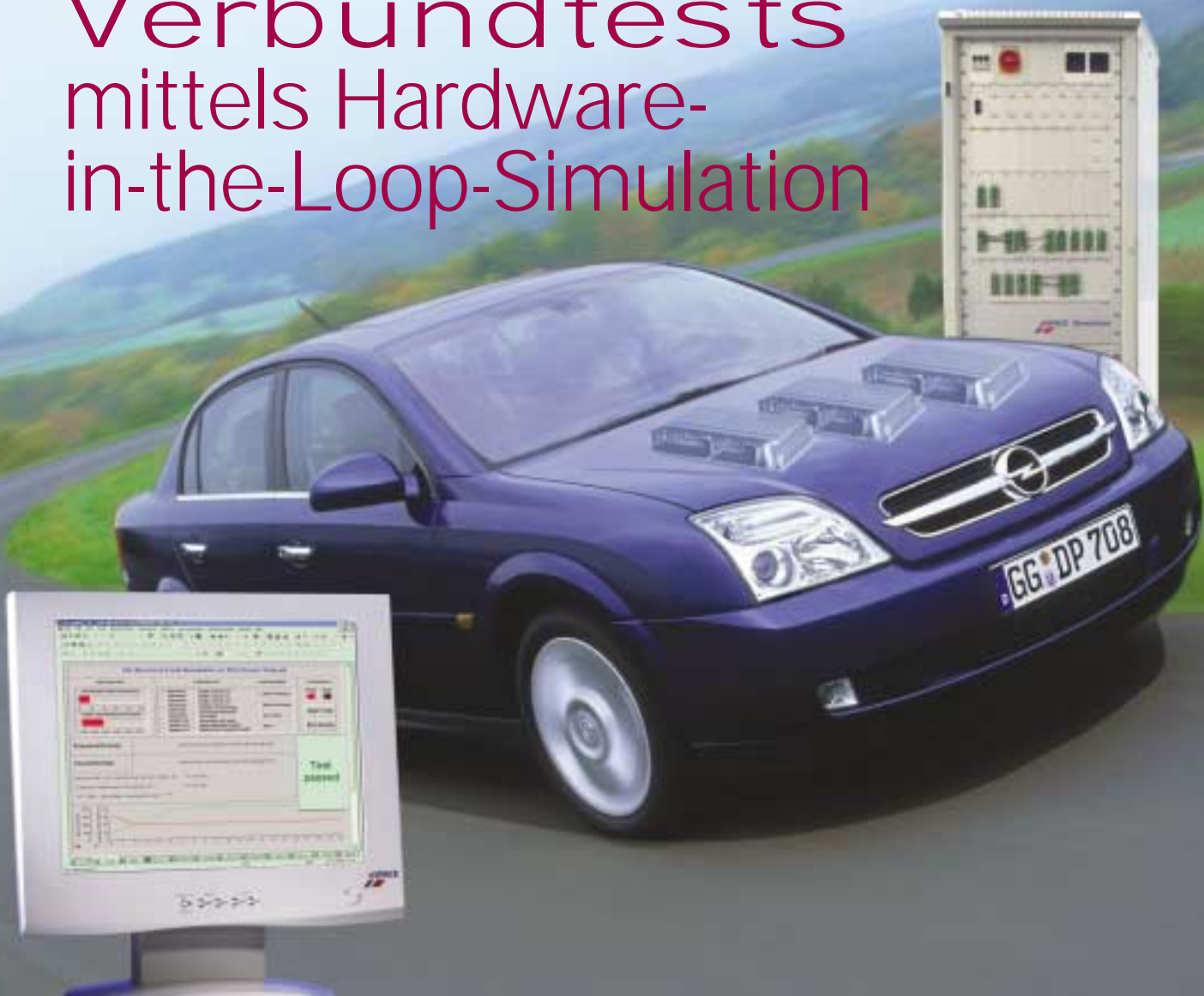


Steuergeräte- Verbundtests mittels Hardware- in-the-Loop-Simulation



Die für Innenraumkomfort und passive Sicherheit zuständige Elektronik des neuen Opel Vectra zeichnet sich durch ein Netzwerk zahlreicher Steuergeräte unterschiedlicher Hersteller aus. Der Test dieses Steuergeräte-Verbunds ist besonders aufwändig. Bisherige Testmethoden stoßen schnell an ihre Grenzen. Durch den Einsatz von Hardware-in-the-Loop-Simulation erreicht Opel eine große Testfallabdeckung und Testtiefe. Der Nutzen des eingesetzten Hardware-in-the-Loop-Simulators wird durch die Automatisierung der Tests deutlich erhöht. Zukünftig sollen automatisierte Tests auch auf frühere Phasen der Steuergeräte-Entwicklung ausgedehnt werden.

1 Steuergeräte-Verbund für Innenraumkomfort und Sicherheitssystem im Opel Vectra

Der aktuelle Opel Vectra wurde von Grund auf neu entwickelt. Neben Design- und Fahrdynamikneuerungen setzt er mit Komfort auf höchstem Niveau und einem der modernsten Sicherheitssysteme in seiner Klasse Maßstäbe: Insgesamt regeln allein 15 über CAN-Bus vernetzte Steuergeräte den Innenraumkomfort und das Sicherheitssystem. Dazu gehören beispielsweise die elektronische Klimaregelung, Kommunikations- und Unterhaltungselektronik, einstellbare Vordersitze, Regensensoren und Einparkhilfen. Im Bereich der passiven Sicherheitsausstattung gibt es Front-, Seiten-, und Vorhang-Airbags im Kopfbereich, das von Opel patentierte Pedal Release System sowie verbesserte aktive Kopfstützen zum Schutz vor Schleudertrauma.

