



AUTOREN



DIPL.-ING. JÜRGEN MEYER
leitet den Geschäftsbereich
Automotive bei der Berner & Mattner
Systemtechnik GmbH in München.



DR.-ING. JOACHIM WEGENER
leitet die Berliner Niederlassung
der Berner & Mattner Systemtechnik
GmbH in München.

**Spezifikationen an eine
Werkzeugkette**

Der Trend zu Plattformentwicklungen bei immer variantenreicheren Produktpaletten stellt die Entwicklungsabteilungen der Automobilhersteller und ihrer Zulieferer vor bedeutende Herausforderungen. Eine neue und aus mehreren aufeinander abgestimmten Werkzeugen bestehende Werkzeugkette von Berner & Mattner führt die verschiedenen Prozessschritte für ein durchgängiges Variantenmanagement von elektronischen Steuergeräten (ECU) zusammen. Dabei werden – auf bewährten Werkzeugen basierend – die Grundlagen für das Variantenmanagement in der Spezifikationsphase gelegt und über die Testfallermittlung bis hin zur Testausführung in verschiedenen Testumgebungen über eine einzige Simulations- und Testplattform wie HiL-Prüfstände (Hardware-in-the-Loop) fortgeführt, ❶.

Eine zentrale Komponente des durchgängigen Variantenmanagements bildet das Werkzeug „Meran“ von Berner & Mattner, das das Requirements-Management-Werkzeug „IBM Rational Doors“ erweitert. Mit Meran lässt sich bereits zu Beginn der Entwicklung – also noch in

der Analyse- und Spezifikationsphase – eine große Variantenvielfalt sicher beherrschen. Ein hoher Automatisierungsgrad gewährleistet ein effizientes Bearbeiten von Anforderungsspezifikationen ganzer Produktfamilien. Wichtige Bausteine hierbei bilden folgende Punkte:

- : die Erstellung generischer und variantenübergreifender Spezifikationen
- : ein Selektionsverfahren, um Anforderungen aus der generischen Spezifikation für eine konkrete Variante auszuwählen
- : ein Parameterersatzverfahren für die Transformation generischer Anforderungen in variantenspezifische Ausprägungen.

Den Ausgangspunkt des Variantenmanagements bildet die Erstellung einer generischen Spezifikation, welche die Anforderungen an alle Varianten abdeckt. Die Selektion der Anforderungen für die Varianten erfolgt über die Erweiterung der Anforderungsobjekte um Selektionsattribute. Typische Erweiterungen sehen ein binäres Attribut pro Variante oder ein mehrwertiges Attribut mit einer Aufzählung der vorgesehenen Variantennamen vor. Durch die Selektion der variantenspezifischen Anforderungen aus der gene-

DURCHGÄNGIGES VARIANTEN-MANAGEMENT VON DER SPEZIFIKATION BIS ZUM HIL-PRÜFSTAND

Ein Schlüsselfaktor für die effiziente Entwicklung von elektronischen Steuergeräten ist ein leistungsfähiges Variantenmanagement von der Spezifikation bis zum Test auf HiL-Prüfständen. Stehen für die Implementierung seit Jahren leistungsfähige Simulationswerkzeuge bereit, fehlte es bislang an einer entsprechenden Unterstützung in den anderen Entwicklungsphasen. Hier setzt eine neu gestaltete Werkzeugkette von Berner & Mattner an, die ein durchgängiges Variantenmanagement vom Requirements Engineering über die Testfallermittlung bis hin zur Testausführung unterstützt.

rischen Spezifikation werden der Funktionsumfang und das Lastenheft an die ausgewählte Variante bestimmt.

Die Transformation von Anforderungen sorgt dafür, dass sich die Anforderungen unabhängig von variantenspezifischen Merkmalen spezifizieren lassen, um daraus nachfolgend variantenspezifische Anforderungen zu generieren. Die Verwaltung der variantenspezifischen Parameter findet über eine separat geführte Liste statt. Die Ersetzung der Parameter im Text läuft im Zuge der Generierung variantenspezifischer Lastenhefte vollständig automatisch ab. Die Verwendung von Parametern ist dabei nicht auf numerische Daten beschränkt, sondern reicht von beliebigen Zeichenketten über Bilddaten bis hin zu OLE-Objekten.

