

Entwicklung, Arten und gesetzliche Grundlagen		7	Trennen	LF 2	55
1	Entwicklung des Kraftfahrzeugs	10	7.1 Trennverfahren		55
2	Arten und gesetzliche Grundlagen der Kraftfahrzeuge	13	7.2 Werkzeuge zum Trennen		55
2.1	Einteilung der Kraftfahrzeuge	13	7.2.1 Kräfte und ihre zeichnerische Darstellung		55
2.1.1	Einspurige Kraftfahrzeuge	13	7.2.2 Trennkräfte in Abhängigkeit vom Keilwinkel β		56
2.1.2	Mehrspurige Kraftfahrzeuge	13	7.2.3 Der Keilwinkel in Abhängigkeit von der Werkstofffestigkeit		56
2.2	Gesetzliche Bestimmungen für die Inbetriebnahme von Kraftfahrzeugen	14	7.3 Zerteilen		56
2.3	Baugruppen, Anlagen und Bauteile der Kraftfahrzeuge	16	7.3.1 Keilschneiden		56
3	Grundlagen des Systems Kraftfahrzeug	17	7.3.2 Scherschneiden		57
3.1	Systemtechnische Grundlagen	17	7.4 Spanen		57
3.2	Hauptfunktionen technischer Systeme	17	7.4.1 Sägen		57
3.2.1	Energieumsetzende Systeme	18	7.4.2 Feilen		58
3.2.2	Stoffumsetzende Systeme	18	7.4.3 Bohren		58
3.2.3	Informationsumsetzende Systeme	18	7.4.4 Senken		59
3.3	Gliederung von technischen Systemen	19	7.4.5 Reiben		60
3.3.1	Teilsysteme des Kraftfahrzeugs	20	7.4.6 Gewindeherstellung		60
3.3.2	Teilfunktionen und Grundfunktionen des Kraftfahrzeugs	20	7.4.7 Weitere spanende Bearbeitungsverfahren		61
Arbeits- und Umweltschutz im Kfz-Betrieb, Betriebsorganisation und Kommunikation			7.5 Abtragen		62
4	Arbeits- und Umweltschutz im Kfz-Betrieb	21	8	Fügen	LF 2
4.1	Personenschutz	21	8.1 Klemmverbindungen		63
4.1.1	Sicherheitszeichen	21	8.2 Pressverbindungen		63
4.1.2	Sicherheitseinrichtungen	23	8.3 Kegolverbindungen		64
4.1.3	Arbeitssicherheit im Umgang mit gefährlichen Stoffen	23	8.4 Schraubverbindungen		64
4.1.4	Gefahrstoff- und Gefahrgutverordnung Straße	24	8.4.1 Gewindesteigung und Schiefe Ebene		64
4.2	Maschinenschutz	25	8.4.2 Kraftzerlegung an der Gewindeflanke		65
4.3	Umweltschutz	25	8.4.3 Gewindebezeichnung		65
4.3.1	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG)	26	8.4.4 Gewindearten		65
4.3.2	Verordnung zur Bestimmung von überwachungsbedürftigen Abfällen zur Verwertung (BestüVAbfV)	27	8.4.5 Schrauben- und Mutterarten		66
4.3.3	Chemikalienrecht	27	8.4.6 Schrauben- und Mutterwerkstoffe		67
4.3.4	Gewässerschutz	28	8.4.7 Schraubensicherungen		67
4.3.5	Altölverordnung (AltölV)	29	8.5 Sicherungsscheiben und Sicherungsringe		67
4.3.6	Altfahrzeug-Verordnung (AltfahrzeugV)	29	8.6 Stiftverbindungen		68
4.4	Recycling	30	8.7 Federverbindungen		68
4.4.1	Demontage- und Schreddersysteme	31	8.8 Profilverbindungen		68
4.4.2	Demontageanalyse	31	8.9 Nietverbindungen		68
4.4.3	Schreddertechnologie	32	8.9.1 Nietarten und Nietformen		68
5	Betriebsorganisation und Kommunikation	33	8.9.2 Nietvorgang		68
5.1	Grundlagen der betrieblichen Organisation	33	8.9.3 Stanznietverbindungen		69
5.1.1	Aufbau eines Betriebes	34	8.9.4 Blindnietverbindungen		69
5.1.2	Einflüsse auf die betriebliche Organisation	35	8.10 Durchsetzfügen		70
5.2	Qualitätsmanagement	36	8.11 Lötverbindungen		71
5.3	Kommunikation	38	8.11.1 Lötverfahren		71
5.3.1	Grundlagen der Kommunikation	38	8.11.2 Lötvorgang		71
5.3.2	Kundengespräch	39	8.11.3 Flussmittel		72
5.3.3	Umgang mit Reklamationen	39	8.11.4 Lotwerkstoffe		72
5.4	Personalführung	40	8.12 Schweißverbindungen		72
5.5	Mitarbeiterverhalten	40	8.12.1 Widerstands-Pressschweißen		72
5.6	Arbeitsplanung	41	8.12.2 Punktschweißkleben		73
5.6.1	Arbeitsablaufplanung und Auftragsbearbeitung	43	8.12.3 Schutzgasschweißen		74
5.6.2	Betriebliche Datenverarbeitung	45	8.12.4 Laserstrahlschweißen		75
Technische Grundlagen			8.12.5 Lichtbogen-Handschweißverfahren		75
6	Prüfen	47	8.12.6 Schweißnahtarten		76
6.1	Messen	47	8.12.7 Autogen-Gasschmelzschweißen		76
6.2	Messabweichungen	48	8.13 Klebeverbindungen		77
6.3	Messgeräte für Längen- und Winkelmessungen	48	8.13.1 Kleberarten		78
6.3.1	Maßverkörperungen	48	9	Werkstoffe und ihre Normung	LF 2
6.3.2	Anzeigende Messgeräte	48	9.1 Einteilung der Werkstoffe		79
6.4	Lehren	52	9.2 Physikalische Grundlagen		79
6.5	Toleranzen	52	9.2.1 Atomaufbau		79
6.6	ISO-Passungen und ISO-Toleranzsystem	53	9.2.2 Zustandsformen der Werkstoffe		80
6.6.1	Passungen	53	9.3 Chemische Grundlagen		80
6.6.2	Toleranzsystem	53	9.3.1 Chemische Verbindungen		80
6.6.3	Passungssysteme	54	9.3.2 Stoffgemische		80
			9.9 Werkstoffeigenschaften		80
			9.4.1 Physikalische Eigenschaften		80
			9.4.2 Technologische Eigenschaften		82
			9.4.3 Chemische Eigenschaften		83
			9.4.4 Ökologische Eigenschaften		83
			9.5 Eisen und Stahl		83
			9.6 Normung der Stahl- und Eisenwerkstoffe		84
			9.6.1 Kurznamen für Stähle nach DIN EN 10 027		84
			9.6.2 Werkstoffnummern für Stähle nach DIN EN 10 027		85
			9.7 Einteilung der Eisen-Kohlenstoff-Gusswerkstoffe		86
			9.7.1 Bezeichnung der Gusswerkstoffe		86
			9.8 Schwermetalle und ihre Legierungen		87
			9.8.1 Kupfer		87
			9.8.2 Kupfer-Legierungen		87
			9.8.3 Weitere Schwermetalle		87
			9.9 Leichtmetalle und ihre Legierungen		88

