

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	Saugrohreinspritzung	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	Klopfregelung	19
2.1.2.4.3	Schnittstelle 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 Saugrohreinspritzung	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-Lösungen	41
2.3.1.1.3	Verbindungstechnik.....	43
2.3.1.2	Elektronikkonzepte.....	43
2.3.1.2.1	Grundstruktur.....	43
2.3.1.2.2	Elektronische Bauelemente und Schaltungen	45
2.3.2	Besonderheiten der Motorsteuergeräte-Hardware.....	46
2.3.2.1	Zündung	46
2.3.2.2	Klopfsignalauswertung.....	47
2.3.2.3	Ansteuerung magnetventilbetätigter Injektoren in der Direkteinspritzung	48
2.3.2.4	Ansteuerung piezotriebener Injektoren in der Direkteinspritzung	48
2.3.3	Besonderheiten der Getriebeelektronik	49
2.3.3.1	Integrierte Steuerungen	49
2.3.3.2	Elektronik für Getriebesteuerungen.....	51
2.3.3.2.1	Stromregler für elektromagnetische Ventile	51
2.3.4	Software.....	52
2.3.4.1	Funktionale Anforderungen.....	52
2.3.4.2	Nicht-funktionale Anforderungen	52
2.3.4.3	Software-Architektur.....	53
2.3.4.4	Infrastrukturelle Software	55
2.3.4.4.1	Betriebssystem.....	55
2.3.4.4.2	Signalaufbereitung	56
2.3.4.4.3	Signalausgabe	56
2.3.4.4.4	Diagnose-Funktionen.....	57
2.4	Getriebesteuerung im Nutzfahrzeug.....	58
2.4.1	Übersicht über Nutzfahrzeuggetriebe.....	58
2.4.1.1	Lastschalt-Automatgetriebe.....	58
2.4.1.2	Automatische Getriebe	59
2.4.1.3	Integrierte Getriebebremse	59
2.4.2	Automatisierungstechnologien für automatische Getriebe.....	59
2.4.2.1	Elektromotorische Steuerung für automatische Getriebe	59
2.4.2.2	Elektrohydraulische Steuerung für automatische Getriebe.....	60
2.4.2.3	Elektropneumatische Steuerung für automatische Getriebe	60
2.4.3	Elektronische Steuerung.....	61
2.4.3.1	Systemanforderungen.....	61
2.4.3.2	Inegrierter Getriebebesteller.....	61
2.4.3.3	Integrierter Kupplungssteller.....	62
2.4.3.4	Aufbau der Elektronik	62
2.4.4	Funktionen	63
2.4.4.1	Kupplungsregelung	63
2.4.4.2	Schaltablaufsteuerung	64
2.4.4.3	Fahrstrategie.....	64
2.4.4.4	Sonstige Funktionen.....	65
2.4.5	Steuerungssoftware.....	65
2.4.5.1	Software-Struktur.....	65
2.4.5.2	Software-Konfiguration und Applikation.....	65
2.4.6	Systemintegration im Fahrzeugnetzwerk	65
2.4.6.1	Systemschnittstelle im CAN-Systemverbund.....	65
2.5	Fahrzeug-Starter.....	66
2.5.1	Einleitung.....	66
2.5.2	Elektromotorische Grundlagen	67
2.5.3	Schaltungsarten.....	68
2.5.4	Starter für Personenkraftwagen.....	70
2.5.5	Starter für Nutzfahrzeuge.....	74

2.5.6	Schraubtrieb-Starter der Motorradtechnik.....	76
2.5.7	Startsteuerungen.....	76
2.6	Hybridantriebe	77
2.6.1	Motivation zur Entwicklung von Hybridantrieben.....	77
2.6.2	Hybride Antriebsstrukturen.....	80
2.6.3	Schlüsselkomponenten.....	82
2.6.4	Betriebsstrategie.....	84
2.6.5	Antriebsintegration	86
2.6.6	Fahrzeugbeispiele	87
2.6.7	Bewertung.....	88
2.7	Brennstoffzellen.....	89
2.7.1	Einführung	89
2.7.1.1	Umfeld und Motivation.....	89
2.7.1.2	Historie der Brennstoffzelle	90
2.7.1.3	Eigenschaften und Grundprinzipien	90
2.7.2	Polymer-Elektrolyt-Membran-Brennstoffzelle.....	91
2.7.2.1	Aufbau und Funktionsweise	91
2.7.2.2	Technischer Stand und Herausforderungen.....	92
2.7.2.2.1	Lebensdauer.....	92
2.7.2.2.2	Kaltstarteigenschaften von Brennstoffzellen-Stacks	93
2.7.2.2.3	Kosten.....	93
2.7.3	Brennstoffzellensystem und -antrieb.....	94
2.7.3.1	Kraftstoffe, Kraftstoffaufbereitung und Kraftstoffspeicher	94
2.7.3.1.1	Kraftstoffe.....	94
2.7.3.1.2	Kraftstoffaufbereitung.....	95
2.7.3.1.3	Mobile Wasserstoffspeicher.....	95
2.7.3.2	Aufbau eines Brennstoffzellensystems.....	97
2.7.3.3	Antriebsstrangkomponenten und Hybridisierung	99
2.7.4	Brennstoffzellenfahrzeuge	99
2.7.4.1	Rückblick und aktueller Stand.....	99
2.7.4.2	Antriebsstrang Personenkraftwagen.....	100
2.7.4.3	Antriebsstrang Nutzfahrzeuge	101
2.7.5	Ausblick.....	103
2.8	Simulation und Modellbildung in der Motorentechnik.....	103
2.8.1	Motorenentwicklungsprozess.....	104
2.8.2	Baugruppen des Motors	105
2.8.3	Berechnungsmethoden und Berechnungsaufgaben	105
2.8.3.1	Strukturanalyse.....	105
2.8.3.2	System Performance Modeling	105
2.8.3.3	Beispiele für thermofluiddynamische Berechnungen	109
2.8.4	Optimierung.....	110
3	Fahrwerksysteme	112
3.1	Physikalische Grundlagen zur Fahrdynamik-Regelung.....	112
3.2	Fahrdynamik-Regelung für Personenkraftwagen	115
3.2.1	Antriebs- und Bremsregelsysteme.....	116
3.2.1.1	Brems- und Antriebsmomentenregelung.....	116
3.2.1.2	Momentenverteilung bei Allradantrieben.....	124
3.2.1.3	Elektromechanische Feststellbremse.....	126
3.2.2	Achsregelsysteme	129
3.2.2.1	Wankstabilisierung.....	129
3.2.2.2	Elektronisch geregelte Dämpfer	132
3.2.2.3	Geregelte Luftfederung	133
3.2.3	Lenkungsregelsysteme	134
3.2.3.1	Elektrische Hilfskraftlenkung.....	134
3.2.3.2	Überlagerungslenkung.....	137
3.2.4	Integration von Fahrwerksregelsystemen.....	142
3.2.5	Steer-by-Wire.....	145

