

**7.4.1.3 TC1302\_\_DID\_99\_Programming\_DateRead: Passed**

Test case begin: 2007-06-01 10:09.51 (logging timestamp: 219.046883)  
 Test case end: 2007-06-01 10:09.51 (logging timestamp: 219.077044)

Timestamp	Test Step	Description	Result
219.048883	Step 1	Send a \$1A message with each \$dataIdentifier supported and verify proper response (test data formatting). (ECU_Identification: DID_99_Programming_Date::Read)	-
219.077044	Step 1	Positive response received as expected.	pass
219.077044	Step 1	Response format correct.	pass
219.077044	Step 1	Received data for service parameter "DATA" in defined range (see Bcd_4Byte)	pass

**INSIGNIA**

## Automatische Validierung der Diagnoseservices

Erstmalig kam in der Entwicklung bei General Motors Europe (GME) eine vollständig automatisierte Testfallerzeugung zur Validierung der Diagnose zum Einsatz. Der Artikel von GME und Vector Informatik beschreibt die Einführung automatisierter Tests der Diagnoseimplementierung am Beispiel des neuen Opel Insignia. Durch die Integration des Werkzeugs der Vector Informatik in die bestehende Tool-Landschaft ergaben sich wirtschaftliche, zeitliche und prozesstechnische Verbesserungen im Vergleich zur herkömmlichen, manuellen Validierung beim Opel Corsa.

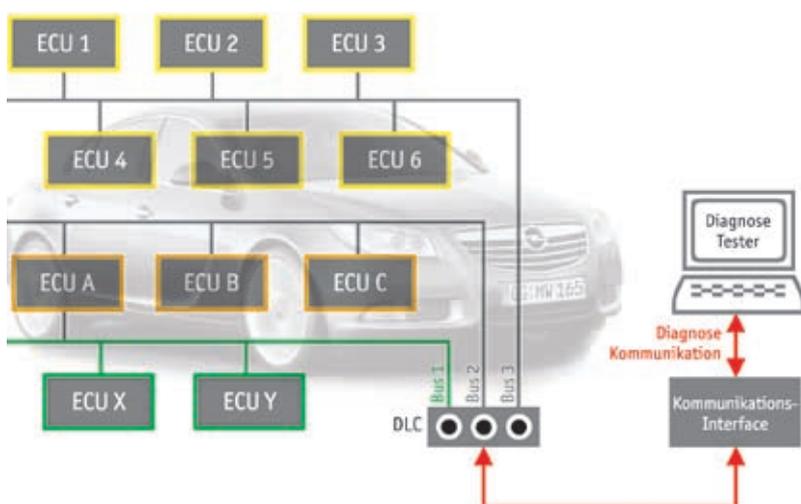
## 1 Einleitung

Die starke Konkurrenz auf dem weltweiten Automobilmarkt zwingt einerseits zu einer Verkürzung der Entwicklungszyklen, andererseits nimmt aber die Komplexität der Architektur in der Elektronikvernetzung stetig zu. Kostenreduzierung, höhere Sicherheit und Zuverlässigkeit sowie bessere Steuerbarkeit sind die Hauptziele beim Austausch konventioneller gegen elektronisch gesteuerte Systeme. Trotz aller Vorteile darf nicht vergessen werden, dass durch mehr elektronische Komponenten in Fahrzeugen die Wahrscheinlichkeit elektronisch bedingter Störungen steigen kann. Da die Zuverlässigkeit der Fahrzeuge für die Kunden ein wesentliches Kriterium beim Neukauf darstellt, ist es unabdingbar neue Methoden einzuführen, um diese Komplexität sicher zu beherrschen, den Entwicklungsprozess zu beschleunigen und die korrekte Funktion der verbauten Steuergeräte zu garantieren. Speziell im Bereich der vom Steuergerät zur Verfügung gestellten Diagnosefunktionalität ist die Korrektheit der Diagnoseservices maßgeblich. Sie transportieren die Informationen, die dem Mechaniker in der Werkstatt helfen, die Fehlerursache schnell zu finden und abzustellen. Anhand dieser Informationen muss er in der Lage sein zu entscheiden, auf welches Bauteil eine Störung zurückgeht und was ausgetauscht werden muss, um die vollständige Betriebsbereitschaft wiederherzustellen. Ist dies nicht gewähr-

leistet, kann es zum irrtümlichen Austausch funktionstüchtiger Einheiten kommen [1], wodurch die Garantiekosten steigen und die Kundenzufriedenheit nachlässt.

