

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	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 Zündung	31
Walter Golin, Klaus Lerchenmüller, Grit Vogt und Konrad Reif	
2.1 Magnetzündung	31
2.2 Batteriezündung	32
2.2.1 Transistorzündung	32
2.2.2 Elektronische Zündung	32
2.2.3 Vollelektronische Zündung	33
2.3 Induktive Zündanlage	33
2.3.1 Aufbau	34
2.3.2 Aufgabe und Arbeitsweise	35
2.3.3 Energiespeicherung	36
2.3.3.1 Schließzeit und Primärstrom	36
2.3.4 Erzeugung der Hochspannung	37
2.3.4.1 Zündspannung	38
2.3.4.2 Einschaltspannung	38
2.3.4.3 Funkenentladung	38
2.3.4.4 Funkenenergie	39
2.3.4.5 Energiebilanz	40
2.3.4.6 Energieverluste	40
2.3.4.7 Luft-Kraftstoff-Gemischentflammung und Zündenergiebedarf	41
2.4 Zündspulen	41
2.4.1 Aufgabe	41
2.4.2 Anforderungen	42
2.4.3 Aufbau und Arbeitsweise	43
2.4.3.1 Aufbau	43
2.4.3.2 Funktionsprinzip	45
2.4.3.3 Einschaltfunken	49
2.4.3.4 Wärmeentwicklung in der Zündspule	49
2.4.3.5 Kapazitive Last	49
2.4.3.6 Funkenenergie	49
2.4.4 Ausführungen	50
2.4.4.1 Kompaktzündspule	50
2.4.4.2 Weitere Zündspulen-Bauarten	52
2.4.4.3 Stabzündspule	52
2.4.5 Elektronik in der Zündspule	54
2.4.5.1 Elektrische Parameter	55
2.4.5.2 Gespeicherte Energie	55
2.4.5.3 Ohmscher Widerstand	55
2.4.5.4 Verlustleistung	56
2.4.5.5 Windungsverhältnis	56

2.4.5.6	Hochspannungs- und Funkencharakteristik	56
2.4.5.7	Dynamischer Innenwiderstand	56
2.5	Zündkerzen	56
2.5.1	Aufgabe	57
2.5.2	Anwendung	58
2.5.2.1	Einsatzgebiete	58
2.5.2.2	Typenvielfalt	58
2.5.3	Anforderungen	58
2.5.3.1	Anforderungen an die elektrischen Eigenschaften	58
2.5.3.2	Anforderungen an die mechanischen Eigenschaften	58
2.5.3.3	Anforderungen an die chemische Belastbarkeit	59
2.5.3.4	Anforderungen an die thermische Belastbarkeit	59
2.5.4	Aufbau	59
2.5.4.1	Anschlussbolzen	59
2.5.4.2	Isolator	59
2.5.4.3	Gehäuse	60
2.5.4.4	Dichtsitz	61
2.5.4.5	Elektroden	61
2.5.5	Zündkerzenkonzepte	63
2.5.5.1	Luftfunken-Konzept	63
2.5.5.2	Gleitfunken-Konzept	63
2.5.5.3	Luftgleitfunken-Konzepte	65
2.5.6	Elektrodenabstand	65
2.5.7	Funkenlage	65
2.5.8	Wärmewert der Zündkerze	66
2.5.8.1	Betriebstemperatur der Zündkerze	66
2.5.8.2	Wärmewert und Wärmewertkennzahl	67
2.5.9	Applikation von Zündkerzen	69
2.5.9.1	Temperaturmessung	69
2.5.9.2	Ionenstrommessung	70
2.5.9.3	Thermische Entflammung	71
2.5.9.4	Auswertung der Messergebnisse	71
2.5.9.5	Zündkerzenauswahl	71
2.5.10	Betriebsverhalten der Zündkerze	72
2.5.10.1	Veränderungen im Betrieb	72
2.5.10.2	Elektrodenverschleiß	72
2.5.10.3	Anomale Betriebszustände	72
2.5.11	Ausführungen	73
2.5.11.1	Zündkerzen für direkteinspritzende Ottomotoren	73
2.5.11.2	Spezialzündkerzen	75
2.5.12	Typformel für Zündkerzen	75

2.6	Simulationsbasierte Entwicklung von Zündkerzen	76
2.6.1	Temperaturfeld.	77
2.6.2	Elektrisches Feld	77
2.6.3	Strukturmechanik.	78
2.7	Zündkerzen-Praxis	78
2.7.1	Zündkerzenmontage.	78
2.7.2	Fehler und ihre Folgen.	78
2.7.2.1	Falsche Wärmewertkennzahl.	78
2.7.2.2	Falsche Gewindelänge	78
2.7.2.3	Manipulation am Dichtsitz	79
2.7.3	Beurteilung von Zündkerzengesichtern	79
	Literatur.	79
3	Elektronische Steuerung und Regelung	81
	Stefan Schneider, Andreas Blumenstock, Oliver Pertler und Konrad Reif	
3.1	Übersicht	81
3.1.1	Betriebsdatenerfassung und -verarbeitung.	83
3.1.1.1	Betriebsdatenerfassung	83
3.1.1.2	Betriebsdatenverarbeitung.	83
3.1.1.3	Ansteuerung von Aktoren	84
3.1.2	Drehmomentstruktur	85
3.1.3	Überwachungskonzept.	86
3.1.4	Diagnose	86
3.1.5	Vernetzung im Fahrzeug	86
3.2	Systembeispiele	87
3.2.1	Motorsteuerung mit mechanischer Drosselklappe.	88
3.2.2	Motorsteuerung mit elektrisch angesteuerter Drosselklappe.	88
3.2.3	Motorsteuerung für Benzin-Direkteinspritzung.	88
3.2.4	Motorsteuerung für Erdgassysteme	90
3.2.4.1	Umschaltung der Kraftstoffart	92
3.3	Systemstruktur	92
3.3.1	Subsysteme und Hauptfunktionen	96
3.3.1.1	System Documentation	96
3.3.1.2	System Control	96
3.3.1.3	Coordination Engine.	97
3.3.1.4	Torque Demand.	97
3.3.1.5	Torque Structure	98
3.3.1.6	Air System	98
3.3.1.7	Fuel System.	99
3.3.1.8	Ignition System	100
3.3.1.9	Exhaust System.	101
3.3.1.10	Operating Data	102

