

Kraftfahrzeuge			
1	1	Entwicklung des Kraftfahrzeugs	10
1	4	2 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	12
	2.3	Baugruppen, Anlagen und Bauteile der Kraftfahrzeuge	13
1	3	Grundlagen des Systems Kraftfahrzeug	14
	3.1	Systemtechnische Grundlagen	14
	3.2	Hauptfunktionen technischer Systeme	14
	3.2.1	Energieumsetzende Systeme	15
	3.2.2	Stoffumsetzende Systeme	15
	3.2.3	Informationsumsetzende Systeme	15
	3.3	Gliederung von technischen Systemen	16
	3.3.1	Teilsysteme des Kraftfahrzeugs	17
	3.3.2	Teilfunktionen und Grundfunktionen des Kraftfahrzeugs	17
Arbeits- und Umweltschutz im Kfz-Betrieb, Betriebsorganisation und Kommunikation			
1	2	9	4 Arbeits- und Umweltschutz im Kfz-Betrieb
	4.1	Personenschutz	18
	4.1.1	Sicherheitszeichen	18
	4.1.2	Sicherheitseinrichtungen	20
	4.1.3	Arbeitssicherheit im Umgang mit gefährlichen Stoffen	20
	4.1.4	Gefahrstoff- und Gefahrstoffverordnung Straße	21
	4.2	Maschinenschutz	22
	4.3	Umweltschutz	22
	4.3.1	Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz (KrW-/AbfG)	23
	4.3.2	Verordnung zur Bestimmung von überwachungsbedürftigen Abfällen zur Verwertung (BestüVAbfV)	24
	4.3.3	Chemikalienrecht	24
	4.3.4	Gewässerschutz	25
	4.3.5	Altölverordnung (AltölV)	26
	4.3.6	Altfahrzeug-Verordnung (AltfahrzeugV)	26
	4.4	Recycling	27
	4.4.1	Demontage- und Schreddersysteme	28
	4.4.2	Demontageanalyse	28
	4.4.3	Schreddertechnologie	29
1	2	5	Betriebsorganisation und Kommunikation
	5.1	Grundlagen der betrieblichen Organisation	30
	5.1.1	Aufbau eines Betriebes	31
	5.1.2	Einflüsse auf die betriebliche Organisation	32
	5.2	Qualitätsmanagement	33
	5.3	Kommunikation	35
	5.3.1	Grundlagen der Kommunikation	35
	5.3.2	Kundengespräch	36
	5.3.3	Umgang mit Reklamationen	36
	5.4	Personalführung	37
	5.5	Mitarbeiterverhalten	37
	5.6	Arbeitsplanung	38
	5.6.1	Arbeitsablaufplanung und Auftragsbearbeitung	40
	5.6.2	Betriebliche Datenverarbeitung	42
Technische Grundlagen			
2	6	Prüfen	44
	6.1	Messen	44
	6.2	Messabweichungen	45
	6.3	Messgeräte für Längen- und Winkelmessungen	45
	6.3.1	Maßverkörperungen	45
	6.3.2	Anzeigende Messgeräte	45
	6.4	Lehren	49
	6.5	Maßtoleranzen	49
	6.6	ISO-Passungen und ISO-Toleranzsystem	50
	6.6.1	Passungen	50
	6.6.2	Toleranzsystem	50
2	7	Trennen	52
	7.1	Trennverfahren	52
	7.2	Werkzeuge zum Trennen	52
	7.2.1	Kräfte und ihre zeichnerische Darstellung	52
	7.2.2	Trennkkräfte in Abhängigkeit vom Keilwinkel	53
	7.2.3	Der Keilwinkel in Abhängigkeit von der Werkstofffestigkeit	53
	7.3	Zerteilen	53
	7.3.1	Keilschneiden	53
	7.3.2	Scherschneiden	54
	7.4	Spanen	54
	7.4.1	Sägen	54
	7.4.2	Feilen	55
	7.4.3	Bohren	55
	7.4.4	Senken	56
	7.4.5	Reiben	57
	7.4.6	Gewindeherstellung	57
	7.4.7	Weitere spanende Bearbeitungsverfahren	58
	7.5	Abtragen	59
	8	Fügen	60
	8.1	Klemmverbindungen	60
	8.2	Pressverbindungen	60
	8.3	Kegelverbindungen	61
	8.4	Schraubverbindungen	61
	8.4.1	Gewindesteigung und Schiefe Ebene	61
	8.4.2	Kraftzerlegung an der Gewindeflanke	62
	8.4.3	Gewindebezeichnung	62
	8.4.4	Gewindearten	62
	8.4.5	Schrauben- und Mutterarten	63
	8.4.6	Schrauben- und Mutterwerkstoffe	64
	8.4.7	Schraubensicherungen	64
	8.5	Sicherungsscheiben und Sicherungsringe	64
	8.6	Stiftverbindungen	65
	8.7	Federverbindungen	65
	8.8	Profilverbindungen	65
	8.9	Nietverbindungen	65
	8.9.1	Nietarten und Nietformen	65
	8.9.2	Nietvorgang	65
	8.9.3	Stanznietverbindungen	66
	8.9.4	Blindnietverbindungen	66
	8.10	Durchsetzfügen	67
	8.11	Lötverbindungen	68
	8.11.1	Lötverfahren	68
	8.11.2	Lötvorgang	68
	8.11.3	Flussmittel	69
	8.11.4	Lotwerkstoffe	69
	8.12	Schweißverbindungen	69
	8.12.1	Widerstands-Pressschweißen	69
	8.12.2	Punktschweißkleben	70
	8.12.3	Schutzgasschweißen	71
	8.12.4	Laserstrahlschweißen	72
	8.12.5	Lichtbogen-Handschweißverfahren	72
	8.12.6	Schweißnahtformen	73
	8.12.7	Autogen-Gasschmelzschweißen	73
	8.13	Klebeverbindungen	74
	8.13.1	Kleberarten	75
	9	Stoffeigenschaften ändern	76
	9.1	Wärmebehandlung von Eisenwerkstoffen	76
	9.1.1	Glühen	76
	9.1.2	Härten	76
	9.1.3	Anlassen	77
	9.1.4	Vergüten	77
	10	Werkstoffe und ihre Normung	78
	10.1	Einteilung der Werkstoffe	78
	10.2	Physikalische Grundlagen	78
	10.2.1	Atomaufbau	78
	10.2.2	Zustandsformen der Werkstoffe	79
	10.3	Chemische Grundlagen	79
	10.3.1	Chemische Verbindungen	79
	10.3.2	Stoffgemische	79
	10.4	Werkstoffeigenschaften	79
	10.4.1	Physikalische Eigenschaften	79
	10.4.2	Technologische Eigenschaften	81
	10.4.3	Chemische Eigenschaften	82
	10.4.4	Ökologische Eigenschaften	82
	10.5	Eisen und Stahl	82
	10.6	Normung der Stahl- und Eisenwerkstoffe	83
	10.6.1	Kurznamen für Stähle nach DIN EN 10027	83
	10.6.2	Werkstoffnummern für Stähle nach DIN EN 10027	84
	10.7	Einteilung der Eisen-Kohlenstoff-Gusswerkstoffe	85
	10.7.1	Bezeichnung der Gusswerkstoffe	85
	10.8	Schwermetalle und ihre Legierungen	86
	10.8.1	Kupfer	86
	10.8.2	Kupfer-Legierungen	86

