

Dipl.-Ing. (HTL) Jürgen H. Kasedorf

# **Benzineinspritzung und Katalysatorotechnik**

Vogel Buchverlag

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
<b>1</b>	<b>Historie und Blick in die Zukunft</b> 13
1.1	Historie der Benzineinspritzung 13
1.2	Elektronische Motorsteuerung für verbrauchsgünstige Motorkonzepte 22
1.2.1	Magermotorkonzepte 23
1.2.2	Zweitaktmotor 26
1.2.3	Direkteinspritzung 29
1.2.4	Motoren für alternative Kraftstoffe 29
1.2.5	Energiebilanz 30
1.3	Motorsteuerungssysteme zur Erfüllung heutiger undkünftiger Abgasgrenzwerte 32
1.3.1	Grundfunktionen der Motorsteuerung 32
1.3.2	Abgasemissionen 32
1.3.3	Kraftstoffverbrauch 34
1.3.4	Elektronik – der Schlüssel für fortschrittliche Motorsteuerungssysteme 34
1.3.5	Neues Regelkonzept für gleichbleibend niedrige Schadstoffemissionen 38
1.3.6	On-Board-Diagnose 39
1.3.7	Antriebsstrangsteuerung bei Automatikfahrzeugen 41
<b>2</b>	<b>Mechanische Benzineinspritzsysteme ohne Fremdantrieb und elektronische Ansteuerung</b> 43
2.1	K-Jetronic 44
2.1.1	Luftmengenmessung 46
2.1.2	Kraftstoffversorgung 50
2.1.2.1	Elektrokraftstoffpumpe 54
2.1.2.2	Be- und Entlüftungsventile 57
2.1.2.3	Kraftstoffspeicher 60
2.1.2.4	Kraftstoff-Feinfilter 62
2.1.2.5	Systemdruckregler 62
	<i>Steuerdruckkreis</i> 64
	<i>Kraftstoffmengenteiler</i> 65
	<i>Differenzdruckventile</i> 67
2.1.2.6	Einspritzventile 68
2.1.3	Korrekturereinrichtungen 69
2.1.3.1	Kaltstartventil 70
2.1.3.2	Kaltbeschleunigungsanreicherung 71
2.1.3.3	Taktrelais für Heißstartunterstützung über das Kaltstartventil 73
2.1.3.4	Thermozeitschalter 75
2.1.3.5	Warmlaufregler 77
2.1.3.6	Zusatzluftschieber 83

2.1.4	Elektrischer Schaltplan . . . . .	85
2.1.5	Besondere, fahrzeugtypgebundene Hinweise . . . . .	87
2.1.5.1	Druckdämpfer . . . . .	87
2.1.5.2	Vorförderpumpe . . . . .	87
2.1.5.3	Tankentlüftungsventil . . . . .	87
2.1.5.4	Kraftstoffspeicher . . . . .	87
2.2	Mechanisch-elektronisches Benzineinspritzsystem KE-Jetronic . . . . .	87
2.2.1	Kraftstoffversorgung . . . . .	88
2.2.1.1	Elektrokraftstoffpumpe . . . . .	90
2.2.1.2	Kraftstoffspeicher . . . . .	91
2.2.1.3	Kraftstofffilter . . . . .	91
2.2.1.4	Systemdruckregler . . . . .	92
2.2.1.5	Einspritzventile . . . . .	93
2.2.1.6	Kraftstoffzumessung . . . . .	94
2.2.2	Luftmengenmesser . . . . .	94
2.2.2.1	Kraftstoffmengenteiler . . . . .	95
2.2.2.2	Differenzdruckventile . . . . .	97
2.2.2.3	Anpassung an die einzelnen Betriebszustände . . . . .	98
2.2.3	Elektronisches Steuergerät . . . . .	99
2.2.4	Elektrohydraulischer Drucksteller . . . . .	101
2.2.5	Komponenten der KE-Jetronic . . . . .	102
2.2.5.1	Kaltstartanreicherung . . . . .	102
2.2.5.2	Motortemperaturfühler . . . . .	103
2.2.5.3	Warmlaufenreicherung . . . . .	104
2.2.5.4	Beschleunigungsanreicherung . . . . .	104
2.2.5.5	Stauscheibenpotentiometer . . . . .	105
2.2.5.6	Vollastanreicherung . . . . .	105
2.2.5.7	Drosselklappenschalter . . . . .	105
2.2.5.8	Zusatzluftschieber . . . . .	106
2.2.5.9	Leerlaufdrehsteller . . . . .	107
2.2.5.10	Schubabschaltung . . . . .	109
2.2.5.11	Drehzahlbegrenzung . . . . .	109
2.2.5.12	Höhenkorrektur . . . . .	109
2.2.5.13	Lambda-Regelung . . . . .	110
2.2.6	Elektrische Schaltung . . . . .	110
3	<b>Elektronische Einpunkt-Benzineinspritzsysteme</b> . . . . .	113
3.1	<b>Mono-Jetronic</b> . . . . .	114
3.1.1	Kraftstoffversorgung . . . . .	114
3.1.1.1	Kraftstoffförderung . . . . .	114
3.1.1.2	Elektrokraftstoffpumpe . . . . .	116
3.1.1.3	Miniaturisierte Elektrokraftstoffpumpe . . . . .	119
3.1.1.4	Kraftstoffreinigung . . . . .	119
3.1.1.5	Kraftstoffdruckregelung . . . . .	120
3.1.1.6	Rückführung von verdunstetem Kraftstoff . . . . .	121
3.1.2	Betriebsdatenerfassung . . . . .	122
3.1.2.1	Luftfüllung . . . . .	123
3.1.2.2	Drosselklappenwinkel . . . . .	125

