

METHODIK, UMSETZUNG
UND ERFAHRUNGEN
AUF DEM VECTOR FORUM

Besser testen

Test ist kritisch für die Entwicklung elektronischer Systeme. Daher hat die Vector Consulting Services GmbH ihr traditionelles Forum im Mai 2010 mit dem Schwerpunkt „Besser testen – Methodik, Umsetzung, Erfahrungen“ ausgerichtet. Knapp sechzig Entscheider aus verschiedenen Branchen kamen zusammen, um untereinander und mit den hochkarätigen Referenten praxisnah Erfahrungen auszutauschen.

Einerseits ist gründliches Testen wichtig, um Fehler zu identifizieren, bevor das Produkt geliefert oder die Komponente integriert wird. Andererseits verschlingt das Testen knapp die Hälfte der Lebenszykluskosten. Grund genug, den Test zu optimieren, eine durchgängige Methodik umzusetzen und damit die Effizienz zu steigern. „Besseres Testen reduziert Kosten und Risiken.“ Auf diesen einfachen Nenner brachte Dr. Dieter Lederer, Geschäftsführer der Vector Consulting Services, die aktuelle Debatte um Kosten und Qualität. Fehlerentdeckung und -behebung sind branchenübergreifend aufwendig und teuer. 30 bis 50 Prozent der gesamten Aufwände in der Produktentwicklung entfallen nach aktuellen Daten von Vector auf die Folgekosten zu spät entdeckter Fehler. Test und Fehlerbehebung kosten Unternehmen der Automobilindustrie typischerweise 40 Prozent der Entwicklungskosten. Ineffizientes Testen und Nacharbeit führen zu Budget- und Terminüberschreitungen von 15 bis 50 Prozent.

Während Automobilunternehmen die Fehlerentdeckung durch Modellierung, Automatisierung und Abstimmung mit Lieferanten optimieren, adressieren Medizin- und

Bahntechnik das Thema mittels Standards und Zertifizierungen; die Luftfahrtindustrie tut dies mit durchgängiger Modellierung und frühzeitigen Reviews. Die meisten Unternehmen verspüren einen immensen Kostendruck, aber nur wenige packen das Thema von Testkosten und Teststrategie systematisch an. Dr. Lederer fasst aus vielen Beratungsprojekten vier Handlungsfelder zusammen: Test-

voraussetzungen, Teststrategie, Testprozess und Testfähigkeiten. In einer gut abgestimmten und durchgängigen Strategie zur Fehlerentdeckung steckt hohes Optimierungspotenzial.

Komplexität und Kompetenzen müssen Schritt halten

Die Komplexität wächst schneller als die Fähigkeiten der Entwickler, sie adäquat zu kontrollieren (Bild 1). David Weinrauch von Ford hat dieses Komplexitätswachstum mit eindrucksvollen Zahlen dokumentiert.

Alle zehn Jahre wächst die Prozessorleistung um den Faktor zehn, die Menge an Code in einem Fahrzeug sogar um den Faktor hundert. Früher waren Funktionen wie ABS gekapselt



„Besser testen ist mehr als testen“, unterstreicht Dr. Christof Ebert, Geschäftsführer der Vector Consulting Services.



und damit individuell testbar. Heute sind sie vernetzt und beeinflussen sich gegenseitig. ESP, ACC oder X-by-Wire sind komplexe Funktionen, die sich über verschiedene Steuergeräte erstrecken und die gesamte Fahrzeugdynamik beeinflussen. Weinrauch illustrierte das am Beispiel der Start-Stopp-Automatik (**Bild 2**).

Dr. Rüdiger Dorn vom Testhaus EE bei Porsche sieht die gleichen Entwicklungen. Die Zahl der Derivate und damit der Ausstattungs- und Funktionsvarianten je Baureihe erhöht sich, während die Entwicklungszeit insbesondere für Derivate nicht in gleichem Maße wächst.