Die E/E-Architektur des Opel Insignia besteht aus mehreren Controller Area Network (CAN) [2] und Local Interconnect Network (LIN) Bussystemen [3]. Auf alle Bussysteme wird über einen zentralen Diagnoseanschluss (DLC) zugegriffen, **Bild 1**. Die Kommunikation wird durch ein GM-spezifisches Protokoll definiert. Diese GM-Diagnosespezifikation basiert auf KWP2000 [4] und dem Standard CAN 2.0A. Sie enthält alle zugelassenen Diagnoseservices zur Adressierung des Diagnosesystems eines Steuergeräts, um die Diagnoseinformationen zu erhalten. Diese Services werden dann vom Diagnosegerät ausgegeben, um die Diagnosekommunikation herzustellen. Sobald eine Anfrage gesendet wurde, kann/können das/die adressierte(n) Steuergerät(e) entweder positiv oder negativ antworten:

- Positive Antworten enthalten die vom Diagnosegerät angeforderten Diagnoseinformationen. Fallen viele Diagnoseinformationen an, kann die Antwort mehrere Nachrichten-Frames umfassen.
- Negative Antworten enthalten einen klar definierten Negative Response Code, der auf die Ursache für die negative Antwort schließen lässt. Die Negative Response Codes werden gemäß der GM-Diagnosespezifikation angegeben.



**Bild 1:** E/E-Architektur und Diagnosekommunikation beim Opel Insignia

## Die Autoren



**Dr. Philipp Peti** ist Entwicklungsingenieur im Bereich Global Systems Engineering bei General Motors Europe in Rüsselsheim.



**Dipl.-Ing. Armin Timmerberg** ist als Entwicklungsingenieur für die Diagnosevalidierung zuständig im Bereich Global Systems Engineering bei General Motors Europe in Rüsselsheim.



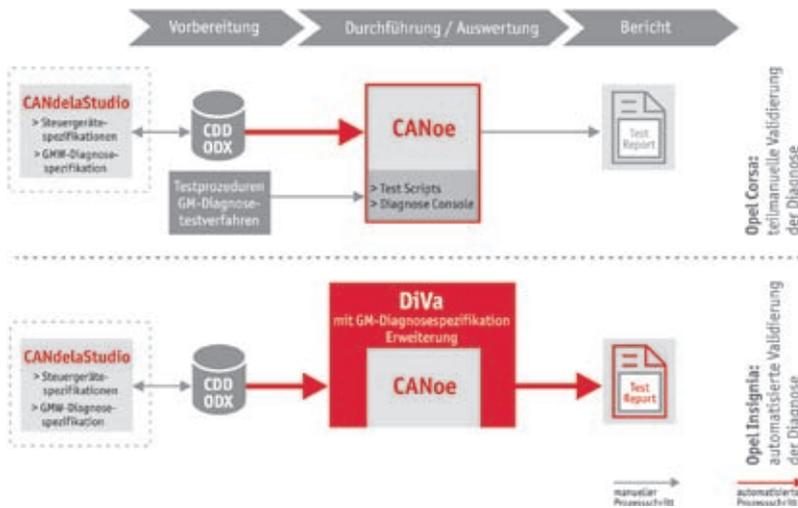
**Dipl.-Ing. Thomas Pfeffer** ist Gruppenleiter für Diagnose und Testautomatisierung im Bereich Global Systems Engineering bei General Motors Europe in Rüsselsheim.



**Dipl.-Inf. Simon Müller** ist in der Produktlinie Kfz-Diagnose als Produktmanager verantwortlich für die Canoe Option Diva bei der Vector Informatik GmbH in Stuttgart.