3.1.2.3	Drosselklappenpotentiometer . . . . .	126
3.1.2.4	Drehzahl . . . . .	126
3.1.2.5	Motortemperatur . . . . .	128
3.1.2.6	Ansauglufttemperatur . . . . .	128
3.1.2.7	Betriebszustände . . . . .	128
3.1.2.8	Batteriespannung . . . . .	128
3.1.2.9	Schaltssignale von Zusatzaggregaten . . . . .	130
3.1.3	Gemischzusammensetzung . . . . .	130
3.1.4	Elektronisches Steuergerät . . . . .	132
3.1.4.1	Betriebsdatenverarbeitung . . . . .	132
3.1.4.2	Analog-Digital-Umsetzer . . . . .	133
3.1.4.3	Mikroprozessor . . . . .	133
3.1.4.4	Endstufen . . . . .	135
3.1.4.5	Lambda-Kennfeld . . . . .	135
3.1.4.6	Kraftstoffeinspritzung . . . . .	136
3.1.4.7	Einspritzventil . . . . .	136
3.1.5	Gemischanpassung . . . . .	138
3.1.5.1	Startphase . . . . .	138
3.1.5.2	Nachstart- und Warmlaufphase . . . . .	139
3.1.5.3	Ansauglufttemperaturabhängige Gemischkorrektur . . . . .	140
3.1.5.4	Übergangskompensation . . . . .	140
3.1.6	Lambda-Regelung . . . . .	143
3.1.7	Gemischadaption . . . . .	144
3.1.7.1	Leerlaufdrehzahlregelung . . . . .	145
3.1.7.2	Vollastanreicherung . . . . .	148
3.1.7.3	Drehzahlbegrenzung . . . . .	148
3.1.7.4	Schiebebetrieb . . . . .	148
3.1.8	Betriebsspannungsabhängige Funktionen . . . . .	150
3.1.8.1	Spannungskompensation Einspritzventil . . . . .	150
3.1.8.2	Spannungskompensation Elektrokraftstoffpumpe . . . . .	150
3.1.9	Steuerung des Regeneriergasstroms . . . . .	151
3.1.10	Norlauf und Diagnose . . . . .	153
3.1.10.1	Fehlerspeicher . . . . .	153
3.1.10.2	Diagnoseanschluß . . . . .	155
3.1.11	Einspritzaggregat . . . . .	155
3.1.12	Stromversorgung . . . . .	156
3.1.12.1	Batterie . . . . .	156
3.1.12.2	Zündstartschalter . . . . .	156
3.1.12.3	Relais . . . . .	156
3.1.12.4	Elektrische Schaltung . . . . .	156
3.1.12.5	Spannungsversorgung des Steuergeräts . . . . .	156
3.1.12.6	Masseversorgung des Steuergeräts . . . . .	156
3.1.12.7	Lambda-Sondenanschluß . . . . .	157
3.1.12.8	Kraftstoffpumpen-Sicherheitsschaltung . . . . .	157
3.1.13	Höhenkorrektur und Selbstadaption der Mono-Jetronic . . . . .	158
3.2	Opel-Multec-Zentraleinspritzung . . . . .	159
3.3	Kombiniertes Zünd- und Benzineinspritzsystem Mono-Motronic . . . . .	172