Komplexität birgt Risiken

Mit diesem Komplexitätswachstum wachsen auch die Risiken, dass Fehler zu kritischen Versagensfällen führen. Statistiken zeigen: Feldfehler und Rückrufaktionen dominieren dort, wo die Komplexität in kurzer Zeit rasant gewachsen ist. Klassische Testmethodik hilft nicht weiter, denn nicht alles kann gleichermaßen intensiv getestet werden. David Weinrauch von Ford unterstreicht: „Verifikation und Validierung sind heute im gesamten Entwicklungsprozess eingebettet.“

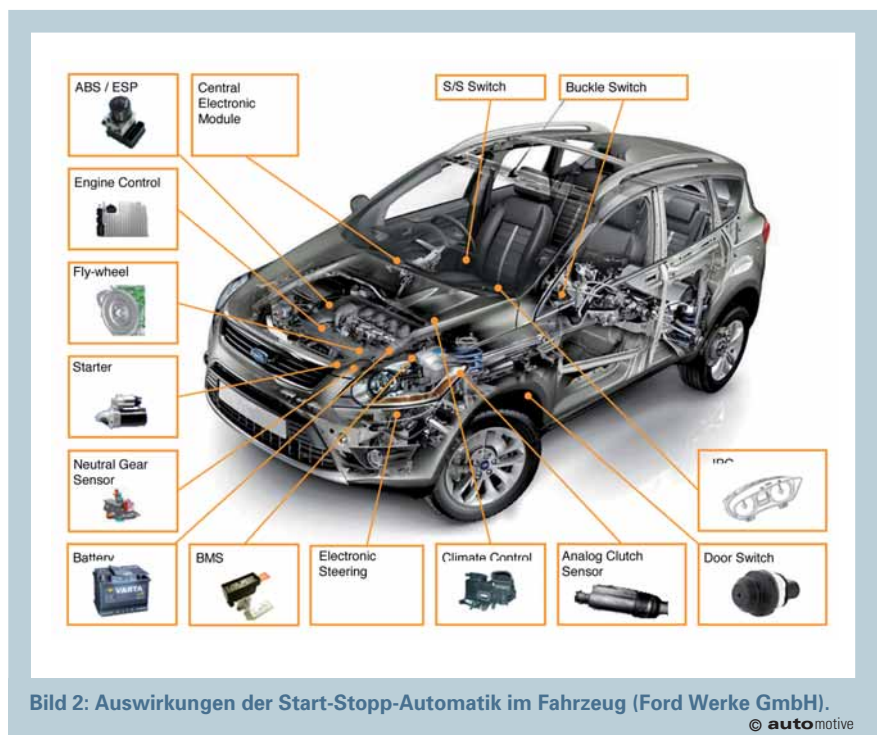
Ford und Porsche arbeiten daher an einer effizienten Teststrategie auf Basis von HiL und weitgehender Testautomatisierung. Verschiedene Testmethoden kommen zum Einsatz, wie etwa Stresstests und adaptive Regressionstests (**Bild 3**). Damit lassen sich beispielsweise komplexe Fahrerassistenzsysteme unter Laborbedingungen testen.

Und so ist für beide Unternehmen klar: Sie testen alle neuen Funktionen und Fahrzeuge zuerst am HiL-Prüfstand. Das spart Kosten und erhöht die Testabdeckung.

Thales testet für Galileo

Alexander Schmid, der bei Thales für die Integration, Verifikation und Qualifikation des Galileo Ground Mission Segments zuständig ist, hat mit der Komplexitätsfalle gleich mehrfach zu kämpfen. Galileo ist bereits als System sehr komplex. So müssen in Echtzeit Positionsrechnungen von dreißig Satelliten abgestimmt und an die Satelliten zurück gesendet werden.

