

mehr zum thema:  
toop.gi-ev.de

# MODELLBASIERTES TESTEN: HYPE ODER REALITÄT?

Manuelle Testerstellung verursacht hohe Kosten. Im Vergleich dazu bietet modellbasiertes Testen große Vorteile hinsichtlich Testautomatisierung, früher Fehlerfindung, Erhöhung der Testabdeckung, effizienten Testentwurfs und besserer Rückverfolgbarkeit. Die Einführung des modellbasierten Testens ist jedoch mit Investitionen verbunden, für die die Rendite häufig unklar erscheint. Dabei finden sich in der Literatur bereits etliche Erfahrungsberichte zur erfolgreichen Einführung von modellbasiertem Testen in unterschiedlichen Anwendungsdomänen. In diesem Artikel präsentieren wir einen Überblick über einige dieser Erfahrungsberichte.

Testen ist das wesentliche industrielle Mittel zur analytischen *Qualitätssicherung (QS)* in allen Arten von Softwareprojekten. Fehlende oder mangelhafte QS kann zu Sachschäden, Personenschäden oder hohen finanziellen Verlusten führen. Neben diesen stark öffentlichkeitswirksamen Fehlschlägen kann es aber auch in kleineren Projekten zu hohen Folgekosten kommen. Das trifft insbesondere auf sicherheitsrelevante Domänen zu, wie z. B. das Transportwesen. Um Fehlschläge und Folgekosten zu vermeiden, müssen Entscheider in die Qualität der Projekte und Produkte investieren. Das passiert üblicherweise, indem sie mehr Ressourcen für QS-Maßnahmen wie den Test zur Verfügung stellen oder höhere Qualitätskriterien zur Bewertung der Test-Suite bzw. als Testende-Kriterium ansetzen. Neben dem absoluten Umfang ist aber auch die Testeffizienz von Bedeutung. Schon jetzt nimmt die QS von sicherheitskritischen Systemen bis zu 80 % der Gesamtkosten in Anspruch. Eine weitere Erhöhung der Testressourcen ist in solchen Bereichen nahezu ausgeschlossen. Stattdessen steht die Verbesserung der

Testeffizienz im Vordergrund. Hier steht ein Paradigmenwechsel hin zu effizienterem und automatisiertem Testen an. Dieser Beitrag gibt einen Überblick über Erfahrungsberichte zur Einführung modellbasierter Testtechnologien. Dabei werden lediglich grundlegende Kenntnisse über das Thema Testen vorausgesetzt.

*Modellbasiertes Testen (MBT)* bringt viele Vorteile – sowohl für die Testqualität als auch für die Testeffizienz. Dabei werden Testfälle aus Modellen systematisch und oft auch automatisch abgeleitet. Die Systematik erhöht die Testqualität und durch den Automatismus wird der Testprozess effizienter und wiederholbar. Die Modelle des modellbasierten Testens werden – wie in **Abbildung 1** dargestellt – vergleichsweise früh im Entwicklungsprozess erstellt. Die frühe Auseinandersetzung mit den Anforderungen zur Erstellung der Modelle ermöglicht die frühe Erkennung von Widersprüchen und Ungenauigkeiten in den Anforderungen. Das führt zu einer erheblichen Kostenreduktion gegenüber späteren Validierungsmöglichkeiten, zum Beispiel im Systemtest. Dies veranschau-

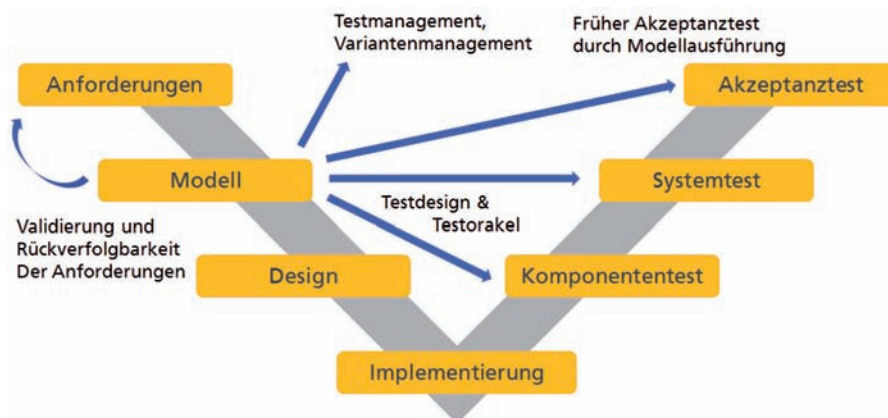


Abb. 1: Modellbasiertes Testen im V-Modell.

## die autoren



Dr. Stephan Weißleder

[E-Mail: [Stephan.Weissleder@first.fraunhofer.de](mailto:Stephan.Weissleder@first.fraunhofer.de)] arbeitet beim Fraunhofer-Institut FIRST als Forschungsgruppenleiter im Bereich Test mit Fokus auf MBT.



Baris Güldali

[E-Mail: [Baris.Guedali@s-lab.upb.de](mailto:Baris.Guedali@s-lab.upb.de)] ist Researcher beim Software Quality Lab (s-lab) der Universität Paderborn.



Dr. Michael Mlynarski

[E-Mail: [Michael@Mlynarski.info](mailto:Michael@Mlynarski.info)] ist derzeit als Teamleiter für das Thema Softwaretesten bei der NorCom AG tätig.



Arne-Michael Törsel

[E-Mail: [Arne-Michael.Toersel@fh-stralsund.de](mailto:Arne-Michael.Toersel@fh-stralsund.de)] ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der FH Stralsund.



