



□ Gerhard Baier

[E-Mail: Gerhard.Baier@afra.de]  
 hat Elektrotechnik an der TU Darmstadt studiert. Seit 12 Jahren ist er bei AFRA tätig, wo er beginnend mit der Entwicklung von Testsystemen für Embedded Systems über Testautomatisierung im medizintechnischen Bereich diverse Projekte durchgeführt und später erfolgreich geleitet hat. Inzwischen Mitglied der Geschäftsleitung der AFRA GmbH und Leiter der Entwicklungsabteilung für Testsysteme und Prüfplätze. Auf Herstellerseite war er für die erfolgreiche Einführung des modellbasierten Tests im vorgestellten Projekt verantwortlich.



□ Florian Prester

[E-Mail: Florian.Prester@seppmed.de]  
 einer von drei Geschäftsführern der sepp.med gmbh mit den Aufgabenbereichen F&E & Vertrieb - kurz das operative Geschäft. Sein besonderes Augenmerk liegt auf der Entwicklung der Methodik modellzentriertes Testen (.mzT) und der Produktentwicklung des Testfallgenerators MBTSuite. Veranstaltet und leitet Tagungen und Workshops zum Thema Softwaretesten, außerdem Sprecher auf zahlreichen Konferenzen zum Thema .mzT/MBT in der Praxis und als ISTQB-zertifizierter Tester aktives Mitglied der Fachgruppe TAV (Test, Analyse und Verifikation von Software) in der Gesellschaft für Informatik (GI).

## Modellhafte Verbesserung in einer Testabteilung - MBT im industriellen Einsatz

Zunehmende Qualitätsanforderungen, steigende Systemkomplexität und immer kürzere Entwicklungszyklen stellen verstärkt die Frage nach Verbesserungen in der klassischen Testfallentwicklung. Der Einsatz von zusätzlichen Ressourcen und Überstunden löst strukturelle Probleme bei den angewandten Testprozessen nicht.

Immer mehr Verantwortliche, die sich aus diesem Dilemma befreien wollen, denken einen entscheidenden Schritt weiter: Wie kann durch Einsatz der Modellierung auch und speziell im Test, durch Automatisierung der Testfallgenerierung und deren Überführung in Testmanagementwerkzeuge die Brücke zu einer gleichzeitigen Effizienz- und Effektivitätssteigerung geschlagen werden?

In einem Erfahrungsbericht über die erfolgreiche Einführung des modellbasierten Tests (MBT) bei Siemens Healthcare werden entscheidende Erfolgsfaktoren wie auch „Lessons Learned“ vorgestellt. Die MBTSuite der Firmen AFRA GmbH und sepp.med gmbh ist seit 2009 im produktiven Einsatz. Wichtige Resultate konnten bereits gewonnen werden.

Am Ende einer Entwicklung bleibt kaum noch Zeit für den Test. Teure Automatisierungswerkzeuge kommen nicht zum Einsatz, da niemand die Zeit hatte, sich mit deren aufwändiger Konfiguration zu beschäftigen. Alles, was an gründlicher Planung und Testmanagement vorgedacht war, wird durch hastige Last-Minute-Änderungen oder -Ergänzungen überlagert. Dabei wird seit vielen Jahren an verschiedenen Stellen der Softwareentwicklung entweder an der Steigerung der Effektivität oder der Reduzierung des Aufwands gearbeitet.

Lassen sich aber unter gegebenen Bedingungen gleichzeitig die Effektivität und die Effizienz steigern?

### Der konkrete Anwendungsfall

Für die bildgebende Diagnostik mit Hilfe der Kernspintomografie existieren Software-Pakete für verschiedene Anwendungsfelder:

- Erzeugte Bilder werden durch eine Qualitätssicherung erstmalig auf den

Erfolg einer Aufnahme überhaupt geprüft.

- Diese werden anschließend zum Befund durch den jeweiligen Facharzt (z. B. Radiologe, Orthopäde, Urologe, etc.) an die entsprechende Fachabteilung über ein Netzwerk geschickt.
- Die Fachärzte nutzen Software-Module, die ihnen durch spezielle Filter oder Einstellungen den fachmännischen Blick auf den zu untersuchenden Patienten erlauben.
- Anschließend werden die gesprochenen diktierten Befunde zusammen mit den Bildern bzw. Bildersequenzen zentral gespeichert.