Die Datenbusvernetzung der Steuergeräte im Kraftfahrzeug ermöglicht eine gemeinsame Nutzung der Sensorik, errechneter Informationen und der Aktuatorik für

verschiedene Funktionen, **Bild 1**.

Neben dem Verbund für Innenraumkomfort und Sicherheitssystem (Low-Speed CAN) befinden sich auch noch ein High-Speed-CAN-Verbund (HSCAN) für den Antriebsstrang und ein Mid-Speed-CAN-Verbund (MSCAN) für die Steuerung der Unterhaltungselektronik im Opel Vectra, **Bild 2**. Spezielle Steuergeräte übernehmen Schnittstellenfunktionen zwischen den CAN-Verbunden.

Bedingt durch die Anzahl der beteiligten Steuergeräte und den Kommunikationsaufwand stellt die Überprüfung des Zusammenspiels aller Komponenten und ihrer Funktionen im Verbund eine große Herausforderung dar. Da die Komponenten von unterschiedlichen Zulieferern bereitgestellt werden, kann dieser Test letztendlich erst beim Automobilhersteller erfolgen.

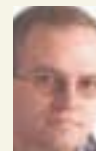
2 Entwicklung und Test der Steuergeräte

Die Spezifikation der Steuergeräte-Architektur und des erforderlichen Kommunika-

Die Autoren



Dipl.-Ing. Susanne Köhl zeichnet als Produktmanagerin der dSPACE GmbH für den Produktbereich Hardware-in-the-Loop-Simulatoren verantwortlich.



Dr.-Ing. Daniel Lemp ist stellvertretender Leiter Elektrik-/Elektronik-Integration Astra bei der Adam Opel AG.



Dipl.-Ing. Markus Plöger, dSPACE GmbH, ist Gruppenleiter im Bereich Applications/Engineering mit dem Aufgabenschwerpunkt Hardware-in-the-Loop-Simulation und Testautomatisierung.

1 Steuergeräte-Verbund für Innenraumkomfort und Sicherheitssystem im Opel Vectra

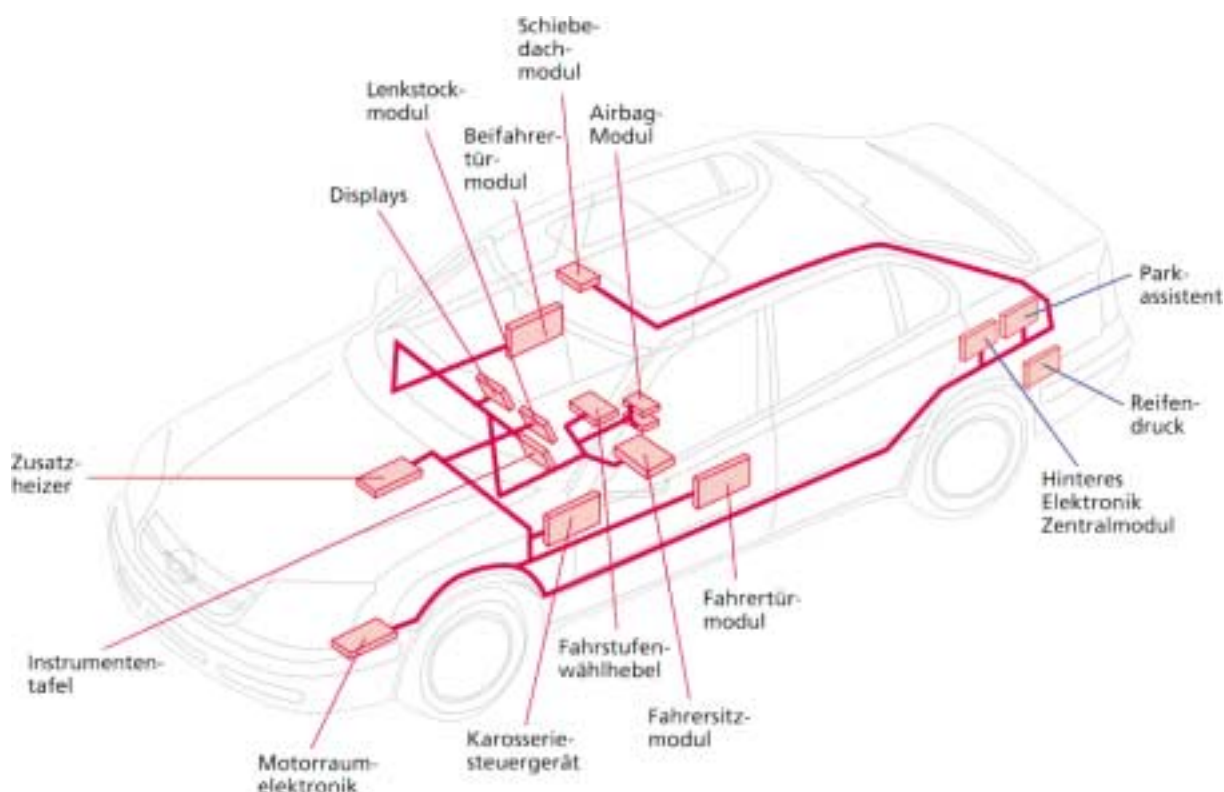


Bild 1: Steuergeräte im Low-Speed-CAN-Netzwerk des neuen Vectra
Figure 1: ECUs in the low-speed CAN network of the new Vectra