Die Anforderungen einer Variante werden in einem eigenen Doors-Modul zusammengeführt, so dass sie beispielsweise für einen Lastenheftaustausch oder Exchange-Prozess in gewohnter Weise zur Verfügung stehen. Änderungen an den Anforderungen werden nach der Ableitung der Variantenspezifikationen weiterhin in der generischen Spezifikation gepflegt und automatisch an die daraus abgeleiteten Varianten vererbt.

Das der Spezifikationsphase nachgelagerte Requirements-Tracing, das die Umsetzung von Anforderungen in Projekten mit hoher Prozessreife nachweist, kennt üblicherweise zwei Dimensionen: Zum einen wird eine Verknüpfung von

System-Requirements und Software-Requirements hergestellt, um die Implementierung spezifizierter Anforderungen zu gewährleisten. Zum anderen werden Anforderungen und Tests miteinander verbunden, um die Korrektheit und Vollstän-



1 Variantenmanagement von der Spezifikationsphase über die Testfallermittlung bis hin zur Testausführung auf dem Hardware-in-the-Loop-Prüfstand modularHiL

digkeit der Umsetzung im Test zu überprüfen. Findet die Verknüpfung von System- und Software-Requirements üblicherweise im Rahmen der verfügbaren Requirements-Management-Werkzeuge statt, ist eine Verknüpfung von Anforderungen und Tests schwieriger zu realisieren, sofern die Verwaltung der Testfälle nicht über das Requirements-Management-Werkzeug erfolgt.

TESTFALLERMITTLUNG

Eine leistungsfähige Unterstützung für die Verknüpfung von Requirements und Tests bietet der Klassifikationsbaum-Editor „CTE XL Professional“, ②, von Berner & Mattner, ein Werkzeug für die systematische Ermittlung von Testfällen im Rahmen von spezifikationsbasierten Tests. Die zugrunde liegende Klassifikationsbaum-Methode gliedert sich in zwei Phasen. Zunächst ermittelt der Tester alle für die Prüfung des zu testenden Systems relevanten Aspekte und strukturiert diese mit den jeweils sinnvollen Fallunterscheidungen in einem Klassifikationsbaum. In der zweiten Phase werden durch die Kombination von Fallunterscheidungen unterschiedlicher Aspekte die Testfälle gebildet. Die Definition der Testfälle kann dabei manuell erfolgen oder automatisch durch Kombinationsregeln. Mit den Regeln kann der Tester verschiedene Testintensitäten für die Kombination eingeführter Aspekte angeben, um beispielsweise risikobasierte Teststrategien umzusetzen.

Der Klassifikationsbaum-Editor ermöglicht es dabei beispielsweise, sich mit einer

Anforderungsspezifikation in Doors oder einem anderen Requirements-Management-Werkzeug zu verbinden und eine Verknüpfung zwischen Anforderungen und den im Klassifikationsbaum-Editor definierten Elementen herzustellen. Neben der Verknüpfung von Anforderungen mit Testfällen unterstützt dieser Werkzeugeinsatz ein Verbinden von Anforderungen mit den in der Testfallermittlung eingeführten testrelevanten Aspekten (Klassifikationen), den Fallunterscheidungen (Klassen), spezifizierten Abhängigkeitsregeln (zur Definition von möglicherweise bestehenden Abhängigkeiten zwischen unterschiedlichen Elementen des Klassifikationsbaums) und definierten Kombinationsregeln für die Testfallgenerierung. Der Editor erlaubt eine Herstellung der Verknüpfungen sehr einfach mittels Drag & Drop. Bei Verknüpfungen zu Elementen des Klassifikationsbaums werden diese an diejenigen Testfälle vererbt, die die jeweiligen Elemente enthalten.

