

Mario Winter · Thomas Roßner · Christian Brandes · Helmut Götz

Basiswissen



Modellbasierter Test

Aus- und Weiterbildung zum
ISTQB® Foundation Level – Certified Model-Based Tester

 dpunkt.verlag

2., vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage



Mario Winter ist Professor am Institut für Informatik der Technischen Hochschule Köln und dort Mitglied des Forschungsschwerpunkts »Software-Qualität«. Er ist Gründungsmitglied des German Testing Board e.V. und war von 2003 bis 2011 Sprecher der GI-Fachgruppe »Test, Analyse und Verifikation von Software«. Seine Lehr- und Forschungsschwerpunkte sind Softwareentwicklung und Projektmanagement, insbesondere die modellbasierte Entwicklung und Qualitätssicherung von Software. Er ist Autor und Mitautor zahlreicher Publikationen im Bereich Softwareentwicklung und Softwaretest, u.a. der Fachbücher »Der Integrationstest« und »Praxiswissen Softwaretest – Testmanagement« sowie der iX-Studie »Software-Testmanagement«.



Thomas Roßner ist Mitglied des Vorstands der imbus AG. Er verfügt über jahrelange praktische Erfahrung in der Planung und Entwicklung von Softwaretests in verschiedenen Branchen und Technologien. Er leitete nationale und internationale Forschungs- und Entwicklungsprojekte zum modellbasierten Testen sowie zur Kosten-Nutzen-Optimierung von Testprozessen. Der ISTQB® Certified Tester (Advanced Level Testmanager) ist außerdem SPICE- und TestSPICE-Spezialist. Zudem ist er Mitautor der iX-Studien »Software-Testmanagement« und »Modellbasiertes Testen« sowie des Fachbuches »Praxiswissen Softwaretest – Testmanagement«.



Christian Brandes ist Trainer und Principal Consultant bei der imbus AG. Der promovierte Mathematiker verfügt über langjährige Projekterfahrung als Testmanager, Testarchitekt, Testdesigner und Testprozessberater. Er ist ISTQB® Certified Tester (Full Advanced Level, Agile Tester Extension) und als Hochschuldozent für Softwaretest tätig. Zahlreiche Publikationen und Vorträge – zu modellbasiertem Testen, agilem Testen, Testautomatisierung und testbaren Architekturen – runden sein Portfolio ab.



Helmut Götz ist Senior Key Expert innerhalb der zentralen Forschungsabteilung der Siemens AG in Erlangen. Seinen Themenschwerpunkt hat er seit fast 20 Jahren im Bereich der Softwarequalitätssicherung sowie in der Etablierung ganzheitlicher Testansätze bei Produktfamilien und Systemen innerhalb der Siemens AG. Als Senior-Key-Experte für »MBT für komplexe Systeme« treibt er die Forschungs- und Kollaborationsaktivitäten auf diesem Gebiet voran. Neben zahlreichen Konferenzpublikationen ist er Mitautor der iX-Studie »Modellbasiertes Testen«.

Papier
plus⁺
PDF.

Zu diesem Buch – sowie zu vielen weiteren dpunkt.büchern – können Sie auch das entsprechende E-Book im PDF-Format herunterladen. Werden Sie dazu einfach Mitglied bei dpunkt.plus⁺:

www.dpunkt.de/plus

Mario Winter · Thomas Roßner · Christian Brandes · Helmut Goetz

Basiswissen modellbasierter Test

**Aus- und Weiterbildung zum
ISTQB® Foundation Level –
Certified Model-Based Tester**

2., vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage



dpunkt.verlag

Mario Winter – mario.winter@th-koeln.de
Thomas Roßner – thomas.rossner@imbus.de
Christian Brandes – christian.brandes@imbus.de
Helmut Götz – helmut.h.goetz@siemens.com

Lektorat: Christa Preisendanz
Copy-Editing: Ursula Zimpfer, Herrenberg
Satz: Birgit Bäuerlein
Herstellung: Susanne Bröckelmann
Umschlaggestaltung: Helmut Kraus, www.exclam.de
Druck und Bindung: M.P. Media-Print Informationstechnologie GmbH, 33100 Paderborn

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie;
detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

ISBN:
Print 978-3-86490-297-0
PDF 978-3-96088-005-9
ePub 978-3-96088-006-6
mobi 978-3-96088-007-3

2., vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage
Copyright © 2016 dpunkt.verlag GmbH
Wieblinger Weg 17
69123 Heidelberg

Die vorliegende Publikation ist urheberrechtlich geschützt. Alle Rechte vorbehalten. Die Verwendung der Texte und Abbildungen, auch auszugsweise, ist ohne die schriftliche Zustimmung des Verlags urheberrechtswidrig und daher strafbar. Dies gilt insbesondere für die Vervielfältigung, Übersetzung oder die Verwendung in elektronischen Systemen.