1 Steuergeräte-Verbund für Innenraumkomfort und Sicherheitssystem im Opel Vectra

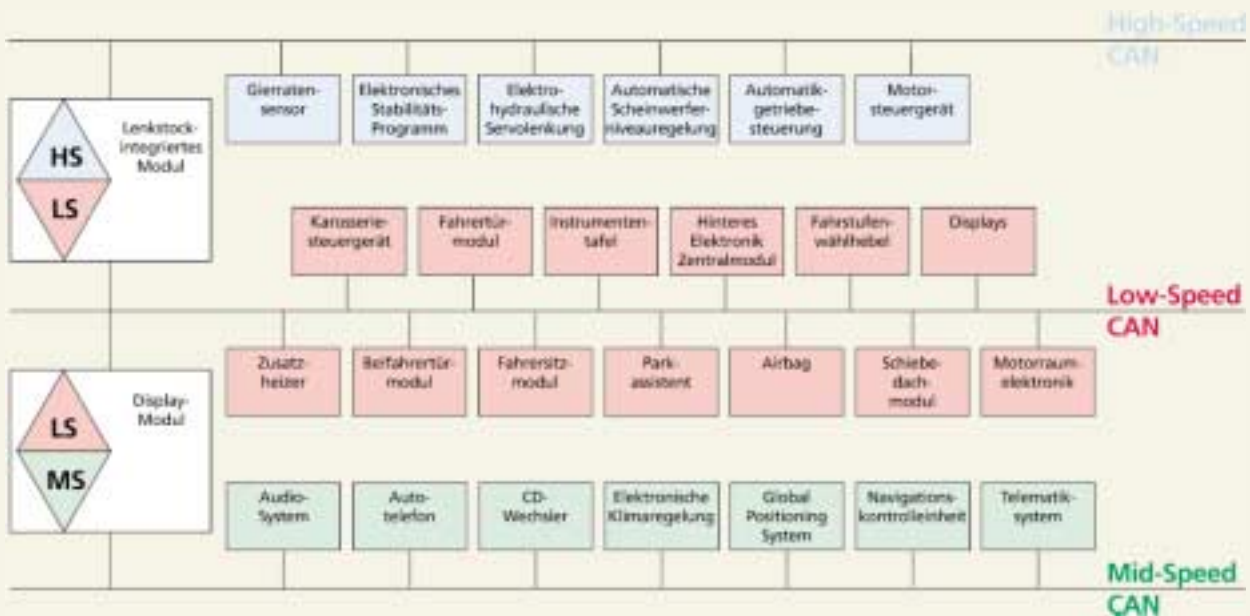


Bild 2: Gesamt-Netztopologie im CAN-Bus-Netzwerk des Opel Vectra
Figure 2: Topology of the CAN bus network in the Opel Vectra

tionsnetzwerks erfolgt bei Opel. Steuergeräte-Hardware und -Software werden bei verschiedenen Zulieferern im Auftrag von Opel entwickelt. Dazu wird die mit Hilfe von Tools (zum Beispiel Statemate) spezifizierte Funktionalität durch die Zulieferer implementiert. Allein im Low-Speed-CAN-Netzwerk des Vectra C sind an Hardware, Software und Kabelsatz insgesamt 16 Tier-One-Supplier beteiligt.

Für Komponententests stellt Opel seinen Zulieferern die erforderlichen Daten für eine Restbus-Simulation zur Verfügung. Jeder Lieferant hat die Verantwortung für das Erfüllen der Spezifikation und liefert Opel die Ergebnisse der Funktionalitätstests.

Nach Freigabe müssen die Steuergeräte-Prototypen auf Systemebene beim Fahrzeughersteller geprüft werden. Zu diesem Zweck hat Opel ein System gesucht, mit dem die Steuergeräte einzeln, im Verbund, sowie ihre Schnittstellen zum Fahrer und zur Antriebsstrang- und Chassis-Elektronik getestet werden können.

2.1 Fahrzeugtests mit Prototypen-Fahrzeugen und Testaufbau „Bench Boat“

Wie alle Hersteller unterzieht auch Opel seine Fahrzeuge extensiven Fahrversu-

chen (Sommer-/Wintererprobung). Außerdem werden in eine dreidimensionale Werkbank – dem sogenannten „Bench Boat“ – für frühe Tests der elektrischen Komponenten im Netzwerk alle Instrumente, Anzeigen und Lampen bis hin zu Scheibenwischern integriert, **Bild 3**. Eine Fahrerkabine erlaubt eine manuelle Bedienung. Notwendige Signale von Fahrzeugkomponenten, die in diesem Aufbau fehlen, werden elektrisch simuliert oder später durch ein reales Prototypen-Fahrzeug über einen Prüfstand eingespeist [3].

Die Nachteile sind bekannt. Fahrversuche bedeuten hohen Zeitaufwand, hohe Kosten, keine 100%ige Reproduzierbarkeit und schlechte Abdeckung von Grenzsituationen aufgrund des Gefahrenpotenzials für Mensch und Fahrzeug. Am „Bench Boat“ sind durch die ausschließlich manuellen Tests weder ausreichende Reproduzierbarkeit noch automatische Dokumentation der Testergebnisse oder vollständige Testabdeckung möglich.

