

DRIVING EMBEDDED EXCELLENCE

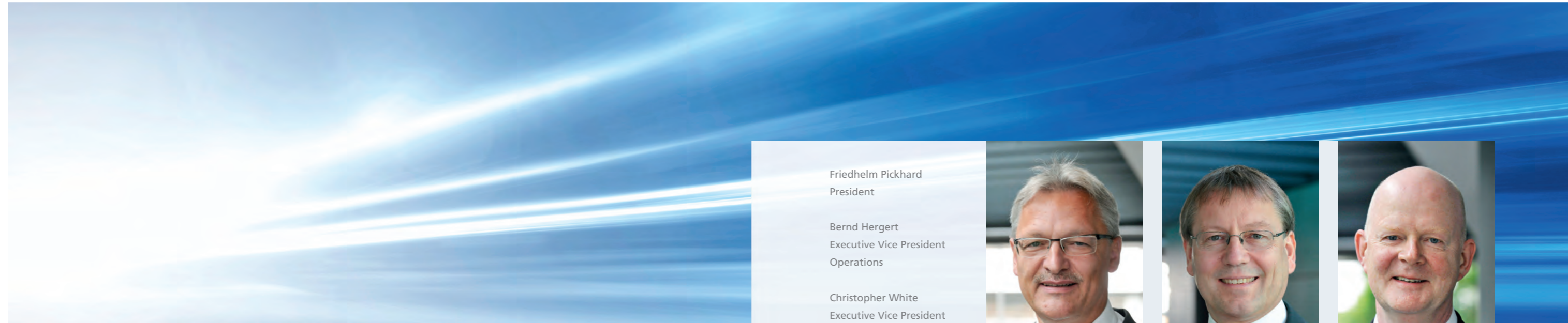
ETAS

RealTimes

2015/2016

www.etas.com

Alles Messen – auch bei hohen Datenraten | Seite 6
Rundum sicher im gesamten Lebenszyklus | Seite 18
Erfolgreich im Off-Highway-Markt | Seite 30



Liebe Leserinnen, liebe Leser,

wir freuen uns, Ihnen mit dieser RealTimes-Ausgabe wieder zahlreiche interessante Beiträge aus der Welt der Embedded Systeme vorstellen zu dürfen. Neben innovativen Lösungen, mit denen wir zur Steigerung der Effizienz Ihrer Entwicklungsprozesse beitragen, erwarten Sie spannende Kundenprojekte sowie abwechslungsreiche Berichte über den Einsatz unserer Lösungen in ganz unterschiedlichen Marktsegmenten.

Ein Beispiel für den erforderlichen Einsatz neuer Werkzeuge und Methoden ist die Validierung und Applikation fortschrittlicher, leistungsfähiger, vernetzter Systeme für neue Fahrzeuggenerationen. Isolierte Versuchsreihen am Prüfstand und im Fahrzeug reichen nicht mehr aus, um das Verhalten der komplexen Systeme in allen Betriebszuständen zu optimieren und abzusichern. Zudem sind sie als alleiniges Mittel der Validierung und Applikation zu aufwändig und zu kostspielig. Um diese sinnvoll zu ergänzen und ihre Möglichkeiten ganz auszuschöpfen, liefert ETAS eine Reihe von innovativen Werkzeuglösungen, die wir Ihnen gerne in dieser Ausgabe vorstellen möchten:

ETAS ASCMO ermöglicht, das Verhalten komplexer Systeme auf Basis von Messdaten mit hoher Güte zu modellieren und zu optimieren. Damit lassen sich zum Beispiel der Verbrauch und die Schadstoffemissionen komplexer Verbrennungsmotoren in Abhängigkeit von Drehzahl, Last sowie sämtlicher motorischer Stellgrößen präzise vorhersagen und optimieren.

Mit ETAS INCA-FLOW können Applikationsingenieure selbständig komplexe Prozesse der Applikation in Form von Flussdiagrammen grafisch modellieren. Zusätzlich dazu lassen sich Abläufe, die sich wiederholen, einfach automatisieren. So können andere Benutzer in einfacher Art und Weise durch die komplexen Schritte spezifischer Applikationen geführt werden.

ETAS EHANDBOOK stellt ein effizientes Werkzeug für die Dokumentation komplexer Systeme dar, mit dem Applikationsingenieure sowohl die Funktionsweise von Steuergerätfunktionen als auch die Signalflüsse durch mehrere Funktionen sehr schnell während ihrer Arbeit im Fahrzeug überblicken können. Mit einem Klick gelangt man zu den relevanten Inhalten und durch die grafische Aufbereitung sind Zusammenhänge deutlich einfacher zu verstehen. Typische Steuergeräte-Dokumentationen, die zwischen 10.000 und 20.000 Seiten im PDF-Format umfassen, gehören endlich der Vergangenheit an. Mit der ES800-Lösung und der FETK-Steuergeräteschnittstelle können Messdaten aus Steuergeräten und der Systemumgebung synchron mit hohen Raten aufgezeichnet werden – und das bei

Friedhelm Pickhard
President

Bernd Hergert
Executive Vice President
Operations

Christopher White
Executive Vice President
Sales

(von links)



minimaler Belastung der Steuergeräteressourcen. Mit dieser Lösung verfolgen wir das Ziel, während eines ganzen Versuchstags alle Messungen im Fahrzeug ohne Unterbrechung aufzeichnen zu können.

In Verbindung mit Big-Data-Methoden zur Verarbeitung von großen Messdatenmengen zielt der Einsatz der neuen ETAS-Messtechnik auf eine Verbesserung der Qualität und Steigerung der Effizienz bei der Validierung von Fahrzeugen, Systemen und Steuergeräten. Ingenieure aus der Entwicklung, dem Versuch, der Applikation und der Qualitätssicherung können die vorhandenen Messdaten effektiv für ihre Zwecke nutzen. Bestehende Daten können für Nachfolgeprojekte übernommen werden, was zu einer deutlichen Verkürzung der Erprobungsphase führt und die Anzahl von Versuchsträgern signifikant verringert. Teilen Sie unsere Begeisterung für innovative, effiziente Methoden und Lösungen und lernen Sie unsere neuen Werkzeuge ab Seite 6 kennen.

Hochgradig vernetzte, elektronisch gesteuerte Systeme bieten allerdings auch eine große Angriffsfläche für potentielle Manipulationen und fordern eine neue Risikobetrachtung. Die wachsende Konnektivität erhöht die Wahrscheinlichkeit von Stör- bzw. Ausfällen. Um dies zu minimieren, ist das Zusammenspiel der Disziplinen Safety und Security über den gesamten Produktlebenszyklus, speziell auch schon im Entwurf und in der Entwicklung, gefragt. Lesen Sie mehr dazu in unserem Schwerpunkt zum Thema Safety und Security ab Seite 18 und erfahren Sie, wie ETAS im Zukunftsmarkt der Konnektivität mit modularen Lösungen Sicherheit bietet.

Eng verbunden mit der Automobilindustrie ist das Marktsegment Off-Highway. Vor allem im Bereich Antriebsstrang verfügen wir über jahrelange umfangreiche Erfahrung mit Embedded Systemen. Kundenprojekte ab Seite 32 zeigen, wie wir unser fundiertes Fachwissen auch auf den Off-Highway-Markt übertragen.

Liebe Leserinnen und Leser, wir möchten Ihnen mit der aktuellen Ausgabe der RealTimes neue Impulse geben und wünschen Ihnen eine spannende Lektüre.

Friedhelm Pickhard

Bernd Hergert

Christopher White

02 Editorial

06 Neue Werkzeuge für die Fahrzeugelektronik

Hohe Datenübertragungsrate erlaubt universellen Einsatz

09 Effiziente Applikation

ETAS INCA-FLOW unterstützt bei der Standardisierung von Applikationsaufgaben

12 Steuergerätesoftware besser verstehen

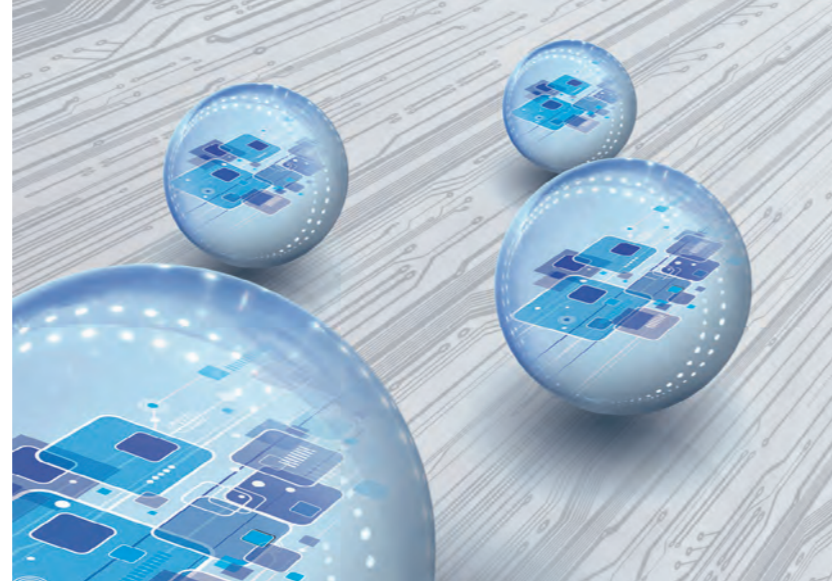
Neue interaktive Dokumentation hilft, sich schnell in der Steuergerätesoftware zurechtzufinden

14 Modellbasierte Entwicklungsmethoden

Schlüssel für die Applikation moderner Verbrennungsmotoren

18 Safety und Security – ein holistischer Ansatz

Vernetzte Fahrzeuge setzen eine neue Risikowahrnehmung voraus



- 22 **Rundum sicher**
Konsequenter Entwicklungsprozess für funktional sichere Steuergeräte
- 25 **Wird das Auto zum rollenden PC?**
Sicherheit für vernetzte und automatisierte Fahrzeuge
- 26 **Schutz vor unbefugtem Zugriff**
Intelligentes Miteinander von Soft- und Hardware schirmt Steuergeräte ab
- 29 **Viel Spaß beim Hacken!**
Erster ETAS-Hackathon fand in der Unternehmenszentrale statt

- 30 **AUTOSAR verlässt die Straße**
Automotive-Standard hält Einzug bei Landwirtschafts- und Baumaschinen

- 32 **LABCAR in der Spur**
Hardware-in-the-Loop-System von ETAS validiert Subsystem von Zügen

- 35 **ABS auf der Schiene**
Knorr-Bremse setzt auf ETAS ASCET



- 38 **Neue Produkte kompakt**
- 40 **Fortschrittliche Algorithmen**
Flexible und mobile Prototyping-Lösung von ETAS
- 43 **Kompakt, skalierbar, offen**
ETAS bringt professionelles Echtzeit-Testen auf Ihren Schreibtisch
- 44 **Präzision-in-the-Loop**
Neue Entwicklungswerkzeuge sorgen für saubere Motoren
- 48 **ETAS-Impressionen in 2015**
- 50 **Exklusive Lösungen für Hochschulen**
Spezielle Hochschulpakete machen Studenten frühzeitig mit ETAS-Tools vertraut
- 52 **Frühzeitige Software-Validierung am PC**
Validierung von Steuergerätesoftware im virtuellen Fahrversuch mit Hilfe von AUTOSAR und FMI
- 55 **Standorte und Impressum**

Neue Werkzeuge für die Fahrzeugelektronik

Hohe Datenübertragungsrate erlaubt universellen Einsatz

ETAS bringt mit der neuen Hochgeschwindigkeits-Steuergeräteschnittstelle FETK und den Steuergeräte- und Bus-Schnittstellenmodulen ES89x eine neue Lösung zur Validierung und Applikation von elektronischen Systemen sowie dem Prototyping von neuen Steuergerätefunktionen auf den Markt. Dank 20-fach beschleunigter Datenübertragung sind die neuen Werkzeuge den zunehmend anspruchsvollen Fahrzeug- und Prüfstandtests gewachsen.

Viele Faktoren tragen dazu bei, dass die Applikation und Validierung elektronisch gesteuerter Systeme im Fahrzeug immer aufwändiger wird. Neben Abgas- und Sicherheitsnormen, der Elektrifizierung sowie den Fortschritten bei Fahrerassistenz und automatisiertem Fahren zählt die wachsende Zahl der weltweit angebotenen Modellvarianten zu den Treibern. Um die Funktion der immer leistungsfähigeren Elektronik und umfangreicheren Software im Fahrzeug sicherzustellen, benötigen Entwickler und Applikateure effiziente Werkzeuge zur Kalibrierung und Erfassung von Steuergerätedaten.

ETAS hat mit der Hochgeschwindigkeits-Steuergeräteschnittstelle FETK und den Steuergeräte- und Bus-Schnittstellenmodulen ES89x (Bild 2) zwei neue Produkte entwickelt, die hier einen Effizienzsprung darstellen.

Steuergeräteschnittstelle für hohe Datenraten mit kleiner Latenz

Die neue Schnittstelle FETK benötigt anders als serielle Schnittstellen wie CAN fast keine Rechenleistung für die externe Kommunikation. Sie erfasst Daten aus dem Steuergerät über eine dedizierte Mikrocontroller-Schnittstelle und überträgt sie an ein ES89x-Modul, das sie zusammen mit Daten aus anderen Quellen an einen PC oder einen Laptop weiterleitet. Hierbei sorgt Gigabit-Ethernet für maximales Tempo: Raten bis zur maximalen Datenübertragungsrate der Ethernet-Verbindung von 120 MB/s sind möglich. Schon heute werden mit einem einzelnen FETK Signale aus Steuergeräten mit Raten bis 17 MB/s erfasst, was die parallele Messung von bis zu 38.000 Größen in einem Versuchslauf erlaubt. Bereits in Kürze wird es mit dem Schnittstellenmodul ES89x, an das zwei FETKs parallel angeschlossen sein können,

möglich sein, Daten mit Raten von mehr als 50 MB/s aufzuzeichnen. Auf dem PC oder Laptop werden die Daten aus dem Steuergerät online mit ETAS INCA, der ETAS-Umgebung für Messung, Steuergeräte-Applikation und Diagnose, verarbeitet. Auf gleichem Weg können Anwender Kennwerte im Steuergerät ändern oder automatisiert von INCA modifizieren lassen.

Die kompakte FETK-Schnittstelle ist elektrisch und thermisch auf den Einsatz im Fahrzeug ausgelegt. Dank einer eigenen elektrischen Versorgung lassen sich Tests unabhängig vom Betrieb des Steuergeräts durchführen. Die Schnittstellen-Hardware erfasst selbst Daten von Regelungsfunktionen mit Zykluszeiten kleiner als 10 µs zeitgenau aus dem Steuergerät. Auch Flashspeicher von Steuergeräten sind über die FETK-Schnittstelle performant und sicher wie mit einem Debugger programmierbar.

AUTOREN

Dr. Fabian Kaiser
ist Produktmanager
ES800 bei der **ETAS
GmbH**.

Dr. Ulrich Lauff
ist Senior Expert
Marketingkommunikation bei der
ETAS GmbH.

Christoph Müller
ist Senior Produktmanager
FETK bei der **ETAS GmbH**.

Florian Schmid
ist Produktmanager
ES891 bei der **ETAS
GmbH**.

