

# Inhalt

Vorwort .....	V
<b>1 Bussysteme .....</b>	<b>1</b>
1.1 Grundlagen digitaler Bussysteme .....	2
1.1.1 Grundbegriffe .....	2
1.1.2 Das ISO/OSI-Referenzmodell .....	3
1.1.3 Kommunikationsprinzipien .....	6
1.1.4 Protokollprinzipien .....	6
1.1.5 Topologien .....	7
1.1.6 Systembausteine zur Kopplung von Bussystemen .....	7
1.1.7 Buszugriffsverfahren .....	8
1.1.8 Prinzipien der Datensicherung und der Fehlerkontrolle .....	10
1.2 Bussysteme im Fahrzeug .....	13
1.2.1 Anforderungen an Bussysteme im Fahrzeug .....	13
1.2.2 CAN .....	14
1.2.3 LIN .....	20
1.2.4 Flexray .....	23
1.2.5 MOST .....	32
1.2.6 Kommunikationsarchitekturen im Fahrzeug .....	34
<b>2 Echtzeitbetriebssysteme .....</b>	<b>35</b>
2.1 Allgemeines zu Echtzeitbetriebssystemen .....	35
2.1.1 Grundlegende Begriffe .....	35
2.1.2 Echtzeitbegriffe .....	36
2.1.3 Prozess und Prozesszustände .....	39
2.1.4 Kontextwechsel .....	39
2.1.5 Scheduling .....	40
2.1.6 Vertreter von Echtzeitbetriebssystemen .....	41
2.2 OSEK/VDX .....	42
2.2.1 Historie .....	42
2.2.2 Grundlegende Eigenschaften von OSEK-Betriebssystemen .....	42
2.2.3 Betriebsmittel .....	44
2.2.4 Skalierbarkeit .....	47
2.2.5 Prioritätssteuerung .....	47
2.2.6 Konfiguration .....	48
2.2.7 Hochlauf .....	50
2.2.8 Kommunikation .....	51
2.2.9 Netzwerk-Management .....	51
2.2.10 OSEK/VDX-Erweiterungen .....	51
2.3 AUTOSAR .....	52
2.3.1 Entwicklungshistorie und Roadmap .....	52
2.3.2 Softwarekomponenten .....	53
2.3.3 Kommunikationsarten .....	54

2.3.4	Basissoftware .....	55
2.3.5	Virtueller Funktionsbus .....	57
2.3.6	Laufzeitumgebung .....	58
2.3.7	AUTOSAR-OS .....	59
2.3.8	Ausblick .....	60
<b>3</b>	<b>Funktions- und Softwareentwicklung .....</b>	<b>61</b>
3.1	Charakteristika eingebetteter Systeme im Fahrzeug .....	62
3.1.1	Grundbegriffe der Systemtheorie .....	62
3.1.2	Strukturierung, Modellierung und Beschreibung .....	62
3.1.3	Steuergeräte und Mikrocontroller .....	65
3.1.4	Zuverlässigkeit, Sicherheit und Überwachung .....	67
3.2	Vorgehensmodelle, Normen und Standards .....	67
3.2.1	Normen und Vorgehensmodelle .....	68
3.2.2	Übergreifende technische Standards .....	71
3.3	Funktions- und Softwareentwicklung nach dem V-Modell .....	72
3.3.1	Konkretisierung des V-Modells .....	72
3.3.2	Anforderungsmanagementprozesse .....	74
3.3.3	Architekturfestlegung .....	76
3.3.4	Komponentenfestlegung .....	79
3.3.5	Integration .....	81
3.3.6	Applikation .....	82
3.3.7	Abnahme .....	83
3.4	Methoden in der Funktions- und Softwareentwicklung .....	84
3.4.1	Anforderungsmanagement .....	84
3.4.2	Testmethoden .....	89
<b>4</b>	<b>Sensorik .....</b>	<b>95</b>
4.1	Sensoren und ihre Eigenschaften .....	95
4.1.1	Grundbegriffe .....	95
4.1.2	Intensive und extensive Messgrößen .....	96
4.1.3	Statische und dynamische Eigenschaften von Sensoren .....	96
4.2	Anforderungen an Sensoren .....	99
4.3	Partitionierung von Sensoren .....	100
4.4	Sensorschnittstellen .....	101
4.4.1	Spannungsschnittstelle für induktive Sensoren .....	101
4.4.2	Analoge, ratiometrische Schnittstelle .....	101
4.4.3	Zweidrahtschnittstelle .....	103
4.4.4	Dreidrahtschnittstelle .....	104
4.4.5	Sensoranbindung über Bussysteme .....	105
4.5	Potentiometrische Winkelsensoren .....	106
4.6	Magnetische Sensoren zur Drehzahl- und Winkelbestimmung .....	107
4.6.1	Grundlagen des Magnetismus .....	107
4.6.2	Partitionierung magnetischer Sensoren .....	112
4.6.3	Induktive Drehzahlsensoren .....	113
4.6.4	Differentielle Hall-Sensoren zur Drehzahlmessung .....	114
4.6.5	AMR-Sensoren als Drehzahlsensoren .....	116
4.6.6	Hall-Sensoren als inkrementelle Positionssensoren .....	116