10.8.3	Weitere Schwermetalle	86
10.9	Leichtmetalle und ihre Legierungen	87
10.9.1	Aluminium	87
10.9.2	Magnesium	87
10.9.3	Titan	87
10.10	Nichtmetallische Werkstoffe	87
10.10.1	Kunststoffe	87
10.10.2	Glas	88
10.10.3	Gummi	88
10.10.4	Keramische Werkstoffe	88
10.11	Verbundstoffe	89
10.11.1	Faserverstärkte Kunststoffe	89
10.11.2	Gesinterte Werkstoffe	89

1 2 8	11 Steuerungs-, Regelungs- & Informationstechnik	90
11.1	Grundlagen	90
11.1.1	Steuerung	90
11.1.2	Regelung	91
11.1.3	Signalfluss	91
11.1.4	EVA-Prinzip	92
11.1.5	Signalformen	92
11.1.6	Signalwandler	92
11.1.7	Sensoren	93
11.1.8	Aktoren	93
11.2	Steuerungsarten	93
11.2.1	Mechanische Steuerungen	93
11.2.2	Hydraulische und pneumatische Steuerungen	94
11.2.3	Elektrische Steuerungen	97
11.2.4	Elektronische Steuerungen	98
11.3	Schaltungen der Steuerungstechnik	99
11.3.1	Grundfunktionen	99
11.3.2	Ablaufsteuerungen	99
11.4	Informationstechnik	100
11.4.1	Zahlensysteme in der Datenverarbeitung	101
11.4.2	Aufbau eines Computersystems	102
11.4.3	Periphere Speicher	104
11.4.4	Computersoftware	105
11.4.5	Vernetzte Computersysteme	106
11.4.6	Bundesdatenschutzgesetz	107

Betriebs- und Hilfsstoffe

1	12 Kraftstoffe	108
12.1	Erdöl	108
12.2	Kraftstoffherstellung aus Erdöl	108
12.2.1	Thermisches Cracken	108
12.2.2	Katalytisches Cracken	109
12.2.3	Hydro-Cracken	109
12.3	Ottokraftstoffe	109
12.4	Diesekraftstoffe	110
12.5	Alternative Kraftstoffe	111
12.6	Gefahrenklassen der Kraftstoffe	113

1	13 Schmieröle und Schmierfette	114
13.1	Aufgaben der Schmieröle	114
13.2	Anforderungen an Schmieröle	114
13.3	Arten der Schmieröle	114
13.4	Einteilung der Schmieröle in Viskositätsklassen (SAE-Klassen)	115
13.5	Einteilung der Schmieröle in API-Klassifikationen	116
13.6	Einteilung der Motoröle nach ACEA	116
13.7	Additive	116
13.8	Schmierfette und feste Schmierstoffe	117

1	14 Kühl- und Kältemittel	118
14.1	Kühlmittel	118
14.2	Kältemittel	118

1	15 Bremsflüssigkeit	119
----------	----------------------------	------------

Elektrische und elektronische Anlagen

3 6	16 Grundlagen der Elektrotechnik	120
16.1	Elektrischer Strom	120
16.2	Elektrische Spannung	120
16.3	Elektrischer Widerstand	121
16.4	Einfacher elektrischer Stromkreis	121
16.5	Ohmsches Gesetz	122
16.6	Messen elektrischer Größen	122
16.7	Messgeräte	123
16.7.1	Vielfachmessgeräte	123
16.7.2	Strommesszangen	124