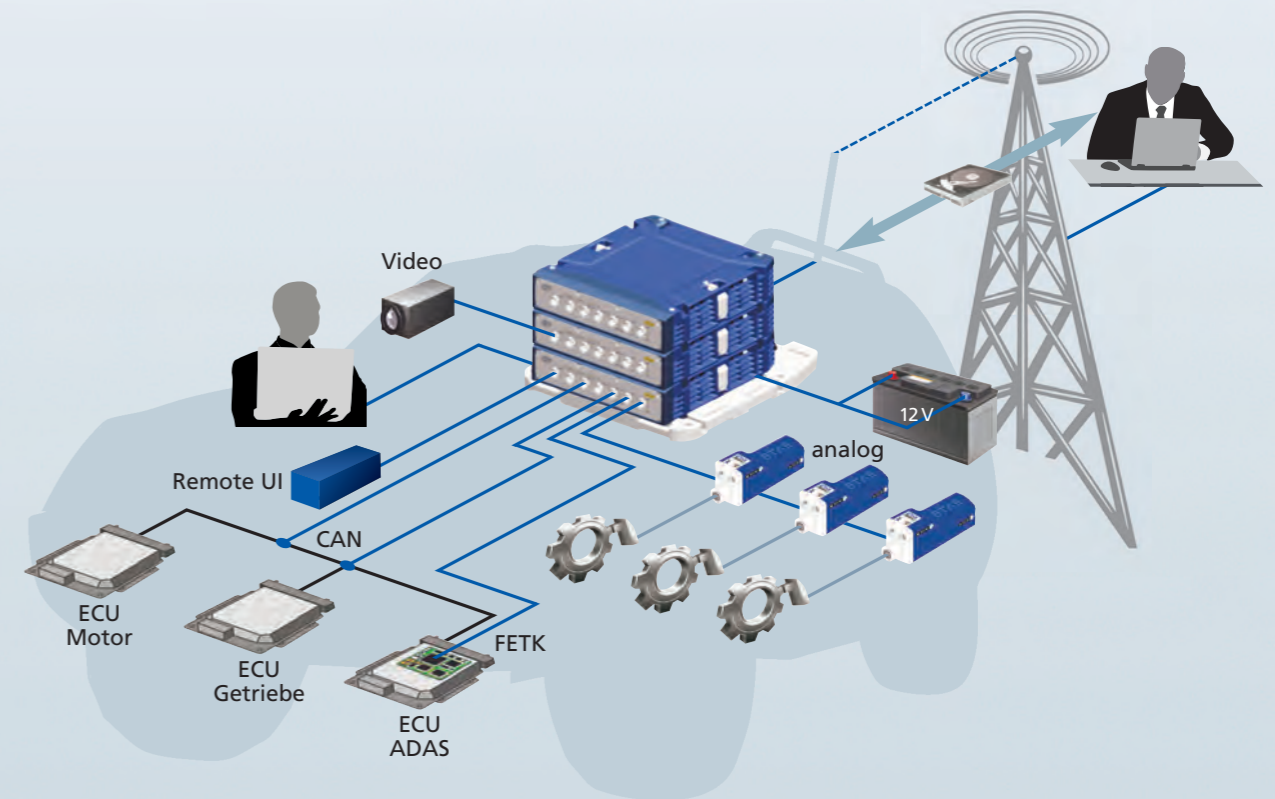
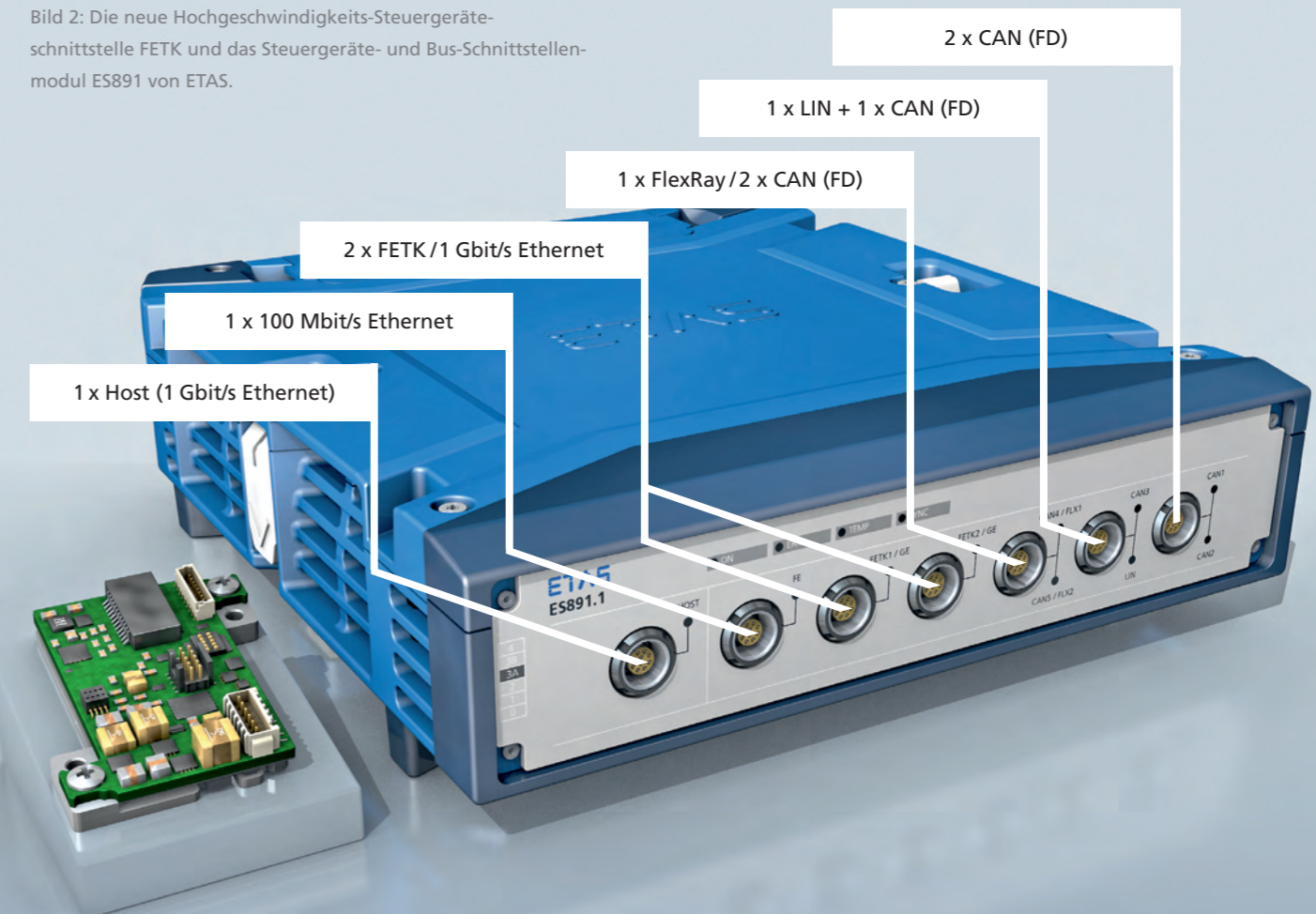


Bild 1: Ausrüstung eines Versuchsfahrzeugs mit dem ETAS-Mess-, Applikations- und Prototypingssystem der Zukunft. Das ES800-System kommuniziert mit den Steuergeräten über FETK- oder serielle Steuergeräteschnittstellen und sammelt Messdaten von den Fahrzeugbussen und anderen digitalen oder analogen Signalquellen im Fahrzeug. Alle Signale werden vom System zeitsynchron erfasst. In dem abgebildeten Beispiel wird die gesamte Messung von einem Datenlogger aufgezeichnet. Die Experten in der Entwicklung erhalten die Daten zur Auswertung am Ende des Fahrversuchs über Funk.

Bild 2: Die neue Hochgeschwindigkeits-Steuergeräteschnittstelle FETK und das Steuergeräte- und Bus-Schnittstellenmodul ES891 von ETAS.



Effiziente Applikation

ETAS INCA-FLOW unterstützt bei der Standardisierung von Applikationsaufgaben

Die Applikation von Benzin- und Dieselmotormanagementsystemen ist eine herausfordernde Aufgabe, die sich in spezifischen Kundenprojekten zu großen Teilen wiederholt. Mit INCA-FLOW kann der Applikationsprozess für eine Steuergerätevariante aufgesetzt und dann für andere Steuergerätevarianten wiederverwendet werden, wodurch die Effizienz der Applikation maßgeblich gesteigert werden kann. Ebenso lassen sich Messungen einfach reproduzieren und so die Qualität der Applikation deutlich verbessern.

Bosch-Basisapplikation mit INCA-FLOW

Im Zuge der Basisapplikation von Motorsteuerungen wird bei der Robert Bosch GmbH analog zum Motorenprüfstand ein Design of Experiment(DoE)-Plan im Fahrzeug automatisch mit Hilfe von INCA-FLOW durchlaufen.

Im ersten Schritt werden dazu am Schreibtisch der DoE-Plan und die Messkonfiguration in dem Werk-

zeug zusammengestellt. Im Fahrzeug wird der Plan automatisch auf der Teststrecke mit Hilfe von INCA-FLOW und INCA ausgeführt. Zu diesem Zweck werden zuvor die Dateien eingelesen, welche den DoE-Plan und die Konfiguration der Messung enthalten, die zum Beispiel die Grenzen für den Betrieb und die Überwachung festlegen. Im Verlauf des Versuchs werden automatisch die Werte der betrachteten Lasten und anderer relevanter

Applikationsparameter eingestellt. Parallel dazu werden durch spezifische Methoden von INCA-FLOW Systemgrenzwerte überwacht. Auf diese Art und Weise wird jeder Arbeitspunkt des DoE-Plans eingestellt, stabilisiert und anschließend vermessen.

Die Automatisierung wird verwendet, um die Güte der Applikation der Füllungserfassung, der Kraftstoffvorsteuerung und des Momen-

AUTOREN

Olaf Dünnbier und **Steffen Franke** sind Applikateure Grundanpassung Motorfunktionen bei der **Robert Bosch GmbH**.

Rajesh Reddy ist Produktmanager für INCA-FLOW bei der **ETAS GmbH**.

Exemplarischer Ablauf von INCA-FLOW.



Steuergeräte- und Bus-Schnittstellenmodule ES89x – offen und standardkonform

- Die neuen ES89x-Module sind mit den bestehenden Produktfamilien der ES400/ES600-Messmodule, den XETK-Steuergeräteschnittstellen, den Steuergeräte- und Bus-Schnittstellenmodulen der Serien ES51x, ES52x, ES59x sowie den ES9xx-Prototyping- und Schnittstellenmodulen kompatibel. Auf der Basis von Ethernet lässt sich kundenspezifische Hardware ebenfalls einfach mit den neuen Modulen integrieren.
- Mit Hilfe des standardisierten Protokolls XCP-on-Ethernet können Software-Anwendungen von ETAS oder Fremdanbietern über ES89x-Module mit Steuergeräten kommunizieren, die entweder eine FETK- oder eine XETK-Schnittstelle besitzen.
- Zeitsynchronisierung gemäß IEEE1588 vereinfacht die Integration der ES89x-Module in heterogene Testaufbauten und Automatisierungslösungen mit zentraler Uhr.
- Für die Integration der Busschnittstellen der ES89x-Module in andere Werkzeuge wie CANape oder VISION stellt ETAS Bibliotheken bereit.

Nicht nur in der Validierung und Applikation, auch beim Prototyping von schnellen, zeitkritischen Regelungseingriffen zeigt sich die FETK-basierte Lösung souverän. Hier kommt es wesentlich auf geringe Latenzen an. Hintergrund: Entwickler setzen hier oft auf die Bypass-Methode. Sie entwickeln Funktionen modellbasiert mit ETAS ASCET oder MATLAB®/Simulink® und implementieren sie dann auf der Prototyping-Hardware. Diese kommuniziert über ein ES89x-Modul und die FETK-Schnittstelle in Echtzeit mit dem Steuergerät. Diese Arbeitsweise vereinfacht es, neue Softwarefunk-

tionen zu modifizieren und sofort im Fahrzeug oder am Prüfstand zu validieren. Allerdings setzen die zeitkritischen Funktionen voraus, dass Bypass-Signale zwischen Prototyping-Hardware und Steuergerät mit geringstmöglichem Zeitversatz fließen. Die FETK-Schnittstelle gewährleistet den Austausch eines 128-Byte-Signals im Umlauf von Prototyping-Hardware zu Steuergerät und zurück mit weniger als 100 µs Latenz.

Steuergeräte- und Busschnittstelle der nächsten Generation

Dank der Kombination von hohen Datenübertragungsraten, niedriger Latenz und einfacher Integrierbarkeit in neue Steuergeräte ist die FETK-Schnittstelle nahezu universell einsetzbar. Die exzellente Zusammenarbeit von ETAS mit Chipherstellern wie Freescale, Infineon oder Renesas ermöglicht es auch, die Schnittstelle an neue Mikrocontroller anzupassen. Anwendern bietet die FETK-Hardware höchsten Bedienkomfort: Die Gigabit-Ethernet-Verbindung zu den ES89x-Modulen ist generisch, weshalb diese nahtlos ohne weitere Konfiguration in allen FETK-Steuergeräteprojekten eingesetzt werden können.

Die neuen Steuergeräte- und Bus-Schnittstellenmodule ES89x erfassen Messdaten aus Steuergeräten und Fahrzeugbussen, was zur Applikation, Diagnose, Flash-Programmierung sowie zum Prototyping von neuen Steuergeräten dient. Zu diesen Zwecken lassen sich gleich zwei FETK-Schnittstellen an ein ES89x-Modul anschließen. Obendrein unterstützen das ES891- und das ES892-Modul den XETK, die Fahrzeugbusse Ethernet, FlexRay (ES891), CAN, CAN-FD und LIN.

Alle eingehenden Messsignale erfassen sie komplett zeitsynchron mit einer Genauigkeit von einer Mikrosekunde. Sind mehr als zwei Steuergeräte im Fahrzeug mit FETK-Schnittstellen ausgestattet, können mehrere ES89x-Module miteinander kombiniert werden, um die Signale aller Steuergeräte über FETK- oder serielle Schnittstellen ohne weiteres Zutun synchron zu erfassen. Über einen Steckmechanismus lässt sich das System sowohl um weitere ES89x-Module als auch um Prototyping-Hardware und Datenlogger ergänzen, die ETAS aktuell entwickelt. Alle Mitglieder der neuen Produktfamilie ES800 werden wesentlich dazu beitragen, die Funktionen von elektronischen Fahrzeugsystemen der Zukunft abzusichern (Bild 1).

Ausblick

Mit dem leistungsfähigen Steuergerätezugang FETK bietet ETAS eine Lösung, die sich ebenso zur Validierung und Applikation von Steuergeräten eignet wie zum Prototyping zeitkritischer Funktionen elektronischer Fahrzeugsysteme. Durch diese bisher einzigartige Kombination zahlt sich ein Entwicklungssteuergerät mit FETK-Schnittstelle also doppelt aus: bei der Applikation und im Prototyping. Zusätzlich wird in den kommenden Monaten die Produktfamilie ES800 um eine leistungsstarke und flexible Prototyping-Hardware und eine umfassende Datenlogger-Lösung ergänzt. Letztere wird es ermöglichen, Steuergeräte-, Bussignale und sonstige Messgrößen eines ganzen Versuchstags ohne Unterbrechung aufzuzeichnen.



tenmodells im Fahrzeug zu überprüfen. Der gleiche Applikationsprozess wird für die Applikation des Abgastemperaturmodells und des Bauteilschutzes verwendet. Für die beiden letzten Arbeitspakete wird eine automatische Applikation des Zündwinkels basierend auf jedem Arbeitspunkt des DoE-Plans durchgeführt. Der gleiche Applikationsprozess kann für unterschiedliche Steuergerätevarianten genutzt werden, nachdem der DoE-Plan und die Konfiguration der Messung mit Hilfe des INCA-FLOW Standalone-Konfigurators angepasst worden sind.

INCA-FLOW Standalone-Konfigurator für die Adaption von Applikationsprozessen an unterschiedliche Steuergerätevarianten

Mit der INCA-FLOW Runtime-Lizenz können Skripte, die mit INCA-FLOW Developer erzeugt worden sind, „standalone“, d. h. ohne die Entwicklerlizenz, ausgeführt werden. Der Standalone-Konfigurator ermöglicht es, eigenständig ausführbare INCA-FLOW-Skripte für benutzerspezifische INCA-Umgebungen zu konfigurieren. Dabei lassen sich Applikations-, Mess- und benutzerdefinierte Variablen in Abhängigkeit benutzerspezifischen Anwendungsfällen zuordnen. Auf diese Weise kann der Algorithmus des Applikationsprozesses unabhängig von spezifischen Randbedingungen, beispielsweise einer unterschiedlichen Benennung der Applikations- und Messgrößen und/oder anderen Werten von spezifischen Variablen, beibehalten werden.