	3.2.5.1	Überblick.....	145
	3.2.5.2	Ausfallsichere oder fehlertolerante Systemarchitektur.....	146
	3.2.5.3	Elektronische und elektronische Architektur des fehlertoleranten Steer-by-Wire-Systems.....	148
	3.2.5.4	Fehlertolerante Spannungsversorgung.....	150
	3.2.5.5	Steer-by-Wire-Regelkreis.....	150
	3.2.5.6	Steer-by-Wire-Anwendungen.....	152
3.2.6		Brake-by-Wire.....	152
	3.2.6.1	Überblick.....	152
	3.2.6.2	Elektrohydraulisches Bremssystem.....	152
	3.2.6.3	Elektromechanisches Bremssystem.....	154
	3.2.6.3.1	Zielsetzung.....	154
	3.2.6.3.2	Systemaufbau.....	154
	3.2.6.3.3	Betätigungseinrichtung.....	154
	3.2.6.3.4	Radbremsmodule.....	155
	3.2.6.3.5	Sensorik.....	156
	3.2.6.3.6	Regelkonzepte.....	156
	3.2.6.3.7	Energieversorgung.....	157
	3.2.6.4	Hybrid-Bremssystem.....	157
	3.2.6.4.1	Motivation.....	157
	3.2.6.4.2	Systemaufbau.....	157
	3.2.6.4.3	Neue Funktionen.....	157
	3.2.6.4.4	Hinterachs-Aktor.....	158
3.3		Fahrdynamikregelung für Nutzfahrzeuge.....	160
	3.3.1	Nutzfahrzeug-Bremsanlage.....	160
	3.3.1.1	Einleitung.....	160
	3.3.1.2	Pneumatische Fremdkraftbremsanlage.....	160
	3.3.1.2.1	Bremsanlage für Zugfahrzeuge.....	160
	3.3.1.2.2	Bremsanlage für Anhängerfahrzeuge.....	160
	3.3.1.3	Elektronisch-pneumatische Bremsanlage.....	162
	3.3.1.3.1	Systemkomponenten einer elektronisch-pneumatischen Bremsanlage.....	163
	3.3.1.4	Differenzschlupfregelung.....	163
	3.3.1.5	Koppelkraftregelung.....	164
	3.3.1.6	Ausfallsicherheit.....	164
	3.3.1.7	Dauerbremsintegration.....	165
	3.3.2	Fahrdynamik-Regelung von Sattelzügen.....	165
	3.3.2.1	Einleitung.....	165
	3.3.2.2	Aufbau und Funktion der elektronischen Fahrdynamik-Regelung.....	166
	3.3.2.3	Schutz vor Umkippen.....	166
	3.3.2.4	Ausblick.....	167
3.4		Simulation von Fahrwerksystemen.....	167
	3.4.1	Modellbildung.....	167
	3.4.1.1	Anforderungen.....	167
	3.4.1.2	Gesamtfahrzeug.....	167
	3.4.2	Reifen.....	168
	3.4.2.1	Kraftübertragung.....	168
	3.4.2.2	Komfort-Modelle.....	168
	3.4.2.3	Halbempirische Modelle.....	169
	3.4.3	Rad- und Achskinematik.....	170
	3.4.3.1	Aufgaben.....	170
	3.4.3.2	Kinematische Modelle.....	170
	3.4.3.3	Komfort-Modelle.....	171
	3.4.3.4	Allgemeine Modelle.....	171
	3.4.3.5	Starrachsen.....	172
	3.4.4	Aufbaufederung.....	172
	3.4.4.1	Grundabstimmung.....	172
	3.4.4.2	Nichtlineare Kennlinien.....	173

3.4.4.3	Dynamische Kraftelemente	173
3.4.4.4	Mechatronische Bauelemente.....	174
3.4.5	Lenksystem	174
3.4.5.1	Minimal-Modell	174
3.4.5.2	Komponenten-Modell	175
3.4.6	Simulationsumgebung.....	176
3.4.6.1	Fahrbahn	176
3.4.6.2	Fahrer	176
4	Bordnetz und Vernetzung	179
4.1	Systemarchitekturen im Kraftfahrzeug.....	179
4.1.1	Einleitung.....	179
4.1.2	Definition von Systemdesign und Systemarchitektur.....	180
4.1.3	Gestaltungselemente einer Systemarchitektur.....	181
4.1.3.1	Das ISO/OSI-Schichtenmodell.....	181
4.1.3.2	Topologien	181
4.1.3.3	Steuergerätektechnologien	182
4.1.3.4	Vernetzungstechnologien	184
4.1.3.5	Kommunikationsrouting.....	185
4.1.4	Software-Architekturen.....	185
4.1.5	Systemdesignprozess	187
4.1.5.1	Generelle Vorgehensweise.....	187
4.1.5.2	Anforderungsmanagement	190
4.1.5.3	Funktionale Aufteilung und Vernetzung	191
4.1.5.4	Partitionierung der logischen Architektur auf eine technische Architektur	193
4.1.5.5	Vorgaben.....	194
4.1.6	Architekturbewertung	195
4.1.7	Zusammenfassung.....	195
4.2	Bussysteme, Vernetzung, verteilte Systeme	196
4.2.1	Grundlagen der Datenkommunikation	196
4.2.1.1	Einführung in die Datenkommunikation	196
4.2.1.2	Begriffsdefinitionen	197
4.2.2	ISO 9141-2 (K-Leitung)	202
4.2.3	SAE J1850	204
4.2.4	CAN	204
4.2.4.1	Übersicht	204
4.2.4.2	Physical Layer.....	205
4.2.4.2.1	Highspeed-CAN.....	205
4.2.4.2.2	Lowspeed-CAN	206
4.2.4.2.3	Single-Wire-CAN	207
4.2.4.3	Data Link Layer	208
4.2.4.4	Fehlererkennung.....	211
4.2.4.5	TTCAN	212
4.2.5	LIN	212
4.2.5.1	Einführung	212
4.2.5.2	LIN Physical Layer Specification.....	213
4.2.5.3	LIN Protocol Specification.....	214
4.2.5.4	LIN Diagnostic and Configuration Specification	216
4.2.5.5	LIN Application Programming Interface Specification	216
4.2.5.6	LIN Node Capability Language Specification	217
4.2.5.7	LIN Configuration Language Specification	217
4.2.6	FlexRay und TTP.....	217
4.2.6.1	Einleitung.....	217
4.2.6.2	FlexRay	217
4.2.6.3	TTP	221
4.2.7	Multimedia-Netzwerke	221
4.2.7.1	Einleitung.....	221
4.2.7.2	MOST	222