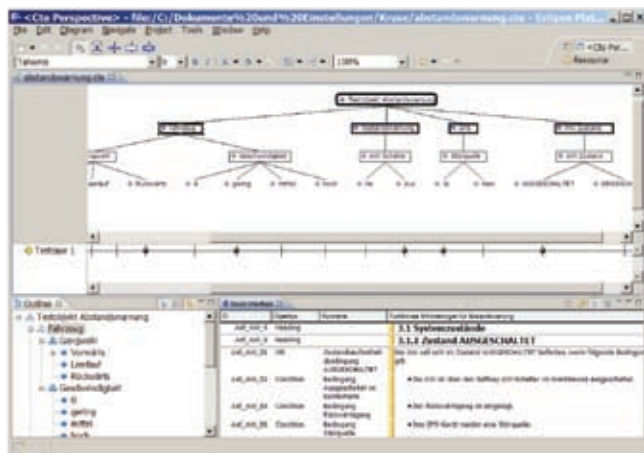
② zeigt einen vereinfachten Klassifikationsbaum für eine Abstandswarnungsfunktion mit einem beispielhaften Testfall. Im Klassifikationsbaum werden die Klassifikationen Gangwahl, Geschwindigkeit, Schalterstellung, Störquelle und Zustand der Abstandswarnung mit ihren Fallunterscheidungen differenziert. Unterhalb des Klassifikationsbaums in ② befindet sich die Kombinationstabelle zur Definition der Testfälle. Es ist ein Testfall mit der Bezeichnung „Testcase 1“ angelegt.

Rechts neben der Explorer-Darstellung des Klassifikationsbaums befindet sich die

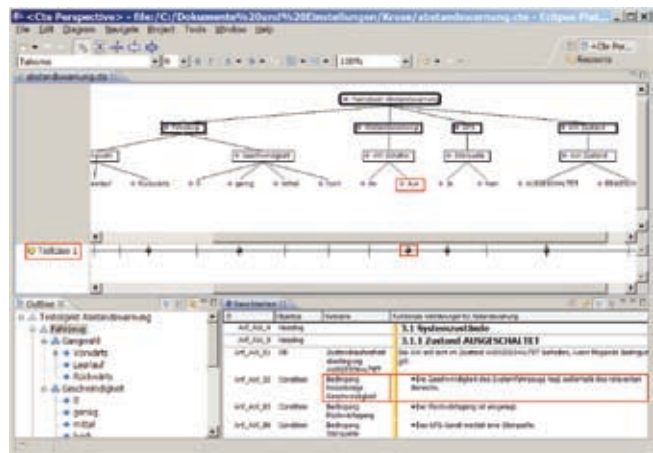
direkt aus Doors in dem Klassifikationsbaum-Editor CTE XL Professional eingebundene Sicht auf die Anforderungsspezifikation der Abstandswarnung. Im Beispiel wurde die Anforderung „Anf_AW_52“ mit der Klasse „Aus“ für den Schalter zur Aktivierung und Deaktivierung der Funktion verknüpft.

Kommt es in Doors zu einer Änderung von Anforderungen, oder wird aus einer generischen Spezifikation eine neue Variante instanziiert (erzeugt), so bietet der Editor Funktionen an, um sofort alle Auswirkungen auf den Test zu visualisieren und damit das Requirements-Tracing optimal zu unterstützen. Dabei zeigt das Werkzeug alle im Klassifikationsbaum und den bestehenden Testfällen zu überprüfenden und gegebenenfalls anzupassenden Stellen auf, was in ③ veranschaulicht wird. Die Änderung der Anforderung „Anf_AW_52“ führt zu einer Hervorhebung der verknüpften Klasse und des die Klasse berücksichtigenden Testfalls. Da sich die Ausschaltbedingung für diese Variante der Abstandswarnung gegenüber der ursprünglichen Spezifikation geändert hat, muss eine entsprechende Anpassung des Tests erfolgen.

Erzeugt der Anwender in Doors aus einer generischen Spezifikation die Spezifikation für eine zu entwickelnde Variante, so lässt sich durch die mit dem Klassifikationsbaum-Editor verwaltete Verlinkung automatisch der für die Variante gültige Test zusammensetzen. Hierfür werden automatisch die Testfälle selektiert, die mit den für die Variante gültigen Anforderungen verknüpft sind. Zudem findet eine



② Vereinfachter Klassifikationsbaum für eine Abstandswarnung mit Doors-Spezifikationsteil im Klassifikationsbaum-Editor „CTE XL Professional“



③ Hervorhebung des Änderungsbedarfs im Klassifikationsbaum-Editor „CTE XL Professional“ aufgrund einer geänderten Anforderung



4 Plattformen wie „Messina“ von Berner & Mattner eignen sich sowohl für die entwicklungsbegleitende Absicherung von Funktionsmodellen als auch für die spätere Ausführung von SiL- und HiL-Tests

Übertragung der in den Anforderungen vorgenommenen Parameterersetzungen für die Variante auf den Test statt. Die mit dem Editor für eine Variante erstellten Testspezifikationen können für die Testdurchführung mit einem Knopfdruck an eine geeignete Testplattform exportiert werden.

