen	46
2.3.2	Aufbau und Arbeitsweise	46
2.3.2.1	Besonderheiten bei Turboaufladung und Benzin-Direkteinspritzung	47
2.3.3	Erweiterte Anforderungen	47
2.4	Ottokraftstoffe	48
2.4.1	Überblick	48
2.4.1.1	Historische Entwicklung	48
2.4.1.2	Kraftstoffsorten und -zusammensetzung	49
2.4.1.3	Herstellung	50
2.4.2	Konventionelle Kraftstoffe	51
2.4.2.1	Alkohole und Ether	51
2.4.2.2	Normung	52
2.4.3	Physikalisch-chemische Eigenschaften	54
2.4.3.1	Schwefelgehalt	54
2.4.3.2	Heizwert	54
2.4.3.3	Gemischheizwert	54

2.4.3.4	Dichte	54
2.4.3.5	Klopffestigkeit	55
2.4.3.6	Erhöhen der Klopffestigkeit	55
2.4.3.7	Siedeverlauf	56
2.4.3.8	Dampfdruck	56
2.4.3.9	Dampf-Flüssigkeits-Verhältnis	56
2.4.3.10	Vapour Lock Index	56
2.4.3.11	Detergentien	57
2.4.3.12	Korrosionsinhibitoren	57
2.4.3.13	Oxidationsstabilisatoren	57
2.4.3.14	Metalldesaktivatoren	58
2.4.4	Gasförmige Kraftstoffe	58
2.4.4.1	Erdgas	58
2.4.4.2	Flüssiggas	58
2.4.4.3	Wasserstoff	59
	Literatur	59
3	Füllungssteuerung	61
	Martin Brandt, Alex Grossmann, Markus Deissler, Kurt Kirsten, Michael Bäuerle, Martin Rauscher, Jochen Müller, Wolfgang Samenfink und Konrad Reif	
3.1	Elektronische Motorleistungssteuerung	61
3.1.1	Aufgabe und Arbeitsweise	61
3.1.2	Elektrische Drosselvorrichtung des EGAS-Systems	62
3.1.3	Fahrpedalmodul	64
3.1.4	Überwachungskonzept der elektronischen Motorleistungssteuerung	64
3.2	Dynamische Aufladung	65
3.2.1	Schwingsaugrohraufladung	66
3.2.2	Resonanzaufladung	67
3.2.3	Variable Saugrohrgeometrie	68
3.2.4	Schwingsaugrohrsysteme	69
3.2.5	Resonanzsaugrohrsysteme	70
3.2.6	Kombiniertes Resonanz- und Schwingsaugrohrsystem	70
3.3	Variable Ventilsteuerung	70
3.3.1	Betrachtungen zur Ventilvariabilität	71
3.3.2	Schaltbarer Tassenstößel	72
3.3.3	Schaltbares Abstützelement	72
3.3.4	Schaltbarer Schleppebel	74
3.3.5	Schiebenockensystem	75
3.3.6	Phasensteller	76
3.3.7	Vollvariable Ventiltriebe	76

3.4	Aufladung	78
3.4.1	Mechanische Aufladung	78
3.4.2	Druckwellenaufladung	79
3.4.3	Abgasturboaufladung	81
3.4.3.1	Aufbau und Arbeitsweise	81
3.4.3.2	Abgasturbolader-Bauarten	84
3.4.3.3	Kombinierte Aufladesysteme	87
3.4.4	Motorische Optimierung der Aufladung	88
3.4.4.1	Spülluft	88
3.4.4.2	Ladeluftkühlung	89
3.4.5	Ladedruckregelung	90
3.5	Ladungsbewegung	91
3.5.1	Einlasskanalauslegung zur Optimierung der Ladungsbewegung	91
3.5.2	Ladungsbewegungsklappe	92
3.6	Abgasrückführung	93
3.6.1	Steuerung der externen Abgasrückführung	94
3.6.2	Reduzierung des Kraftstoffverbrauchs	95
3.6.3	Begrenzung der NOx-Emission	95
	Literatur	95

4 Einspritzung 97

Andreas Posselt, Markus Gesk, Anja Melsheimer, Ferdinand Reiter, Klaus Joos, Peter Schenk, Andreas Kufferath, Wolfgang Samenfink, Andreas Glaser, Tilo Landenfeld, Uwe Müller und Konrad Reif

4.1	Saugrohreinspritzung	98
4.1.1	Übersicht	98
4.1.1.1	Aufbau	98
4.1.1.2	Arbeitsweise	100
4.1.1.3	Schadstoffminderung	101
4.1.1.4	Emissionen während des Kaltstarts	103
4.1.1.5	Maßnahmen zur Aufheizung des Katalysators	103
4.1.1.6	Thermische Nachbehandlung	103
4.1.1.7	Sekundärlufteinblasung	103
4.1.2	Einspritzlage	104
4.1.2.1	Simultane Einspritzung	105
4.1.2.2	Gruppeneinspritzung	106
4.1.2.3	Sequenzielle Einspritzung	106
4.1.2.4	Zylinderindividuelle Einspritzung	106
4.1.3	Gemischbildung	106
4.1.3.1	Primärtröpfchenspray	107
4.1.3.2	Einspritzlage	108
4.1.3.3	Spray-Targeting	109

4.1.3.4	Luftströmung	110
4.1.3.5	Sekundäre Gemischaufbereitung	110
4.1.4	Elektromagnetische Einspritzventile	110
4.1.4.1	Aufgabe	110
4.1.4.2	Aufbau und Arbeitsweise	111
4.1.4.3	Strahlaufbereitung	114
4.1.5	Kraftstoffverteiler.	115
4.2	Benzin-Direkteinspritzung.	116
4.2.1	Einleitung.	116
4.2.2	Übersicht	118
4.2.2.1	Arbeitsweise.	118
4.2.3	Brennverfahren und Betriebsarten	119
4.2.3.1	Brennverfahren.	119
4.2.3.2	Betriebsarten	125
4.2.4	Gemischbildung, Zündung und Entflammung.	128
4.2.4.1	Anforderungen	128
4.2.4.2	Einflussgrößen	128
4.2.4.3	Gemischbildung und Verbrennung im Homogenbetrieb.	129
4.2.4.4	Gemischbildung und Verbrennung im Schichtbetrieb . . .	129
4.2.5	Hochdruck-Einspritzventil.	131
4.2.5.1	Aufgabe	131
4.2.5.2	Anforderungen	132
4.2.5.3	Magnetinjektoren	133
4.2.5.4	Piezoinjektoren.	136
4.2.6	Kraftstoffverteilerrohr	137
4.2.7	Hochdruckpumpen für die Benzin-Direkteinspritzung	139
4.2.7.1	Aufgabe und Anforderungen	139
	Verständnisfragen	143