**Dipl.-Ing. (BA) Christoph Rätz** leitet die Produktlinie Kfz-Diagnose bei der Vector Informatik GmbH in Stuttgart.



**Bild 2:** Vergleich der Diagnosevalidierung und Tool-Landschaft bei Opel Corsa und Opel Insignia

Basierend auf den empfangenen Antworten muss der Techniker in der Lage sein, die Ursache einer Störung zu bestimmen, um die entsprechenden Arbeiten zur Problemlösung durchzuführen.

Der Erfolg einer Fehlerbehebung in der Werkstatt ist deshalb wesentlich davon abhängig, dass die vom Diagnosesystem ausgegebenen Daten richtig und genau sind. Daher ist die korrekte Implementierung der Diagnoseservices unerlässlich, um eine schnelle und fachgerechte Instandsetzung beziehungsweise Wartung zur Zufriedenheit der Kunden durchzuführen. Auch am Band-Ende spielt die Diagnose eine wichtige Rolle: Sie wird zur Programmierung von Steuergeräten und zur Qualitätssicherung eingesetzt. Aus diesem Grund ist eine umfassende Validierung der Diagnosefunktionalität unbedingt erforderlich.

## 2 Validierungsprozess und Tool-Landschaft bei GME

Mit der Entwicklung des Opel Insignia hat GME das Werkzeug „CANoe.DiVa“ (Diagnostic Integration and Validation Assistant) von Vector Informatik neu eingeführt. Das Werkzeug automatisiert die Erzeugung und die Durchführung von Diagnosetests. **Bild 2** zeigt die verwendete Tool-Landschaft beim Opel Corsa und beim Opel Insignia. In beiden Fällen wird „CANoe“ [5] als Testwerkzeug verwendet. Während bei der

Entwicklung des Corsa die Validierung zum großen Teil manuell durchgeführt wird, ist bei der Insignia-Entwicklung der überwiegende Teil durch vollautomatisierte Tests abgedeckt.

In **Bild 3** wird ein typischer Diagnosevalidierungsprozess eines Steuergeräts durch einen Testingenieur bei GME dargestellt. Die Entwicklung der Steuergerätesoftware ist in mehrere Phasen unterteilt. Zu Beginn einer Steuergeräteentwicklung liegt der Schwerpunkt eher auf der Umsetzung der Steuergerätefunktion als auf den Diagnoseservices. Letztere werden in den nachfolgenden Softwareversionen weiterentwickelt. Wie in **Bild 3** dargestellt, wird mit der Einführung der Softwareversion der Phase 1 (SWR 1) nur eine geringe Anzahl an Diagnoseservices implementiert. Durch die Verwendung

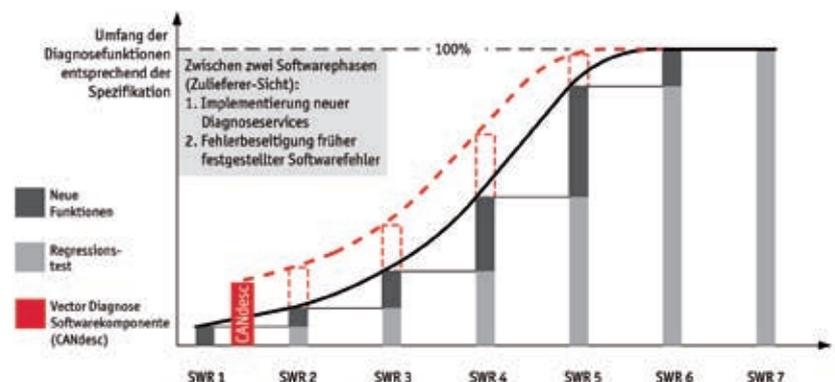
von Diagnose-Softwarekomponenten bei GME („CANdesc“) ist bei Entwicklungsstart schon ein Teil des Diagnoseumfangs implementiert und damit die Integration im Steuergerät früher fertig gestellt (siehe **Bild 3**).