	4.2.7.2.1	Übersicht.....	222
	4.2.7.2.2	MOST-Devices	223
	4.2.7.2.3	MOST-Frames	225
	4.2.7.2.4	Hardware	225
	4.2.7.3	IDB-1394	226
	4.2.8	Gateway-Strategien	227
4.3		Fahrzeuggeneratoren	229
	4.3.1	Einleitung	229
	4.3.2	Aufbau eines Klauenpolgenerators	229
	4.3.3	Generatorbauart-Varianten.....	232
	4.3.4	Dreiphasenwechselfspannung	233
	4.3.5	Gleichrichtung der Dreiphasenwechselfspannung.....	234
	4.3.6	Spannungsregelung in herkömmlichen Systemen	236
	4.3.7	Spezielle Schutzmaßnahmen.....	239
	4.3.8	Generatorsysteme mit Mehrfunktionsregler.....	239
	4.3.9	Busgesteuertes Generatorsystem.....	241
	4.3.10	Leistungserhöhung durch Mittelpunktsdioden	242
	4.3.11	Spannungsregelung bei Schwungmagnet-Generatoren	243
	4.3.12	Diagnosemöglichkeiten der Kfz-Werkstatt	243
4.4		Starter-Generatoren	244
	4.4.1	Der Micro-Hybrid	244
	4.4.2	Der Mild-Hybrid	245
	4.4.3	Elektrische Antriebe für Starter-Generatoren.....	246
	4.4.3.1	Der indirekte elektrische Antrieb	246
	4.4.3.2	Der direkte elektrische Antrieb.....	247
	4.4.4	Die Elektronik	248
	4.4.5	Anforderungen an elektrische Energiespeicher	249
4.5		Batterien und Energiespeicher.....	249
	4.5.1	Überblick: Rolle der Energiespeicher	249
	4.5.2	Bleibatterie.....	250
	4.5.2.1	Elektrochemie des Bleiakkumulators	250
	4.5.2.2	Stand der Technik	252
	4.5.2.3	Aufbau des Bleiakkumulators	253
	4.5.2.4	Bauarten	255
	4.5.2.5	Eigenschaften von Bleibatterien.....	257
	4.5.2.6	Entwicklungstendenzen bei Bleiakkumulatoren für Fahrzeuge.....	260
	4.5.3	Elektrochemische Doppelschichtkondensatoren	261
	4.5.4	Nickel-Metallhydrid-Akkumulatoren.....	263
	4.5.4.1	Elektrochemie	264
	4.5.4.2	Stand der Technik	265
	4.5.4.3	Zellendesign.....	265
	4.5.4.4	Betriebs- und Alterungsverhalten.....	269
	4.5.5	Lithium-Ionen-Batterien	270
	4.5.5.1	Elektrochemie	271
	4.5.5.2	Stand der Technik	272
	4.5.5.3	Zellenkomponenten.....	273
	4.5.5.4	Zellendesign.....	275
	4.5.6	Anwendung elektrochemischer Speicher in Kraftfahrzeugen	276
	4.5.6.1	Bordnetz	276
	4.5.6.2	Elektrochemische Speichersysteme für Hybridfahrzeuge	278
4.6		Energiemanagement.....	281
	4.6.1	Übergeordnetes Energiemanagement.....	283
	4.6.2	Elektrisches Energiemanagement.....	284
	4.6.2.1	Generator-Sensierung.....	284
	4.6.2.2	Batterie-Sensierung.....	284
	4.6.2.2.1	Batteriesensor	285
	4.6.2.2.2	Batteriezustandserkennung	286
	4.6.2.3	Umfassende Strategien der elektrischen Energieverteilung.....	288

