

	Kraftfahrzeuge			
1	1	Entwicklung des Kraftfahrzeugs	10	
1	4	Kraftfahrzeugarten	12	
	2.1	Einteilung der Kraftfahrzeuge	12	
	2.1.1	Einspurige Kraftfahrzeuge	12	
	2.1.2	Mehrspurige Kraftfahrzeuge	12	
	2.2	Gesetzliche Bestimmungen für die Inbetriebnahme von Kraftfahrzeugen	13	
	2.3	Baugruppen, Anlagen und Bauteile der Kraftfahrzeuge	16	
1	3	Grundlagen des Systems Kraftfahrzeug	17	
	3.1	Systemtechnische Grundlagen	17	
	3.2	Hauptfunktionen technischer Systeme	17	
	3.2.1	Energieumsetzende Systeme	18	
	3.2.2	Stoffumsetzende Systeme	18	
	3.2.3	Informationsumsetzende Systeme	18	
	3.3	Gliederung von technischen Systemen	19	
	3.3.1	Teilsysteme des Kraftfahrzeugs	20	
	3.3.2	Teilfunktionen und Grundfunktionen des Kraftfahrzeugs	20	
		Arbeits- und Umweltschutz im Kfz-Betrieb, Betriebsorganisation und Kommunikation		
1	4	Arbeits- und Umweltschutz im Kfz-Betrieb	21	
	4.1	Personenschutz	21	
	4.1.1	Sicherheitszeichen	21	
	4.1.2	Sicherheitseinrichtungen	23	
	4.1.3	Arbeitssicherheit im Umgang mit gefährlichen Stoffen	23	
	4.1.4	Gefahrstoff- und Gefahrgutverordnung Straße	24	
	4.2	Maschinenschutz	25	
	4.3	Umweltschutz	25	
	4.3.1	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG)	26	
	4.3.2	Verordnung zur Bestimmung von überwachungsbedürftigen Abfällen zur Verwertung (BestÜVAbfV)	27	
	4.3.3	Chemikalienrecht	27	
	4.3.4	Gewässerschutz	28	
	4.3.5	Altölverordnung (AltöV)	29	
	4.3.6	Altfahrzeug-Verordnung (AltfahrzeugV)	29	
	4.4	Recycling	30	
	4.4.1	Demontage- und Schreddersysteme	31	
	4.4.2	Demontageanalyse	31	
	4.4.3	Schreddertechnologie	32	
1	5	Betriebsorganisation und Kommunikation	33	
	5.1	Grundlagen der betrieblichen Organisation	33	
	5.1.1	Aufbau eines Betriebes	34	
	5.1.2	Einflüsse auf die betriebliche Organisation	35	
	5.2	Qualitätsmanagement	36	
	5.3	Kommunikation	38	
	5.3.1	Grundlagen der Kommunikation	38	
	5.3.2	Kundengespräch	39	
	5.3.3	Umgang mit Reklamationen	39	
	5.4	Personalführung	40	
	5.5	Mitarbeiterverhalten	40	
	5.6	Arbeitsplanung	41	
	5.6.1	Arbeitsablaufplanung und Auftragsbearbeitung	42	
	5.6.2	Betriebliche Datenverarbeitung	44	
		Technische Grundlagen		
2	6	Prüfen	46	
	6.1	Messen	46	
	6.2	Messabweichungen	47	
	6.3	Messgeräte für Längen- und Winkelmessungen	47	
	6.3.1	Maßverkörperungen	47	
	6.3.2	Anzeigende Messgeräte	47	
	6.4	Lehren	51	
	6.5	Maßtoleranzen	51	
	6.6	ISO-Passungen und ISO-Toleranzsystem	52	
	6.6.1	Passungen	52	
	6.6.2	Toleranzsystem	52	
2	7	Trennen	54	
	7.1	Trennverfahren	54	
	7.2	Werkzeuge zum Trennen	54	
	7.2.1	Kräfte und ihre zeichnerische Darstellung	54	
	7.2.2	Trennkkräfte in Abhängigkeit vom Keilwinkel	55	
	7.2.3	Der Keilwinkel in Abhängigkeit von der Werkstofffestigkeit	55	
	7.3	Zerteilen	55	
	7.3.1	Keilschneiden	55	
	7.3.2	Scherschneiden	56	
	7.4	Spanen	56	
	7.4.1	Sägen	56	
	7.4.2	Feilen	57	
	7.4.3	Bohren	57	
	7.4.4	Senken	58	
	7.4.5	Reiben	59	
	7.4.6	Gewindeherstellung	59	
	7.4.7	Weitere spanende Bearbeitungsverfahren	60	
	7.5	Abtragen	61	
	8	Fügen	62	2
	8.1	Klemmverbindungen	62	
	8.2	Pressverbindungen	62	
	8.3	Kegelverbindungen	63	
	8.4	Schraubverbindungen	63	
	8.4.1	Gewindesteigung und Schiefe Ebene	63	
	8.4.2	Kraftzerlegung an der Gewindeflanke	64	
	8.4.3	Gewindebezeichnung	64	
	8.4.4	Gewindearten	64	
	8.4.5	Schrauben- und Mutternarten	65	
	8.4.6	Schrauben- und Mutternwerkstoffe	66	
	8.4.7	Schraubensicherungen	66	
	8.5	Sicherungsscheiben und Sicherungsringe	66	
	8.6	Stiftverbindungen	67	
	8.7	Federverbindungen	67	
	8.8	Profilverbindungen	67	
	8.9	Nietverbindungen	67	
	8.9.1	Nietformen	67	
	8.9.2	Nietvorgang	67	
	8.9.3	Stanznietverbindungen	68	
	8.9.4	Blindnietverbindungen	68	
	8.10	Durchsetzfügen	69	
	8.11	Lötverbindungen	70	
	8.11.1	Lötverfahren	70	
	8.11.2	Lötorgang	70	
	8.11.3	Flussmittel	71	
	8.11.4	Lotwerkstoffe	71	
	8.12	Schweißverbindungen	71	
	8.12.1	Widerstands-Pressschweißen	71	
	8.12.2	Punktschweißkleben	72	
	8.12.3	Schutzgasschweißen	73	
	8.12.4	Laserstrahlschweißen	74	
	8.12.5	Lichtbogen-Handschweißverfahren	74	
	8.12.6	Schweißnahtarten	75	
	8.12.7	Autogen-Gasschmelzschweißen	75	
	8.13	Klebeverbindungen	76	
	8.13.1	Kleberarten	77	
	9	Werkstoffe und ihre Normung	78	2
	9.1	Einteilung der Werkstoffe	78	
	9.2	Physikalische Grundlagen	78	
	9.2.1	Atomaufbau	78	
	9.2.2	Zustandsformen der Werkstoffe	79	
	9.3	Chemische Grundlagen	79	
	9.3.1	Chemische Verbindungen	79	
	9.3.2	Stoffgemische	79	
	9.4	Werkstoffeigenschaften	79	
	9.4.1	Physikalische Eigenschaften	79	
	9.4.2	Technologische Eigenschaften	81	
	9.4.3	Chemische Eigenschaften	82	
	9.4.4	Ökologische Eigenschaften	82	
	9.5	Eisen und Stahl	82	
	9.6	Normung der Stahl- und Eisenwerkstoffe	83	
	9.6.1	Kurznamen für Stähle nach DIN EN 10027	83	
	9.6.2	Werkstoffnummern für Stähle nach DIN EN 10027	84	
	9.7	Einteilung der Eisen-Kohlenstoff-Gusswerkstoffe	85	
	9.7.1	Bezeichnung der Gusswerkstoffe	85	
	9.8	Schwermetalle und ihre Legierungen	86	
	9.8.1	Kupfer	86	
	9.8.2	Kupfer-Legierungen	86	
	9.8.3	Weitere Schwermetalle	86	
	9.9	Leichtmetalle und ihre Legierungen	87	
	9.9.1	Aluminium	87	
	9.9.2	Magnesium	87	
	9.9.3	Titan	87	
	9.10	Nichtmetallische Werkstoffe	87	
	9.10.1	Kunststoffe	87	
	9.10.2	Glas	88	
	9.10.3	Gummi	88	
	9.10.4	Keramische Werkstoffe	88	
	9.11	Verbundstoffe	89	
	9.11.1	Faserverstärkte Kunststoffe	89	
	9.11.2	Gesinterte Werkstoffe	89	