9.9.1	Aluminium	88	15.7.1	Vielfachmessgeräte	124	
9.9.2	Magnesium	88	15.7.2	Strommesszangen	125	
9.9.3	Titan	88	15.7.3	Oszilloskop	126	
9.10	Nichtmetallische Werkstoffe	88	15.7.4	Motortester	127	
9.10.1	Kunststoffe	88	15.8	Schaltungen elektrischer Verbraucher	128	
9.10.2	Glas	89	15.8.1	Reihenschaltung	128	
9.10.3	Gummi	89	15.8.2	Parallelschaltung	128	
9.10.4	Keramische Werkstoffe	89	15.9	Elektrische Arbeit und Leistung	129	
9.11	Verbundstoffe	90	15.10	Schutzmaßnahmen gegen die Gefahren des elektrischen Stromes	129	
9.11.1	Faserverstärkte Kunststoffe	90	15.11	Magnetismus	131	
9.11.2	Gesinterte Werkstoffe	90	15.11.1	Dauermagnetismus	131	
10	Steuerungs-, Regelungs- und Informationstechnik	LF 1 und 8	15.11.2	Elektromagnetismus	131	
10.1	Grundlagen	91	15.12	Elektromagnetische Induktion	132	
10.1.1	Steuerung	91	15.12.1	Generatorprinzip	132	
10.1.2	Regelung	92	15.12.2	Transformatorprinzip	133	
10.1.3	Signalfluss	92	15.12.3	Selbstinduktion	134	
10.1.4	EVA-Prinzip	93	15.12.4	Wirbelströme	135	
10.1.5	Signalformen	93	15.13	Elektrische und elektronische Bauelemente	135	
10.1.6	Signalwandler	93	15.13.1	Relais	135	
10.1.7	Sensoren	94	15.13.2	Widerstände	137	
10.1.8	Aktoren	94	15.13.3	Kondensatoren	138	
10.2	Steuerungsarten	94	15.13.4	Sicherungen	139	
10.2.1	Mechanische Steuerungen	94	15.13.5	Dioden	139	
10.2.2	Hydraulische und pneumatische Steuerungen	95	15.13.6	Transistoren	141	
10.2.3	Elektrische Steuerungen	98	15.13.7	Thyristoren	144	
10.2.4	Elektronische Steuerungen	99	15.13.8	Diskrete-, integrierte- und Hybrid-Schaltungen	145	
10.3	Schaltungen der Steuerungstechnik	100	16	Starter- und Antriebsbatterien	LF 6	146
10.3.1	Grundfunktionen	100	16.1	Starterbatterie	146	
10.3.2	Ablaufsteuerungen	100	16.1.1	Aufbau der Starterbatterie	146	
10.4	Informationstechnik	101	16.1.2	Grundprinzip der Starterbatterie	146	
10.4.1	Zahlensysteme in der Datenverarbeitung	102	16.1.3	Bauarten der Starterbatterie	147	
10.4.2	Aufbau eines Computersystems	103	16.1.4	Kenzeichnung der Starterbatterien	149	
10.4.3	Periphere Speicher	105	16.1.5	Wartung und Diagnose	150	
10.4.4	Computersoftware	106	16.2	Antriebsbatterien	152	
10.4.5	Vernetzte Computersysteme	107	16.2.1	Nickel-Metallhydrid-Batterie	152	
10.4.6	Bundesdatenschutzgesetz	108	16.2.2	Lithium-Ionen-Batterie	153	
<hr/>						
Betriebs- und Hilfsstoffe						
11	Kraftstoffe	LF 1	16.3	Elektrisches Energiemanagement	154	
11.1	Erdöl	109	16.3.1	Aufgabe	154	
11.2	Kraftstoffherstellung aus Erdöl	109	16.3.2	Aufbau	154	
11.2.1	Thermisches Cracken	109	16.4	Zwei-Batterien-Bordnetz	155	
11.2.2	Katalytisches Cracken	110	17	Generator	LF 6	156
11.2.3	Hydro-Cracken	110	17.1	Grundaufbau und Wirkungsweise des Generators	156	
11.3	Ottokraftstoffe	110	17.2	Drehstromgenerator	156	
11.4	Diesekraftstoffe	111	17.2.1	Aufbau und Wirkungsweise des Drehstromgenerators	156	
11.5	Alternative Kraftstoffe	112	17.2.2	Gleichrichtung im Drehstromgenerator	158	
11.6	Gefahrenklassen der Kraftstoffe	114	17.2.3	Stromkreise des Drehstromgenerators	159	
12	Schmieröle und Schmierfette	LF 1	17.3	Generatorregelung	160	
12.1	Aufgaben der Schmieröle	115	17.3.1	Grundprinzip der Regelung	160	
12.2	Anforderungen an Schmieröle	115	17.3.2	Elektronische Regler	160	
12.3	Arten der Schmieröle	115	17.4	Bauarten von Generatoren	161	
12.4	Einteilung der Schmieröle in Viskositätsklassen (SAE-Klassen)	116	17.5	Wartung und Diagnose	163	
12.5	Einteilung der Schmieröle in API-Klassifikationen	117	18	Startanlage	LF 6	164
12.6	Einteilung der Motoröle nach ACEA-Leistungsklassen	117	18.1	Aufbau und Wirkungsweise der Startanlage	164	
12.7	Additive	117	18.1.1	Wirkungsweise des Startermotors	164	
12.8	Schmierfette und feste Schmierstoffe	118	18.1.2	Aufbau und Schaltung des Startermotors	165	
13	Kühl- und Kältemittel	LF 1	18.2	Starterarten	167	
13.1	Kühlmittel	119	18.2.1	Schub-Schraubtrieb-Starter	167	
13.2	Kältemittel	119	18.3	Automatisches Startsystem	168	
14	Bremsflüssigkeit	LF 1	18.4	Start-Stopp-Funktion	169	
<hr/>						
Elektrische und elektronische Anlagen						
15	Grundlagen der Elektrotechnik	LF 3	18.5	Wartung und Diagnose	169	
15.1	Elektrischer Strom	121	19	Beleuchtungs- und Signalanlage	LF 3 und 4	170
15.2	Elektrische Spannung	121	19.1	Gesetzliche Vorschriften	170	
15.3	Elektrischer Widerstand	122	19.2	Lichtquellen	170	
15.4	Einfacher elektrischer Stromkreis	122	19.2.1	Glühlampen	170	
15.5	Ohmsches Gesetz	123	19.2.2	Halogenlampen	170	
15.6	Messen elektrischer Größen	123	19.2.3	Xenon-Lampen	171	
15.7	Messgeräte	124	19.2.4	Leuchtdioden	171	
			19.3	Beleuchtungsanlage	171	
			19.3.1	Scheinwerferreflektoren	171	
			19.3.2	Scheinwerfer für Fern- und Abblendlicht	172	
			19.3.3	Scheinwerfer für Fern-, Abblend- oder Nebellicht	173	
			19.3.4	Scheinwerfer mit Xenon-Lampe	174	
			19.3.5	LED-Scheinwerfer	174	
			19.3.6	Laserlicht-Scheinwerfer für Zusatzfernlicht	175	
			19.3.7	Abbiege-, Kurven- und Kreuzungslicht	176	