Es wird darauf hingewiesen, dass die im Buch verwendeten Soft- und Hardware-Bezeichnungen sowie Markennamen und Produktbezeichnungen der jeweiligen Firmen im Allgemeinen warenzeichen-, marken- oder patentrechtlichem Schutz unterliegen.

Alle Angaben und Programme in diesem Buch wurden mit größter Sorgfalt kontrolliert. Weder Autor noch Verlag können jedoch für Schäden haftbar gemacht werden, die in Zusammenhang mit der Verwendung dieses Buches stehen.

5 4 3 2 1 0

Vorwort zur zweiten Auflage

Modellbasiertes Testen (MBT) umfasst die Nutzung von Modellen für die Automatisierung von Testaktivitäten sowie die Modellierung von Artefakten im Testprozess. In der Literatur sind mittlerweile Hunderte von Veröffentlichungen zu finden, die zunächst vornehmlich in wissenschaftlichen Konferenzen und Zeitschriften publiziert wurden. Seit ca. 2005 erschienen zunehmend auch anwendernahe bzw. praxisbezogene Artikel zum modellbasierten Test und inzwischen sind bereits mehrere englischsprachige Fachbücher zum Thema verfügbar. Im März 2009 erschien die Werkzeugstudie »Modellbasiertes Testen« [Götz 2009] als erstes einschlägiges deutschsprachiges Werk zu MBT. Im Mai 2010 folgte dann die erste Auflage des hier vorgelegten Buches »Basiswissen modellbasierter Test«.

Fast sechs Jahre sind seither ins Land gegangen. Haben diese sechs Jahre das seinerzeit als sehr innovativ, ja sogar experimentell geltende Thema MBT vorangebracht?

Tatsächlich hat sich das modellbasierte Testen immer weiter von der Schlagwortebene und Grundlagenforschung hin zur praktischen industriellen Anwendung entwickelt. Doch viele der Herausforderungen, die wir seinerzeit identifiziert und erläutert haben, sind auch heute noch aktuell:

- MBT ist schwierig einzuführen. Der Testprozess muss dafür eine ausreichende Reife aufweisen, sonst führt MBT eher zu neuen Problemen, als dass es zur Lösung von bestehenden beiträgt. Vielfach lässt sich beobachten, dass viele Testteams und -organisationen nach wie vor mit grundlegenden Problemen wie z.B. schlecht formulierten, veralteten oder gar nicht vorhandenen Anforderungen, einem inadäquaten Testprozess und knapp bemessenen Testzeiträumen kämpfen.
- Für eine effiziente Nutzung von MBT müssen Entwicklungs- und Testteam sowie fachliche Anforderer nicht nur an einen Tisch, sondern in eine gemeinsame Arbeitsumgebung, bestehend aus Model-

Was ist modellbasiertes Testen?

Modellbasiertes Testen – von Schlagwortebene und Grundlagenforschung hin zu praktischer industrieller Anwendung

lierungssprache und -werkzeug, gebracht werden. Die Organisationsstruktur vieler Unternehmen stellt auch heute noch ein Hindernis hierfür dar. Allerdings lässt z.B. die DevOps-Bewegung die Hoffnung aufkeimen, dass die Voraussetzungen für ein gemeinsames Arbeiten an Testmodellen besser werden.

- Die Auswahl an Werkzeugen und Modellierungssprachen sowie deren Einbindung in typische Entwicklungs- und Testwerkzeuglandschaften ist besser geworden. Dennoch werden MBT-Werkzeuge noch lange nicht als so benutzerfreundlich wahrgenommen wie z.B. Testmanagementwerkzeuge, und die Hürde für ihren produktiven Einsatz ist nach wie vor hoch. Ein Beleg hierfür lässt sich beispielsweise unter [URL: Weilkien's] nachlesen.