1 8 10	Steuerungs-, Regelungs- und Informationstechnik	90
10.1	Grundlagen	90
10.1.1	Steuerung	90
10.1.2	Regelung	91
10.1.3	Signalfluss	91
10.1.4	EVA-Prinzip	92
10.1.5	Signalformen	92
10.1.6	Signalwandler	92
10.1.7	Sensoren	93
10.1.8	Aktoren	93
10.2	Steuerungsarten	93
10.2.1	Mechanische Steuerungen	93
10.2.2	Hydraulische und pneumatische Steuerungen	94
10.2.3	Elektrische Steuerungen	97
10.2.4	Elektronische Steuerungen	98
10.3	Schaltungen der Steuerungstechnik	99
10.3.1	Grundfunktionen	99
10.3.2	Ablaufsteuerungen	99
10.4	Informationstechnik	100
10.4.1	Zahlensysteme in der Datenverarbeitung	101
10.4.2	Aufbau eines Computersystems	102
10.4.3	Periphere Speicher	104
10.4.4	Computersoftware	105
10.4.5	Vernetzte Computersysteme	106
10.4.6	Bundesdatenschutzgesetz	107

Betriebs- und Hilfsstoffe

1 11	Kraftstoffe	108
11.1	Erdöl	108
11.2	Kraftstoffherstellung aus Erdöl	108
11.2.1	Thermisches Cracken	108
11.2.2	Katalytisches Cracken	109
11.2.3	Hydro-Cracken	109
11.3	Ottokraftstoffe	109
11.4	Diesekraftstoffe	110
11.5	Alternative Kraftstoffe	111
11.6	Gefahrenklassen der Kraftstoffe	113

1 12	Schmieröle und Schmierfette	114
12.1	Aufgaben der Schmieröle	114
12.2	Anforderungen an Schmieröle	114
12.3	Arten der Schmieröle	114
12.4	Einteilung der Schmieröle in Viskositätsklassen (SAE-Klassen)	115
12.5	Einteilung der Schmieröle in API-Klassifikationen	116
12.6	Einteilung der Motoröle nach ACEA	116
12.7	Additive	116
12.8	Schmierfette und feste Schmierstoffe	117

1 13	Kühl- und Kältemittel	118
13.1	Kühlmittel	118
13.2	Kältemittel	118

1 14	Bremsflüssigkeit	119
-------------	-------------------------	-----

Elektrische und elektronische Anlagen

3 15	Grundlagen der Elektrotechnik	120
15.1	Elektrischer Strom	120
15.2	Elektrische Spannung	120
15.3	Elektrischer Widerstand	121
15.4	Einfacher elektrischer Stromkreis	121
15.5	Ohmsches Gesetz	122
15.6	Messen elektrischer Größen	122
15.7	Messgeräte	123
15.7.1	Vielfachmessgeräte	123
15.7.2	Strommesszangen	124
15.7.3	Oszilloskop	125
15.7.4	Motortester	126
15.8	Schaltungen elektrischer Verbraucher	127
15.8.1	Reihenschaltung	127
15.8.2	Parallelschaltung	127
15.9	Elektrische Arbeit und Leistung	128
15.10	Schutzmaßnahmen gegen die Gefahren des elektrischen Stromes	128
15.11	Magnetismus	130
15.11.1	Dauermagnetismus	130
15.11.2	Elektromagnetismus	130
15.12	Elektromagnetische Induktion	131
15.12.1	Generatorprinzip	131
15.12.2	Transformatorprinzip	132
15.12.3	Selbstinduktion	133
15.12.4	Wirbelströme	134