19.3.8 Variables Lichtsystem 177
 19.3.9 Tagfahrleuchten 177
 19.3.10 Leuchtweitenregulierung 178
 19.3.11 Scheinwerferprüfung und -einstellung 178
 19.4 Signalanlage 179
 19.4.1 Adaptives Bremslicht 179
 19.4.2 Fahrtrichtungsanzeiger 180
 19.4.3 Warnblinkanlage 180
 19.4.4 Signalthornanlage 180
 19.4.5 Lichthupe 181

Motormechanik

20 Grundprinzip des Viertakt-Ottomotors LF 5 182
 20.1 Grundsätzlicher Aufbau 183
 20.2 Physikalische Grundlagen 183
 20.2.1 Druck 183
 20.2.2 Gasgesetze 183
 20.3 Vorgänge während der vier Takte eines Viertakt-Ottomotors mit Saugrohreinspritzung 184
 20.3.1 Ansaugtakt 184
 20.3.2 Verdichtungsstakt 185
 20.3.3 Arbeitstakt 185
 20.3.4 Ausstoßtakt 186
 20.4 p-V-Diagramm 186
 20.4.1 Mittlerer Kolbendruck 186
 20.5 Kenngrößen des Verbrennungsmotors 187
 20.5.1 Effektiver Wirkungsgrad 187
 20.5.2 Verdichtungsverhältnis 187
 20.5.3 Liefergrad 188
 20.6 Klopfende Verbrennung 188

21 Grundprinzip des Viertakt-Dieselmotors LF 5 190
 21.1 Vorgänge während der vier Takte 190
 21.2 Zündverzug 192
 21.3 Gemischbildung und Verbrennung 192
 21.4 Verbrennungsverfahren 193
 21.4.1 Indirekte Einspritzung 193
 21.4.2 Direkte Einspritzung 193
 21.5 Starthilfsanlagen 194
 21.5.1 Vorglühanlage mit Glühkerzen 194
 21.6 Vergleich zwischen Otto- und Dieselmotor 196