Ein Ausweiten der Testtiefe und -durchgängigkeit im Labor wird angestrebt. Deshalb hat Opel für den Test des Steuergeräte-Verbunds der Komfort- und Sicherheitskomponenten das Hardware-in-the-Loop-Simulationsverfahren ergänzend eingeführt.

3 Hardware-in-the-Loop-Simulation bei Opel

3.1 Entscheidung für Hardware-in-the-Loop-Simulation

Dem „Stichprobencharakter“ manueller Tests (wegen der Vielzahl der möglichen Systemzustände) können automatisierte Tests eine viel höhere Testfallabdeckung und eine vollständige Reproduzierbarkeit entgegensetzen. Die Hardware-in-the-Loop (HIL) Simulation bietet genau dieses: automatisiertes Testen von Steuergeräte-Hardware und -Software im Zusammenspiel mit anderen Komponenten in ausreichend genau simulierter Umgebung. Die dazu notwendigen Voraussetzungen [1] sind:

- Erfassung aller relevanten Signal-/Treiberausgänge der Steuergeräte
- Ansteuerung aller Steuergeräte-Eingänge und Sensorsimulation
- (inklusive gezielter Manipulation) aller CAN-Signale
- Reproduzierbare funktionale Tests mit verschiedenen Steuergeräte-Varianten.

Für den Verbundtest der Innenraum-Steuergeräte des Opel Vectra wurde deshalb noch im September 2001 ein dSPACE Simulator eingesetzt. Trotz des nur kurzen Zeitraums konnte die Testabdeckung bis

2.1 Fahrzeugtests mit Prototypen-Fahrzeugen und Testaufbau „Bench Boat“



Bild 3: Opel Eigenentwicklung „Bench Boat“
Figure 3: The Bench Boat developed at Opel

3.2 Aufbau des Hardware-in-the-Loop-Simulators



Bild 4: dSPACE Simulator nach Umrüstung von Epsilon- auf Delta-Plattform durch Opel
Figure 4: dSPACE Simulator after conversion from the Epsilon to the Delta platform by Opel

zum Produktionsstart im Januar 2002 deutlich gesteigert werden.

3.2 Aufbau des Hardware-in-the-Loop-Simulators

Nach Evaluierung der HIL-Simulatoren am Markt hat sich Opel für dSPACE Simulator entschieden [2]. Entscheidungsgrundlagen waren neben der offenen und klaren Hardware-Architektur die guten Erfahrungen, die Opel bereits in anderen Gruppen mit der gesamten dSPACE-Werkzeugkette für die Steuergeräte-Entwicklung gemacht hat, insbesondere bei der Entwicklung der Brennstoffzellen-Technologie im Global Alternative Propulsion Center (GAPC) in Deutschland und in den USA [5] sowie mit den verschiedensten Rapid-Prototyping-

Anwendungen in der Vorausentwicklung Elektrik/Elektronik. Inzwischen ist HIL-Simulation mit dSPACE auch in der Rüsselsheimer Diagnose-Testabteilung des GM-Fiat-Powertrain Joint-Ventures für den Test mehrerer Motorsteuergeräte etabliert.

Für die Wahl des nachfolgend beschriebenen Aufbaukonzepts des Simulators, **Bild 4**, war ausschlaggebend [6]:

- Die hohe Wiederverwendbarkeit und Modifizierbarkeit von dSPACE Simulator mit Blick auf spätere Umbaumaßnahmen für neue Projekte
- Die Vielzahl der benötigten (insbesondere digitalen) Ein- und Ausgangssignale
- Die Notwendigkeit, eine große Anzahl von Steuergeräten und Echtlasten anzuschließen.

3.2.1 Simulator-Hardware

Der Hardware-Aufbau besteht aus folgenden Komponenten:

- Echtzeit-Prozessor für die Berechnung von I/O und Modellen
- 104 digitale Ein- und 192 digitale Ausgänge
- 8 PWM Kanäle
- 32 analoge Ein- und 16 analoge Ausgänge
- 4 Widerstandssimulationskanäle
- 4 CAN-Schnittstellen für etwa 1200 Signale in 200 Botschaften
- Signalkonditionierung (Off-the-Shelf) für Pegelanpassungen, Schutzbeschaltung und Kompensation von Potenzialversatz an Steuergeräte-Eingängen
- Lastsimulation oder Echtlasten
- Elektrische Fehlersimulation auf Steuergeräte-Ausgängen
- Spannungsversorgung der Steuergeräte
- Separates Komponenten-Rack mit Steuergeräten und Echtlasten (Beistellung durch Opel).

3.2.2 Simulator-Software und Modelle

Das Echtzeitmodell inklusive der Anbindung der I/O wird in MATLAB/Simulink realisiert. Die anschließende C-Code-Generierung erfolgt automatisch mit Hilfe des Real-Time Workshop (RTW) und des Real-Time Interface (RTI).

Im Bereich Innenraumkomfort genügen im Gegensatz zu Anwendungen aus dem Antriebsstrang oder der Fahrdynamik häufig sehr einfache Streckenmodelle (kleine kinematische Funktionsmodelle oder reine Logikmodelle). Beispielsweise erwartet das Steuergerät für die Ansteuerung der Scheibenwischer, dass der laufende Wischer in Abhängigkeit von der Wischergeschwindigkeit regelmäßig die Parkposition durchfährt. Die Rückmeldung geschieht über das Signal „Wiper-Park-Position“, das zyklisch aktiviert werden muss,

Bild 5.