4.6.7	Hall-Sensoren als lineare Winkelsensoren .....	118
4.6.8	AMR-Sensoren als Winkelsensoren .....	119
4.7	Drucksensoren .....	120
4.8	Beschleunigungssensoren .....	122
4.9	Drehratensensoren .....	125
4.9.1	Messprinzip von Drehratensensoren .....	125
4.9.2	Aufbau und Funktionsweise von Drehratensensoren .....	127
4.10	Fertigung von mikromechanischen Sensoren .....	129
4.11	Regensensor .....	131
<b>5</b>	<b>Steuerung und Regelung von Otto- und Dieselmotoren .....</b>	<b>133</b>
5.1	Einleitung .....	133
5.2	Arbeitsweise von Verbrennungsmotoren .....	133
5.2.1	Motoren mit Direkteinspritzung .....	134
5.2.2	Motoren mit Saugrohreinspritzung .....	135
5.3	Aufbau und Aufgaben von Motorsteuerungssystemen .....	135
5.3.1	Anforderungen an Motorsteuergeräte .....	135
5.3.2	Aufbau der Steuergeräteelektronik .....	136
5.3.3	Aufgaben von Motorsteuerungssystemen .....	137
5.4	Funktionsstruktur von Motorsteuerungen .....	138
5.4.1	Drehmomentenbasierte Grundstruktur .....	138
5.4.2	Koordination von Momentenanforderungen .....	139
5.4.3	Filterung und Korrektur der Momentenanforderung .....	141
5.4.4	Koordination der Momentenumsetzung .....	142
5.4.5	Betriebsartenumschaltung .....	143
5.5	Füllungsfunktionen .....	143
5.5.1	Füllungssteuerung .....	144
5.5.2	Füllungserfassung .....	144
5.5.3	Aufladung .....	146
5.6	Gemischbildung .....	149
5.6.1	Ottomotor mit Direkteinspritzung .....	149
5.6.2	Ottomotor mit Saugrohreinspritzung .....	151
5.6.3	Zündungsfunktionen .....	151
5.6.4	Klopregelung .....	156
5.6.5	Dieselmotor mit Direkteinspritzung .....	157
5.6.6	Einspritzsysteme .....	160
5.7	Weitere wichtige Motorsteuerungsfunktionen .....	164
5.7.1	Leerlaufregelung .....	164
5.7.2	Laufrohrregelung .....	165
5.7.3	Nullmengenkalibrierung und Verbrennungserkennung beim Dieselmotor ..	165
5.7.4	Thermische Starthilfe beim Dieselmotor .....	166
5.8	Abgasfunktionen .....	167
5.8.1	Abgasgesetzgebung .....	167
5.8.2	Abgasnachbehandlung beim Ottomotor .....	168
5.8.3	Abgasnachbehandlung beim Dieselmotor .....	171
5.9	Diagnose .....	177
5.9.1	Gesetzliche On-Board-Diagnose .....	177
5.9.2	Diagnosefunktionen .....	178