4.7	Simulation von Bordnetzen.....	289
4.7.1	Grundlagen der Bordnetz-Simulation.....	289
4.7.2	Methodenüberblick.....	289
4.7.3	Grundlagen von VHDL-AMS.....	290
4.7.4	Simulationsaufgaben.....	293
4.8	42-V-Bordnetz.....	301
4.8.1	Energienetz.....	303
4.8.1.1	Halbleitertechnologie.....	305
4.8.1.2	Energiespeicherung.....	305
4.8.1.3	Generatoren.....	306
4.8.1.4	Integrierter Startergenerator.....	306
4.8.1.5	Energiemanagement.....	307
4.8.1.6	Rekuperation.....	307
4.8.2	Verbrauchersysteme.....	308
4.8.2.1	Elektrisch beheizbarer Katalysator.....	308
4.8.2.2	Frontscheibenheizung.....	309
4.9	Entwicklungsprozess und Produktlebenszyklus.....	309
4.9.1	Einführung.....	309
4.9.2	Produktlebenszyklus.....	310
4.9.3	Systems Engineering.....	310
4.9.3.1	Projektmanagement.....	311
4.9.3.2	Risikomanagement.....	311
4.9.3.3	Konfigurationsmanagement.....	311
4.9.3.4	Änderungsmanagement.....	311
4.9.3.5	Testmanagement.....	312
4.9.3.6	Service-Management und Obsolescence-Management.....	312
4.9.4	Software-Qualitätssicherung.....	312
4.9.4.1	Begriffe und Definitionen.....	312
4.9.5	Flaschprozess in der Fahrzeugproduktion.....	314
5	Beleuchtung.....	315
5.1	Lichterzeugung und menschliche Wahrnehmung.....	315
5.1.1	Lichttechnische Größen und Einheiten.....	316
5.1.2	Künstliche Lichtquellen.....	317
5.1.2.1	Temperaturstrahler.....	317
5.1.2.2	Halogen-Glühlampen.....	317
5.1.2.3	Gasentladungslampen.....	318
5.1.2.4	Leuchtioden.....	320
5.1.3	Elektrische Versorgung und elektronische Ansteuerung.....	321
5.1.3.1	Vorschaltgeräte für das Betreiben von Lichtquellen.....	321
5.1.3.2	Bussysteme zur Lichtsteuerung.....	322
5.1.3.3	42-V-Bordnetz.....	322
5.2	Mensch im Verkehr.....	322
5.2.1	Objekte im Verkehrsraum.....	323
5.2.1.1	Photometrische Parameter.....	323
5.2.1.2	Geometrische Parameter.....	324
5.2.1.3	Kinematische Parameter.....	324
5.2.2	Sehen, wahrnehmen und erkennen.....	324
5.2.2.1	Kontrastempfindung.....	324
5.2.2.2	Unterschiedsempfindlichkeit.....	324
5.2.2.3	Sehschärfe.....	325
5.2.3	Dynamische Phänomene.....	325
5.2.4	Sichtverhältnisse.....	325
5.2.4.1	Blendung.....	326
5.2.4.2	Dämmerung und Nacht.....	326
5.2.4.3	Nebel, Regen, Schnee.....	326
5.2.4.4	Verkratzte oder unsaubere Windschutzscheiben.....	326

5.2.5	Fahrzeug, Straße und Verkehr	326
5.2.5.1	Straßenbelag	328
5.2.5.2	Fahrbahnmarkierungen	328
5.2.5.3	Verkehrsdichte und Verkehrsentwicklung	328
5.2.6	Gesetzliche Zulassungsvorschriften	328
5.3.	Scheinwerfer	329
5.3.1	Fahrzeuganbau und Funktion	329
5.3.2	Lichttechnischer Aufbau	331
5.3.2.1	Reflexionstechnik	332
5.3.2.2	Projektionssystem	333
5.3.2.3	Bi-Xenon und Schwenkmodul	333
5.3.3	Konstruktiver Aufbau	334
5.3.3.1	Bauformen und -systeme	334
5.3.3.2	Scheinwerferreinigung	336
5.3.3.3	Leuchtweitenregelung	336
5.3.3.4	Kurvenlichtsteuerung	337
5.3.4	Qualität in Entwicklung und Produktion	337
5.3.5	Tag- und Nachtdesign	338
5.3.6	Adaptives Licht	338
5.3.6.1	Lichtverteilungen	338
5.3.6.2	Komponenten	338
5.3.6.3	Lichtsysteme	339
5.3.7	LED-Scheinwerfer	340
5.4	Signalleuchten	341
5.4.1	Vorschriften zu Anbau und Funktionen	341
5.4.2	Konstruktiver Aufbau	342
5.4.3	Lichttechnische Konzepte	343
5.4.3.1	Reflektive Optiken	343
5.4.3.2	Lichtbrechende Optiken	343
5.4.3.3	Lichtleitoptiken	343
5.4.3.4	Mikrooptiken	344
5.4.4	Formensprache	344
5.4.4.1	Konventionell	344
5.4.4.2	Brillant	344
5.4.4.3	Linien-Design	344
5.4.4.4	Kontur	345
5.4.4.5	Farbvariationen	345
5.4.4.6	Zukünftige Stylingkonzepte	346
5.4.5	Signale mit höherem Informationsgehalt	346
5.4.5.1	Adaptives Signalbild	346
5.4.5.2	Steuerung	347
5.5	Innenleuchten	347
5.5.1	Innenlicht auch während der Fahrt	347
5.5.2	Raumgestaltung mit Licht und Farbe	349
5.5.2.1	Lichtfarbe	349
5.5.2.2	Farbwiedergabe	349
5.5.3	Lichtquellen für den Innenraum	349
5.5.3.1	Glühlampen	349
5.5.3.2	Leuchtdioden	349
5.5.3.3	Organische Leuchtdioden	350
5.5.3.4	Elektrolumineszenzfolien	350
5.5.3.5	Leuchtstofflampen	350
5.5.4	Komfort durch Beleuchtung	350
5.5.4.1	Ein- und Ausstiegsbeleuchtung	350
5.5.4.2	Funktionale Beleuchtung	351
5.5.4.3	Orientierungsbeleuchtung	353
5.5.4.4	Ambiente-Beleuchtung	353
5.5.5	Inszenierung durch intelligentes Innenlicht	354

