

# Inhaltsverzeichnis

## Teil I

<b>MBT – Einstieg und Grundlagen</b>	<b>1</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>3</b>
1.1 Model Based Testing – nur ein Hype? .....	3
1.2 Viele Definitionen für modellbasiertes Testen .....	6
1.3 Ziele des Buches .....	9
1.4 Aufbau des Buches .....	12
<b>2 Testen heute</b>	<b>15</b>
2.1 Grundbegriffe von Qualitätssicherung und Testen .....	15
2.1.1 Testverfahren .....	18
2.1.2 Kriterien zur Testüberdeckung .....	19
2.1.3 Teststufen .....	20
2.1.4 Randbedingungen des Testens .....	23
2.2 Der fundamentale Testprozess .....	24
2.2.1 Phasen des Testprozesses .....	25
2.2.2 Testplanung .....	25
2.2.3 Teststeuerung und -kontrolle .....	26
2.2.4 Testanalyse und -entwurf .....	26
2.2.5 Testrealisierung und -durchführung .....	27
2.2.6 Testauswertung und -bericht .....	27
2.2.7 Abschluss der Testaktivitäten .....	28
2.2.8 Rollen im Testprozess .....	28

2.3	Herausforderungen beim Testen heute .....	29
2.3.1	Kostenfaktor Test .....	30
2.3.2	Mangelnde Testqualität .....	31
2.3.3	Tester mit Fach-, aber ohne IT-Wissen .....	32
2.3.4	Komplexität der Tests .....	33
2.3.5	Testautomatisierung .....	33
2.4	Zusammenfassung .....	34
<b>3</b>	<b>MBT – Ein Einstieg</b>	<b>35</b>
3.1	Definition von modellbasiertem Testen .....	35
3.1.1	Ziele für MBT .....	35
3.1.2	Definition von MBT .....	36
3.1.3	Eine erste Betrachtung von Aufwand und Nutzen .....	37
3.2	MBT-Varianten .....	39
3.2.1	Systemmodellgetrieben .....	40
3.2.2	Testmodellgetrieben .....	40
3.2.3	System- und testmodellgetrieben .....	41
3.3	Einordnung von MBT in den Softwaretest .....	42
3.4	Zusammenfassung .....	44
<b>4</b>	<b>Einführung in die Modellierung</b>	<b>45</b>
4.1	Wat is'n Modell? .....	45
4.2	Allgemeiner Vergleich von Texten und Modellen .....	48
4.2.1	Merkmale und Mängel natürlicher Sprache .....	48
4.2.2	Vorteile formaler Modelle und visueller Darstellungen .....	50
4.3	Drei grundlegende MBT-Modellkategorien .....	52
4.3.1	Umgebungsmodelle .....	52
4.3.2	Systemmodelle .....	53
4.3.3	Testmodelle .....	54
4.3.4	Zusammenhänge .....	56
4.4	Exkurs: Grundbegriffe der Graphentheorie .....	56
4.5	UML – ein Standard der Softwaremodellierung .....	59
4.6	Intermezzo: zwei Fallbeispiele .....	61
4.6.1	Produktskizze CarKonfigurator .....	61
4.6.2	Produktskizze Türsteuerung .....	62

4.7	Modellierung statischer Strukturen . . . . .	63	
4.7.1	Objektmodellierung . . . . .	63	
4.7.2	Klassenmodellierung . . . . .	65	
4.7.3	Pakete und Komponenten . . . . .	71	
4.7.4	ER-Modellierung . . . . .	73	
4.8	Modellierung dynamischen Verhaltens . . . . .	74	
4.8.1	Aktivitätsmodellierung . . . . .	74	
4.8.2	Zustandsmodellierung . . . . .	79	
4.8.3	Interaktionsmodellierung . . . . .	83	
4.9	Nebenläufigkeits- und Echtzeitmodellierung . . . . .	87	
4.9.1	Petri-Netze . . . . .	87	
4.9.2	Zeitdiagramm . . . . .	90	
4.10	Umgebungs-, Funktions- und Nutzungsmodellierung . . . . .	91	
4.10.1	Umgebungsmodellierung mit Akteuren . . . . .	91	
4.10.2	Funktionsmodellierung mit Anwendungsfällen . . . . .	92	
4.10.3	Nutzungsmodellierung . . . . .	96	
4.10.4	Präzisierung von Modellen mit der OCL . . . . .	99	
4.11	Metamodellierung und Profile . . . . .	100	
4.11.1	UML – Spracharchitektur und Metamodell . . . . .	100	
4.11.2	Stereotype und Profile . . . . .	102	
4.12	Zusammenfassung . . . . .	105	
<b>5</b>	<b>Intermezzo 1: Türsteuerung</b>	<b>107</b>	
5.1	Vorüberlegungen und Planung . . . . .	107	
5.2	Modellierung		
	Schritt 1 – funktionale Anforderungen . . . . .	107	
	5.2.1	Strukturmodell . . . . .	108
	5.2.2	Verhaltensmodell . . . . .	109
5.3	Generierung von funktionalen Testfällen . . . . .	110	
5.4	Modellierung		
	Schritt 2 – Sicherheitsanforderungen . . . . .	113	
5.5	Neugenerierung der Testfälle . . . . .	115	
5.6	Zusammenfassung . . . . .	118	