16.7.3	Oszilloskop	125
16.7.4	Motortester	126
16.8	Schaltungen elektrischer Verbraucher	127
16.8.1	Reihenschaltung	127
16.8.2	Parallelschaltung	127
16.9	Elektrische Arbeit und Leistung	128
16.10	Schutzmaßnahmen gegen die Gefahren des elektrischen Stromes	128
16.11	Magnetismus	130
16.11.1	Dauermagnetismus	130
16.11.2	Elektromagnetismus	130
16.12	Elektromagnetische Induktion	131
16.12.1	Generatorprinzip	131
16.12.2	Transformatorprinzip	132
16.12.3	Selbstinduktion	133
16.12.4	Wirbelströme	134
16.13	Elektrische und elektronische Bauelemente	134
16.13.1	Relais	134
16.13.2	Widerstände	136
16.13.3	Kondensatoren	136
16.13.4	Sicherungen	137
16.13.5	Dioden	137
16.13.6	Transistoren	140
16.13.7	Thyristoren	142
16.13.8	Diskrete-, integrierte- und Hybrid-Schaltungen	143

17	Starter- und Antriebsbatterien	144	3 6
17.1	Starterbatterie	144	
17.1.1	Aufbau der Starterbatterie	144	
17.1.2	Grundprinzip der Starterbatterie	144	
17.1.3	Bauarten der Starterbatterie	145	
17.1.4	Kenzeichnung der Starterbatterie	147	
17.1.5	Wartung und Diagnose	148	
17.2	Antriebsbatterien	150	
17.2.1	Nickel-Metallhydrid-Batterie	150	
17.2.2	Lithium-Ionen-Batterie	151	
17.3	Elektrisches Energiemanagement	152	
17.3.1	Aufgabe	152	
17.3.2	Aufbau	152	
17.4	Zwei-Batterien-Bordnetz	153	

18	Generator	154	6 8
18.1	Grundaufbau und Wirkungsweise des Generators	154	
18.2	Drehstromgenerator	154	
18.2.1	Aufbau und Wirkungsweise des Drehstromgenerators	154	
18.2.2	Gleichrichtung im Drehstromgenerator	156	
18.2.3	Stromkreise des Drehstromgenerators	157	
18.3	Generatorregelung	158	
18.3.1	Grundprinzip der Regelung	158	
18.3.2	Elektronische Regler	158	
18.4	Bauarten von Generatoren	159	
18.5	Wartung und Diagnose	161	

19	Startanlage	162	6 8
19.1	Aufbau und Wirkungsweise der Startanlage	162	
19.1.1	Wirkungsweise des Startermotors	162	
19.1.2	Aufbau und Schaltung des Startermotors	163	
19.2	Starterarten	165	
19.2.1	Schub-Schraubtrieb-Starter	165	
19.3	Start-Stopp-Funktion	167	
19.4	Wartung und Diagnose	167	

20	Beleuchtungs- und Signalanlage	168	3 4
20.1	Gesetzliche Vorschriften	168	
20.2	Lichtquellen	168	
20.2.1	Glühlampen	168	
20.2.2	Halogenlampen	168	
20.2.3	Xenon-Lampen	169	
20.2.4	Leuchtdioden	169	
20.3	Beleuchtungsanlage	169	
20.3.1	Scheinwerferreflektoren	169	
20.3.2	Scheinwerfer für Fern- und Abblendlicht	170	
20.3.3	Scheinwerfer für Fern-, Abblend- oder Nebellicht	171	
20.3.4	Tagfahrleuchten	172	
20.3.5	Leuchtweitenregulierung	173	
20.3.6	Abbiege- und Kurvenlicht	173	
20.3.7	Scheinwerfereinstellung	174	
20.4	Signalanlage	175	
20.4.1	Adaptives Bremslicht	175	
20.4.2	Fahrtrichtungsanzeiger	176	
20.4.3	Warnblinkanlage	176	
20.4.4	Signalhornanlage	176	
20.4.5	Lichthupe	177	