Die Software muss auf Antrieb passen, denn Softwarefeh-



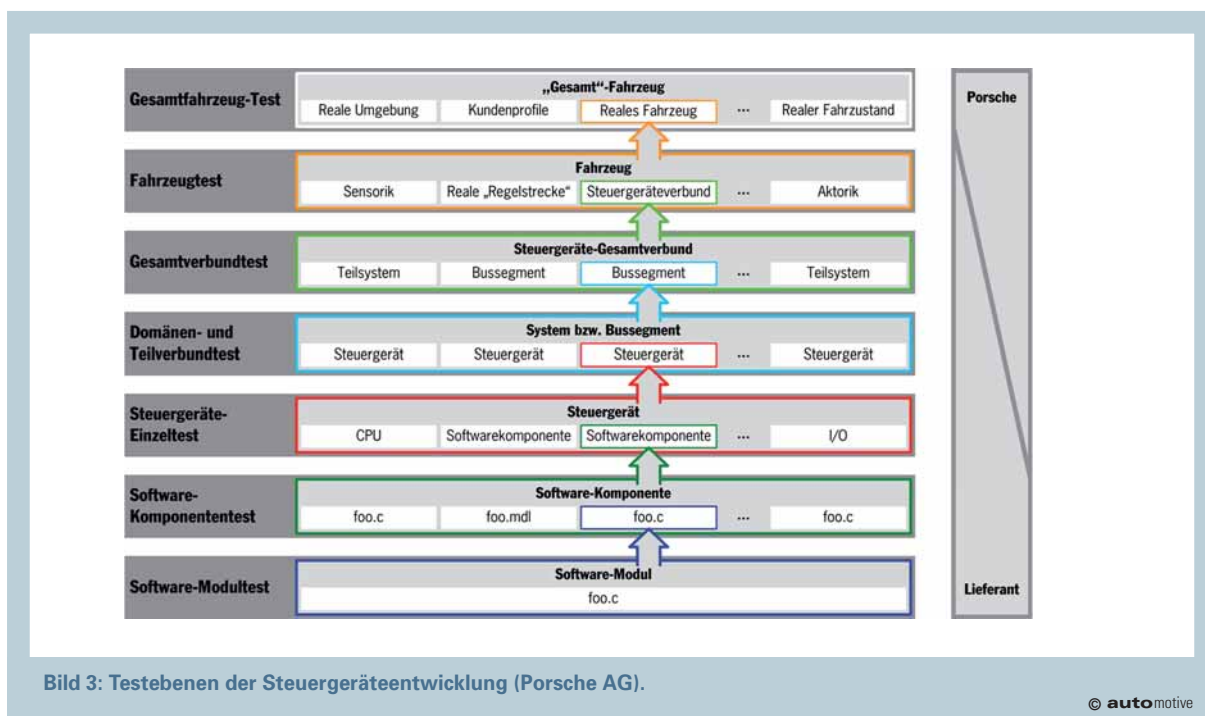


Bild 3: Testebenen der Steuergeräteentwicklung (Porsche AG).

© automotive

ler können im All kaum noch korrigiert werden. Zudem kooperieren 15 Elementhersteller mit jeweils drei bis fünf Unterauftragnehmern verteilt über ganz Europa. Hier hilft nur eine exakte Integrationsplanung mit häufigen Integrationsstufen, um die Funktionalität Schritt für Schritt abzusichern.

Somit haben selbst bei solch komplexen Systemen agile Prinzipien Einzug gefunden. Wöchentlich werden mehrere Komponenten-Releases integriert, wobei der komplette Zyklus einen Monat dauert. Schmid unterstreicht die Bedeutung einer Verfolgung der Testabdeckung bereits ab Anforderungsentwicklung, um jederzeit die Abdeckung wesentlicher Kundenanforderungen durch die durchgeführten Tests zu gewährleisten. Zunehmend werden quantitative Verfahren eingesetzt, beispielsweise um Testendekriterien und die erreichte Zuverlässigkeit zu berechnen.

Durchgängige Fehlerentdeckung

Test – und damit die Optimierung der Fehlerentdeckung – beginnt mit dem Projektstart. Oftmals sind Spezifikationen unvollständig, die Testbarkeit ist nicht gegeben, und es ist unklar, welcher Fehler mit welcher Methode gefunden werden kann und wie die avisierten Entdeckungsraten sind. Nur durch systematische Arbeit bereits in der Spezifikationsphase, beispielsweise durch Einbeziehen von Test-Ingenieuren bei Erstellung der Spezifikationen und als Reviewer, stimmen die Testvoraussetzungen.

Dr. Christof Ebert, Geschäftsführer bei Vector, untermauert diese Beobachtung: „Typischerweise entfallen nur 3 bis 6 Prozent der Projektkosten auf das Requirements Engineering.“ Das ist nach Expertenmeinung viel zu wenig. Eine Verdoppelung bringt eine Reduktion von 20 bis 40 Prozent der Lebenszykluskosten. Ebert unterstreicht: „Besser testen ist mehr als testen.“ Es geht darum, Analysemethoden und Fehlerentdeckung optimal aufeinander abzustimmen.

