

Inhaltsverzeichnis

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.	10
1.2.3 Steuerung der Luftfüllung	11
1.2.4 Füllungserfassung und Gemischregelung	14
1.2.5 Kraftstoffe	15
1.3 Verbrennung.	19
1.3.1 Turbulente vorgemischte Verbrennung	19
1.3.2 Turbulente vorgemischte teildiffusive Verbrennung	19
1.3.3 Homogene Selbstzündung	21
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 Elektronische Steuerung und Regelung	31
Stefan Schneider, Andreas Blumenstock, Oliver Pertler und Konrad Reif	
2.1 Übersicht	31
2.1.1 Betriebsdatenerfassung und -verarbeitung	33
2.1.1.1 Betriebsdatenerfassung	33
2.1.1.2 Betriebsdatenverarbeitung	33
2.1.1.3 Ansteuerung von Aktoren	34
2.1.2 Drehmomentstruktur	35
2.1.3 Überwachungskonzept	36
2.1.4 Diagnose	36
2.1.5 Vernetzung im Fahrzeug	36
2.2 Systembeispiele	37
2.2.1 Motorsteuerung mit mechanischer Drosselklappe	38
2.2.2 Motorsteuerung mit elektrisch angesteuerter Drosselklappe	38
2.2.3 Motorsteuerung für Benzin-Direkteinspritzung	38
2.2.4 Motorsteuerung für Erdgassysteme	40
2.2.4.1 Umschaltung der Kraftstoffart	42
2.3 Systemstruktur	42
2.3.1 Subsysteme und Hauptfunktionen	46
2.3.1.1 System Documentation	46
2.3.1.2 System Control	46
2.3.1.3 Coordination Engine	47
2.3.1.4 Torque Demand	47
2.3.1.5 Torque Structure	48
2.3.1.6 Air System	48
2.3.1.7 Fuel System	49
2.3.1.8 Ignition System	50
2.3.1.9 Exhaust System	51
2.3.1.10 Operating Data	52
2.3.1.11 Communication	53
2.3.1.12 Accessory Control	53
2.3.1.13 Monitoring	54
2.3.1.14 Diagnostic System	54
2.4 Software-Struktur	55
2.4.1 Anforderungen an die Software in der Motorsteuerung	55
2.4.2 Software-Architektur	56
2.4.2.1 Anforderungen	56
2.4.2.2 Architektursichten	56
2.4.2.3 Interrupt-Steuerung	59
2.4.2.4 Kurbelwinkelsynchroner Interrupt	60

2.4.2.5	Architekturmechanismen	61
2.4.2.6	Schichtenmodell	61
2.4.2.7	Variantenmechanismen	62
2.4.2.8	Software-Architektur und Entwicklungsprozess	63
2.4.3	AUTOSAR	64
2.5	Steuergeräteapplikation	65
2.5.1	Ablauf der Applikation	66
2.5.2	Klassifizierung der Parametrierungsaufgaben	67
2.5.2.1	Komponentenparametrierung (Sensoren, Aktoren)	67
2.5.2.2	Modellparametrierung (z. B. Füllungsmodell, Drehmomentmodell etc.)	67
2.5.2.3	Motoreinstellgrößen (Zündwinkel, Einspritzbeginn, Nockenwellenposition etc.)	67
2.5.2.4	Vorsteuer- und Sollwerte (Verlaufsformungen, Startparameter etc.)	68
2.5.2.5	Reglerparametrierung (z. B. Leerlaufregelung, Ladedruckregelung, Klopfregelung etc.)	68
2.5.2.6	Schwellenwerte (Diagnoseschwellen, Umschaltungen, Hysteresen etc.)	68
2.5.3	Applikationstools	69
2.5.4	Ablauf einer Software-Applikation	70
2.5.4.1	Definieren des gewünschten Verhaltens	70
2.5.4.2	Vorbereitung	71
2.5.4.3	Vermessung des tatsächlichen Systemverhaltens	71
2.5.4.4	Anpassung der Funktionsparameter	71
2.5.4.5	Dokumentieren der modifizierten Parameter	71
2.5.5	Statistische Versuchsplanung in der Applikation von Motorsteuergeräten	72
2.5.6	Modellbasierte Applikation	72
2.5.7	Applikationsbeispiel	73
2.5.7.1	Optimierung des Zündwinkels	73
2.5.8	Weitere Anpassungen	74
2.5.8.1	Adaptionen	74
2.5.8.2	Sicherheitsanpassungen	74
2.5.8.3	Kommunikation	75
2.5.8.4	Diagnose	75
2.5.9	Applikation unter extremen klimatischen Bedingungen	75
2.5.9.1	Wintererprobung	76
2.5.9.2	Sommererprobung	76
2.5.9.3	Höhenerprobung	76