6	Sicherheitssysteme	357
6.1	Passive Sicherheit	357
6.1.1	Einleitung	357
6.1.2	Die Rückhaltesysteme	357
6.1.2.1	Sicherheitsgurt mit Gurtstraffer	357
6.1.2.2	Fahrer- und Beifahrerairbag	358
6.1.2.3	Das zentrale Airbag-Steuergerät	360
6.1.2.4	Optimierte Frontairbag- und Gurtsysteme	361
6.1.2.5	Sitzbelegungserkennung und Innenraum-Überwachung	362
6.1.2.6	Seiten-, Kopf- und Knieairbags	364
6.1.2.7	Gasgenerator und Zündpille	365
6.1.3	Das vorausschauende Insassenschutzsystem	366
6.1.4	Überrollsensierung	366
6.1.4.1	Der Drehratensensor	367
6.1.4.2	Überschlagschutz bei offenen Fahrzeugen	367
6.1.5	Fußgängerschutz	367
6.1.5.1	Der Glasfaser-Biegesensor	368
6.1.5.2	Ausblick	369
6.2	Zugangs- und Fahrberechtigungssysteme	369
6.2.1	Systemfunktionen	370
6.2.2	Technik	372
6.2.2.1	System-Architektur im Fahrzeug	372
6.2.2.2	Komponenten	373
6.2.2.3	Sende- und Empfangstechnik	376
6.2.2.4	Notlauffunktionen des Systems	376
6.2.2.5	Gigahertz-Systeme	377
6.2.2.6	Biometrische Verfahren	378
7	Komfortsysteme	381
7.1	Einleitung	381
7.2	Bewegliche Dachsysteme	381
7.2.1	Schiebedächer	381
7.2.1.1	Komponenten und Architektur	381
7.2.1.2	Einklemmschutz	383
7.2.2	Cabriosysteme	385
7.2.2.1	Komponenten und Architektur	385
7.2.2.2	Systementwurf Zustandsautomat	385
7.2.2.3	Fehlertolerante Auslegung des Steuergerätes	387
7.2.2.4	Architektur der Software	387
7.3	Heiz- und Klimasysteme	388
7.3.1	Stand- und Zuheizsysteme	389
7.3.2	Steuergerätefunktionen	389
7.3.2.1	Systemfunktionen	389
7.3.2.2	Gerätefunktionen	390
7.3.2.3	Komponentenfunktionen	390
7.3.2.4	Systemvernetzung	391
7.3.2.5	Aufbau und Architektur des Steuergeräts	392
7.3.3	Klimasysteme in Nutzfahrzeugen und Bussen	393
8	Instrumentierung	395
8.1	Instrumente mit Zeigerantrieben	396
8.1.1	Drehmagnetquotienten-Messwerk	397
8.1.2	Schrittmotor-Messwerk	397
8.2	Digitale Anzeigeräte	397
8.2.1	LCD-Aktivmatrix	398
8.2.2	Vakuum-Fluoreszenz-Display	398
8.2.3	Organic Light Emitting Diodes	398

8.3	Beleuchtung	399
8.3.1	Lichtquellen	399
8.3.2	Integration in das Instrument.....	400
8.4	Instrumentierungsaufbau	400
8.4.1	Head-up-Display	401
8.4.2	Bordmonitore	402
8.5	Bedienelemente	402
8.5.1	Zentrale Bedienkonzepte.....	403
9	Fahrerassistenzsysteme und Verkehr	405
9.1	Fahrerassistenzsysteme in Personenkraftwagen	405
9.1.1	Übersicht.....	405
9.1.1.1	Fahrerinformationssysteme	405
9.1.1.2	Fahrzeugkommunikationssysteme.....	405
9.1.1.3	Prädiktive Fahrerassistenzsysteme	405
9.1.1.4	Systeme zur Fahrzeugstabilisierung	405
9.1.1.5	Systeme zur Erkennung des Fahrerzustands	406
9.1.2	Unfallursachen und daraus abgeleitete Fahrerassistenzsysteme	406
9.1.3	Kommunikation Fahrzeug-Fahrzeug und Fahrzeug-Infrastruktur	408
9.1.4	Sensoren für prädiktive Fahrerassistenzsysteme	408
9.1.4.1	Ultraschallsensoren	408
9.1.4.2	Radar	412
9.1.4.2.1	Grundlagen der Radartechnik	412
9.1.4.2.2	Nahbereichsradar 24 GHz.....	412
9.1.4.2.3	Fernbereichsradar 77 GHz	414
9.1.4.2.4	Radarsignalverarbeitung	417
9.1.4.2.5	Mechanischer Aufbau eines Radargeräts	419
9.1.4.2.6	Fahrzeugintegration	419
9.1.4.3	Video.....	420
9.1.4.3.1	Grundlagen Videotechnik	420
9.1.4.3.2	Videokamera.....	422
9.1.4.3.3	Bildverarbeitung	422
9.1.4.3.4	Videosystem für Kraftfahrzeuge	423
9.1.5	Rundumsichtsysteme, prädiktive Fahrerassistenzsysteme	424
9.1.5.1	Komfortsysteme	425
9.1.5.1.1	Einparkhilfe-System und Weiterentwicklungen.....	425
9.1.5.1.2	Geschwindigkeitsregelung, Limiter	426
9.1.5.1.3	Adaptiver Fahrgeschwindigkeitsregler.....	427
9.1.5.1.4	Fernbereichs-LIDAR	432
9.1.5.1.5	Spurwechselassistent.....	432
9.1.5.1.6	Systeme zur Verbesserung der Nachtsicht	433
9.1.5.2	Sicherheitssysteme	435
9.1.5.2.1	Prädiktive Sicherheitssysteme.....	435
9.2	Fahrerassistenzsysteme in Nutzfahrzeugen	437
9.2.1	Aktuelle Fahrerassistenzsysteme.....	437
9.2.1.1	Rückrollsperrung	437
9.2.1.2	Bremsassistent.....	438
9.2.1.3	Tempomat, Limiter und Abstandsregeltempomat	438
9.2.1.3.1	Antriebs- und Brems-tempomat	438
9.2.1.3.2	Limiter	439
9.2.1.3.3	Abstandsregeltempomat	439
9.2.1.4	Notbremssystem	440
9.2.1.5	Spurwächter	440
9.2.1.6	Fahrzeugumfeldüberwachung	441
9.2.2	In Entwicklung befindliche Fahrerassistenzsysteme	442
9.2.2.1	Stauassistent	442
9.2.2.2	Fahrerzustandserkennung	443