<b>6</b>	<b>Getriebesteuerung</b>	183
6.1	Schaltpunktsteuerung	183
6.2	Geregelte Lastschaltung	185
6.2.1	Systemerklärung	185
6.2.2	Adaptive Drucksteuerung mit Kriterium „Schleifzeit“	188
6.2.3	Adaptive Drucksteuerung mit Kriterium „Reglereingriff“	190
6.3	Geregelte Wandlerkupplung	192
6.3.1	Systemerklärung	193
6.3.2	Regelung	194
6.3.3	Generierung und Anpassung des Sollwertes	194
6.3.4	Adaption	196
<b>7</b>	<b>Elektrische Energieversorgung</b>	201
7.1	Topologie der Ein- und Mehrspannungsbordnetze	201
7.1.1	12-V-Einspannungsbordnetz mit einer Batterie	201
7.1.2	Einspannungsbordnetz mit zwei Batterien	202
7.1.3	42-V-Einspannungsbordnetz	203
7.1.4	Mehrspannungsbordnetz im Schutz-Kleinspannungsbereich	203
7.1.5	Mehrspannungsbordnetz im Klein- und Niederspannungsbereich	205
7.1.6	Leitungssatz	205
7.2	Batterien und ergänzende Energiespeicher	206
7.2.1	Einführung	206
7.2.2	Batterien als Energiespeicher	207
7.2.3	Kondensatoren als ergänzende Energiespeicher	210
7.3	Fahrzeuggeneratoren	211
7.3.1	Einleitung	211
7.3.2	Klauenpolgenerator	211
7.3.3	Startergenerator	219
7.4	Elektrisches Energiemanagement	225
7.4.1	Fahrzustände und Leistungsbilanz	225
7.4.2	Regelung der Energieversorgung	227
7.4.3	Batteriesensorik	229
7.4.4	Batteriezustandserkennung	231
7.4.5	Bordnetzkomponenten des Energiemanagements	232
7.4.6	Last- und Generatormanagement	235
<b>8</b>	<b>Komfortelektronik</b>	239
8.1	Überblick	239
8.2	Allgemeine Anforderungen	239
8.2.1	Elektrische Anforderungen	239
8.2.2	Mechanische Anforderungen	240
8.2.3	Umweltanforderungen	241
8.3	Anforderungen an die Software	241
8.4	Vernetzung der Steuergeräte	242
8.5	Fensterheberelektronik	243
8.6	Türsteuergeräte	245
8.7	Sitzsteuergeräte	247
8.8	Klimasteuergeräte	249

<b>9 Sicherheitsaspekte und funktionale Sicherheit</b>	251
9.1 Definitionen von Begriffen	251
9.2 Gesetze, Normen und Entwicklungsprozess	253
9.2.1 Normen und Standards	254
9.2.2 Entwicklungsprozess	257
9.3 Analyse der Systemzuverlässigkeit und Systemsicherheit	258
9.3.1 Fehlerarten	258
9.3.2 Annahmen	258
9.3.3 Zuverlässigkeitsfunktion und Ausfallwahrscheinlichkeit	259
9.3.4 Ausfallrate	259
9.3.5 Safe Failure Fraction	261
9.3.6 Diagnoseüberdeckung	263
9.3.7 Hardwarefehlertoleranz	263
9.3.8 Typische Beispielgrößen	263
9.3.9 Verfügbarkeitskenngrößen	265
9.3.10 Zuverlässigkeitsfunktionen für Gesamtsysteme	265
9.4 Risikoabschätzung	267
9.4.1 Grundlagen	267
9.4.2 Risikoabschätzung und Safety Integrity Level	267
9.4.3 Zusammenhang zwischen verschiedenen Kenngrößen	268
9.4.4 Weitere Methoden der Risikoabschätzung	270
9.5 Methoden der Fehlererkennung	273
9.5.1 Fehlererkennung auf Prozessorebene	273
9.5.2 Fehlererkennung auf Programmausführungsebene	275
9.5.3 Fehlererkennung auf Systemebene	275
9.6 Fehlerbehandlung	275
9.6.1 Sicherheitslogik	275
9.6.2 Einkanalige Systemstrukturen zur Beherrschung von Fehlern	276
9.6.3 Mehrkanalige Systemstrukturen zur Beherrschung von Fehlern	277
9.7 Mögliche Realisierungen	278
9.8 Umwelteinflüsse	279
9.8.1 Fehlerursachen elektrischer Ausfälle	279
9.8.2 Umweltbelastungen als Fehlerursache	280
<b>10 Passive Sicherheit</b>	283
10.1 Grundlagen der Crashdynamik für die passive Sicherheit	284
10.2 Sicherheitselektronik und Rückhaltesysteme	285
10.3 Sicherheitskonzept und Algorithmus	290
10.4 Sitzbelegungserkennung und Insassenklassifizierung	293
10.5 Überrollschutz	295
10.6 Fußgängerschutz	297
<b>11 Fahrwerksregelsysteme und aktive Sicherheit</b>	301
11.1 Grundlagen	301
11.1.1 Grundlagen der Fahrdynamik	301
11.1.2 Grundlagen der Bremshydraulik	305
11.2 Brems- und Antriebsmomentenregelung	307
11.2.1 Anti-Blockier-System	307