4	Elektronische Mehrpunkt-Benzineinspritzsysteme	175
4.1	L-Jetronic	175
4.1.1	Grundprinzip	178
4.1.2	Kraftstoffsystem	178
4.1.2.1	Elektrokraftstoffpumpe	179
4.1.2.2	Kraftstoff-Feinfilter	181
4.1.2.3	Dämpfer	181
4.1.2.4	Druckregler	181
4.1.2.5	Verteilerrohr	182
4.1.2.6	Einspritzventile	182
4.1.2.7	Gemischbildung	184
4.1.3	Luftsystem	184
4.1.3.1	Luftmengenmesser	185
4.1.3.2	Zusatzluftschieber	187
4.1.4	Elektronische Steuerung und Korrekturereinheiten	189
4.1.4.1	Drehzahlerfassung	191
4.1.4.2	Kaltstartsteuerung	191
4.1.4.3	Temperaturfühler	192
4.1.4.4	Kaltstartventil	193
4.1.4.5	Thermozeitschalter	193
4.1.4.6	Warmlaufsteuerung	194
4.1.4.7	Leerlaufsteuerung	195
4.1.4.8	Lastanpassungen	196
4.1.4.9	Drosselklappenschalter	197
4.1.4.10	Lufttemperaturanpassung	197
4.1.5	Zusätzliche Anpassungen	198
4.1.5.1	Schiebebetrieb	198
4.1.5.2	Drehzahlbegrenzung	198
4.1.6	Elektronisches Steuergerät	198
4.1.6.1	Bildung der Einspritzimpulse	199
4.1.6.2	Korrektur der Batteriespannung	201
4.1.6.3	Abgabe der Einspritzimpulse	201
4.1.7	Elektrische Steuerung	202
4.1.7.1	Steuerung der Elektrokraftstoffpumpe	202
4.1.7.2	Stromversorgung	202
4.1.7.3	Elektrische Schaltung	203
4.1.8	Ergänzungsfunktionen	203
4.2	L2-Jetronic	205
4.3	LH-Jetronic	210
4.4	Heißfilm-Luftmassenmesser	213
4.5	L3-Jetronic	214
4.6	Kombinierte Zünd- und Benzineinspritzsysteme (Motronic)	217
4.6.1	Teilsystem Zündung	221
4.6.1.1	Schließwinkelsteuerung	222
4.6.1.2	Erfassen der Motordrehzahl	223
4.6.1.3	Messen des Kurbelwinkels	223
4.6.1.4	Hochspannungskreis	224
4.6.1.5	Elektronische Zündung EZ	224

4.6.1.6	Vollelektronische Zündung VZ . . . . .	227
4.6.2	Teilsystem Einspritzung . . . . .	228
4.6.2.1	Lambda-Kennfeld . . . . .	229
4.6.2.2	Anpassen an einzelne Betriebszustände . . . . .	230
4.6.3	Ergänzungsfunktionen der Motronic . . . . .	236
4.6.3.1	Drehzahlbegrenzung . . . . .	236
4.6.3.2	Kraftstoffpumpensteuerung . . . . .	236
4.6.3.3	Ruhestromabschaltung . . . . .	236
4.6.4	Steuergerät der Motronic . . . . .	236
4.6.5	Erweiterungsmöglichkeiten bei L-Jetronic und Motronic-Anlagen . . . . .	241
4.6.5.1	Klopfregelung . . . . .	242
4.6.5.2	Elektronische Getriebesteuerung . . . . .	246
4.6.5.3	Stopp-Start-Betrieb . . . . .	247
4.6.5.4	Elektronisches Gaspedal . . . . .	247
4.6.5.5	Abgasrückführung . . . . .	247
4.6.5.6	Tankentlüftung . . . . .	248
4.6.5.7	Zylinderabschaltung . . . . .	249
4.7	Trionic-Motorsteuerungssystem . . . . .	250
4.7.1	Zündsystem . . . . .	254
4.7.2	Kaltstartfunktion . . . . .	257
4.7.3	Komponenten des Trionic-Systems . . . . .	258
4.7.3.1	Steuergerät . . . . .	258
4.7.3.2	Drucksensor im Einlaßrohr . . . . .	258
4.7.3.3	Temperatursensor für die Ansaugluft . . . . .	259
4.7.3.4	Turbo-Bypass-Ventil . . . . .	259
4.7.3.5	Einspritzventile . . . . .	260
4.7.3.6	Leerlaufventil-Regelventil (AIC-Ventil) . . . . .	261
4.7.3.7	Zündkassette . . . . .	261
4.7.3.8	Kurbelwellensensor . . . . .	261
4.7.3.9	Eingangssignale in das Trionic-Steuergerät . . . . .	261
4.7.3.10	Klopfsignal . . . . .	262
4.7.3.11	Detektierung . . . . .	262
4.7.3.12	Drivesignal . . . . .	262
4.7.3.13	Zündschloß . . . . .	263
4.7.3.14	Bremssignal . . . . .	263
4.7.3.15	Kurbelwellensensor . . . . .	263
4.7.3.16	Drosselklappenwinkelgeber . . . . .	263
4.7.3.17	Lambda-Sonde . . . . .	264
4.7.3.18	Drehmomentbegrenzung . . . . .	264
4.7.3.19	Geschwindigkeitsregler . . . . .	264
4.7.3.20	Kühlgebläse . . . . .	265
4.7.3.21	EVAP-System . . . . .	265
4.7.3.22	Ansaugluft-Temperaturfühler . . . . .	265
4.7.3.23	Ansaugdruck im Einlaßrohr . . . . .	265
4.7.3.24	Motortemperatur . . . . .	265
4.7.3.25	Batteriespannung (B+) . . . . .	266
4.7.3.26	Massepunkt . . . . .	266
4.7.3.27	Einspritzventile . . . . .	266