15.13	Elektrische und elektronische Bauelemente	134
15.13.1	Relais	134
15.13.2	Widerstände	136
15.13.3	Kondensatoren	136
15.13.4	Sicherungen	137
15.13.5	Dioden	137
15.13.6	Transistoren	140
15.13.7	Thyristoren	142
15.13.8	Diskrete-, integrierte- und Hybrid-Schaltungen	143

16	Starter- und Antriebsbatterien	144	6
16.1	Starterbatterien	144	
16.1.1	Aufbau der Starterbatterie	144	
16.1.2	Grundprinzip der Starterbatterie	144	
16.1.3	Bauarten der Starterbatterie	145	
16.1.4	Kenzeichnung der Starterbatterien	147	
16.1.5	Wartung und Diagnose	148	
16.2	Antriebsbatterien	150	
16.2.1	Nickel-Metallhydrid-Batterie	150	
16.2.2	Lithium-Ionen-Batterie	151	
16.3	Elektrisches Energiemanagement	152	
16.3.1	Aufgabe	152	
16.3.2	Aufbau	152	
16.4	Zwei-Batterien-Bordnetz	153	

17	Generator	154	6
17.1	Grundaufbau und Wirkungsweise des Generators	154	
17.2	Drehstromgenerator	154	
17.2.1	Aufbau und Wirkungsweise des Drehstromgenerators	154	
17.2.2	Gleichrichtung im Drehstromgenerator	156	
17.2.3	Stromkreise des Drehstromgenerators	157	
17.3	Generatorregelung	158	
17.3.1	Grundprinzip der Regelung	158	
17.3.2	Elektronische Regler	158	
17.4	Bauarten von Generatoren	159	
17.5	Wartung und Diagnose	161	

18	Startanlage	162	6
18.1	Aufbau und Wirkungsweise der Startanlage	162	
18.1.1	Wirkungsweise des Startermotors	162	
18.1.2	Aufbau des Startermotors	162	
18.2	Starterarten	163	
18.2.1	Schub-Schraubtrieb-Starter	163	
18.2.2	Schubtrieb-Starter mit elektrisch zweistufigem Einspurssystem	165	
18.2.3	Schubtrieb-Starter mit elektrisch zweistufigem Einspurtrieb	166	
18.3	Automatisches Startsystem	166	
18.4	Start-Stopp-Funktion	167	
18.5	Zusatzeinrichtungen	167	
18.6	Wartung und Diagnose	167	

19	Beleuchtungs- und Signalanlage	168	3 4
19.1	Gesetzliche Vorschriften	168	
19.2	Lichtquellen	168	
19.2.1	Glühlampen	168	
19.2.2	Halogenlampen	168	
19.2.3	Xenon-Lampen	169	
19.2.4	Leuchtdioden	169	
19.3	Beleuchtungsanlage	169	
19.3.1	Scheinwerferreflektoren	169	
19.3.2	Scheinwerfer für Fern- und Abblendlicht	170	
19.3.3	Scheinwerfer für Fern-, Abblend- oder Nebellicht	171	
19.3.4	Tagfahrleuchten	172	
19.3.5	Leuchtweitenregulierung	173	
19.3.6	Abbiege- und Kurvenlicht	173	
19.3.7	Scheinwerfereinstellung	174	
19.4	Signalanlage	175	
19.4.1	Adaptives Bremslicht	175	
19.4.2	Fahrtrichtungsanzeiger	176	
19.4.3	Warnblinkanlage	176	
19.4.4	Signalhornanlage	176	
19.4.5	Lichthupe	177	

Motormechanik

20	Grundprinzip des Viertakt-Ottomotors	178	5
20.1	Grundsätzlicher Aufbau	179	
20.2	Physikalische Grundlagen	179	
20.2.1	Druck	179	
20.2.2	Gasgesetze	179	
20.3	Vorgänge während der vier Takte eines Viertakt-Ottomotors mit Saugrohreinspritzung	180	
20.3.1	Ansaugtakt	180	

