

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Motor und Antriebsstrang	5
2.1	Motormanagement	5
2.1.1	Anforderungen	5
2.1.1.1	Emissionen, Verbrauch und Fahrbarkeit	5
2.1.1.2	Brennverfahren und Einspritzverfahren	7
2.1.1.2.1	Systeme für die Direkteinspritzung	7
2.1.1.2.2	Saugrohreinjection	8
2.1.1.3	Belastung	8
2.1.2	Funktionen	8
2.1.2.1	Übersicht Motorsteuerungsfunktionen	8
2.1.2.2	Drehmomentbasierte Funktionsstruktur	9
2.1.2.2.1	Drehmomentenmodell	10
2.1.2.2.2	Fahrbarkeitsfunktionen	12
2.1.2.2.3	Drehzahlregelung	13
2.1.2.2.4	Verbrennungsartumschaltung	14
2.1.2.3	Füllungssteuerung	15
2.1.2.3.1	Saugrohrmodell	15
2.1.2.3.2	Ladedruckregelung	16
2.1.2.3.3	Abgasrückführung	17
2.1.2.3.4	Weitere Aktoren zur Füllungssteuerung	17
2.1.2.4	Zündung	18
2.1.2.4.1	Ermittlung des Sollwerts für den Zündzeitpunkt	18
2.1.2.4.2	Klopffregung	19
2.1.2.4.3	Schnittstellen zur Basis-Software	19
2.1.2.5	Einspritzung	19
2.1.2.5.1	Ottomotor mit Direkteinspritzung	19
2.1.2.5.2	Ottomotor mit Saugrohreinjection	21
2.1.2.5.3	Dieselmotor	21
2.1.2.6	Abgasnachbehandlung	23
2.1.2.6.1	Betriebsartenmanager für die Abgasnachbehandlung	24
2.1.2.7	On-Board-Diagnose	25
2.1.2.8	E-Gas-Überwachungskonzept	26
2.1.2.9	Sonderformen	27
2.2	Getriebesteuerung	29
2.2.1	Getriebekonzepte	29
2.2.1.1	Manuelle Schaltgetriebe	30
2.2.1.2	Automatisierte Schaltgetriebe	30
2.2.1.3	Automatische Getriebe	31
2.2.1.4	Stufenlose Automatikgetriebe	32
2.2.1.5	Doppelkupplungsgetriebe	33
2.2.1.6	Allrad-Antrieb	33
2.2.1.7	Hybridantriebe	33
2.2.2	Funktionen und Software	33
2.2.2.1	Funktionsübersicht	33
2.2.2.2	Fahrstrategie	33
2.2.2.3	Fahrfunktionen	36
2.2.2.4	Aktorfunktionen	37
2.2.2.5	Basisfunktionen	38
2.2.2.6	Einbindung in den Antriebsstrang	38

2.3	Steuerungen für Motor und Getriebe.....	39
2.3.1	Konzeptionelle Gemeinsamkeiten bei Motor- und Getriebesteuerungen	39
2.3.1.1	Gehäuse- und Aufbautechnik	39
2.3.1.1.1	Umgebungsanforderungen.....	39
2.3.1.1.2	Stand-alone-Produkte.....	44
2.3.1.1.3	Verbindungstechnik.....	47
2.3.1.2	Elektronikkonzepte.....	47
2.3.1.2.1	Grundstruktur.....	47
2.3.1.2.2	Elektronische Bauelemente und Schaltungen	49
2.3.2	Besonderheiten der Motorsteuergeräte-Hardware.....	52
2.3.2.1	Zündung	52
2.3.2.2	Klopfsignalauswertung.....	53
2.3.2.3	Ansteuerung magnetventilbetätigter Injektoren in der Direkteinspritzung	53
2.3.2.4	Ansteuerung von Piezo-Injektoren in der Direkteinspritzung	53
2.3.3	Besonderheiten der Getriebeelektronik	55
2.3.3.1	Integrierte Steuerungen	55
2.3.3.2	Elektronik für Getriebesteuerungen.....	57
2.3.3.2.1	Stromregler für elektromagnetische Ventile	57
2.3.3.2.2	Hochintegrierte Bausteine für Anwendungen in Getriebesteuergeräten	58
2.3.4	Software.....	59
2.3.4.1	Funktionale Anforderungen.....	59
2.3.4.2	Nicht-funktionale Anforderungen	60
2.3.4.3	Software-Architektur.....	60
2.3.4.4	Infrastrukturelle Software	62
2.3.4.4.1	Betriebssystem	62
2.3.4.4.2	Signalaufbereitung	63
2.3.4.4.3	Signalausgabe	63
2.3.4.4.4	Diagnose-Funktionen.....	63
2.4	Getriebesteuerung im Nutzfahrzeug	65
2.4.1	Übersicht über Nutzfahrzeuggetriebe.....	65
2.4.1.1	Lastschalt-Automatgetriebe.....	65
2.4.1.2	Automatische Getriebe.....	66
2.4.1.3	Integrierte Getriebebremse	66
2.4.2	Automatisierungstechnologien für automatische Getriebe.....	66
2.4.2.1	Elektromotorische Steuerung für automatische Getriebe	66
2.4.2.2	Elektrohydraulische Steuerung für automatische Getriebe.....	67
2.4.2.3	Elektropneumatische Steuerung für automatische Getriebe	67
2.4.3	Elektronische Steuerung.....	68
2.4.3.1	Systemanforderungen.....	68
2.4.3.2	Inegrierter Getriebebesteller.....	68
2.4.3.3	Integrierter Kupplungssteller.....	69
2.4.3.4	Aufbau der Elektronik.....	69
2.4.4	Funktionen	70
2.4.4.1	Kupplungsregelung	70
2.4.4.2	Schaltablaufsteuerung	71
2.4.4.3	Fahrstrategie.....	71
2.4.4.4	Sonstige Funktionen.....	72
2.4.5	Steuerungssoftware	72
2.4.5.1	Software-Struktur	72
2.4.5.2	Software-Konfiguration und Applikation.....	72
2.4.6	Systemintegration im Fahrzeugnetzwerk	72
2.4.6.1	Systemschnittstelle im CAN-Systemverbund.....	72
2.5	Fahrzeug-Starter.....	73
2.5.1	Einleitung.....	73
2.5.2	Elektromotorische Grundlagen	74
2.5.3	Schaltungsarten.....	75
2.5.4	Starter für Personenkraftwagen.....	77