Mit dem INCA-FLOW Standalone-Konfigurator können allgemeine Informationen wie Projektname, Prozessname, Kommentare, weiche

Reference name	Description	Original assignment	New assignment
ExperimentElement_...		APP_Char ETKC:1	
ExperimentElement_...		ACCompr_RunMode_Pla...	
ExperimentElement_...		DrvInpud_Trq_Req	
ExperimentElement_...		RngMoid_trqLos ETKC:1	
ExperimentElement_KickDown		SW_KD_Mode ETKC:1	
ExperimentElement_r...		Eng_Spd ETKC:1	
ExperimentElement_...		Veh_Spd ETKC:1	

Innerhalb der Ansicht „References“ kann der Anwender „Global References“ für seinen Applikationsprozess auf Basis der vorhandenen Mess- und Stellgrößen festlegen. Die Ansicht zeigt den Namen der „Global Reference“ und, falls vorhanden, eine Definition der Größe. Die Spalte „Original Assignment“ zeigt den Namen der Mess- und Stellgröße auf Basis des vorhandenen Prozesses, die Spalte „New Assignment“ ermöglicht dem Anwender, Mess- und Stellgrößen neu zuzuordnen. Für die Zuordnung kann eine vorhandene A2L-Datei oder eine bestehende LAB-Datei verwendet werden. Die Ansicht „My“ erlaubt die Definition verschiedener Werte für bestimmte benutzerdefinierte Größen. Mit dem Standalone-Werkzeug können vorhandene Konfigurationen geladen und modifizierte Konfigurationen gespeichert oder auf die alten Werte zurückgestellt werden. Das Werkzeug ermöglicht es dem Anwender, den gleichen Prozess für die Applikation mehrerer Steuergerätevarianten zu verwenden. Mit INCA-FLOW lässt sich so die Effizienz der Applikation wesentlich erhöhen und gleichzeitig die Qualität signifikant steigern.

und harte Grenzen usw. konfiguriert werden. Das „Projekt“ verwendet als Default die Daten, die in der Projektkonfiguration des ausgeführten Prozesses festgelegt worden sind. Der Benutzer kann diese Einstellungen mit dem Konfigurator an seine spezifische INCA-Umgebung anpassen. Zusätzlich ist eine Schnittstellenzuordnung für die einzelnen Mess- und Stellgrößen des Applikationsprozesses möglich. Mit einer Mapping-Funktion kann der Anwender die Zuordnung zu den Schnittstellen und die Bezeichnungen der Größen ändern.

Ausblick
INCA-FLOW wird künftig auch für andere Applikationsaufgaben wie Klopfregelung, Motorwarmlauf, Lambda-Regelung, Lambda-Sondenheizung, Taupunktende, Tankentlüftung, Übergangskompensation, Fahrverhalten, Leerlaufsteuerung und Nockenwellensteuerung verwendet werden.



Automatische Basisapplikation mit INCA-FLOW.

Steuergerätesoftware besser verstehen

Neue interaktive Dokumentation hilft, sich schnell in der Steuergerätesoftware zurechtzufinden

Wenn Entwickler die Funktionen von Steuergeräten mit ETAS ASCET oder mit Simulink®-Modellen erarbeiten und in Software übersetzen, sammelt sich geballtes Wissen an. Dokumentationen schwellen schnell auf 10.000 bis 20.000 Seiten an, die den Applikateuren bisher im PDF-Format zur Verfügung stehen.

AUTOR

Dr. Patrick Frey
ist Produktmanager
EHANDBOOK bei
der **ETAS GmbH**.



Im **Applikationsprozess** – also beim „Feintuning“ der Funktionen – müssen Applikateure häufig auf dieses dokumentierte Wissen zugreifen. Das Blättern in den riesigen PDF-Dateien ist dabei jedoch sehr mühsam. Wertvolle Zeit verflieht, was die hochqualifizierten Applikateure in der ohnehin knappen Zeit im Versuchsfahrzeug zusätzlich unter Druck setzt. Mit EHANDBOOK stellt ETAS nun ein interaktives Tool bereit, in dem intelligente Suchfunktionen das lästige Nachschlagen ersetzen – und das aus Quelldaten von ASCET, Simulink® oder C-Code automatisiert interaktive Grafiken und Modelle generiert. Die Applikateure können sich dank dieser grafischen Aufbereitung im Handumdrehen einen Überblick über die Funktionen und Signalverläufe des Steuergeräts verschaffen. Bisher in tausenden Seiten schlummerndes Wissen wird lebendig und für alle Beteiligten effizient nutzbar.

ETAS EHANDBOOK macht Wissen transparent und optimiert den Workflow

Die EHANDBOOK-Lösung setzt sich aus drei Bestandteilen zusammen. Die flexible Überführung der Quelldaten in eine Dokumentation mit interaktiven Grafiken und Modellen geschieht mit dem Tool EHANDBOOK CONTAINER-BUILD und wird, bei Bedarf, durch Dienstleistungen von ETAS unterstützt. Das dabei erstellte Handbuch wird dann im EHANDBOOK-CONTAINER abgelegt. Wissen, das in der Entwicklung generiert wird, steht nun für die Applikateure mit einem Mausklick bereit. Hier kommt Teil drei der Lösung ins Spiel: der EHANDBOOK-NAVIGATOR.

Der NAVIGATOR ist das eigentliche interaktive Tool, mit dem Applika-

teure sich schnell und effizient in Dokumentationen der Funktionsentwickler zurechtfinden. Dafür birgt er neben der Suchfunktion die Option, sich in Grafiken und Modellen einen Systemüberblick zu verschaffen oder tief in Details hineinzuzoomen. Obendrein bietet das Tool eine Kopplung mit Applikationstools wie ETAS INCA. Wenn Anwender Experimente in INCA einrichten, können sie mit dem NAVIGATOR relevante Mess- und Verstellgrößen aus der Dokumentation filtern und automatisiert in ihr Experiment übertragen.

Navigationsgerät statt Blättern im Kartenwerk

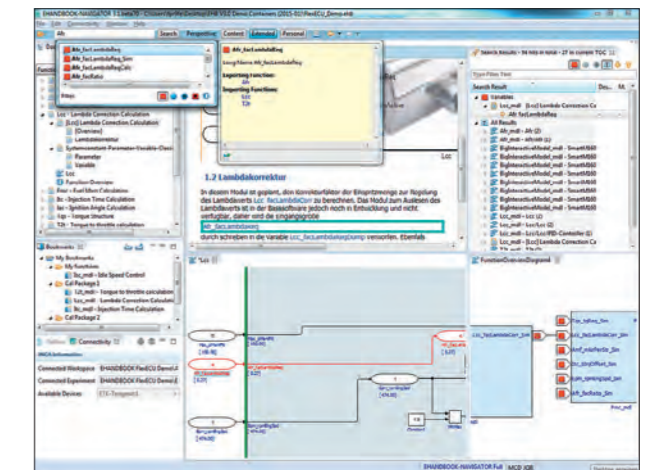
Der Schritt von der PDF-Dokumentation zum EHANDBOOK ist mit dem Schritt vom Straßenatlas zum Navigationsgerät vergleichbar. Statt beispielsweise die Signalflüsse in einem Modell mühsam über mehrere Seiten einer PDF-Dokumentation verfolgen zu müssen, können Entwickler beliebig und nahtlos in Modelle hinein- und herauszoomen. Durch diese grafische Aufbereitung der Information sind Signalflüsse deutlich einfacher zu verstehen. Bei Bedarf entstehen mit einem Klick so genannte Funktionstapeten, die relevante Ausschnitte eines Modells nahtlos in einer Ansicht zusammenführen.

Das EHANDBOOK bietet also schnelle Orientierung, effizientes Arbeiten und erlaubt Applikateuren tiefes Verständnis der Steuergerätfunktionen, die ihre Kollegen aus der Funktionsentwicklung in ihren Modellen erarbeitet haben. Die Möglichkeit zu interaktiver Dokumentation dient somit der Qualität im Entwicklungsprozess, dem Wissenstransfer in der Organisation und

vor allem spart sie wertvolle Zeit. Applikateure können sich so auf ihre eigentliche Aufgabe – das Kalibrieren der Steuergerätfunktion – konzentrieren, weil sie sich nicht mehr mit der Suche nach Informationen und Messgrößen aufhalten müssen.

Pilotkunde Bosch setzt EHANDBOOK produktiv ein

ETAS treibt die interaktive Dokumentationslösung EHANDBOOK in enger Abstimmung mit dem Pilotkunden, der Robert Bosch GmbH, voran. Dort hat nun der interne



Rollout für Motorsteuergeräteprojekte begonnen. Auf Nachfrage stellt Bosch Interessenten auch interaktive Handbücher für deren Steuergerätesoftware zur Verfügung. Zudem haben erste Automobilhersteller die neue ETAS-Lösung evaluiert und den hohen Nutzwert erkannt. Auch hier ist das EHANDBOOK bereits im Einsatz – und trägt zum optimierten Wissenstransfer zwischen Zulieferer und Fahrzeughersteller in der Software-Entwicklung bei.

Der EHANDBOOK-NAVIGATOR – Navigationsgerät statt Blättern im Kartenwerk.

Modellbasierte Entwicklungsmethoden

Schlüssel für die Applikation moderner Verbrennungsmotoren

Statistische Versuchsplanung und modellbasierte Parameteroptimierung sind Schlüssel zur Beherrschung komplexer Motormanagementsysteme. Im Folgenden zeigen Hyundai und ETAS, wie modellbasierte Entwicklungsmethoden die Applikation moderner Verbrennungsmotoren sinnvoll unterstützen können.

Die immer schärferen Vorgaben für CO₂- und Abgasemissionen erfordern immer komplexere Motormanagementsysteme. Damit nehmen die im Gesamtsystem zu optimierenden Bedatungsparameter stetig zu. Parallel verlangt der starke Wettbewerb eine Verringerung der Entwicklungszeiten und -kosten. Um unter diesen Voraussetzungen Motorabstimmungen mit hohem Fahrkomfort, großer Dynamik und niedrigen Emissionen darstellen zu können, müssen die klassischen Bedatungsverfahren um neue, computergestützte Methoden ergänzt werden¹.

Dies wurde im europäischen Entwicklungszentrum der Hyundai Motor Group in Rüsselsheim (Hyundai Motor Europe Technical Center GmbH, HMETC) früh erkannt: Seit 2005 setzt man in der Antriebsstrangentwicklung neben einem hohen Automatisierungsgrad verstärkt auf statistische Versuchsplanung (Design of Experiment, DoE) und modellbasierte Optimierungsverfahren. Die Akzeptanz der

anfangs eingesetzten Lösungen war jedoch durch geringe Nutzerfreundlichkeit und fehlende Abdeckung aller nötigen Prozessschritte der Motorentwicklung stark eingeschränkt. Die Einführung der Software ETAS ASCMO² konnte hier jedoch Abhilfe schaffen: Neben einer auf die modellbasierte Steuergerätebedatung zugeschnittenen Programmstruktur und Benutzeroberfläche werden hilfreiche Funktionen zur Unterstützung des unerfahrenen Anwenders angeboten. Im Folgenden wird exemplarisch die Anwendung dieser neuen Lösung bei einem seriennahen Motorenprojekt des HMETC-Bereichs Powertrain beschrieben.

Projektsituation

Als Versuchsträger diente ein 2,0-l-Vierzylinder-Dieselmotor mit seriennaher Motor-Hardware und ECU-Software (Abb. rechts). Die vorhandene Kalibrierung erfüllte bereits zu Versuchsbeginn die Euro-5-Norm. Mit Hilfe der DoE-Software sollte der Kraftstoffverbrauch des Motors weiter reduziert werden. Es galt

dabei, eine möglichst optimale Abstimmung für die folgenden Applikationsparameter zu finden:

- Luftmasse/AGR-Rate
- Beginn Haupteinspritzung
- Drallklappenstellung
- Position der Abgasgegendruckklappe für die Niederdruck-AGR-Regelung
- Ladedruck
- Raildruck

Die relevanten Zielgrößen waren:

- Kraftstoffverbrauch (CO₂)
- Partikelmasse (Soot)
- Stickoxide (NO_x)
- Kohlenwasserstoffe (HC)
- Kohlenmonoxide (CO)
- Verbrennungsgeräusch (dBA)

Alle Untersuchungen wurden am Motorenprüfstand durchgeführt und anschließend im Fahrzeug am Abgasrollenprüfstand verifiziert. Bei der Basisvermessung wurde der CO₂-Wert bestimmt, der als Referenz für die Optimierung diente. Aus den Verweildauern von Drehzahl und Last im Zyklus ergaben sich die in Bild 1 dargestellten, für die

Optimierung relevanten Betriebspunkte.

Planung der Messdatenerfassung am Prüfstand

Das zur Versuchsplanung verwendete Modul der DoE-Software „ExpeDes“ unterteilt den Arbeitsablauf übersichtlich in acht Schritte. Eine hilfreiche Funktion ermöglicht die Verdichtung der Messpunkte über ausgewählte Eingangsgrößen, Bild 2. Im konkreten Fall wurden die Messpunkte im Bereich kleiner Luftmassen verdichtet, da hier neben einer größeren Messgenauigkeit aufgrund der hohen AGR-Raten gleichzeitig eine unetere physikalische Abhängigkeit erwartet wurde. Eine weitere Funktion erlaubt die Unterteilung des Versuchsplans in eine variable Anzahl von Abschnitten („Blöcke“). Bei ausreichender Messpunktzahl bietet jeder Block für sich eine optimale Verteilung zur Modellbildung. So kann schon bei der Messung am Prüfstand nach jedem Block kurzfristig entschieden werden, ob die nötige Modellgüte bereits erreicht ist und der Versuchslauf vorzeitig beendet werden kann. Dies kann den benötigten Messaufwand enorm reduzieren. Bild 3 zeigt exemplarisch den Verlauf der Modellgenauigkeit für die Rauchzahl über der Anzahl der zur Modellbildung verwendeten Messpunkte.

Schlüsselpunkt Rohdatenanalyse

Nach der Messdatenerfassung erfolgt die Rohdatenanalyse, der oftmals wichtigste Schritt der Auswertung. Diese gibt neben der Bestimmung von Fehlmessungen und Driften bereits Aufschluss über das mögliche Optimierungspotential. Diesen Prozess unterstützt die DoE-Software sehr effizient. So

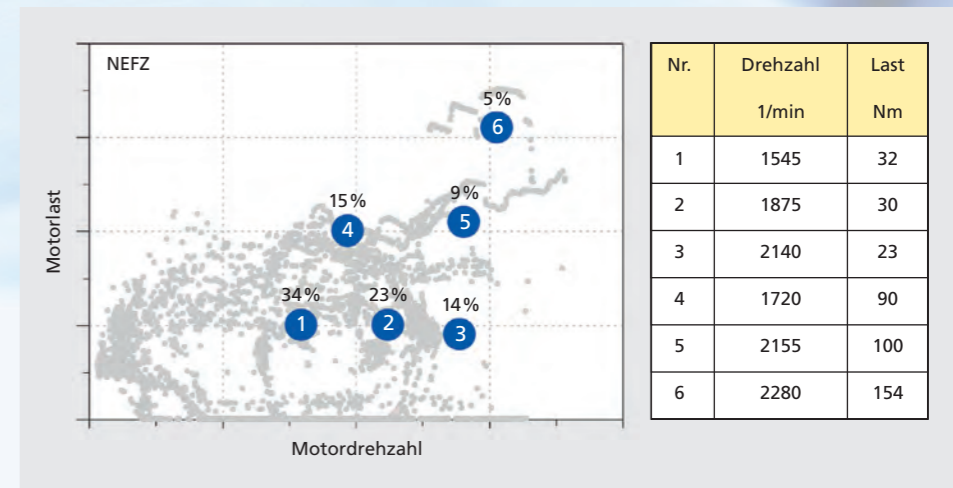
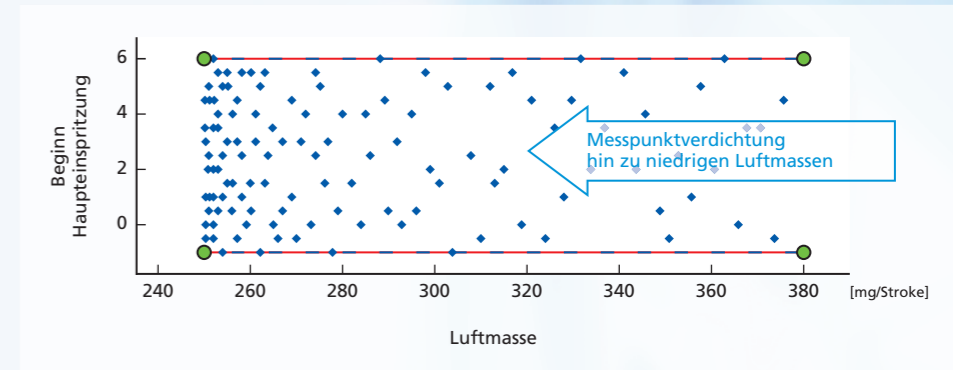


Bild 1: Verteilung und Gewichtung der Betriebspunkte im NEFZ.

