

# Inhaltsübersicht

<b>Teil I</b>	<b>MBT – Einstieg und Grundlagen</b>	<b>1</b>
1	Einleitung	3
2	Testen heute	23
3	Einführung in die Modellierung	47
4	MBT – ein Einstieg	105
5	Intermezzo 1: Türsteuerung	119
<b>Teil II</b>	<b>MBT im Testprozess</b>	<b>133</b>
6	MBT und der Testprozess	135
7	Planung und Steuerung	169
8	Intermezzo 2: CarKonfigurator	197
9	Modellierung und Modellprüfung	213
10	Testauswahlkriterien und Testfallgenerierung	265
11	Realisierung, Durchführung und Auswertung	311
<b>Teil III</b>	<b>MBT im Praxiseinsatz</b>	<b>341</b>
12	Werkzeuge für MBT	343
13	MBT erfolgreich einführen	353
14	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	383
15	Möglichkeiten und Grenzen von MBT	403

<b>Anhang</b>	<b>417</b>
<b>A     Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>419</b>
<b>B     Glossar</b>	<b>421</b>
<b>C     Quellen</b>	<b>431</b>
<b>       Index</b>	<b>445</b>

# Inhaltsverzeichnis

<b>Teil I</b>	<b>MBT – Einstieg und Grundlagen</b>	<b>1</b>
<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>3</b>
1.1	Model Based Testing – nur ein Hype? .....	3
1.2	Viele Definitionen für modellbasiertes Testen .....	7
1.3	Ziele des Buches .....	10
1.4	Aufbau des Buches .....	13
1.5	Leseanleitung für die Qualifikation zum ISTQB® Certified Model-Based Tester .....	15
1.6	Zwei Fallbeispiele .....	20
1.6.1	Produktskizze CarKonfigurator .....	20
1.6.2	Produktskizze Türsteuerung .....	21
<b>2</b>	<b>Testen heute</b>	<b>23</b>
2.1	Grundbegriffe von Qualitätssicherung und Testen .....	23
2.1.1	Testverfahren .....	26
2.1.2	Kriterien zur Testüberdeckung .....	27
2.1.3	Teststufen .....	28
2.1.4	Randbedingungen des Testens .....	31
2.2	Der fundamentale Testprozess .....	32
2.2.1	Phasen des Testprozesses .....	33
2.2.2	Testplanung .....	34
2.2.3	Teststeuerung und -kontrolle .....	34
2.2.4	Testanalyse und -entwurf .....	35
2.2.5	Testrealisierung und -durchführung .....	35
2.2.6	Bewertung von Endekriterien und Bericht .....	36
2.2.7	Abschluss der Testaktivitäten .....	37
2.2.8	Rollen im Testprozess .....	37

- 2.3 Herausforderungen beim Testen heute ..... 38
  - 2.3.1 Kostenfaktor Test ..... 39
  - 2.3.2 Mangelnde Testqualität ..... 40
  - 2.3.3 Tester mit Fach-, aber ohne IT-Wissen ..... 41
  - 2.3.4 Komplexität der Tests ..... 42
  - 2.3.5 Testautomatisierung ..... 43
  - 2.3.6 Mangelnde Qualität der Testbasis ..... 43
  - 2.3.7 Zu späte Einbindung des Endkunden ..... 44
- 2.4 Zusammenfassung ..... 45
- 3 Einführung in die Modellierung ..... 47**
  - 3.1 Wat is'n Modell? ..... 47
  - 3.2 Allgemeiner Vergleich von Texten und Modellen ..... 50
    - 3.2.1 Merkmale und Mängel natürlicher Sprache ..... 50
    - 3.2.2 Vorteile formaler Modelle und visueller Darstellungen ... 51
  - 3.3 Exkurs: Grundbegriffe der Graphentheorie ..... 54
  - 3.4 UML – ein Standard der Softwaremodellierung ..... 57
  - 3.5 Modellierung statischer Strukturen ..... 58
    - 3.5.1 Objektmodellierung ..... 58
    - 3.5.2 Klassenmodellierung ..... 60
    - 3.5.3 Pakete und Komponenten ..... 66
    - 3.5.4 ER-Modellierung ..... 68
  - 3.6 Modellierung dynamischen Verhaltens ..... 69
    - 3.6.1 Aktivitätsmodellierung ..... 70
    - 3.6.2 Geschäftsprozessmodellierung mit BPMN ..... 74
    - 3.6.3 Zustandsmodellierung ..... 76
    - 3.6.4 Interaktionsmodellierung ..... 81
  - 3.7 Nebenläufigkeits- und Echtzeitmodellierung ..... 85
    - 3.7.1 Petri-Netze ..... 85
    - 3.7.2 Zeitdiagramm ..... 88
  - 3.8 Umgebungs-, Funktions- und Nutzungsmodellierung ..... 89
    - 3.8.1 Umgebungsmodellierung mit Akteuren ..... 89
    - 3.8.2 Funktionsmodellierung mit Anwendungsfällen ..... 90
    - 3.8.3 Nutzungsmodellierung ..... 94
    - 3.8.4 Präzisierung von Modellen mit der OCL ..... 97
  - 3.9 Metamodellierung und Profile ..... 98
    - 3.9.1 UML – Spracharchitektur und Metamodell ..... 99
    - 3.9.2 Stereotype und Profile ..... 100
  - 3.10 Zusammenfassung ..... 103