2.5.5	Starter für Nutzfahrzeuge.....	81
2.5.6	Schraubtrieb-Starter der Motorradtechnik.....	83
2.5.7	Startsteuerungen.....	83
2.6	Hybridantriebe	84
2.6.1	Motivation zur Entwicklung von Hybridantrieben.....	84
2.6.2	Hybride Antriebsstrukturen.....	87
2.6.3	Schlüsselkomponenten.....	89
2.6.4	Betriebsstrategie.....	91
2.6.5	Antriebsintegration	93
2.6.6	Fahrzeugbeispiele	94
2.6.7	Bewertung.....	95
2.7	Brennstoffzellen.....	96
2.7.1	Einführung.....	96
2.7.1.1	Umfeld und Motivation.....	96
2.7.1.2	Historie der Brennstoffzelle	97
2.7.1.3	Eigenschaften und Grundprinzipien.....	97
2.7.2	Polymer-Elektrolyt-Membran-Brennstoffzelle.....	98
2.7.2.1	Aufbau und Funktionsweise	98
2.7.2.2	Technischer Stand und Herausforderungen.....	99
2.7.2.2.1	Lebensdauer.....	99
2.7.2.2.2	Kaltstarteigenschaften von Brennstoffzellen-Stacks	100
2.7.2.2.3	Kosten.....	100
2.7.3	Brennstoffzellensystem und -antrieb.....	101
2.7.3.1	Kraftstoffe, Kraftstoffaufbereitung und Kraftstoffspeicher	101
2.7.3.1.1	Kraftstoffe.....	101
2.7.3.1.2	Kraftstoffaufbereitung.....	102
2.7.3.1.3	Mobile Wasserstoffspeicher.....	102
2.7.3.2	Aufbau eines Brennstoffzellensystems.....	104
2.7.3.3	Antriebsstrangkomponenten und Hybridisierung.....	106
2.7.4	Brennstoffzellen-Fahrzeuge	106
2.7.4.1	Rückblick und aktueller Stand.....	106
2.7.4.2	Antriebsstrang Personenkraftwagen	107
2.7.4.3	Antriebsstrang Nutzfahrzeuge	108
2.7.5	Ausblick.....	110
2.8	Simulation und Modellbildung in der Motorentchnik.....	110
2.8.1	Motorenentwicklungsprozess.....	111
2.8.2	Baugruppen des Motors	112
2.8.3	Berechnungsmethoden und Berechnungsaufgaben	112
2.8.3.1	Strukturanalyse.....	112
2.8.3.2	System Performance Modeling	112
2.8.3.3	Beispiele für thermofluidynamische Berechnungen.....	116
2.8.4	Optimierung.....	117
3	Fahrwerksysteme.....	121
3.1	Physikalische Grundlagen zur Fahrdynamik-Regelung.....	121
3.2	Fahrdynamik-Regelung für Personenkraftwagen	123
3.2.1	Antriebs- und Bremsregelsysteme.....	124
3.2.1.1	Brems- und Antriebsmomentenregelung.....	124
3.2.1.2	Momentenverteilung bei Allradantrieben.....	132
3.2.1.3	Elektromechanische Feststellbremse.....	134
3.2.2	Achsregelsysteme	137
3.2.2.1	Wankstabilisierung.....	137
3.2.2.2	Elektronisch geregelte Dämpfer	140
3.2.2.3	Geregelte Luftfederung	141
3.2.3	Lenkungsregelsysteme.....	142
3.2.3.1	Elektrische Hilfskraftlenkung.....	142
3.2.3.2	Überlagerungslenkung.....	145
3.2.4	Integration von Fahrwerksregelsystemen.....	150

3.2.5	Steer-by-Wire.....	153
3.2.5.1	Überblick.....	153
3.2.5.2	Ausfallsichere oder fehlertolerante Systemarchitektur.....	154
3.2.5.3	Elektronische und elektronische Architektur des fehlertoleranten Steer-by-Wire-Systems.....	156
3.2.5.4	Fehlertolerante Spannungsversorgung.....	158
3.2.5.5	Steer-by-Wire-Regelkreise.....	158
3.2.5.6	Steer-by-Wire-Anwendungen.....	160
3.2.6	Brake-by-Wire.....	160
3.2.6.1	Historie und Bremssystemeinteilung.....	160
3.2.6.2	Elektrohydraulisches Bremssystem.....	160
3.2.6.3	Elektromechanisches Bremssystem.....	162
3.2.6.3.1	Motivation.....	162
3.2.6.3.2	Systemaufbau.....	162
3.2.6.3.3	Betätigungseinrichtung.....	162
3.2.6.3.4	Radbremsmodule.....	163
3.2.6.3.5	Sensorik.....	164
3.2.6.3.6	Regelkonzepte.....	164
3.2.6.3.7	Energieversorgung.....	165
3.2.6.4	Hybrid-Bremssystem.....	165
3.2.6.4.1	Motivation.....	165
3.2.6.4.2	Systemaufbau.....	165
3.2.6.4.3	Neue Funktionen.....	165
3.2.6.4.4	Hinterachs-Aktor.....	166
3.3	Fahrdynamikregelung für Nutzfahrzeuge.....	168
3.3.1	Nutzfahrzeug-Bremsanlage.....	168
3.3.1.1	Einleitung.....	168
3.3.1.2	Pneumatische Fremdkraftbremsanlage.....	168
3.3.1.2.1	Bremsanlage für Zugfahrzeuge.....	168
3.3.1.2.2	Bremsanlage für Anhängerfahrzeuge.....	168
3.3.1.3	Elektronisch-pneumatische Bremsanlage.....	170
3.3.1.3.1	Systemkomponenten einer elektronisch-pneumatischen Bremsanlage.....	171
3.3.1.4	Differenzschlupfregelung.....	171
3.3.1.5	Koppelkraftregelung.....	172
3.3.1.6	Ausfallsicherheit.....	172
3.3.1.7	Dauerbremsintegration.....	173
3.3.2	Fahrdynamik-Regelung von Sattelzügen.....	173
3.3.2.1	Einleitung.....	173
3.3.2.2	Aufbau und Funktion der elektronischen Fahrdynamik-Regelung.....	174
3.3.2.3	Schutz vor Umkippen.....	174
3.3.2.4	Ausblick.....	175
3.4	Simulation von Fahrwerksystemen.....	175
3.4.1	Modellbildung.....	175
3.4.1.1	Anforderungen.....	175
3.4.1.2	Gesamtfahrzeug.....	175
3.4.2	Reifen.....	176
3.4.2.1	Kraftübertragung.....	176
3.4.2.2	Komfort-Modelle.....	176
3.4.2.3	Halbempirische Modelle.....	177
3.4.3	Rad- und Achskinematik.....	178
3.4.3.1	Aufgaben.....	178
3.4.3.2	Kinematische Modelle.....	178
3.4.3.3	Komfort-Modelle.....	179
3.4.3.4	Allgemeine Modelle.....	179
3.4.3.5	Starrachsen.....	180
3.4.4	Aufbaufederung.....	180
3.4.4.1	Grundabstimmung.....	180