Die manuelle Bedienung des Simulators erfolgt über ein ControlDesk-Experiment mit konfigurierten Layouts. Automatische Testabläufe werden über die in ControlDesk integrierte Testautomatisierung implementiert. Dabei kommen bei Opel sowohl Excel-basierte Lösungen [7] als auch einfachere mittels Makrorecorder erstellte Tests zum Einsatz.

3.2.3 Besonderheiten

3.2.3.1 Test des Steuergeräte-Verhaltens bei Fehlern in der CAN-Kommunikation

Im Verbundtest kommt dem Test der CAN-Kommunikation eine besondere Bedeutung zu:

■ Wie verhält sich das Steuergerät oder die verteilte Funktion, wenn eine erwartete CAN-Botschaft ausbleibt oder unplausible Signale enthält?

Resultierende Anforderungen:

■ Einzelne oder mehrere CAN-Botschaften eines beliebigen Steuergeräts müssen gezielt unterdrückbar und/oder gezielt manipulierbar sein.

Zur Realisierung sind im Simulator für den LSCAN-Bus zwei CAN-Controller vorhanden, mit denen jedes Steuergerät separat wahlweise verbunden werden kann. Eine Software dient als Fehler-Gateway zwischen den beiden Controllern. Alle auf einem Controller empfangenen Botschaften werden sofort an den zweiten Controller gesendet, damit jedes Steuergerät die CAN-Botschaften aller anderen Steuergeräte empfängt. Manipulationsblöcke (RTICAN) erlauben die Erzeugung von Fehlerfällen bis auf Botschafts- oder Einzelsignalebenen herunter. Die resultierenden zeitlichen Verzögerungen wirken sich nicht auf die Funktionalität der Steuergeräte aus, **Bild 6**.

3.2.3.2 Test der Ruhestromaufnahme der Steuergeräte

Bei der Vielzahl der eingebauten Steuergeräte im Fahrzeug ist eine Minimierung des Stromverbrauchs erforderlich, insbesondere wenn die Steuergeräte nicht aktiv sind. Die dSPACE Powerswitch-Module ermöglichen den Test des Netzwerk-Managements (z. B. Ruhemodus und Aufwachfunktionalität). Dabei wird der Stromverbrauch mittels Messbereichsumschaltung sowohl im Betriebszustand (mehrere Ampere) als auch im Ruhezustand (<1mA) mit hoher Genauigkeit gemessen.

Mit Hilfe von zwei Netzteilen für die Spannungsversorgung der Steuergeräte lassen sich Einflüsse unterschiedlich starker Spannungsabfälle auf den Versorgungsleitungen untersuchen.

3.2.4 Umrüsten des Simulators auf Delta-Plattform

Opel hat inzwischen in Eigenregie den dSPACE Simulator von der Epsilon-Plattform (Vectra) auf die Delta-Plattform (Astra) umgerüstet. Wesentlicher Unterschied in den Funktionalitäten der beiden Plattformen ist eine optimierte Aufteilung der Komfortfunktionen auf die verschiedenen Karosserie-Steuergeräte.

4 Nutzung des Hardware-in-the-Loop-Simulators bei Opel

4.1 Testerstellung

Die von den Steuergeräte-Abteilungen spezifizierten Tests erfolgen in der Regel

3.2.2 Simulator-Software und Modelle

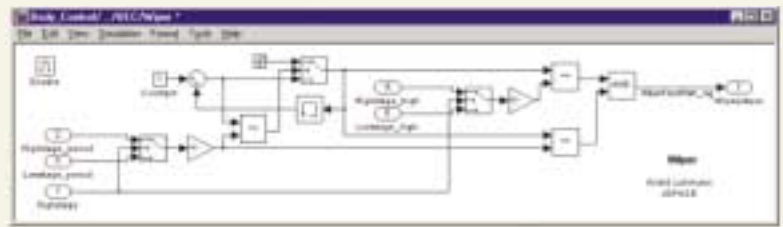


Bild 5: Logikmodell für die Scheibenwischer-Park-Position
Figure 5: Logic model for the windshield wiper park position

