

# Kraftfahrzeug-Technologie

Das Autorenteam:

Hans-Dieter Döringer, OStR in Groß-Gerau

Harald Ehrhardt, StR in Groß-Gerau

Dipl.-Ing. Karl Manfred Erhardt, OStR in Stuttgart

Anton Herner, BMW AG München

Friedrich Kneip, StD in Gerolstein

Egbert H. Stein, StD in Gelsenkirchen

Dipl.-Ing. Reinhard Stolze, Berufsschullehrer in Erfurt

Helmut Strater, OStR in Duisburg

Reinhard Tomala, StR in Hannover

Mitarbeit: Franz Wacker, OStR in Dingolfing

4., durchgesehene Auflage

<b>1</b>	<b>Service in der Kfz-Werkstatt</b>	<b>S. 12</b>	<b>2</b>	<b>Grundlagen der Fertigung</b>	<b>S. 34</b>
1.1	Anforderungen an eine moderne Werkstatt und ihre Mitarbeiter	S. 12	2.1	Werkstoffeigenschaften	S. 34
1.1.1	Anforderungen der Kunden	S. 12	2.1.1	Physikalische Eigenschaften	S. 34
1.1.2	Anforderungen der Werkstatt an die Mitarbeiter	S. 12	2.1.2	Chemische Eigenschaften	S. 37
1.2	Aufbau- und Ablauforganisation eines Kfz-Betriebes	S. 13	2.1.3	Technologische Eigenschaften	S. 38
1.2.1	Qualitätssicherung	S. 13	2.2	Aufbau der Werkstoffe	S. 39
1.2.2	Aufbauorganisation	S. 13	2.2.1	Eisenmetalle	S. 39
1.2.3	Ablauforganisation	S. 14	2.2.2	Nichteisenmetalle	S. 42
1.3	Auftragsdurchführung	S. 16	2.2.3	Legierungen	S. 43
1.3.1	Fahrzeugdaten	S. 16	2.2.4	Kunststoffe	S. 43
1.3.2	Grundsätze der Auftragsdurchführung	S. 16	2.2.5	Verbundwerkstoffe	S. 44
1.3.3	Auftragserweiterung	S. 18	2.2.6	Werkstoffe im Kraftfahrzeug	S. 44
1.3.4	Umgang mit Kundeneigentum	S. 19	2.3	Werkstoffprüfverfahren	S. 46
1.3.5	Hol- und Bringdienst	S. 19	2.3.1	Zugversuch	S. 46
1.3.6	Fahrzeugübergabe	S. 19	2.3.2	Dauerschwingversuch	S. 46
1.4	Der Kfz-Mechatroniker im Geschäftsprozess	S. 19	2.3.3	Härteprüfverfahren	S. 46
1.4.1	Werkstattkultur	S. 20	2.3.4	Zerstörungsfreie Prüfverfahren	S. 47
1.4.2	Kommunikation in der Werkstatt	S. 20	2.4	Werkstoffnormung	S. 48
1.4.3	Nonverbale Kommunikation oder Körpersprache	S. 21	2.5	Prüftechnik	S. 53
1.4.4	Arbeitstechniken	S. 23	2.5.1	Bedeutung der Prüftechnik	S. 53
1.4.5	Reklamationen	S. 25	2.5.2	Eineiten der Längen- und Winkelprüfung	S. 53
1.5	Schutzmaßnahmen	S. 25	2.5.3	Maßabweichungen und Toleranzen	S. 54
1.6	Umweltschutz in der Werkstatt	S. 27	2.5.4	Längenmessgeräte	S. 56
1.6.1	Organisation des Umweltschutzes in der Werkstatt	S. 27	2.5.5	Prüffehler	S. 57
1.6.2	Sammlung und Entsorgung von Abfällen	S. 27	2.5.6	Anreißen	S. 57
1.6.3	Abwasser	S. 28	2.6	Fertigungsverfahren (außer Fügen)	S. 59
1.6.4	Gefahrstoffe	S. 29	2.6.1	Urformen	S. 59
1.6.5	Altlasten, Luft und Lärm	S. 29	2.6.2	Umformen	S. 61
1.7	Inspektion mit Ölwechsel	S. 30	2.6.3	Trennen	S. 62
1.7.1	Der Kundenauftrag	S. 30	2.6.4	Beschichten	S. 73
1.7.2	Inspektion eines Fahrzeuges	S. 31	2.6.5	Stoffeigenschaften ändern	S. 73
1.7.3	Der Ölwechsel	S. 31	2.7	Fügen	S. 76
			2.7.1	Schraubverbindungen	S. 76
			2.7.2	Stift- und Bolzenverbindungen	S. 79
			2.7.3	Nabenverbindungen	S. 79
			2.7.4	Gasschmelzschweißen	S. 80
			2.7.5	Schutzgas-Schweißen	S. 81
			2.7.6	Pressschweißen	S. 82
			2.7.7	Löten	S. 83
			2.7.8	Kleben	S. 84
			2.8	Das System Kraftfahrzeug	S. 86
			2.8.1	Maschinen und Geräte als technische Systeme	S. 86
			2.8.2	Das System Kraftfahrzeug in Teilfunktionen	S. 87