3.4.4.2	Nichtlineare Kennlinien	181
3.4.4.3	Dynamische Kraftelemente	181
3.4.4.4	Mechatronische Bauelemente	182
3.4.5	Lenksystem	182
3.4.5.1	Minimal-Modell	182
3.4.5.2	Komponenten-Modell	183
3.4.6	Simulationsumgebung	184
3.4.6.1	Fahrbahn	184
3.4.6.2	Fahrer	184
4	Bordnetz und Vernetzung	187
4.1	Systemarchitekturen im Kraftfahrzeug	187
4.1.1	Einleitung	187
4.1.2	Definition von Systemdesign und Systemarchitektur	188
4.1.3	Gestaltungselemente einer Systemarchitektur	189
4.1.3.1	Das ISO/OSI-Schichtenmodell	189
4.1.3.2	Topologien	189
4.1.3.3	Steuergerätektechnologien	190
4.1.3.4	Vernetzungstechnologien	192
4.1.3.5	Kommunikationsrouting	193
4.1.4	Software-Architekturen	193
4.1.5	Systemdesignprozess	195
4.1.5.1	Generelle Vorgehensweise	195
4.1.5.2	Anforderungsmanagement	198
4.1.5.3	Funktionale Aufteilung und Vernetzung	199
4.1.5.4	Partitionierung der logischen Architektur auf eine technische Architektur	201
4.1.5.5	Vorgaben	202
4.1.6	Architekturbewertung	203
4.1.7	Zusammenfassung	203
4.2	Bussysteme, Vernetzungen, verteilte Systeme	204
4.2.1	Grundlagen der Datenkommunikation	204
4.2.1.1	Einführung in die Datenkommunikation	204
4.2.1.2	Begriffsdefinitionen	205
4.2.2	ISO 9141-2 (K-Leitung)	210
4.2.3	SAE J1850	212
4.2.4	CAN	212
4.2.4.1	Übersicht	212
4.2.4.2	Physical Layer	213
4.2.4.2.1	Highspeed-CAN	213
4.2.4.2.2	Lowspeed-CAN	214
4.2.4.2.3	Single-Wire-CAN	215
4.2.4.3	Data Link Layer	216
4.2.4.4	Fehlererkennung	219
4.2.4.5	TTCAN	220
4.2.5	LIN	220
4.2.5.1	Einführung	220
4.2.5.2	LIN Physical Layer Specification	221
4.2.5.3	LIN Protocol Specification	222
4.2.5.4	LIN Diagnostic and Configuration Specification	224
4.2.5.5	LIN Application Programming Interface Specification	224
4.2.5.6	LIN Node Capability Language Specification	225
4.2.5.7	LIN Configuration Language Specification	225
4.2.6	FlexRay und TTP	225
4.2.6.1	Einleitung	225
4.2.6.2	FlexRay	225
4.2.6.3	TTP	229
4.2.7	Multimedia-Netzwerke	229
4.2.7.1	Einleitung	229

	4.2.7.2	MOST	230
		4.2.7.2.1 Übersicht.....	230
		4.2.7.2.2 MOST-Devices	231
		4.2.7.2.3 MOST-Frames	233
		4.2.7.2.4 Hardware	233
	4.2.7.3	IDB-1394	234
	4.2.8	Gateway-Strategien.....	235
4.3		Fahrzeuggeneratoren.....	237
	4.3.1	Einleitung.....	237
	4.3.2	Aufbau eines Klauenpolgenerators	237
	4.3.3	Generatorbauart-Varianten.....	240
	4.3.4	Dreiphasenwechselfspannung	241
	4.3.5	Gleichrichtung der Dreiphasenwechselfspannung.....	242
	4.3.6	Spannungsregelung in herkömmlichen Systemen.....	244
	4.3.7	Spezielle Schutzmaßnahmen.....	247
	4.3.8	Generatorsysteme mit Mehrfunktionsregler.....	247
	4.3.9	Busgesteuertes Generatorsystem.....	249
	4.3.10	Leistungserhöhung durch Mittelpunktdioden	250
	4.3.11	Spannungsregelung bei Schwungmagnet-Generatoren	251
	4.3.12	Diagnosemöglichkeiten der Kfz-Werkstatt	251
4.4		Starter-Generatoren.....	252
	4.4.1	Der Micro-Hybrid	252
	4.4.2	Der Mild-Hybrid	253
	4.4.3	Elektrische Antriebe für Starter-Generatoren.....	254
		4.4.3.1 Der indirekte elektrische Antrieb	254
		4.4.3.2 Der direkte elektrische Antrieb.....	255
	4.4.4	Elektronik	256
	4.4.5	Anforderungen an elektrische Energiespeicher.....	257
4.5		Batterien und Energiespeicher.....	257
	4.5.1	Überblick: Rolle der Energiespeicher	257
	4.5.2	Bleibatterie	258
		4.5.2.1 Elektrochemie des Bleiakkumulators	258
		4.5.2.2 Stand der Technik	260
		4.5.2.3 Aufbau des Bleiakkumulators	261
		4.5.2.4 Bauarten	263
		4.5.2.5 Eigenschaften von Bleibatterien.....	265
		4.5.2.6 Entwicklungstendenzen bei Bleiakkumulatoren für Fahrzeuge.....	268
	4.5.3	Elektrochemische Doppelschichtkondensatoren	269
	4.5.4	Nickel-Metallhydrid-Akkumulatoren.....	271
		4.5.4.1 Elektrochemie	272
		4.5.4.2 Stand der Technik	273
		4.5.4.3 Zellendesign	273
		4.5.4.4 Betriebs- und Alterungsverhalten.....	277
	4.5.5	Lithium-Ionen-Batterien	278
		4.5.5.1 Elektrochemie	279
		4.5.5.2 Stand der Technik	280
		4.5.5.3 Zellenkomponenten.....	281
		4.5.5.4 Zellendesign	283
	4.5.6	Anwendung elektrochemischer Speicher in Kraftfahrzeugen	284
		4.5.6.1 Bordnetz.....	284
		4.5.6.2 Elektrochemische Speichersysteme für Hybridfahrzeuge	286
4.6		Energiemanagement.....	289
	4.6.1	Übergeordnetes Energiemanagement.....	291
	4.6.2	Elektrisches Energiemanagement.....	292
		4.6.2.1 Generator-Sensierung.....	292
		4.6.2.2 Batterie-Sensierung	292
		4.6.2.2.1 Batteriesensor	293
		4.6.2.2.2 Batteriezustandserkennung	294