David Faragó

[E-Mail: [David.Farago@kit.edu](mailto:David.Farago@kit.edu)] ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Karlsruher Institut für Technologie.



Florian Prester

[E-Mail: [Florian.Prester@seppmed.de](mailto:Florian.Prester@seppmed.de)] ist einer von drei Geschäftsführern der sepp.med GmbH.



Prof. Dr. Mario Winter

[E-Mail: [Mario.Winter@fh-koeln.de](mailto:Mario.Winter@fh-koeln.de)] lehrt und forscht am Institut für Informatik der FH Köln.

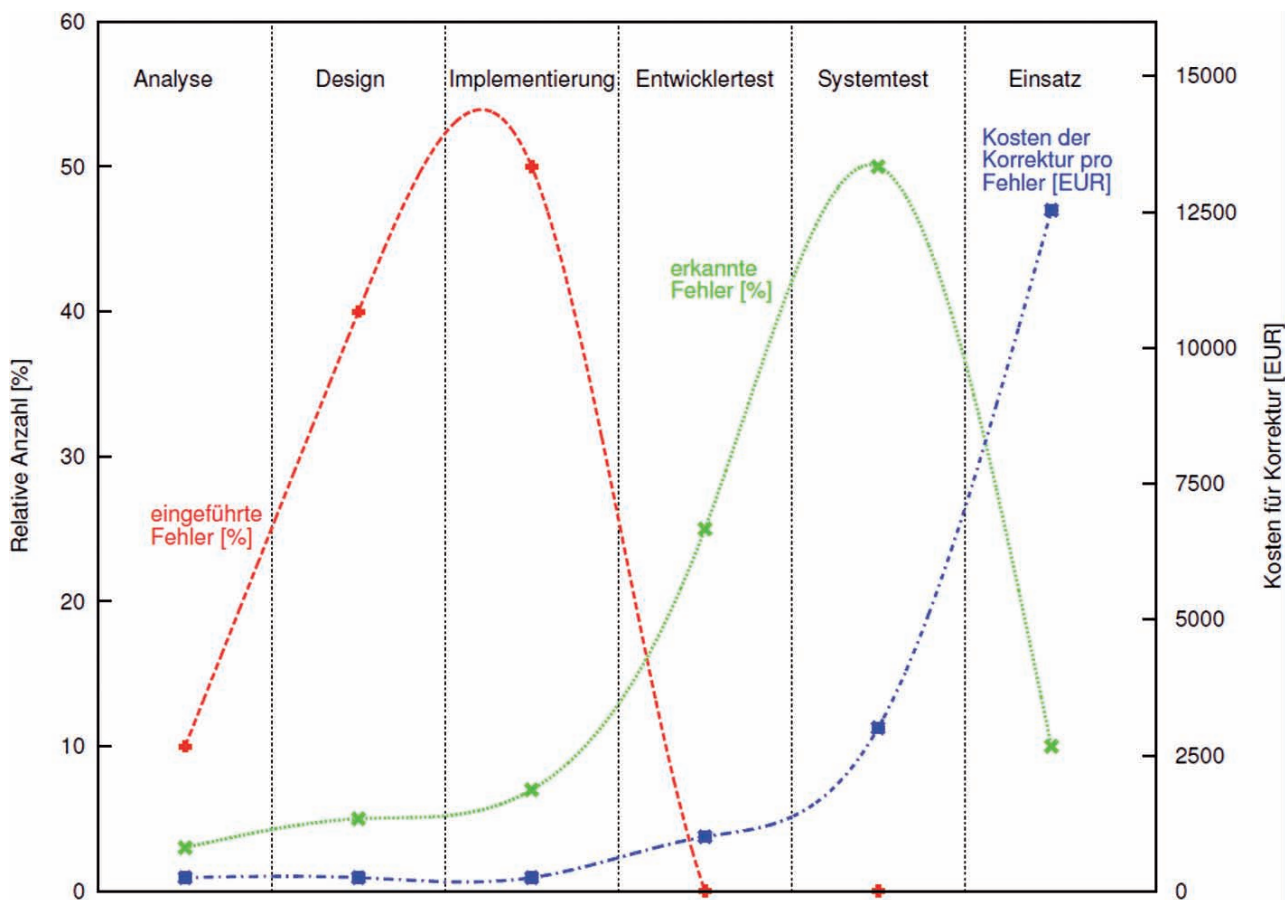


Abb. 2: Fehlerkosten in Abhängigkeit vom Fehlerfindungszeitpunkt.

licht **Abbildung 2**, deren Inhalte wir aus [Wer09] und [Mol96] übernommen haben: Hier werden die Zeitpunkte der Fehlererzeugung und der Fehlerfindung miteinander verglichen. Das Hauptaugenmerk der Testverantwortlichen sollte auf den Kosten für die Fehlerkorrektur liegen.

Durch formale Modelle werden außerdem das Testmanagement oder das Management für variantenreiche Systeme unterstützt. Durch Simulation des Modells können bereits hier frühe Akzeptanztests ausgeführt werden. Die wesentlichen Anwendungsgebiete für das modellbasierte Testen sind das automatisierte Testdesign (d.h. die Generierung von Testfällen und Testeingabedaten) sowie die Generierung von Testorakeln (für den Vergleich von erwartetem und tatsächlichem Verhalten) für verschiedene Teststufen vom Komponententest bis zum Systemtest. Beide Anwendungsgebiete haben ein hohes Automatisierungspotenzial und stehen deshalb häufig im Fokus der Betrachtung.