Mit jedem Entwicklungszyklus nimmt die Menge der zu prüfenden Diagnosefunktionen zu. Sind alle Diagnoseservices implementiert, werden Regressionstests durchgeführt (SWR 7). Wenn keine Fehler der Diagnoseservices im jeweiligen Entwicklungsstadium mehr erfasst werden, ist das Steuergerät im Hinblick auf die Ausführung von Diagnoseservices serienreif.

Da ein Testingenieur normalerweise mehrere Steuergeräte gleichzeitig prüft, ist es ihm ohne adäquate Tool-Unterstützung nicht möglich, die große Anzahl an Tests vorzunehmen, um alle implementierten Diagnoseservices der einzelnen Softwareversionen abzudecken. Folglich werden nur neu implementierte Diagnoseservices eingehend geprüft und, basierend auf der Erfahrung des Testingenieurs, exemplarisch Regressionstests für einzelne früher integrierte Services durchgeführt. Mit der Verwendung eines geeigneten Automatisierungswerkzeugs für die Validierung können mehr Tests bei gleichzeitig reduziertem Aufwand durchgeführt werden.

## 3 Anforderungen in Bezug auf das Validierungswerkzeug

Ein Werkzeug zur automatisierten Diagnosevalidierung muss folgenden Anforderungen genügen:



**Bild 3:** Umfang der Diagnosefunktionen in verschiedenen Phasen der Steuergeräteentwicklung bei GME

- nahtlose Integration in die vorhandene Werkzeugkette
- Transparenz und Reproduzierbarkeit: Der Testingenieur muss die durchgeführten Tests nachvollziehen und wiederholen können.
- Konformität im Hinblick auf die bestehenden Testverfahren von General Motors: Das Werkzeug muss bestehende Testverfahren unterstützen. Im Bereich der Diagnose definiert die GM-Diagnosespezifikation bereits verbindliche Prüfabläufe für die GMLAN-Diagnoseservices der Steuergeräte.
- Erweiterbarkeit durch den Testingenieur
- automatische Generierung von Testfällen: Hierzu muss die Spezifikation in einem maschinell lesbaren Format vorliegen.

#### **4 Von der Spezifikation zur Testdurchführung und Berichtsauswertung**

Wie in Bild 2 dargestellt, stellt „DiVa“ das Bindeglied zwischen „CANdelaStudio (Diagnosespezifikation) und dem bewährten Werkzeug zur Validierung dar. „DiVa“ integriert sich nahtlos in diese bei GME bestehende und etablierte Werkzeugkette. Aus der Diagnosespezifikation (CDD-Datei) werden Testfälle zur Überprüfung der jeweiligen Services automatisch abgeleitet. Der generierte Code basiert auf der „CANoe“-Programmiersprache CAPL (Communication Access Programming Language) und kann somit jederzeit eingesehen werden. Der Testingenieur hat die Möglichkeit, bei Unstimmigkeiten in den automatisierten Ablauf einzugreifen und diesen nachzuvollziehen (Transparenz). Darüber hinaus ermöglichen die Logging-Funktionen von „CANoe“ die Rückverfolgung und die Auswertung des Diagnosedatenflusses auf CAN-Kommunikationsebene.

Folgende Schritte sind notwendig, um einen Test mit „DiVa“ durchzuführen:

- Auswählen des Steuergeräts und der Variante
- Konfiguration des Tests
- Generierung des Tests
- Einfügen des erzeugten Testmoduls in die Testumgebung
- Ausführen der Tests
- Auswerten des Testreports.