### 3 Elektrotechnik S. 88

- 3.1 Einführung in die Elektrotechnik S. 88
  - 3.1.1 Elektrische Eigenschaften der Atome S. 88
  - 3.1.2 Grundgrößen der Elektrotechnik S. 90
  - 3.1.3 Stromarten S. 91
  - 3.1.4 Gleichstromgesetz S. 92
  - 3.1.5 Ohm'sches Gesetz S. 94
  - 3.1.6 Schaltung von Widerständen S. 94
- 3.2 Elektrische Leistung, Arbeit und Wirkungsgrad S. 97
- 3.3 Wirkungen des elektrischen Stromes S. 98
  - 3.3.1 Magnetische Wirkung S. 98
  - 3.3.2 Licht- und Wärmewirkung S. 100
  - 3.3.3 Chemische Wirkung S. 101
- 3.4 Elektrische Spannungserzeugung S. 102
  - 3.4.1 Induktion S. 102
  - 3.4.2 Chemische Reaktion S. 102
  - 3.4.3 Wärme S. 103
  - 3.4.4 Reibung S. 104
  - 3.4.5 Licht S. 104
  - 3.4.6 Kristallpressung S. 104
- 3.5 Elektrische Bauelemente S. 104
  - 3.5.1 Transformator S. 104
  - 3.5.2 Kondensator S. 105
  - 3.5.3 Schalter, Relais S. 106
  - 3.5.4 Leitung, Sicherung S. 107
  - 3.5.5 Widerstand S. 108
- 3.6 Schutzmaßnahmen S. 111
  - 3.6.1 Schutzmaßnahmen gegen die Gefahren des elektrischen Stromes S. 111
  - 3.6.2 Stromdurchgang durch den menschlichen Körper S. 111
  - 3.6.3 Maßnahmen zur ersten Hilfe S. 112
- 3.7 Einführung in die Halbleitertechnik S. 112
- 3.8 Elektronische Bauelemente S. 115
  - 3.8.1 Diode S. 115
  - 3.8.2 Transistor S. 119
  - 3.8.3 Thyristor S. 123
- 3.9 Integrierte Schaltungen (IC) S. 124
- 3.10 Kippstufen S. 126
  - 3.10.1 Astabile Kippstufen S. 126
  - 3.10.2 Monostabile Kippstufen (Mono-Flop) S. 126
  - 3.10.3 Bistabile Kippstufen (Flip-Flop) S. 127
  - 3.10.4 Schmitt-Trigger S. 127
- 3.11 Messgeräte S. 127
  - 3.11.1 Vielfachmessgeräte (Multimeter) S. 127
  - 3.11.2 Strommesszangen S. 130
  - 3.11.3 Oszilloskope S. 130
- 3.12 Messverfahren S. 131
- 3.13 Schaltpläne S. 135
  - 3.13.1 Übersichtsschaltplan (Blockdiagramm, Blockschaltplan) S. 135
  - 3.13.2 Anschlussplan S. 135
  - 3.13.3 Stromlaufplan S. 137

### 4 Steuerungs- und Regelungstechnik S. 139

- 4.1 Grundlagen S. 140
  - 4.1.1 Steuerung S. 140
  - 4.1.2 Regelung S. 141
- 4.2 Aufbau von Steuerungen und Regelungen S. 142
  - 4.2.1 Arbeitsweise S. 142
  - 4.2.2 Signalarten S. 143
  - 4.2.3 Signalwandler S. 143
  - 4.2.4 Signalglieder (Sensoren) S. 144
  - 4.2.5 Steuerglieder S. 144
  - 4.2.6 Stell- und Antriebsglieder (Aktoren) S. 144
- 4.3 Verknüpfungssteuerung S. 145
- 4.4 Ablaufsteuerung S. 146
- 4.5 Mechanische Steuerung S. 147
- 4.6 Pneumatische Steuerung S. 148
  - 4.6.1 Physikalische Grundlagen S. 148
  - 4.6.2 Aufbau einer pneumatischen Steuerung S. 149
  - 4.6.3 Schaltpläne S. 152
  - 4.6.4 Beispiel einer pneumatischen Steuerung S. 153
- 4.7 Hydraulische Steuerung S. 154
  - 4.7.1 Physikalische Grundlagen S. 154
  - 4.7.2 Aufbau einer hydraulischen Steuerung S. 155
  - 4.7.3 Schaltpläne S. 156
  - 4.7.4 Beispiel einer hydraulischen Steuerung S. 156
- 4.8 Elektrische Steuerung S. 157
  - 4.8.1 Schaltpläne elektrischer Steuerungen S. 158
  - 4.8.2 Schaltpläne elektropneumatischer und elektrohydraulischer Steuerungen S. 159