Die technische Umsetzung des automatisierten Testdesigns lässt sich anhand von **Abbildung 3** erläutern: Ein Testgenerator

erzeugt auf Basis eines Modells und eines zu erfüllenden Qualitätskriteriums automatisch eine Test-Suite. Diese Testgenerierung kann unter Zuhilfenahme verschiedenster Techniken – beispielsweise evolutionärer Suchtechniken, *Constraint-Solving*-Techniken oder *Model Checking* – erfolgen. Dabei werden allgemeine Qualitätskriterien automatisch in konkrete Testziele (z.B. das Erreichen eines bestimmten Zustands) umgewandelt, für die der Testgenerator dann automatisch Testfälle erzeugt (siehe **Abbildung 4**). Die genutzten Modelle entstammen häufig der *Unified Modeling Language (UML)* – insbesondere Zu-

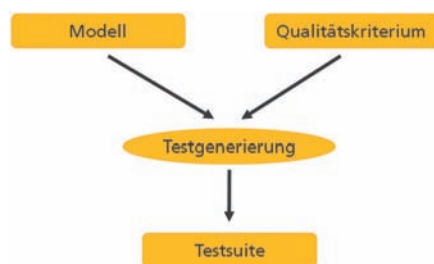


Abb. 3: Automatische Testgenerierung.

standsmaschinen erfreuen sich großer Beliebtheit bei Anwendern und Werkzeugherstellern. Die Erstellung der Modelle sowie die Etablierung der Werkzeugkette und die Integration des modellbasierten Testens in existierende Prozesse sind Anfangsinvestitionen, die im Zuge der Einführung des modellbasierten Testens durchgeführt werden müssen. Diese Investitionen werfen jedoch hohe Erträge ab, wenn Fehler früher als zuvor gefunden werden oder Testfälle automatisch generiert werden. Für Projekte mit häufigen Änderungen wird es besonders vorteilhaft, dass Anpassungen durch Änderungen der Anforderungen, insbesondere in späteren Iterationen, nur noch einmal im Modell und nicht in etlichen Testfällen manuell nachvollzogen werden müssen.

Für alle Entscheider, die die Vorzüge des modellbasierten Testens reizvoll finden, ist der Aufwand relevant, der hinter der Einführung des modellbasierten Testens steht. Grundsätzlich lässt sich dazu sagen, dass der Aufwand zur Etablierung einer neuen Technik natürlich stark von den bereits bestehenden Voraussetzungen

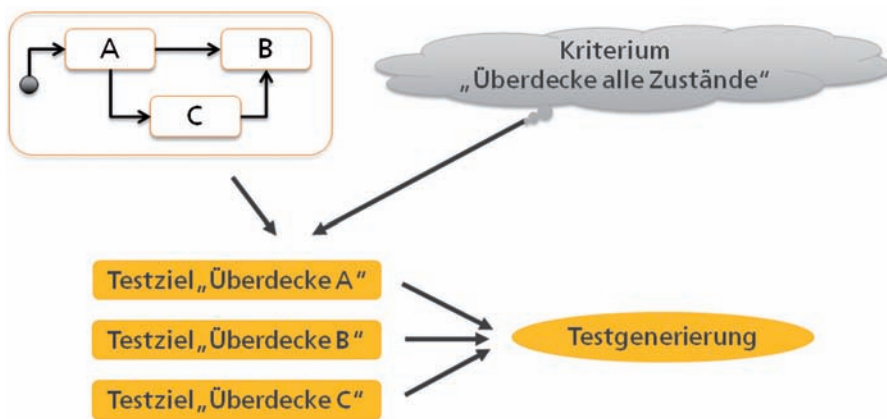


Abb. 4: Überführung der Qualitätskriterien in konkrete Testziele.

innerhalb einer Firma abhängt. Die differenzierte Analyse dieser Voraussetzungen wurde bereits von Mitgliedern des GI-Arbeitskreises TOOP/MBT durchgeführt – die Ergebnisse wurden in [Gül10] veröffentlicht.

Der Artikel präsentiert – frei von jeder Theorie – eine Einführung in das modellbasierte Testen und gibt Entscheidungshilfen für dessen Einführung. Diese bieten eine erste Orientierung für die Vorteile und Investitionen bei der Einführung von modellbasiertem Testen. Als Fortsetzung von [Gül10] präsentieren wir in diesem Beitrag Erfahrungsberichte, die das Potenzial von MBT eindrucksvoll unterstreichen.

### Erfahrungsberichte zur Einführung von MBT

Im Folgenden stellen wir Erfahrungsberichte verschiedener Anwender und Hersteller vor. Dazu nennen wir für jeden Bericht, soweit verfügbar, den Kontext, die Voraussetzungen, die Investitionen, die Erträge und die wesentlichen Erkenntnisse. Dies soll dem Leser einen Eindruck davon geben, dass MBT selbst mit unterschiedlichsten Voraussetzungen und Projektlaufzeiten und unter Verwendung verschiedenster Metriken zur Erhebung der Aufwände große Vorteile bringt (siehe Tabelle 1). Obwohl ein Pilotprojekt zur Messung der Vorteile in der eigenen Firma

unumgänglich ist, dürften diese Berichte das Interesse aller Testmanager wecken, die mit stetig steigenden Aufwänden, unzureichender Qualität oder mangelhafter Wartbarkeit der Tests konfrontiert sind.