Bild 2: Versuchsplanung mit lokaler Messpunktverdichtung.



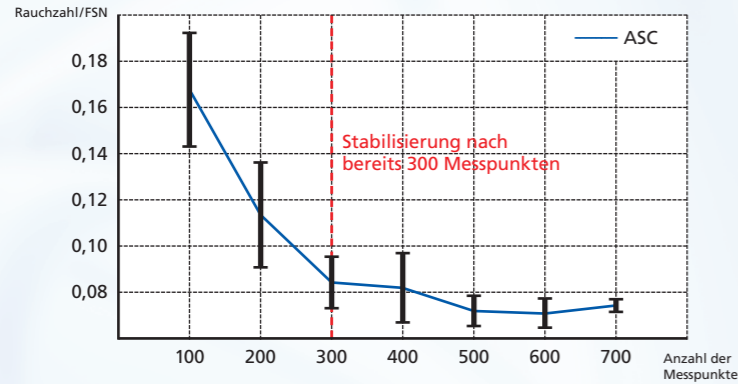
AUTOREN

Stefan Hoffmann
ist Teamleiter
Advanced Diesel
Combustion
Development bei der
**Hyundai Motor
Europe Technical
Center GmbH** in
Rüsselsheim.

Michael Schrott
ist Senior Engineer
Entwicklungsprojekte
Dieselmotorische
Verbrennung bei der
**Hyundai Motor
Europe Technical
Center GmbH** in
Rüsselsheim.

Thorsten Huber
und **Dr.-Ing.
Thomas Kruse**
sind Produktmanager
Model-based
Calibration bei der
ETAS GmbH.

Mittlerer Fehler globales Rauchzahlmodell
Fehlerbalken → Standardabweichung für fünf Wiederholungen



können in interaktiven Diagrammen Verstellparameter und/oder Zielgrößen gegenübergestellt und beispielsweise Bereiche optimaler Zielgrößenwerte eingegrenzt werden. Dadurch können Messdaten effektiv visuell ausgewertet und vorteilhafte Parameterkombinationen bestimmt werden.

Automatisierte Modellbildung

Der Kern von ETAS ASCMO ist die Modellbildung, die benutzerfreundlich und größtenteils automatisiert abläuft. Anders als bei bisher verfügbaren Werkzeugen zur modellbasierten Applikation muss der Anwender dabei keinen spezifischen Typ aus einer Menge unterschiedlicher Modelltypen auswählen.

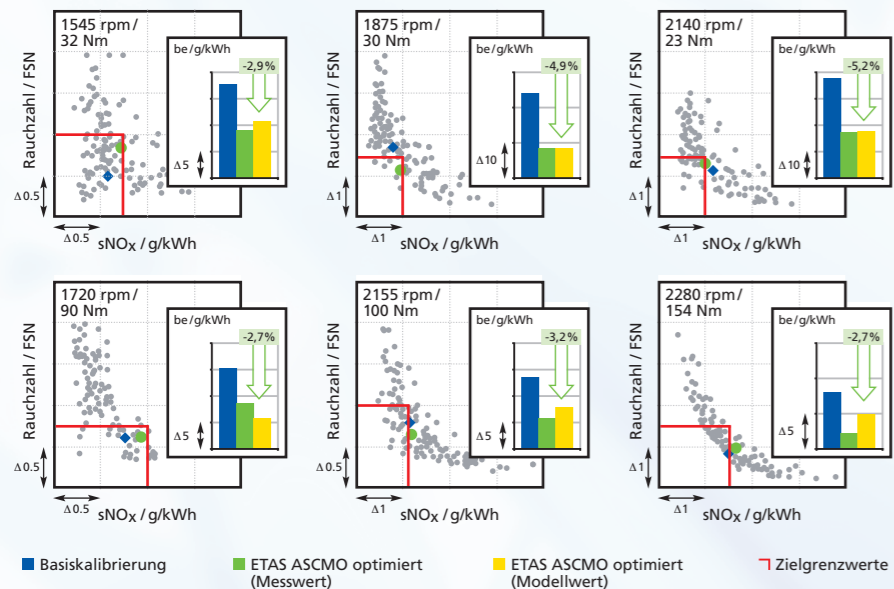


Bild 3 (oben):
Modellgenauigkeit des in ETAS ASCMO verwendeten Modells (ASC) über der Datensatzgröße: mittlerer Fehler des globalen Rauchzahlmodells (bestimmt anhand von Verifikationsmessungen, Fehlerbalken = Standardabweichung für fünf Wiederholungen).

Bild 4 (Mitte):
Optimierungsergebnisse auf Basis von Messungen am Motorenprüfstand an sechs Betriebspunkten.

Bild 5 (unten):
Prognose basierend auf Zyklushochrechnungen, vor und nach der Optimierung (teilweise Screenshot).

Prognose vor Optimierung
Werte angepasst entsprechend den Ergebnissen der Vorvermessung am Rollenprüfstand

Prognosis Results		
Extras		
Name	Prognosis	Change [%]
SOOT [g/km]	100 %	
NO _x [g/km]	100 %	
CO [g/km]	100 %	
CO ₂ [g/km]	100 %	
SFC [l/100km]	100 %	

Prognose nach Optimierung
Vorhersage auf Basis der getroffenen Gewichtungen und Anpassungsfaktoren

Prognosis Results		
Extras		
Name	Prognosis	Change [%]
SOOT [g/km]	92 %	
NO _x [g/km]	92 %	
CO [g/km]	107 %	
CO ₂ [g/km]	97.5 %	
SFC [l/100km]	97.6 %	

	NO _x /g/km	CO /g/km	Soot/g/km	CO ₂ /g/km	FC /l/100 km
Abweichung ETAS ASCMO-Fahrzeugmessung	-3,7 %	-4,0 %	-12,5 %	+0,2 %	+0,3 %
Tendenz	+	+	-	++	++

Stattdessen wird ihm ein einziger, besonders flexibler und leistungsfähiger Modelltyp basierend auf Gauß-Prozessen (GP) vorgeschlagen. Dieser Ansatz ermöglicht, auch stark nichtlineares Verhalten sehr komplexer Systeme mit hoher Genauigkeit ohne Überanpassung (Overfitting) abzubilden. Dazu muss das Modell vom Anwender nicht parametrisiert werden.

Kritisch sind bei GP-Modellen oft Rechenzeit und Speicherbedarf zur Verarbeitung großer Messumfänge. Die realisierte effiziente GP-Implementierung erlaubt es, auf einem Standard-PC aus bis zu einigen Zehntausend Messpunkten noch in akzeptabler Zeit Modelle zu generieren. Die hohe Flexibilität der GP-Modelle erlaubt nun die Erstellung globaler Motormodelle mit Drehzahl und Last als zusätzlichen Eingangsgrößen. Um die maximal erreichbare Qualität zu beurteilen, wurden im vorliegenden Fall aus den Messdaten der sechs Betriebspunkte sowohl lokale Modelle als auch ein globales Modell erstellt. Die Qualität der Modelle war in beiden Fällen zufriedenstellend und die physikalischen Abhängigkeiten wurden weitestgehend richtig dargestellt. Das globale Modell zeigt teilweise sogar bessere statistische Kennwerte als die lokalen Pendanten. Lediglich die Modellierung der CO-Emissionen ist bei einem Wertebereich von bis zu 16 g/kWh

mit einer Standardabweichung von 0,57 g/kWh etwas zu ungenau. Die Tabelle unten zeigt die statistischen Gütemaße der globalen Modelle auf Basis von Verifikationsmessungen.

Optimierungsergebnisse

Während der Funktionsumfang von ETAS ASCMO zur lokalen Optimierung mit dem anderer Lösungen vergleichbar ist, liegt die Stärke in der globalen Modellbildung und Auswertung, die es erlauben, ganze Kennfelder automatisch in Bezug auf Fahrzyklen zu optimieren. Mit Hilfe einer Liste gewichteter Betriebspunkte wird für jede Kennfeldänderung online eine aktuelle Zyklusprognose berechnet. So kann mit einem leistungsfähigen Optimierer automatisch eine Bedatung erzeugt werden, die unter Einhaltung der Zyklusgrenzwerte den minimalen Kraftstoffverbrauch erzielt sowie lokale Grenzwerte und Kennfeldglätte berücksichtigt. Die so erreichten Optimierungsergebnisse auf Basis der Untersuchungen sind in Bild 4 links zusammengefasst. Bei der Verifikation am Rollenprüfstand erreichte das Fahrzeug mit der optimierten Kalibrierung eine Verbrauchsverbesserung von circa 2,5 % im Vergleich zur Basis bei gleichzeitig geringfügig verbesserten Rauch- und Stickoxidemissionen. Da mit einem bereits ausgeprägten Datenstand gestartet wurde, ist dies eine durchaus nennenswerte

Größenordnung. Zudem liegt der Wert sehr dicht an der Prognose des DoE-Modells. Bild 5 links zeigt die Ergebnisse der Zyklushochrechnungen vor und nach der Optimierung.

Zusammenfassung

Insgesamt fiel die Bewertung von ETAS ASCMO sehr positiv aus. Speziell im Bereich der Motorapplikation wurde wegen der aufgabenbezogenen Leistungsfähigkeit und einfachen Bedienbarkeit schnell eine hohe Akzeptanz bei den Entwicklungsingenieuren erreicht. In vielen Publikationen zur modellbasierten Optimierung wird vor allem die Zeit- und Kostenersparnis hervorgehoben. Bei HMETC liegt dagegen das Hauptaugenmerk stärker auf der messbaren Steigerung der Qualität und der verbesserten Dokumentation der Applikationsergebnisse.

Literaturhinweise

- 1) Klar, H.; Klages, B.; Gundel, D.; Kruse, T.; Huber, T.; Ulmer, H.: Neue Verfahren zur effizienten modellbasierten Motorapplikation. 5. Internationales Symposium für Entwicklungsmethodik, Wiesbaden, 2013
- 2) Huber, T.; Kruse, T.; Lauff, U.: Modellbasierte Applikation komplexer Systeme. In: Hanser automotive, 10/2013, S. 33-35

Qualität des globalen Modells anhand von Verifikationsmessungen.

	sNO _x /g/kWh	sCO/g/kWh	Rauch/FSN	CO ₂ /FSN	Verbrennungsgeräusch/dBA	be/g/kWh
Modellbereich	0,4-2,5	0,7-16	0-6	4-13	75-95	210-460
RMSE	0,058	0,57	0,089	0,059	0,23	5,32
R ²	0,97	0,98	0,97	0,99	0,98	0,99

Safety und Security – ein holistischer Ansatz

Vernetzte Fahrzeuge setzen eine neue Risikowahrnehmung voraus

IT-Systeme im Fahrzeug öffnen sich für die Außenwelt. Das birgt Chancen, aber auch neue Risiken, welche ein grundsätzliches Umdenken in der Risikobewertung und Sicherheitsarchitektur erfordern. Safety und Security müssen künftig stärker ineinandergreifen. Gefragt ist ein holistischer Ansatz, der den gesamten Lebenszyklus und alle Komponenten des Fahrzeugs im Blick hat.

Eine sonore Stimme weist auf Sehenswürdigkeiten hin, erläutert historische Orte und streut ab und zu Angebote naher Bars und Shops ein. Die werbefinanzierte Online-Stadtführung im eigenen Pkw basiert auf Vernetzung. Umfeldsensoren leiten ihre Daten an Steuergeräte und die Kommunikationseinheit des Autos, die Kontakt zur Verkehrsleitzentrale und nahen Fahrzeugen hält. Dank des ständigen Datenaustauschs fließt der Verkehr. Unfälle und Staus sind Ausnahmen. Auch der CO₂-Ausstoß des Straßenverkehrs sinkt, seit Ampelphasen auf Basis einlaufender Fahrzeugdaten in Echtzeit ans Verkehrsaufkommen angepasst werden. Fahrzeuge auf Parkplatzsuche bringen nichts mehr ins Stocken. Fahrer und Insassen steigen an Haltebuchten aus, ehe webbasierte Systeme ihre Pkws zur nächsten Parklücke leiten. Der Parkassistent kann sein Einparkmanöver anhand von Daten des Pkws vorausberechnen, der bis eben hier parkte.

Für eine erfolgreiche Vernetzung sind Sicherheitslücken tabu

Diese Vision deutet das Potential des vernetzten Verkehrs nur an. Niemand weiß, welche Geschäftsmodelle die Vernetzung der bisher geschlossenen IT-Systeme von Fahrzeugen ermöglicht. Upgrades von

Motorleistung, von Navigations- oder Assistenzsystemen sind im rollenden Internet ebenso denkbar, wie vergünstigte Versicherungstarife auf Basis freiwillig übermittelter Fahrdaten. Allerdings gehen mit der Öffnung für Apps und Upgrades, für Mobilgeräte wechselnder Insassen oder den Car-to-X-Datenverkehr auch neue, zum Zeitpunkt der Entwicklung noch teils unbekannt Risiken einher. Um sie zu beherrschen, ist grundsätzliches Umdenken in der Risikobewertung und Sicherheitsarchitektur erforderlich.

Gefragt ist ein holistischer Ansatz, der den Gesamtlebenszyklus des Fahrzeugs und alle Komponenten in den Blick nimmt und sicherheitsrelevante Funktionen des Fahrzeugs zuverlässig abschirmt. Trotz Öffnung bleibt intrinsische Sicherheit das Ziel. Keinesfalls dürfen Hacker oder über Mobilgeräte eingeschleuste Viren die Sicherheit von Fahrzeug und Insassen beeinträchtigen. Und ohne Zutun des Fahrers muss gewährleistet sein, dass nur autorisierte Anbieter getestete Software aufspielen können. Diese Abschirmung muss in der IT-Architektur angelegt sein.

Risikoanalyse und -bewertung für den gesamten Lebenszyklus

Damit wird klar: Security als Schutz

vor Eingriffen von außen und Safety, welche die Systemfunktionen auch im Notfall gewährleistet, müssen im vernetzten Fahrzeug stärker ineinandergreifen als bisher. Schon vor Beginn der Soft- und Hardware-Entwicklung sollten Security- und Safety-Experten gemeinsam Risiken ermitteln, diese bewerten und daraus abgeleitete Sicherheitsziele formulieren. Hier helfen Bewertungsverfahren, die Wahrscheinlichkeiten und Folgen etwaiger Störfälle analog zur ISO 26262 in ASIL-Level einteilen. Diese grundlegende Analyse folgt dem holistischen Ansatz und sollte fest eingebaute Komponenten ebenso wie Smartphones, Werkstatt-Diagnosegeräte oder Server und Fahrzeuge im Over-the-Air(OTA)-Datenaustausch berücksichtigen, mit denen die Fahrzeug-IT nur zeitweise in Verbindung tritt.

Wenn das Risiko im System erkannt und die Safety- und Security-Anforderungen identifiziert wurden, kann die Software-Architektur erstellt werden. Bereits in diesem Stadium ist zu klären, wie welche Daten in die Steuergeräte gelangen, wer welche Daten lesen und verändern darf und welchen Spezifikationen die späteren Funktionen und Tests folgen. Entscheidend bei zunehmender Konnektivität: Die Fahrzeugsysteme stehen nach der Auslieferung in Interaktion mit der komplexen Außenwelt.