### 5 Informationstechnische Grundlagen S. 161

- 5.1 Bedeutung der Informationstechnik S. 161
- 5.2 Grundlagen der Datenverarbeitung S. 162
  - 5.2.1 Daten als Grundlage der Verarbeitung S. 162
  - 5.2.2 Bit, Byte, Megabyte und „mehr“ S. 162
  - 5.2.3 Zahlensysteme S. 163
  - 5.2.4 ASCII- und ANSI-Zeichensatz S. 163
- 5.3 Computerhardware S. 165
- 5.4 Computersoftware S. 168
  - 5.4.1 Systemsoftware S. 168
  - 5.4.2 Benutzerorientierte Anwendungsprogramme S. 169
  - 5.4.3 Programmiersprachen S. 169
  - 5.4.4 Grundlagen der Programmerstellung S. 170
- 5.5 Datenaustausch durch das Internet S. 171
  - 5.5.1 Zugriff auf das Internet mit dem PC S. 171
  - 5.5.2 Hardware-Verbindung des PC mit dem lokalen Datennetz S. 172
  - 5.5.3 Zugangssoftware S. 172
- 5.6 Datenschutz S. 173

<b>6</b>	<b>Viertaktmotor</b>	S. 174	<b>11</b>	<b>Gemischaubereitung bei Verbrennungsmotoren</b>	S. 227
6.1	Grundbegriffe	S. 174	11.1	Benzinmotoren	S. 228
6.2	Arbeitsweise	S. 176	11.1.1	Vergaser	S. 228
6.3	Kenndaten	S. 177	11.1.2	Kontinuierliche Benzineinspritzung (KE-Jetronic)	S. 229
6.4	Mechanische Systeme	S. 181	11.1.3	Intermittierende Benzineinspritzung: Multipoint-/L-Jetronic	S. 231
6.4.1	Zylinder und Kurbelgehäuse	S. 181	11.1.4	Intermittierende Benzineinspritzung: Singlepoint	S. 232
6.4.2	Zylinderkopf	S. 182	11.1.5	Intermittierende Benzineinspritzung mit integrierter Zündsteuerung (Motronic)	S. 233
6.4.3	Kolben	S. 184	11.1.6	Benzindirekteinspritzung	S. 235
6.4.4	Lager	S. 187	11.1.7	Werkstattpraxis	S. 238
6.4.5	Pleuelstange	S. 189	11.2	Dieselmotoren	S. 239
6.4.6	Kurbelwelle	S. 191	11.2.1	Gemischbildungsverfahren	S. 240
6.4.7	Ventilsteuerung	S. 192	11.2.2	Glühanlage beim Dieselmotor	S. 241
<b>7</b>	<b>Zweitaktmotor</b>	S. 200	11.2.3	Einspritzdüsen	S. 242
<b>8</b>	<b>Alternative Systeme</b>	S. 203	11.2.4	Reiheneinspritzpumpen	S. 243
8.1	Brennstoffzelle (Fuel-Cell)	S. 204	11.2.5	Axialkolben-Verteilereinspritzpumpe	S. 247
8.2	Kraftstoffe für die Brennstoffzelle	S. 204	11.2.6	Radialkolben-Verteilereinspritzpumpe	S. 251
8.3	Anwendungen in Fahrzeugen ab 2005	S. 205	11.2.7	Common-Rail-Einspritzsystem	S. 252
<b>9</b>	<b>Kraftstoffe und Kraftstoffbereitstellung</b>	S. 207	11.2.8	Pumpe-Düse-Einspritzsystem (PDE)	S. 257
9.1	Kraftstoffherstellung	S. 207	<b>12</b>	<b>Zündsysteme</b>	S. 261
9.2	Kraftstoffarten	S. 208	12.1	Hochspannungserzeugung	S. 262
9.2.1	Ottokraftstoff	S. 208	12.2	Primärstrom	S. 263
9.2.2	Diesekraftstoff	S. 208	12.3	Zündzeitpunkt	S. 265
9.2.3	Additive	S. 209	12.4	Konventionelle Spulenzündung (SZ)	S. 266
9.2.4	Alternative Kraftstoffe	S. 210	12.4.1	Aufbau und Funktion	S. 266
9.3	Kraftstoffversorgungssystem	S. 211	12.4.2	Zündspule	S. 266
9.3.1	Kraftstoffspeicherung	S. 211	12.4.3	Zündkondensator	S. 267
9.3.2	Kraftstoffförderung	S. 211	12.4.4	Zündverteiler	S. 267
9.3.3	Kraftstofffilterung	S. 213	12.4.5	Zündunterbrecher	S. 267
9.3.4	Zwischenspeicherung der Kraftstoffdämpfe im Aktivkohlesystem	S. 214	12.4.6	Zündversteller	S. 268
<b>10</b>	<b>Luftzufuhrsysteme</b>	S. 216	12.5	Elektronische Batteriezündanlagen	S. 269
10.1	Luftfilterung	S. 216	12.5.1	Zündimpulsgeber	S. 270
10.2	Systeme zur Messung der zugeführten Luft	S. 217	12.5.2	Schließwinkelsteuerung und Schließwinkelregelung	S. 272
10.2.1	Luftmengenmesser	S. 217	12.5.3	Primärstrombegrenzung und Ruhestromabschaltung	S. 273
10.2.2	Luftmassenmesser	S. 218	12.5.4	Kennfeldzündung	S. 273
10.2.3	Saugrohrdrucksteuerung	S. 219	12.5.5	Klopffregelung	S. 275
10.3	Systeme zur Verbesserung des Liefergrades	S. 220	12.5.6	Ruhende Hochspannungsverteilung	S. 276
10.3.1	Schwingrohraufladung	S. 220	12.6	Hochspannungs-Kondensatorzündung	S. 278
10.3.2	Schaltsaugrohre	S. 220	12.7	Zündkerzen	S. 279
10.3.3	Ansaugrohr mit Drallkanal	S. 222	12.7.1	Aufbau	S. 279
10.3.4	Aufladung	S. 222	12.7.2	Wärmewert	S. 280
10.4	Abgasrückführungssysteme	S. 225	12.7.3	Funkenstrecke und Funkenlage	S. 281
10.4.1	Abgasrückführung beim Ottomotor	S. 225	12.7.4	Zündkerzengesichter	S. 281
10.4.2	Abgasrückführung beim Dieselmotor	S. 225			
10.5	Werkstattpraxis	S. 226			