3 Sensoren	77
Manfred Strohrmann, Berndt Cramer und Konrad Reif	
3.1 Einsatz im Kraftfahrzeug	77
3.2 Temperatursensoren	78
3.2.1 Anwendung	79
3.2.1.1 Motortemperatursensor	79
3.2.1.2 Lufttemperatursensor	79
3.2.1.3 Motoröltemperatursensor	79
3.2.1.4 Kraftstofftemperatursensor	79
3.2.1.5 Abgastemperatursensor	79
3.2.1.6 Temperatursensoren in Sensormodulen	80
3.2.2 Aufbau und Arbeitsweise	80
3.3 Motordrehzahlsensoren	80
3.3.1 Anwendung	80
3.3.2 Induktive Drehzahlsensoren	81
3.3.2.1 Aufbau und Arbeitsweise	81
3.3.3 Aktive Drehzahlsensoren	82
3.3.3.1 Differential-Hall-Sensor	82
3.3.3.2 AMR-Sensoren	85
3.3.3.3 Sensoren mit Drehrichtungserkennung	85
3.3.4 Hall-Phasensensoren	86
3.3.4.1 Anwendung	86
3.3.4.2 Aufbau und Arbeitsweise	86
3.4 Heißfilm-Luftmassenmesser	87
3.4.1 Anwendung	87
3.4.2 Aufbau und Arbeitsweise	87
3.4.3 Heißfilm-Luftmassenmesser als Sensormodul	91
3.5 Piezoelektrische Klopfensensoren	91
3.5.1 Anwendung	91
3.5.2 Aufbau und Arbeitsweise	92
3.5.3 Anbau	93
3.6 Mikromechanische Drucksensoren	93
3.6.1 Anwendung	93
3.6.2 Arbeitsweise von Drucksensoren	93
3.6.3 Aufbau von Drucksensoren	95
3.7 Hochdrucksensoren	97
3.7.1 Anwendung	97
3.7.2 Aufbau und Arbeitsweise	98
3.8 λ -Sonden	99
3.8.1 Grundlagen	99
3.8.1.1 Nernst-Zelle	100
3.8.1.2 Pumpzelle	100

3.9	Zweipunkt- λ -Sonden	100
3.9.1	Anwendung	100
3.9.2	Wirkungsweise	100
3.9.3	Robustheit	103
3.9.4	Beschaltung	104
3.9.5	Ausführungsformen	104
3.10	Breitband- λ -Sonde	105
3.10.1	Anwendung	105
3.10.2	Aufbau und Funktion	105
3.10.3	Einzeller	106
3.10.4	Zweizeller	107
3.11	NOx-Sensor	109
3.11.1	Anwendung	109
3.11.2	Aufbau und Arbeitsweise	109
3.11.2.1	Elektronik	111
3.11.2.2	Kennlinien	111
	Literatur	111
4	Steuergerät	113
	Hans-Walter Schmitt, Hans-Peter Ströbele, Axel Aue, Norbert Jeggle, Andreas Müller, Wolfgang Löwl, Jochen Schneider, Jörg Gebers und Konrad Reif	
4.1	Einführung, Anforderungen und Einsatzbedingungen	113
4.2	Elektronischer Aufbau des Steuergerätes	114
4.2.1	Architektur	114
4.2.2	Aufbau	116
4.3	Rechnerkern	116
4.3.1	Anforderungen	116
4.3.2	Mikrocontroller	117
4.3.2.1	Programm- und Datenspeicher	118
4.3.2.2	Variablen- oder Arbeitsspeicher	118
4.3.2.3	Unified-Speicher	119
4.3.2.4	ASIC	119
4.3.2.5	Überwachungsmodul	119
4.3.3	Ausgangssignale, Schaltsignale	120
4.3.3.1	PWM-Signale	120
4.3.4	Kommunikation innerhalb des Steuergeräts	120
4.3.5	EOL-Programmierung	120
4.4	Sensorik	121
4.4.1	Sensorschnittstellen	121
4.4.1.1	Analoge Schnittstellen	121
4.4.1.2	Digitale Schnittstellen	121
4.4.1.3	Sensorsignal-Aufbereitung	122