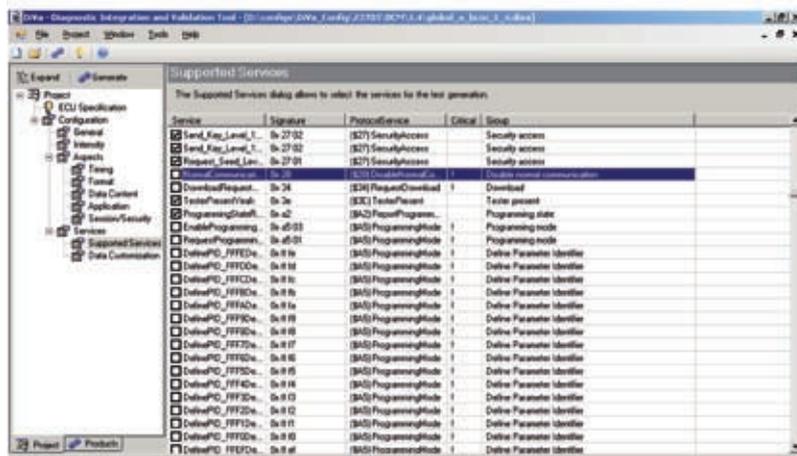


Bild 4: Einstellen der Testrandbedingungen in Diva (hier: Konfiguration der Services)

Das Ändern von Testrandbedingungen in „DiVa“ ist jederzeit durch den Benutzer möglich. Unter anderem wird der Intensity-Parameter genutzt, um den Testumfang zu konfigurieren, beispielsweise vollständiger Test, Schnelltest oder Gutfalltest. Zusätzlich hat der Benutzer unter Supported Services die Möglichkeit, bestimmte Services vom Test auszuschließen und unter Data-Customization-Dateninhalte der Services zu verändern, Bild 4.

Bei einer Aktualisierung der Diagnosespezifikation, also der CDD-Datei, ermöglicht „DiVa“ die Synchronisierung mit der neuen Spezifikation unter Beibehaltung der zuvor definierten Einstellungen.

Aus technischer Sicht generiert „DiVa“ CAPL-Code für das „CANoe“-Testmodul zum Test aller vom Steuergerät unterstützten Diagnoseservices. Um die Konformität mit der GM-Diagnosespezifikation sicherzustellen, bildet die „DiVa“-Erweiterung die Testprozeduren dem GM-Standard entsprechend ab.

Der Test-Generierungsprozess erzeugt eine ausführliche Beschreibung der generierten Testfälle, CAPL-Testcodes für das Testmodul und die dazugehörige Testumgebung.

5 Testdurchführung und -berichtsauswertung

Nachdem der Test generiert ist, öffnet der Anwender in „CANoe“ die erzeugte Testumgebung und startet den Test. Die

Testdauer hängt von der Komplexität der Diagnosespezifikation und der benutzerdefinierten Auswahl des Testumfangs ab und schwankt von wenigen Minuten bis zu mehreren Stunden, Tabelle 1. Die „CANoe“-Testumgebung fungiert bei General Motors als gemeinsame Plattform zur Testautomatisierung und vereinfacht die Wiederverwendung von bestehenden GM-Testprogrammen. Beispielsweise sind die Bandende-Flash-Testprozeduren ebenfalls in der „CANoe“-Programmiersprache CAPL programmiert. Um die Analyse durch den Testingenieur zu erleichtern sind die Testberichte entsprechend der GM-Diagnosespezifikation strukturiert. Bild 5 zeigt einen typischen Testbericht.

6 Testabdeckung

Durch die Automatisierung der Tests soll der Testumfang erweitert und gleichzeitig der Zeitaufwand für die Durchführung verkürzt werden. Inwieweit „DiVa“ die in der GM-Diagnosespezifikation beschriebenen Testabläufe abdeckt, wird nachfolgend beschrieben. Die Qualität und die Anzahl der generierten Testfälle hängen wesentlich von der Vollständigkeit der maschinenlesbaren Diagnosespezifikation ab. Alle generierten Tests werden von ihr abgeleitet.