- 12.8 **Zündoszillogramme** S. 283
  - 12.8.1 Normaloszillogramme kontaktgesteuerter Zündsysteme S. 283
  - 12.8.2 Normaloszillogramme elektronischer Zündsysteme S. 284
- 12.9 **Werkstattpraxis** S. 284
  - 12.9.1 Fehlersuche am Oszillogramm kontaktgesteuerter Zündsysteme S. 285
  - 12.9.2 Umgang mit Zündkerzen S. 286

## **13 Abgassysteme** S. 287

- 13.1 **Abgasanlage** S. 287
- 13.2 **Abgase** S. 289
  - 13.2.1 Abgasbestandteile des Ottomotors S. 289
  - 13.2.2 Katalysator S. 289
  - 13.2.3 Lambdasonde S. 291
  - 13.2.4 Dieselabgase S. 295

- 13.3 **Abgasvorschriften** S. 297
  - 13.3.1 Europäische On Board Diagnose (EOBD) S. 298
  - 13.3.2 Abgasuntersuchung in der Werkstatt S. 300

## **14 Kühl- und Schmier-systeme** S. 304

- 14.1 **Motorkühlung** S. 304
  - 14.1.1 Prinzipien der Flüssigkeitskühlung S. 304
  - 14.1.2 Kühler und Lüfter einer Flüssigkeitskühlung S. 308
  - 14.1.3 Luftkühlung S. 310
- 14.2 **Motorsch-mierung** S. 311
  - 14.2.1 Arten der Sch-mierung S. 311
  - 14.2.2 Ölpumpen S. 313
  - 14.2.3 Ölfilterung S. 314
- 14.3 **Schmierstoffe für Motoren (Motoröle)** S. 315
- 14.4 **Schmierstoffe für Getriebe und Lager** S. 318