Dennoch findet man immer häufiger Berichte über den erfolgreichen Einsatz von MBT in der Softwareindustrie. Auch in der Lehre wird das Thema zunehmend adressiert und zumindest auf Schlagwortebene erfreut sich MBT inzwischen eines deutlich höheren Bekanntheitsgrades als 2010.

Zu Letzterem hat unter anderem auch die Aktivität des International Software Testing Qualifications Board (ISTQB®) beigetragen, das modellbasierte Testen in den Lehrplan des ISTQB® Certified Tester als Add-on aufzunehmen. Neben einer höheren Marktdurchdringung sorgt dieser Ende 2015 erschienene Lehrplan auch für eine gewisse Vereinheitlichung von Begriffen, Sichtweisen und Techniken von MBT.

Als wir die ersten Versionen dieses Lehrplans sichteten, waren wir sehr erfreut, dass durch die MBT-Arbeitsgruppe des ISTQB® weite Teile der Inhalte unseres Buches aufgegriffen und somit quasi »zu offiziellen Weihen« geführt wurden. Daher ist es uns vergleichsweise leichtgefallen, mit der nun vorliegenden zweiten Auflage eine Überarbeitung herauszubringen, die die Lernziele des MBT-Lehrplans vollständig abdeckt.

Wir haben uns jedoch bewusst dafür entschieden, den Aufbau des Buches nicht am Lehrplan auszurichten, sondern die Struktur der ersten Auflage weitgehend beizubehalten. Auch haben wir Inhalte, die über den Lehrplan hinausgehen, nicht aus dem Buch entfernt. Stattdessen haben wir eine Leseanleitung ergänzt, die diejenigen Leser, die sich gezielt auf die Prüfung zum »ISTQB® Certified Model-Based Tester« vorbereiten wollen, zu den relevanten Stellen des Buches leitet.

Wir, die Autoren, verfolgen mit dem vorliegenden Buch (wie schon mit der 1. Auflage) das Hauptziel, Ihnen bei der Erschließung des modellbasierten Testens ein guter Ratgeber zu sein! Wir sind überzeugt davon, dass Sie mehr Freude daran haben werden, gute Modelle für gutes modellbasiertes Testen zu erstellen, als die vielen benötigten Test-

fälle bzw. Testskripte für gutes manuelles bzw. automatisiertes Testen zu schreiben. Daher möchten wir Sie mit dem Buch in die Lage versetzen,

- die grundsätzlichen Prinzipien und Methoden des modellbasierten Testens verstehen und charakterisieren zu können,
- den aktuellen Stand der Technik des modellbasierten Testens zu überblicken und die technische und wissenschaftliche Originalliteratur lesen sowie neue Vorschläge hinsichtlich der Relevanz für Ihre Projekte einschätzen zu können und
- die angebotenen Werkzeuge hinsichtlich der zugrunde liegenden Verfahren analysieren und eine Vorauswahl auf der Basis Ihres eigenen Projektkontexts treffen zu können.

Das Buch bietet Ihnen eine breite Einführung in das Thema, nicht aber werkzeugspezifische Lösungen für konkrete Testprobleme. Es stellt die Grundlagen modellbasierten Testens dar und gibt einen Überblick über verschiedene Modellierungssprachen und Testverfahren. Es zeigt auf, welche Voraussetzungen für den Einsatz modellbasierten Testens in einer Organisation zu schaffen sind, welche möglichen Fallstricke eine erfolgreiche Einführung verhindern können und wie man diese Fallstricke vermeidet. Anhand von einfachen Beispielanwendungen aus verschiedenen Industrieinsätzen wird insbesondere auch auf die Qualitätsgewinne und Einsparungspotenziale eingegangen, die durch MBT möglich sind.

Die Zielgruppe dieses Buches ist breit angelegt – schließlich soll ein »Basiswissen«-Buch die behandelten Themen so darstellen, dass nicht nur Testspezialisten einen Nutzen davon haben. Das Buch richtet sich primär an

- Tester bzw. (technische) Testanalysten sowie Entwickler mit Interesse an modernen modellbasierten (Test-)Ansätzen und
- Testmanager mit der Notwendigkeit zu effizienterem Testen.