	9.2.2.3	Objekterkennung im toten Winkel	443
	9.2.2.4	Spurassistent mit Lenkeingriff	443
9.3		Verkehrsleitsysteme	444
	9.3.1	Verkehrsentwicklung	444
	9.3.2	Strategien der Verkehrsleitung	445
	9.3.3	Technische Voraussetzungen zur Verkehrsbeeinflussung	447
	9.3.3.1	Erfassungssysteme für Verkehrsflüsse	447
	9.3.3.2	Steuerungssysteme	448
	9.3.4	Mobilitätsmanagement	453
	9.3.4.1	INVENT	453
	9.3.4.2	Mobinet	454
	9.3.4.3	Grenzen der Verkehrslenkung	454
10		Telematik	457
10.1		Allgemeines	457
	10.1.1	Begriffsbestimmung	457
	10.1.2	Geschichtliche Entwicklung	458
	10.1.3	Systemarchitektur im Fahrzeug	459
	10.1.4	Systemarchitektur außerhalb des Fahrzeugs	459
	10.1.5	Schwierigkeiten und Herausforderungen	460
	10.1.6	Schnittstelle zwischen Mensch und Maschine	461
	10.1.7	Angebot und Nachfrage	462
10.2		Navigation	462
	10.2.1	Geschichte und Marktentwicklung	462
	10.2.2	Funktionsweise und Systemkomponenten	463
	10.2.2.1	Hardware zur Positionsbestimmung	464
	10.2.2.2	Navigationsdaten	466
	10.2.2.3	Hardware und Software für Navigation und Routenplanung	468
	10.2.2.4	Anzeige und Bedienung	474
	10.2.3	Navigation Services	476
10.3		Multimedia	478
	10.3.1	Entwicklung und Stand der Technik	478
	10.3.1.1	Audio-Komponenten	479
	10.3.1.2	Visuelle Komponenten	480
	10.3.1.3	Kommunikation	481
	10.3.1.4	Office-Komponenten	481
	10.3.1.5	Antennen und Empfangseinrichtungen	482
	10.3.2	Multimedia-Architektur	482
	10.3.3	Vernetzung interner Systeme	483
	10.3.4	Vernetzung externer Systemen	484
	10.3.4.1	Infrarot	484
	10.3.4.2	Bluetooth	484
	10.3.4.3	WLAN	486
11		Sensorik	489
11.1		Positions- und Winkelsensorik	489
	11.1.1	Überblick und Messprinzipien	489
	11.1.2	Klassifizierung	491
	11.1.2.1	Potentiometer	492
	11.1.2.2	Optische Sensoren	493
	11.1.2.3	Hallsensoren	495
	11.1.2.4	Magneto-resistive Sensoren	496
	11.1.2.5	PLCD-Sensoren	497
	11.1.2.6	Induktive Sensoren	498
	11.1.3	Anwendung	500
	11.1.3.1	Auswahl eines Messprinzips	500
	11.1.3.2	Elektrische Schnittstellen	502
	11.1.3.3	Anwendungsbeispiele	503

11.2	Mikrosensoren im Automobil	505
11.2.1	Einleitung.....	505
11.2.2	Mikrosystemtechnik.....	505
11.2.2.1	Silizium – Ausgangsmaterial der MEMS-Technologie	505
11.2.2.2	Fotolithographie	506
11.2.2.3	Dünnschichttechnik.....	507
11.2.2.4	Bulk- und Oberflächen-Mikromechanik.....	507
11.2.2.5	Wafer-Bonden.....	508
11.2.3	Sensoren im Automobil	509
11.2.3.1	Drucksensoren.....	509
11.2.3.2	Beschleunigungssensoren.....	510
11.2.3.3	Drehratensensoren.....	511
11.2.3.4	Massenfluss-Sensoren	513
11.2.3.5	Reifendrucksensor.....	513
11.2.4	Ausblick.....	514
12	Elektrische Aktorik.....	517
12.1	Einleitung.....	517
12.2	Kenngrößen von Aktoren.....	517
12.3	Elektromagnete	519
12.3.1	Elektrische Relais.....	520
12.3.2	Verriegelungsmagnete	520
12.3.3	Proportionalmagnete für Ventile.....	522
12.4	Pyrotechnische Aktoren	524
12.5	Piezo-Aktoren	525
12.6	Thermische Aktoren.....	526
12.6.1	Peltierelemente.....	526
12.6.2	PTC-Heizer	526
12.6.3	Dehnstoffelemente	527
12.6.4	Bimetall-Schalter	528
12.6.5	Magnetschalter.....	528
13	Elektronik Hardware.....	529
13.1.	Anforderungen	529
13.1.1	Allgemeine Anforderungen und Methoden.....	529
13.1.1.1	Qualität und Methoden.....	529
13.1.1.2	Zulässige Ausfallraten.....	529
13.1.1.3	Qualifikationen.....	529
13.1.1.4	Gesetze und Normen	530
13.1.2	Umwelteinflüsse	530
13.1.2.1	Fehlerursachen elektrischer Ausfälle.....	530
13.1.2.2	Umweltbelastungen als Fehlerursachen	530
13.1.2.3	Ablauf von Zuverlässigkeitsprüfungen und Qualifikationen.....	531
13.1.2.4	Kennzahlen für Zuverlässigkeitsprüfungen	531
13.1.2.5	IP-Schutzarten.....	532
13.1.3	Sicherheitssystemspezifische Methoden	532
13.1.3.1	Verwendete Begriffe	533
13.1.3.2	Anforderungen an die Spezifikation.....	533
13.1.3.3	Maßnahmen im Entwicklungsprozess	533
13.1.3.4	Einkanalige Systemstrukturen zur Beherrschung von Fehlern	534
13.1.3.5	Mehrkanalige Systemstrukturen zur Beherrschung von Fehlern	534
13.1.3.6	Ausführung der Überwachung und Fehlererkennung.....	535
13.2	Bauelemente	537
13.2.1	Leistungshalbleiter	537
13.2.2	Netzteilkomponenten	537
13.2.2.1	Linearregler	537
13.2.2.2	Schaltwandler.....	537
13.2.2.3	Zusätzliche netzteilintegrierte Funktionen	538