Solche Software-Pakete existieren innerhalb der Produktfamilie eines Herstellers basierend auf einer proprietären Plattform auch für andere bildgebende Verfahren. Die Anforderungen an die Software sind also multipel, sie stammen aus unterschiedlichen Fachabteilungen und von deren ebenso unterschiedlichen Kunden. Egal, ob

man also an einem Computertomografen, einem Angiographiesystem, einem Ultraschallgerät oder einem Magnetresonanztomografen (sogenannte Modalitäten) von Siemens Healthcare sitzt, immer arbeitet der Benutzer mit einer identischen Benutzeroberfläche.

Diese Software „syngo.via“ von Siemens ist ein Medizinprodukt. Sie muss gemäß dem Medizinproduktgesetz den Vorgaben der Normen entsprechend entwickelt und deren Qualität muss gesichert werden. So wie ein medizinisches Diagnostik- oder Therapiegerät, auf dem eine Software installiert ist, ist die Software selbst auch ein Medizinprodukt. Durch die EWG 93/42, eine EU-Richtlinie zur Herstellung und zum Vertrieb von Medizinprodukten, darf ein Hersteller diese erst dann in der EU „in den Verkehr bringen“, wenn er diverse verpflichtende Normen, die die Entwicklung oder die Herstellung regeln, eingehalten hat. Für die Entwicklung von syngo.via gilt unter anderem die IEC 62304, die z. B. vorschreibt, dass alle Anforderungen an



Abb. 1: MRI- System von Siemens Healthcare

das Medizinprodukt lückenlos durch die Entwicklung und den Test verfolgbar sein müssen. Neben den fachspezifischen existieren zudem verschiedenste Anforderungen z. B. hinsichtlich der Sicherheit oder der Gebrauchstauglichkeit. Darüber hinaus wird eine neue Software-Version immer auch für alle Medizinprodukte, die diese Software nutzen, freigegeben. Es handelt sich also um eine mehrdimensionale und sehr komplexe Anforderungslandschaft.

Über die vergangenen Jahre konnten am kompletten Entwicklungsprozess (in einem V-Modell inklusive der Tests) wie im Folgenden beschrieben achtbare Erfolge hinsichtlich Bewältigung der ständig steigenden Ansprüche und Anforderungen erzielt werden, und zwar durch Prozessoptimierung, durch Einführung geeigneter Werkzeuge sowie den Einsatz hochqualifizierter Mitarbeiter. Dabei muss man jede Veränderung am Prozess und/oder an den Werkzeugen in die bestehende Landschaft einpassen und die betroffenen Prozessteilnehmer dafür gewinnen. Je komplexer und größer der Katalog der Anforderungen an die Software ist, desto schwieriger ist es, deren einzelne Komponenten und vor allem ihre Integration ins Gesamtsystem detailliert zu testen, um mögliche Fehler herauszufinden und korrigieren zu können.

Das bedeutet viel Arbeit für Stefan Haller und sein Team von Siemens Healthcare, die für den Test von „syngo.via“ im Bereich

Magnetresonanztomografie verantwortlich sind: Sie sollen alle nötigen Testfälle beschreiben und durchführen, um zu vermeiden, dass die Software noch Fehler enthält, wenn sie an den Kunden ausgeliefert wird.

Die Beschreibung der Testfälle ist oft sehr umfangreich und wenig änderungsfreundlich. Gleichzeitig ändern sich zudem die Anforderungen an die Software (und damit an den Test) sehr oft und oftmals auch noch kurz vor der geplanten Fertigstellung. Hr. Haller stand vor der Frage, seinem Team noch mehr Überstunden kurz vor der Freigabe der MR-Applikationen abzuverlangen oder sich etwas grundlegend Neues auszudenken. Vor vier Jahren brachte das Stefan Haller und sein Team unter Mitwirkung der Firmen AFRA GmbH aus Erlangen und sepp.med gmbh aus Röttenbach darauf, die Modellierung von Testscenarien in Enterprise Architect von SparxSystems in UML2 einzuführen und diese durch den Testfallgenerator MBTSuite automatisch in Testfälle umwandeln zu lassen.

**Der Paradigmenwechsel**

Es ist keine neue Erkenntnis, dass komplexe Sachverhalte durch Visualisierung übersichtlicher dargestellt und von Dritten leichter verstanden werden können. Darüber hinaus sind diese sehr viel einfacher zu überarbeiten bzw. zu ändern. Florian Prester, Geschäftsführer der

**Über AFRA**

AFRA GmbH, die Gesellschaft für anwenderfreundliche Automatisierung ist seit **über 22 Jahren** ein innovatives und wachsendes Software Unternehmen nicht nur im Embedded-Systems Bereich.