Im Vordergrund stehen dabei solche Tester, die bisher eher nur eine diffuse Vorstellung davon haben, was MBT konkret sein könnte und wie sie es selbst möglicherweise einsetzen könnten. Insbesondere Testanalysten, die sich mit dem methodischen Übergang von zu testenden Anforderungen (z.B. in Modellform) hin zu Testfällen beschäftigen, werden sich angesprochen fühlen. Aber auch Testmanager, die im Rahmen ihrer Teststrategie die ihnen zur Verfügung stehenden Ressourcen möglichst nutzbringend einsetzen wollen, werden Hinweise zum Kosten-Nutzen-Verhältnis modellbasierter Ansätze finden. Testanalysten und technische Testanalysten werden je nach Modellierungshinter-

grund Möglichkeiten entdecken, ihre Testfälle in Modellform aufzubereiten.

Ebenso sollen auch Projektleiter, Anforderungsanalytiker, Modellierer und Entwickler erfahren, welche Möglichkeiten modellbasierte Teststrategien zu bieten haben – schließlich genügen oft schon geringe Erweiterungen oder Anpassungen an vorhandene Modelle, um für den Test relevante Artefakte aus ihnen »auf Knopfdruck« erzeugen zu können (wobei der »Knopf« in der Regel erst konzipiert und realisiert werden muss).

Schließlich will das Buch generell allen, die wissen möchten, was es mit dem Begriff »MBT« denn nun auf sich hat, eine Antwort geben. Es kann als Leitfaden zur Entwicklung einer eigenen MBT-Methodik und als Entscheidungsgrundlage für deren Einsatz herangezogen werden.

Die einzige Voraussetzung zum »erfolgreichen« Lesen des Buches sind Grundkenntnisse des Softwaretestens, wie sie z. B. im Rahmen des »ISTQB® Certified Tester – Foundation Level« vermittelt werden. Der dort beschriebene fundamentale Testprozess wird im vorliegenden Buch auf modellbasierte Disziplinen erweitert bzw. angepasst. Auch die dort vorgestellten Test- und Testmanagementverfahren werden – soweit sie für MBT relevant sind – aufgegriffen und in den MBT-Kontext eingeordnet.

Danksagung

Zu allererst gebührt unser Dank unseren Familien. Die Erstellung eines Buchmanuskripts ist nicht familienkompatibel, da man Ruhe benötigt und – viel schwieriger – mehrere Stunden Zeit »am Stück«. Keiner der Autoren konnte dafür eine längere Auszeit nehmen, sondern das Buch musste von Anfang an parallel zum Tages- und Projektgeschäft entstehen. Dies setzt ein großes Maß an Toleranz bei allen unmittelbar Betroffenen voraus, und wir hatten das große Glück, dieses Maß sehr oft zu erfahren.

Weiterhin danken wir dem dpunkt.verlag, allen voran Frau Preisendanz, die uns trotz mehrfacher Terminverschiebungen (einige davon höherer Gewalt wie Krankheitsausfällen geschuldet) die Treue hielt. Wir hoffen, dass das Urteil der Leser sie im Nachhinein in ihrer Geduld bestätigen wird.

Wir danken ebenso den Lesern der ersten Auflage, die uns mit ihren wertvollen Hinweisen an vielen Stellen aus dem sich fast zwangsläufig ergebenden »Wald«, den wir »vor lauter Bäumen« nicht mehr gesehen haben, geführt haben.

Und schließlich danken die Autoren einander für das funktionierende Kollektiv, das konstruktive Diskutieren auch abweichender

Standpunkte und das Vergnügen, am selben Strang zu ziehen. Die Diskussionen rund um den vom ISTQB® veröffentlichten Lehrplan und das Vorgehen bei der Gestaltung dieser Neuauflage waren – genau wie vor 6 Jahren – gehaltvoll, konstruktiv und unverändert von einer spürbaren Begeisterung für das Thema MBT geprägt.

Wir wünschen unseren Lesern, dass das Buch ihre Erwartungen erfüllt und sie es mit Gewinn und Vergnügen zurate ziehen.