# **G Kraftübertragung**

## **15 Kupplungen** S. 320

- 15.1 **Aufgaben und Anordnung im Antriebsstrang** S. 320
- 15.2 **Bauarten** S. 320
- 15.3 **Aufbau und Arbeitsweise der Einscheibenkupplung mit Membranfeder** S. 322
  - 15.3.1 Kraftfluss im eingekuppelten Zustand S. 322
- 15.4 **Kupplungs-betätigung** S. 323
  - 15.4.1 Mechanische Kupplungs-betätigung S. 323
  - 15.4.2 Hydraulische Kupplungs-betätigung S. 324
- 15.5 **Ausrücklager** S. 325
- 15.6 **Kupplungs-scheiben** S. 325
  - 15.6.1 Torsionsdämpfung S. 325
  - 15.6.2 Belagfederung S. 326
  - 15.6.3 Kupplungsbeläge S. 327
- 15.7 **Sonderbauformen** S. 327
  - 15.7.1 Elektronische Kupplungssysteme S. 327
  - 15.7.2 Selbsteinstellende Kupplung S. 328
  - 15.7.3 Magnetpulverkupplung S. 330
- 15.8 **Kupplungs-störungen – Werkstattpraxis** S. 330
  - 15.8.1 Kupplungsprüfung S. 331
  - 15.8.2 Montagehinweise S. 331

## **16 Manuelle Wechselgetriebe** S. 332

- 16.1 **Aufgaben von Wechselgetrieben** S. 332
  - 16.1.1 Drehzahlwandlung S. 332
  - 16.1.2 Drehmomentwandlung S. 333
  - 16.1.3 Drehrichtungsänderung S. 333
- 16.2 **Schaltgetriebe ohne Synchronisier-einrichtung** S. 334
  - 16.2.1 Schieberadgetriebe S. 334
  - 16.2.2 Schaltnuffengetriebe S. 334
  - 16.2.3 Ziehkeilgetriebe S. 335
  - 16.2.4 Schaltklauengetriebe S. 335
- 16.3 **Schaltgetriebe mit Synchronisier-einrichtung** S. 335
  - 16.3.1 Gleichachsige und ungleichachsige Getriebe S. 336
  - 16.3.2 Einfache Synchronisierung S. 338
  - 16.3.3 Sperr-synchronisierung System Borg-Warner S. 338
  - 16.3.4 Sperr-synchronisierung System Porsche S. 340
  - 16.3.5 Mehrkonus-Synchronisier-einrichtungen S. 341
- 16.4 **Gruppengetriebe** S. 342
  - 16.4.1 Vorschaltgruppe S. 342
  - 16.4.2 Nachschaltgruppe S. 343
  - 16.4.3 Kombination von Vor- und Nachschaltgruppe S. 343
- 16.5 **Werkstattpraxis** S. 344

## **17 Automatische Wechselgetriebe** S. 346

- 17.1 Halbautomatische Getriebe und automatisierte Schaltgetriebe S. 346
- 17.2 Aufbau der vollautomatischen Getriebe S. 347
- 17.3 Hydrodynamische Kupplung und hydrodynamischer Drehmomentwandler S. 348
  - 17.3.1 Hydrodynamische Kupplung S. 348
  - 17.3.2 Hydrodynamischer Drehmomentwandler S. 349
  - 17.3.3 Wandler-Überbrückungskupplung S. 350
- 17.4 Planetenradsätze S. 352
  - 17.4.1 Der einfache Planetenradsatz: Aufbau und Schaltmöglichkeiten S. 352
  - 17.4.2 Ravigneaux-Getriebe S. 353
  - 17.4.3 Simpson-Getriebe S. 354
  - 17.4.4 Wilson-Getriebe S. 354
- 17.5 Hydraulische Steuerung vollautomatischer Getriebe S. 355
  - 17.5.1 Druckerzeugung S. 356
  - 17.5.2 Schaltglieder S. 357
  - 17.5.3 Funktionsweise S. 359
- 17.6 Elektro-hydraulische Getriebesteuerung vollautomatischer Getriebe S. 360
  - 17.6.1 Hydraulisches Schaltgerät S. 361
  - 17.6.2 Elektronisches Getriebesteuerggerät S. 361
- 17.7 Stufenlose Getriebe S. 364
  - 17.7.1 Stufenloses Getriebe mit Stahlschubgliederband S. 364
  - 17.7.2 Stufenloses Getriebe mit Zugkette S. 365
- 17.8 Doppelkupplungsgetriebe S. 366

## **18 Achs-, Ausgleichs- und Verteilergetriebe** S. 369

- 18.1 Achsgetriebe S. 369
  - 18.1.1 Kegelrad-Achsgetriebe S. 369
  - 18.1.2 Stirnrad-Achsgetriebe S. 370
- 18.2 Ausgleichsgetriebe S. 370
  - 18.2.1 Aufgaben S. 370
  - 18.2.2 Kegelrad-Ausgleichsgetriebe S. 370
- 18.3 Ausgleichssperren S. 371
  - 18.3.1 Schaltbare Ausgleichssperren S. 371
  - 18.3.2 Selbsttätig schaltende Ausgleichssperren S. 372
- 18.4 Verteilergetriebe S. 376
- 18.5 Werkstattpraxis S. 376