- Wir bieten ein weites Spektrum von der Analyse und Beratung über passende Trainings und Workshops bis hin zum Projektmanagement und der eigentlichen Durchführung von Entwicklung und Test an.
- Die mit unserem Partner sepp.med gmbh entwickelte MBTSuite ist eine industriell eingeführte und bewährte Lösung für den modellbasierten Test und damit unser Beitrag zu einer gleichzeitigen **Effektivitäts- und Effizienzsteigerung für Ihren Test**. Nachweislich konnten in Kundenprojekten z. B. die geforderte Vollständigkeit der Testabdeckung ebenso gewährleistet werden wie ein signifikanter Rückgang des Testaufwands.
- Wir empfehlen eine smarte und unkomplizierte Einführung **des MBT in Software-Projekten (auch embedded Systems) in drei Schritten**. Dazu bieten wir passgenaue Workshops und Schulungen an.
- Daneben übernehmen wir auch die **Entwicklung und den Test eigen- oder fremdentwickelter Systeme und Hardware** auch unter Echtzeitanforderungen.
- Das AFRA Qualitätsmanagement ist seit vielen Jahren nach ISO 9001 zertifiziert.
- Unsere Mitarbeiter sichern durch aktuelles Wissen, Können und Erfahrung den Erfolg und die Qualität unserer Arbeit. Ein hohes Qualitätsbewusstsein bei jedem Einzelnen und kontinuierliche Fort- und Weiterbildung sorgen dafür, dass das auch in Zukunft so bleibt.

**Dienstleistung**

Beratung und Dienstleistung zu unserem bewährten Vorgehen **„In drei Schritten zum Modellbasierten Test“**: Durch ein abgestuftes Implementierungskonzept unterstützen wir von der Modellierung und Visualisierung über die erfolgreiche Pilotierung bis hin zum Rollout und einer Prozessoptimierung mit MBTSuite. Darin sind Workshops „Richtig Modellieren für den Test“, ein Pilotierungspaket sowie eine detaillierte Rollout-Planung enthalten.

### Über sepp.med

Mit nunmehr 30 Jahren Erfahrung im IT-Sektor ist sepp.med ein verlässlicher und bewährter Partner bei der Entwicklung, Integration und Qualitätssicherung von komplexen und sicherheitskritischen Systemen.

Zum Leistungsspektrum gehören **Dienstleistungen und Beratung** von der **Testspezifikation** über die **Testdurchführung** bis zur Abnahme durch den Kunden.

sepp.med ist eines der **führenden Unternehmen** beim **Einsatz und Einführung von MBT in Industrieprojekten** und bietet hierfür das gesamte Portfolio:

- die MBTsuite, ein leistungsfähiger innovativer Testfallgenerator. Die MBTsuite ist intuitiv benutzbar und durch das Eclipse-Framework sowohl leicht erweiterbar als auch in bestehende Umgebungen leicht integrierbar.
- die Best-Practice-Methode der modellzentrierte Test (.mzT) eine über viele Jahre und Industrieprojekte entwickelte Methode zur Schulung, Einführung und optimalen Umsetzung von modellbasierten Testverfahren.
- zahlreiche Kooperationen und Partnerschaften zur Weiterentwicklung von Methode und Werkzeugunterstützung u. a. mit Hewlett-Packard (preferred HP-Partner), Microsoft, National Instruments und vielen mehr.
- langjährige Industrieerfahrung in unterschiedlichsten, speziell sicherheitskritischen Projekten und Branchen.

Als **akkreditierter Schulungsanbieter** (u.a. GTB, ISTQB, IREB, iSQI) vermittelt sepp.med die grundlegenden Aufgaben, Methoden und Techniken des Softwaretests. Zudem bieten wir individuelle **Schulungen im Umgang mit den verschiedensten Werkzeugen und Produkten** an.

sepp.med gmbh bekennt sich klar zu den Vorteilen des modellzentrierten Testens (.mzT): „Die Beschreibung eines Testzenarios eines ‚Systems unter Test‘ wird in geschriebener Prosa bei der gegebenen

*Komplexität schnell lang und unübersichtlich. Durch Nutzung einer Modellierung in UML können komplexe Zusammenhänge strukturiert dargestellt werden. Die sonst umständlich in Sprache zu fassenden Bedingungen und Voraussetzungen können in der visualisierten Logik, z. B. in beschreibenden Knoten und die Knoten verbindenden Kanten hinterlegt werden“.*

Diese Logik kann durch geeignete Algorithmen durchlaufen und abgeprüft werden, so dass daraus automatisch Testfälle erzeugt werden können. Aus der großen Anzahl von Werkzeugen, die eine Modellierung in UML2 erlauben, wurde „Enterprise Architect“ von SparxSystems ausgewählt. In Enterprise Architect können Anforderungen ebenso wie das dynamische Verhalten eines zu testenden Systems modelliert und verknüpft werden.

