



## Inhaltsverzeichnis

Automatisiertes Testen Eingebetteter Systeme in der Automobilindustrie

Herausgegeben von Eric Sax

ISBN: 978-3-446-41635-2

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser.de/978-3-446-41635-2>

sowie im Buchhandel.

# Inhaltsverzeichnis

Vorwort .....	VII	
<b>1</b>	<b>Bedeutung des Testens in der Automobilindustrie .....</b>	<b>1</b>
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
<b>2</b>	<b>Der Testprozess .....</b>	<b>13</b>
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
<b>3</b>	<b>Analyse, Bewertung und Verbesserung von Testprozessen .....</b>	<b>39</b>
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 <sup>®</sup> automotive .....	52
3.5.2.1	Testprozesse in TPI <sup>®</sup> automotive .....	54
3.5.2.2	Bewertung .....	55
3.5.3	Automotive SPICE <sup>™</sup> .....	56
3.5.4	CMMI <sup>®</sup> .....	57
3.6	Bewertung bestehender Modelle .....	58
<b>4</b>	<b>Test Automatisierung im Labor .....</b>	<b>61</b>
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
<b>5</b>	<b>Testen im Fahrzeug</b> .....	<b>85</b>
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
<b>6</b>	<b>Einsatz von Simulationsmodellen beim Test elektronischer Steuergeräte</b> .....	<b>95</b>
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
<b>7</b>	<b>Test-Operations</b> .....	<b>125</b>
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
<b>8</b>	<b>Automatisiertes Testen im Nutzfahrzeugbereich</b> .....	<b>141</b>
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
<b>9</b>	<b>Lebensdauertests und Befunden während der Produktion .....</b>	<b>159</b>
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 realitätsnahem Umfeld .....	168

9.3.6	Maßnahmen und Bericht .....	169
9.3.7	Zusammenfassung .....	169
<b>10</b>	<b>Testen als globale Aufgabe</b> .....	<b>171</b>
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
<b>11</b>	<b>Ausblick</b> .....	<b>185</b>
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 <sub>2</sub> -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
<b>Anhang</b> .....		<b>197</b>
<b>Definitionen</b> .....		<b>199</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....		<b>204</b>
<b>Abkürzungen</b> .....		<b>206</b>



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