22 Äußerer Aufbau des Hubkolbenmotors LF 5 197
 22.1 Zylinderkopf 197
 22.2 Zylinderkopfdichtung 198
 22.3 Zylinder 200
 22.3.1 Anordnung der Zylinder 200
 22.3.2 Zündfolgen von Hubkolbenmotoren 200
 22.3.3 Flüssigkeitsgekühlte Zylinder 201
 22.3.4 Luftgekühlte Zylinder 202
 22.3.5 Zylinderverschleiß 202
 22.4 Kurbel- und Zylinderkurbelgehäuse 203
 22.5 Motorlagerung 204

23 Kurbeltrieb LF 5 207
 23.1 Bewegungen am Kurbeltrieb 207
 23.2 Kräfte am Kurbeltrieb 207
 23.3 Kolben 208
 23.3.1 Bezeichnungen am Kolben 208
 23.3.2 Temperaturen am Kolben 209
 23.3.3 Kolbenformen, Kolben-Einbauspiel 209
 23.3.4 Kolbenwerkstoffe, Kolbenherstellung 210
 23.3.5 Kolbenlaufflächenschutz 211
 23.3.6 Einbauhinweise 212
 23.4 Kolbenringe 212
 23.4.1 Kolbenringwerkstoffe 213
 23.4.2 Kolbenringformen 213
 23.4.3 Stoßspiel, Höhenspiel 213
 23.5 Kolbenbolzen 214
 23.6 Pleuelstange 215
 23.6.1 Werkstoffe und Fertigung 215
 23.6.2 Pleuellager 215
 23.7 Kurbelwelle 216
 23.7.1 Werkstoffe und Fertigung 217
 23.7.2 Schwingungsdämpfer und Schwingungstilger 218
 23.8 Kurbelwellen-Gleitlager 218
 23.9 Schwungrad 219

24 Motorsteuerung LF 5 223
 24.1 Wirkungsweise der Motorsteuerung 223
 24.2 Bauteile der Motorsteuerung 223
 24.2.1 Antrieb der Nockenwelle 223

24.2.2 Nockenwelle 225
 24.2.3 Stößel 226
 24.2.4 Kipp- und Schleppebel 227
 24.2.5 Stoßstangen 228
 24.2.6 Ventile 228
 24.2.7 Ventilsitz 229
 24.2.8 Ventilführung 230
 24.2.9 Ventildfeder 230
 24.2.10 Ventildfederteller und Kegelstücke 231
 24.2.11 Ventildrehvorrichtung 231
 24.3 Wartung und Diagnose 231
 24.4 Verbesserung des Liefergrades (Füllungsgrades) 233
 24.4.1 Mehrventiltechnik 234
 24.4.2 Schaltsaugrohre 234
 24.4.3 Variable Ventilsteuerungen 235
 24.4.4 Aufladung 237
 24.4.5 Ladeluftkühlung 242
 24.4.6 Ladedruckregelung 242

25 Kraftstoffförderanlage LF 5 245
 25.1 Bauteile der Kraftstoffförderanlage für Ottomotoren 245
 25.1.1 Kraftstoffbehälter 245
 25.1.2 Kraftstoffförderpumpen 246
 25.1.3 Kraftstofffilter 247
 25.1.4 Einrichtungen zur Entlüftung und Dichtheitsprüfung 248
 25.1.5 Kraftstoffleitungen 248
 25.1.6 Kraftstofffördermodul 248
 25.2 Wartung und Diagnose 248

26 Filter LF 5 249
 26.1 Filterwirkung und Filterarten 249
 26.1.1 Siebfilter 249
 26.1.2 Faserfilter 249
 26.1.3 Nassfilter 250
 26.1.4 Zentrifugalabscheider 250
 26.1.5 Magnetabscheider 250
 26.2 Anwendungsgebiete für Filter 250
 26.2.1 Luftfilter 251
 26.2.2 Kraftstofffilter 252
 26.2.3 Ölfilter 253
 26.2.4 Hydraulikfilter 253
 26.2.5 Innenraumfilter 253
 26.3 Wartung und Diagnose 254

27 Schmierung LF 5 255
 27.1 Reibung 255
 27.1.1 Festkörperreibung 255
 27.1.2 Flüssigkeitsreibung 256
 27.2 Arten der Motorschmierung 257
 27.3 Bauteile der Motorschmierung 258
 27.3.1 Ölpumpe 258
 27.3.2 Ölfilter 260
 27.3.3 Ölkühler 260
 27.3.4 Kontrollgeräte 260
 27.4 Wartung und Diagnose 261

28 Kühlung LF 5 263
 28.1 Aufgabe der Kühlung 263
 28.2 Grundprinzip der Kühlung 263
 28.2.1 Wärmeleitung 263
 28.2.2 Wärmeströmung 264
 28.2.3 Wärmestrahlung 264
 28.2.4 Änderung des Aggregatzustands 264
 28.2.5 Wärmemenge 264
 28.3 Arten der Kühlung 265
 28.3.1 Luftkühlung 265
 28.3.2 Flüssigkeitskühlung 265
 28.4 Bauteile der Motorkühlung 266
 28.4.1 Flüssigkeitskühler 266
 28.4.2 Lüfter 266
 28.4.3 Kühlmittelpumpe 267
 28.4.4 Kühlerschlussdeckel 268
 28.4.5 Kühlmittelthermostat 268
 28.4.6 Ölkühler 269
 28.5 Regelung der Kühlmittelkreisläufe (Thermomanagement) 269
 28.6 Wartung und Diagnose 269