Diese Modelle werden für die Generierung der Testfälle und Testdaten verwendet. Zum Einsatz bei Siemens kommt ein Algorithmus (siehe [OSS07] und [PSO08]), der in Zusammenarbeit mit der Universität Erlangen-Nürnberg als Forschungsprojekt der Hightech-Offensive Zukunft Bayern für den Einsatz zur Testfall- und Testdatengenerierung aus UML-Modellen entwickelt wurde. Dieser sogenannte „genetische“ Algorithmus basiert auf Erkenntnissen der biologischen Vererbungslehre, nach der sich für vorgegebene Umweltbedingungen besonders gut geeignete genetische Eigenschaften weiter vererben und durchsetzen. Die Übertragung dieses Mechanismus führt dazu, dass ausgehend von einem ersten Satz von Testfällen mit Testdaten weitere Inkremente erzeugt werden, die jeweils die „Gut“-Kriterien für Testfälle in die nächste Iteration „vererben“, und damit die gewünschten Kriterien erreicht werden. Als Hauptkriterium dient hier die Maximierung der Testabdeckung bei Minimierung des Testaufwands. Mit dieser automatisierten Optimierungsstrategie hebt sich der „genetische Algorithmus“ von den bisher verwendeten Methoden in anderen am Markt erhältlichen Systemen zur Testgenerierung ab: In diesen muss der Anwender aus einer Auswahl möglicher Strategien (z.B. gewünschter Abdeckungsgrad aller Testfälle oder aber Auswahl von möglichen Pfaden über Knoten und Kanten) selbst über die Optimierungsmöglichkeiten entscheiden und diese ggfs. in mehreren Inkrementen vornehmen. Mit einem „genetischen Algorithmus“ wird

dagegen sehr effektiv eine möglichst optimale Menge an Testfällen erzeugt.

Diese Testfälle können in beliebigen Formaten exportiert werden, sowohl in Textform für eine manuelle Durchführung als auch für die automatische Durchführung als Skript. Im konkreten Anwendungsfall werden die Testfälle direkt in das Testmanagement-Werkzeug „Quality Center“ von Hewlett Packard geschrieben, da dieses in der Abteilung bei Siemens verwendet wird.

Es liegt auf der Hand, dass alle, die sich bislang mit dem Formulieren von Testfällen in einer fortlaufenden Prosa oder auch in Tabellen beschäftigt haben, umdenken und die Modellierung erlernen müssen. Um eine aktive Softwareentwicklung und die Freigabe gemäß einem verabschiedeten Projektplan nicht zu gefährden, wurde zunächst mit einem Teammitglied aus dem 13-Personen-Team, das sich mit dem Test eines abgegrenzten Teilprojekts beschäftigte, begonnen. Dieser Kollege wurde geschult und begann mit der Umsetzung. In regelmäßigen Teambesprechungen wurde der Fortschritt berichtet und die gemachten Erfahrungen diskutiert. So konnten einmal gemachte Fehler für den Einsatz weiterer Kollegen in der Modellierung von vornherein vermieden werden.

Es empfiehlt sich, neben den bisherigen „normalen“ Teambesprechungen zum allgemeinen Projektfortschritt neue spezielle Meetings für die Einführung und Umsetzung der neuen Methode durchzuführen. Dabei sollen „Lessons Learned“ ebenso klar angesprochen werden wie die Planung des weiteren „Roll-Outs“ sowie die Unterstützung durch die Leitung. Nur so kann vermieden werden, dass eine so grundsätzliche Neu-Orientierung durch das Test-Team abgelehnt wird.

