

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	VII	
1	Bedeutung des Testens in der Automobilindustrie	1
1.1	Motivation	1
1.2	Testen im Entwicklungsprozess	2
1.2.1	Entwicklung nach dem V-Modell	2
1.2.2	Validierung und Verifikation im Lebenszyklus	5
1.3	Automatisiertes Testen	5
1.3.1	Messen, Prüfen, Erproben, Testen	5
1.3.2	White-, Grey-, und Black-Box-Test	6
1.3.3	Konkrete Testaktivitäten im Entwicklungsprozess	7
1.3.3.1	Model-/SW-Testing	8
1.3.3.2	Steuergeräte-Test	8
1.3.3.3	Integrations-Test im Labor	9
1.3.3.4	Testen im Fahrzeug	10
1.3.3.5	Befundung	10
1.3.4	Abhängigkeit von der Fahrzeug-Domäne	11
2	Der Testprozess	13
2.1	Prozesse - Bremse oder Motor beim Testen?	13
2.2	Wozu Prozesse?	14
2.3	Prozesse in der Projektpraxis	15
2.3.1	Rollen im Testprozess	18
2.3.2	Interne Prozesse	20
2.3.2.1	Schnittstellen	21
2.3.2.2	Arbeitsprodukte	21
2.3.3	Übergeordnete Prozesse	24
2.3.3.1	Prozessschnittstellen	25
2.3.3.2	Freigabekonzept und Metriken	25
2.3.3.3	Kommunikationskonzept	26
2.3.3.4	Gesamtteststrategie und Testharmonisierung	26
2.3.3.5	Einbettung in Querschnittsprozesse	27
2.4	Prozesseinführung	29

2.4.1	Werkzeuge zur Prozesseinführung	30
2.4.1.1	Bestandteile eines Prozesswerkzeugs	30
2.4.1.2	Grundlegende Anforderungen an ein Prozesswerkzeug	32
2.4.2	Etablierung neuer Testprozesse	33
2.4.2.1	Analyse und Bewertung von Testprojekten	34
2.4.2.2	Durchführung von Prozessverbesserungen	35
2.5	Nächste Schritte	37
3	Analyse, Bewertung und Verbesserung von Testprozessen	39
3.1	Einleitung	39
3.2	ISO/IEC 15 504-2 zur Analyse und Bewertung von Prozessen	39
3.3	Die Anwendung der ISO/IEC 15 504-2	42
3.4	Das Prozessreferenzmodell TP5	43
3.4.1	Phasen von TP5	44
3.4.2	Prozesse von TP5	45
3.4.2.1	Prozesse der Phase Teststrategie (TST)	46
3.4.2.2	Prozesse der Phase Testplanung und -monitoring (TPM)	47
3.4.2.3	Prozesse der Phase Testspezifikation (TSP)	48
3.4.2.4	Prozesse der Phase Testrealisierung (TRE)	48
3.4.2.5	Prozesse der Phase Testauswertung (TAW)	49
3.4.3	Die Anwendung von TP5 zur Verbesserung von Testprozessen	49
3.5	Weitere Modelle zur Analyse und Bewertung von Prozessen	50
3.5.1	Bewertung bestehender Modelle	51
3.5.2	TPI [®] automotive	52
3.5.2.1	Testprozesse in TPI [®] automotive	54
3.5.2.2	Bewertung	55
3.5.3	Automotive SPICE [™]	56
3.5.4	CMMI [®]	57
3.6	Bewertung bestehender Modelle	58
4	Test Automatisierung im Labor	61
4.1	Generischer Aufbau	61
4.1.1	Testobjekt	62
4.1.1.1	Formen von Testobjekten	62
4.1.1.2	Zugangspunkte	63
4.1.1.3	Design for Testability	64