3.3.1.11	Communication	103
3.3.1.12	Accessory Control	103
3.3.1.13	Monitoring	104
3.3.1.14	Diagnostic System	104
3.4	Software-Struktur	104
3.4.1	Anforderungen an die Software in der Motorsteuerung	105
3.4.2	Software-Architektur	106
3.4.2.1	Anforderungen	106
3.4.2.2	Architektursichten	106
3.4.2.3	Interrupt-Steuerung	109
3.4.2.4	Kurbelwinkelsynchroner Interrupt	109
3.4.2.5	Architekturmechanismen	110
3.4.2.6	Schichtenmodell	111
3.4.2.7	Variantenmechanismen	112
3.4.2.8	Software-Architektur und Entwicklungsprozess	112
3.4.3	AUTOSAR	113
4	Diagnose	117
	Markus Willimowski, Jens Leideck und Konrad Reif	
4.1	Überwachung im Fahrbetrieb – On-Board-Diagnose	117
4.1.1	Übersicht	117
4.1.2	Überwachung der Eingangssignale	117
4.1.3	Überwachung der Ausgangssignale	118
4.1.4	Überwachung der internen Steuergerätefunktionen	119
4.1.5	Überwachung der Steuergerätekommunikation	119
4.1.6	Fehlerbehandlung	119
4.1.6.1	Fehlererkennung	119
4.1.6.2	Fehlerspeicherung	120
4.1.6.3	Notlauffunktionen	120
4.2	OBD-System für Pkw und leichte Nfz	120
4.2.1	Gesetzgebung	120
4.2.1.1	OBD I (CARB)	120
4.2.1.2	OBD II (CARB)	120
4.2.1.3	Erweiterungen der OBD II	121
4.2.1.4	EPA-OBD	121
4.2.1.5	EOBD	121
4.2.1.6	Andere Länder	122
4.2.2	Anforderungen an das OBD-System	122
4.2.2.1	Grenzwerte	123
4.2.2.2	Anforderungen an die Funktionalität	123
4.2.2.3	Motorkontrollleuchte	123
4.2.2.4	Kommunikation mit dem Scan-Tool	123

4.2.2.5	Fahrzeugreparatur	124
4.2.2.6	Einschaltbedingungen	124
4.2.2.7	Sperrbedingungen	124
4.2.2.8	Temporäres Abschalten von Diagnosefunktionen	125
4.2.2.9	Readiness-Code	125
4.2.2.10	Diagnose-System-Manager	125
4.2.2.11	Rückruf	125
4.3	OBD-Funktionen	125
4.3.1	Übersicht	125
4.3.2	Katalysatordiagnose	126
4.3.2.1	Diagnose von Katalysatoren mit geringer Sauerstoff-Speicherfähigkeit	127
4.3.2.2	Diagnose von Katalysatoren mit hoher Sauerstoff-Speicherfähigkeit	128
4.3.2.3	Diagnose von NO _x -Speicherkatalysatoren	129
4.3.3	Verbrennungsaussetzererkennung	130
4.3.4	Tankleckdiagnose	131
4.3.4.1	Diagnoseverfahren mit Unterdruckabbau	131
4.3.4.2	Überdruckverfahren	132
4.3.5	Diagnose des Sekundärluftsystems	132
4.3.6	Diagnose des Kraftstoffsystems	134
4.3.7	Diagnose der λ -Sonden	135
4.3.7.1	Primäre λ -Sonde	136
4.3.7.2	Sekundäre λ -Sonde	136
4.3.8	Diagnose des Abgasrückführungssystems	136
4.3.9	Diagnose der Kurbelgehäuseentlüftung	137
4.3.10	Diagnose des Motorkühlsystems	137
4.3.11	Diagnose zur Überwachung der Aufheizmaßnahmen	138
4.3.12	Diagnose des variablen Ventiltriebs	138
4.3.13	Comprehensive Components: Diagnose von Sensoren	139
4.3.13.1	Elektrische Fehler	139
4.3.13.2	Überprüfung auf Bereichsfehler	139
4.3.13.3	Plausibilitätsfehler	139
4.3.14	Comprehensive Components: Diagnose von Aktoren	140
4.3.14.1	Diagnose der elektrisch angesteuerten Drosselklappe	141
	Verständnisfragen	143