Motormechanik

5	21	Grundprinzip des Viertakt-Ottomotors	178	25.2.11	Ventildrehvorrichtung (Rotocap)	230	
	21.1	Grundsätzlicher Aufbau	179	25.3	Wartung und Diagnose	230	
	21.2	Physikalische Grundlagen	179	25.4	Verbesserung des Liefergrades (Füllungsgrades) ..	232	
	21.2.1	Druck	179	25.4.1	Mehrventiltechnik	233	
	21.2.2	Gasgesetze	179	25.4.2	Schaltsaugrohre	233	
	21.3	Vorgänge während der vier Takte eines Viertakt-Ottomotors mit Saugrohreinjection	180	25.4.3	Variable Ventilsteuerungen	234	
	21.3.1	Ansaugtakt	180	25.4.4	Abgasturboaufladung	236	
	21.3.2	Verdichtungsstakt	181	25.4.5	Aufladung mit Drehkolbengebläse (Rootsgebläse) ..	241	
	21.3.3	Arbeitstakt	181	26	Kraftstoffförderanlage	242	
	21.3.4	Ausstoßtakt	182	26.1	Bauteile der Kraftstoffförderanlage für Ottomotoren	242	
	21.4	p-V-Diagramm	182	26.1.1	Kraftstoffbehälter	242	
	21.4.1	Mittlerer Kolbendruck	183	26.1.2	Kraftstoffförderpumpen	243	
	21.5	Kenngrößen des Verbrennungsmotors	184	26.1.3	Kraftstofffilter	244	
	21.5.1	Effektiver Wirkungsgrad	184	26.1.4	Einrichtungen zur Entlüftung und Dichtheitsprüfung	245	
	21.5.2	Verdichtungsverhältnis	184	26.1.5	Kraftstoffleitungen	245	
	21.5.3	Liefergrad	185	26.1.6	Kraftstofffördermodul	245	
	21.6	Klopfende Verbrennung	185	26.2	Wartung und Diagnose	245	
5	22	Grundprinzip des Viertakt-Dieselmotors	188	27	Filter	246	
	22.1	Vorgänge während der vier Takte	188	27.1	Filterwirkung und Filterarten	246	
	22.2	Zündverzug	190	27.1.1	Siebfilter	246	
	22.3	Ideales Arbeitsspiel	190	27.1.2	Faserfilter	246	
	22.4	Gemischbildung und Verbrennung	191	27.1.3	Nassfilter	247	
	22.5	Verbrennungsverfahren	192	27.1.4	Zentrifugalabscheider	247	
	22.5.1	Indirekte Einspritzung	192	27.1.5	Magnetabscheider	247	
	22.5.2	Direkte Einspritzung	192	27.2	Anwendungsgebiete für Filter	247	
	22.6	Vergleich zwischen Otto- und Dieselmotor	193	27.2.1	Luftfilter	248	
	22.7	Starthilfsanlagen	193	27.2.2	Kraftstofffilter	249	
	22.7.1	Vorglühanlage mit Glühkerzen	194	27.2.3	Ölfilter	250	
5	13	23	Äußerer Aufbau des Hubkolbenmotors	196	27.2.4	Hydraulikfilter	250
		23.1	Zylinderkopf	196	27.2.5	Innenraumfilter	250
		23.2	Zylinderkopfdichtung	197	27.3	Wartung und Diagnose	251
		23.3	Zylinder	199	28	Schmierung	252
		23.3.1	Anordnung der Zylinder	199	28.1	Reibung	252
		23.3.2	Zündfolgen von Hubkolbenmotoren	199	28.1.1	Festkörperreibung	252
		23.3.3	Flüssigkeitsgekühlte Zylinder	200	28.1.2	Flüssigkeitsreibung	253
		23.3.4	Luftgekühlte Zylinder	201	28.2	Arten der Motorschmierung	254
		23.3.5	Zylinderverschleiß	201	28.3	Bauteile der Motorschmierung	255
		23.4	Kurbel- und Zylinderkurbelgehäuse	202	28.3.1	Ölpumpe	255
		23.5	Motorlagerung	203	28.3.2	Ölfilter	257
5	13	24	Kurbeltrieb	206	28.3.3	Ölkühler	257
		24.1	Bewegungen am Kurbeltrieb	206	28.3.4	Kontrollgeräte	257
		24.2	Kräfte am Kurbeltrieb	206	28.4	Wartung und Diagnose	258
		24.3	Kolben	207	29	Kühlung	260
		24.3.1	Bezeichnungen am Kolben	207	29.1	Aufgabe der Kühlung	260
		24.3.2	Temperaturen am Kolben	208	29.2	Grundprinzip der Kühlung	260
		24.3.3	Kolbenformen, Kolben-Einbauspiel	208	29.2.1	Wärmeleitung	260
		24.3.4	Kolbenwerkstoffe, Kolbenherstellung	209	29.2.2	Wärmeströmung	261
		24.3.5	Kolbenlaufflächenschutz	210	29.2.3	Wärmestrahlung	261
		24.3.6	Einbauhinweise	211	29.2.4	Änderung des Aggregatzustands	261
		24.4	Kolbenringe	211	29.2.5	Wärmemenge	261
		24.4.1	Kolbenringwerkstoffe	212	29.3	Arten der Kühlung	262
		24.4.2	Kolbenringformen	212	29.3.1	Luftkühlung	262
		24.4.3	Stoßspiel, Höhenspiel	212	29.3.2	Flüssigkeitskühlung	262
		24.5	Kolbenbolzen	213	29.4	Bauteile der Motorkühlung	263
		24.6	Pleuelstange	214	29.4.1	Flüssigkeitskühler	263
		24.6.1	Werkstoffe und Fertigung	214	29.4.2	Lüfter	263
		24.6.2	Pleuellager	214	29.4.3	Kühlmittelpumpe	264
		24.7	Kurbelwelle	215	29.4.4	Kühlerverschlussdeckel	265
		24.7.1	Werkstoffe und Fertigung	216	29.4.5	Kühlmittelthermostat	265
		24.7.2	Schwingungsdämpfer und Schwingungstilger	217	29.4.6	Ölkühler	266
		24.8	Kurbelwellen-Gleitlager	217	29.5	Regelung der Kühlmittelkreisläufe (Thermomanagement)	266
		24.9	Schwungrad	218	29.6	Wartung und Diagnose	266
5	8	13	25	Motorsteuerung	222	26	Motormanagementsysteme
			25.1	Wirkungsweise der Motorsteuerung	222	30	Zündanlagen
			25.2	Bauteile der Motorsteuerung	222	30.1	Grundlagen der Transistor-Batteriezündanlagen ..
			25.2.1	Antrieb der Nockenwelle	222	30.1.1	Erzeugung der Zündspannung und des Zündfunken
			25.2.2	Nockenwelle	224		268
			25.2.3	Stößel	225	30.1.2	Zündsteuergerät und Zündimpulsgeber
			25.2.4	Kipp- und Schleppehebel	226		269
			25.2.5	Stößstangen	227	30.1.3	Schließzeit und Schließwinkel
			25.2.6	Ventile	227	30.1.4	Transistorschaltungen
			25.2.7	Ventilsitz	228		269
			25.2.8	Ventilführung	229	30.2	Bauteile der Transistor-Batteriezündanlagen
			25.2.9	Ventilfeder	229		270
			25.2.10	Ventilfederteller und Kegelstücke	230	30.2.1	Zündspulen
							270