20.3.2	Verdichtungstakt	181	25.1.2	Kraftstoffförderpumpen	241
20.3.3	Arbeitstakt	181	25.1.3	Kraftstofffilter	242
20.3.4	Ausstoßtakt	182	25.1.4	Einrichtungen zur Be- und Entlüftung und Dichtheitsprüfung	243
20.4	p-V-Diagramm	182	25.1.5	Kraftstoffleitungen	243
20.4.1	Mittlerer Kolbendruck	182	25.1.6	Kraftstofffördermodul	243
20.5	Kenngrößen des Verbrennungsmotors	183	25.2	Wartung und Diagnose	243
20.5.1	Effektiver Wirkungsgrad	183			
20.5.2	Verdichtungsverhältnis	183			
20.5.3	Liefergrad	184			
20.6	Klopfende Verbrennung	184			
5	21 Grundprinzip des Viertakt-Dieselmotors	186	26 Filter		244 5
21.1	Vorgänge während der vier Takte	186	26.1	Filterwirkung und Filterarten	244
21.2	Zündverzug	188	26.1.1	Siebfilter	244
21.3	Gemischbildung und Verbrennung	188	26.1.2	Faserfilter	244
21.4	Verbrennungsverfahren	189	26.1.3	Nassfilter	245
21.4.1	Indirekte Einspritzung	189	26.1.4	Zentrifugalabscheider	245
21.4.2	Direkte Einspritzung	190	26.1.5	Magnetabscheider	245
21.5	Vergleich zwischen Otto- und Dieselmotor	190	26.2	Anwendungsgebiete für Filter	245
21.6	Starthilfsanlagen	191	26.2.1	Luftfilter	246
21.6.1	Vorglühanlage mit Glühkerzen	191	26.2.2	Kraftstofffilter	247
21.6.2	Flammstartanlage	192	26.2.3	Ölfilter	248
			26.2.4	Hydraulikfilter	248
			26.2.5	Innenraumfilter	248
			26.3	Wartung und Diagnose	249
5	22 Äußerer Aufbau des Hubkolbenmotors	194	27 Schmierung		250 5
22.1	Zylinderkopf	194	27.1	Reibung	250
22.2	Zylinderkopfdichtung	195	27.1.1	Festkörperreibung	250
22.3	Zylinder	197	27.1.2	Flüssigkeitsreibung	251
22.3.1	Anordnung der Zylinder	197	27.2	Arten der Motorschmierung	252
22.3.2	Zündfolgen von Hubkolbenmotoren	197	27.3	Bauteile der Motorschmierung	253
22.3.3	Flüssigkeitsgekühlte Zylinder	198	27.3.1	Ölpumpe	253
22.3.4	Luftgekühlte Zylinder	199	27.3.2	Ölfilter	255
22.3.5	Zylinderverschleiß	199	27.3.3	Ölkühler	255
22.4	Kurbel- und Zylinderkurbelgehäuse	200	27.3.4	Kontrollgeräte	255
22.5	Motorlagerung	201	27.4	Wartung und Diagnose	256
5	23 Kurbeltrieb	204	28 Kühlung		258 5
23.1	Bewegungen am Kurbeltrieb	204	28.1	Aufgabe der Kühlung	258
23.2	Kräfte am Kurbeltrieb	204	28.2	Grundprinzip der Kühlung	258
23.3	Kolben	205	28.2.1	Wärmeleitung	258
23.3.1	Bezeichnungen am Kolben	205	28.2.2	Wärmeströmung	259
23.3.2	Temperaturen am Kolben	206	28.2.3	Wärmestrahlung	259
23.3.3	Kolbenformen, Kolben-Einbauspiel	206	28.2.4	Änderung des Aggregatzustands	259
23.3.4	Kolbenwerkstoffe	207	28.2.5	Wärmemenge	259
23.3.5	Kolben für Nutzfahrzeuge	207	28.3	Arten der Kühlung	260
23.3.6	Kolbenlaufflächenschutz	208	28.3.1	Luftkühlung	260
23.3.7	Einbauhinweise	209	28.3.2	Flüssigkeitskühlung	260
23.4	Kolbenringe	209	28.4	Bauteile der Motorkühlung	261
23.4.1	Kolbenringwerkstoffe	210	28.4.1	Flüssigkeitskühler	261
23.4.2	Kolbenringformen	210	28.4.2	Lüfter	261
23.4.3	Stoßspiel, Höhenspiel	210	28.4.3	Kühlmittelpumpe	262
23.5	Kolbenbolzen	211	28.4.4	Kühlerverschlussdeckel	263
23.6	Pleuelstange	212	28.4.5	Kühlmittelthermostat	263
23.6.1	Werkstoffe und Fertigung	212	28.4.6	Ölkühler	264
23.6.2	Pleuellager	212	28.5	Regelung der Kühlmittelkreisläufe (Thermomanagement)	264
23.7	Kurbelwelle	213	28.6	Wartung und Diagnose	264
23.7.1	Werkstoffe und Fertigung	214			
23.7.2	Schwingungsdämpfer und Schwingungstilger	215			
23.8	Kurbelwellen-Gleitlager	215			
23.9	Schwungrad	216			
5	24 Motorsteuerung	220	29 Zündanlagen		266 8
24.1	Wirkungsweise der Motorsteuerung	220	29.1	Grundlagen der Transistor-Batteriezündanlagen	266
24.2	Bauteile der Motorsteuerung	220	29.1.1	Erzeugung der Zündspannung und des Zündfunkens	266
24.2.1	Antrieb der Nockenwelle	220	29.1.2	Zündsteuergerät und Zündimpulsgeber	266
24.2.2	Nockenwelle	222	29.1.3	Schließzeit und Schließwinkel	267
24.2.3	Stößel	223	29.1.4	Transistor-Grundschtaltung	267
24.2.4	Kipp- und Schleppebel	224	29.2	Bauteile der Transistor-Batteriezündanlagen	268
24.2.5	Stoßstangen	225	29.2.1	Zündspulen	268
24.2.6	Ventile	225	29.2.2	Zündkerze	268
24.2.7	Ventilsitz	226	29.3	Zündzeitpunktverstellung	269
24.2.8	Ventilführung	227	29.3.1	Grundlagen	269
24.2.9	Ventilfeder	227	29.3.2	Elektronische Zündzeitpunktverstellung [Kennfeldzündung]	270
24.2.10	Ventilfederteller und Kegelstücke	228	29.4	Elektronische Klopfregelung	271
24.2.11	Ventildrehvorrichtung (Rotocap)	228	29.5	Vollelektronische Transistor-Batteriezündanlagen	272
24.3	Wartung und Diagnose	228	29.5.1	Einzelfunken-Zündspulen	273
24.4	Verbesserung des Liefergrades (Füllungsgrades)	230	29.5.2	Zweifunken-Zündspulen	273
24.4.1	Mehrventiltechnik	231	29.5.3	Zündauslösung	274
24.4.2	Schaltsaugrohre	231	29.6	Verbrennungsaussetzer-Erkennung	275
24.4.3	Variable Ventilsteuerungen	232	29.7	Wartung und Diagnose	275
24.4.4	Abgasurboaufladung	234			
24.4.5	Aufladung von Nfz-Motoren	239			
5	25 Kraftstoffförderanlage	240	30 Einspritzanlagen für Ottomotoren		276 8
25.1	Bauteile der Kraftstoffförderanlage für Ottomotoren	240	30.1	Luftverhältnis	276
25.1.1	Kraftstoffbehälter	240	30.2	Betriebszustände	276
			30.3	Einspritzarten	277