4.5	Aktor-Ansteuerung.	122
4.6	Applikation von Steuergeräten in Fahrzeugprojekten	124
4.7	Hardware-nahe Software	126
4.7.1	Zielsetzung der Hardware-nahen Software	127
4.7.2	Standardisierung, Methodik AUTOSAR	128
4.8	Mechanik	129
4.8.1	Einsatzbedingungen	129
4.8.2	Wärmeabfuhr	130
	Literatur.	131
5	Diagnose.	133
	Markus Willimowski, Jens Leideck und Konrad Reif	
5.1	Überwachung im Fahrbetrieb – On-Board-Diagnose	133
5.1.1	Übersicht	133
5.1.2	Überwachung der Eingangssignale	133
5.1.3	Überwachung der Ausgangssignale	134
5.1.4	Überwachung der internen Steuergerätefunktionen.	135
5.1.5	Überwachung der Steuergerätekommunikation.	135
5.1.6	Fehlerbehandlung.	135
5.1.6.1	Fehlererkennung	135
5.1.6.2	Fehlerspeicherung	136
5.1.6.3	Notlauffunktionen	136
5.2	OBD-System für Pkw und leichte Nfz.	136
5.2.1	Gesetzgebung.	136
5.2.1.1	OBD I (CARB)	136
5.2.1.2	OBD II (CARB)	137
5.2.1.3	Erweiterungen der OBD II	137
5.2.1.4	EPA-OBD	137
5.2.1.5	EOBD	138
5.2.1.6	Andere Länder	138
5.2.2	Anforderungen an das OBD-System	138
5.2.2.1	Grenzwerte	138
5.2.2.2	Anforderungen an die Funktionalität	139
5.2.2.3	Motorkontrollleuchte	139
5.2.2.4	Kommunikation mit dem Scan-Tool.	140
5.2.2.5	Fahrzeugreparatur	140
5.2.2.6	Einschaltbedingungen	140
5.2.2.7	Sperrbedingungen	140
5.2.2.8	Temporäres Abschalten von Diagnosefunktionen.	141
5.2.2.9	Readiness-Code.	141
5.2.2.10	Diagnose-System-Manager.	141
5.2.2.11	Rückruf	141

5.3	OBD-Funktionen	141
5.3.1	Übersicht	141
5.3.2	Katalysatordiagnose	142
5.3.2.1	Diagnose von Katalysatoren mit geringer Sauerstoff-Speicherfähigkeit.	143
5.3.2.2	Diagnose von Katalysatoren mit hoher Sauerstoff-Speicherfähigkeit.	144
5.3.2.3	Diagnose von NOx-Speicherkatalysatoren	145
5.3.3	Verbrennungsaussetzererkennung	146
5.3.4	Tankleckdiagnose.	147
5.3.4.1	Diagnoseverfahren mit Unterdruckabbau	148
5.3.4.2	Überdruckverfahren	148
5.3.5	Diagnose des Sekundärluftsystems	149
5.3.6	Diagnose des Kraftstoffsystems.	151
5.3.7	Diagnose der λ -Sonden	151
5.3.7.1	Primäre λ -Sonde	152
5.3.7.2	Sekundäre λ -Sonde	152
5.3.8	Diagnose des Abgasrückführungssystems	153
5.3.9	Diagnose der Kurbelgehäuseentlüftung	153
5.3.10	Diagnose des Motorkühlsystems	154
5.3.11	Diagnose zur Überwachung der Aufheizmaßnahmen	154
5.3.12	Diagnose des variablen Ventiltriebs	155
5.3.13	Comprehensive Components: Diagnose von Sensoren	155
5.3.13.1	Elektrische Fehler	155
5.3.13.2	Überprüfung auf Bereichsfehler	155
5.3.13.3	Plausibilitätsfehler.	156
5.3.14	Comprehensive Components: Diagnose von Aktoren	157
5.3.14.1	Diagnose der elektrisch angesteuerten Drosselklappe ...	157
	Verständnisfragen	159