30.2.2	Zündverteiler	271	34	Abgassysteme und Schadstoffminderung	328	2	8
30.2.3	Zündkerze	272	34.1	Aufbau der Abgassysteme	328	12	
30.3	Transistor-Batteriezündanlagen	274	34.2	Schalldämpfer	328		
30.3.1	Transistor-Batteriezündanlage mit Induktivgeber	274	34.2.1	Schall	328		
30.3.2	Transistor-Batteriezündanlage mit Hallsensor	275	34.2.2	Schalldämpfung	329		
30.4	Zündzeitpunktverstellung	276	34.3	Schadstoffe und Schadstoffgrenzwerte	330		
30.4.1	Grundlagen	276	34.4	Schadstoffminderung bei Ottomotoren	331		
30.4.2	Mechanische Zündzeitpunktverstellung	277	34.4.1	Abgasrückführung (AGR-System)	331		
30.4.3	Elektronische Zündzeitpunktverstellung (Kennfeldzündung)	278	34.4.2	Sekundärluftsystem	331		
30.5	Elektronische Primärstrombegrenzung, Schließwinkelregelung und Ruhestromabschaltung	280	34.4.3	Abgaskatalysator	331		
30.5.1	Primärstrombegrenzung	280	34.5	Schadstoffminderung bei Dieselmotoren	334		
30.5.2	Schließwinkelregelung und Ruhestromabschaltung	281	34.5.1	Oxidationskatalysator	334		
30.6	Elektronische Klopfregelung	282	34.5.2	Partikelfilter	334		
30.7	Vollelektronische Transistor-Batteriezündanlage	284	34.5.3	SCR-Katalysatoren	337		
30.7.1	Einzelfunken-Zündspulen	284	34.6	Umweltverträglichkeitsprüfung	338		
30.7.2	Zweifunken-Zündspulen	284	34.7	Wartung und Diagnose	338		
30.7.3	Vierfunken-Zündspulen	285					
30.7.4	Zündauslösung	286	35	Antriebsarten	340	11	
30.7.5	Doppelzündung	286	35.1	Vorderradantrieb	340		
30.8	Verbrennungsaussetzer-Erkennung	287	35.2	Hinterradantrieb	340		
30.9	Kondensator-Batteriezündanlage	288	35.2.1	Standardantrieb	340		
30.9.1	Aufbau	288	35.2.2	Transaxleantrieb	340		
30.9.2	Wirkungsweise	288	35.2.3	Heckmotorantrieb	341		
30.10	Spannungsverlauf in den Transistor-Batteriezündanlagen	289	35.2.4	Mittelmotorantrieb	341		
30.11	Wartung und Diagnose	290	35.2.5	Unterflurmotorantrieb	341		
30.11.1	Prüfung und Einstellung von Zündanlagen	290	35.3	Allradantrieb	341		
30.11.2	Fehlerbestimmung mit dem Zündoszilloskop	291	36	Kupplung	342	7	8
8	31	Einspritzanlagen für Ottomotoren	292	36.1	Reibungskupplungen	342	
31.1	Luftverhältnis	292	36.1.1	Physikalische Grundlagen	342		
31.2	Betriebszustände	292	36.1.2	Einscheiben-Trockenkupplung mit Membranfeder	343		
31.3	Arten der Einspritzanlagen	293	36.1.3	Einscheiben-Trockenkupplung mit Schraubenfedern	345		
31.4	Aufbau und Wirkungsweise elektronischer Einspritzanlagen	294	36.1.4	Vergleich zwischen Membranfeder- und Schraubenfederkupplung	345		
31.4.1	Kraftstoffsysteme für die indirekte Einspritzung	295	36.1.5	Zweischeiben-Trockenkupplung mit Schraubenfedern	346		
31.4.2	Ansaugsysteme	297	36.1.6	Kupplungsscheiben für Trockenkupplungen	346		
31.4.3	Steuerung elektronischer Einspritzanlagen	298	36.1.7	Mehrscheibenkupplung	347		
31.5	Indirekte Einspritzanlagen	299	36.1.8	Doppelkupplung	348		
31.5.1	KE-Jetronic	299	36.2	Betätigungseinrichtung	349		
31.5.2	Mono-Jetronic	300	36.2.1	Kupplungsbetätigung mit Seilzug	349		
31.5.3	L-Jetronic	301	36.2.2	Hydraulische Kupplungsbetätigung	349		
31.5.4	Kombinierte Zünd- und Gemischbildungssysteme	302	36.2.3	Ausrücker	350		
31.6	Direkte Einspritzanlagen	304	36.2.4	Kupplungsspiel	351		
31.6.1	Betriebsarten	304	36.2.5	Lüftspiel	351		
31.6.2	Aufbau und Wirkungsweise einer Direkteinspritzanlage	306	36.3	Elektronisches Kupplungsmanagement (EKM)	351		
8	32	Einspritzanlagen für Pkw-Dieselmotoren	310	36.4	Wartung und Diagnose	353	
32.1	Elektronische Dieselregelung (EDC)	310	37	Wechselgetriebe	354	8	13
32.2	Elektronisch geregelte Verteilereinspritzpumpe (Radialkolbenpumpe)	311	37.1	Drehmomentwandlung	354		
32.2.1	Kraftstoffversorgung	311	37.2	Drehzahlwandlung und Drehrichtungsänderung	355		
32.2.2	Hochdruckerzeugung	311	37.3	Idealer Verlauf des Drehmoments an der Antriebsachse	356		
32.2.3	Einspritzmengenregelung	312	37.4	Aufbau und Wirkungsweise eines Wechselgetriebes	357		
32.2.4	Spritzbeginnverstellung	312	37.5	Synchronisierereinrichtungen	357		
32.2.5	Wartung und Diagnose an der Verteilereinspritzpumpe	314	37.5.1	Sperrsynchonisierung mit Einfachkonus	358		
32.3	Einspritzdüse und Düsenhalterkombination	314	37.5.2	Sperrsynchonisierung mit Doppelkonus	359		
32.3.1	Lochdüse	314	37.5.3	Sperrsynchonisierung mit Dreifachkonus	360		
32.3.2	Beanspruchung der Einspritzdüse	315	37.5.4	Sperrsynchonisierung mit Außenkonus-Synchronkegel	361		
32.3.3	Düsenhalter	315	37.5.5	Sperrsynchonisierung mit Lamellen	361		
32.3.4	Prüf- und Messgeräte	316	37.6	Wechselgetriebearten	361		
32.4	Pumpe-Düse-Systeme	316	37.6.1	Wechselgetriebearten für Hinterradantrieb	361		
32.4.1	Kraftstoffversorgung	316	37.6.2	Wechselgetriebearten für Vorderradantrieb	362		
32.4.2	Hochdruckteil	317	37.7	Bauteile des Getriebes	363		
32.5	Common-Rail-System	319	37.7.1	Zahnräder	363		
32.5.1	Hochdrucksystem	320	37.7.2	Wälzlager	365		
32.6	Wartung und Diagnose an PDE- und Common-Rail-Systemen	322	37.7.3	Wellendichtringe	365		
5	33	Leistungsmessung und Motorkennlinien	324	37.8	Wartung und Diagnose	365	
33.1	Aufbau und Wirkungsweise der Leistungsbremse	324	38	Automatische Getriebe	368	8	13
33.2	Motorkennlinien	325	38.1	Automatisierte Schaltgetriebe	368		
33.2.1	Ermittlung der Motorkennlinien	325	38.2	Doppelkupplungsgetriebe	369		
33.2.2	Auswertung der Motorkennlinien	326	38.2.1	Aufbau	369		
33.3	Rollen-Leistungsprüfstand	326	38.2.2	Wirkungsweise	371		
			38.2.3	Steuerung	371		
			38.3	Automatikgetriebe	372		