Motormanagementsysteme

29 Zündanlagen LF 8 271

29.1 Grundlagen der Transistor-Batteriezündanlagen .. 271

29.1.1 Erzeugung der Zündspannung und des Zündfunken 271

29.1.2 Zündsteuergerät und Zündimpulsgeber 271

29.1.3 Schließzeit und Schließwinkel 272

29.1.4 Transistor-Grundschtaltung 272

29.2 Bauteile der Transistor-Batteriezündanlagen 273

29.2.1 Zündspulen 273

29.2.2 Zündkerzen 273

29.3 Zündzeitpunktverstellung 274

29.3.1 Grundlagen 274

29.3.2 Elektronische Zündzeitpunktverstellung (Kennfeldzündung) 275

29.4 Elektronische Klopfregelung 277

29.5 Vollelektronische Transistor-Batteriezündanlagen

29.5.1 Einzelfunken-Zündspulen 278

29.5.2 Zweifunken-Zündspulen 279

29.5.3 Mehrfachfunken-Zündsystem 280

29.5.4 Doppelspulen-Zündsystem 280

29.5.5 Zündleisten 281

29.5.6 Zündauslösung 281

29.6 Verbrennungsaussetzer-Erkennung 281

29.7 Spannungsverlauf in den Transistor-Batteriezündanlagen 282

29.8 Wartung und Diagnose 283

30 Einspritzanlagen für Ottomotoren LF 8 284

30.1 Luftverhältnis 284

30.2 Betriebszustände 284

30.3 Einspritzarten 285

30.4 Aufbau und Wirkungsweise elektronischer Einspritzanlagen 285

30.4.1 Kraftstoffsysteme für die indirekte Einspritzung .. 285

30.4.2 Einspritzventile 286

30.4.3 Ansaugsystem 287

30.4.4 Steuerung und Regelung elektronischer Einspritzanlagen 288

30.5 Kombinierte Zünd- und Gemischbildungssysteme 289

30.6 Indirekte Einspritzanlage 289

30.7 Direkte Einspritzanlagen 290

30.7.1 Betriebsarten 291

30.7.2 Aufbau und Wirkungsweise einer Direkteinspritzanlage 292

30.8 Duales Einspritzsystem mit indirekter und direkter Einspritzung 294

31 Einspritzanlagen für Dieselmotoren LF 8 296

31.1 Elektronische Dieselregelung (EDC) 296

31.2 Elektronisch geregelte Verteilereinspritzpumpe (Radialkolbenpumpe) 297

31.2.1 Kraftstoffversorgung 297

31.2.2 Hochdruckzeugung 297

31.2.3 Einspritzmengenregelung 298

31.2.4 Spritzbeginnverstellung 298

31.2.5 Wartung und Diagnose an der Verteilereinspritzpumpe 300

31.3 Einspritzdüse und Düsenhalterkombination 300

31.3.1 Lochdüse 300

31.3.2 Beanspruchung der Einspritzdüse 301

31.3.3 Düsenhalter 301

31.3.4 Prüf- und Messgeräte 302

31.4 Pumpe-Düse-Systeme 302

31.4.1 Kraftstoffversorgung 302

31.4.2 Hochdruckteil 303

31.5 Pumpe – Leitung – Düse 305

31.6 Common-Rail-System 305

31.6.1 Hochdrucksystem 306

31.7 Wartung und Diagnose an PDE- und Common-Rail-Systemen 308

32 Leistungsmessung und Motorkennlinien LF 5 310

32.1 Aufbau und Wirkungsweise der Leistungsbremse 310

32.2 Motorkennlinien 311

32.2.1 Ermittlung der Motorkennlinien 311

32.2.2 Auswertung der Motorkennlinien 312

32.3 Rollen-Leistungsprüfstand 312

33 Abgassysteme und Schadstoffminderung LF 8 314

33.1 Aufbau der Abgassysteme 314

33.2 Schalldämpfer 314

33.2.1 Schall 314

33.2.2 Schalldämpfung 315

33.3 Schadstoffe und Emissionsgrenzwerte 316

33.4 Schadstoffminderung bei Ottomotoren 317

33.4.1 Abgasrückführung (AGR-System) 317

33.4.2 Sekundärluftsystem 317

33.4.3 Abgaskatalysatoren 317

33.5 Schadstoffminderung bei Dieselmotoren 320

33.5.1 Oxidationskatalysator 320

33.5.2 Partikelfiltersysteme 320

33.5.3 SCR-Katalysatoren 323

33.6 Wartung und Diagnose 324

Kraftübertragungssysteme

34 Antriebsarten LF 13 325

34.1 Vorderradantrieb 325

34.2 Hinterradantrieb 325

34.2.1 Standardantrieb 325

34.2.2 Transaxleantrieb 325

34.2.3 Heckmotorantrieb 326

34.2.4 Mittelmotorantrieb 326

34.2.5 Unterflurmotorantrieb 326

34.3 Allradantrieb 326

35 Kupplung LF 7 327

35.1 Reibungskupplungen 327

35.1.1 Physikalische Grundlagen 327

35.1.2 Einscheiben-Trockenkupplung mit Membranfeder 328

35.1.3 Kupplungsscheiben für Trockenkupplungen 330

35.1.4 Zweischeiben- und Lamellenkupplungen 331

35.1.5 Doppelkupplungen 332

35.2 Betätigungseinrichtungen 333

35.2.1 Hydraulische Kupplungsbetätigung 333

35.2.2 Ausrücker 334

35.2.3 Kupplungsspiel 334