3.2.3.1 Test des Steuergeräte-Verhaltens bei Fehlern in der CAN-Kommunikation

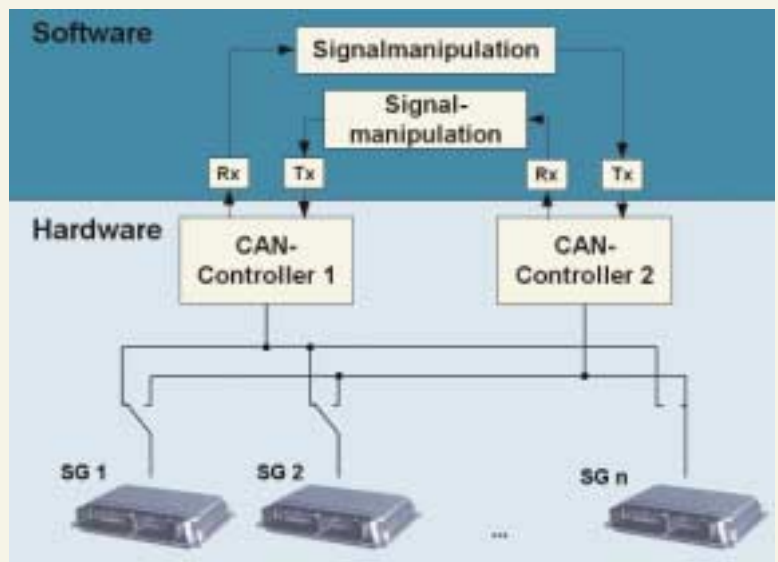


Bild 6: CAN-Konzept mit Fehler-Gateway
Figure 6: CAN concept with error gateway

zunächst am Verbundsystem als Blackbox-test (Know-how über Software-Strukturen wird nicht berücksichtigt). Für eine breite Testfallabdeckung werden viele typische Bedienabfolgen unter verschiedenen Randbedingungen getestet. Tritt ein Fehler auf, werden zur Eingrenzung weitere Tests spezifiziert, gegebenenfalls auch als Funktionstests einzelner Komponenten. Ergebnisse der Tests sicherheitskritischer Systeme (zum Beispiel Airbag) werden automatisch dokumentiert.

4.2 Testbeispiel: Fahrzeugentriegelung per Funkfernbedienung

Das Lenkstockmodul muss das Funksignal empfangen, auswerten und die an der Entriegelung beteiligten beiden Steuer-

geräte über den CAN-Bus aufwecken und entsprechend ansteuern.

Insbesondere bei schneller Abfolge von Verriegeln/Entriegeln wurde der eigentliche Entriegelungsbefehl trotz korrekten Weckens von den ausführenden Steuergeräten aufgrund eines Software-Fehlers ignoriert. Dieser Implementierungsfehler wurde am HIL-Simulator gefunden und konnte dadurch rechtzeitig behoben werden, **Bild 7**.

4.3 Betrachtung des Nutzens

Wichtigster Vorteil der HIL-Simulation gegenüber dem „Bench Boat“ und dem realen Fahrzeugtest ist für Opel die sehr viel höhere Testfallabdeckung durch Automatisierung und die höhere Reproduzierbarkeit von Tests. Schon kurz nach der Einführung

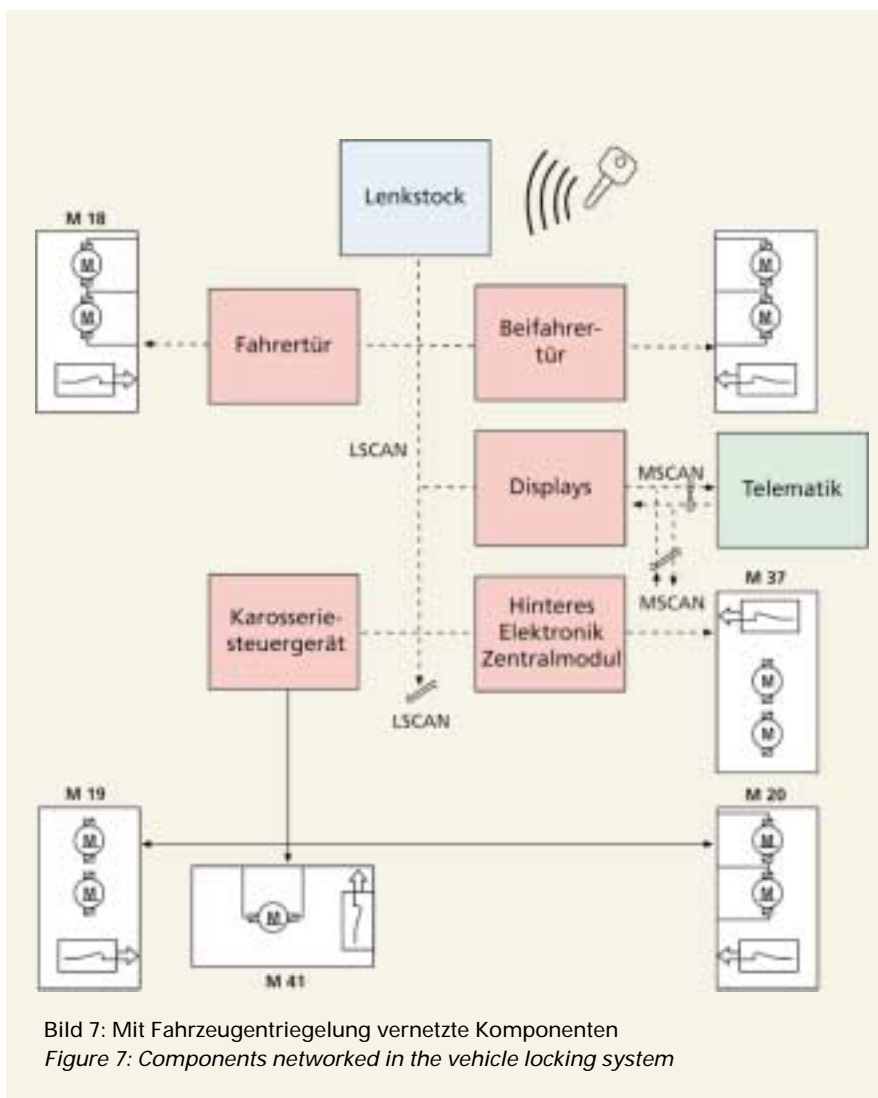


Bild 7: Mit Fahrzeugentriegelung vernetzte Komponenten
Figure 7: Components networked in the vehicle locking system

des HIL-Simulators bei Opel stellt sich der schnell erzielte Nutzen durch die einfache Eingabemöglichkeit der Tests als sehr positiv heraus.