Vertraulichkeit von Daten
Kommunikationsintegrität und -authentizität

Beispiel: Abgestufte Maßnahmen zur Systemintegrität

Level	Maßnahmen	Umsetzung/Voraussetzung
1	▪ ...	▪ ...
2	▪ Sichere (Re-)Programmierung ▪ ...	▪ Secure Update/Flashing ▪ Implementierung rein in Software möglich ▪ ...
3	▪ Sichere (Re-)Programmierung ▪ Integritätsüberprüfung beim Systemstart ▪ ...	▪ Secure Update/Flashing und Secure Boot ▪ Unterstützung durch passives Security-Modul in Hardware, etwa Secure Hardware Extension (SHE) ▪ ...
4	▪ Sichere (Re-)Programmierung ▪ Integritätsüberprüfung beim Systemstart ▪ Zyklische Integritätsprüfung zur Laufzeit ▪ ...	▪ Secure Update/Flashing, Secure Boot und Runtime Manipulation Detection ▪ Unterstützung durch aktives Security-Modul in Hardware, etwa Hardware Security Module (HSM) ▪ ...
5	▪ ...	▪ ...

Sichere Systeme in der vernetzten Welt erfordern eine umfangreiche Absicherung.

AUTOREN

Dr. Simon Burton
ist Director Global Embedded Software Services bei der **ETAS GmbH**.

Dr. Martin Emele
ist Leiter der Product Security Group bei der **ETAS GmbH**.

Dr. Thomas Wollinger ist Geschäftsführer der **ESCRYPT GmbH**.

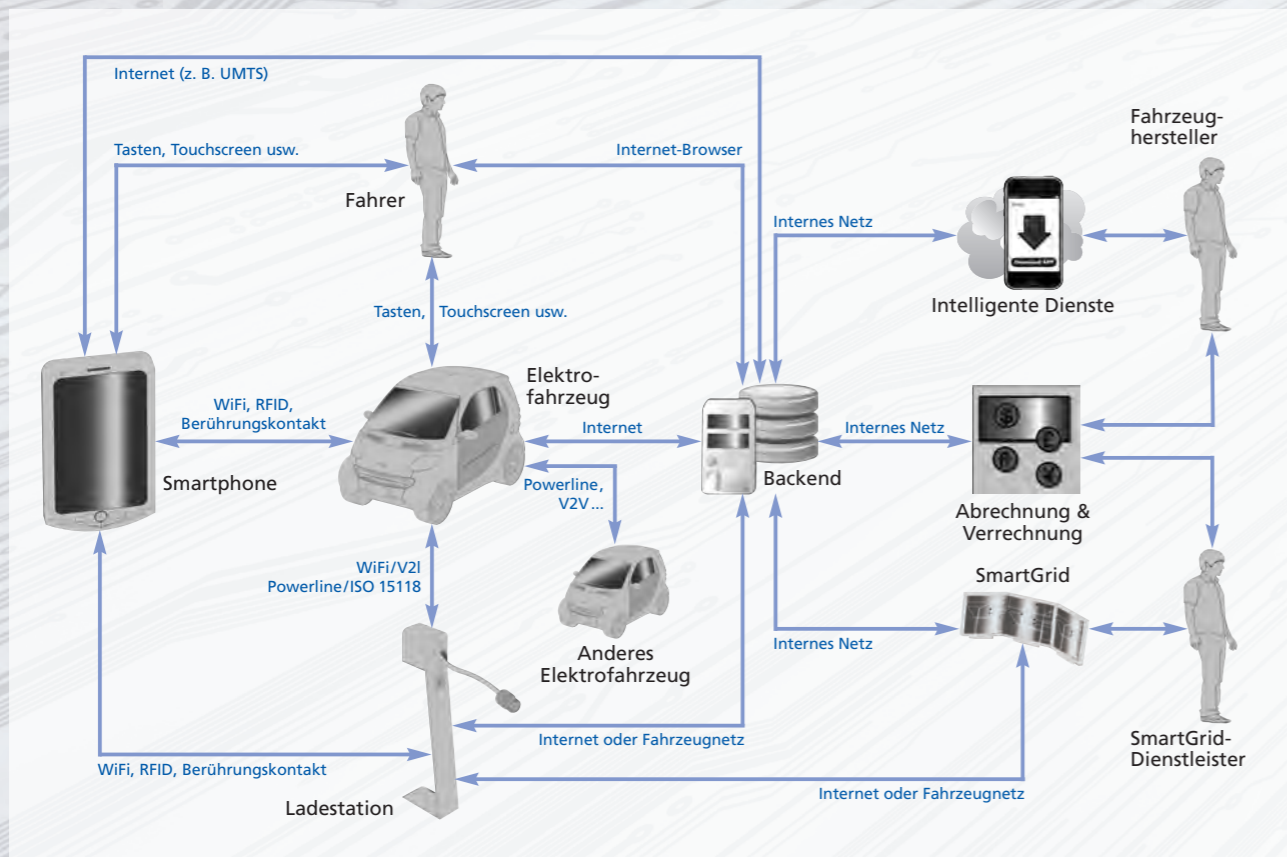
Das verändert die Anforderungen an das Risikomanagement und die Sicherheitsarchitektur grundlegend. Zugangsberechtigungen für Fernzugriffe von Werkstätten sind zu klären, Absender eingehender Daten zu überprüfen. Zudem sind kryptographische Daten vor unberechtigtem Zugriff zu schützen; und zwar vom Entwicklungsstart bis zur Verschrottung. Am Ende müssen die individuellen kryptographischen Schlüssel des Fahrzeugs zuverlässig gelöscht werden, um kein sicherheitsrelevantes Know-how in falsche Hände geraten zu lassen.

Alle Komponenten im Blick behalten

Auch Firmware- und Software-Upgrades Over-the-Air (FOTA/SOTA) oder Apps, die in die Software des Fahrzeugs eingreifen, bergen Risiken. Sie bedrohen aufgrund der verstärkten Interaktion von Steuergeräten, Sensoren und Aktoren den gesamten Verbund. Die Dimension verdeutlichen Versuche, in denen beauftragte Entwickler von außen in Fahrzeugfunktionen eingreifen konnten. So gelang es 2015 einem Team in den USA, an einem fahrenden Testfahrzeug die Bremse zu

aktivieren und den Motor abzustellen. Hersteller müssen Vorkehrungen gegen solche Übergriffe treffen, etwa indem sie jedes Fahrzeug durch Firewalls, Gateways und abgesicherte Kommunikation mit individuellen kryptographischen Schlüsseln schützen. Sicheres Schlüsselmanagement wirkt hier dreifach: Wenn jedes Fahrzeug durch individuelle kryptographische Schlüssel geschützt ist, werden Hacker-Angriffe erschwert und treffen im Ernstfall nur ein einzelnes Fahrzeug. Obendrein erfüllt der Zwang zur Authentifizierung eine Torwächterfunktion gegen unbekannte Software und ihre Absender.

Die zukünftige Vernetzung der Fahrzeuge bietet zahlreiche Schnittstellen.



Datenaustausch nur mit authentifizierten Partnern

Professionell aufgesetzte Security-Lösungen mit sicheren Rechenzentren und den entsprechend qualifizierten Mitarbeitern werden künftig über die Teilnahme an der Car-to-X-Kommunikation bestimmen. Daten werden Empfänger nur dann erreichen, wenn Absender vertrauenswürdige Signaturen vorweisen. Hersteller- und branchenübergreifende Key Management-Lösungen helfen den Fahrzeugen zudem, seriöse Informationen aus der Datenflut zu filtern.

Das Etablieren von Security-Lösungen wird also eine Pflichtaufgabe im vernetzten Verkehr. Doch im Ernstfall müssen auch Safety-Lösungen greifen. Systematisches, an Normen wie der ISO 26262 orientiertes Engineering stellt sicher, dass auch bei Angriffen oder fahrlässiger Virenkontamination alle wichtigen Fahrzeugfunktionen aufrechterhalten bleiben.

Dafür ist es wichtig, sicherheitsrelevante Bereiche zuverlässig gegen den Einfluss nachträglich installierter Software abzusichern. Dazu dienen Lösungen wie der ETAS Hypervisor RTA-HVR, welcher ein Steuergerät in mehrere strikt voneinander getrennte virtuelle Steuergeräte partitioniert. Ihre Funktionen sind damit komplett von Außeneinflüssen abgeschirmt. Es gilt, vorab abgeschirmte Kernbereiche zu definieren; angesichts reger Interaktion der Steuergeräte im Fahrzeug setzt das viel Erfahrung sowie eine bewährte Methodik und effiziente Werkzeuge voraus. Seien es Möglichkeiten, Soft- und Hardware in-the-Loop zu testen, Protokolle aus dem Bereich funktionale Sicher-

heit oder ein Instrumentarium zur Echtzeit-Überwachung von Speicherzugriffen, Rechenzeiten und Übertragungsraten. Nicht zuletzt gehören Mitarbeiter dazu, die sich in dieser Entwicklungsumgebung sicher bewegen und mit Normen und Branchenstandards wie z. B. AUTOSAR vertraut sind.

Vorhandenes Know-how nutzen

All das finden Kunden bei ETAS. Das modulare Angebot beginnt mit Know-how und langjähriger Erfahrung in der Planung, Umsetzung und Prüfung von sicherer Embedded Software, geht mit AUTOSAR-konformen Betriebssystemen sowie mit Protokollen zur sicheren Kommunikation weiter und endet nicht mit Werkzeugen wie dem Hardware Security Module (HSM) oder besagtem Hypervisor RTA-HVR. Letzterer wird Automobilherstellern künftig erlauben, ausgewählte Bereiche von Steuergeräten für eigene Updates und Upgrades zu reservieren. Auch das ist ein Stück Sicherheit im Zukunftsmarkt der Konnektivität. Darüber hinaus stehen modulare Security-Lösungen der ETAS-Tochtergesellschaft bereit: Sie reichen von der Lizenz für Kryptographie-Software bis zum kompletten Key Management über den Lebenszyklus aller verkauften Fahrzeuge hinweg; inklusive der Abwicklung in Hochsicherheitsrechenzentren.

Mit Know-how zu bezahlbarer Risikominimierung

Schon aus Kostengründen wird es im vernetzten Fahrzeug unmöglich sein, jedes Steuergerät komplett abzusichern. Kompromisse sind notwendig, die allein auf Basis von Risikoanalyse und -bewertung gefunden werden können. Dafür ist

der Gesamtblick auf das Sicherheitskonzept aller Fahrzeugsysteme unabdingbar. Ist eine Funktion aus Security-Sicht besonders bedroht, lassen sich für den Ernstfall Routinen bis hin zur koordinierten Abschaltung implementieren. Systematisches Ineinandergreifen von Security- und Safety-Ansätzen ist wichtig, weil künftige Bedrohungen nicht bekannt sind.

Um vernetzte Fahrzeuge gegen unbekannte Risiken zu wappnen, hilft nur die Verbindung aus adäquatem Key Management und sicherer Auslegung der Fahrzeugsysteme. Die Idee, erst bei konkreter Bedrohung zu reagieren, greift zu kurz. Grundlegende Mängel einer Sicherheitsarchitektur sind per Update nicht behebbar. Ohnehin sollten lästige Sicherheits-Updates wegen der begrenzten Datenübertragungsraten so selten wie möglich erfolgen.

Fazit: Risikowahrnehmung anpassen – Maßnahmenpakete schnüren

Die Vernetzung der Fahrzeuge setzt eine neue Risikowahrnehmung voraus. Die Masse von Fahrzeugen, die Frequenz ihrer Nutzung und ihre Anbindung an den externen Datenverkehr erhöhen die Wahrscheinlichkeit von Störfällen. Um daraus potentiell resultierende Schäden zu minimieren, müssen bislang oft isolierte Safety- und Security-Lösungen stärker ineinandergreifen.

Eine holistische Gesamtbetrachtung der Risiken im Vorfeld der Entwicklung ist die Grundvoraussetzung, um vernetzte Fahrzeuge zuverlässig gegen heutige und zukünftige Risiken abzusichern. Dabei muss über den gesamten Lebenszyklus hinweg die Maxime „Safe and Secure by Design“ gelten.

Rundum sicher

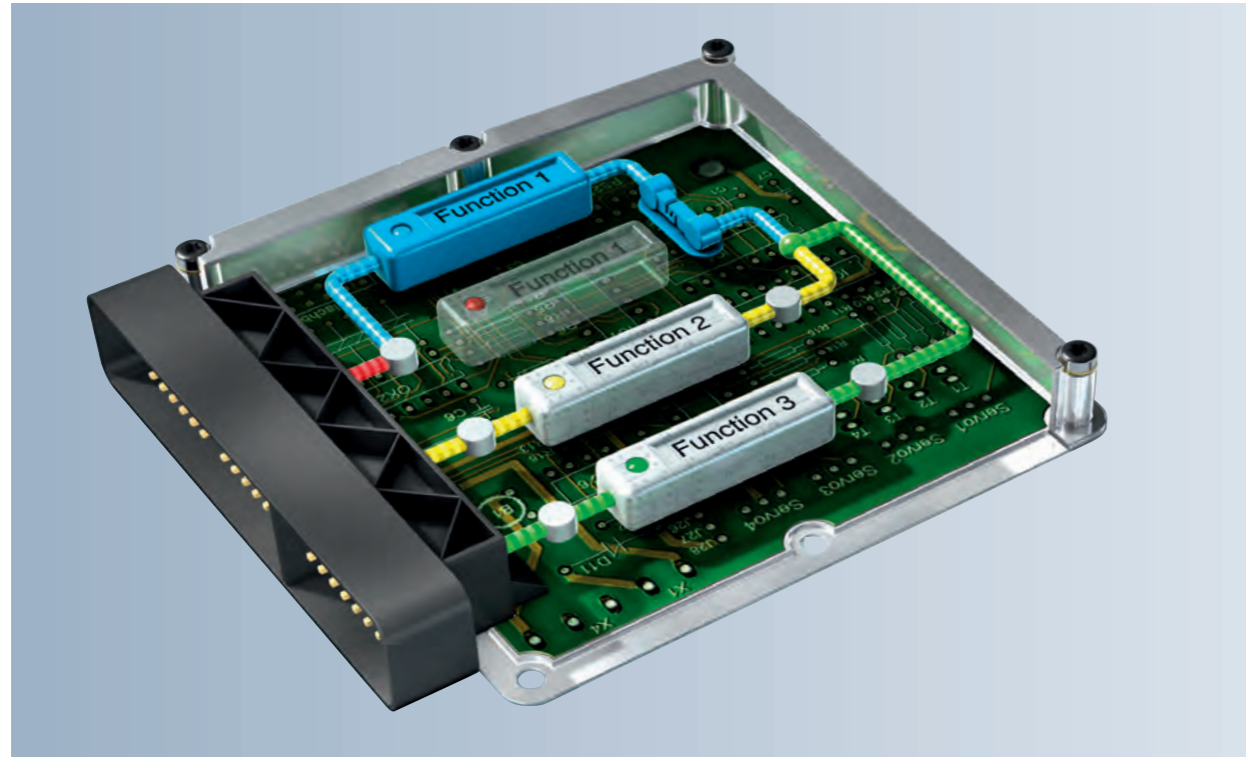
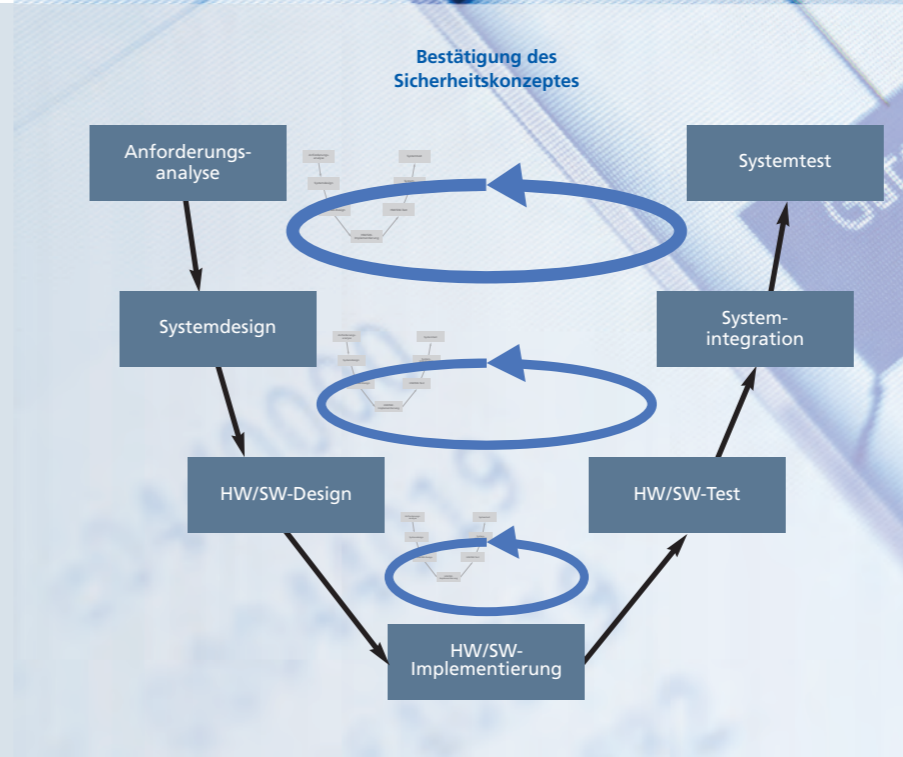


Bild 1:
Mit Freischnitt-Werkzeugen wie ETAS EHOOKS können gezielt Fehler eingeschleust werden, um die Robustheit des Systems zu testen.