35.2.4 Lüftspiel 334

35.3 Elektronisches Kupplungsmanagement (EKM) 335

35.4 Wartung und Diagnose 337

36 Wechselgetriebe LF 13 338

36.1 Drehmomentwandlung 338

36.2 Drehzahlwandlung und Drehrichtungsänderung .. 339

36.3 Idealer Verlauf des Drehmoments an der Getriebeausgangswelle 340

36.4 Aufbau und Wirkungsweise eines Wechselgetriebes 341

36.5 Synchronisiereneinrichtungen 341

36.5.1 Sperrsynchonisierung mit Einfachkonus 342

36.5.2 Sperrsynchonisierung mit Doppelkonus 343

36.5.3 Sperrsynchonisierung mit Dreifachkonus 344

36.5.4 Sperrsynchonisierung mit Außenkonus-Synchronkegel 345

36.5.5 Sperrsynchonisierung mit Lamellen 345

36.6 Wechselgetriebearten 345

36.6.1 Wechselgetriebe für Hinterradantrieb 345

36.6.2 Wechselgetriebe für Vorderradantrieb 346

36.7 Bauteile des Getriebes 347

36.7.1 Zahnräder 347

36.7.2 Wälzlager 349

36.7.3 Wellendichtringe 349

36.8 Wartung und Diagnose 349

37 Automatische Getriebe LF 13 352

37.1 Automatisierte Schaltgetriebe 352

37.2 Doppelkupplungsgetriebe 353

37.2.1 Aufbau 353

37.2.2 Wirkungsweise 355

37.2.3 Steuerung 355

37.3 Automatikgetriebe 356

37.3.1 Hydrodynamischer Drehmomentwandler 357

37.3.2 Planetengetriebe 359

37.3.3 Automatikgetriebe mit Planetenradsätzen 360

37.3.4 Automatikgetriebe mit Stirnrädern 366

37.4 Stufenloses Getriebe 367

38 Radantrieb LF 13 370

38.1 Achsgetriebe 370

38.1.1 Kegelradgetriebe 370

38.1.2 Stirnradgetriebe 372

38.2 Ausgleichsgetriebe 372

38.2.1 Grundprinzip des Ausgleichsgetriebes 372

38.2.2 Aufbau und Wirkungsweise des Kegelrad-Ausgleichsgetriebes 373

38.2.3	Aufbau und Wirkungsweise des Stirnrad-Ausgleichsgetriebes	373	43.3.4	Lenkgetriebe	425
38.3	Ausgleichssperren	373	43.4	Hilfskraftlenkungen	426
38.3.1	Formschlüssige Ausgleichssperren	374	43.4.1	Hydromechanisches Lenksystem mit Zahnstangen-Lenkgetriebe	426
38.3.2	Drehzahldifferenzabhängige Quersperren	374	43.4.2	Elektronisch gesteuertes hydromechanisches Lenksystem mit Zahnstangen-Lenkgetriebe	427
38.3.3	Drehzahldifferenzabhängige Längssperren	375	43.4.3	Elektromechanisches Lenksystem	428
38.3.4	Drehmomentabhängige Quersperren	376	43.5	Aktivlenkung	428
38.3.5	Drehmomentabhängige Längssperren	376	43.6	Allradlenkung	430
38.3.6	Elektrohydraulisch gesteuerte Ausgleichssperren	377	43.6.1	Aktives Stellelement	430
38.3.7	Elektronisch gesteuerte Ausgleichssperren	378	43.6.2	Integral-Aktivlenkung	431
38.4	Gelenkwellen	378	43.7	Wartung und Diagnose	433
38.4.1	Grundaufbau der Gelenkwellen	378	44	Federung	LF 7 434
38.4.2	Gelenkkarten	379	44.1	Grundprinzip der Federung	434
38.4.3	Gelenkwellenlager	381	44.2	Grundaufbau der Federung	435
38.5	Wartung und Diagnose	382	44.3	Arten der Fahrzeugfederung	436
38.6	Allradantriebe	384	44.3.1	Stahlfederung	436
38.6.1	Zuschaltbarer Allradantrieb	384	44.3.2	Luftfederung	439
38.6.2	Permanenter Allradantrieb	385	44.3.3	Hydropneumatische Federung	440
38.6.3	Elektronisch geregelter Allradantrieb	385	44.3.4	Gummifederung	441
39	Hochvolttechnik	LF 1, 3 und 6 387	45	Schwingungsdämpfung	LF 7 442
39.1	Hochvolttechnik im Kraftfahrzeug	387	45.1	Grundprinzip der Schwingungsdämpfung	442
39.2	Hochvoltkomponenten im Kraftfahrzeug	387	45.2	Kennlinien von Schwingungsdämpfern	443
39.3	Gefahren im Umgang mit der Hochvolttechnik	387	45.3	Einrohrschwingungsdämpfer	444
39.3.1	Sicherheitszeichen	387	45.4	Zweirohrschwingungsdämpfer	444
39.4	Aufbau des Hochvoltsystems	388	45.5	Federbein	445
39.5	Arbeiten am Hochvoltsystem	389	45.6	Verstellbare Schwingungsdämpfer	445
39.5.1	Eigensichere Hochvoltsysteme	389	45.7	Niveauregulierung	446
39.5.2	Automatische Isolationsüberwachung	392	45.8	Aktive Fahrwerkssysteme	447
39.5.3	Manuelle Prüfung der Isolation	392	45.8.1	Aktive Schwingungsdämpfersysteme	448
39.5.4	Widerstandsmessung der Massebänder	393	45.8.2	Aktive Federungssysteme	450
39.6	HV-Leitungen und HV-Stecker	393	45.9	Wartung und Diagnose	452