30.4	Aufbau und Wirkungsweise elektronischer Einspritzanlagen	277	35.2.4	Kupplungsspiel	329		
30.4.1	Kraftstoffsysteme für die indirekte Einspritzung	278	35.2.5	Lüftspiel	329		
30.4.2	Ansaugsysteme	280	35.3	Elektronisches Kupplungsmanagement (EKM)	329		
30.4.3	Steuerung elektronischer Einspritzanlagen	280	35.4	Wartung und Diagnose	331		
30.5	Kombinierte Zünd- und Gemischbildungssysteme	281	36	Wechselgetriebe	332		
30.5.1	ME-Motronic	281	36.1	Drehmomentwandlung	332		
30.6	Direkte Einspritzanlagen	283	36.2	Drehzahlwandlung und Drehrichtungsänderung	333		
30.6.1	Betriebsarten	283	36.3	Idealer Verlauf des Drehmoments an der Antriebsachse	334		
30.6.2	Aufbau und Wirkungsweise einer Direkteinspritzanlage	284	36.4	Aufbau und Wirkungsweise eines Wechselgetriebes	335		
8	31	Einspritzanlagen für Dieselmotoren	288	36.5	Synchronisiereneinrichtungen	335	
31.1	Elektronische Dieselregelung (EDC)	288	36.5.1	Sperrsynchronisierung mit Einfachkonus	336		
31.2	Elektronisch geregelte Verteilereinspritzpumpe (Radialkolbenpumpe)	289	36.5.2	Sperrsynchronisierung mit Doppelkonus	337		
31.2.1	Kraftstoffversorgung	289	36.5.3	Sperrsynchronisierung mit Dreifachkonus	338		
31.2.2	Hochdruckerzeugung	289	36.5.4	Sperrsynchronisierung mit Außenkonus-Synchronkegel	339		
31.2.3	Einspritzmengenregelung	290	36.5.5	Sperrsynchronisierung mit Lamellen	339		
31.2.4	Spritzbeginnverstellung	290	36.6	Wechselgetriebearten	339		
31.2.5	Wartung und Diagnose an der Verteilereinspritzpumpe	292	36.6.1	Wechselgetriebe für Hinterradantrieb	339		
31.3	Einspritzdüse und Düsenhalterkombination	292	36.6.2	Wechselgetriebe für Vorderradantrieb	340		
31.3.1	Lochdüse	292	36.7	Wechselgetriebe für Nutzfahrzeuge	341		
31.3.2	Beanspruchung der Einspritzdüse	293	36.8	Bauteile des Getriebes	344		
31.3.3	Düsenhalter	293	36.8.1	Zahnräder	344		
31.3.4	Prüf- und Messgeräte	294	36.8.2	Wälzlager	346		
31.4	Pumpe-Düse-Systeme	294	36.8.3	Wellendichtringe	346		
31.4.1	Kraftstoffversorgung	294	36.9	Wartung und Diagnose	346		
31.4.2	Hochdruckteil	295	37	Automatische Getriebe	349		
31.5	Common-Rail-System	297	37.1	Automatisierte Schaltgetriebe	349		
31.5.1	Hochdrucksystem	298	37.2	Doppelkupplungsgetriebe	350		
31.6	Wartung und Diagnose an PDE- und Common-Rail-Systemen	300	37.2.1	Aufbau	350		
5	32	Leistungsmessung und Motorkennlinien	302	37.2.2	Wirkungsweise	352	
32.1	Aufbau und Wirkungsweise der Leistungsbremse	302	37.2.3	Steuerung	352		
32.2	Motorkennlinien	303	37.3	Automatikgetriebe für Pkw	353		
32.2.1	Ermittlung der Motorkennlinien	303	37.3.1	Hydrodynamischer Drehmomentwandler	353		
32.2.2	Auswertung der Motorkennlinien	304	37.3.2	Planetengertriebe	356		
32.3	Rollen-Leistungsprüfstand	304	37.3.3	Automatikgetriebe mit Planetenradsätzen	357		
8	12	33	Abgassysteme und Schadstoffminderung	306	37.3.4	Automatikgetriebe mit Stirnrädern	363
33.1	Aufbau der Abgassysteme	306	37.4	Automatikgetriebe für Nfz	364		
33.2	Schalldämpfer	306	37.4.1	EcoLife-Automatikgetriebe	364		
33.2.1	Schall	306	37.4.2	DIWA-Automatikgetriebe	364		
33.2.2	Schalldämpfung	307	37.5	Stufenloses Getriebe	366		
33.3	Schadstoffe und Schadstoffgrenzwerte	308	38	Radantrieb	369		
33.4	Schadstoffminderung bei Ottomotoren	309	38.1	Achsgetriebe	369		
33.4.1	Abgasrückführung (AGR-System)	309	38.1.1	Kegelradgetriebe	369		
33.4.2	Sekundärluftsystem	309	38.1.2	Stirnradgetriebe	371		
33.4.3	Abgaskatalysatoren	309	38.2	Ausgleichsgetriebe	371		
33.5	Schadstoffminderung bei Dieselmotoren	312	38.2.1	Grundprinzip des Ausgleichsgetriebes	371		
33.5.1	Oxidationskatalysator	312	38.2.2	Aufbau und Wirkungsweise des Kegelrad-Ausgleichsgetriebes	372		
33.5.2	Partikelfilter	312	38.2.3	Aufbau und Wirkungsweise des Stirnrad-Ausgleichsgetriebes	372		
33.5.3	SCR-Katalysatoren	315	38.3	Ausgleichssperren	372		
33.6	Umweltverträglichkeitsprüfung	316	38.3.1	Formschlüssige Ausgleichssperren	373		
33.7	Wartung und Diagnose	316	38.3.2	Drehzahldifferenzabhängige Quersperren	373		
			38.3.3	Drehzahldifferenzabhängige Längssperren	374		
			38.3.4	Drehmomentabhängige Quersperren	374		
			38.3.5	Drehmomentabhängige Längssperren	375		
			38.3.6	Elektrohydraulisch gesteuerte Ausgleichssperren	376		
			38.3.7	Elektronisch gesteuerte Ausgleichssperren	377		
			38.4	Gelenkwellen	377		
			38.4.1	Grundaufbau der Gelenkwellen	377		
			38.4.2	Gelenkarten	378		
			38.4.3	Gelenkwellen-Lager	380		
			38.5	Außenplaneten-Getriebe	381		
			38.6	Verteilergetriebe	381		
			38.7	Nebenantriebe	382		
			38.8	Wartung und Diagnose	382		
			39	Alternative Antriebe	384		
13	34	Antriebsarten	318	39.1	Elektroantrieb	384	
34.1	Vorderradantrieb	318	39.2	Hybridantrieb	386		
34.2	Hinterradantrieb	318	39.2.1	Serieller Hybridantrieb	387		
34.2.1	Standardantrieb	318	39.2.2	Paralleler Hybridantrieb	387		
34.2.2	Transaxleantrieb	318	39.2.3	Gemischter Hybridantrieb	388		
34.2.3	Heckmotorantrieb	319	39.3	Betrieb mit alternativen Kraftstoffen	390		
34.2.4	Mittelmotorantrieb	319	39.3.1	Erdgasbetrieb	390		
34.2.5	Unterflurmotorantrieb	319	39.3.2	Flüssiggasbetrieb	391		
34.3	Allradantrieb	319	39.3.3	Pflanzenölbetrieb	394		
7	35	Kupplung	320	39.3.4	Wasserstoffbetrieb	394	
35.1	Reibungskupplungen	320					
35.1.1	Physikalische Grundlagen	320					
35.1.2	Einscheiben-Trockenkupplung mit Membranfeder	321					
35.1.3	Kupplungsscheiben für Trockenkupplungen	323					
35.1.4	Zweischeiben- und Lamellenkupplungen	324					
35.1.5	Doppelkupplungen	325					
35.1.6	Schwerlastkupplungen	325					
35.2	Betätigungseinrichtungen	326					
35.2.1	Hydraulische Kupplungsbetätigung	327					
35.2.2	Kupplungsbetätigungen für Nutzfahrzeuge	327					
35.2.3	Ausrücker	328					