4.1.2	Testbett	65
4.1.2.1	Schnittstelle zum Testobjekt	66
4.1.2.2	Schnittstelle zur Systemsteuerung	66
4.1.2.3	Automationskern	66
4.1.3	Systemsteuerung	68
4.1.3.1	Interaktive Steuerung	69
4.1.3.2	Signale, Datagramme, Datenströme	69
4.1.3.3	Steuerung der Testautomation	70
4.1.3.4	Projektverwaltung	71
4.1.3.5	Werkzeuge zur Testsystemsteuerung	72
4.2	Die Technologien Software- und Model-in-the-Loop	73
4.2.1	Model-in-the-Loop	74
4.2.2	Software-in-the-Loop	74
4.3	Die Technologie Hardware-in-the-Loop	75
4.3.1	Kabelsatz	77
4.3.2	Elektrische Fehlersimulation	77
4.3.3	Komponentensimulation	79
4.3.3.1	Elektrische Lastsimulation	79
4.3.3.2	Signalkonditionierung	79
4.3.3.3	Beispiel	79
4.3.4	Ein- und Ausgabeschicht	80
4.3.5	Diagnose	81
4.3.6	Design-for-Testability	81
4.3.6.1	CAN Calibration Protocol (CCP)	81
4.3.6.2	Universal Measurement and Calibration Protocol (XCP)	82
4.3.6.3	Hardwaremanipulation	82
4.3.7	Echtzeitsysteme	82
4.3.7.1	Echtzeitkriterium	83
4.3.7.2	Latenzzeit	83
4.3.7.3	Überlegungen zur Wahl der Periodendauer	83
5	Testen im Fahrzeug	85
5.1	Bedeutung und Ziel des Fahrzeugtests	85
5.2	Testinhalte	86
5.3	Testablauf	86
5.4	Automatisierungsgrad	87

5.4.1	Ziel	87
5.4.2	Automatisierung und Interaktion	88
5.5	Herausforderungen des Fahrzeugtests gegenüber dem Labortest	89
5.6	Tools	91
5.6.1	Messmittel	91
5.6.2	Testmittel	91
6	Einsatz von Simulationsmodellen beim Test elektronischer Steuergeräte	95
6.1	Hinführung.....	95
6.2	Modell und Simulation	95
6.2.1	Begriffe	95
6.2.2	Festlegung der Modellgüte	96
6.3	HiL-Simulationsmodelle – Anforderungsanalyse.....	97
6.3.1	Einfluss der Integrationsstufe	97
6.3.2	Adäquate Nachbildung relevanter Regelstrecken.....	98
6.3.2.1	Abhängigkeit der erforderlichen Modellgenauigkeit von der Integrationsstufe.....	99
6.3.2.2	Domänenspezifische Bedeutung	100
6.3.3	Abbildung von Sensoren und Aktoren.....	100
6.3.4	Nachbildung umgebender mechatronischer Fahrzeugsysteme – Restbussimulation	101
6.3.5	Schnittstellen für interaktives und automatisiertes Testen.....	103
6.3.6	Echtzeitfähigkeit.....	104
6.3.7	Änderungsfreundlichkeit.....	106
6.4	Realisierung.....	107
6.4.1	Modellstruktur	107
6.4.2	Trennung von Struktur und Parametern.....	109
6.4.3	Realisierung von Regelstreckenmodellen.....	110
6.4.3.1	Vorbemerkung.....	110
6.4.3.2	Motoren.....	110
6.4.3.3	Getriebe.....	113
6.4.3.4	Fahrdynamiksysteme	115
6.4.3.5	Diskussion von Implementierungsansätzen	117
6.4.3.6	Make or Buy.....	118
6.4.4	Sensor- und Aktormodelle.....	119

6.4.5	Modelle mechatronischer Fahrzeugsysteme	120
6.4.6	Schnittstellen zur Signalmanipulation	120
6.4.7	Integrationsverfahren	121
6.5	Periphere Prozesse	122
6.5.1	Modellparametrierung	123
6.5.2	Versionsmanagement	123
7	Test-Operations	125
7.1	Testen in der Serienentwicklung	125
7.1.1	Phasen der Entwicklung	125
7.1.1.1	A-Muster	126
7.1.1.2	B-Muster	126
7.1.1.3	C-Muster	126
7.1.1.4	D-Muster	126
7.1.2	Test-Automatisierungsgrade	127
7.1.2.1	Manuelle Tests	127
7.1.2.2	Semi-automatisierte Tests	127
7.1.2.3	Vollautomatisierte Tests	127
7.1.3	Die Rolle des Lastenhefts in der Praxis	128
7.1.4	Kategorisierung in der Teststrategie	128
7.1.5	Testspezifikation	130
7.1.6	Testfallimplementierung	132
7.1.6.1	Testwerkzeug	132
7.1.6.2	Effizienzsteigerung durch Wiederverwendung von Testprogrammen ..	134
7.1.7	Testergebnisse	135
7.1.8	Fehlerverfolgung	137
7.2	Testen in der Serienbetreuung	138
8	Automatisiertes Testen im Nutzfahrzeugbereich	141
8.1	Hinführung	141
8.2	Anforderungen an Nutzfahrzeuge aus Kundensicht	141
8.2.1	Wirtschaftlichkeit	141
8.2.2	Zuverlässigkeit	142
8.2.3	Sicherheit	143
8.2.4	Funktionalität	143
8.3	Besonderheiten der Nutzfahrzeugindustrie	144