*Mario Winter, Thomas Roßner, Christian Brandes, Helmut Götz,
im Juli 2016*

Geleitwort zur ersten Auflage

von Prof. Dr. Ina Schieferdecker
TU Berlin/Fraunhofer FOKUS

Modellbasiertes Testen geistert seit Jahren durch Konferenzen, Foren und Diskussionsrunden. In einer Vielzahl von Forschungs- und Entwicklungsprojekten sind Arbeiten mit dem Ziel durchgeführt worden, unter Nutzung von Modellen das Testen von softwarebasierten Systemen effektiver und effizienter zu gestalten. Dabei soll sowohl der Aufwand für das Testen minimiert als auch die Qualität der Tests erhöht werden. Die Kernidee des modellbasierten Testens wurde bereits mit der Softwarekrise in den 1960ern formuliert und ist anhand automatenbasierter Ansätze zumindest theoretisch umgesetzt worden. Jedoch bieten erst heutige Modellierungs- und Automatisierungsmethoden und -werkzeuge entlang der Model-Driven-Engineering-Initiativen Möglichkeiten, die Kernideen in den breiten praktischen Einsatz für softwarebasierte Systeme industrieller Größe zu überführen.

Nur: Was ist genau mit modellbasiertem Testen gemeint? Arbeitet man sich in dieses Gebiet ein, so ergeben sich umgehend verschiedene Sichten, die die Breite, das Potenzial, aber auch die Herausforderungen beim modellbasierten Testen erahnen lassen: Welche Modelle sind gemeint? Systemmodelle, Anforderungsmodelle, Entwurfsmodelle, Nutzermodelle, Architekturmodelle, Verhaltensmodelle etc.? Oder gar Testmodelle? Was ist überhaupt ein Modell? Welche Techniken werden für die Modellierung genutzt? Auf welcher Abstraktionsstufe wird modelliert? Welche Aspekte werden modelliert? Welche Phasen im Testprozess werden durch einen modellbasierten Ansatz tangiert? Geht es im Wesentlichen um einen modellbasierten Testentwurf inklusive der automatisierten Generierung der Testfälle? Oder aber geht es auch um die Automatisierung der Testausführung? Ist eine schrittweise Einführung modellbasierter Testansätze möglich? Und wenn ja – wie? Und wie entwickelt sich modellbasiertes Testen langfristig, wenn das softwarebasierte System weiterentwickelt wird? Wie bettet sich die Weiterentwicklung der modellbasierten Tests in diese Wartung und Weiterentwicklung ein? Usw. usf., bis hin zur »K.-o.-Frage«: Lohnt

sich das Ganze überhaupt? Oder aber bis zu einer anderen K.-o.-Frage: Machen wir das nicht eh schon seit Langem?

Lassen Sie sich mit diesem Buch in das Gebiet einführen und erwarten Sie eine kritische Diskussion und Reflektion obiger und weiterer Fragen. Während es eine Vielzahl englischsprachiger Publikationen und Abhandlungen zum modellbasierten Testen gibt, lag ein vergleichbares Werk für den deutschsprachigen Raum noch nicht vor. Thomas Roßner, Christian Brandes, Helmut Götz und Mario Winter haben sich der Aufgabe gestellt, das Gebiet des modellbasierten Testens zu strukturieren, darzustellen und beispielhaft zu erläutern. Dabei wird aufbauend auf einer allgemeinen Betrachtung von Modellierungs- und Testansätzen ein systematischer Zugang zum modellbasierten Testen gegeben: Angefangen mit Modellkategorien und verschiedenen Arten modellbasierten Testens wird die Einbettung in den Testprozess erläutert und die Qualität der Modelle diskutiert. Kapitel zur Automatisierung der Testgenerierung, der Testausführung und zur Klassifikation von Werkzeugen für das modellbasierte Testen unterlegen die konzeptionellen Betrachtungen mit praktischen Herangehensweisen. Anwendungsbeispiele reflektieren im Buch durchgängig die präsentierten Ansätze. Abschließend werden Migrationsstrategien, Effektivitätsbetrachtungen sowie Vor- und Nachteile modellbasierten Testens kritisch diskutiert, sodass eine objektivierte Analyse modellbasierter Testmethoden für eigene Entwicklungs- und Qualitätssicherungsprozesse ermöglicht wird.

Wenn ich eine Kritik ansetzen darf, dann insbesondere die, warum das Buch erst jetzt erscheint, haben die Autoren doch über Studien, Artikel und Vorträge das Gebiet des modellbasierten Testens schon längst durchdrungen. Andererseits, gut Ding will Weile haben. Das Buch überzeugt in seinem stilistisch wohlausgewogenen Herangehen an die Materie, die aus verschiedenen Perspektiven betrachtet und analysiert wird. Das Buch präsentiert Basiswissen zum modellbasierten Testen. Eine Fortsetzung wäre wünschenswert, in der die diversen Methoden anhand konkreter Techniken und Algorithmen noch detaillierter erörtert werden würden.