<b>4</b>	<b>MBT – ein Einstieg</b>	<b>105</b>
4.1	Detaillierte Definition von MBT .....	105
4.2	MBT zur Testfallgenerierung .....	106
4.3	MBT im Projektkontext .....	107
4.4	MBT-Modellkategorien .....	109
4.4.1	Drei Modellkategorien für MBT .....	109
4.4.2	Umgebungsmodelle .....	110
4.4.3	Systemmodelle .....	111
4.4.4	Testmodelle .....	112
4.5	Nutzen von MBT .....	114
4.5.1	MBT reduziert Fehler in frühen Entwicklungsphasen ...	114
4.5.2	MBT liefert mehr und bessere Testfälle .....	115
4.5.3	MBT unterstützt die Testautomatisierung .....	116
4.6	Einordnung von MBT in den Softwaretest .....	117
4.7	Zusammenfassung .....	118
<b>5</b>	<b>Intermezzo 1: Türsteuerung</b>	<b>119</b>
5.1	Vorüberlegungen und Planung .....	119
5.2	Modellierung	
	Schritt 1 – funktionale Anforderungen .....	119
5.2.1	Strukturmodell .....	120
5.2.2	Verhaltensmodell .....	121
5.3	Generierung von funktionalen Testfällen .....	122
5.4	Modellierung Schritt 2 – Sicherheitsanforderungen .....	125
5.5	Neugenerierung der Testfälle .....	127
5.6	Bewertung des gewählten MBT-Vorgehens .....	130
5.7	Zusammenfassung .....	131

---

## **Teil II            MBT im Testprozess            133**

---

<b>6</b>	<b>MBT und der Testprozess</b>	<b>135</b>
6.1	Ausprägungen von MBT im Testprozess .....	136
6.1.1	Modellorientiertes Testen .....	136
6.1.2	Modellgetriebenes Testen .....	138
6.1.3	Modellzentrisches Testen .....	139
6.2	Allgemeine Integration von MBT in den Testprozess .....	141