<b>Teil II</b>		
<b>MBT im Testprozess</b>		<b>119</b>
<b>6 MBT und der Testprozess</b>		<b>121</b>
6.1 Mögliche Ausprägungen von MBT im Testprozess .....		122
6.1.1 Modellorientiertes Testen .....		122
6.1.2 Modellgetriebenes Testen .....		124
6.1.3 Modellzentrisches Testen .....		125
6.2 MBT-Prozesse und Modelkkategorien im Detail .....		127
6.2.1 Testmodellgetriebene MBT-Prozesse .....		128
6.2.2 Systemmodellgetriebene MBT-Prozesse .....		131
6.3 Umfang von MBT im Testprozess .....		135
6.4 Einsatz von MBT in den verschiedenen Teststufen .....		137
6.4.1 Komponententest .....		138
6.4.2 Integrationstest .....		138
6.4.3 Systemtest .....		139
6.4.4 Systemintegrationstest .....		140
6.4.5 Abnahmetest .....		140
6.5 MBT und Vorgehensmodelle .....		141
6.5.1 MBT im allgemeinen V-Modell .....		141
6.5.2 MBT im Rational Unified Process .....		142
6.5.3 MBT und agile Entwicklungsmodelle .....		144
6.6 Zusammenfassung .....		147
<b>7 Planung und Steuerung</b>		<b>149</b>
7.1 Risikoidentifikation und -analyse .....		149
7.2 Bestimmung der Teststrategie .....		151
7.3 Aktivitätenplanung und Aufwandsschätzung .....		153
7.3.1 Aufwandsschätzung .....		153
7.4 Werkzeuge und Infrastruktur .....		157
7.5 Mitarbeiterqualifikation .....		157
7.5.1 Fähigkeit, Modelle lesen zu können .....		159
7.5.2 Fähigkeit, Modelle erstellen zu können .....		160
7.5.3 Weitere Fähigkeiten im Zusammenhang mit MBT .....		160

---

7.6	Steuerung . . . . .	161
7.6.1	Produktmetriken . . . . .	162
7.6.2	Projektmetriken . . . . .	163
7.6.3	Prozessmetriken . . . . .	165
7.6.4	Anforderungs- und modellbasierte Testendekriterien . . . . .	168
7.7	Zusammenfassung . . . . .	170
<b>8</b>	<b>Intermezzo 2: CarKonfigurator</b>	<b>171</b>
8.1	Testobjekt und Ziel . . . . .	171
8.2	Beschreibung der Tests als Papiermodell . . . . .	172
8.2.1	Beschreibung der Testschritte . . . . .	172
8.2.2	Auswahl der Testdaten . . . . .	174
8.3	Vom Papiermodell zum UML-Modell . . . . .	177
8.4	Testfallgenerierung: Algorithmus und Ergebnis . . . . .	180
8.5	Bewertung . . . . .	182
8.6	Zusammenfassung . . . . .	184
<b>9</b>	<b>Modellierung und Modellprüfung</b>	<b>185</b>
9.1	Überblick . . . . .	185
9.2	Erstellung von Testmodellen . . . . .	186
9.2.1	Grundlegende Elemente von Testmodellen . . . . .	186
9.2.2	Modellelemente aus dem CarKonfigurator . . . . .	188
9.2.3	Stabile Knoten-/Kantenbezeichner . . . . .	189
9.2.4	Modellierung der Testpriorität . . . . .	190
9.2.5	Fachlich unerwünschte Pfade . . . . .	191
9.2.6	Modellierung von Testorakeln . . . . .	193
9.2.7	Verknüpfung von Testmodellen und zu testenden Anforderungen . . . . .	194
9.2.8	Exkurs: Testfallableitung aus textuellen Spezifikationen . .	197
9.2.9	Fazit: Motivation eigenständiger Testmodelle . . . . .	199
9.3	Modellierung von Testfallspezifikationen . . . . .	200
9.3.1	Das UML2 Testing Profile . . . . .	200
9.3.2	FIT und FITnesse . . . . .	204
9.3.3	TTCN-3 . . . . .	205