	Fahrwerks- und Bremssysteme			
10	40	Achsgeometrie	397	
	40.1	Fahrzeugdrehbewegungen	397	
	40.2	Eigenlenkverhalten	398	
	40.3	Radstellungen	399	
	40.3.1	Spurweite und Radstand	399	
	40.3.2	Gesamtspur, Vorspur und Nachspur	399	
	40.3.3	Sturz	400	
	40.3.4	Lenkrollhalbmesser	401	
	40.3.5	Spreizung	401	
	40.3.6	Vorlauf und Nachlauf	402	
	40.3.7	Spurdifferenzwinkel	402	
	40.4	Elektronische Achsvermessung	402	
	40.4.1	CCD-Messsysteme	403	
	40.4.2	3D-Messsysteme	403	
	40.4.3	Niveauprüfung des Messplatzes	403	
	40.4.4	Ablauf der Achsvermessung	404	
	40.4.5	Auswertung und Einstellung	405	
	40.4.6	Fahrwerksanalyse	405	
10	41	Lenkung	407	
	41.1	Lenkungsarten	407	
	41.1.1	Drehschemel-Lenkung	407	
	41.1.2	Achsschenkel-Lenkung	407	
	41.2	Lenktrapez	408	
	41.3	Bauteile der Lenkung	408	
	41.3.1	Lenkgestänge	408	
	41.3.2	Lenksäule	409	
	41.3.3	Lenkungsdämpfer	410	
	41.3.4	Lenkgetriebe	410	
	41.4	Hilfskraftlenkungen	411	
	41.4.1	Hydromechanische Lenksysteme	411	
	41.4.2	Elektronisch gesteuertes hydromechanisches Lenksystem mit Zahnstangen-Lenkgetriebe	414	
	41.4.3	Elektronisch gesteuertes hydromechanisches Lenksystem mit Kugelumlauf-Lenkgetriebe	414	
	41.4.4	Elektromechanisches Lenksystem	415	
	41.4.5	Hydroelektromechanisches Lenksystem	415	
	41.5	Zweikreis-Hilfskraftlenkungen	415	
	41.6	Hinterachslenkung	416	
	41.7	Sattelanhänger-Lenksysteme	416	
	41.8	Aktivlenkung	418	
	41.9	Integral-Aktivlenkung	419	
	41.10	Wartung und Diagnose	420	
7	42	Federung	421	
	42.1	Grundprinzip der Federung	421	
	42.2	Grundaufbau der Federung	422	
	42.3	Arten der Fahrzeugfederung	423	
	42.3.1	Stahlfederung	423	
	42.3.2	Luftfederung	426	
	42.3.3	Hydropneumatische Federung	427	
	42.3.4	Gummifederung	428	
	42.4	Federung für Nutzfahrzeuge	428	
	42.4.1	Blattfedern	428	
	42.4.2	Luftfederung	429	
7	43	Schwingungsdämpfung	432	
	43.1	Grundprinzip der Schwingungsdämpfung	432	
	43.2	Kennlinien von Schwingungsdämpfern	433	
	43.3	Einrohrschwingungsdämpfer	434	
	43.4	Zweirohrschwingungsdämpfer	434	
	43.5	Federbein	435	
	43.6	Verstellbare Schwingungsdämpfer	435	
	43.7	Niveauregulierung	436	
	43.8	Aktive Fahrwerkssysteme	437	
	43.8.1	Aktive Schwingungsdämpfersysteme	438	
	43.8.2	Aktive Federungssysteme	440	
	43.9	Wartung und Diagnose	442	
7	44	Radaufhängung	444	
	44.1	Bauteile der Radaufhängung	444	
	44.1.1	Lenker	444	
	44.1.2	Lenkerlagerungen	444	
	44.1.3	Panhardstab	446	
	44.1.4	Watt-Gestänge	446	
	44.1.5	Radlager	446	
	44.2	Arten der Radaufhängung	447	
	44.2.1	Einzelradaufhängung (Vorderachse)	447	
	44.2.2	Einzelradaufhängung (Hinterachse)	448	
	44.3	Achsen für Nutzfahrzeuge	451	
	44.3.1	Vorderachsen	451	
	44.3.2	Hinterachsen	452	
	44.3.3	Tragachsen	453	
	44.4	Wartung und Diagnose	454	
	45	Räder und Reifen	455	2
	45.1	Radscheiben	455	
	45.2	Felgen	455	
	45.2.1	Tiefbettfelgen	456	
	45.2.2	Flachbettfelgen	456	
	45.2.3	Felgenbezeichnungen	457	
	45.3	Radbefestigung	457	
	45.4	Reifen	458	
	45.4.1	Anforderungen an den Reifen	458	
	45.4.2	Reifenbauarten	458	
	45.4.3	Radialreifen (Aufbau)	458	
	45.4.4	Reifenbezeichnungen und Reifenabmessungen	460	
	45.4.5	Reifen-Sicherheitssysteme	463	
	45.4.6	Aquaplaning	465	
	45.4.7	Radunwucht	466	
	45.4.8	Schläuche	467	
	45.4.9	Ventile	467	
	45.4.10	Runderneuerung	468	
	45.4.11	Nachschnitten	468	
	45.5	Wartung und Diagnose	468	
	46	Grundlagen der Bremsen	471	2 7
	46.1	Gesetzliche Bestimmungen	471	
	46.1.1	Arten von Bremsanlagen (§ 41 StVZO)	471	
	46.1.2	Bremsleuchten (§ 53 StVZO)	471	
	46.1.3	Untersuchungen (§ 29 StVZO)	471	
	46.2	Bremsvorgang	472	
	46.2.1	Physikalische Grundlagen	472	
	46.2.2	Zeitlicher Ablauf des Bremsvorgangs	473	
	46.3	Hydraulische Bremsanlagen	473	
	46.3.1	Physikalisches Prinzip	473	
	46.3.2	Zweikreis-Bremsanlagen	474	
	47	Hydraulische Bremsanlage	475	2 7
	47.1	Hauptzylinder	475	
	47.1.1	Tandem-Hauptzylinder	475	
	47.1.2	Gestuffer Tandem-Hauptzylinder	476	
	47.1.3	Tandem-Hauptzylinder mit gefesselter Kolbenfeder	477	
	47.2	Bremskraftverstärker	477	
	47.2.1	Saugluft-Bremskraftverstärker	477	
	47.2.2	Druckluft-Bremskraftverstärker	477	
	47.2.3	Hydraulik-Bremskraftverstärker	478	
	47.3	Elektro-hydraulische Bremse	478	
	47.4	Bremskraftübertragungseinrichtungen	479	
	47.4.1	Bremsleitungen	479	
	47.4.2	Bremsgestänge und Bremsseilzug	479	
	47.5	Trommelbremsen	479	
	47.5.1	Aufbau und Wirkungsweise	479	
	47.5.2	Bremstrommeln	480	
	47.5.3	Spannvorrichtungen	480	
	47.5.4	Bremsbacken und Bremsbeläge	480	
	47.5.5	Nachstellvorrichtungen	480	
	47.5.6	Anordnung der Bremsbacken	481	
	47.6	Scheibenbremsen	482	
	47.6.1	Aufbau und Wirkungsweise	482	
	47.6.2	Brems scheiben	483	
	47.6.3	Bremsbeläge	483	
	47.6.4	Bremsattelarten	483	
	47.6.5	Lüftspiel	484	
	47.7	Feststellbremse	484	
	47.8	Vergleich: Trommel- und Scheibenbremse	486	
	47.9	Wartung und Diagnose	486	
	48	Elektronisch geregelte Bremssysteme	489	10
	48.1	Physikalische Grundlagen	489	
	48.1.1	Kräfte am Rad	489	
	48.1.2	Schlupf am Rad	489	
	48.2	Anti-Blockier-System	490	
	48.2.1	Aufbau eines ABS	490	
	48.2.2	ABS-Prinzipien	491	
	48.2.3	Wirkungsweise des Rückförder-Prinzips	492	
	48.2.4	ABS-Steuergerät	493	
	48.2.5	Arten der ABS-Regelung	493	
	48.2.6	ABS-Bremsanlagen	493	
	48.3	Antriebs-Schlupf-Regelung	494	
	48.3.1	Aufbau und Wirkungsweise	494	
	48.3.2	Motoreingriff	494	
	48.3.3	Motor- und Bremseneingriff	495	
	48.4	Elektronisches Stabilitäts-Programm	495	
	48.4.1	Spurstabilität	496	
	48.4.2	Aufbau und Wirkungsweise	496	
	48.4.3	ESP-Regelungen	496	
	48.4.4	Erweiterungen des ESP	497	
	48.5	Bremsassistent	498	
	48.5.1	Aufbau und Wirkungsweise	499	