Bild 2 (Grafik):
Das Sicherheitskonzept muss im gesamten Entwicklungszyklus betrachtet werden – nur testen reicht nicht aus.



Konsequenter Entwicklungsprozess für funktional sichere Steuergeräte

Wo verteilte Entwicklerteams mehrerer Unternehmen am selben Steuergerät arbeiten, wird funktionale Sicherheit auch zu einer Frage der Organisation. Im Prozess gilt es, methodisches Know-how, bewährte Entwicklungswerkzeuge und fachliche Expertise konsequent zusammenzuführen.

AUTOR

Dr. Simon Burton
ist Director Global Embedded Software Services bei der **ETAS GmbH**.

Mehr und mehr Funktionen im Fahrzeug werden durch Software in elektronischen Steuergeräten realisiert. Auch die steuergereiteübergreifende Verknüpfung von Softwarefunktionen nimmt stetig zu. In Modellen der Oberklasse sind es teils mehr als hundert Steuergeräte, die über Datenbusse vernetzt untereinander und mit den im Fahrzeug verteilten Sensoren kommunizieren. Zudem nimmt die Vernetzung nach außen rasch zu. Automobile wer-

den zu Netzwerkknoten einer komplexen vernetzten Verkehrswelt.

Diese Vernetzung verspricht sicheren, effizienteren Verkehr. Doch sie birgt auch Risiken. Diese liegen unter anderem im immer komplexeren Entwicklungsprozess der vernetzten Steuergeräte, in den oft global verteilte Teams involviert sind. Entwickler und Applikateure von Steuergeräteherstellern, deren Zulieferer sowie Entwickler der

Automobilhersteller wirken bei der Entwicklung der Steuergerätesoftware und Bedienung mit. So sind bei Motorsteuergeräten verschiedene Teams damit befasst, Einspritzung, Luftzufuhr, Zündzeitpunkte und weitere Parameter zu regeln. Zudem bestellen OEMs im Sinne der Liefersicherheit bei mehreren Zulieferern identische Steuergeräte, die für Endkunden nicht unterscheidbar sein dürfen. Unabhängig von ihrem Ursprung müssen diese Steuerger-

räte und ihre Software zuverlässig arbeiten. Sicherheitskritische Fehler sind tabu.

Sicherheit im kollaborativen Entwicklungsprozess

Wie lässt sich funktionale Sicherheit unter diesen Bedingungen gewährleisten? Noch dazu, wenn Softwarefunktionen auf mehrere Steuergeräte verteilt sind und nur Teile der Software ausgetauscht werden sollen? Ein Schlüssel zum Erfolg sind innovative Methoden und Werkzeuge. Etwa Virtualisierung, um die Software schon im Frühstadium in realistischen Strecken-, Umgebungs- und Fahrermodellen validieren zu können. Ein Werkzeug wie ISOLAR-EVE von ETAS erlaubt es,

kombiniert mit PC-Simulation in solche Tests einzusteigen, lange bevor ein Steuergeräteprototyp vorliegt. So fallen Fehler oder Fehlannahmen auf, ehe sie Schaden anrichten können. Auch können Entwickler im virtuellen Umfeld gefahrlos Grenzbereiche ausloten, was gerade das Auslegen sicherheitskritischer Assistenzsysteme deutlich erleichtert. Virtualisierung ist nur ein Baustein einer umfassenden Architektur. Sie muss den Entwicklungsprozess vorab strukturieren (Bild 2) und dabei klare Hierarchien in den Software-Architekturen und den mitwirkenden Teams definieren. Zudem ist enges Prozess-Monitoring unabdingbar. Regelmäßig sollten Assessments und Audits prüfen, ob die

Teams die abgestimmte Sicherheitsphilosophie beherzigen und alle Akteure Vereinbartes gleich verstehen. Die Grundlagen einer solchen Entwicklungsstruktur finden sich in Normen wie der ISO 26262.

Etablierte Regeln für Software- und Entwicklungsprozesse

Die Vorbereitung der Software-Entwicklung startet mit der Definition des Entwicklungsumfangs. Im Top-Down-Ansatz wird ausgehend von Gesamtsystem und Kontext erst der Funktionsumfang der Schnittstellen und die Interaktion mit anderen Systemen eingegrenzt. Es folgt eine strukturierte Gefährdungs- und Risikoanalyse, um die Wahrscheinlichkeit und Kontrollierbarkeit etwaiger

Fehler zu gewichten und das drohende Schadensmaß zu bewerten. Aus dieser eingehenden Analyse leiten sich verbindliche Sicherheitsziele ab. Sie sind fortan Richtschnur der Entwicklung – und müssen dafür zunächst auf konkrete Arbeitspakete für die Arbeitsgruppen heruntergebrochen werden.

Die Programmierung muss sich auf Regelwerke und bewährte Methoden stützen: Orientierung an Best Practice, Einhalten von Styleguides sowie die strukturierte Dokumentation und dezidierte Reviews und Code-Analysen. Zudem muss ein Testplan her: Wann und wie wird die Software in welchen Kontexten getestet? Unabdingbar sind Fault-Injection-Tests, in denen die Reaktion der Software auf gezielt eingebrachte Fehler abgeprüft wird. Dafür speisen Entwickler per Bypass-Tool, etwa EHOOKS von ETAS, fehlerhafte Daten ein. Anders als in früheren Tests mit ISOLAR-EVE geschieht das auf realer Hardware (Bild 1). Mit EHOOKS können Prüfingenieure Steuergeräte überlisten, indem sie deren interne Signale durch eingeschleuste fehlerhafte Signale ersetzen oder gezielt falsch bedaten. Als Schleuse dienen die Kalibrier- und Diagnoseschnittstellen des Steuergeräts. Die Fehlbedatung wird mit der Mess-, Applikations- und Diagnosesoftware ETAS INCA generiert.

Funktionen mit AUTOSAR sicher abgrenzen

In den so provozierten Ausnahmesituationen zeigt sich, ob sich Sicherheitsziele und Konzeption tragen. Robuste Software muss Fehler erkennen und den Betrieb des Steuergeräts aufrechterhalten oder in einen sicheren Zustand bringen. Doch es sind auch Vorkehrungen zu treffen, damit sich Fehler nicht ausbreiten.

Dabei hilft der AUTOSAR-Standard mit der Memory Protection: Entwickler können Software per Hardware-Support am Zugriff auf die Speicher anderer Softwarefunktionen hindern. Fehler bleiben so lokal begrenzt und können keine sicherheitsrelevanten Software-Applikationen beeinträchtigen.

Um die AUTOSAR-Mechanismen Memory Protection oder Timing Protection zu integrieren, müssen aber alle Projektbeteiligten ihre Softwarekomponenten als Quell- oder Objekt-Code offenlegen. Da diese Transparenz oft nicht gegeben oder gewünscht ist, hat ETAS den Hypervisor RTA-HVR entwickelt. Dieser kann ein Steuergerät in mehrere strikt voneinander getrennte, virtuelle Steuergeräte partitionieren und sicherheitsrelevante Funktionen so komplett voneinander abschotten. Zwischen den Partitionen ist Kommunikation wie bei verschiedenen Steuergeräten über definierte Schnittstellen nach vorab festzulegenden Regeln möglich.

Technische und organisatorische Partitionierung

Die Partitionierung hat einen weiteren großen Vorteil: Teams der verschiedenen Unternehmen können unabhängig voneinander Software entwickeln, da diese ja später abgeschirmt auf ihrer Partition läuft. Gegenseitiges Einsehen der Codes im Frühstadium ist nicht nötig. Allerdings setzt das parallele Entwickeln voraus, dass der Steuergerätehersteller den Prozess koordiniert und steuert. Im Eigeninteresse muss er alle Akteure auf die Sicherheitsziele sowie einen verbindlichen Fahrplan einchwören. Dieser legt fest, wann Entwicklungspartner welche Nachweise für die funktionale Sicherheit erbringen müs-

sen. Die Integration liegt dann beim Steuergerätehersteller. Er führt die bei seinen Zulieferern getesteten Softwarekomponenten samt Dokumentationen zusammen und erbringt letztlich den Gesamtnachweis der funktionalen Sicherheit.

Umsichtige Projektsteuerung

Zu den Steuerungsaufgaben gehört es, Vorannahmen ständig zu validieren, zu plausibilisieren – und wo nötig nachzujustieren. Auch müssen alle Partner stets den neuesten Stand kennen. Der Aufwand zahlt sich aus: Wo eine gemeinsame Sicherheitsphilosophie Richtschnur der Entwicklung ist, sinkt der Testaufwand und es bleiben kostspielige, nervenaufreibende Korrekturen in der Endphase der Entwicklung aus. Bei laxer Projektsteuerung drohen Probleme: Denn Audits und Assessments fördern oft unterschiedliche Interpretationen von Sicherheitszielen, Vorannahmen und Normen zu Tage, aus denen ohne gezieltes Gegensteuern teure Fehlerketten entspringen können. Aus diesem Grund sind Überprüfungen in der Sicherheitsnorm ISO 26262 fest verankert.

Fazit

Funktionale Sicherheit von Steuergerätesoftware lässt sich auch im komplexen kollaborativen Entwicklungsprozess gewährleisten. Das setzt aber mehr voraus als nur Expertise in der Steuergeräte-Entwicklung. Vielmehr gilt es, eine normgerechte Entwicklung und moderne Methoden wie die Validierung im virtuellen Umfeld in einen strukturierten, sorgfältig gesteuerten Entwicklungsprozess einzubetten. Mit Werkzeugen, Services und Consulting bietet ETAS für jede Projektphase die richtigen Lösungen.



Quelle: Robert Bosch GmbH

Wird das Auto zum rollenden PC?

Sicherheit für vernetzte und automatisierte Fahrzeuge

Frankfurt, IAA 2015. Nunmehr zum 66. Mal zeigte die Automobilindustrie ihre Innovationen der breiten Öffentlichkeit. Der Trend zu noch mehr Elektronik im Fahrzeug geht ungebrochen weiter. Doch wer soll die Komplexität noch beherrschen? Und ist alles sicher? In diesem Jahr waren auch die Experten von ESCRYPT mit Kunden darüber im Gespräch.

Teilautomatisiertes Fahren, Connectivity, also die Vernetzung, und neue Antriebe zählten zu den Hauptthemen der IAA 2015. Diese Trends bringen den Nutzern viele Vorteile. Unsere Autos werden sicherer, sauberer, sparsamer und bieten zahlreiche neue Funktionen. Beispielsweise wird es zukünftig möglich sein, verschiedene Werkstatt-Updates über das Internet „Over-the-Air“ auf das Fahrzeug aufzuspielen. Werden unsere Autos also zu rollenden PCs? Klares Nein! Sicherlich wird vieles aus der IT-Branche in unseren Fahrzeugen Einzug halten. Dennoch gibt es hierbei vieles zu beachten. Das betrifft zuallererst die Sicherheit. Hier sind

die Anforderungen deutlich weitreichender als bei der IT. Bremsysteme, Spurassistenten und Abstandswarner sind nur einige Beispiele. Sie müssen immer und überall funktionieren, auch wenn mal ein Sensor versagt oder ein Kabel bricht. Und auch wenn das x-te Update installiert ist. Doch was ist dafür notwendig? Diese Fragen haben unsere Experten auf der IAA mit Kunden am Bosch-Stand diskutiert. Alle waren sich einig: Eine einzelne Maßnahme reicht hier nicht aus, vielmehr ist eine ganzheitliche Lösung gefragt. Intelligente Werkzeuge, eine durchdachte E/E-Architektur, sichere Basissoftware, lückenlose Prozesse und

nicht zuletzt Expertenwissen machen unsere Autos erst richtig sicher. Und hier können ETAS und ESCRYPT einiges beitragen. Neben Werkzeugen zur Virtualisierung in frühen Entwicklungsphasen und der sicheren Software-Entwicklung spielt auch unser Experten-Consulting eine immer größere Rolle. Bei der Absicherung gegen unerlaubten Zugriff – der Security – kommen dann die Kollegen von ESCRYPT ins Spiel. Sie können Fahrzeuge in mehreren Ebenen absichern. Dass ich selbst an unsere Fähigkeiten glaube, beweise ich jeden Morgen, wenn ich ins Auto steige. Vertraue ich doch mein Leben dem Können meiner Kollegen und Kunden an.

AUTOR

Jürgen Crepin
ist Senior Expert
Marketing-
kommunikation
bei der **ETAS
GmbH.**

Schutz vor unbefugtem Zugriff

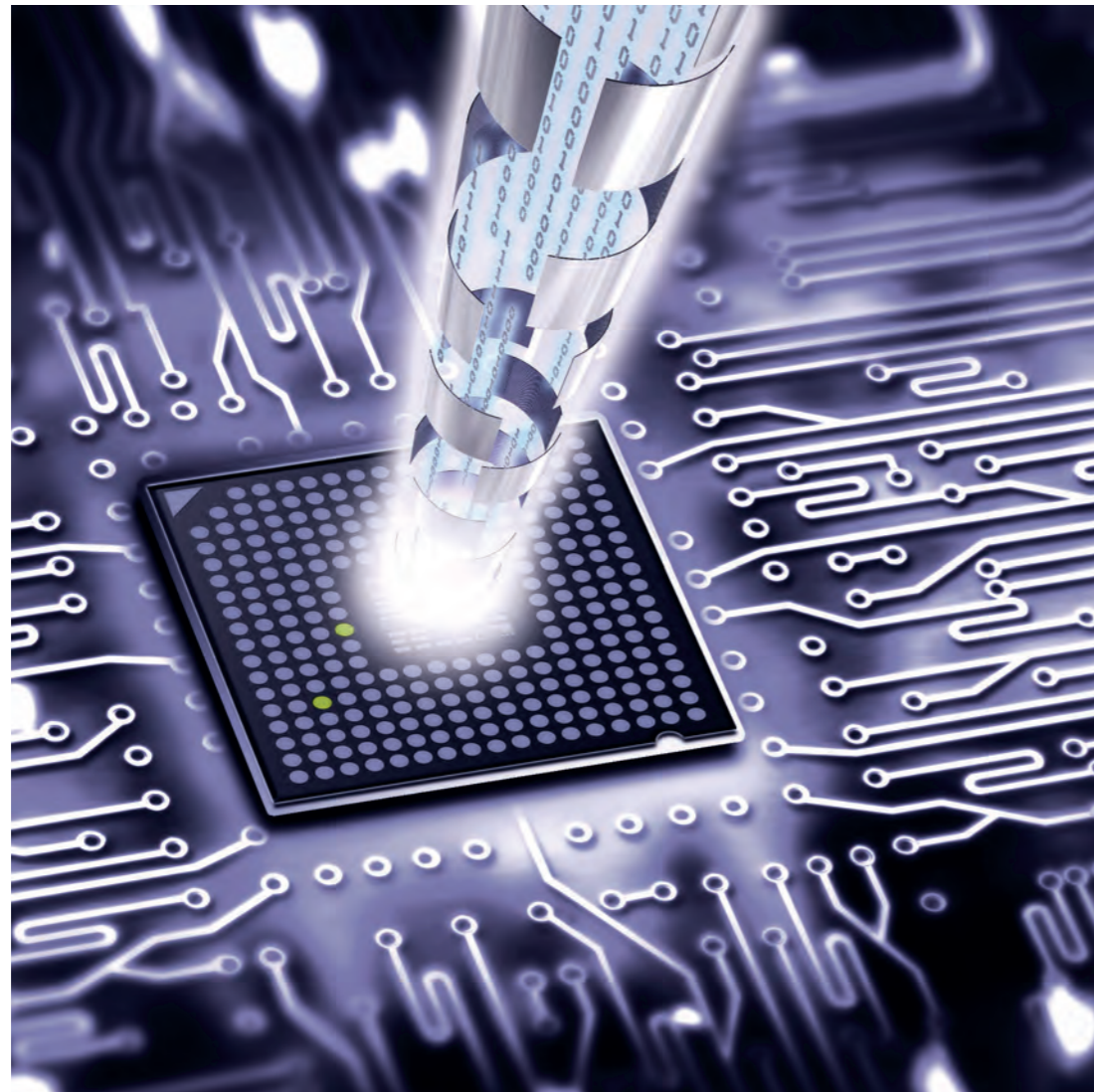
Intelligentes Miteinander von Soft- und Hardware schirmt Steuergeräte ab

Vernetzte Fahrzeugsysteme brauchen Schutz vor unbefugten Zugriffen. Hardware Security Modules (HSMs) bieten ihn, waren aber bisher nicht für den Einsatz im Automobil geeignet. Das Bosch HSM und seine Implementierungen verschiedener Halbleiterhersteller ändern das. Pünktlich zum Markthochlauf hat ESCRYPT mit CycurHSM eine passende Firmware auf den Markt gebracht. Mit ihr wird das HSM zum Sicherheitsdienstleister für Fahrzeugsteuergeräte.