9.4	Exkurs: Modellierung von Testumgebungen .....	208
9.5	Nutzung vorhandener Systemmodelle .....	210
9.6	Achtung: Fallstricke! .....	211
9.6.1	Parallele Abläufe oder Alternativen? .....	211
9.6.2	Hierarchische Verfeinerungen .....	214
9.7	Übergang von Systemmodellen zu Testmodellen .....	216
9.7.1	Aus demselben Modell Code und Tests generieren? .....	216
9.7.2	Grenzen von Systemmodellen .....	217
9.7.3	Ähneln sich Systemmodelle und Testmodelle? .....	218
9.7.4	Übergänge vom Systemmodell zum Testmodell .....	220
9.7.5	Zwei Wege zum konkreten Testfall .....	223
9.8	Qualitätsmerkmale und Ziele von Modellen .....	223
9.8.1	Grundlegendes zur Qualität von Modellen .....	224
9.8.2	Korrekttheit (inhaltlich) .....	225
9.8.3	Korrekttheit (formal) .....	225
9.8.4	Einfachheit .....	226
9.8.5	Verständlichkeit/Lesbarkeit .....	226
9.8.6	Angemessenheit .....	226
9.8.7	Änderbarkeit .....	227
9.8.8	Vollständigkeit (inhaltlich und formal) .....	227
9.8.9	Widerspruchsfreiheit (inhaltlich und formal) .....	227
9.8.10	Prüfbarkeit .....	228
9.8.11	Werkzeugunterstützung .....	228
9.8.12	Konsistenz zu anderen Modellen .....	228
9.9	Prüfung von Modellen .....	229
9.9.1	Reviews .....	229
9.9.2	Werkzeuggestützte Prüfungen gegen das Metamodell .....	230
9.9.3	Model Checker .....	230
9.9.4	Simulation .....	230
9.9.5	Geeignete Prüfungen zu Qualitätsmerkmalen .....	231
9.10	Zusammenfassung .....	233

---

<b>10 Testfallgenerierung</b>	<b>235</b>
10.1 Vorbemerkung zum Umfang des Kapitels .....	235
10.2 Einführung in die Generierung .....	236
10.2.1 Was wird generiert – abstrakte oder konkrete Testfälle? .....	236
10.2.2 Einsatz von Überdeckungskriterien .....	238
10.2.3 Das Big Picture der Generierungsverfahren .....	240
10.3 Generierungsverfahren im Einzelnen .....	242
10.3.1 Anforderungsbasierte Testgenerierung .....	242
10.3.2 Kontrollflussbasierte Testgenerierung .....	243
10.3.3 Datenflussbasierte Testfallgenerierung .....	246
10.3.4 Datenüberdeckungskriterien .....	246
10.3.5 Zustandsbasierte Testgenerierung .....	248
10.3.6 Statistische Testgenerierung .....	250
10.3.7 Nutzungsbasierter Testgenerierung – »Operational Profiles« .....	252
10.3.8 U2TP-basierte TTCN-3-Generierung .....	256
10.4 Steuerung der Testfallgenerierung .....	261
10.4.1 Mengenmäßige Begrenzung der Testfälle .....	262
10.4.2 Adaptive Testfallgenerierung .....	264
10.4.3 Negativregeln zum Ausschluss bestimmter Modellteile ...	266
10.5 Testneugenerierung nach Änderungen .....	267
10.5.1 Versionsmanagement und MBT .....	268
10.5.2 Pflegeprozesse nach Modelländerungen .....	268
10.5.3 Nichtüberschreibung manueller Testarbeiten .....	269
10.5.4 Exkurs: Adjazenzlisten .....	270
10.6 Zur Generierung weiterer Testartefakte .....	271
10.7 Zusammenfassung .....	272
<b>11 Durchführung und Auswertung</b>	<b>273</b>
11.1 Manuelle Testdurchführung .....	273
11.2 Automatisierte Testdurchführung .....	276
11.2.1 Formen der Testautomatisierung .....	277
11.2.2 Zusammenführung von MBT und Keyword-Driven Testing .....	282
11.2.3 Nutzen von modellbasiertem Keyword-Driven Testing ...	285