Am Ende der Einführung arbeiteten 5 der 13 Teammitglieder an der Modellierung und hatten erkannt und akzeptiert, dass für alle die neue Methode einen Vorteil bringt. Das ist eine wesentliche Voraussetzung für die erfolgreiche Einführung: Alle müssen diese von sich aus einsetzen wollen, es muss ein „Selbstläufer“ werden. Wurden in einem ersten Projekt in der betrachteten Siemens-Abteilung zunächst 10 % der zu testenden Anforderungen in 25 Modellen erstellt, so wurde dieses für das dann erfolgreich durchgeführte Projekt auf 40 % oder 29 Modelle ausgeweitet und damit 50 % aller Testfälle (in Summe 151) automatisch erzeugt.

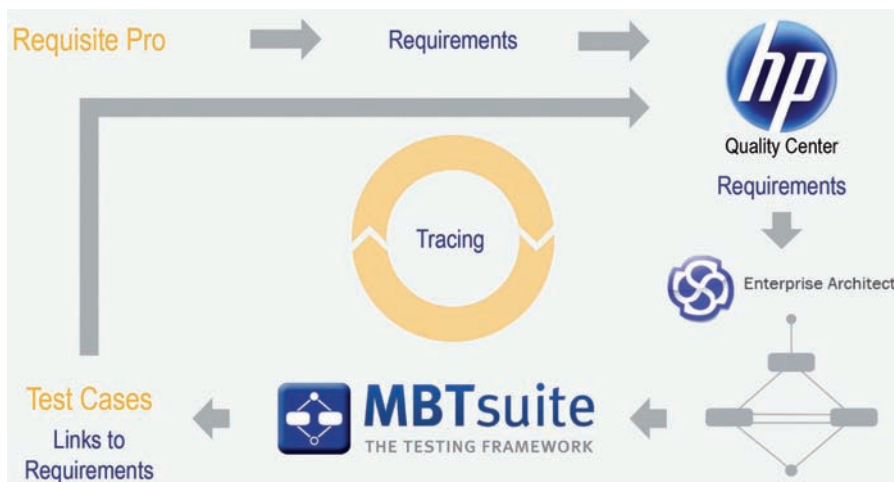


Abb. 2: Integration der MBTsuite in die bestehende Werkzeugkette

**Änderungen im Prozess**

Natürlich wird eine solche Neu-Einführung auch Auswirkungen auf vor- und nachgelagerte Dienststellen bzw. Abteilungen haben. Bei Siemens Healthcare konnten die Änderungen so in den Prozess eingefügt werden, dass dies nur minimal der Fall ist. Man findet kaum noch Bereiche bei der Entwicklung und Herstellung von Medizintechnik-Systemen, die nicht schon durch moderne Software-Werkzeuge unterstützt werden, und Siemens ist sicher einer der Protagonisten darin. Daher war es eine entscheidende Voraussetzung für eine erfolgreiche Implementierung der neuen Methode, diese und das dafür entwickelte Werkzeug vollständig in die bestehende Werkzeug-Landschaft zu integrieren.

Die Werkzeug-Landschaft beginnt mit Rational RequisitePro. Mit diesem Werkzeug werden die Anforderungen verwaltet und gepflegt.

- 1.) In Requisite Pro gesammelte und verwaltete Anforderungen werden automatisch mit dem HP Quality Center abgeglichen.
- 2.) Die Anforderungen werden für ein ausgewähltes Thema automatisch in das UML-Modell importiert und können dann vom Modellierer im Modell verlinkt werden.
- 3.) Die erstellten Modelle werden aus Enterprise Architect exportiert und von MBTsuite eingelesen. Daraus werden nach vorgegebenen Abdeckungskriterien automatisch Testfälle mit zugehörigen Testdaten erzeugt.
- 4.) Diese Testfälle werden ebenso automatisch ins HP Quality Center geschrieben

und stehen mit Verlinkung zu den Anforderungen für die Testplanung und -durchführung zur Verfügung.

- 5.) Die Verbindung zwischen Requisite Pro und dem HP Quality Center macht es möglich Testfälle und deren Durchführung mit den Testergebnissen zu den ursprünglichen Anforderungen zuzuordnen.

Dadurch entstand eine geschlossene Werkzeugkette (siehe Abbildung 2).

**Zwischenbilanz**

Für den Test von syngo.via wurden 50% aller Testfälle mit Hilfe der neuen Methode und Nutzung des Werkzeuges MBTsuite erzeugt. Es konnte dieselbe Rate gefundener Fehler wie beim herkömmlichen Vorgehen ermittelt werden. Die Kosten dafür waren für den betrachteten Einführungszeitraum nahezu gleich. Damit ergibt sich jetzt, da sich der Prozess etabliert, die Erwartung, dass sich der Aufwand auf der Grundlage zunehmender Erfahrungen signifikant reduzieren wird.