AUTOREN

Christopher Pohl ist Senior Security Engineer bei der **ESCRYPT GmbH** in Bochum.

Dr. Frederic Stumpf leitet die **ESCRYPT-Niederlassung** in Stuttgart.



Ein **Seitenfenster** ist eingeschlagen. Airbags und Navi fehlen. Extrem ärgerlich. Aber zumindest erkennbar. Dagegen sind unbefugte Eingriffe in die Fahrzeug-IT eine unsichtbare Bedrohung, deren Risikopotential durch die zunehmende Vernetzung von Fahrzeugen und ihrer Steuergeräte (Electronic Control Units, ECUs) wächst.

Abwehrstrategien gegen Hackerangriffe, Virenkontamination oder unbefugte Uploads müssen her. Bosch hat das vor einigen Jahren erkannt und Hardware Security Modules (HSM) als geeignete Schutztechnologie identifiziert. Solche Module haben einen eigenen Prozessorkern, eigene RAM-, ROM- und Flash-Speicher sowie spezifische Sicherheits-Features. Allerdings waren verfügbare HSMs zu teuer, empfindlich und funktional eingeschränkt. Bosch entwickelte darum Spezifikationen für ein Automotivetaugliches HSM und teilte diese im Sinne zügiger Marktdurchdringung mit Halbleiterherstellern. Diese Strategie geht auf: Diverse Hersteller haben Derivate des Bosch HSMs realisiert, die nun auf den Markt drängen.

Standardisierter Software-Stack für Bosch HSM und deren Derivate

Seit Juli 2015 gibt es auch die passende Firmware: CycurHSM von ESCRYPT. Im intelligenten Zusammenspiel mit der Hardware schirmt sie Fahrzeugsysteme in jeder Betriebsphase gegen unbefugte Zugriffe ab – beim Booten, während des laufenden Betriebs und auch beim Aufspielen von Software-Updates oder -Upgrades. Hard- und Software arbeiten dabei Hand in Hand. Das Bosch HSM verfügt

neben Prozessor und Speicher über einen True-Random-Number-Generator (TRNG), der echte Zufallszahlen generiert. Zudem erlaubt eine Beschleuniger-Hardware blitzschnelles Rechnen von kryptographischen Nachrichten-Authentifizierungscodes gemäß dem Advanced Encryption Standard (AES). Auf Basis dieser Hardware hat ESCRYPT die Funktionen „Secure Boot“, „Runtime Tuning Detection“ und „Secure Flashing“ in CycurHSM realisiert. Die Software setzt zudem auf RTA-OS von ETAS auf, das als Echtzeit-Betriebssystem für Automotive-Einsätze entwickelt wurde.

Volle Flexibilität bei der Hardware-Auswahl

Als Mitte 2013 die Überlegungen zu CycurHSM begannen, war es die Vision von ESCRYPT, einen standardisierten Software-Stack für das Bosch HSM und all seine Derivate zu entwickeln. Dieses Ziel ist erreicht: Die Standardisierung auf Software-Ebene erlaubt Kunden freie Auswahl der Controller – trotz aller Unterschiede der Hardware-Auslegung. Entsprechend der offenen Philosophie ist CycurHSM zudem nicht nur mit AUTOSAR kompatibel, sondern dank seiner CSAI-Schnittstelle (Client Server Architecture and Interface) auch für alle Anwendungen abseits dieses Standards.

Umfassender Schutz

CycurHSM ist in das modulare Produktportfolio von ESCRYPT eingebettet. So auch die „Secure Flashing“-Funktion der Firmware. Über diese müssen sich Absender von Updates oder Upgrades authentifizieren. Die dafür benötigten geheimen Schlüssel werden im Back-

end des Automobilherstellers oder eines spezialisierten Dienstleisters erzeugt und nur an vertrauenswürdige Partner weitergegeben. ESCRYPT bietet solches Key Management samt Abwicklung in Hochsicherheitsrechenzentren an. Oder wahlweise auch nur die Lizenzen für Software zum Erzeugen von solchen kryptographischen Schlüsseln. Gerade in Hinblick auf Car-to-X-Kommunikation und Over-the-Air-Updates benötigen Fahrzeuge Torwächterfunktionen wie das „Secure Flashing“. Kann ein Absender die digitalen Signaturen nicht liefern, verwehrt ihm das HSM den Datentransfer. Auf Verschlüsselungs-Know-how basiert auch die „Secure Boot“-Funktion in Cycur-HSM. Beim Booten kann diese anhand geheimer Schlüssel zweifelsfrei erkennen, ob Steuergerätesoftware noch authentisch ist.

Beim Hochfahren prüft dafür jede gestartete Komponente in der Boot-Chain der Steuergeräte die Integrität der jeweils nächsten. Das stellt sicher, dass Schadsoftware spätestens beim nächsten Start erkannt wird; selbst wenn sie über vertrauenswürdige Quellen an Bord gelangt – etwa ein Diagnosegerät in der Werkstatt. Da das HSM jede Veränderung aufzeichnet, bleibt Manipulation auch dann nachweisbar, wenn der Originalzustand der Steuergerätesoftware wiederhergestellt wird. So schafft CycurHSM quasi nebenbei Rechtssicherheit im Graubereich des Chiptunings. Im laufenden Betrieb überprüft die „Runtime Tuning Detection“ von CycurHSM zyklisch, ob die Steuergerätedaten noch authentisch sind. Diese Überprüfung anhand symmetrischer AES-Signaturen erfolgt

dank Beschleuniger-Hardware hoch-effizient.

Mit „Secure On-Board Communication“ bietet CyscurHSM eine vierte Funktion, um den Datenaustausch von ECU zu ECU im Fahrzeug zu schützen. Sie schützt den Datenverkehr auf dem Fahrzeugbus gegen Angriffe, die z. B. Drahtlos-Schnittstellen im Fahrzeug als Einfallstor nutzen. Dafür versieht CyscurHSM die Daten auf ihrem Weg von ECU zu ECU mit AES-basierten Nachrichten-Authentifizie-

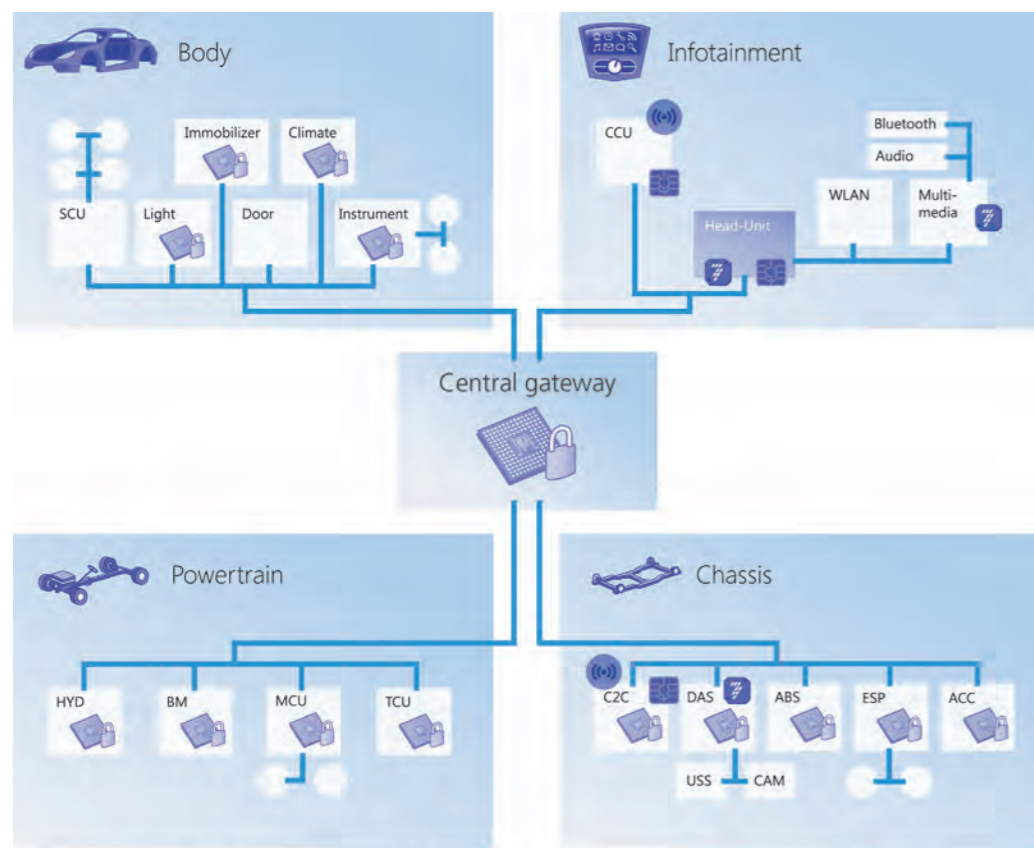
rungscodes und nimmt den beteiligten Steuergeräten das Generieren und Verifizieren der Codes ab. Es erledigt alle kryptographischen Rechenoperationen und das Verwalten der Schlüssel – agiert also wie ein integrierter Sicherheitsdienstleister der Steuergeräte.

Ausblick

ESCRYPT ist überzeugt, dass sich die HSM-Technologie im Laufe der nächsten zehn Jahre zur Standardausstattung von Neufahrzeugen

entwickeln wird. Mit der standardisierten Software CyscurHSM wird ein wichtiger Baustein geliefert, um der Technologie zum Durchbruch zu verhelfen. Im Zusammenspiel mit der HSM-Hardware schützt sie die sicherheitsrelevanten IT-Systeme im Fahrzeug vor unbefugtem Zugriff. Auch mit Blick auf die rasch voranschreitende Vernetzung ist das eine zukunftssichere Lösung.

Fahrzeug-Bordnetz in 202x.



- | | | | | | |
|-----|----------------------------|-----|------------------------------|---------|---|
| SCU | Seat Control Unit | TCU | Transmission Control Unit | ACC | Adaptive Cruise Control |
| CCU | Communication Control Unit | C2C | Car-to-Car Communication | USS | Ultrasonic Sensor |
| HYD | Hybrid Drive | DAS | Driver Assistance System | CAM | Camera |
| BM | Battery Management | ABS | Anti-lock Braking System | IC/UICC | Integrated Circuit/ Universal Integrated Circuit Card |
| MCU | Motor Control Unit | ESP | Electronic Stability Program | | |

Viel Spaß beim Hacken!

Erster ETAS-Hackathon fand in der Unternehmenszentrale statt

Wikipedia definiert einen Hackathon, auch Hack Day, Hackfest oder Codefest genannt, als „ein Event, bei dem Programmierer und andere Akteure aus der Software- und Hardware-Entwicklung [...] gemeinsam intensiv an Softwareprojekten arbeiten“. Weiterhin heißt es: „Einige Hackathons dienen lediglich informativen oder gesellschaftlichen Zwecken, viele zielen aber auch auf die Entwicklung betriebsfähiger Software ab.“

Vor kurzem veranstaltete die Software-Entwicklungsabteilung von ETAS am Unternehmenssitz in Stuttgart-Feuerbach den ersten ETAS-Hackathon. Der Wunsch der Mitarbeiter, ihre Kreativität und Experimentierfreude auch außerhalb des Arbeitsalltags auszuleben, ist dem ETAS-Management ein wichtiges Anliegen. Zur Vorbereitung des eintägigen Hackathons wurden also Themen gesammelt und diskutiert sowie aus den 25 teilnehmenden Kollegen Teams gebildet.

„Die Bandbreite der Themen und die Qualität der Ergebnisse sind einfach toll“, so Dr. Alexander Burst, Leiter der Software-Entwicklung bei ETAS. „Ich bin sehr beeindruckt, wie gut die Teams sich organisiert und mit anderen Gruppen interagiert haben. Der Hackathon war als Experiment geplant und angesichts des positiven Feedbacks der Kollegen werden wir ihn sicherlich wiederholen“, führt Dr. Burst fort.

Das Siegerteam wurde von den Teilnehmern benannt und überzeugte mit seiner Erweiterung für ETAS ASCET: Das führende Produkt für die modellbasierte Entwicklung von Embedded Software für elektronische Steuergeräte im Automotive-

Bereich kann nun mit zwei neuen Plattformen, Arduino und Lego Mindstorms, arbeiten, die besonders an Universitäten sowie bei Computerfreaks und Erfindern beliebt sind. Bei der Präsentation seiner Ergebnisse erweckte das Team dann zwei Modellautos mit Hilfe einfacher Funktionen für autonomes Fahren zum Leben. „Auf Grundlage unseres Demons-

trators können wir jetzt eine Komplettlösung zusammenstellen, mit der wir Nachwuchingenieure an ASCET und die Marke ETAS heranzuführen. Das wird sich langfristig auszahlen“, sind sich die Projektinitiatoren Abhik Dey und Timon Reich sicher. Und sie werden in Zukunft bestimmt nicht nur dieses Thema bearbeiten. In diesem Sinne: Viel Spaß beim Hacken!

AUTOREN

Wolfram Liese ist Gruppenleiter für Visualization and Optimization Software bei der **ETAS GmbH**.

Dr. Peter Wegner ist Gruppenleiter für die INCA Core-Software-Entwicklung bei der **ETAS GmbH**.



Die Gewinner: Holger Ruf, Frank Beckmann, Patrick Engel, Abhik Dey und Timon Reich (v.l.n.r.).

AUTOSAR verlässt die Straße

Automotive-Standard hält Einzug bei Landwirtschafts- und Baumaschinen

Ein Jahrzehnt nach seiner Einführung hält der AUTOSAR-Standard nun Einzug bei Landwirtschafts- und Baumaschinen. Aus Kosten- und Qualitätsgründen ist das sinnvoll, die Fahrzeughersteller sollten die Umsetzung aber genau planen.