Ina Schieferdecker
Juni 2010

Inhaltsübersicht

Teil I	MBT – Einstieg und Grundlagen	1
1	Einleitung	3
2	Testen heute	23
3	Einführung in die Modellierung	47
4	MBT – ein Einstieg	105
5	Intermezzo 1: Türsteuerung	119
Teil II	MBT im Testprozess	133
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
Teil III	MBT im Praxiseinsatz	341
12	Werkzeuge für MBT	343
13	MBT erfolgreich einführen	353
14	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	383
15	Möglichkeiten und Grenzen von MBT	403

Anhang	417	
A	Abkürzungsverzeichnis	419
B	Glossar	421
C	Quellen	431
	Index	445

Inhaltsverzeichnis

Teil I	MBT – Einstieg und Grundlagen	1
1	Einleitung	3
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
2	Testen heute	23
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 Endkriterien 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 Metamodel	99
3.9.2	Stereotype und Profile	100
3.10	Zusammenfassung	103

4	MBT – ein Einstieg	105
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
5	Intermezzo 1: Türsteuerung	119
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
6	MBT und der Testprozess	135
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
7	Planung und Steuerung	169
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

8	Intermezzo 2: CarKonfigurator	197
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
9	Modellierung und Modellprüfung	213
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
10	Testauswahlkriterien und Testfallgenerierung	265
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
11	Realisierung, Durchführung und Auswertung	311
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
12	Werkzeuge für MBT	343
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

13	MBT erfolgreich einführen	353
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	Evaluierungsphase	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
14	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	383
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 Anforderungvalidierung 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	Kostensparnis 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
15	Möglichkeiten und Grenzen von MBT	403
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
Anhang		417
A	Abkürzungsverzeichnis	419
B	Glossar	421
C	Quellen	431
C.1	Literaturangaben	431
C.2	Webseiten	442
	Index	445

Teil I

MBT – Einstieg und Grundlagen

1 Einleitung

Dieses Kapitel erläutert den Hintergrund, vor dem das Buch geschrieben wurde. Hauptauslöser waren der »Hype« um das Schlagwort »modellbasierter Test« sowie die Vielzahl sehr heterogener existierender Definitionen. Diese wurden mittlerweile auf einen pragmatischen gemeinsamen Nenner gebracht. Darauf aufbauend werden die Ziele des Buches formuliert und der sich daraus ergebende Aufbau sowie der Inhalt der folgenden Kapitel skizziert.

1.1 Model Based Testing – nur ein Hype?

Seit nunmehr über 45 Jahren ist die »Softwarekrise« in mehr oder weniger spürbarer Form immer weiter in den Alltag vorgedrungen. Es vergeht kaum ein Tag, an dem nicht über »Software- oder IT-Fehler« berichtet wird. Vor über 35 Jahren erschien unter dem Titel »The Art of Software Testing« die erste Monografie zum Thema Softwaretest [Myers 1979] die seitdem zigfach fast unverändert nachgedruckt wurde. In jüngerer Zeit ist die Literatur zum Softwaretest förmlich explodiert, und mittlerweile wird bei der überwiegenden Mehrzahl von Softwareprojekten nicht mehr gefragt, ob getestet wird, sondern nur noch was, wie und wie viel. Zur Effizienzsteigerung wird dabei insbesondere auf die automatisierte Durchführung der Tests gesetzt.

Modellbasiertes Testen zielt in erster Linie darauf ab, die Automatisierung auf bislang weniger zugängliche Tätigkeiten in früheren Phasen des Testens auszudehnen. Dort werden nach wie vor aus oft umgangssprachlich formulierten Anforderungen und Systemspezifikationen unter Benutzung mehr oder weniger methodischer Verfahren Testfälle manuell erstellt. Das modellbasierte Testen konzentriert sich auf die Erstellung eines oder mehrerer formaler Modelle, anhand derer z.B. die Testfälle nach vorgegebenen Testkriterien automatisch generiert (und auch ausgeführt) werden können.