40	Alternative Antriebe	LF 8 395	46	Radaufhängung	LF 7 454
40.1	Elektroantrieb	395	46.1	Bauteile der Radaufhängung	454
40.1.1	Drehstrommotoren	395	46.1.1	Lenker	454
40.1.2	Hochvolt-Komponenten eines Elektroantriebs	396	46.1.2	Lenkerlagerungen	454
40.1.3	Laden der Antriebsbatterie	400	46.1.3	Panhardstab	456
40.2	Hybridantrieb	402	46.1.4	Watt-Gestänge	456
40.2.1	Serieller Hybridantrieb	403	46.1.5	Radlager	456
40.2.2	Paralleler Hybridantrieb	403	46.2	Arten der Radaufhängung	457
40.2.3	Gemischter Hybridantrieb	403	46.2.1	Einzelradaufhängung (Vorderachse)	457
41	Betrieb mit alternativen Kraftstoffen	LF 8 406	46.2.2	Einzelradaufhängung (Hinterachse)	458
41.1	Erdgasbetrieb	406	46.2.3	Starrachsen	461
41.2	Flüssiggasbetrieb	407	46.3	Wartung und Diagnose	461
41.2.1	LPG-Einblasung	408	47	Räder und Reifen	LF 2 und 4 462
41.2.2	LPG-Einspritzung	409	47.1	Radscheiben	462
41.3	Pflanzenölbetrieb	409	47.2	Felgen	462
41.4	Wasserstoffbetrieb	410	47.2.1	Felgenbezeichnungen	463
41.4.1	Wasserstoffbetrieb mit Ottomotoren	410	47.3	Radbefestigung	463
41.4.2	Wasserstoffbetrieb mit Brennstoffzellen	410	47.4	Reifen	464
			47.4.1	Anforderungen an den Reifen	464
			47.4.2	Reifenbauarten	464
			47.4.3	Reifenaufbau (Radialreifen)	464
			47.4.4	Reifenbezeichnungen und Reifenabmessungen	465
			47.4.5	Sicherheitssysteme	467
			47.4.6	Aquaplaning	469
			47.4.7	Radunwucht	469
			47.4.8	Ventile	471
			47.5	Wartung und Diagnose	471
			48	Grundlagen der Bremsen	LF 2 und 7 474
			48.1	Gesetzliche Bestimmungen	474
			48.1.1	Arten von Bremsanlagen (§ 41 StVZO)	474
			48.1.2	Bremsleuchten (§ 53 StVZO)	474
			48.1.3	Untersuchungen (§ 29 StVZO)	474
			48.2	Bremsvorgang	475
			48.2.1	Physikalische Grundlagen	475
			48.2.2	Zeitlicher Ablauf des Bremsvorgangs	476
			48.3	Hydraulische Bremsanlagen	476
			48.3.1	Physikalisches Prinzip	476
			48.3.2	Zweikreis-Bremsanlagen	477
			49	Hydraulische Bremsanlage	LF 2 und 7 478
			49.1	Hauptzylinder	478
			49.1.1	Tandem-Hauptzylinder	478
			49.1.2	Gestufte Tandem-Hauptzylinder	479
			49.1.3	Tandem-Hauptzylinder mit gefesselter Kolbenfeder	480
			49.2	Bremskraftverstärker	480
			49.2.1	Saugluft-Bremskraftverstärker	480

49.2.2 Druckluft-Bremskraftverstärker 480
 49.2.3 Hydraulik-Bremskraftverstärker 481
 49.3 Elektrohydraulische Bremse 481
 49.4 Bremskraftübertragungseinrichtungen 482
 49.4.1 Bremsleitungen 482
 49.4.2 Bremsgestänge und Bremsseilzug 482
 49.5 Trommelbremsen 482
 49.5.1 Aufbau und Wirkungsweise 482
 49.5.2 Bremstrommeln 483
 49.5.3 Spannvorrichtungen 483
 49.5.4 Bremsbacken und Bremsbeläge 483
 49.5.5 Nachstellvorrichtungen 483
 49.5.6 Anordnung der Bremsbacken 484
 49.6 Scheibenbremsen 485
 49.6.1 Aufbau und Wirkungsweise 485
 49.6.2 Bremsscheibe 486
 49.6.3 Bremsbeläge 486
 49.6.4 Bremssattelarten 486
 49.6.5 Lüftspiel 487
 49.7 Feststellbremse 487
 49.8 Vergleich: Trommel- und Scheibenbremse 489
 49.9 Wartung und Diagnose 489

50 Elektronisch geregelte Bremssysteme .. LF 10 492

50.1 Physikalische Grundlagen 492
 50.1.1 Kräfte am Rad 492
 50.1.2 Schlupf am Rad 492
 50.2 Anti-Blockier-System 493
 50.2.1 Aufbau eines ABS 493
 50.2.2 ABS-Prinzipien 494
 50.2.3 Wirkungsweise des Rückförder-Prinzips 495
 50.2.4 ABS-Steuergerät 496
 50.2.5 Arten der ABS-Regelung 496
 50.2.6 ABS-Bremsanlagen 496
 50.3 Antriebs-Schlupf-Regelung 497
 50.3.1 Aufbau und Wirkungsweise 497
 50.3.2 Motoreingriff 497
 50.3.3 Motor- und Bremseneingriff 498
 50.4 Elektronisches Stabilitäts-Programm 498
 50.4.1 Spurstabilität 499
 50.4.2 Aufbau und Wirkungsweise 499
 50.4.3 ESP-Regelungen 499
 50.4.4 Erweiterungen des ESP 500
 50.5 Bremsassistent 501
 50.5.1 Aufbau und Wirkungsweise 502
 50.5.2 Bremsdruckregelung 502
 50.6 Adaptive Reisegeschwindigkeitsregelung 503
 50.6.1 Aufbau und Wirkungsweise 503
 50.6.2 Systemeingriffe 504
 50.6.3 Systemgrenzen 504
 50.7 Wartung und Diagnose 504