4.7.3.28	Motordrehzahl . . . . .	267
4.7.3.29	Zünd-/Triggimpulse . . . . .	267
4.7.3.30	AC-Kompressor . . . . .	267
4.7.3.31	Hauptrelais . . . . .	267
4.7.3.32	Kraftstoffpumpenrelais . . . . .	267
4.7.3.33	Check-Engine-Leuchte . . . . .	267
4.7.3.34	Hochschaltanzeige (Shift-up) für USA und Kanada . . . . .	268
4.7.3.35	Diagnose ISAT . . . . .	268
4.7.3.36	Vorwärmung des Sauerstoffsensors (Lambda-Sonde) . . . . .	268
4.7.3.37	Kraftstoffverbrauchssignal . . . . .	268
4.7.3.38	Belastungssignal . . . . .	268
4.7.3.39	Magnerventil APC . . . . .	269
4.7.3.40	Tankentlüftung EVAP-Ventil . . . . .	268
4.7.3.41	IAC-Ventil . . . . .	269
4.7.4	Fehlersuche Trionic . . . . .	269
<b>5</b>	<b>Abgas- und Katalysatortechnik . . . . .</b>	<b>271</b>
5.1	Emittenten von Luftverunreinigungen . . . . .	271
5.2	Kraftstoffe und ihr Einfluß auf das Abgasverhalten . . . . .	274
5.3	Motorabgase . . . . .	276
5.4	Katalytische Abgasreinigungsverfahren . . . . .	289
5.4.1	Dreiwegekatalysator mit «closed loop control» . . . . .	292
5.4.2	Dreiwegekatalysator mit «open loop control» . . . . .	293
5.4.3	Doppelbettkatalysator . . . . .	294
5.4.4	Oxidationskatalysator . . . . .	294
5.4.5	Magermotor mit Oxidationskatalysator . . . . .	295
5.4.6	Katalysator mit Sekundäreinspritzung . . . . .	295
5.5	Funktionsweise der Katalysatoren . . . . .	297
5.5.1	Katalysatoren-Trägermaterial . . . . .	298
5.5.2	Monolithbeschichtung . . . . .	301
5.5.3	Chemische Reaktionen des Katalysators . . . . .	302
5.5.4	Lagerung des Monolithen . . . . .	307
5.6	Lambda-Regelung . . . . .	307
5.7	Einbaulage des Katalysators . . . . .	313
5.8	Katalysatorverhalten in Abhängigkeit von der Temperatur . . . . .	314
5.9	Katalysatoren-Recycling . . . . .	314
5.10	Abgasuntersuchung (AU) . . . . .	316
5.10.1	Gesetzgebung – Verordnung und Richtlinien zur AU . . . . .	317
5.10.2	Einteilung der Fahrzeuge, Untersuchungsfristen . . . . .	318
5.10.3	Prüfverfahren . . . . .	318
5.10.4	Anerkennung – Verfahren und Voraussetzungen . . . . .	325
5.10.5	Schulung und Prüfung . . . . .	328
	<b>Quellenverzeichnis . . . . .</b>	<b>329</b>
	<b>Stichwortverzeichnis . . . . .</b>	<b>331</b>