Über 35 Jahre »The Art of Software Testing«

Was ist modellbasiertes Testen?

Viel testen = gut testen?

Nun bedeutet »viel testen« bzw. »Testen auf Knopfdruck« im Sinne von vielen automatisch generierten Testfällen nicht automatisch auch »gut testen«. Was aber ist »gutes Testen«? Und wie erreicht man es mit modellbasiertem Testen? Gutes Testen soll einerseits Fehler finden, bevor sie der Kunde findet. Andererseits soll gutes Testen das Vertrauen darin erhöhen, dass das Produkt seinen Einsatzzweck wirklich erfüllt. Für gutes Testen muss also einerseits bekannt sein, wo Fehler am wahrscheinlichsten zu finden sind, und andererseits müssen der Einsatzzweck und die Risiken des Produkts definiert sein.

*Effektiv und effizient
Testen!*

Die Fragen nach der Effektivität, also den »richtigen« bzw. wichtigen Tests, sowie der Effizienz, also der »richtigen« bzw. Ressourcen sparenden Erstellung und Durchführung dieser Tests, rücken dabei immer mehr in den Vordergrund. Naturgemäß fokussiert das Management eher auf die Effizienz und damit auf die Automatisierung sich oft wiederholender und schematisch ausführbarer Tätigkeiten. Vor diesem Hintergrund ist der teilweise mit völlig überzogenen Erwartungen an die zu erzielende Produktqualität einhergehende »Hype« der automatischen Testausführungswerkzeuge in den späten 90er-Jahren zu verstehen.

MBT in der Literatur

Mark Utting und Bruno Leguard setzten in einem der ersten Bücher zu MBT [Utting 2007] den Fokus auf die generativen Aspekte des modellbasierten Testens. Der Titel ihres Buches »Practical model-based Testing« legt die Intention der beiden Autoren nahe, das modellbasierte Testen im praktischen, also vor allem im industriellen Einsatz zu beleuchten. Aber wie reif war das modellbasierte Testen für solche Praxiseinsätze tatsächlich?

Sehr interessante und umfassende Informationen hierzu finden sich in einer der ersten Literaturstudien zu MBT [Dias-Neto 2009]. Die Autoren dieser Studie führten eine systematische Klassifikation von insgesamt 406 bis Mitte 2007 erschienenen Publikationen zum modellbasierten Testen durch. 202 davon erwiesen sich als »gehaltvoll« (d.h., es handelte sich nicht um irrelevante oder duplizierte Informationen). Anschließend wurden 85 Publikationen ausgewählt, die sich entweder auf die Modellierung mit der UML oder auf andere aktuelle (d.h. ab 2004 vorgestellte) oder offenkundig interessante (nämlich mindestens in drei anderen Publikationen referenzierte) Modellierungstechniken bezogen. Diese 85 Veröffentlichungen wurden mit folgendem Ergebnis bezüglich ihrer Praxisrelevanz beurteilt:

Praxisbezug	Anzahl gesichteter Veröffentlichungen			
	UML-basiert	Ohne UML	Gesamt	Anteil in %
Spekulation – Beschreibung des Ansatzes ohne Beispiel oder Referenz auf einen realen Einsatz	17	6	23	27
Beispiel – Erläuterung des Ansatzes mit einem Beispiel, aber ohne Beurteilung der Effektivität und Effizienz	22	16	38	45
Machbarkeitsstudie – Bericht über Anwendung des Ansatzes auf ein »Spieldsystem« mit Nachweis der grundsätzlichen Anwendbarkeit	5	8	13	15
Anwendungsbericht – Bericht über realen Einsatz in einem Industrieprojekt und subjektive Bewertung des Erfolgs	0	4	4	5
Evaluierung – Fallstudie in kontrollierter Praxisumgebung mit quantitativer Analyse von Effektivität und Effizienz	3	4	7	8

Tab. 1-1

Ergebnisse der Studie zum modellbasierten Testen [Dias-Neto 2009]

Die beiden letzten Kategorien der Berichte über praktische Anwendungen umfassen lediglich 11 Artikel, also nur 13 % aller vorgestellten Ansätze.