38.3.1	Hydrodynamischer Drehmomentwandler	372
38.3.2	Planetengertriebe	375
38.3.3	Automatikgetriebe mit Planetenradsätzen	376
38.3.4	Automatikgetriebe mit Stirnrädern	382
38.4	Stufenloses Getriebe	383

42.4.3	Servolectric	429
42.4.4	Aktivlenkung	430
42.4.5	Integral-Aktivlenkung	432
42.5	Wartung und Diagnose	433

8 13 39	Radantrieb	386
39.1	Achsgetriebe	386
39.1.1	Kegelradgetriebe	386
39.1.2	Stirnradgetriebe	388
39.2	Ausgleichsgetriebe	388
39.2.1	Grundprinzip des Ausgleichsgetriebes	388
39.2.2	Aufbau und Wirkungsweise des Kegelrad-Ausgleichsgetriebes	389
39.2.3	Aufbau und Wirkungsweise des Stirnrad-Ausgleichsgetriebes	389
39.3	Ausgleichsperren	389
39.3.1	Formschlüssige Ausgleichsperren	390
39.3.2	Drehzahldifferenzabhängige Quersperren	390
39.3.3	Drehzahldifferenzabhängige Längssperren	391
39.3.4	Drehmomentabhängige Quersperren	391
39.3.5	Drehmomentabhängige Längssperren	392
39.3.6	Elektro-hydraulisch gesteuerte Sperren	393
39.3.7	Elektronisch gesteuerte Sperren	394
39.4	Gelenkwellen	394
39.4.1	Grundaufbau der Gelenkwellen	394
39.4.2	Gelenkkarten	395
39.4.3	Gelenkwellen-Lager	397
39.5	Wartung und Diagnose	398

1 3 8 40	Alternative Antriebe	400
40.1	Kreiskolbenmotor	400
40.1.1	Aufbau des Kreiskolbenmotors	400
40.1.2	Wirkungsweise des Kreiskolbenmotors	400
40.2	Elektroantrieb	401
40.3	Hybridantrieb	403
40.3.1	Serieller Hybridantrieb	404
40.3.2	Paralleler Hybridantrieb	404
40.3.3	Gemischter Hybridantrieb	405
40.4	Betrieb mit alternativen Kraftstoffen	407
40.4.1	Erdgasbetrieb	407
40.4.2	Flüssiggasbetrieb	408
40.4.3	Pflanzenölbetrieb	411
40.4.4	Wasserstoffbetrieb	411

Fahrwerks- und Bremssysteme

10 41	Achsgeometrie	414
41.1	Fahrzeugdrehbewegungen	414
41.2	Eigenlenkverhalten	415
41.3	Radstellungen	416
41.3.1	Spurweite und Radstand	416
41.3.2	Gesamtspur, Vorspur und Nachspur	416
41.3.3	Sturz	417
41.3.4	Lenkrollhalbmesser	418
41.3.5	Spreizung	418
41.3.6	Vorlauf und Nachlauf	419
41.3.7	Spurdifferenzwinkel	419
41.4	Elektronische Achsvermessung	419
41.4.1	CCD-Messsysteme	420
41.4.2	3D-Messsysteme	420
41.4.3	Niveauprüfung des Messplatzes	420
41.4.4	Ablauf der Achsvermessung	421
41.4.5	Auswertung und Einstellung	422
41.4.6	Fahrwerksanalyse	422