	4.6.2.3	Umfassende Strategien der elektrischen Energieverteilung.....	296
4.7		Simulation von Bordnetzen.....	297
	4.7.1	Grundlagen der Bordnetz-Simulation.....	297
	4.7.2	Methodenüberblick.....	297
	4.7.3	Grundlagen von VHDL-AMS.....	298
	4.7.4	Simulationsaufgaben.....	301
4.8		42-V-Bordnetz.....	309
	4.8.1	Energiernetz.....	311
		4.8.1.1 Halbleitertechnologie.....	313
		4.8.1.2 Energiespeicherung.....	313
		4.8.1.3 Generatoren.....	314
		4.8.1.4 Integrierter Startergenerator.....	314
		4.8.1.5 Energiemanagement.....	315
		4.8.1.6 Rekuperation.....	315
	4.8.2	Verbrauchersysteme.....	316
		4.8.2.1 Elektrisch beheizbarer Katalysator.....	316
		4.8.2.2 Frontscheibenheizung.....	317
4.9		Entwicklungsprozess und Produktlebenszyklus.....	317
	4.9.1.	Einführung.....	317
	4.9.2	Produktlebenszyklus.....	318
	4.9.3	Systems Engineering.....	318
		4.9.3.1 Projektmanagement.....	319
		4.9.3.2 Risikomanagement.....	319
		4.9.3.3 Konfigurationsmanagement.....	319
		4.9.3.4 Änderungsmanagement.....	319
		4.9.3.5 Testmanagement.....	320
		4.9.3.6 Service-Management und Obsolescence-Management.....	320
	4.9.4	Software-Qualitätssicherung.....	320
		4.9.4.1 Begriffe und Definitionen.....	320
	4.9.5	Flashprozess in der Fahrzeugproduktion.....	322
5		Beleuchtung.....	323
5.1		Lichterzeugung und menschliche Wahrnehmung.....	323
	5.1.1	Lichttechnische Größen und Einheiten.....	324
	5.1.2	Künstliche Lichtquellen.....	325
		5.1.2.1 Temperaturstrahler.....	325
		5.1.2.2 Halogen-Glühlampen.....	325
		5.1.2.3 Gasentladungslampen.....	326
		5.1.2.4 Leuchtdioden.....	328
	5.1.3	Elektrische Versorgung und elektronische Ansteuerung.....	329
		5.1.3.1 Vorschaltgeräte für das Betreiben von Lichtquellen.....	329
		5.1.3.2 Bussysteme zur Lichtsteuerung.....	330
		5.1.3.3 42-Volt-Bordnetz.....	330
5.2		Mensch im Verkehr.....	330
	5.2.1	Objekte im Verkehrsraum.....	331
		5.2.1.1 Photometrische Parameter.....	331
		5.2.1.2 Geometrische Parameter.....	332
		5.2.1.3 Kinematische Parameter.....	332
	5.2.2	Sehen, wahrnehmen und erkennen.....	332
		5.2.2.1 Kontrastempfindung.....	332
		5.2.2.2 Unterschiedsempfindlichkeit.....	332
		5.2.2.3 Sehschärfe.....	333
	5.2.3	Dynamische Phänomene.....	333
	5.2.4	Sichtverhältnisse.....	333
		5.2.4.1 Blendung.....	334
		5.2.4.2 Dämmerung und Nacht.....	334
		5.2.4.3 Nebel, Regen, Schnee.....	334
		5.2.4.4 Verkratzte oder unsaubere Windschutzscheiben.....	334

5.2.5	Fahrzeug, Straße und Verkehr	334
5.2.5.1	Straßenbelag.....	336
5.2.5.2	Fahrbahnmarkierungen.....	336
5.2.5.3	Verkehrsdichte und Verkehrsentwicklung.....	336
5.2.6	Gesetzliche Zulassungsvorschriften	336
5.3.	Scheinwerfer	337
5.3.1	Fahrzeugaufbau und Funktion	337
5.3.2	Lichttechnischer Aufbau	339
5.3.2.1	Reflexionstechnik.....	340
5.3.2.2	Projektionssystem	341
5.3.2.3	Bi-Xenon und Schwenkmodul	341
5.3.3	Konstruktiver Aufbau	342
5.3.3.1	Bauformen und -systeme.....	342
5.3.3.2	Scheinwerferreinigung	344
5.3.3.3	Leuchtweitenregelung.....	344
5.3.3.4	Kurvenlichtsteuerung	345
5.3.4	Qualität in Entwicklung und Produktion.....	345
5.3.5	Tag- und Nachtdesign	346
5.3.6	Adaptives Licht	346
5.3.6.1	Lichtverteilungen	346
5.3.6.2	Komponenten	346
5.3.6.3	Lichtsysteme	347
5.3.7	LED-Scheinwerfer	348
5.4	Signalleuchten.....	349
5.4.1	Vorschriften zu Anbau und Funktionen	349
5.4.2	Konstruktiver Aufbau	350
5.4.3	Lichttechnische Konzepte	351
5.4.3.1	Reflektive Optiken	351
5.4.3.2	Lichtbrechende Optiken	351
5.4.3.3	Lichtleitoptiken	351
5.4.3.4	Mikrooptiken.....	352
5.4.4	Formensprache.....	352
5.4.4.1	Konventionell.....	352
5.4.4.2	Brillant	352
5.4.4.3	Linien-Design.....	352
5.4.4.4	Kontur	353
5.4.4.5	Farbvariationen	353
5.4.4.6	Zukünftige Stylingkonzepte	354
5.4.5	Signale mit höherem Informationsgehalt	354
5.4.5.1	Adaptives Signalbild	354
5.4.5.2	Steuerung	355
5.5	Innenleuchten	355
5.5.1	Innenlicht auch während der Fahrt.....	355
5.5.2	Raumgestaltung mit Licht und Farbe	357
5.5.2.1	Lichtfarbe	357
5.5.2.2	Farbwiedergabe.....	357
5.5.3	Lichtquellen für den Innenraum.....	357
5.5.3.1	Glühlampen	357
5.5.3.2	Leuchtdioden	357
5.5.3.3	Organische Leuchtdioden.....	358
5.5.3.4	Elektrolumineszenzfolien.....	358
5.5.3.5	Leuchtstofflampen	358
5.5.4	Komfort durch Beleuchtung.....	358
5.5.4.1	Ein- und Ausstiegsbeleuchtung	358
5.5.4.2	Funktionale Beleuchtung.....	359
5.5.4.3	Orientierungsbeleuchtung	361
5.5.4.4	Ambiente-Beleuchtung	361
5.5.5	Inszenierung durch intelligentes Innenlicht	362