Strategie beim Testen

Markus Manleitner von der Dräger Medical AG und Vorsitzender des Fachausschusses „Qualitätssicherung für Software in der Medizintechnik“ im VDI fasst die Bedeutung der durchgängigen Fehlerentdeckung zusammen: „Testen braucht eine Strategie, die sich an den Anforderungen orientiert.“ Testen ist mehr als nur Testfälle zu planen, anzuwenden und die Abdeckung zu messen. Eine gute und durchgängige Teststrategie ist gerade in sicherheitskritischen Systemen, wie in der Medizintechnik, ganz wesentlich. Doch wie testet man das Richtige? Manleitners Antwort ist einfach: „Analytische und konstruktive Maßnahmen müssen intelligent kombiniert werden.“

Bereits in der Spezifikationsphase wird ein Qualitätsmodell entwickelt, das schrittweise verfeinert wird. So leitet Dräger beispielsweise Architektur Anforderungen, die White-Box, Abdeckung im Code und Testabdeckungskriterien direkt aus Qualitätsattributen und Zuverlässigkeitsmodellen ab und priorisiert diese mittels einer Risikobewertung.

Die Kombination der Methoden ist entscheidend

„Die richtige Kombination und der gezielte Einsatz der einzelnen Methoden ist ausschlaggebend für die Effektivität und Effizienz der Qualitätsstrategie.“ Das ist die Erfahrung von Dr. Simon Burton, Manager bei Vector. Eine gute Teststrategie setzt Prioritäten und ermöglicht einen effizienten Einsatz von Ressourcen (Bild 4). Sie kombiniert Fehlervermeidung, also etwa systematische Entwicklungsprozesse, Entwicklungswerkzeuge, Modellierungs- und Codierungsrichtlinien, Analysen und Tests (Bild 5).

Viele Fehlertypen lassen sich mit Test gar nicht oder nur sehr teuer finden. Burton unterstreicht daher fünf Schritte hin zu besserem Test. Zuerst erfolgt die Identifizierung und Priorisierung von Qualitätsmerkmalen. Anschließend werden Analysen, Reviews und Tests sowie die Zuordnung zu

Qualitätszielen festgelegt. Daraus werden messbare Kriterien für die erfolgreiche Durchführung abgeleitet. Damit lassen sich dann die passenden Methoden und Werkzeuge spezifisch auswählen und anpassen. Erst im fünften und letzten Schritt setzt man die ausgewählten Maßnahmen um, misst, verfolgt und verbessert kontinuierlich. Hierzu müssen die Ingenieure die richtigen Fragen stellen: Werden alle Kriterien erreicht? Wird die Strategie mit ausreichender Konsequenz umgesetzt? In welcher Phase werden Fehler eingeführt, in welcher Phase werden sie entdeckt? Welche Software-Module enthalten welchen Anteil an kritischen Fehlern? Wo ist hoher Aufwand zu sehen, ohne ausreichend Fehler zu entdecken – und wo wird zu wenig Aufwand betrieben, der im späteren Stadium teuer nachgereicht werden muss? Wesentlich ist laut Dr. Burton, diese Fragen immer wieder zu stellen und zu beantworten und damit aus Erfahrungen zu lernen und so die Fehlerentdeckung gezielt zu optimieren. Da hat jedes Unternehmen seine eigenen Stärken und Schwächen, und nur eine Bewertung der eigenen Teststrategie und der Umsetzung ermöglicht nachhaltige Verbesserungen, die dann auch in Geldaufwand messbar sind.