48.5.2	Bremsdruckregelung	499
48.6	Adaptive Fahrgeschwindigkeitsregelung	500
48.6.1	Aufbau und Wirkungsweise	500
48.6.2	Systemeingriffe	501
48.6.3	Systemgrenzen	501
48.7	Wartung und Diagnose	501
7	49 Dauerbremsanlagen	503
49.1	Motorstaubremsysteme	503
49.1.1	Motorstaubremsse mit Auspuffklappe	503
49.1.2	Motorstaubremsse mit Auspuffklappe und Konstantdrossel	503
49.1.3	Auslassventil-Bremse (EVB)	504
49.1.4	Elektronisch geregelte Auslassventil-Bremse [EVBeC]	504
49.1.5	Turbobrake	504
49.2	Retarder	505
49.2.1	Hydrodynamische Retarder	505
49.2.2	Elektrodynamische Retarder	505
49.2.3	Elektrodynamische Retarder mit Permanentmagneten	506
7	50 Druckluftbremsanlage	507
50.1	Betriebsbremsanlage und Druckluftversorgung	508
50.1.1	Luftpresser	508
50.1.2	Druckregler	508
50.1.3	Frostschutzpumpe	509
50.1.4	Lufttrockner	509
50.1.5	Mehrkreissschutzventil	510
50.1.6	Druckluftbehälter	510
50.1.7	Optische und akustische Geräte zur Drucküberwachung	510
50.1.8	Bremskraftregler	510
50.1.9	Betriebsbremsventil	511
50.1.10	Bremszylinder	512
50.1.11	Feststellbremsanlage	512
50.2	Anhängerbremsanlage	513
50.2.1	Anhängersteuerventil	513
50.2.2	Schlauchverbindungen zum Anhänger	514
50.2.3	Duo-Matic-Schnellkupplung	514
50.2.4	Anhängerbremsventil	515
50.2.5	Mechanische Feststellbremsanlage des Anhängers	515
50.3	Radbremsen	515
50.3.1	Trommelbremsen	515
50.3.2	Scheibenbremsen	516
50.4	Druckluftbremsanlage mit hydraulischer Übertragungseinrichtung	516
10	51 Elektronisch geregelte Bremssysteme für Nutzfahrzeuge	517
51.1	Anti-Blockier-System (ABS) für Druckluftbremsanlagen	517
51.2	Antriebs-Schlupf-Regelung (ASR) für Druckluftbremsanlagen	517
51.3	Elektronische Bremssysteme (EBS)	518
51.3.1	Elektropneumatische Zugfahrzeugbremse	518
51.3.2	Elektropneumatische Anhängerbremse	520
51.4	Zusätzliche elektronische Bremssysteme	521
	Fahrzeugaufbau	
4 9	52 Fahrzeugaufbau	523
52.1	Aufgaben des Rahmens und des selbsttragenden Aufbaus	523
52.2	Gestaltung des Fahrzeugaufbaus	523
52.2.1	Selbsttragender Aufbau	523
52.2.2	Selbsttragender Aufbau auf einer Trägerkonstruktion	524
52.2.3	Aufbau mit getrennten Rahmen	524
52.2.4	Fahrerhaus und Aufbauten	525
52.2.5	Koppelsysteme	526
52.3	Fahrzeugsicherheit	527
52.3.1	Aktive Sicherheit	527
52.3.2	Passive Sicherheit	527
52.4	Aerodynamik	532
52.5	Glas	533
52.6	Leichtbau	534
52.6.1	Form-Leichtbau	534