11.3 Auswertung und Berichterstattung .....	286
11.3.1 Erzeugung von Traceability-Informationen .....	287
11.3.2 Nutzung der Traceability zur Fortschrittsbewertung .....	291
11.3.3 Nutzung der Traceability zur Ergebnisbewertung .....	293
11.3.4 Strategien zur Reduktion der Anzahl von Abweichungsmeldungen .....	295
11.4 Zusammenfassung .....	298
<b>Teil III</b>	
<b>MBT im Praxiseinsatz</b>	<b>299</b>
<b>12 MBT-Werkzeuge</b>	<b>301</b>
12.1 Typische Werkzeuglandschaft im Testprozess .....	301
12.1.1 Werkzeuge zur »Planung & Steuerung« .....	302
12.1.2 Werkzeuge zu »Analyse & Design« .....	303
12.1.3 Werkzeuge zur »Realisierung« und »Durchführung« .....	304
12.2 Klassifikationsschemata für MBT-Werkzeuge .....	305
12.2.1 MBT-Taxonomie nach Utting et al. ....	306
12.2.2 MBT-Taxonomie nach Götz et al. ....	308
12.3 Zusammenfassung .....	315
<b>13 MBT erfolgreich einführen</b>	<b>317</b>
13.1 Hindernisse für die Einführung von MBT .....	317
13.1.1 Unrealistische oder unklare Ziele .....	318
13.1.2 Falsche Werkzeugauswahl .....	318
13.1.3 Probleme von übermorgen lösen wollen .....	319
13.1.4 Erfolg haben .....	320
13.2 Erfolgsfaktoren für die Einführung von MBT .....	320
13.2.1 Ziele klar definieren und messbar machen .....	320
13.2.2 Akzeptanz schaffen .....	321
13.3 Die Einführung als Projekt planen und durchführen .....	322
13.3.1 Analysephase .....	322
13.3.2 Designphase .....	326
13.3.3 Evaluierungsphase .....	327

---

13.4 Werkzeuge richtig auswählen . . . . .	327
13.4.1 Integrationsfähigkeit . . . . .	328
13.4.2 Anpassung an Prozesse und Personal . . . . .	328
13.4.3 Langfrist-Perspektive . . . . .	328
13.4.4 Umgang mit der Testfalexlosion . . . . .	329
13.4.5 MBT-Ansatz passend zur Prozessreife definieren . . . . .	330
13.5 MBT und Prozessreife . . . . .	330
13.5.1 Reifegradbestimmung des Testprozesses . . . . .	331
13.5.2 MBTPI – Prozessverbesserung für modellbasiertes Testen . . . . .	334
13.5.3 Eine Roadmap zur modellbasierten Testreife . . . . .	336
13.5.4 Skalenbereich 1: Modellorientiertes Testen . . . . .	339
13.5.5 Skalenbereich 2: Modellgetriebenes Testen . . . . .	341
13.5.6 Skalenbereich 3: Modellzentrisches Testen . . . . .	343
13.5.7 Abschließende Bemerkungen zum Reifegradmodell . . . . .	345
13.6 Zusammenfassung . . . . .	345
<b>14 Wirtschaftlichkeitsbetrachtung</b>	<b>347</b>
14.1 Kosten des Einführungsprojekts . . . . .	348
14.2 Rollout-Kosten . . . . .	349
14.3 Werkzeugkosten . . . . .	349
14.3.1 Nutzen von MBT . . . . .	350
14.3.2 Frühzeitige Fehlerfindung . . . . .	350
14.4 Kostenersparnis durch MBT – Fallbeispiel Trapeze ITS . . . . .	352
14.4.1 Ausgangssituation . . . . .	353
14.4.2 Bisherige Kosten der MBT-Einführung . . . . .	355
14.4.3 ROI-Betrachtung der MBT-Einführung . . . . .	357
14.5 Zusammenfassung . . . . .	364
<b>15 Möglichkeiten und Grenzen von MBT</b>	<b>365</b>
15.1 Was modellbasiertes Testen leisten kann . . . . .	365
15.2 Was modellbasiertes Testen unter Umständen leisten kann . . . . .	370
15.3 Was modellbasiertes Testen nicht leisten kann . . . . .	371
15.4 Was modellbasiertes Testen nicht ersetzen kann . . . . .	372

15.5 Ausblick – was MBT künftig bringen wird .....	373
15.6 Zusammenfassung .....	376
<b>Anhang</b>	<b>377</b>
<b>A Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>379</b>
<b>B Glossar</b>	<b>381</b>
<b>C Quellen</b>	<b>389</b>
C.1 Literaturangaben .....	389
C.2 Webseiten .....	396
<b>Index</b>	<b>399</b>