6.3	Abhängigkeit des MBT-Prozesses von den verwendeten Modellkategorien .....	144
6.3.1	Übersicht über die MBT-Varianten .....	144
6.3.2	Ausschließlich testmodellgetriebene MBT-Prozesse .....	145
6.3.3	Ausschließlich systemmodellgetriebene MBT-Prozesse ..	150
6.3.4	Das Systemmodell als Ausgangspunkt für ein generiertes Testmodell .....	153
6.3.5	System- und testmodellgetriebene MBT-Prozesse .....	155
6.4	Einsatz von MBT für verschiedene Testziele und Teststufen .....	155
6.4.1	Komponententest .....	157
6.4.2	Integrationstest .....	157
6.4.3	Systemtest .....	158
6.4.4	Systemintegrationstest .....	158
6.4.5	Abnahmetest .....	159
6.5	MBT und der Entwicklungsprozess .....	159
6.5.1	Allgemeine Aufgaben bei der Einbettung von MBT in den Entwicklungsprozess .....	159
6.5.2	Betrachtung verschiedener Vorgehensmodelle im Zusammenhang mit MBT .....	160
6.6	Zusammenfassung .....	167
<b>7</b>	<b>Planung und Steuerung</b>	<b>169</b>
7.1	Risikoidentifikation und -analyse .....	170
7.2	Bestimmung der Teststrategie .....	172
7.3	Aktivitätenplanung und Aufwandsschätzung .....	174
7.3.1	Aktivitäten und Artefakte .....	174
7.3.2	Aufwandsschätzung .....	176
7.4	Werkzeuge und Infrastruktur .....	180
7.5	Mitarbeiterqualifikation .....	181
7.5.1	Fähigkeit, Modelle lesen zu können .....	183
7.5.2	Fähigkeit, Modelle erstellen zu können .....	184
7.5.3	Weitere Fähigkeiten im Zusammenhang mit MBT .....	185
7.6	Steuerung mit Metriken und Testendekriterien .....	185
7.6.1	Produktmetriken .....	186
7.6.2	Projektmetriken .....	187
7.6.3	Prozessmetriken .....	189
7.6.4	Anforderungs- und modellbasierte Testendekriterien ...	193
7.7	Zusammenfassung .....	195

---

<b>8</b>	<b>Intermezzo 2: CarKonfigurator</b>	<b>197</b>
8.1	Testobjekt und Ziel .....	197
8.2	Beschreibung der Tests als »Papiermodell« .....	198
8.2.1	Beschreibung der Testschritte .....	198
8.2.2	Auswahl der Testdaten .....	200
8.3	Vom Papiermodell zum UML-Modell .....	203
8.4	Testfallgenerierung: Algorithmus und Ergebnis .....	208
8.5	Bewertung .....	210
8.6	Zusammenfassung .....	211
<b>9</b>	<b>Modellierung und Modellprüfung</b>	<b>213</b>
9.1	Überblick .....	213
9.2	Erstellung von Testmodellen .....	214
9.2.1	Grundlegende Elemente von Testmodellen .....	214
9.2.2	Modellelemente aus dem CarKonfigurator .....	216
9.2.3	Stabile Knoten-/Kantenbezeichner .....	217
9.2.4	Modellierung der Testpriorität .....	218
9.2.5	Fachlich unerwünschte Pfade .....	219
9.2.6	Modellierung von Testorakeln .....	221
9.2.7	Verknüpfung von Testmodellen und zu testenden Anforderungen .....	223
9.2.8	Exkurs: Testfallableitung aus textuellen Spezifikationen .....	226
9.2.9	Fazit: Motivation eigenständiger Testmodelle .....	228
9.3	Modellierung von Testfallspezifikationen .....	229
9.3.1	Das UML2 Testing Profile .....	229
9.3.2	FIT und FITnesse .....	233
9.3.3	TTCN-3 .....	234
9.4	Exkurs: Modellierung von Testumgebungen .....	237
9.5	Nutzung vorhandener Systemmodelle .....	240
9.6	Achtung: Fallstricke! .....	241
9.6.1	Parallele Abläufe oder Alternativen? .....	241
9.6.2	Hierarchische Verfeinerungen .....	244
9.7	Übergang von Systemmodellen zu Testmodellen .....	245
9.7.1	Aus demselben Modell Code und Tests generieren? ....	246
9.7.2	Grenzen von Systemmodellen .....	246
9.7.3	Ähneln sich Systemmodelle und Testmodelle? .....	247
9.7.4	Übergänge vom Systemmodell zum Testmodell .....	249
9.7.5	Zwei Wege zum konkreten Testfall .....	252

