

Dipl.-Ing. (HTL) Jürgen H. Kasedorf

# **Benzineinspritzung und Katalysatorotechnik**

Vogel Buchverlag

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
<b>1 Historie und Blick in die Zukunft</b>	<b>13</b>
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 Mechanische Benzineinspritzsysteme ohne Fremdantrieb und elektronische Ansteuerung</b>	<b>43</b>
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>