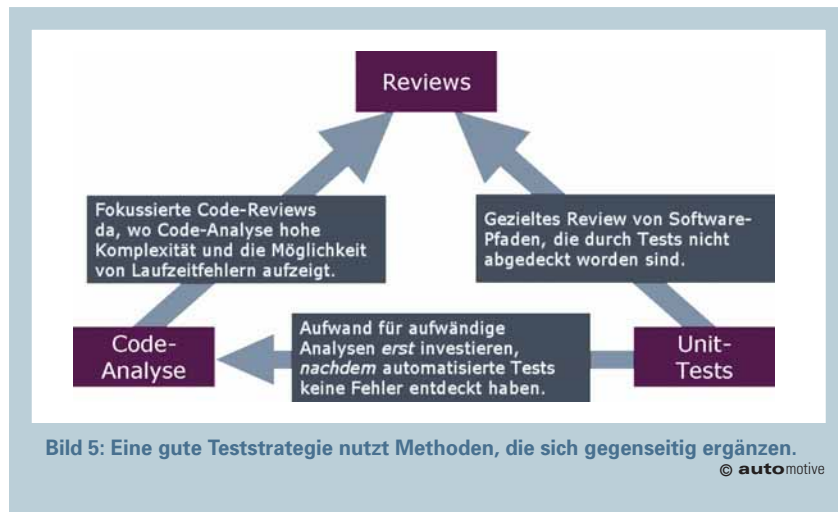
Trends: Methodik und Werkzeuge

Gerade bei softwareintensiven sicherheitskritischen Systemen gewinnt die modellbasierte Entwicklung zunehmend an Bedeutung. Uwe Steinke von der Siemens AG weiß, dass hierbei Methodik, Durchgängigkeit und Werkzeuge sehr eng zusammenspielen müssen. „Nur eine stringente und gegebenenfalls modellbasierte Entwicklung sichert ab, dass sich Hardware und Software auf Systemebene am Schluss so verhalten, wie sie spezifiziert wurden“, fasst Steinke die Erfahrungen im Bahnbereich von Siemens zusammen (Bild 6). Damit erreicht Siemens eine beträchtliche Effizienzsteigerung

in der Entwicklung, denn Inhalte einer Abstraktionsebene lassen sich mit durchgängigen Werkzeugen in die nächste Ebene transformieren und damit direkt wiederverwenden. Gleichzeitig steigt die Qualität durch die Verbindung von Implementierung und Dokumentation sowie durch den Einsatz von Analysewerkzeugen, beispielsweise durch Model Checker zum Nachweis von bestimmten Eigenschaften. Zur Validierung der Modelle leiten die Verifizierer die Tests – unter anderem nach dem Black-Box-Prinzip – aus den funktionalen Anforderungen ab. Diese Tests führt der Entwickler auf Softwareebene und mit Hardware-in-the-Loop durch und ermittelt so die strukturelle Testabdeckung. Die Techniken sieht Steinke aus der Sicht von Siemens als branchenübergreifend anwendbar: „UML entwickelt sich zur Standardsprache, SCADE ist ein breit einsetzbares Analysewerkzeug für sicherheitsrelevante Systeme, und die Modellierungswerkzeuge haben sich heute zur industriellen Reife entwickelt.“ Er schränkt beim Test allerdings ein, dass es immer auch unabhängige Tests braucht, um Spezifikations- und Transformationsfehler zu entdecken. Sein Tipp aus der Praxis: Unabhängige Tester, die das System nicht kennen, finden immer wieder kritische Fehler und stellen die richtigen Fragen zu Punkten, die so mancher „alte Hase“ als gegeben hinnimmt.

Projektaktivität	Maximale Fehlerentdeckungsrate	Typische Fehlerentdeckungsrate	Aufwand für die Entdeckung und Korrektur [Stunden/Fehler]
Requirements-Reviews	10-15%	5-10%	~2
Design-Reviews	10%	5-10%	3-5
Statische Code-Analyse	20%	10-20%	3-5
Code-Reviews	40%	20-30%	3-5
Unit-Test	30%	10-30%	3-5
Integrations-Test	20%	5-20%	10-15
Abnahme-Test	5%	1-5%	~30

Bild 4: Teststrategie und Priorisierung orientieren sich an Erfahrungswerten. © automotive



Porsche: „Testhaus EE“

Porsche trägt dem Trend hin zu intelligentem und effizientem Testen mit seinem Testhaus EE Rechnung. Dr. Dorn setzt dabei auf Gleichteilekonzepte und Wiederverwendung auch und gerade im Test. Die zentrale Vorbereitung und Durchführung weitgehend automatisierter Integrationstests erlaubt den Aufbau und Betrieb von HiL-Systemen für Funktionstests auf Domänenebene und damit zunehmend automatisierte Integrations- und Funktionstests. Dazu werden die