10 42	Lenkung	424
42.1	Lenkungsarten	424
42.1.1	Drehschemel-Lenkung	424
42.1.2	Achsschenkel-Lenkung	424
42.2	Lenktrapez	425
42.3	Bauteile der Lenkung	425
42.3.1	Lenkgestänge	425
42.3.2	Lenkgetriebe	426
42.3.3	Lenksäule	427
42.3.4	Lenkungsdämpfer	428
42.4	Hilfskraftlenkung	428
42.4.1	Servolenkung	428
42.4.2	Servotronic	429

43	Federung	434	7 10
43.1	Grundprinzip der Federung	434	
43.2	Grundaufbau der Federung	435	
43.3	Arten der Fahrzeugfederung	436	
43.3.1	Stahlfederung	436	
43.3.2	Luftfederung	439	
43.3.3	Hydropneumatische Federung	440	
43.3.4	Gummifederung	441	

44	Schwingungsdämpfung	442	7 10
44.1	Grundprinzip der Schwingungsdämpfung	442	
44.2	Kennlinien von Schwingungsdämpfern	443	
44.3	Einrohrschwingungsdämpfer	444	
44.4	Zweirohrschwingungsdämpfer	444	
44.5	Federbein	445	
44.6	Verstellbare Schwingungsdämpfer	445	
44.7	Niveauregulierung	446	
44.8	Aktive Fahrwerkssysteme	447	
44.8.1	Aktive Schwingungsdämpfersysteme	448	
44.8.2	Aktive Federungssysteme	450	
44.9	Wartung und Diagnose	452	

45	Radaufhängung	454	7 10
45.1	Bauteile der Radaufhängung	454	
45.1.1	Lenker	454	
45.1.2	Lenkerlagerungen	454	
45.1.3	Panhardstab	456	
45.1.4	Watt-Gestänge	456	
45.1.5	Radlager	456	
45.2	Arten der Radaufhängung	457	
45.2.1	Einzelradaufhängung (Vorderachse)	457	
45.2.2	Einzelradaufhängung (Hinterachse)	458	
45.2.3	Starrachsen	461	
45.3	Wartung und Diagnose	461	

46	Räder und Reifen	462	1 2 10
46.1	Radscheiben	462	
46.2	Felgen	462	
46.2.1	Felgenbezeichnungen	463	
46.3	Radbefestigung	463	
46.4	Reifen	464	
46.4.1	Anforderungen an den Reifen	464	
46.4.2	Reifenbauarten	464	
46.4.3	Reifenaufbau (Radialreifen)	464	
46.4.4	Reifenbezeichnungen und Reifenabmessungen	465	
46.4.5	Sicherheitssysteme	467	
46.4.6	Aquaplaning	469	
46.4.7	Radunwucht	469	
46.4.8	Ventile	471	
46.5	Wartung und Diagnose	471	

47	Grundlagen der Bremsen	474	2 5 7 10
47.1	Gesetzliche Bestimmungen	474	
47.1.1	Arten von Bremsanlagen (§ 41 StVZO)	474	
47.1.2	Bremsteuchten (§ 53 StVZO)	474	
47.1.3	Untersuchungen (§ 29 StVZO)	474	
47.2	Bremsvorgang	475	
47.2.1	Physikalische Grundlagen	475	
47.2.2	Zeitlicher Ablauf des Bremsvorgangs	476	
47.3	Hydraulische Bremsanlagen	476	
47.3.1	Physikalisches Prinzip	476	
47.3.2	Zweikreis-Bremsanlagen	477	

48	Hydraulische Bremsanlage	478	2 5 7 10
48.1	Hauptzylinder	478	
48.1.1	Tandem-Hauptzylinder	478	
48.1.2	Gestuffer Tandem-Hauptzylinder	479	
48.1.3	Tandem-Hauptzylinder mit gefesselter Kolbenfeder	480	
48.2	Bremskraftverstärker	480	
48.2.1	Saugluft-Bremskraftverstärker	480	
48.2.2	Druckluft-Bremskraftverstärker	480	
48.2.3	Hydraulik-Bremskraftverstärker	481	
48.3	Elektro-hydraulische Bremse	481	
48.4	Bremskraftübertragungseinrichtungen	482	
48.4.1	Bremsleitungen	482	

48.4.2	Bremsgestänge und Bremsseilzug	482
48.5	Trommelbremsen	482
48.5.1	Aufbau und Wirkungsweise	482
48.5.2	Bremstrommeln	483
48.5.3	Spannvorrichtungen	483
48.5.4	Bremsbacken und Bremsbeläge	483
48.5.5	Nachstellvorrichtungen	483
48.5.6	Anordnung der Bremsbacken	484
48.6	Scheibenbremsen	485
48.6.1	Aufbau und Wirkungsweise	485
48.6.2	Bremsscheibe	486
48.6.3	Bremsbeläge	486
48.6.4	Bremssattelarten	486
48.6.5	Lüftspiel	487
48.7	Feststellbremse	487
48.8	Vergleich: Trommel- und Scheibenbremse	489
48.9	Wartung und Diagnose	489