Innerhalb kurzer Zeit konnte Opel eine Auslastung des Simulators von mehr als 70 % für automatisierte Tests während der Bürozeit erzielen. Zirka 20 % der Zeit wird der Simulator für Konfiguration und Einrichtung neuer Testabläufe genutzt. Rund 10 % der Zeit erfolgt eine Analyse detektierter Fehler im manuellen Betrieb des Prüfstands. Gelegentlich werden auch Über-Nacht-Tests gefahren.

Ein typischer Testdurchlauf enthält 10 bis 15 Bedienereingaben, die automatisch in Reihenfolge und zeitlichem Ablauf variiert werden. Je nach Komplexität bilden bis zu mehrere hundert solcher Testdurchläufe einen Teilttest zu Themen wie „Fahrzeug-Zugang“, „Beleuchtung“ oder „Wischer-Logik“.

Die am Simulator gefundenen Fehler

waren bisher überwiegend Implementierungsfehler. Oft erhält man vom Fahrzeug oder vom „Bench Boat“ her Hinweise auf mögliche Fehler, die erst am HIL-Simulator reproduziert und analysiert werden können. Erfahrungsgemäß werden jedoch mit Hilfe des HIL-Simulators Fehler entdeckt, die durch den Stichprobencharakter manueller Tests nicht aufgetreten wären.

So wäre mit manuellen Tests der oben genannte Fehler bei der Fahrzeugentriegelung sehr wahrscheinlich nicht entdeckt worden. Im Versuchsfahrbetrieb tritt die relativ schnelle Abfolge von Verriegeln/Entriegeln nur selten auf, mitunter würde das fehlerhafte Verhalten als Überschreiten der Funkreichweite gedeutet werden. Wenn hundertaufende von Kunden aber das Fahrzeug nutzen, gibt es schnell eine Vielzahl dieser Fälle. Dieser Fehler hätte durchaus Potenzial zu massiven Kundenbeanstandungen gehabt.

Obwohl der HIL-Simulator ursprünglich

zum reinen Test des Steuergeräte-Verbands geplant war, hat sich immer stärker der Nutzen auch für die Überprüfung der Funktionalität von Steuergeräte-Gruppen und Teilsystemen heraus kristallisiert. Opel strebt deshalb eine Aufteilung der Gesamtfunktionalität der HIL-Simulatoren auf mehrere kleine jederzeit koppelbare Simulatoren an. Zum Beispiel ist für den Test der Eigendiagnose des Airbag-Systems keine Verknüpfung zu allen übrigen Steuergeräten erforderlich, jedoch ist aufgrund der sicherheitskritischen Relevanz ein durchgängiges automatisiertes und dokumentiertes Testen von Bedeutung.

Wichtig ist für Opel die Möglichkeit, die Testplattformen schnell und ohne externe Hilfe umzurüsten. Für die Zukunft geht man davon aus, dass ein HIL-Simulator für eine Fahrzeugplattform etwa zwei bis drei Jahre für den Funktionstest der Komponenten im Verbundsystem zur Verfügung stehen muss. In diesem Zeitraum sind kleinere Umbaumaßnahmen denkbar.

4.4 Testen im gesamten Entwicklungszyklus

Nach den positiven Erfahrungen mit HIL-Tests möchte Opel wie viele andere Anwender dort nicht stehen bleiben. Automatisierte Tests sollen auch in anderen, früheren Entwicklungsphasen durchgeführt werden. Hieraus entstehen höhere Anforderungen an Testentwicklung und -verwaltung, **Bild 8**.

In früheren Entwicklungsphasen kann bereits eine Vielzahl von Tests ausgeführt werden, sobald eine Steuergeräte-Funktion als Simulationsmodell vorhanden ist (zum Beispiel in Simulink/Stateflow). Das Funktionsmodell (die „Unit-under-Test“ UUT) und ein Streckenmodell als virtuelle Umgebung bilden einen geschlossenen Regelkreis, weswegen dieser Schritt auch Model-in-the-Loop (MIL) genannt wird. Im Gegensatz zu MIL wird in einem Software-in-the-Loop- (SIL-)System die UUT bereits in Form des Produktionscodes simuliert, der später im Steuergerät integriert wird. Dabei lässt sich das Verhalten des Steuergeräte-Codes mit dem des Funktionsmodells vergleichen.

Den letzten Schritt bildet die Hardware-in-the-Loop-Simulation. Für einen effektiven Entwicklungsprozess ist die Wiederverwendung von Funktionstests aus früheren Phasen wichtig. Hinzu kommen bei der HIL-Simulation weitere Tests, wie zum Beispiel Diagnosetests oder Überprüfung der Kommunikation in vernetzten Systemen.

Testen in frühen Phasen, Wiederverwendbarkeit von Tests sowie Testerstellung und -verwaltung werden durch das