13.2.3	Mikrocontroller	538
13.2.3.1	Zeitlicher Werdegang von Mikrocontrollern	539
13.2.3.2	Systemarchitektur	539
13.2.3.3	Interne Funktionsblöcke	540
13.2.3.4	Peripherie und Busvarianten	541
13.2.4	Stecker und Kabel	544
14	Mechatronische Systeme	545
14.1	Einführung und Überblick	545
14.2	Mechatronische Systeme im Antrieb	548
14.2.1	Abgasturbolader mit variabler Turbinengeometrie	548
14.2.2	Diesel-Einspritzsysteme	550
14.2.3	Mechatronische Getriebesteuerungen	550
14.3	Mechatronische Systeme im Komfortbereich	553
14.3.1	Integrierte mechatronische Auslegung einer Tür-Zuziehhilfe	553
14.3.2	Nutzung mechatronischer Synergiepotentiale bei Dachmodulen	560
14.3.3	Hardware-in-the-Loop-Simulation im Komfortbereich	563
15	Elektromagnetische Verträglichkeit	569
15.1	Motivation	569
15.1.1	Entwicklungstendenzen Automobil	569
15.1.2	EM-Systeme und Funktionen im Automobil	569
15.1.3	Betrachtung der EMV	569
15.2	Allgemeines zur EMV	570
15.2.1	Begriffe und Erläuterungen	570
15.2.2	EMV-Komplexität und Schutzziele im Kfz	571
15.2.3	EMV Planung	572
15.2.4	Störquellen, Störsenken, Kopplungsmechanismen	572
15.2.4.1	Galvanische Kopplung	572
15.2.4.2	Feldgebundene Kopplung	574
15.2.4.2.1	Induktive Kopplung	574
15.2.4.2.2	Kapazitive Kopplung	575
15.2.4.2.3	Wellenbeeinflussung	575
15.2.4.3	Strahlungsbeeinflussung	575
15.2.4.4	Elektrostatische Entladung	576
15.2.5	Störmechanismen und Signale	576
15.2.6	EMV-Verbesserungsmaßnahmen	577
15.3	EMV im Fahrzeug	577
15.3.1	Elektronik und Steuergeräte	579
15.3.2	Mechatronik	580
15.3.3	Bordnetz und Kabelbaum	581
15.3.4	Karosserie und Massepunkte	582
15.3.5	Gehäuse, Koppellemente und weitere Systeme	582
15.3.6	Antennen	583
15.3.7	Zündanlagen	584
15.4	EMV-Simulation und Feldberechnung	585
15.4.1	Modellierung und Simulation	586
15.4.2	Elektromagnetische Felder und Wellen	586
15.4.3	Numerische Analyse elektromagnetischer Felder	587
15.4.4	Numerische Verfahren	588
15.4.4.1	Numerische Lösung mit Hilfe der FEM	588
15.4.4.2	Numerische Lösung mit Hilfe der BEM	588
15.4.4.3	BEM-FEM-Kopplung	588
15.4.5	Methoden und Werkzeuge	589
15.5	Messtechnik und Messmethoden	589
15.5.1	Komponenten- und Gesamtfahrzeugprüfung	590

15.5.2	Messplätze und Messräume	591
15.5.2.1	Freifeldmessungen	591
15.5.2.2	Geschirmte Kabinen und Absorberhalle	591
15.5.3	Nachbildung des Bordnetzes bei Komponentenmessungen	593
15.5.4	Störaussendungsmessungen	593
15.5.4.1	Funkentstörung.....	593
15.5.4.1.1	Breitbandige und schmalbandige Störungen	593
15.5.4.1.2	Messempfänger-Detektoren	593
15.5.4.1.3	Fahrzeug-Nahentstörung.....	594
15.5.4.1.4	Fahrzeug-Fernentstörung	595
15.5.4.1.5	Funkentstörung auf Komponentenebene.....	595
15.5.4.2	Messung der impulsförmigen Störaussendung	595
15.5.5	Störfestigkeitsprüfmethoden	596
15.5.5.1	Schmalbandige hochfrequente Störquellen außerhalb des Fahrzeugs.....	596
15.5.5.1.1	Antennenmethode	596
15.5.5.1.2	Stromeinspeisung.....	597
15.5.5.1.3	TEM-Zelle	598
15.5.5.1.4	Stripline	600
15.5.5.1.5	Direkte Leistungseinkopplung	602
15.5.5.2	Störfestigkeit gegen Sender im Fahrzeug	602
15.5.5.3	Niederfrequente magnetische Felder	603
15.5.5.4	Elektrostatische Entladungen	603
15.5.5.5	Kfz-Impulse	604
15.5.5.5.1	Störfestigkeitsprüfung auf Versorgungsleitungen	604
15.5.5.5.2	Störfestigkeitsprüfung auf Nicht-Versorgungsleitungen	605
15.6	Normen und Richtlinien	605
15.6.1	Gesetzliche Anforderungen für Fahrzeuge	605
15.6.1.1	Die Kfz-EMV-Richtlinie 72/245/EWG	606
15.6.1.1.1	Das Typgenehmigungsverfahren	606
15.6.1.1.2	Prüfungen im Rahmen der Typgenehmigung	607
15.6.1.1.3	Kennzeichnung	607
15.6.2	Fahrzeugherstellerspezifische Vorschriften	608
16	Diagnose	609
16.1	Was verbirgt sich hinter dem Begriff Diagnose?.....	609
16.2	Aufgaben der Diagnose.....	611
16.2.1	Der Steuergerätelebenszyklus	611
16.2.2	Heutige Anwendungsfälle der Diagnose	612
16.2.3	Ein kurzer Blick ins Steuergerät.....	613
16.3	Diagnosekommunikation	615
16.3.1	Allgemeine Vorbemerkungen	615
16.3.1.1	Onboard-Kommunikation	615
16.3.1.2	Offboard-Kommunikation	616
16.3.1.3	Client-Server-Prinzip	616
16.3.2	Kommunikationswege im Fahrzeug.....	616
16.3.3	Grundlagen der Diagnosekommunikation.....	617
16.3.3.1	Bestätigte und Rundruf-Kommunikation.....	617
16.3.3.2	Nachrichtenfluss in der Diagnosekommunikation.....	618
16.3.3.3	Adressierungsarten	618
16.3.3.3.1	Physikalische Adressierung	619
16.3.3.3.2	Funktionale Adressierung	619
16.3.3.4	Prinzipien der Diagnosekommunikation	620
16.3.3.5	Arten der Diagnosenachrichten	620
16.3.3.5.1	Anfrage	620
16.3.3.5.2	Antworten	620
16.3.4	Diagnoseprotokolle und das ISO/OSI-Referenzmodell.....	620
16.3.4.1	Die Schichten des ISO/OSI-Referenzmodelles	622
16.3.4.2	Der Header-Mechanismus des ISO/OSI-Referenzmodells	623