Fahrzeugaufbau

51 Fahrzeugaufbau LF 4 und 9 506

51.1 Aufgaben des Rahmens und des selbsttragenden Aufbaus 506
 51.2 Gestaltung des Fahrzeugaufbaus 506
 51.2.1 Selbsttragender Aufbau 506
 51.2.2 Selbsttragender Aufbau auf einer Trägerkonstruktion 507
 51.2.3 Aufbau mit getrenntem Rahmen 507
 51.3 Fahrzeugsicherheit 508
 51.3.1 Aktive Sicherheit 508
 51.3.2 Passive Sicherheit 508
 51.4 Aerodynamik 513
 51.5 Glas 514
 51.6 Leichtbau 515
 51.6.1 Form-Leichtbau 515
 51.6.2 Stoff-Leichtbau 516
 51.7 Oberflächenschutz 516
 51.7.1 Korrosion 516
 51.7.2 Korrosionsarten 517
 51.7.3 Korrosionsschutz 517
 51.7.4 Hohlraumversiegelung 519

Elektronische Systeme und Diagnose

52 Elektronische Systeme und Diagnose LF 1, 8, 11 und 14 520

52.1 Aufbau und Wirkungsweise von elektronischen Steuerungssystemen 520

52.2 Aufbau und Wirkungsweise von elektronischen Regelungssystemen 521
 52.3 Sensoren von elektronischen Systemen im Kraftfahrzeug 522
 52.3.1 Positionssensoren 523
 52.3.2 Drehzahl- und Geschwindigkeitssensoren 524
 52.3.3 Beschleunigungssensoren 527
 52.3.4 Drucksensoren 528
 52.3.5 Kraft- und Drehmomentsensoren 529
 52.3.6 Durchflussmesser 530
 52.3.7 Konzentrationssonden 531
 52.3.8 Temperatursensoren 532
 52.3.9 Optoelektronische Sensoren 533
 52.4 Aktoren von elektronischen Systemen im Kraftfahrzeug 534
 52.4.1 Magnetventile 534
 52.4.2 Elektromotoren 535
 52.4.3 Elektromagnetische Kupplungen 536
 52.5 Steuergeräte von elektronischen Systemen im Kraftfahrzeug 537
 52.5.1 Signaleingabe 537
 52.5.2 Signalverarbeitung 537
 52.5.3 Signalausgabe 538
 52.5.4 Varianten-Codierung 538
 52.6 Vernetzung von Steuergeräten 539
 52.6.1 Datenbussysteme 539
 52.6.2 Netzwerktopologien von Datenbussystemen 540
 52.6.3 CAN-Datenbus 541
 52.6.4 LIN-Datenbus 549
 52.6.5 Optischer Datenbus (MOST-Datenbus) 554
 52.6.6 Flex-Ray™-Datenbus 560
 52.6.7 Bluetooth™ 563
 52.7 Diagnose an elektronischen Systemen im Kraftfahrzeug 565
 52.7.1 Elektrische Mess- und Prüfverfahren 565
 52.7.2 Hilfsmittel für die Fehlerdiagnose 565
 52.7.3 Eigendiagnose 566

53 Hauptuntersuchung LF 12 569

53.1 Aufgaben und Grundlagen der Hauptuntersuchung 569
 53.2 Umfang und Durchführung der Hauptuntersuchung 569
 53.2.1 Umweltverträglichkeitsprüfung 569
 53.2.2 Fahrzeugprüfung 570
 53.2.3 Beurteilung der Mängel 572
 53.2.4 Dokumentation der HU 572
 53.2.5 Prüfplakette 572

Komfort- und Sicherheitssysteme

54 Komfort- und Sicherheitssysteme .. LF 4, 9 u. 11 573

54.1 Klimatisierung von Kraftfahrzeugen 574
 54.1.1 Be- und Entlüftung des Innenraums 574
 54.1.2 Innenraumheizung 575
 54.1.3 Klimaanlage (Innenraumkühlung) 575
 54.1.4 Wartung und Diagnose 578
 54.2 Diebstahlschutzsysteme 579
 54.2.1 Zentralverriegelungen 579
 54.2.2 Elektronische Wegfahrsperrn 580
 54.2.3 Diebstahlwarnanlagen 581
 54.3 Fahrerassistenzsysteme 582
 54.3.1 Spurhalte- und Spurwechselsysteme 582
 54.3.2 Einparksysteme 583
 54.3.3 Notbremssysteme 584
 54.3.4 Fernlichtsysteme 585
 54.3.5 Nachsichtsysteme 585
 54.4 Fahrerinformationssysteme 586
 54.4.1 Bordsteuergerät 586
 54.4.2 Navigationssysteme 587
 54.5 Sitz- und Lenkradverstellung 589
 54.6 Car-to-X-Kommunikation 589

Um- und Nachrüstarbeiten

55 Um- und Nachrüstarbeiten LF 4 und 14 591

55.1 Anhängerassistent 591
 55.2 Standheizungen 595
 55.3 Navigationssysteme 599

Sachwortverzeichnis  602

Bildquellenverzeichnis 622