6	Sicherheitssysteme	365
6.1	Passive Sicherheit	365
6.1.1	Einleitung	365
6.1.2	Die Rückhaltesysteme	365
6.1.2.1	Sicherheitsgurt mit Gurtstraffer	365
6.1.2.2	Fahrer- und Beifahrerairbag	366
6.1.2.3	Das zentrale Airbag-Steuergerät	368
6.1.2.4	Optimierte Frontairbag- und Gurtsysteme	369
6.1.2.5	Sitzbelegungserkennung und Innenraum-Überwachung	370
6.1.2.6	Seiten-, Kopf- und Knieairbags	372
6.1.2.7	Zündpille	373
6.1.3	Das vorausschauende Insassenschutzsystem	374
6.1.4	Überrollsensierung	375
6.1.4.1	Der Drehratensensor	375
6.1.4.2	Überschlagschutz bei offenen Fahrzeugen	375
6.1.5	Fußgängerschutz	375
6.1.5.1	Der Glasfaser-Biegesensor	376
6.1.5.2	Ausblick	377
6.2	Zugangs- und Fahrberechtigungssysteme	377
6.2.1	Systemfunktionen	378
6.2.2	Technik	380
6.2.2.1	System-Architektur im Fahrzeug	380
6.2.2.2	Komponenten	381
6.2.2.3	Sende- und Empfangstechnik	384
6.2.2.4	Notlauffunktionen des Systems	384
6.2.2.5	Gigahertz-Systeme	385
6.2.2.6	Biometrische Verfahren	386
7	Komfortsysteme	389
7.1	Einleitung	389
7.2	Bewegliche Dachsysteme	389
7.2.1	Schiebedächer	389
7.2.1.1	Komponenten und Architektur	389
7.2.1.2	Einklemmschutz	391
7.2.2	Cabriosysteme	393
7.2.2.1	Komponenten und Architektur	393
7.2.2.2	Systementwurf und Zustandsautomat	393
7.2.2.3	Fehlertolerante Auslegung des Steuergerätes	395
7.2.2.4	Architektur der Software	395
7.3	Heiz- und Klimasysteme	396
7.3.1	Stand- und Zuheizsysteme	397
7.3.2	Steuergerätefunktionen	397
7.3.2.1	Systemfunktionen	397
7.3.2.2	Gerätefunktionen	398
7.3.2.3	Komponentenfunktionen	398
7.3.2.4	Systemvernetzung	399
7.3.2.5	Aufbau und Architektur des Steuergerätes	400
7.3.3	Klimasysteme in Nutzfahrzeugen und Bussen	401
8	Instrumentierung	403
8.1	Instrumente mit Zeigerantrieben	404
8.1.1	Drehmagnetquotienten-Messwerk	405
8.1.2	Schrittmotor-Messwerk	405
8.2	Digitale Anzeigegeräte	405
8.2.1	LCD-Aktivmatrix	406
8.2.2	Vakuum-Fluoreszenz-Display	406
8.2.3	Organic Light Emitting Diodes	406

8.3	Beleuchtung	407
8.3.1	Lichtquellen	407
8.3.2	Integration in das Instrument.....	408
8.4	Instrumentierungsaufbau	408
8.4.1	Head-up-Display	409
8.4.2	Bordmonitore	410
8.5	Bedienelemente	410
8.5.1	Zentrale Bedienkonzepte.....	411
9	Fahrerassistenzsysteme und Verkehr	413
9.1	Fahrerassistenzsysteme in Personenkraftwagen	413
9.1.1	Übersicht	413
9.1.1.1	Fahrerinformationssysteme	413
9.1.1.2	Fahrzeugkommunikationssysteme.....	413
9.1.1.3	Prädiktive Fahrerassistenzsysteme	413
9.1.1.4	Systeme zur Fahrzeugstabilisierung	413
9.1.1.5	Systeme zur Erkennung des Fahrerzustands	414
9.1.2	Unfallursachen und daraus abgeleitete Fahrerassistenzsysteme.....	414
9.1.3	Kommunikation Fahrzeug-Fahrzeug und Fahrzeug-Infrastruktur	416
9.1.4	Sensoren für prädiktive Fahrerassistenzsysteme	416
9.1.4.1	Ultraschallsensoren	416
9.1.4.2	Radar.....	420
9.1.4.2.1	Grundlagen der Radartechnik	420
9.1.4.2.2	Nahbereichsradar 24 GHz.....	420
9.1.4.2.3	Fernbereichsradar 77 GHz.....	422
9.1.4.2.4	Radar-Signalverarbeitung	425
9.1.4.2.5	Mechanischer Aufbau eines Radargeräts	427
9.1.4.2.6	Fahrzeugintegration	427
9.1.4.3	Video.....	428
9.1.4.3.1	Grundlagen Videotechnik	428
9.1.4.3.2	Videokamera.....	430
9.1.4.3.3	Bildverarbeitung	430
9.1.4.3.4	Videosystem für Kraftfahrzeuge	431
9.1.5	Rundumsichtsysteme, prädiktive Fahrerassistenzsysteme	432
9.1.5.1	Komfortsysteme.....	433
9.1.5.1.1	Einparkhilfe-System und Weiterentwicklungen.....	433
9.1.5.1.2	Geschwindigkeitsregelung, Limiter	434
9.1.5.1.3	Adaptiver Fahrgeschwindigkeitsregler.....	435
9.1.5.1.4	Fernbereichs-LIDAR	440
9.1.5.1.5	Spurwechselasistent.....	440
9.1.5.1.6	Systeme zur Verbesserung der Nachtsicht	441
9.1.5.2	Systeme der aktiven Sicherheit	443
9.1.5.2.1	Prädiktive Notbremssysteme.....	444
9.2	Fahrerassistenzsysteme in Nutzfahrzeugen	446
9.2.1	Aktuelle Fahrerassistenzsysteme.....	447
9.2.1.1	Rückrollsperrre.....	447
9.2.1.2	Bremsassistent.....	447
9.2.1.3	Tempomat, Limiter und Abstandsregeltempomat	447
9.2.1.3.1	Antriebs- und Bremstempomat	447
9.2.1.3.2	Limiter	448
9.2.1.3.3	Abstandsregeltempomat	448
9.2.1.4	Notbremssystem.....	449
9.2.1.5	Spurwächter	449
9.2.1.6	Fahrzeugumfeldüberwachung	450
9.2.2	In Entwicklung befindliche Fahrerassistenzsysteme	451
9.2.2.1	Stauassistent.....	451
9.2.2.2	Fahrerzustandserkennung.....	452