Insgesamt sind rund 350 Testabläufe in der GM-Diagnosespezifikation definiert. Die Testabläufe umfassen sowohl „Gutfall“- als auch „Schlechtfall“-Tests. Ein großer Teil (etwa 80 %) der Testabläufe wird in „DiVa“ über vollständig automatisierte Tests abgedeckt. Für 45 (15 %) der in der GM-Diagnosespezifikation definierten Testabläufe ist eine applikationsspezifische Benutzereingabe erforderlich. In diesem Fall hält „DiVa“ die Testdurchführung an und fordert den Benutzer auf, das Steuergerät in den erforderlichen Zustand zu versetzen. Die verbleibenden 5 % der Testabläufe werden von „DiVa“ nicht unterstützt und müssen entweder manuell oder mit anderen Mitteln getestet werden. Hierzu zählen auch Tests, die den sonstigen Testablauf gefährden würden (zum Beispiel Erzeugung und Erkennen von EEPROM-Fehlern) oder das Steuergerät nachhaltig

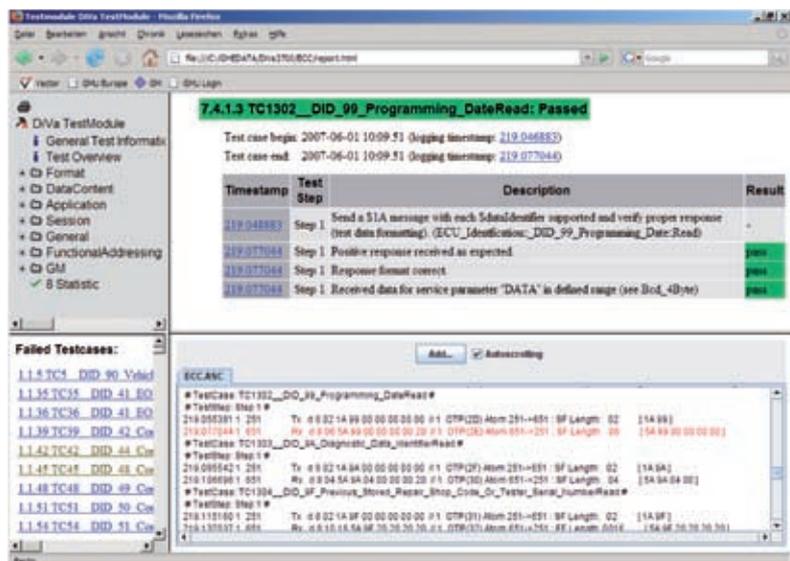


Bild 5: Automatisch generierter Testbericht in Diva

verändern (beispielsweise ein Steuergerät ohne Applikationsdaten). Die Testtiefe wird durch das Ausführen von zusätzlich enthaltenen, nicht GM-spezifischen Testfällen weiter erhöht.

Laut den bei GME durchgeführten Vergleichen der Validierung beim Opel Corsa und Insignia, verkürzt „DiVa“ durch die meist automatische Ausführung aller generierten Testfälle die Testdurchführungszeit massiv, **Bild 6**. Tabelle 1 zeigt eine Übersicht über die Durchführungszeiten und die Anzahl an generierten Testfällen für Steuergeräte im Opel Insignia. Manuelle Tests können wegen des Zeitaufwands oft nur sporadisch durchgeführt werden. Das Testergebnis ist daher stark von der Erfahrung des Testingenieurs und der zur Verfügung stehenden Zeit abhängig. „DiVa“ ermöglicht bei GME sowohl den vollständigen Test der Steuergeräte entsprechend den Diagnosespezifikationen, als auch einen größeren Testumfang in allen Entwicklungsstadien.