8.3.1	Gesetzgebung	144
8.3.2	Produktzyklen	144
8.3.3	Fahrzeugvarianten	145
8.3.4	Globalisierung	146
8.4	Besonderheiten der Nutzfahrzeugelektronik	147
8.4.1	Gesamtfahrzeug	147
8.4.2	Antriebsstrang	148
8.4.2.1	Motor	148
8.4.2.2	Getriebe	149
8.4.2.3	Bremssystem	149
8.4.3	Telematik	150
8.4.4	Fahrerassistenzsysteme	150
8.4.5	Omnibusse	151
8.4.6	Transporter	152
8.5	Testen von Nutzfahrzeugelektronik	152
8.5.1	Testautomatisierung	153
8.5.2	Testprozesse	155
8.5.3	Betreibermodelle	156
8.5.4	Wirtschaftlichkeit	157
8.6	Ausblick	157
9	Lebensdauertests und Befunden während der Produktion	159
9.1	Einleitung	159
9.2	Lebensdaueranforderungen an das Produkt	160
9.2.1	Hinführung	160
9.2.2	Normen nach ISO und DIN EN	160
9.2.2.1	Thermisch/klimatische Belastungen (ISO 16 750-4)	161
9.2.2.2	Mechanische Belastungen nach ISO 16 750-3	162
9.2.2.3	Chemische Belastungen nach ISO 16 750-5	162
9.2.2.4	Elektrische Belastungen nach ISO 16 750-2	163
9.3	Schadteilanalyse	166
9.3.1	Ziel der Schadteilanalyse	166
9.3.2	Grundvoraussetzungen	167
9.3.3	Vorgehensweise	167
9.3.4	Hilfsmittel	168
9.3.5	Teileprüfungen in realitätsnahe Umfeld	168

9.3.6	Maßnahmen und Bericht	169
9.3.7	Zusammenfassung	169
10	Testen als globale Aufgabe	171
10.1	Einleitung	171
10.2	Herausforderungen des Testens als globale Aufgabe	175
10.3	Virtuelle Test-Center	176
10.3.1	Das Konzept Virtueller Test-Center (ViT)	176
10.3.2	Zu beachtende Prozess-Aspekte	180
10.3.3	Zu beachtende technologische Aspekte	181
10.3.4	Mehrwert durch Virtuelle Test-Center	183
11	Ausblick	185
11.1	Eine kleine Geschichte der Automobilelektronik	185
11.2	Paradigmenwechsel und Schwerpunkte in der Automobilelektronik ...	186
11.2.1	Funktionsvielfalt und Zuverlässigkeit	186
11.2.2	CO ₂ -Reduktion, Kraftstoffkosten und nachhaltige Mobilität	187
11.3	Schwerpunkt Neue Technologien	188
11.3.1	Elektronikplattformen als Hochleistungsrechnerverbund	188
11.3.2	Innovative Sensorik	188
11.3.3	Elektrifizierte Aktuatorik	189
11.3.4	Infotainment als stärkste Wachstumsdomäne	189
11.3.5	Auswirkungen auf das Testen	190
11.4	Schwerpunkt Standardisierung	191
11.5	Schwerpunkt Kunden, Märkte und Fahrzeugsegmente	192
11.6	Schwerpunkt Globale Wertschöpfung	193
11.7	Schwerpunkt Nachhaltige Mobilität	194
11.8	Fazit für das automatisierte Testen eingebetteter Systeme	195
Anhang	197
Definitionen	199
Abbildungsverzeichnis	204
Abkürzungen	206

Literaturverzeichnis	207
Vertiefende Veröffentlichungen der Autoren	210
Relevante Standards und Normen	212
Die Autoren	213
Index	217