52.6.2	Stoff-Leichtbau	535
52.7	Oberflächenschutz	535
52.7.1	Korrosion	535
52.7.2	Korrosionsarten	536
52.7.3	Korrosionsschutz	536
52.7.4	Hohlraumversiegelung	538

Elektronische Systeme und Diagnose

53	Elektronische Systeme und Diagnose	539	1 8
53.1	Aufbau und Wirkungsweise von elektronischen Steuerungssystemen	539	11 14
53.2	Aufbau und Wirkungsweise von elektronischen Regelungssystemen	540	
53.3	Sensoren von elektronischen Systemen im Kraftfahrzeug	541	
53.3.1	Positionssensoren	542	
53.3.2	Drehzahl- und Geschwindigkeitssensoren	543	
53.3.3	Beschleunigungssensoren	546	
53.3.4	Drucksensoren	547	
53.3.5	Kraft- und Drehmomentsensoren	548	
53.3.6	Durchflussmesser	549	
53.3.7	Konzentrationssonden	550	
53.3.8	Temperatursensoren	551	
53.3.9	Optoelektronische Sensoren	552	
53.4	Aktoren von elektronischen Systemen im Kraftfahrzeug	553	
53.4.1	Magnetventile	553	
53.4.2	Elektromotoren	554	
53.4.3	Elektromagnetische Kupplungen	555	
53.5	Steuergeräte von elektronischen Systemen im Kraftfahrzeug	556	
53.5.1	Signaleingabe	556	
53.5.2	Signalverarbeitung	556	
53.5.3	Signalausgabe	557	
53.5.4	Varianten-Codierung	557	
53.6	Vernetzung von Steuergeräten	558	
53.6.1	Datenbussysteme	558	
53.6.2	Netzwerktopologien von Datenbussystemen	559	
53.6.3	CAN-Datenbus	560	
53.6.4	LIN-Datenbus	568	
53.6.5	Optischer Datenbus (MOST-Datenbus)	573	
53.6.6	Flex-Ray™-Datenbus	579	
53.6.7	Bluetooth™	582	
53.7	Diagnose an elektronischen Systemen im Kraftfahrzeug	584	
53.7.1	Elektrische Mess- und Prüfverfahren	584	
53.7.2	Hilfsmittel für die Fehlerdiagnose	584	
53.7.3	Eigendiagnose	585	

Komfort- und Sicherheitssysteme

54	Komfort- und Sicherheitssysteme	587	9 11
54.1	Klimatisierung von Kraftfahrzeugen	588	
54.1.1	Be- und Entlüftung des Innenraums	588	
54.1.2	Innenraumheizung	589	
54.1.3	Klimaanlagen (Innenraumkühlung)	589	
54.1.4	Wartung und Diagnose	592	
54.2	Diebstahlschutzsysteme	593	
54.2.1	Zentralverriegelungen	593	
54.2.2	Elektronische Wegfahrsperrern	594	
54.2.3	Diebstahlwarnanlagen	595	
54.3	Fahrerassistenzsysteme	596	
54.3.1	Spurhalte- und Spurwechselsysteme	596	
54.3.2	Einparksysteme	597	
54.3.3	Notbremssysteme	598	
54.3.4	Fernlichtsysteme	599	
54.3.5	Nachtsichtsysteme	599	
54.4	Fahrerinformationssysteme	600	
54.4.1	Bordcomputer	600	
54.4.2	Navigationssysteme	601	
54.5	Sitz- und Lenkradverstellung	602	

Sachwortverzeichnis		603
----------------------------	---	------------

Bildquellenverzeichnis		623
-------------------------------	--	------------