9.8	Qualitätsmerkmale und Ziele von Modellen .....	253
9.8.1	Grundlegendes zur Qualität von Modellen .....	253
9.8.2	Korrektheit (inhaltlich) .....	254
9.8.3	Korrektheit (formal) .....	254
9.8.4	Einfachheit .....	255
9.8.5	Verständlichkeit/Lesbarkeit .....	255
9.8.6	Angemessenheit .....	255
9.8.7	Änderbarkeit .....	255
9.8.8	Vollständigkeit (inhaltlich und formal) .....	256
9.8.9	Widerspruchsfreiheit (inhaltlich und formal) .....	256
9.8.10	Prüfbarkeit .....	256
9.8.11	Werkzeugunterstützung .....	257
9.8.12	Konsistenz zu anderen Modellen .....	257
9.9	Prüfung von Modellen .....	258
9.9.1	Modellierungsrichtlinien als Grundlage .....	258
9.9.2	Reviews .....	259
9.9.3	Werkzeuggestützte Prüfungen gegen das Metamodell ...	259
9.9.4	Model Checker .....	259
9.9.5	Iteratives Modellieren und Generieren .....	260
9.9.6	Simulation .....	261
9.9.7	Geeignete Prüfungen zu Qualitätsmerkmalen .....	262
9.10	Zusammenfassung .....	263
<b>10</b>	<b>Testauswahlkriterien und Testfallgenerierung</b>	<b>265</b>
10.1	Vorbemerkung zum Umfang des Kapitels .....	265
10.2	Einführung in die Generierung .....	266
10.2.1	Was wird generiert – abstrakte oder konkrete Testfälle? .....	266
10.2.2	Einsatz struktureller Überdeckungskriterien .....	269
10.2.3	Das Big Picture der Generierungsverfahren .....	270
10.3	Generierungsverfahren im Einzelnen .....	272
10.3.1	Anforderungsbasierte Testgenerierung .....	272
10.3.2	Modellbezogene Testauswahlkriterien .....	274
10.3.3	Datenflussbasierte Testauswahlkriterien .....	277
10.3.4	Zustandsbasierte Testgenerierung .....	278
10.3.5	Datenüberdeckungskriterien .....	280
10.3.6	Nutzungs- oder nutzungsmusterbezogene Testauswahlkriterien – »Operational Profiles« .....	282
10.3.7	UTP-basierte TTCN-3-Generierung .....	287



10.4	Steuerung der Testfallgenerierung .....	293
10.4.1	Verknüpfung von Testauswahlkriterien .....	293
10.4.2	Mengenmäßige Begrenzung der Testfälle .....	295
10.4.3	Adaptive Testfallgenerierung .....	297
10.4.4	Negativregeln zum Ausschluss bestimmter Modellteile ..	298
10.5	Testneugenerierung nach Änderungen .....	300
10.5.1	Versionsmanagement und MBT .....	301
10.5.2	Pflegeprozesse nach Modelländerungen .....	302
10.5.3	Nichtüberschreibung manueller Testarbeiten .....	302
10.5.4	Exkurs: Adjazenzlisten .....	304
10.6	Zur Generierung weiterer Testartefakte .....	305
10.7	Allgemeine MBT-Taxonomie .....	306
10.8	Bewertung der Testauswahlkriterien .....	308
10.9	Zusammenfassung .....	309
<b>11</b>	<b>Realisierung, Durchführung und Auswertung</b>	<b>311</b>
11.1	Manuelle Testdurchführung .....	311
11.2	Automatisierte Testdurchführung .....	314
11.2.1	Formen der Testautomatisierung .....	315
11.2.2	Automatisierungsansätze .....	320
11.2.3	Durchführungsansätze .....	322
11.2.4	Verbindung zwischen Modellelementen und Keywords ..	323
11.2.5	MBT und Keyword-Driven Testing – änderungsstabile Testautomatisierung .....	325
11.3	Auswertung und Berichterstattung .....	327
11.3.1	Erzeugung von Traceability-Informationen .....	327
11.3.2	Nutzung der Traceability zur Fortschrittsbewertung ...	332
11.3.3	Nutzung der Traceability zur Ergebnisbewertung .....	334
11.3.4	Strategien zur Reduktion der Anzahl von Abweichungsmeldungen .....	336
11.4	Zusammenfassung .....	339