## **19 Gelenkwellen und Gelenke** S. 378

- 19.1 Kreuzgelenke S. 379
- 19.2 Gleichlauf-Festgelenke S. 380
- 19.3 Gleichlauf-Verschiebegelenke S. 381

# **D Fahrwerk**

## **20 Antriebssysteme** S. 382

- 20.1 Anforderungen an Antriebssysteme S. 382
- 20.2 Grundbegriffe S. 382
- 20.3 Hinterradantrieb S. 383
- 20.4 Vorderradantrieb S. 385
- 20.5 Allradantrieb S. 385
- 20.6 Antriebe von Krafträdern S. 386

## **21 Fahrwerksgeometrie** S. 388

- 21.1 Anforderungen an das Fahrwerk S. 388
- 21.2 Bewegungen des Gesamtfahrzeugs S. 389
- 21.3 Achseinstellwerte S. 389
  - 21.3.1 Fahrwerksvermessung S. 393
  - 21.3.2 Auswirkungen fehlerhafter Rad- und Achseinstellwerte S. 395
- 21.4 Radaufhängungen S. 397
  - 21.4.1 Bauteile von Radaufhängungen S. 397
  - 21.4.2 Einzerradaufhängungen S. 398
  - 21.4.3 Halbstarre Achsen S. 401
  - 21.4.4 Starrachsen S. 401
- 21.5 Motorräder S. 403

## **22 Federung und Dämpfung** S. 404

- 22.1 Aufgaben der Federung S. 404
- 22.2 Grundprinzip und Grundaufbau der Federung S. 404
- 22.3 Arten der Fahrzeugfederung S. 406
  - 22.3.1 Stahlfederung S. 406
  - 22.3.2 Gasfederung S. 409
  - 22.3.3 Gummifederung S. 410
  - 22.3.4 Werkstattpraxis S. 410
- 22.4 Aufgabe der Schwingungsdämpfung S. 412
  - 22.4.1 Prinzip der hydraulischen Schwingungsdämpfung S. 412
  - 22.4.2 Schwingungsdämpferarten S. 412
  - 22.4.3 Federdämpfer S. 413
  - 22.4.4 Variable Dämpfung – Niveauregulierungssysteme S. 413
  - 22.4.5 Werkstattpraxis S. 415

## **23 Räder und Reifen** S. 416

- 23.1 Aufgaben von Rädern S. 416
- 23.2 Radaufbau S. 416
- 23.3 Radbezeichnungen S. 418
- 23.4 Aufgaben von Reifen S. 420
- 23.5 Kräfte am Reifen S. 420
- 23.6 Reifenaufbau und Reifenbauarten S. 422
- 23.7 Reifenbezeichnung S. 423

## **24 Lenkung** S. 428

- 24.1 Aufgaben und Anforderungen S. 428
- 24.2 Lenkgeometrie S. 428
  - 24.2.1 Lenkungsarten S. 428
  - 24.2.2 Lenkgestänge S. 429
- 24.3 Lenkgetriebe S. 430
- 24.4 Hilfskraftlenkungen S. 431
  - 24.4.1 Hydraulische Hilfskraftlenkung S. 431
  - 24.4.2 Elektrohydraulische Hilfskraftlenkung S. 432
  - 24.4.3 Elektrische Hilfskraftlenkung S. 433
  - 24.4.4 Aktivlenkung S. 433
- 24.5 Lenksäule S. 434
- 24.6 Allradlenksysteme S. 434

# **Bremsen**

## **25 Mechanische Bremssysteme** S. 436

- 25.1 Einsatzbereiche S. 436
- 25.2 Feststellbremse im Pkw und Nutzkraftwagen S. 436
- 25.3 Betriebs- und Feststellbremse am Anhänger S. 437
- 25.4 Betriebsbremse am Kraftrad S. 438

## **26 Hydraulische Bremssysteme** S. 439

- 26.1 Anforderungen S. 439
  - 26.1.1 Allgemeine physikalische Grundlagen S. 440
  - 26.1.2 Bremsflüssigkeit S. 441
  - 26.1.3 Bremskreisaufteilung S. 442
- 26.2 Funktionsgruppen der hydraulischen Bremsanlage S. 444
  - 26.2.1 Hauptzylinder S. 444
  - 26.2.2 Bremskraftverstärker S. 446
  - 26.2.3 Bremskraftübertragung S. 449
  - 26.2.4 Bremskraftverteilung S. 449
  - 26.2.5 Trommelbremse S. 450
  - 26.2.6 Scheibenbremse S. 453
- 26.3 Elektrohydraulische Bremse S. 455
- 26.4 Elektrohydraulisch-mechanische Parkbremse S. 455