#### Studie 1: Conformiq@Ericsson (TK-Sektor)

Die Arbeit in [Flo08] beschreibt ein Pilotprojekt zur Evaluierung eines modellbasierten Testprozesses bei Ericsson unter Nutzung des Werkzeugs „Qtronic“ von Conformiq. Das Projektteam bestand aus drei Mitarbeitern von Ericsson und drei Beratern von Conformiq.

Das Projekt verfolgte als Pilot zwei Ziele:

- Die Qualität des Testprozesses in der einsetzenden Abteilung zu verbessern (als größtes Problem des bestehenden Projekts wurde die Wartung von Testfällen identifiziert).
- Die Eignung des Werkzeugs Qtronic für den generellen Einsatz bei Ericsson zu untersuchen.

Die Modellierung wurde von Conformiq-Mitarbeitern unterstützt.

Zu den Investitionen trifft diese Studie keine Aussagen. Zu den Erträgen heißt es, dass sich im Vergleich zu einem manuellen Testansatz der Zeitaufwand um 73 % verringerte (durchschnittlich 20 Stunden pro

Testfall beim manuellen Testen gegenüber 5,5 Stunden pro Testfall beim modellbasierten Testansatz). Zusätzlich verbesserte sich die Zufriedenheit der Mitarbeiter mit dem Testprozess und den eingesetzten Werkzeugen. Diese Erkenntnis wurde durch Befragung der Mitarbeiter ermittelt.

#### Wesentliche Erkenntnisse

Die Modellierung ist aufwändig und erfordert Expertise. Wenn diese aufgebaut werden muss, dann ist laut der Studie zunächst nicht von verringerten Aufwänden auszugehen. Unmittelbare Vorteile liegen eher in der Verbesserung der Abdeckung und der Effizienz des Testprozesses durch die veränderte Methodik im Wartungsfall. Zum Beispiel führt die Änderung eines Parameters im Modell nur zu einmaligem Aufwand, wohingegen die Änderung in allen Testfällen zu wiederholtem Aufwand und weiterführenden Konsistenzprüfungen führen müsste. Es wird empfohlen, wenn möglich während der Modellerstellung kontinuierlich Testfälle zu generieren und diese gegen das zu testende System zu prüfen, um die Korrektheit des Modells sicherzustellen („Cross Check“).

#### Studie 2: Smartesting@BNP Paribas (Finanzsektor)

Die Fallstudie in [Leg08] beschreibt den modellbasierten Systemtest in einem Migrationsprojekt einer vorhandenen Delphi-basierten Anwendung zu einer J2EE-basierten Web-Anwendung bei der BNP Paribas. Dabei wurde ein iteratives, agiles Vorgehen mit einem Offshore-Entwicklungsteam gewählt. Der Systemtest wurde onsite bei BNP Paribas durchgeführt.

Ausgangspunkte waren der vorhandene Code der Altanwendung und Anforderungsbeschreibungen, aus denen im Rahmen des Projekts Systemmodelle (Klassen- und Zustandsdiagramme) erstellt wurden. Der Prozess wurde mit mehreren Werkzeugen unterstützt: UML-Modellierung mit „Rational Software Modeler“, Testfallgenerierung mit „Smartesting Test Designer“, Testmanagement mit „HP Quality Center“ und Testautomatisierung mit „HP Quick Test Professional“.

Zu den Investitionen geben die Autoren von [Leg08] keine Informationen. Über die Erträge nach der Einführung von MBT sagen sie Folgendes: Mit dem modellbasierten Testansatz konnten mit 746 erzeugten Testfällen 95 % der Testanforderungen für

**Verwendete Metriken** Absolute Kosten, Zeit pro Testfall, Zeit pro erfüllter Anforderung

**Projektumfänge** 30 Personentage bis über 200 Personenjahre

Tabelle 1: Die Projektumfänge und Metriken zur Erhebung der Aufwände.

den Systemtest erfüllt werden. Der Aufwand verteilt sich dabei nahezu gleich auf die Modellerstellung und die Testfall-Generierung (48 %) einerseits sowie auf die Testadapter-Erstellung zur Automatisierung (52 %) andererseits. Die Investitionen in das modellbasierte Testen haben sich in diesem Projekt in der dritten Iteration amortisiert.

#### Wesentliche Erkenntnisse

Als Vorteile werden die Möglichkeit des Testdesigns in einem frühen Stadium – parallel zur Anforderungsanalyse in jeder Iteration – sowie die hohe funktionale Abdeckung hervorgehoben. Auf Änderungen der Anforderungen konnte allein mit Modellanpassungen und Neugenerierung der Test-Suite reagiert werden. Weitere Schritte zur Wartung der Test-Suite waren nicht notwendig. Betont wird die Wiederverwendbarkeit der verwendeten Testmittel.

#### Studie 3: Siemens@Trapeze ITS Switzerland (Transportsektor)

In [Roß10] berichten die Autoren über ihre Erfahrungen mit MBT im Rahmen eines Projekts zwischen der Siemens AG Corporate Technology und der Trapeze ITS Switzerland GmbH. Im Rahmen dieses Projekts wurde eine neue Version der Produktlinie VICOS-LIO, ein umfangreiches IT-System für den öffentlichen Personenverkehr, entwickelt und modellbasiert getestet. Der Fokus des Erfahrungsberichts liegt auf dem Vergleich zwischen dem klassischen Testprozess und dem MBT-Prozess sowie insbesondere der ROI-Betrachtung (*Return on Investment*) von MBT.