9.2.2.3	Objekterkennung im toten Winkel	452
9.2.2.4	Spurassistent mit Lenkeingriff	452
9.3	Verkehrsleitsysteme	453
9.3.1	Verkehrsentwicklung	453
9.3.2	Strategien der Verkehrsleitung	454
9.3.3	Technische Voraussetzungen zur Verkehrsbeeinflussung	456
9.3.3.1	Erfassungssysteme für Verkehrsflüsse	456
9.3.3.2	Steuerungssysteme	457
9.3.4	Mobilitätsmanagement	462
9.3.4.1	INVENT	462
9.3.4.2	Mobinet	463
9.3.4.3	Grenzen der Verkehrslenkung	463
10	Telematik	465
10.1	Allgemeines	465
10.1.1	Begriffsbestimmung	465
10.1.2	Geschichtliche Entwicklung	466
10.1.3	Systemarchitektur im Fahrzeug	467
10.1.4	Systemarchitektur außerhalb des Fahrzeugs	467
10.1.5	Schwierigkeiten und Herausforderungen	468
10.1.6	Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine	469
10.1.7	Angebot und Nachfrage	470
10.2	Navigation	470
10.2.1	Geschichte und Marktentwicklung	470
10.2.2	Funktionsweise und Systemkomponenten	471
10.2.2.1	Hardware zur Positionsbestimmung	472
10.2.2.2	Navigationsdaten	474
10.2.2.3	Hardware und Software für Navigation und Routenplanung	476
10.2.2.4	Anzeige und Bedienung	482
10.2.3	Navigation Services	484
10.3	Multimedia	486
10.3.1	Entwicklung und Stand der Technik	486
10.3.1.1	Audio-Komponenten	487
10.3.1.2	Visuelle Komponenten	488
10.3.1.3	Kommunikation	489
10.3.1.4	Office-Komponenten	489
10.3.1.5	Antennen und Empfangseinrichtungen	490
10.3.2	Multimedia-Architektur	490
10.3.3	Vernetzung interner Systeme	491
10.3.4	Vernetzung externer Systemen	492
10.3.4.1	Infrarot	492
10.3.4.2	Bluetooth	492
10.3.4.3	WLAN	494
11	Sensorik	497
11.1	Positions- und Winkelsensorik	497
11.1.1	Überblick und Messprinzipien	497
11.1.2	Klassifizierung	499
11.1.2.1	Potentiometer	500
11.1.2.2	Optische Sensoren	501
11.1.2.3	Hallsensoren	503
11.1.2.4	Magnetoresistive Sensoren	504
11.1.2.5	PLCD-Sensoren	505
11.1.2.6	Induktive Sensoren	506
11.1.3	Anwendung	508
11.1.3.1	Auswahl eines Messprinzips	508
11.1.3.2	Elektrische Schnittstellen	510
11.1.3.3	Anwendungsbeispiele	511

11.2	Mikrosensoren im Automobil	513
11.2.1	Einleitung.....	513
11.2.2	Mikrosystemtechnik.....	513
11.2.2.1	Silizium – Ausgangsmaterial der MEMS-Technologie	513
11.2.2.2	Fotolithographie	514
11.2.2.3	Dünnschichttechnik.....	515
11.2.2.4	Bulk- und Oberflächen-Mikromechanik.....	515
11.2.2.5	Wafer-Bonden.....	516
11.2.3	Sensoren im Automobil	517
11.2.3.1	Drucksensoren.....	517
11.2.3.2	Beschleunigungssensoren.....	518
11.2.3.3	Drehratensensoren	519
11.2.3.4	Massenfluss-Sensoren	521
11.2.3.5	Reifendrucksensoren	521
11.2.4	Ausblick.....	522
12	Elektrische Aktorik.....	525
12.1	Einleitung.....	525
12.2	Kenngrößen von Aktoren.....	525
12.3	Elektromagnete	527
12.3.1	Elektrische Relais.....	528
12.3.2	Verriegelungsmagnete	528
12.3.3	Proportionalmagnete für Ventile.....	530
12.4	Pyrotechnische Aktoren	532
12.5	Piezo-Aktoren	533
12.6	Thermische Aktoren.....	534
12.6.1	Peltierelemente.....	534
12.6.2	PTC-Heizer	534
12.6.3	Dehnstoffelemente	535
12.6.4	Bimetall-Schalter	536
12.6.5	Magnetschalter.....	536
13	Elektronik Hardware.....	537
13.1.	Anforderungen	537
13.1.1	Allgemeine Anforderungen und Methoden.....	537
13.1.1.1	Qualität und Methoden.....	537
13.1.1.2	Zulässige Ausfallraten	537
13.1.1.3	Qualifikationen.....	537
13.1.1.4	Gesetze und Normen	538
13.1.2	Umwelteinflüsse	538
13.1.2.1	Fehlerursachen elektrischer Ausfälle.....	538
13.1.2.2	Umweltbelastungen als Fehlerursache	538
13.1.2.3	Ablauf von Zuverlässigkeitsprüfungen und Qualifikationen	539
13.1.2.4	Kennzahlen für Zuverlässigkeitsprüfungen.....	539
13.1.2.5	IP-Schutzarten.....	540
13.1.3	Sicherheitssystemspezifische Methoden	540
13.1.3.1	Verwendete Begriffe	541
13.1.3.2	Anforderungen an die Spezifikation.....	541
13.1.3.3	Maßnahmen im Entwicklungsprozess	541
13.1.3.4	Einkanalige Systemstrukturen zur Beherrschung von Fehlern	542
13.1.3.5	Mehrkanalige Systemstrukturen zur Beherrschung von Fehlern	542
13.1.3.6	Ausführung der Überwachung und Fehlererkennung.....	543
13.2	Bauelemente	545
13.2.1	Leistungshalbleiter	545
13.2.2	Netzteilkomponenten	545
13.2.2.1	Linearregler	545
13.2.2.2	Schaltwandler.....	545
13.2.2.3	Zusätzliche netzteilintegrierte Funktionen	546