---

## **Teil III                    MBT im Praxiseinsatz                    341**

---

<b>12</b>	<b>Werkzeuge für MBT</b>	<b>343</b>
12.1	Werkzeugeinsatz gemäß der MBT-Definition .....	343
12.2	MBT im Software Lifecycle .....	344
12.3	Klassifikationsschemata für MBT-Werkzeuge .....	346
12.4	Zusammenfassung .....	352

<b>13</b>	<b>MBT erfolgreich einführen</b>	<b>353</b>
13.1	Hindernisse für die Einführung von MBT	353
13.1.1	Unrealistische oder unklare Ziele	354
13.1.2	Falsche Werkzeugauswahl	354
13.1.3	Probleme von übermorgen lösen wollen	355
13.1.4	Erfolg haben	356
13.2	Erfolgsfaktoren für die Einführung von MBT	356
13.2.1	Ziele klar definieren und messbar machen	356
13.2.2	Akzeptanz schaffen	357
13.3	Die Einführung als Projekt planen und durchführen	358
13.3.1	Analysephase	359
13.3.2	Designphase	362
13.3.3	Evaluiierungsphase	363
13.4	Werkzeuge richtig auswählen	363
13.4.1	Integrationsfähigkeit	364
13.4.2	Anpassung an Prozesse und Personal	364
13.4.3	Langfristige Perspektive	365
13.4.4	Umgang mit der Testfallexplosion	366
13.4.5	MBT-Ansatz passend zur Prozessreife definieren	366
13.5	MBT und Prozessreife	367
13.5.1	Reifegradbestimmung des Testprozesses	367
13.5.2	MBTPI – Prozessverbesserung für modellbasiertes Testen	370
13.5.3	Eine Roadmap zur modellbasierten Testreife	372
13.5.4	Skalenbereich zum Reifegrad »Modellorientiertes Testen«	375
13.5.5	Skalenbereich zum Reifegrad »Modellgetriebenes Testen«	377
13.5.6	Skalenbereich zum Reifegrad »Modellzentrisches Testen«	379
13.5.7	Abschließende Bemerkungen zum Reifegradmodell	381
13.6	Zusammenfassung	381
<b>14</b>	<b>Wirtschaftlichkeitsbetrachtung</b>	<b>383</b>
14.1	Übersicht über Kostenfaktoren von MBT	383
14.1.1	Initiale Kosten der Einführung von MBT im Unternehmen	384
14.1.2	Initiale Kosten der Einführung im Projekt	385
14.1.3	Laufende Kosten von MBT im Testprozess	386

14.2	Nutzen von MBT .....	387
14.2.1	Frühzeitige Anforderungsvalidierung und Fehlerfindung .....	388
14.2.2	Ersparnis bei Erstellung und Pflege der Testfälle .....	388
14.2.3	Minimierung von Testfallmengen .....	389
14.2.4	Erhöhung der Testqualität .....	390
14.3	Kostenersparnis durch MBT – Fallbeispiel Trapeze ITS .....	390
14.3.1	Ausgangssituation .....	391
14.3.2	Kosten der MBT-Einführung .....	393
14.3.3	ROI-Betrachtung der MBT-Einführung .....	395
14.4	Zusammenfassung .....	402
<b>15</b>	<b>Möglichkeiten und Grenzen von MBT</b>	<b>403</b>
15.1	Was modellbasiertes Testen leisten kann .....	403
15.2	Was modellbasiertes Testen unter Umständen leisten kann .....	408
15.3	Was modellbasiertes Testen nicht leisten kann .....	410
15.4	Was modellbasiertes Testen nicht ersetzen kann .....	411
15.5	Ausblick – was MBT künftig bringen wird .....	412
15.6	Zusammenfassung .....	415
<b>Anhang</b>		<b>417</b>
<b>A</b>	<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>419</b>
<b>B</b>	<b>Glossar</b>	<b>421</b>
<b>C</b>	<b>Quellen</b>	<b>431</b>
C.1	Literaturangaben .....	431
C.2	Webseiten .....	442
	<b>Index</b>	<b>445</b>