In diesem Projekt wurde ein existierender Testprozess in einen MBT-Prozess umgewandelt. In dem alten Testprozess gab es System-Use-Cases und Business-Rules als Testbasis. Beide Dokumententypen machten eine Testbasis von ca. 7.100 Seiten Fließtext aus. Aus dieser Testbasis wurden manuell Testfälle hergeleitet und in einem selbst entwickelten Testmanagement-System verwaltet. Der Aufwand für die Testfall-Erstellung betrug durchschnittlich 2,67 Personenstunden.

Die Investitionen beliefen sich auf die folgenden Aspekte: Im Vorfeld der Migration wurden in einer Analyse und Evaluierungsphase Modellierungstechniken entwickelt und die Projektbeteiligten wurden geschult. Die Investitionen hierfür beliefen

sich auf 81 Personentage (ca. 51.000 €). In der nächsten Phase wurde die Testbasis mit dem MBT-Werkzeug „TDE/UML“ in ein Testmodell manuell überführt. Zur Ableitung von Testfällen aus dem Testmodell wurde ein kundenspezifischer Dokumentengenerator entwickelt. Das proprietäre Testmanagement-System wurde durch „HP Quality Center“ ersetzt und es wurde eine Anbindung mit der TDE/UML entwickelt. Aus alten Testfällen wurden Testdaten extrahiert und in die Testmodelle integriert. Die Investitionen für die zweite Phase belaufen sich auf 288 Personentage (ca. 189.000 €). Die Gesamt-Investitionen beliefen sich auf ca. 240.000 €.

Die Erträge der MBT-Migration wurden in qualitative und quantitative Erträge unterteilt. Der wichtigste qualitative Ertrag war die Sicherstellung von Konsistenz und Vollständigkeit während der Testmodell-Erstellung. Außerdem war die Testbasis in Form eines formalen Modells viel kompakter, übersichtlicher, verständlicher und dadurch besser wartbar als die alte textuelle Testbasis. Zu den quantitativen Vorteilen zählen die Kostenvermeidung durch frühzeitige Fehlerbehebung (Ersparnis ca. 36.000 €), die Aufwandsreduzierung bei der Erstellung von Testfällen pro Testfall auf 0,67 Personenstunden (Ersparnis bei 500 Testfällen ca. 75.000 €) sowie die unmittelbaren Ersparnisse bei ersten Iteration in Höhe von insgesamt 128.000 €.

#### Wesentliche Erkenntnisse

Die Kosten gliedern sich in die Phasen Evaluierung und eigentliche Migration (Rollout) von MBT. Die wesentlichen Kostenarten sind Personal- und Werkzeugkosten. Der Nutzen entsteht hauptsächlich aus der Kostenvermeidung durch eine frühzeitige Fehlerbehebung und einen effizienteren Testentwurf.

#### Studie 4: Quviq@Erlang Training & Consulting (TK-Sektor)

In der Fallstudie [Bob08] wurden funktionelle Black-Box-Systemtests eines E-Mail-Gateways zur frühen Erkennung von Fehlern und zur Erhöhung des Vertrauens in das Produkt benutzt. Die Fallstudie war der erste Einsatz von MBT bei der Erlang Training & Consulting (ETC), jedoch waren alle Entwickler Experten in der Sprache Erlang, in der auch die Modelle spezifiziert wurden.

Kosten entstanden vor allem durch die Modellerstellung und die Schulung: Die Modelle bei dem eingesetzten MBT-Werkzeug „QuickCheck“ von Quviq AB sind *Abstract State Machines (ASMs)* und Erlang-Spezifikationen. Die meisten Entwickler wurden vorab auf QuickCheck geschult. Es musste ein komplexer Testadapter entwickelt werden, der einen *IMAP-Client (Internet Message Access Protocol)*, einen Parser und mehrere Abstraktionsebenen umfasste. Der Entwicklungsaufwand war entsprechend hoch. Die genaue Höhe der Kosten werden in [Bob08] leider nicht angegeben.

In der Studie wird als Ertrag primär die frühe Fehlerfindung und die dadurch ermöglichte optimierte Testauswertung (insbesondere Fehlerlokalisierung) beschrieben. Insbesondere der Aufwand der Testdurchführung wird gesenkt, indem viele Fehler-Nachtests vermieden werden. Eine frühe Fehlererkennung wurde auch dadurch erreicht, dass sowohl das Produkt als auch das Modell iterativ entwickelt wurden. Hiermit konnte das System schon in einem frühen Entwicklungsstadium getestet werden. Die Modellerstellung ermöglichte die Validierung von Systemanforderungen.

Zur Bewertung des Einsatzes von MBT wurde die Anzahl der Fehler gemessen, die erst im Kunden-Akzeptanztest gefunden wurden, aber eigentlich schon in einer früheren Phase hätten entdeckt werden können (*Fault-Slip-Throughs*). In der ersten Iteration wurde keine signifikante Verbesserung in der *Fault-Slip-Through-Rate* durch MBT festgestellt. In der zweiten Iteration wurde die Rate durch den Einsatz von MBT jedoch bereits halbiert.

Das Vertrauen des Kunden in die Produktqualität ist ebenfalls Gegenstand der Betrachtung. Auch hier brachte MBT Vorteile, indem die Abdeckung erhöht werden konnte, weniger Fehler bis zum Kunden durchdrangen und ausführlichere Testberichte für den Kunden erstellt werden konnten.