13.2.3	Mikrocontroller	546
13.2.3.1	Zeitlicher Werdegang von Mikrocontrollern	547
13.2.3.2	Systemarchitektur	547
13.2.3.3	Interne Funktionsblöcke	548
13.2.3.4	Peripherie und Busvarianten	549
13.2.4	Stecker und Kabel	552
14	Mechatronische Systeme	553
14.1	Einführung und Überblick	553
14.2	Mechatronische Systeme im Antrieb	556
14.2.1	Abgasturbolader mit variabler Turbinengeometrie	556
14.2.2	Diesel-Einspritzsysteme	558
14.2.3	Mechatronische Getriebesteuerungen	558
14.3	Mechatronische Systeme im Komfortbereich	561
14.3.1	Integrierte mechatronische Auslegung einer Tür-Zuziehhilfe	561
14.3.2	Nutzung mechatronischer Synergiepotentiale bei Dachmodulen	568
14.3.3	Hardware-in-the-Loop-Simulation im Komfortbereich	571
15	Elektromagnetische Verträglichkeit	577
15.1	Motivation	577
15.1.1	Entwicklungstendenzen Automobil	577
15.1.2	EM-Systeme und Funktionen im Automobil	577
15.1.3	Betrachtung der EMV	577
15.2	Allgemeines zur EMV	578
15.2.1	Begriffe und Erläuterungen	578
15.2.2	EMV-Komplexität und Schutzziele im Kfz	579
15.2.3	EMV-Planung	580
15.2.4	Störquellen, Störsenken, Kopplungsmechanismen	580
15.2.4.1	Galvanische Kopplung	580
15.2.4.2	Feldgebundene Kopplung	582
15.2.4.2.1	Induktive Kopplung	582
15.2.4.2.2	Kapazitive Kopplung	583
15.2.4.2.3	Wellenbeeinflussung	583
15.2.4.3	Strahlungsbeeinflussung	583
15.2.4.4	Elektrostatische Entladung	584
15.2.5	Störmechanismen und Signale	584
15.2.6	EMV-Verbesserungsmaßnahmen	585
15.3	EMV im Fahrzeug	585
15.3.1	Elektronik und Steuergeräte	587
15.3.2	Mechatronik	588
15.3.3	Bordnetz und Kabelbaum	589
15.3.4	Karosserie und Massepunkte	590
15.3.5	Gehäuse, Koppellemente und weitere Systeme	590
15.3.6	Antennen	591
15.3.7	Zündanlagen	592
15.4	EMV-Simulation und Feldberechnung	593
15.4.1	Modellierung und Simulation	594
15.4.2	Elektromagnetische Felder und Wellen	594
15.4.3	Numerische Analyse elektromagnetischer Felder	595
15.4.4	Numerische Verfahren	596
15.4.4.1	Numerische Lösung mit Hilfe der FEM	596
15.4.4.2	Numerische Lösung mit Hilfe der BEM	596
15.4.4.3	BEM-FEM-Kopplung	596
15.4.5	Methoden und Werkzeuge	597
15.5	Messtechnik und Messmethoden	597
15.5.1	Komponenten- und Gesamtfahrzeugprüfung	598

15.5.2	Messplätze und Messräume	599
15.5.2.1	Freifeldmessungen	599
15.5.2.2	Geschirmte Kabinen und Absorberhalle	599
15.5.3	Nachbildung des Bordnetzes bei Komponentenmessungen	601
15.5.4	Störaussendungsmessungen	601
15.5.4.1	Funkentstörung	601
15.5.4.1.1	Breitbandige und schmalbandige Störungen	601
15.5.4.1.2	Messempfänger-Detektoren	601
15.5.4.1.3	Fahrzeug-Nahentstörung	602
15.5.4.1.4	Fahrzeug-Fernentstörung	603
15.5.4.1.5	Funkentstörung auf Komponentenebene	603
15.5.4.2	Messung der impulsförmigen Störaussendung	603
15.5.5	Störfestigkeitsprüfmethoden	604
15.5.5.1	Schmalbandige hochfrequente Störquellen außerhalb des Fahrzeugs	604
15.5.5.1.1	Antennenmethode	604
15.5.5.1.2	Stromeinspeisung	605
15.5.5.1.3	TEM-Zelle	606
15.5.5.1.4	Stripline	608
15.5.5.1.5	Direkte Leistungseinkopplung	610
15.5.5.2	Störfestigkeit gegen Sender im Fahrzeug	610
15.5.5.3	Niederfrequente magnetische Felder	611
15.5.5.4	Elektrostatische Entladungen	611
15.5.5.5	Kfz-Impulse	612
15.5.5.5.1	Störfestigkeitsprüfung auf Versorgungsleitungen	612
15.5.5.5.2	Störfestigkeitsprüfung auf Nicht-Versorgungsleitungen	613
15.6	Normen und Richtlinien	613
15.6.1	Gesetzliche Anforderungen für Fahrzeuge	613
15.6.1.1	Die Kfz-EMV-Richtlinie 72/245/EWG	614
15.6.1.1.1	Das Typgenehmigungsverfahren	614
15.6.1.1.2	Prüfungen im Rahmen der Typgenehmigung	615
15.6.1.1.3	Kennzeichnung	615
15.6.2	Fahrzeugherstellerspezifische Vorschriften	616
16	Diagnose	617
16.1	Was verbirgt sich hinter dem Begriff Diagnose?	617
16.2	Aufgaben der Diagnose	619
16.2.1	Der Steuergerätelebenszyklus	619
16.2.2	Heutige Anwendungsfälle der Diagnose	620
16.2.3	Ein kurzer Blick ins Steuergerät	621
16.3	Diagnosekommunikation	623
16.3.1	Allgemeine Vorbemerkungen	623
16.3.1.1	Onboard-Kommunikation	623
16.3.1.2	Offboard-Kommunikation	624
16.3.1.3	Client-Server-Prinzip	624
16.3.2	Kommunikationswege im Fahrzeug	624
16.3.3	Grundlagen der Diagnosekommunikation	625
16.3.3.1	Bestätigte und Rundruf-Kommunikation	625
16.3.3.2	Nachrichtenfluss in der Diagnosekommunikation	626
16.3.3.3	Adressierungsarten	626
16.3.3.3.1	Physikalische Adressierung	627
16.3.3.3.2	Funktionale Adressierung	627
16.3.3.4	Prinzipien der Diagnosekommunikation	628
16.3.3.5	Arten der Diagnosenachrichten	629
16.3.3.5.1	Anfrage	629
16.3.3.5.2	Antworten	629
16.3.4	Diagnoseprotokolle und das ISO/OSI-Referenzmodell	629
16.3.4.1	Die Schichten des ISO/OSI-Referenzmodelles	630
16.3.4.2	Der Header-Mechanismus des ISO/OSI-Referenzmodells	631