11.2.2	Antriebs-Schlupf-Regelung und Motor-Schleppmoment-Regelung .....	310
11.2.3	Bremsassistent .....	312
11.3	Fahrdynamik-Regelung .....	313
<b>12</b>	<b>Fahrerassistenzsysteme .....</b>	<b>321</b>
12.1	Einleitung .....	321
12.1.1	Fahrerassistenz- und Fahrdynamikregelsysteme .....	321
12.1.2	Motivation .....	322
12.1.3	Rechtliche Randbedingungen .....	323
12.2	Umgebungserfassung .....	324
12.2.1	Relevante Größen .....	325
12.2.2	Ultraschallsensoren .....	325
12.2.3	Radar .....	329
12.2.4	Lidar .....	333
12.2.5	Kamera .....	336
12.3	Vernetzte Umgebungserfassung .....	339
12.3.1	Abdeckungsbereiche .....	339
12.3.2	Sensorfusion und Sensordatenfusion .....	340
12.3.3	Mathematische Methoden der Datenfusion .....	341
12.4	Parken und Rangieren .....	342
12.4.1	Passive Systeme .....	343
12.4.2	Anzeigende Systeme .....	343
12.4.3	Abstandsinformationssysteme .....	349
12.4.4	Parkhilfen .....	351
12.5	Abstand und Geschwindigkeit .....	352
12.5.1	Geschwindigkeitsregelsystem .....	352
12.5.2	Limiter .....	353
12.5.3	Adaptive Cruise Control .....	353
12.5.4	Kollisionsvermeidende Systeme .....	356
12.6	Abkommen von der Fahrbahn und Spurwechsel .....	359
12.6.1	Spurverlassenswarnung .....	359
12.6.2	Spurhaltesysteme .....	360
12.6.3	Spurwechselassistentz .....	361
12.7	Sichtverbesserung .....	361
12.7.1	Nachtsichtassistenten .....	361
12.7.2	Lichtassistenten .....	364
12.8	Nutzfahrzeuge .....	366
<b>13</b>	<b>Navigationssysteme .....</b>	<b>369</b>
13.1	Einführung in moderne Fahrzeugnavigationssysteme .....	369
13.2	Komponenten eines Navigationssystems .....	370
13.2.1	Benutzerschnittstelle .....	371
13.2.2	Datenbank .....	372
13.2.3	Positionierung .....	374
13.2.4	Map-Matching .....	375
13.2.5	Routenberechnung .....	376
13.2.6	Zielführung .....	380