- 26.5 Besonderheiten der Kraftradbremse S. 456
- 26.6 Werkstattpraxis S. 458

## **27 Pneumatische Bremssysteme (Fremdkraftbremsanlagen)** S. 459

- 27.1 Funktionsdarstellung der Fremdkraftbremsanlage S. 459
- 27.2 Teilbremssysteme der Fremdkraftbremsanlage S. 460
- 27.3 Hydraulische Bremsanlage mit Druckluftunterstützung S. 460
- 27.4 Zweikreis-Zweileitungs-Bremsanlage S. 462
  - 27.4.1 Motorfahrzeug: Übersicht und Funktion der zum Bremssystem gehörenden Bauteile S. 462
  - 27.4.2 Anhängerfahrzeug: Übersicht und Funktion der zum Bremssystem gehörenden Bauteile S. 469
- 27.5 Ausführung der Radbremsen bei Druckluftbremsanlagen S. 470

<b>28</b>	<b>Dauerbremsanlage</b>	S. 473	<b>29</b>	<b>Gesetzliche Bestimmungen</b>	S. 478
28.1	Auspuffklappenbremse (Staudruckbremse)	S. 473	29.1	Geltungsbereiche	S. 478
28.2	Motorbremse mit Konstantdrossel	S. 474	29.2	Klasseneinteilung der Kraftfahrzeuge	S. 478
28.3	Wirbelstrombremse (elektrodynamischer Retarder)	S. 475	29.3	Vorschriften für die Auslegung der Bremsen	S. 479
28.4	Strömungsbremse (hydrodynamischer Retarder)	S. 476	29.4	Vorschriften für die Untersuchung der Kraftfahrzeuge und Anhänger	S. 479
28.5	Werkstattpraxis	S. 477	29.5	Überprüfung der Mindestabbremung (Bremsprüfstand)	S. 480

## **F Karosserie**

<b>30</b>	<b>Rahmen – Aufbau – Karosserie</b>	S. 482	<b>31</b>	<b>Karosserieschäden</b>	S. 495
30.1	Systematisierung der Straßenfahrzeuge	S. 483	31.1	Ermittlung von Schäden an der Karosserie	S. 495
30.2	Fahrzeugabmessungen	S. 484	31.2	Karosseriereparatur	S. 495
30.3	Fahrzeugkarosserie	S. 485	31.2.1	Prüftechnik	S. 495
30.3.1	Rohkarosserie	S. 486	31.2.2	Karosserie-Richtsysteme	S. 496
30.3.2	Anbaugruppen	S. 487	31.2.3	Kombinierte Richt- und Prüfsysteme	S. 497
30.3.3	Rahmenbauweise	S. 487	31.3	Rückverformen beschädigter Karosserieteile	S. 498
30.3.4	Sicherheitskarosserie	S. 488	31.4	Handwerkliche Instandsetzung	S. 499
30.4	Werkstoffe im Karosseriebau	S. 488	31.4.1	Ausbeulwerkzeuge und -techniken	S. 499
30.4.1	Fahrzeugleichtbau	S. 489	31.4.2	Abschnittsreparatur	S. 500
30.4.2	Stahl als Karosseriewerkstoff	S. 489	31.4.3	Scheibenreparatur	S. 501
30.4.3	Aluminium als Karosseriewerkstoff	S. 490	31.4.4	Oberflächentechniken	S. 502
30.4.4	Kunststoffe im Fahrzeugbau	S. 491	34.4.5	Reparatur von Kunststoffteilen	S. 502
30.5	Fahrzeuglackierung und Korrosionsschutz	S. 491			

## **G Elektrische und elektronische Systeme**

<b>32</b>	<b>Energieversorgung</b>	S. 504	<b>33</b>	<b>Elektromotoren und Starter</b>	S. 520
32.1	Drehstromgenerator	S. 504	33.1	Elektromotoren	S. 520
32.1.1	Anforderungen und Eigenschaften	S. 504	33.1.1	Gleichstrommotoren	S. 520
32.1.2	Aufbau	S. 505	33.1.2	Schrittmotoren	S. 521
32.1.3	Prinzip des Drehstromgenerators	S. 506	33.2	Starter	S. 522
32.1.4	Stromkreise des Generators	S. 507			
32.1.5	Spannungsregler	S. 508	<b>34</b>	<b>Beleuchtungs- und Signalanlage</b>	S. 524
32.1.6	Generator mit Leitstückläufer	S. 510	34.1	Allgemeine Aufgaben, Vorschriften, Bezeichnungen	S. 524
32.2	Werkstattpraxis	S. 510	34.2	Verschiedene Lichtquellen und Scheinwerfer	S. 525
32.3	Batterie	S. 512	34.3	Kurven- und Abbiegelicht	S. 527
32.3.1	Aufbau	S. 512	34.4	Infrarot-Nachtsicht-Hilfen	S. 528
32.3.2	Funktion der Batterie	S. 512	34.5	Leuchtweitenregulierung und Scheinwerfer- einstellung	S. 529
32.3.3	Wichtige Kenngrößen von Kfz-Batterien	S. 512	34.6	Werkstattpraxis	S. 530
32.3.4	Wartung	S. 514	34.7	Scheinwerferreinigung	S. 530
32.4	Werkstattpraxis	S. 515	34.8	Signalanlage	S. 531
32.5	Elektrische Energieversorgung im Bordnetz	S. 516			
32.5.1	Ein-Batterie-Bordnetz	S. 516			
32.5.2	Zwei-Batterien-Bordnetz	S. 517			
32.5.3	Schaltung für Nutzfahrzeuge	S. 517			
32.5.4	Zwei-Spannungs-Bordnetz	S. 518			