16.3.4.3	Protocol Data Unit.....	623
16.3.4.4	Normale und erweiterte Adressierung.....	623
16.3.4.5	Datensegmentierung.....	624
16.3.4.6	Kommunikationsparameter.....	625
16.3.4.7	Der Diagnosedienst.....	627
16.3.5	Sicherheit der Diagnosekommunikation.....	627
16.3.6	Diagnoseprotokolle.....	628
16.3.6.1	Historie der Diagnoseprotokolle.....	628
16.3.6.2	Grundlagen der Keywordprotokolle.....	629
16.3.6.3	Begriffsklärung für Diagnoseprotokolle nach den ISO-Normen.....	629
16.4	Unified Diagnostic Services.....	632
16.4.1	Motivation.....	632
16.4.2	Sub-Function.....	632
16.4.3	Service-Parameter.....	633
16.4.4	Diagnosedienste der UDS-Norm.....	633
16.4.5	Zustandsautomaten am Beispiel UDS.....	633
16.4.5.1	Zustandsübergänge zwischen den Sessions.....	634
16.4.6	Standardisierte Fehlercodes.....	635
16.4.7	Beispiel einer Diagnosesitzung mit Unified Diagnostic Services.....	635
16.5	On-Board-Diagnose.....	636
16.5.1	Historie.....	636
16.5.2	OBD-Funktionalität.....	636
16.5.3	Der OBD-Stecker.....	637
16.6	Datenaustauschformat und erweitertes V-Modell.....	638
16.6.1	Was ist ein Datenaustauschformat?.....	638
16.6.2	Motivation für einen Datenaustauschstandard.....	638
16.6.3	Anforderungen an ein standardisiertes Datenaustauschformat.....	639
16.6.4	Diagnoseprozesskette und erweitertes V-Modell.....	639
16.7	ODX-Überblick.....	640
16.7.1	Aufgaben.....	640
16.7.2	Historie des ASAM e.V.....	640
16.7.2.1	Das ASAM-MCD-System.....	640
16.7.3	Datenaustauschformate und -prozesse.....	642
16.7.3.1	Datenaustauschformate für normale Kommunikation.....	644
16.7.3.2	Datenaustauschformat für Diagnose.....	644
16.7.4	Bestandteile des Standards ODX.....	646
16.7.4.1	Diagnosedaten.....	646
16.7.4.2	Flashdaten.....	647
16.7.4.3	Fahrzeuginformationen.....	647
16.7.4.4	Kommunikationsparameter.....	648
16.7.4.5	Steuergeräteübergreifende Abläufe.....	648
16.7.4.6	Redundanzvermeidung durch Vererbung.....	648
16.7.5	Datenpool und Datenbasis.....	649
16.7.6	Autorensysteme.....	649
16.7.6.1	Konsistenzprüfungen.....	649
16.7.6.2	MCD-Projekt.....	649
17	Software-Entwicklung.....	651
17.1	Entwicklungsprozesse, Methoden und Werkzeuge.....	651
17.1.1	Einleitung.....	651
17.1.2	Prozessstandards und Software-Qualitätsmodelle.....	651
17.1.3	Modellbasierte Funktionsentwicklung.....	654
17.1.4	Software-Komponenten und architekturbasierter Entwurf.....	655
17.2	Rapid Control Prototyping.....	656
17.2.1	Überblick.....	656
17.2.2	Fullpass.....	658

17.2.3	Bypassing.....	659
17.2.3.1	Hardwartechnische Realisierung.....	659
17.2.3.2	Softwaretechnische Realisierung.....	660
17.2.3.3	Steuergeräteinternes Bypassing.....	661
17.2.4	Mischformen von Fullpass und Bypassing.....	662
17.2.5	RCP in verteilten Systemen.....	662
17.3	Automatische Seriencode-Generierung.....	662
17.3.1	Motivation und Nutzen.....	662
17.3.2	Anforderungen und Werkzeugeigenschaften.....	663
17.3.3	Einbindung in den Entwicklungsprozess.....	664
17.3.4	Unterstützung relevanter Standards.....	665
17.3.5	Qualität und Support.....	667
17.4	Hardware-in-the-Loop-Simulation.....	667
17.4.1	Motivation und Nutzen.....	667
17.4.2	Rollenverteilung im Test von Steuergeräte-Software.....	668
17.4.3	Komponenten eines HIL-Simulators.....	670
17.4.3.1	Hardware.....	670
17.4.3.2	Software.....	672
17.4.4	Einbindung in den Elektronik-Entwicklungsprozess.....	673
17.5	Software-Testen.....	675
17.5.1	Grundbegriffe des Testens.....	675
17.5.2	Klassifikation der Testmethoden.....	675
17.5.3	Funktionales Testen.....	676
17.5.4	Strukturelles Testen.....	677
17.5.5	Nichtfunktionales Testen.....	677
17.5.6	Formale Verifikation.....	678
17.5.7	Testen in der Funktionsentwicklung.....	678
17.5.8	Test von Steuergeräten.....	678
17.5.9	Testmanagement.....	679
17.6	Steuergeräte-Applikation.....	679
17.6.1	Einführung.....	679
17.6.2	Applikation von Motorsteuerungen.....	680
17.6.3	Software-Stand und Beschreibungsdateien für Steuergeräte.....	680
17.6.4	Mess- und Applikationssysteme.....	681
17.6.4.1	Verstellen und Messen.....	681
17.6.4.2	Offline- und Online-Applikation.....	682
17.6.4.3	Steuergeräte-Schnittstellen zum Messen und Applizieren.....	682
17.6.5	Ausblick in die Zukunft.....	683
Anhang		
A	Schaltzeichen und Schaltpläne.....	685
A 1	Einleitung.....	685
A 2	Klemmbezeichnungen in der Kfz-Technik nach DIN 72552.....	686
A 3	Geräte kennzeichen nach DIN 40719-2 und DIN EN 61346-2.....	689
A 4	Schalt Symbole nach DIN EN 60617.....	690
A 5	Schaltpläne nach DIN 40719.....	692
A 5.1	Übersichtsschaltplan.....	692
A 5.2	Anschlussplan.....	693
A 5.3	Stromlaufplan.....	694
B	EMV-Normenübersicht für Fahrzeuge und Komponenten.....	695
Sachwortverzeichnis.....		697