## 7 Wirtschaftliche Aspekte und Effizienzsteigerung

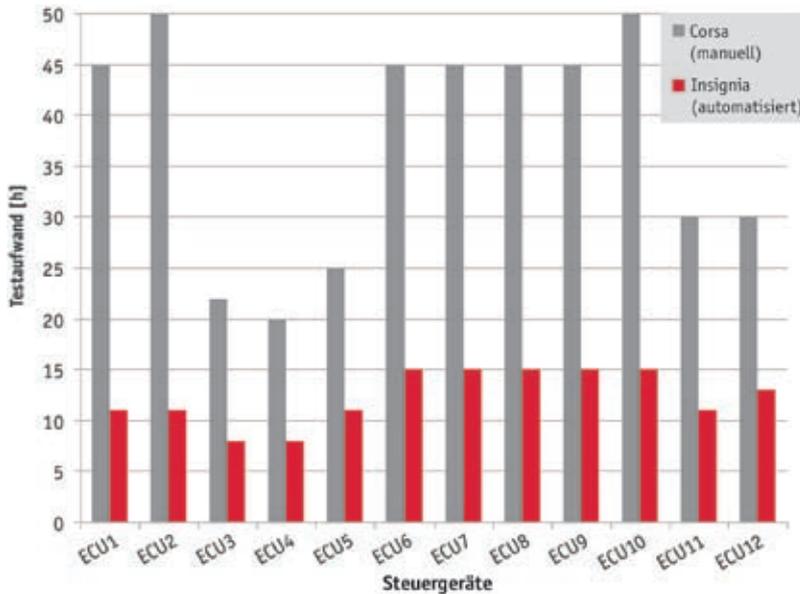
Bei der Einführung eines Werkzeugs steht der wirtschaftliche Nutzen im Vordergrund. Der neue Opel Corsa ist auf dem Markt sehr erfolgreich, es gibt keine negative Rückmeldung in Bezug auf diagnosebedingte elektronische Störungen. Daher wurde die manuell betriebene Validierung beim Opel Corsa als Referenzprojekt ausgewählt. Im Gegensatz dazu stand beim neuen Opel Insignia die Verwendung von „DiVa“ als Hauptwerkzeug zur Validierung der Diagnoseservices. Damit wurden erstmals Validierungstests zum großen Teil automatisiert durchgeführt. Zu Vergleichszwecken ist die Zeit ausgewertet, die für die Validierungsphase Testdurchführung und -auswertung auf Basis repräsentativer Steuergeräte benötigt wurde. Die genannten Werte basieren auf dem Implementierungslevel SWR 5, Bild 3. Die meisten Services sind hier schon implementiert und eine große Anzahl an fehlgeschlagenen Testfällen wurde bereits erfasst. Bild 6 zeigt den Validierungsaufwand in Stunden für den manuellen Test beim Opel Corsa und den automatisierten Test beim Opel Insignia.

**Tabelle 1:** Durchführungszeiten und Anzahl generierter Testfälle für Steuergeräte im Opel Insignia

Insignia Steuergerät	Generierte Testfälle	Durchführungszeit (ohne Benutzerinteraktion für DTC-Prüfung)
Kombi Instrument	1700	13:25 min
Klimasteuerung	3350	39:10 min
Airbag	4630	1:19:32 min
Mobil Telefon	1120	11:05 min

Durch den Einsatz von „DiVa“ lassen sich die Durchführungs- und Auswertezeiten beim Opel Insignia gegenüber denen beim Corsa erheblich verkürzen. Im vorliegenden Fall wird eine Verbesserung um den Faktor 3-5 erreicht (siehe Bild 6). Insbesondere bei Steuergeräten mit einer großen Anzahl von Diagnoseservices ist

die Zeitersparnis enorm. Betrachtet man spätere Entwicklungsphasen wie SWR 6 oder SWR 7 nimmt die zum Auswerten der Testergebnisse benötigte Zeit weiter ab. Dies ist auf die geringere Anzahl fehlgeschlagener Testfälle in der besser ausgereiften Implementierung zurückzuführen. Dieser Trend setzt sich bis zum



**Bild 6:** Testaufwand pro Steuergerät beim Opel Corsa mit manueller Validierung, im Vergleich zu automatisierter Validierung der Diagnoseservices beim Opel Insignia (Durchführungs- und Auswertzeit)

Produktionsstart in jeder neuen Phase fort. Das serienreife Steuergerät darf keine Störungen aufweisen, folglich entspricht die Auswertzeit der Durchführungszeit. In diesem Stadium der Opel-Insignia-Entwicklung kann, je nach Komplexität des Steuergeräts, eine Effizienzsteigerung um den Faktor 20 bis 40 erreicht werden.