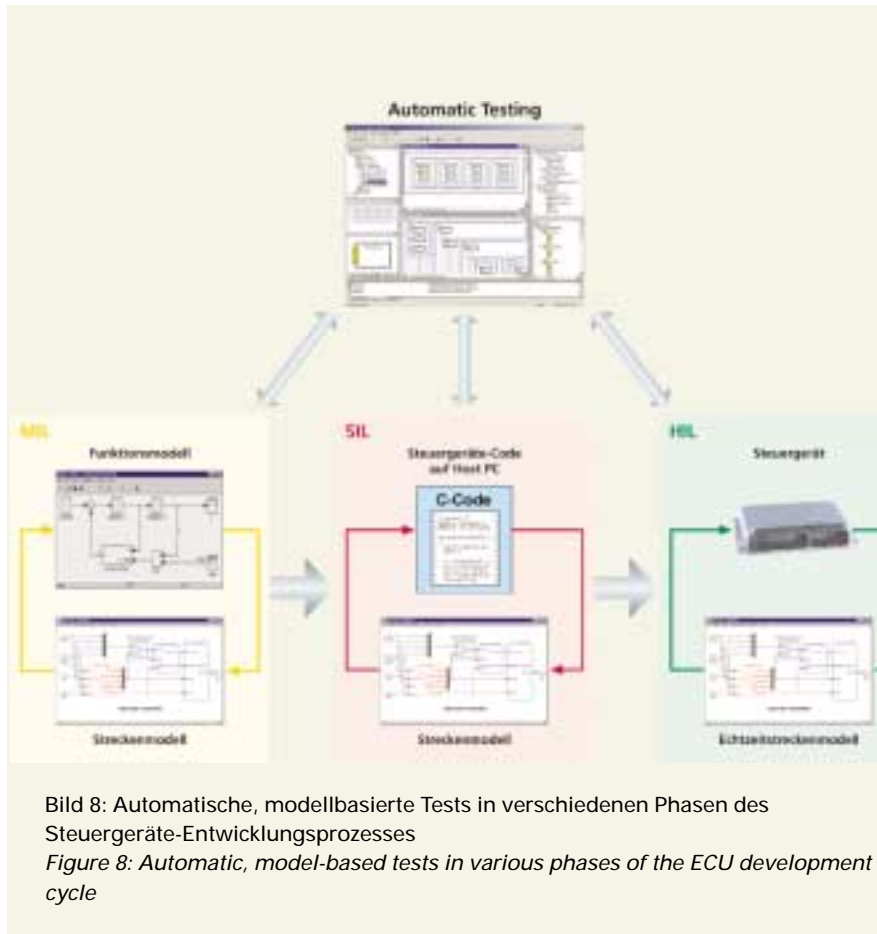


Bild 8: Automatische, modellbasierte Tests in verschiedenen Phasen des Steuergeräte-Entwicklungsprozesses

Figure 8: Automatic, model-based tests in various phases of the ECU development cycle

neue integrierte Werkzeug – dSPACE AutomationDesk – unterstützt, das seit Mitte 2003 produktiv in Projekten in der Automobilindustrie eingesetzt wird [4]. Es erlaubt eine schnelle und effiziente Testerstellung, stellt Basis-Testfunktionalitäten in einer Bibliothek zur Verfügung und bietet eine Projektmanager-Komponente für das Speichern und Verwalten großer Mengen von Tests, Testdaten und Testergebnissen.

5 Ausblick

Der Nutzen der HIL-Simulation für den Test des Steuergeräte-Verbunds im neuen Opel Vectra zeichnete sich bereits sehr früh ab, ebenso die Tatsache, dass dieser Nutzen den Zusatzaufwand für Aufbau und Pflege sowie Testerstellung deutlich übersteigt. Neben der Erweiterung von automatisierten HIL-Tests wird bei Opel die Definition von Tests für frühe Steuergeräte-Entwicklungsstadien (Software-Spezifikation, Soft-

ware-Implementierung) als eine wesentliche Aufgabe der nahen Zukunft betrachtet. Diese Tests können dann in allen weiteren Entwicklungsphasen eingesetzt werden und reifen.

Des Weiteren beabsichtigt Opel, die Variantenvielfalt zu erhöhen. Der Umbau des HIL-Simulators von der Epsilon- auf die Delta-Plattform ist nur ein erster Schritt in diese Richtung. Kurzfristig soll eine erweiterte Simulation der Bordnetzeinflüsse (Masseversatz, Spannungseinbrüche, Übergangswiderstände) sowie eine Anbindung des dSPACE-Systems als „Fahrer“ an andere Prüfstände hinzukommen.

Literaturhinweise

- [1] Lemp, D.: Automatisierter HIL-Test der Karosserie-Elektronik dSPACE Anwenderkonferenz, Stuttgart, 2002
- [2] D. Lemp, D.: Opel Vectra Heading for its World Premiere, dSPACE NEWS, 1/2002
- [3] http://vectra.opel.com/brand_sites/vectra/launch/uk/en/downloads/pdfs/Spotlight_benchboat.pdf
- [4] Lamberg, K., Richert, J., Rasche, R.: A New Environment for Integrated Development and Management of ECU Tests. SAE 2003, Detroit, USA
- [5] Sinsel, S. Control Development for Fuel Cell Vehicles. dSPACE NEWS, 2/2000
- [6] Schütte, H., Plöger, M., Diekstall, K., Wälfertmann, P., Michalski, T.: Testsysteme im Steuergeräte-Entwicklungsprozess. Automotive Electronics 2001
- [7] Zehentbauer, J., Plöger, M., Louis, U.: Automatische Steuergerätestests auf Basis von Hardware-in-the-Loop Simulation. VDI-Berichte 1646
- [8] Köhl, S., Plöger, M., Otterbach, R., Lemp, D.: Steuergeräteverbundtest mittels Hardware-in-the-Loop Simulation. VDI-Berichte 1755

For an English version of this article, see **ATZ worldwide**
For information on subscriptions, just call us or send an email or fax.

ATZ Vieweg Verlag Postfach 1546 D-65173 Wiesbaden
Hotline 06 11/78 78-151 Fax 06 11/78 78-423
email: vieweg.service@bertelsmann.de