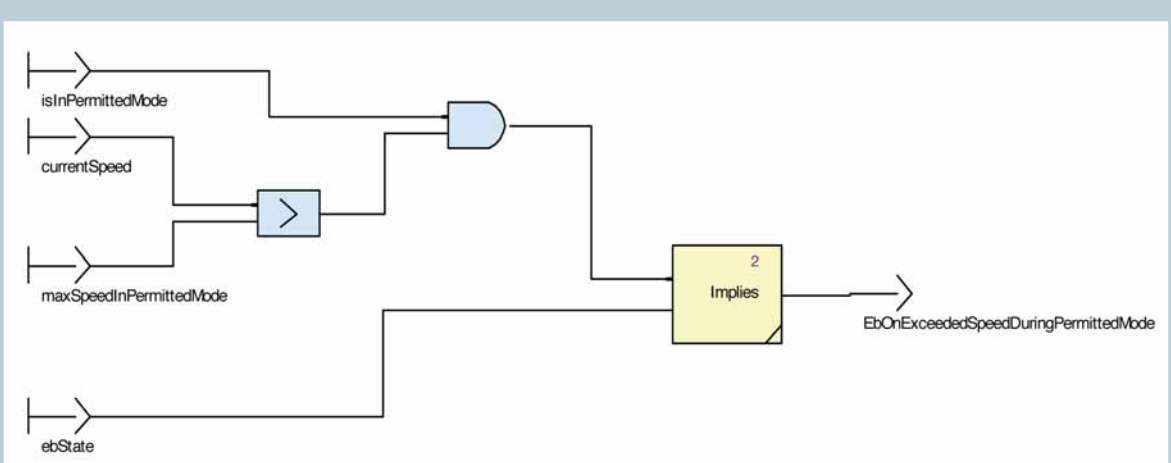


Bild 6: Modellbasiertes Testen: Formale Verifikation einer Sicherheitsanforderung (Siemens AG).

© automotive



Bild 7: HiL mit Test-automatisierung im Testhaus EE bei Porsche. (Porsche AG).

© automotive

Anforderungen an Funktions- und Integrationstests in Teststrategien und Prüfkatalogen gemeinsam mit den Fachbereichen frühzeitig abgestimmt und über vereinheitlichte Reifegrad-Reports für jede Entwicklungsiteration berichtet. Durch die Verknüpfung zwischen strukturellen Testzielen und Funktionen im Prüfkatalog lässt sich die Testabdeckung ermitteln. Die Erfahrungen zeigen, dass die Einstiegshürden hinsichtlich der Umsetzung automatisierter Integrationstests und der HiL-Umgebung sehr hoch sind (**Bild 7**). Somit lässt sich die kritische Masse an Entwicklungsbudget, Investitionsmitteln und Know-how nur durch Konzentration der Aktivitäten in einer zentralen Einheit erreichen.

Fazit

Während die Werkzeuge für Anforderungen, Modellierung, Entwicklung, Test und Analyse zusammen wachsen, wird es nicht das eine präferierte Werkzeug oder die eine herausragende Methode für modellbasiertes Testen geben. Ein eigener Weg zur Abdeckung eigener Erfordernisse ist notwendig. Dazu braucht es Erfahrung und Unterstützung von Experten, die verschiedene Umgebungen kennen, um die Methodik an die konkreten Herausforderungen anpassen zu können.

Besseres Testen braucht eine tragfähige Spezifikations-Basis, sehr gutes technisches Methodenverständnis, wirksame und effiziente Prozesse, Methoden und Werkzeugunterstützung sowie den kontinuierlichen Ausbau von Test-Know-how. Und so lautet das Resümee von Dr. Lederer: „Besseres Testen bietet ein sehr großes Potenzial zum Einsparen von Kosten und zur Vermeidung technischer Risiken.“ (es)



Dr. Dieter Lederer ist Geschäftsführer der Vector Consulting Services GmbH.



Dr. Christof Ebert ist Geschäftsführer der Vector Consulting Services GmbH.