Ist das modellbasierte Testen auch heute nur ein »Hype« oder ist es mittlerweile eine ernst zu nehmende Technologie? Die Analysten und Berater der Gartner Group [URL: Gartner] veröffentlichen jährlich Berichte zu verschiedenen technologiebezogenen Themen, die sogenannten »Hype Cycles« [URL: WikipediaHypeCycle]. Im Hype Cycle des Jahres 2007 zum Thema »Application Development« fand sich das modellbasierte Testen unter dem Begriff »Scriptless Testing« im Bereich des »peak of inflated expectations«, also auf dem »Gipfel der überzogenen Erwartungen«.

Im Jahr 2009 ordnete Gartner das »Scriptless Testing« sogar noch weiter vorne im Hype Cycle an. 2011 war es dann wieder auf dem Gipfel der (überzogenen) Erwartungen, 2011 und 2012 fand es sich auf dem Weg in das Tal der Desillusionierung. Ab 2013 taucht »Scriptless Testing« dann gar nicht mehr im Hype Cycle auf. Das lässt nach der Systematik von Gartner zwei unterschiedliche Schlussfolgerungen zu: Entweder ist die Technologie in Vergessenheit geraten oder sie ist auf dem Weg zur produktiven Nutzung.

Erst wenige Veröffentlichungen über praktische Anwendungen von MBT

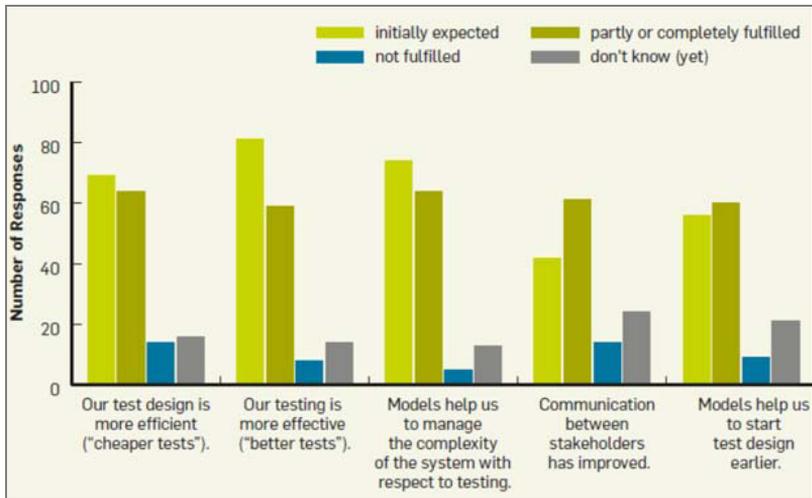
MBT – jahrelang eine Hype-Technologie

Letzteres sehen Mlynarski et al. in ihrem Übersichtsbeitrag zu MBT und folgern:

Model-based testing has been and is applied in many industry projects. [...] there exist a strong literature and empirical body of knowledge. Based on our industry experience, an even wider application of MBT in the industry will be the case. The methods and tools used for MBT gain a great momentum, which makes this technique promising for many companies. [Mlynarski 2012]

Abb. 1-1

Erfüllte Erwartungen in der MBT-Umfrage 2015
(aus: [Binder 2015])



MBT heute

Im Jahr 2014 wollten es Robert Binder et al. genau wissen und führten erneut eine groß angelegte Umfrage zu MBT durch [Binder 2015]. Über hundert MBT-Experten aus aller Welt gaben Auskunft. Binder et al. fanden heraus, dass MBT durchaus die Effektivität und Effizienz des Testens steigert, aber die teilweise überzogenen Erwartungen der Anwender immer noch nicht ganz erfüllen kann (s. Abb. 1-1). Die größten Nutzen werden bei der Testüberdeckung, der Komplexitätsbeherrschung, der automatischen Testfallgenerierung und der Wiederverwendung von Modellen und Modellelementen gesehen, die höchsten Hürden bei der Werkzeugunterstützung, den erforderlichen Kompetenzen und dem Widerstand gegen Veränderungen.

Interessante Einzelaussagen sind, dass MBT-Modelle teilweise lediglich zur Dokumentation genutzt werden, vorhandene Werkzeuge als nutzungsunfreundlich gelten, MBT in einem globalen Unternehmen keine Akzeptanz findet, in einem anderen Unternehmen aber als die einzige praktikable Möglichkeit zum Zuverlässigkeits-Assessment angesehen wird ([URL: MBTSurvey1], [URL: MBTSurvey2], [Binder 2015]).