Für Stefan Haller von Siemens Healthcare, verantwortlicher Teamleiter für den Systemtest der Applikationen, sind bereits jetzt mehrfach gemachte positive Erfahrungen klar erkennbar:

*„Die visuelle Darstellung des zu testenden Systems in einem übersichtlichen und strukturierten Modell ermöglicht es, schon lange vor der Ausführung der Tests, Fehler in der Spezifikation zu erkennen und sich weitaus besser innerhalb eines weltweit kooperierenden Teams zu verständigen.*

*Die Kommunikation mit den Entwicklern wird einfacher, da sich beide Seiten auf*

*der Ebene der logischen Abbildung schneller verstehen können, als dies durch eine unübersichtliche Prosa möglich wäre.*

*Die erzeugten Modelle sind besser anpassbar und dadurch nach einer Änderung schneller wieder zu verwenden.*

*Reviews der erstellten Testszenarien müssen nicht durch ermüdendes Durchlesen dutzender Seiten oder unübersichtlicher Tabellen durchgeführt werden, sondern durch gemeinsames Durchgehen einer modellierten und auf einem Bild ersichtlichen Logik.*

*Eine geforderte Test-Abdeckung kann auf Modellebene durch den Einsatz von MBTsuite nachgewiesen werden.“*

Der oben beschriebene Informationsaustausch über die Anwendung der neuen Methode in dafür speziell eingerichteten Besprechungen wird über die Einrichtung eines “Wiki’s” institutionalisiert. Tipps, Tricks, Erfahrungen und wichtige Neuigkeiten rund um das Thema Modellbasierter Test@MR können ins Intranet eingestellt und auch dort gelesen werden. In einem nächsten Schritt soll auch Testautomatisierung mit Hilfe der Technik des Keyword-driven-Tests über MBT ermöglicht werden.

Eine spannende Erweiterung ist durch die Anwendung des MBT in der agilen Entwicklung vorgesehen. Dabei können nach einem gemeinsamen Start von Entwicklung und Testmodellierung für einzelne Sprints letztere leicht für den nächsten Sprint angepasst und erweitert werden. Testfälle werden schnell für jedes Inkrement und jeden Sprint erzeugt.

Im Projekt wurde erfolgreich der genetische Algorithmus eingesetzt um 100% Abdeckung bei minimalem Testaufwand zu erreichen. Mit der aktuellsten Version der MBTsuite stehen viele weitere Strategien zur Testfallgenerierung zur Verfügung. Mit Fullpath werden zunächst alle möglichen Testfälle erzeugt und können nun auf das optimale Maß reduziert werden. Es stehen verschiedenste Möglichkeiten bereit, um das optimale Test-Set für den jeweiligen Bedarf zu erstellen. Zusätzlich werden erforderliche Testdaten automatisch gleich mit generiert.

**Schlussfolgerung**

Mit einer intelligenten und folglich reibungslosen Einführung des MBT können nicht nur die Ergebnisse gesteigert werden, z. B. bei der Nachverfolgbarkeit (also der Absicherung und Steigerung der Effektivität) wie auch bei dem Einsatz von Ressourcen dafür (die

Effizienz). Von entscheidender Bedeutung für die Einführung ist die gleichzeitige konsequente Einbindung aller involvierten Mitarbeiter und Gewährleistung eines permanenten Kommunikationsprozesses durch das Management. So wird die Anerkennung und Mitwirkung aller Beteiligten gesichert und die Methode und das Werkzeug werden zum „Selbstläufer“.

[www.mbtsuite.de](http://www.mbtsuite.de)

## Referenzen

**[OSS07]** Oster, N.; Schieber, C.; Saglietti, F.; Pinte, F.: Automatische, modellbasierte Testdatengenerierung durch Einsatz evolutionärer Verfahren. In Informatik 2007 – Informatik trifft Logistik, Lecture Notes in Informatics, Vol. 110, Gesellschaft für Informatik, 2007.

**[PS008]** Pinte, F.; Saglietti, F.; Oster, N.: Automatic Generation of Optimized Integration Test Data by Genetic Algorithms. In Software Engineering 2008 – Workshopband, Lecture Notes in Informatics, Vol. 122, Gesellschaft für Informatik, 2008.