#### Wesentliche Erkenntnisse

Die Studie hat gezeigt, dass mehrere Iterationen notwendig sind, bis sich die Einführung von MBT amortisiert. Der wesentliche Vorteil des Einsatzes von MBT ist die frühere Fehlerfindung und die Erhöhung des Vertrauens der Kunden. Als wesentliche Kosten nennt die Studie die Modellerstellung, die Schulung der

Mitarbeiter sowie die Erstellung des Testadapters.

### Studie 5: sepp.med (Medizinsektor)

Im Rahmen dieses Kundenprojekts hatte die sepp.med GmbH die Möglichkeit, ein Projekt parallel sowohl konventionell als auch unter Nutzung der eigenen MBT-Methode durchzuführen. Das Ziel des Projekts bestand darin, im Systemtest die Analyse der Anforderungen, das Design der Testfälle sowie die Implementierung der Testfälle im gegebenen Zeitrahmen zu erledigen. Im Projekt gab es keine dedizierte Anforderungsbeschreibung. Vorgaben wurden durch Expertenwissen der Altanlage gemacht und die Entwickler standen dem Tester für Informationen zur Verfügung. Testziele wurden aus den Erfahrungen mit der Altanlage abgeleitet.

Die Idee war die Durchführung der gleichen Aufgabe mit zwei unterschiedlichen Testdesign-Methoden, um die Vorteile des modellbasierten Testansatzes besser messen zu können. Bei der Standardmethode wurden Anforderungen analysiert und entsprechende Testfälle manuell im „HP Testdirector“ implementiert. In der modellbasierten Methode wurden die Anforderungen analysiert, ein Testmodell entwickelt und auf dieser Basis automatisch Testfälle mit „getmore“ abgeleitet und an Testdirector übergeben.

Die Arbeiten wurden jeweils von einem Domänenexperten ausgeführt, der sowohl über Methodik- als auch über Werkzeug-Expertise bzgl. MBT verfügte. Die Testausführung erfolgte in beiden Fällen manuell, womit der Aufwand der Testautomatisierung entfiel. Das Projekt hatte einen Umfang von drei Mannwochen. Im Rahmen des Projekts wurden keine nennenswerten zusätzlichen Investitionen getätigt, da sowohl das Domänen- als auch das Methodenwissen bei den Testern vorhanden waren. Werkzeugkosten werden hier ebenfalls nicht berücksichtigt, weil sowohl das Testmanagement-Werkzeug als auch das MBT-Werkzeug bereits vorhanden waren.

Zum Projektende lagen nach beiden Vorgehensweisen jeweils 70 im Testmanagement-Werkzeug erfasste Testfälle vor. Weitere Ergebnisse des modellbasierten Vorgehens waren:

- Das verwendete Testmodell besteht aus 20 Diagrammen.

Aufwand in Stunden für	Standardvorgehen	Modellbasiertes Vorgehen
Einarbeitung	20	19
Analyse	13	14
Modellierung	-	40
Testfallerstellung	100	14
Klärungsaufwand	10	8
<b>Gesamtaufwand</b>	<b>143</b>	<b>95</b>

Tabelle 2: Aufschlüsselung der Aufwände in Studie 5.

- 54 Anforderungen sind im Modell und damit automatisch im Testmanagement-Werkzeug hinterlegt und mit den Testfällen verbunden. Damit ist die Rückverfolgbarkeit von gefundenen Fehlern zu den Anforderungen sichergestellt.
- Mit den Stakeholdern wurden Testauswahl-Kriterien abgestimmt und dokumentiert.

Die Aufwände für die beiden Methoden sind in **Tabelle 2** dargestellt.

Für die jeweils 70 erstellten Testfälle ergeben sich daraus Aufwände in Höhe von 2,04 Stunden pro Testfall für das Standardvorgehen und 1,36 Stunden pro Testfall für das modellbasierte Vorgehen. Die Aufwände für das modellbasierte Vorgehen (95 Personenstunden) sind um ca. 33 % niedriger als die Aufwände für das manuelle Vorgehen (143 Personenstunden).

Dabei fällt vor allem der Aufwand für die Testfall-Erstellung ins Gewicht, die sich durch Anwendung von MBT (54 Personenstunden für Modellierung und Testfall-Erstellung) um fast 50 % reduziert hat.

#### Wesentliche Erkenntnisse

Neben dem quantitativen Ergebnis einer Verringerung des nötigen Aufwands ergaben sich vielfältige qualitative Vorteile. Durch die Nutzung von Modellen und der besseren Rückverfolgbarkeit waren Systemtests deutlich besser dokumentiert und die verschiedenen Stakeholder konnten besser diskutieren. Grund dafür war das Modell, das eine gute Diskussionsgrundlage bildet. Weitere Vorteile des modellbasierten Ansatzes waren die vereinfachte Wartung der Testfälle durch die zentrale Pflege im Modell, die Übersicht und Flexibilität bei der Auswahl der Testfälle

aus dem Modell sowie die Visualisierbarkeit der Testabdeckung im Modell.

### Studie 6: Microsoft Corporation (TK-Sektor)

Der folgende Erfahrungsbericht der Microsoft Corporation wurde in [Gri11] präsentiert. Das vorgestellte Projekt beschreibt den Einsatz von MBT für Protokolltests für Windows Client-Server- und Server-Server-Protokolle. Die Tests wurden von Microsoft durchgeführt, um die Korrektheit der offen gelegten Kommunikationsprotokolle zu überprüfen. Das „Protocol Engineering Team“ bei Microsoft ist zuständig für die QS. Die Testerzeugung wurde an verschiedenen Standorten in China und Indien (offshore) durchgeführt, um zu verhindern, dass Entwicklerwissen die Testentwicklung beeinflussen kann.