<b>35</b>	<b>Bussysteme</b>	S. 533	<b>37</b>	<b>Sicherheitselektronik</b>	S. 555
35.1	Anfänge der Systemvernetzung	S. 533	37.1	Wegfahrsperr	S. 555
35.2	Notwendigkeit von Bussystemen	S. 533	37.1.1	Einführung des qualifizierten Diebstahlschutzes	S. 555
35.3	Busstrukturen und -systeme	S. 534	37.1.2	Wegfahrsperr mit Transponder	S. 555
35.4	Signalaufprägung und Kommunikationsablauf beim CAN-Bussystem	S. 535	37.2	Zentralverriegelung	S. 556
35.5	Optische Datenbussysteme mit Lichtwellenleiter	S. 538	37.2.1	Elektropneumatische Zentralverriegelung	S. 556
35.6	Bluetooth	S. 539	37.2.2	Elektrische Zentralverriegelung	S. 557
35.7	Verschiedene Bussysteme in einem vollausgestatteten Fahrzeug	S. 540	37.2.3	Fernbedienungssystem	S. 559
			37.2.4	Komfortzugang	S. 560
<b>38</b>	<b>Komfortsysteme</b>	S. 542	37.3	Diebstahlwarnanlage	S. 561
36.1	Fenster- und Dachantriebe	S. 542	37.4	Werkstattpraxis	S. 562
36.1.1	Fensterantriebe	S. 542	37.5	Pyrotechnische Rückhaltesysteme	S. 563
36.1.2	Dachantriebe	S. 543	37.5.1	Airbag	S. 563
36.2	Elektrische Sitz-, Spiegel- und Lenkradverstellung	S. 543	37.5.2	Ablauf einer Airbagzündung	S. 565
36.2.1	Elektrische Sitzverstellung	S. 543	37.5.3	Bauteile und ihre Funktion	S. 565
36.2.2	Elektrische Spiegelverstellung	S. 544	37.4.4	Gurtstraffer und Gurtschlossstrammer	S. 566
36.2.3	Elektrische Lenkradverstellung	S. 544	37.5.5	Systemüberprüfung und Sicherheitshinweise	S. 567
36.2.4	Verstellungen mit Speicherfunktion	S. 545	37.6	Werkstatthinweise	S. 567
36.3	Heizungs- und Klimaregelung	S. 546	<b>38</b>	<b>Fahrsicherheitssysteme</b>	S. 569
36.3.1	Funktionsprinzip einer Klimaanlage	S. 546	38.1	Anti-Blockier-System (ABS)	S. 569
36.3.2	Ein- und Ausgangssignale und Funktionen der Heizungs- und Klimaregelung	S. 547	38.1.1	ABS mit 3/3 Magnetventilen	S. 570
36.3.3	Werkstattpraxis	S. 548	38.1.2	ABS mit 2/2-Magnetventilen	S. 573
36.4	Fahrgeschwindigkeitsregelung	S. 549	38.1.3	Elektronische Bremskraftverteilung (EBV)	S. 575
36.4.1	Konventionelle Fahrgeschwindigkeitsregelung	S. 549	38.2	Antriebsschlupf-Regelung	S. 576
36.4.2	Adaptive Fahrgeschwindigkeitsregelung	S. 550	38.3	Fahrdynamik-Regelung	S. 579
36.5	Fahrerinformationssysteme	S. 551			
36.5.1	Navigationssystem	S. 551			
36.5.2	Telematik	S. 552			
36.6	Elektronische Abstandsmessung als Ein- und Ausparkhilfe	S. 553			

## Anhang

Abkürzungen und Fachbegriffe	S. 583
Sachwortverzeichnis	S. 588
Bildquellen	S. 600
Lernfeldkompass	Umschlaginnenseite, hinten