16.3.4.3	Protocol Data Unit.....	631
16.3.4.4	Normale und erweiterte Adressierung.....	631
16.3.4.5	Datensegmentierung.....	632
16.3.4.6	Kommunikationsparameter.....	633
16.3.4.7	Der Diagnosedienst.....	635
16.3.5	Sicherheit der Diagnosekommunikation.....	635
16.3.6	Diagnoseprotokolle.....	636
16.3.6.1	Historie der Diagnoseprotokolle.....	636
16.3.6.2	Grundlagen der Keywordprotokolle.....	637
16.3.6.3	Begriffsklärung für Diagnoseprotokolle nach den ISO-Normen.....	637
16.4	Unified Diagnostic Services.....	640
16.4.1	Motivation.....	640
16.4.2	Sub-Function.....	640
16.4.3	Service-Parameter.....	641
16.4.4	Diagnosedienste der UDS-Norm.....	641
16.4.5	Zustandsautomaten am Beispiel UDS.....	641
16.4.5.1	Zustandsübergänge zwischen den Sessions.....	642
16.4.6	Standardisierte Fehlercodes.....	643
16.4.7	Beispiel einer Diagnosesitzung mit Unified Diagnostic Services.....	643
16.5	On-Board-Diagnose.....	644
16.5.1	Historie.....	644
16.5.2	OB-D-Funktionalität.....	644
16.5.3	Der OB-D-Stecker.....	645
16.6	Datenaustauschformat und erweitertes V-Modell.....	646
16.6.1	Was ist ein Datenaustauschformat?.....	646
16.6.2	Motivation für einen Datenaustauschstandard.....	646
16.6.3	Anforderungen an ein standardisiertes Datenaustauschformat.....	647
16.6.4	Diagnoseprozesskette und erweitertes V-Modell.....	647
16.7	ODX-Überblick.....	648
16.7.1	Aufgaben.....	648
16.7.2	Historie des ASAM e.V.....	648
16.7.2.1	Das ASAM-MCD-System.....	648
16.7.3	Datenaustauschformate und -prozesse.....	650
16.7.3.1	Datenaustauschformate für normale Kommunikation.....	652
16.7.3.2	Datenaustauschformat für Diagnose.....	652
16.7.4	Bestandteile des Standards ODX.....	654
16.7.4.1	Diagnosedaten.....	654
16.7.4.2	Flashdaten.....	655
16.7.4.3	Fahrzeuginformationen.....	655
16.7.4.4	Kommunikationsparameter.....	656
16.7.4.5	Steuergeräteübergreifende Abläufe.....	656
16.7.4.6	Redundanzvermeidung durch Vererbung.....	656
16.7.5	Datenpool und Datenbasis.....	657
16.7.6	Autorensysteme.....	657
16.7.6.1	Konsistenzprüfungen.....	657
16.7.6.2	MCD-Projekt.....	657
17	Software-Entwicklung.....	659
17.1	Entwicklungsprozesse, Methoden und Werkzeuge.....	659
17.1.1	Einleitung.....	659
17.1.2	Prozessstandards und Software-Qualitätsmodelle.....	659
17.1.3	Modellbasierte Funktionsentwicklung.....	662
17.1.4	Software-Komponenten und architekturbasierter Entwurf.....	663
17.2	Rapid Control Prototyping.....	664
17.2.1	Überblick.....	664
17.2.2	Fullpass.....	666

17.2.3	Bypassing.....	667
17.2.3.1	Hardwaretechnische Realisierung.....	667
17.2.3.2	Softwaretechnische Realisierung.....	668
17.2.3.3	Steuergeräteinternes Bypassing.....	669
17.2.4	Mischformen von Fullpass und Bypassing.....	670
17.2.5	RCP in verteilten Systemen.....	670
17.3	Automatische Seriencode-Generierung.....	670
17.3.1	Motivation und Nutzen.....	670
17.3.2	Anforderungen und Werkzeugeigenschaften.....	671
17.3.3	Einbindung in den Entwicklungsprozess.....	672
17.3.4	Unterstützung relevanter Standards.....	673
17.3.5	Qualität und Support.....	675
17.4	Hardware-in-the-Loop-Simulation.....	675
17.4.1	Motivation und Nutzen.....	675
17.4.2	Rollenverteilung im Test von Steuergeräte-Software.....	676
17.4.3	Komponenten eines HIL-Simulators.....	678
17.4.3.1	Hardware.....	678
17.4.3.2	Software.....	680
17.4.4	Einbindung in den Elektronik-Entwicklungsprozess.....	681
17.5	Software-Testen.....	683
17.5.1	Grundbegriffe des Testens.....	683
17.5.2	Klassifikation der Testmethoden.....	683
17.5.3	Funktionales Testen.....	684
17.5.4	Strukturelles Testen.....	685
17.5.5	Nichtfunktionales Testen.....	685
17.5.6	Formale Verifikation.....	686
17.5.7	Testen in der Funktionsentwicklung.....	686
17.5.8	Test von Steuergeräten.....	686
17.5.9	Testmanagement.....	687
17.6	Steuergeräte-Applikation.....	687
17.6.1	Einführung.....	687
17.6.2	Applikation von Motorsteuerungen.....	688
17.6.3	Software-Stand und Beschreibungsdateien für Steuergeräte.....	688
17.6.4	Mess- und Applikationssysteme.....	689
17.6.4.1	Verstellen und Messen.....	689
17.6.4.2	Offline- und Online-Applikation.....	690
17.6.4.3	Steuergeräte-Schnittstellen zum Messen und Applizieren.....	690
17.6.5	Ausblick in die Zukunft.....	691
Anhang		
A	Schaltzeichen und Schaltpläne.....	693
A 1	Einleitung.....	693
A 2	Klemmenbezeichnungen in der Kfz-Technik nach DIN 72552.....	694
A 3	Gerätekennzeichen nach DIN 40719-2 und DIN EN 61346-2.....	697
A 4	Schaltsymbole nach DIN EN 60617.....	698
A 5	Schaltpläne nach DIN 40719.....	700
A 5.1	Übersichtsschaltplan.....	700
A 5.2	Anschlussplan.....	701
A 5.3	Stromlaufplan.....	702
B	EMV-Normenübersicht für Fahrzeuge und Komponenten.....	703
Sachwortverzeichnis.....		705