Die Aufgabe des Projekts bestand darin, die Korrektheit von über 250 verschiedenen Protokollen bezüglich ihrer Dokumentation nachzuweisen. Dazu existieren insgesamt über 25.000 Seiten Dokumentation. Modelle existierten anfänglich nicht. Diese wurden erst im Rahmen des *Protocol Documentation Quality Assurance Process (PQAP)* erstellt. Dieser Prozess besteht aus mehreren Phasen, in denen alle technischen Dokumente gelesen sowie die Anforderungen extrahiert und in Modelle überführt wurden. Als Testgenerator wurde „Microsoft Spec Explorer“ eingesetzt. Die Modelle ähneln erweiterten endlichen Zustandsautomaten, bis auf die folgenden Ausnahmen: Der Zustandsraum ist nicht endlich. Dem wird durch das *Slicing* des Modells in endliche Teilstücke entgegengewirkt. Weiterhin ist auch die Modellierung von nicht-deterministischem Verhalten möglich.



Zu den Investitionen trifft die Studie keine genauen Aussagen. Eine zentrale Aussage zu den Investitionen ist, dass auch unerfahrene Tester schnell an die Vorgehensweise gewöhnt werden konnten. Für das modellbasierte Vorgehen waren keine zusätzlichen Investitionen in Testadapter notwendig, da die entwickelten Adapter für beide Vorgehensweisen genutzt wurden.

Das wesentliche Ergebnis dieses Berichts ist eine starke Aufwandsreduktion durch die Verwendung von MBT: Der durchschnittliche Testaufwand pro Anforderung wurde um bis zu 42 % verringert. Für einen der beiden Standorte hieß das konkret, dass die Testerzeugung pro Anforderung unter Verwendung von MBT 1,39 Personentage und ohne MBT 2,37 Personentage in Anspruch nahm. Im Rahmen des Projekts wurde es den Testern überlassen, sich entweder für das modellbasierte oder das traditionelle Vorgehen zu entscheiden. Daraus ergab sich, dass ein gewisser Teil der Anforderungen manuell und ein anderer Teil modellbasiert getestet wurde. Das fand auch noch in unterschiedlichen Entwicklungsstandorten statt. Das beschriebene Projekt hat einen Umfang von über 200 Personenjahren.

**Wesentliche Erkenntnisse**

Die wesentlichen Erkenntnisse des Erfahrungsberichts von Microsoft sind: MBT wurde im Rahmen eines darauf ausgerichteten Prozesses angewendet und der Erfolg von MBT hing stark von der Existenz dieses Prozesses ab. Die Anwendung von MBT führte zu einer Testaufwandsreduktion von bis zu 42 %. Das ist insbesondere deswegen interessant, weil es nach unserem Wissen keine weitere Studie über die Einführung von MBT von vergleichbarer Größe gibt: Die hier beschriebene Studie hat einen Umfang von über 200 Personenjahren. Das zeigt, dass MBT skaliert. Weiterhin blieb trotz dieses Umfangs die Größe der verwendeten Modelle überschaubar, da die getesteten Protokolle einen Umfang von nicht mehr als 1.000 Zeilen C#-Code hatten.

**Studie 7: Forrester-Studie zur Wirtschaftlichkeit von MBT mit Conformiq (TK-Sektor)**

Auf Anfrage der Firma Conformiq wurde im Jahr 2010 ein Erfahrungsbericht von Forrester Research erstellt, der eine finanzielle ROI-Analyse des Einsatzes der

„Conformiq Tool Suite“ (CTS) im Unternehmen darstellt (vgl. [Spe10]).

Die Zahlen des Erfahrungsberichts stammen von einem Conformiq-Kunden aus der Telekommunikationsbranche. Dieser nutzte die CTS bereits seit drei Jahren, um Hardware zu testen, die unterschiedliche TCP/IP-Protokolle implementiert hat. Die Umstellung auf MBT wurde durch die hohen Kosten für die Wartung der Testfälle und -skripte im Falle von Anforderungsänderungen motiviert. Nach einem *Proof-of-Concept* (ca. zwei Wochen) wurde CTS innerhalb von fünf Monaten in die Kundenprozesse integriert (inklusive Schulungen, Pilotprojekt usw.).

Durch die Integration von CTS in Kundenprozesse wurden mehrere Vorteile erreicht: Eine bessere Wartung von Tests, eine höhere Abdeckung der Anforderungen, eine frühere Fehlerfindung, eine verbesserte Agilität in Bezug auf Anforderungsänderungen, Feedback für die Verantwortlichen für die Systemspezifikation und eine Reduzierung des Dokumentationsaufwands.

Anhand von bestimmten Annahmen über die Kosten (z. B. Stundensatz Test-Engineer und Anzahl der Test-Engineers), wurden die entstandenen Kosten für die drei Jahre der CTS-Nutzung ermittelt. Diese wurden sowohl für neue als auch für bereits existierende Testspezifikationen geschätzt. Die benötigten Kosten für den Einsatz von MBT wurden in Lizenzkosten (1.131.518 \$), Beratungs- und Trainingskosten (152.230 \$) sowie Wartungskosten

(5.046 \$) kategorisiert. Für den Fall, dass MBT nicht eingesetzt wird, wurden Kosten in Höhe von 6.396.565 \$ ermittelt.

