

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>Teil I</b>	
<b>MBT – Einstieg und Grundlagen</b>	<b>1</b>
<hr/>	
<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	Was ist'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 Modellkategorien 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	Korrektheit (inhaltlich) .....	225
9.8.3	Korrektheit (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</b>	<b>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	Nutzungsbasierte 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</b>	<b>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>
<hr/>		
<b>12</b>	<b>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</b>	<b>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 Testfallexplosion	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</b>	<b>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	Kostensparnis 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</b>	<b>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</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>379</b>
<b>B</b>	<b>Glossar</b>	<b>381</b>
<b>C</b>	<b>Quellen</b>	<b>389</b>
C.1	Literaturangaben .....	389
C.2	Webseiten .....	396
	<b>Index</b>	<b>399</b>