TESTDURCHFÜHRUNG

Simulations- und Testplattformen wie „Messina“ [1] von Berner & Mattner eignen sich sowohl für die entwicklungsbegleitende Absicherung von Funktionsmodellen als auch für die spätere Ausführung von Tests in SiL- und HiL-Umgebungen, 4. Durch die virtuelle Integration mehrerer Funktionsmodelle lassen sich mit Messina mehrere ECU-Funktionen frühzeitig im Zusammenspiel testen. Die Funktionsmodelle können in unterschiedlichen Modellierungstechniken beschrieben sein und auch Autosar-Software-Komponenten repräsentieren.

Mit Messina lassen sich die im Klassifikationsbaum-Editor CTE XL Professional

spezifizierten Testfälle plattformunabhängig implementieren. Die Testimplementierungen sind in MiL-, SiL- und HiL-Umgebungen ohne Änderung ausführbar. Dazu ist lediglich eine Konfigurationsanpassung der Zielumgebung in der Simulations- und Testplattform erforderlich. Durch die Verknüpfung der Testimplementierungen mit den Testspezifikationen aus dem Klassifikationsbaum-Editor können die für die betrachtete Systemvariante auszuführenden Testimplementierungen automatisch bestimmt und auf der gewünschten Testplattform zur Ausführung gebracht werden.

Eine weitere Möglichkeit mit noch höherem Automatisierungsgrad besteht darin, in Messina generische Testimplementierungen für das zu prüfende System anzulegen, die mittels der aus dem Klassifikationsbaum-Editor generierten Testspezifikationen automatisch parametrierbar werden. In diesem Fall sind die exportierten Testspezifikationen sofort in den verschiedenen Testumgebungen ausführbar. Im Anschluss an die Testdurchführung können die Testberichte und -ergeb-

nisse für die getestete Variante automatisch erstellt und ausgewertet werden.

ZUSAMMENFASSUNG

Mit den von Berner & Mattner beschriebenen Instrumentarien lässt sich ein durchgängiges Variantenmanagement über den gesamten Entwicklungsprozess eines elektrischen Steuergeräts – von der Anforderungsspezifikation über die Testfallermittlung bis zur Testdurchführung am HiL-Prüfstand – realisieren. Mit Werkzeugen wie Meran von Berner & Mattner kann eine generische Anforderungsspezifikation in Rational Doors von IBM erstellt werden, aus der sich mittels Selektions- und Transformationsmechanismen variantenspezifische Spezifikationen ableiten lassen. Durch die Verknüpfung von Anforderungen und Testfällen im Klassifikationsbaum-Editor CTE XL Professional von Berner & Mattner wird die variantenspezifische Auswahl von Testfällen unterstützt. Zudem erfolgt eine automatische Darstellung zu prüfender Testinhalte im Fall von Änderungen. Die Testfälle für eine Variante lassen sich für die Testdurchführung an eine geeignete Simulations- und Testplattform wie Messina übergeben.

Mit den hier implementierten generischen Testfällen können Anwender die exportierten Testfälle direkt in MiL-, SiL- und HiL-Testumgebungen ausführen. Der Einsatz der beschriebenen Werkzeugkette erhöht die Effizienz und Qualität des Variantenmanagements deutlich. Automobilhersteller und -zulieferer erzielen damit erhebliche Kosteneinsparungen und Qualitätssteigerungen in der Entwicklung von Steuergeräten.

LITERATURHINWEIS

[1] Meyer, J.; Schulz, T.: Wiederverwendung der Modelle und Testfälle von Steuergeräten. In: ATZextra AEP Automotive Engineering Partners, Juni 2009, S. 66 – 71