10	49	Elektronisch geregelte Bremssysteme	492
	49.1	Physikalische Grundlagen	492
	49.1.1	Kräfte am Rad	492
	49.1.2	Schlupf am Rad	492
	49.2	Anti-Blockier-System	493
	49.2.1	Aufbau eines ABS	493
	49.2.2	ABS-Prinzipien	494
	49.2.3	Wirkungsweise des Rückförder-Prinzips	495
	49.2.4	ABS-Steuergerät	496
	49.2.5	Arten der ABS-Regelung	496
	49.2.6	ABS-Bremsanlagen	496
	49.3	Antriebs-Schlupf-Regelung	497
	49.3.1	Aufbau und Wirkungsweise	497
	49.3.2	Motoreingriff	497
	49.3.3	Motor- und Bremseneingriff	498
	49.4	Elektronisches Stabilitäts-Programm	498
	49.4.1	Spurstabilität	499
	49.4.2	Aufbau und Wirkungsweise	499
	49.4.3	ESP-Regelungen	499
	49.4.4	Erweiterung des ESP	500
	49.5	Bremsassistent	501
	49.5.1	Aufbau und Wirkungsweise	502
	49.5.2	Bremsdruckregelung	502
	49.6	Adaptive Reisegeschwindigkeitsregelung	503
	49.6.1	Aufbau und Wirkungsweise	503
	49.6.2	Systemeingriffe	504
	49.6.3	Systemgrenzen	504
	49.7	Wartung und Diagnose	504

Fahrzeugaufbau

1	2	50	Fahrzeugaufbau	506
4	9	50.1	Aufgaben des Rahmens und des selbsttragenden Aufbaus	506
11		50.2	Gestaltung des Fahrzeugaufbaus	506
		50.2.1	Selbsttragender Aufbau	506
		50.2.2	Selbsttragender Aufbau auf einer Trägerkonstruktion	507
		50.2.3	Aufbau mit getrennten Rahmen	507
		50.3	Fahrzeugsicherheit	508
		50.3.1	Aktive Sicherheit	508
		50.3.2	Passive Sicherheit	508
		50.4	Aerodynamik	513
		50.5	Werkstoffe	515
		50.5.1	Stahlbleche	515
		50.5.2	Leichtmetalle	516
		50.5.3	Kunststoffe	516
		50.5.4	Glas	517
		50.6	Leichtbau	518
		50.6.1	Form-Leichtbau	518
		50.6.2	Stoff-Leichtbau	519
		50.7	Gesetzliche Bestimmungen	519
		50.8	Oberflächenschutz	520
		50.8.1	Korrosion	520
		50.8.2	Korrosionsarten	521
		50.8.3	Korrosionsschutz	521
		50.8.4	Hohlraumversiegelung	523

Elektronische Systeme und Diagnose

51	Elektronische Systeme und Diagnose	524	1	6
51.1	Aufbau und Wirkungsweise von elektronischen Steuerungssystemen	524	8	11
51.2	Aufbau und Wirkungsweise von elektronischen Regelungssystemen	525		
51.3	Sensoren von elektronischen Systemen im Kraftfahrzeug	526		
51.3.1	Positionssensoren	527		
51.3.2	Drehzahl- und Geschwindigkeitssensoren	528		
51.3.3	Beschleunigungssensoren	531		
51.3.4	Drucksensoren	532		
51.3.5	Kraft- und Drehmomentsensoren	533		
51.3.6	Durchflussmesser	534		
51.3.7	Konzentrationssonden	535		
51.3.8	Temperatursensoren	536		
51.3.9	Optoelektronische Sensoren	537		
51.4	Aktoren von elektronischen Systemen im Kraftfahrzeug	538		
51.4.1	Magnetventile	538		
51.4.2	Elektromotoren	539		
51.4.3	Elektromagnetische Kupplungen	540		
51.5	Steuergeräte von elektronischen Systemen im Kraftfahrzeug	541		
51.5.1	Signaleingabe	541		
51.5.2	Signalverarbeitung	541		
51.5.3	Signalausgabe	542		
51.5.4	Varianten-Codierung	542		
51.6	Vernetzung von Steuergeräten	543		
51.6.1	Datenbussysteme	543		
51.6.2	Netzwerktopologien von Datenbussystemen	544		
51.6.3	CAN-Datenbus	545		
51.6.4	LIN-Datenbus	553		
51.6.5	Optischer Datenbus (MOST-Datenbus)	558		
51.6.6	Flex-Ray™-Datenbus	564		
51.6.7	Bluetooth™	567		
51.7	Diagnose an elektronischen Systemen im Kraftfahrzeug	569		
51.7.1	Elektrische Mess- und Prüfverfahren	569		
51.7.2	Hilfsmittel für die Fehlerdiagnose	569		
51.7.3	Eigendiagnose	570		

Komfort- und Sicherheitssysteme

52	Komfort- und Sicherheitssysteme	572	9	11
52.1	Klimatisierung von Kraftfahrzeugen	573		
52.1.1	Be- und Entlüftung des Innenraums	573		
52.1.2	Innenraumheizung	574		
52.1.3	Klimaanlagen (Innenraumkühlung)	574		
52.1.4	Wartung und Diagnose	577		
52.2	Diebstahlschutzsysteme	578		
52.2.1	Zentralverriegelungen	578		
52.2.2	Elektronische Wegfahrsperrern	579		
52.2.3	Diebstahlwarnanlagen	580		
52.3	Fahrerassistenzsysteme	581		
52.3.1	Spurhalte- und Spurwechselsysteme	581		
52.3.2	Einparksysteme	582		
52.3.3	Notbremssysteme	583		
52.3.4	Fernlichtsysteme	584		
52.3.5	Nachtsichtsysteme	584		
52.4	Fahrerinformationssysteme	585		
52.4.1	Bordcomputer	585		
52.4.2	Navigationssysteme	586		
52.5	Sitz- und Lenkradverstellung	587		

Sachwortverzeichnis		588
----------------------------	---	-----

Bildquellenverzeichnis	608
-------------------------------	-----