Der Kostenaufwand der neuen Lösung ist gering, da nur Lizenzen für „DiVa“ benötigt werden. Ein mit „CANoe“ vertrauter Anwender bei GME kann, ohne vorherige Schulung, Tests durchführen. Zusätzliche Hardware ist zur Testdurchführung nicht erforderlich: „DiVa“ verwendet die verfügbare CAN-Infrastruktur über „CANoe“.

## 8 Grenzen der automatischen Generierung von Testfällen und Durchführung der Tests

Auch wenn automatisierte Werkzeuge im Hinblick auf Testumfang und Zeitaufwand besser sind als manuelle Teststrategien, stößt die automatische Testerzeugung an Grenzen:

- Qualität der Spezifikation: Da die Spezifikation die Grundlage für die Generierung von Testfällen darstellt, ist die Vollständigkeit und die Richtigkeit

der Spezifikationen unerlässlich, das heißt, der Test kann nur so gut sein wie die Spezifikation. Darüber hinaus muss die Konformität mit den Anforderungen an die Diagnoseinfrastruktur von General Motors (GGSE-I) gegeben sein [6]

- Reproduzierbarkeit: Durch die nicht-deterministischen Eigenschaften der CAN-Kommunikation in einem Fahrzeug können bestimmte Fehlersituationen beim Testen nur schwer reproduziert werden.
- Folgefehler: Im Fehlerfall kann das automatisierte Testwerkzeug, im Gegensatz zu einem Testingenieur, nicht zwischen einer ursprünglichen Störung und einer Folgestörung unterscheiden.
- Benutzerinteraktion: Bei applikations-spezifischen Tests kann es erforderlich sein, das Steuergerät in einen Zustand zu versetzen, für den zusätzliche Hardware erforderlich ist. Diese Fälle können mit dem dargestellten Ansatz nicht vollautomatisiert behandelt werden.

## 9 Zusammenfassung

Ohne den Einsatz von Testautomatisierungs-Werkzeugen ist es kaum möglich,

die Diagnosefunktionalität moderner Fahrzeuge im gewünschten Umfang zu validieren. CanoeDiVa ist zur Unterstützung aller etablierten Testverfahren an die GM-Anforderungen angepasst worden und fügt sich nahtlos in die vorhandene Werkzeugkette von General Motors Europe ein. Es wird als automatisiertes Testwerkzeug zur Validierung der Diagnoseservices beim neuen Opel Insignia eingesetzt.

Mit „DiVa“ verkürzt GME nicht nur die Testdauer, sondern erhöht gleichzeitig die Testintensität durch die Möglichkeit häufiger Regressionstests. Darüber hinaus wird der Testumfang durch das Ausführen von zusätzlichen nicht GM-spezifischen Testfällen erweitert. Im direkten Vergleich zur manuellen Validierung bei erfolgreichen Vorgängerprojekten wird die Effizienz sowohl technisch als auch wirtschaftlich signifikant gesteigert. Je nach Entwicklungsphase und Qualität der Implementierung ist eine Effizienzsteigerung um Faktor 4 bis 20 realistisch. Gleichzeitig wird der hohen Erwartung der Kunden hinsichtlich Qualität Rechnung getragen.

## Literaturhinweise

- [1] Thomas, D.; Ayers, K.; Pecht, M.: The “trouble not identified” phenomenon in automotive electronics. In: Microelectronics reliability, Vol. 42, S. 641-651, 2002
- [2] LIN Consortium: LIN Specification Package Revision 2.1, OV. 2006
- [3] Robert Bosch GmbH: CAN-Spezifikation 2.0, 1991
- [4] International Organization for Standardization: Keyword Protocol 2000, ISO 14230, 1999
- [5] Krauss, S.: Testing with CANoe, Application Note AN-IND-1-002. Vector Informatik, 2005
- [6] General Motors. GGSE ECU Diagnostic Infrastructure Requirements, Version 1.07, 2007

Download des Beitrags unter  
[www.ATZonline.de](http://www.ATZonline.de)

**ATZ**  
online

**ATZ**  
elektronik

Read the English e-magazine.  
Order your test issue now:  
[viewgetuebner@abo-service.info](mailto:viewgetuebner@abo-service.info)