**Wesentliche Erkenntnisse**

Die Hauptaussage des Erfahrungsberichts ist die Steigerung der Effizienz von Testern um 30 % im Fall von Neuentwicklungen (d. h. Testspezifikation wurde neu erstellt). Im Falle von Anpassungen (d. h. Testspezifikationen existierten bereits) stieg die Effizienz sogar um ganze 84 %. Das Gesamt-ROI für den analysierten Kunden über den Zeitraum von drei Jahren wurde auf 433 % geschätzt. Die entstandenen Kosten waren laut der Rechnung von Forrester bereits nach 3,3 Monaten wieder eingespielt. Beide Werte wurden unter Berücksichtigung einer eigenen Risikoanalyse entsprechend auf 396 % sowie 3,5 Monaten heruntergestuft.

**Fazit und Dank**

Der Einsatz von MBT in der Industrie ist momentan noch vergleichsweise gering. Der Grund hierfür ist unserer Meinung nach, dass über die erfolgreiche Integration von MBT in existierende Prozesse noch relativ wenig Wissen und Fallstudien vorhanden sind. In diesem Artikel haben wir einen Überblick über existierende Fallstudien zum Thema „Einführung von modellbasiertem Testen“ gegeben. Die Fallstudien zeigen trotz unterschiedlichster Voraussetzungen durchweg, dass die Einführung dieser Technologie mit Anfangsinvestitionen verbunden ist, die

Studie	Aufwand ohne MBT	Aufwand mit MBT	Einsparung durch MBT
Ericsson/Conformiq	20 h pro Testfall	5,5 h pro Testfall	<b>73 %</b>
Siemens/Trapeze	2,67 h pro Testfall	0,67 h pro Testfall	<b>75 %</b>
sepp.med	2,04 h pro Testfall	1,36 h pro Testfall	<b>43 %</b>
Microsoft	2,37 Personentage pro Anforderung	1,39 Personentage pro Anforderung	<b>42 %</b>
Conformiq/Forrester	6.396.565 \$ insgesamt	1.288.794 \$ insgesamt	<b>30 %</b> bei Testspezifikation <b>84 %</b> bei Testfallwartung

Tabelle 3: Die angegebenen messbaren Aufwände und Einsparungen in den Studien.

sich jedoch nach kurzer Zeit amortisieren und im Verlauf des Gesamtprojekts zu deutlichen Vorteilen führen: Die Aufwände für die Testerzeugung und andere sich wiederholende Aufgaben (z. B. Wartung der Testfälle) wurden teilweise dramatisch reduziert. Die frühe Fehlererkennung trägt direkt zur Kosteneinsparung bei, da sich damit die Folgekosten der Fehlerbehebung erübrigen. Somit steigen die Vorteile mit der Dauer und dem Umfang des Projekts. In **Tabelle 3** sind noch einmal einige der wesentlichen Kennziffern aus den zitierten Erfahrungsberichten zusammengefasst. Mangels quantitativer Angaben in den Studien 2 und 4 sind diese dort nicht mit aufgelistet, haben unser Fazit jedoch qualitativ bestätigt. Interessierte Leser finden im Kasten „Literatur & Links“ die Referenzen auf die einzelnen Fallstudien. Wir hoffen, dass wir mit dieser Sammlung das Potenzial von MBT deutlich machen konnten. Aus unserer Sicht liegt hier die Zukunft moderner QS.

Wenn Sie sich für die Erfahrungen mit der Einführung von MBT oder weiterführende

Aspekte interessieren, laden wir Sie herzlich ein, über die Homepage des Arbeitskreises TOOP/MBT (<http://toop.gi-ev.de>) Kontakt mit uns aufzunehmen. Wir bedanken uns herz-

lich bei den Teilnehmern des Arbeitskreises TOOP/MBT der GI für ihre ausführlichen Reviews und Anregungen zu Vorversionen dieses Artikels. ■

## Literatur & Links

- [Bob08]** J. Boberg, Early fault detection with model-based testing, in: Proc. of the 7th ACM SIGPLAN workshop on ERLANG (ERLANG '08), ACM, 9-20 (2008)
- [Flo08]** J. Florin, An Evaluation of Model Based Testing at Ericsson, 2008 (Master thesis), siehe: [https://eeweb01.ee.kth.se/upload/publications/reports/2008/XR-EE-ICS\\_2008\\_014.pdf](https://eeweb01.ee.kth.se/upload/publications/reports/2008/XR-EE-ICS_2008_014.pdf)
- [Gri11]** W. Grieskamp, N. Kicillof, K. Stobie, V. Braberman, Model-based quality assurance of protocol documentation: tools and methodology, in: STVR, Volume 21, Issue 1, März 2011
- [Gül10]** B. Güldali, S. Jungmayr, M. Mlynarski, S. Neumann, M. Winter, Starthilfe für modellbasiertes Testen, in: OBJEKTSpektrum 3/2010
- [Leg08]** B. Legeard, Model-Based Testing of a Financial Application – A Case Study, in: Proc. of EuroSTAR 2008
- [Mol96]** K. Moller, Ausgangsdaten für Qualitätsmetriken – eine Fundgrube für Analysen, Software-Metriken in der Praxis, 1996
- [Roß10]** T. Roßner, C. Brandes, H. Götz, M. Winter, Basiswissen modellbasierter Test, dpunkt.verlag 2010
- [Spe10]** M. Speyer, The Total Economic Impact of Conformiq Tool Suite, 2010, siehe: <http://www.conformiq.com/downloads/tei-conformiq.pdf>
- [Wer09]** F. Werner, Applied Formal Methods in Wireless Sensor Networks, Dissertation Universität Karlsruhe, 2009