<b>14 Lichttechnik</b>	383
14.1 Formeln und Einheiten der Lichttechnik	383
14.1.1 Von der strahlungsphysikalischen zur lichttechnischen Größe	383
14.1.2 Spektrale Empfindlichkeit des Auges	384
14.1.3 Lichtstrom	386
14.1.4 Raumwinkel	387
14.1.5 Lichtstärke	388
14.1.6 Beleuchtungsstärke	389
14.1.7 Leuchtdichte	390
14.2 Lichttechnische Stoffkennzahlen	391
14.3 Photometrie	392
14.3.1 Photometrisches Grundgesetz	392
14.3.2 Photometrisches Entfernungsgesetz	393
14.4 Farbmeterik	394
14.4.1 Begriffsbildung	394
14.4.2 Von der strahlungsphysikalischen zur farbmeterischen Größe	394
14.4.3 Grundspektralwertkurven	395
14.4.4 Die Farbtafel	396
14.4.5 Farbtemperatur	397
14.5 Farbe im Verkehrsraum	399
14.6 Lichttechnische Einrichtungen am Fahrzeug	399
14.7 Lichtquellen und deren elektrische Eigenschaften	402
14.7.1 Temperaturstrahler	402
14.7.2 Halogen-Lampen	402
14.7.3 Gasentladungslampen	403
14.7.4 Leuchtdioden	405
14.8 Frontbeleuchtungssysteme	406
14.8.1 Leuchtweitenregulierung	407
14.8.2 Kurvenlicht	408
14.8.3 Variable Lichtverteilungen	409
14.8.4 Absicherung und Ansteuerung	411
<b>15 Diagnose</b>	417
15.1 Begriffsdefinitionen	417
15.1.1 Der erweiterte Diagnosebegriff	417
15.1.2 Steuergeräte-Fehlercodes	417
15.1.3 Diagnosedienste, Messwerte, Ansteuerungen	417
15.1.4 Steuergeräte-Programmierung	418
15.1.5 Steuergeräte-Konfiguration	418
15.2 Diagnose-Entwicklungsprozess	419
15.2.1 Diagnose als Funktion im Steuergerät	419
15.2.2 Beteiligte am Diagnose-Entwicklungsprozess	419
15.2.3 Entwicklungsprozess für Diagnosedaten	420
15.2.4 Erweitertes V-Modell für die Diagnose	421
15.2.5 Definition der Diagnoseinhalte	422
15.2.6 Diagnosefunktionen im Steuergerät	422
15.2.7 Test und Integration	423

15.3	Diagnosestandards .....	423
15.3.1	Organisationen zur Standardisierung .....	423
15.3.2	Diagnose-Kommunikationsprotokolle .....	423
15.3.3	Architekturmodell des Diagnose-Kommunikationssystems .....	424
15.3.4	Diagnose-Kommunikationsinterface und Bussystemschnittstelle .....	425
15.3.5	Diagnose-Kommunikationsdaten .....	426
15.3.6	Diagnose-Anwendungsschnittstelle .....	426
15.4	Diagnose in der Fahrzeugproduktion .....	427
15.4.1	Diagnoseprozesse in der Fahrzeugproduktion .....	427
15.4.2	Diagnose-Testgeräte in der Fahrzeugproduktion .....	434
15.4.3	Tools zur Analyse und zur Fehlersuche .....	436
15.4.4	Diagnoseprozess Flashen in der Fahrzeugproduktion .....	438
15.5	Diagnose in der Werkstatt .....	440
15.5.1	Off-Board-Diagnose in der Werkstatt .....	440
15.5.2	Freie Fehlersuche .....	443
<b>Anhang</b>	.....	<b>449</b>
A	Normung und Standardisierung .....	449
B	Kennzeichnungen .....	450
B.1	Kennbuchstaben .....	450
B.2	Klemmenbezeichnungen .....	452
B.3	Leitungskennzeichnung .....	453
B.4	Grafische Symbole für Schaltpläne .....	453
C	Darstellungs- und Schaltplanarten .....	453
C.1	Anordnungsplan .....	453
C.2	Übersichtsschaltplan .....	455
C.3	Blockschaltplan .....	455
C.4	Feldeinteilung als Orientierungshilfe .....	456
C.5	Zusammenhängende und aufgelöste Darstellung .....	456
C.6	Neue Darstellungsformen im Wandel der Technik .....	457
D	IP-Schutzarten .....	459
Literaturverzeichnis	.....	461
Sachwortverzeichnis	.....	473