AUTOSAR schreibt eine Erfolgsgeschichte. Nur zwölf Jahre nach Einführung zählt AUTOSAR (Automotive Open System Architecture)¹ zu den wichtigsten Standards in der Automobilbranche. Das hat Gründe: AUTOSAR-konforme Softwarefunktionen sind unabhängig von Hardware- und Software-Anbieter austauschbar und lassen sich wiederverwenden. Das jüngste Release weist nun über die Straße hinaus und nimmt auch Off-Highway-Fahrzeuge ins Visier. Erste Hersteller von Land- und Baumaschinen setzen auf den Standard. Andere wägen noch ab, ob ihnen AUTOSAR Vorteile bringt.

Ein erfolgreicher Standard

Knapp 180 Unternehmen weltweit sind der Entwicklungspartnerschaft AUTOSAR beigetreten, um den Standard für Software-Architektur, Schnittstellen und Methoden zur Konfiguration und Generierung von Steuergerätesoftware weiterzuentwickeln und zu nutzen. Kern ist das AUTOSAR-Schichtenmodell (Grafik), das es ermöglicht, Softwarekomponenten verschiedener Anbieter unabhängig von der Zielhardware über mehrere Produktgenerationen hinweg einzusetzen.

Spezifische Anforderungen für Landwirtschafts- und Baumaschinen

Der Einsatz im Off-Highway-Bereich setzt einige Vorüberlegungen voraus.

Zwar sind Steuerungen für Automobile, Landmaschinen und Baumaschinen prinzipiell ähnlich, zumal dieselben Mikrocontroller-Familien im Einsatz sind. Doch gibt es Unterschiede:

- Wegen geringerer Stückzahlen sind die Entwicklungskosten pro Steuergerät im Off-Highway-Bereich höher, was oft durch Wiederverwendung von Hard- und Software-Designs auf der Basis „generischer“ Steuergeräte kompensiert wird.
- Fahrzeughersteller entwickeln Software überwiegend inhouse. Nur die Board Support Packages stammen von Tier 1-Zulieferern.
- Vielfältige Anbaugeräte steigern die ohnehin hohe Varianz der Fahrzeuge und mit ihr die Varianz der Softwarefunktionen. Flexible Software-Architektur und Systemkonfiguration sind gefragt.
- Branchenspezifische Standards wie die Kommunikationsprotokolle J1939, ISOBUS, Profibus und CANOpen sowie die ISO 25119² „Functional Safety for Tractors and Machinery for Agriculture and Forestry“ sind einzuhalten.

Neben den Unterschieden gibt es eine Gemeinsamkeit: Hersteller von Land- und Baumaschinen wollen, wie Automobilhersteller, im Sinne der Qualität und Effizienz möglichst viele Softwarekomponenten wiederverwenden. Dafür bietet ihnen die AUTOSAR-Software-Architektur

den optimalen Rahmen. Und zwar gleichwohl für anwendungsspezifische Aufgaben wie das Steuern einzelner Geräte als auch für Systemdienste wie z. B. das Netzwerkmanagement. Die Hersteller können so die Entwicklung auf System- und Softwarefunktionen mit Mehrwert für Endkunden konzentrieren und ansonsten handelsübliche Standardsoftware kaufen und einsetzen.

Anforderungen an funktionale Sicherheit

Diese Modularität birgt Risiken in der funktionalen Sicherheit. So könnten Fehler zugekaufter Module sicherheitsrelevante Funktionen stören. Vor der Integration von Softwaremodulen aus verschiedenen Quellen muss das ausgeschlossen werden. Hier hilft der Standard ISO 25119. Er definiert Maßnahmen, die u. a. durch Software-Partitionierung sicherstellen, dass Fehler lokal isoliert bleiben. Daneben sichern Multicore-Systeme, Scheduling und Watchdog-Mechanismen die Kommunikation zwischen Steuergerät und Softwarekomponenten ab. AUTOSAR unterstützt die Maßnahmen der ISO 25119 durch eigene Software-Partitionierungsmechanismen. Ihr Einsatz ist gerade für Universalsteuergeräte ratsam, die in der Regel von verschiedenen Partnern entwickelt werden und die dennoch höchste Sicherheitsanforderungen erfüllen müssen. Der Standard gibt

eine Richtschnur vor, fördert die Orientierung an Best Practices der Software-Entwicklung und hilft beim Aufdecken von Schwächen auf Hardware-Ebene.

Werkzeuge und Prozesse als Erfolgsfaktoren

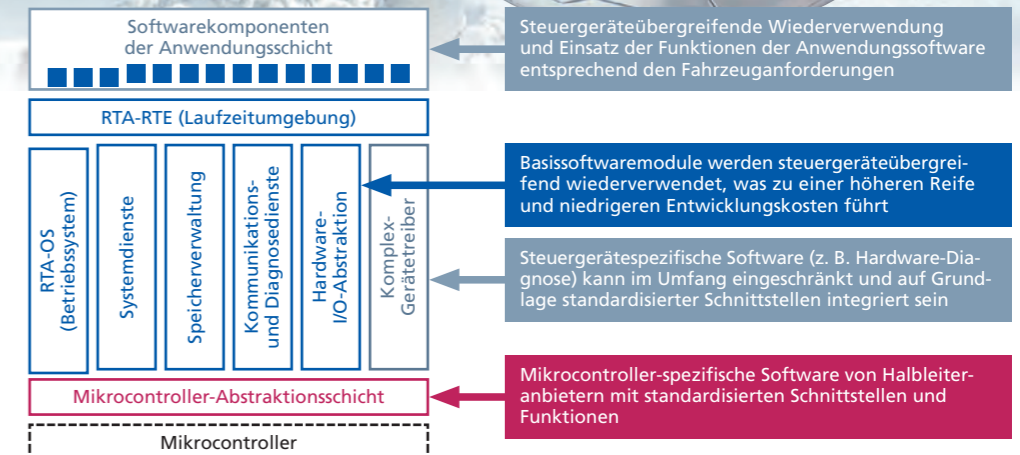
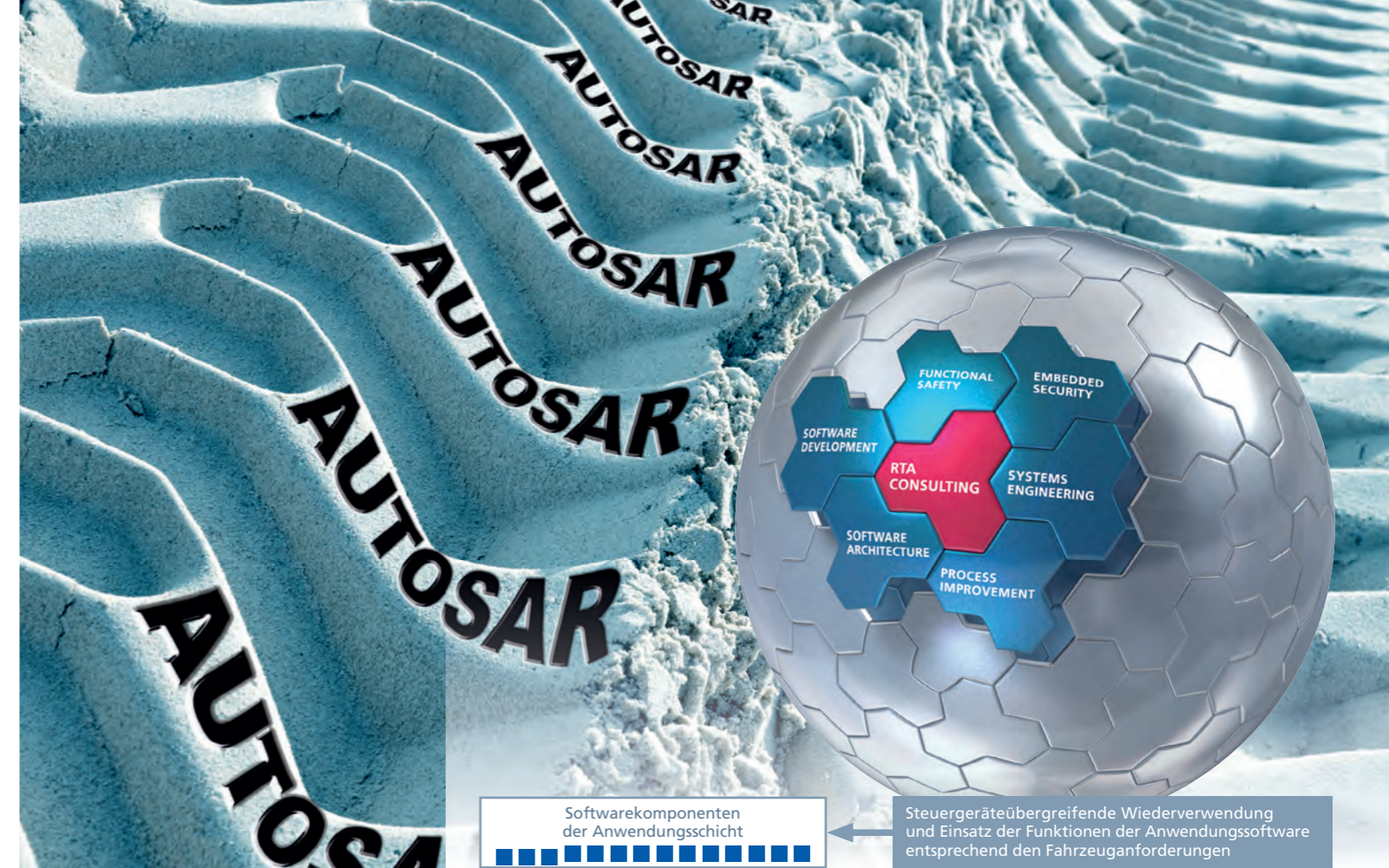
Für den erfolgreichen Einsatz der Sicherheitsmechanismen von AUTOSAR ist ein durchdachter Entwicklungsprozess erforderlich, der auch die verfügbaren Ressourcen und Budgets berücksichtigt. Wo diese begrenzt sind und zudem Erfahrung fehlt, ist kompetente Beratung ratsam. Der Bereich RTA (Real Time Architect) Solutions³ von ETAS zur Entwicklung kundenspezifischer Embedded Software blickt auf zahlreiche Off-Highway- und Schwerlastprojekte zurück und bietet umfassenden Support für die Migration nach AUTOSAR. Grundsätzlich sprechen Kosten- und Qualitätsgründe dafür, dass Hersteller von Land- und Baumaschinen

auf standardisierte AUTOSAR-Softwarekomponenten und eine entsprechende Entwicklungsumgebung zugreifen. Unterstützung bietet auch der Verein COMASSO⁴, dem schon mehrere Nutzfahrzeughersteller wie Caterpillar, CNH Industrial, MAN und Bosch Rexroth beigetreten sind. Sie finden hier hochwertige Serienprodukte sowie lizenzfreie Referenzimplementierungen von AUTOSAR-Standardkomponenten. Auch in Off-Highway-Fahrzeugen stößt diese Initiative auf zunehmendes Interesse.

Zusammenfassung

AUTOSAR bietet Herstellern von Landwirtschafts- und Baumaschinen großes Potential, um Embedded Software flexibel und in hoher Qualität zu entwickeln. Durch Wiederverwendung und Zukauf ausgereifter Softwarekomponenten sind spürbare Kostensenkungen möglich. Allerdings gilt es, Aspekte der funktionalen Sicherheit und die Organisation der Prozesskette im Detail zu planen. ETAS kann hier vielfältig unterstützen.

Quellen:
¹) www.autosar.org
²) ISO 25119, Functional Safety for Tractors and Machinery for Agriculture and Forestry – Safety-related parts of control systems, First edition 2010-06-01
³) www.etas.com/en/products/solutions_real_time_applications.php
⁴) www.comasso.org



Grafik:
Schichtenmodell der AUTOSAR-Software-Architektur.

AUTOREN

Dr. Simon Burton
ist Director Global Embedded Software Services bei der **ETAS GmbH**.

Jürgen Crepin
ist Senior Expert Marketingkommunikation bei der **ETAS GmbH**.

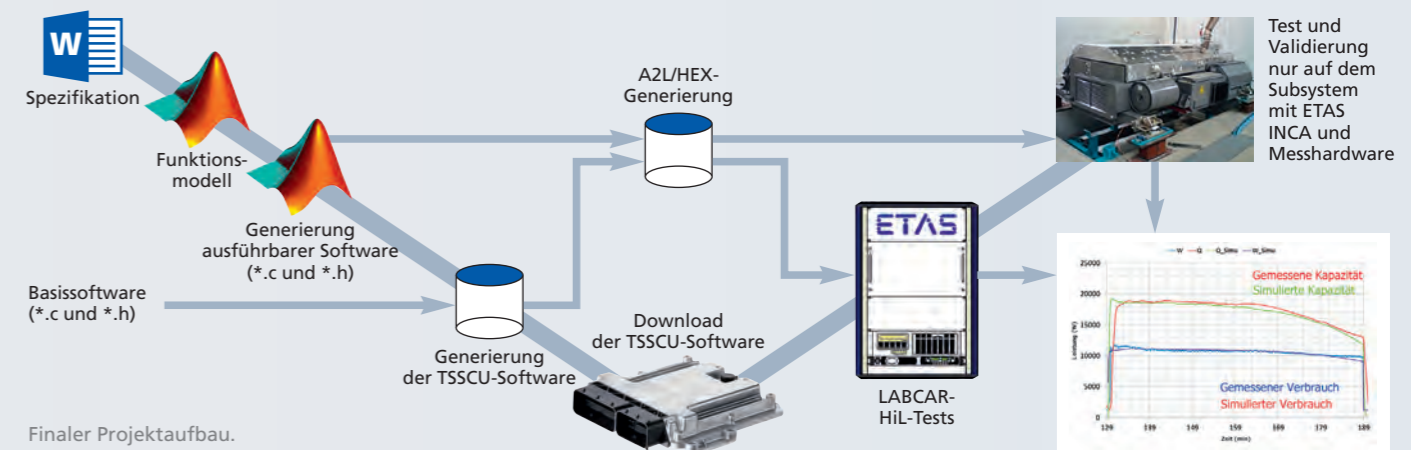
Daniele Garofalo
ist Senior Manager Embedded Software and Safety Consulting im **ETAS Center of Embedded Excellence** in York, Großbritannien.



LABCAR in der Spur

Hardware-in-the-Loop-System von ETAS validiert Subsystem von Zügen

In der Bahnbranche spielt Simulation bei der Entwicklung und Validierung neuer Produkte eine entscheidende Rolle, denn ein Zug-Subsystem lässt sich nur während der Fertigung des ersten produzierten Zuges validieren. Auch wenn alle Hardwarekomponenten auf dem Prüfstand des Zulieferers validiert werden können, ist dies bei der Subsystemsteuerung nur direkt am Zug möglich. Ist der erste Zug erst fertiggestellt, können Modifikationen oder der Einbau zusätzlicher Sensoren und Aktoren die Markteinführung verzögern und zu erheblichen Nachrüstungen führen.



Um das Risiko von Mehrkosten und nachträglichen Anpassungen zu verringern, muss die Validierung bereits frühzeitig im Simulationsprozess erfolgen. Dafür benötigt man aber das richtige Werkzeug. Angesichts der wachsenden Anzahl von Steuergeräten in Zug-Subsystemen suchte Alstom Transport nach Tools, mit denen sich das Subsystem noch vor seiner Integration in den Zug validieren lässt. Das Unternehmen entschied sich zur Validierung eines Zug-Subsystems für das Hardware-in-the-Loop-System ETAS LABCAR, da ETAS zu den weltweit führenden Anbietern für Lösungen rund um den Entwicklungsprozess von Embedded Software für die Automobilindustrie zählt.

Steuereinheit für das Zug-Subsystem

Bei der Steuereinheit für das Zug-Subsystem handelt es sich um eine modulare Steuereinheit für verschiedene Anlagen, wie Stromerzeugungsaggregate, Antriebsstrang und Klimatisierung. Zur Vorabvalidierung des Anlagenverhaltens und zur

Prüfung der Kommunikationsnetzwerke benötigt man zwingend ein eigenes Hardware-in-the-Loop(HiL)-System. Als Kommunikationsnetzwerke kommen derzeit SAE J1939 und künftig Common Industrial Protocol (CIP) und Multifunction Vehicle Bus (MVB) zum Einsatz.

Projektherausforderungen

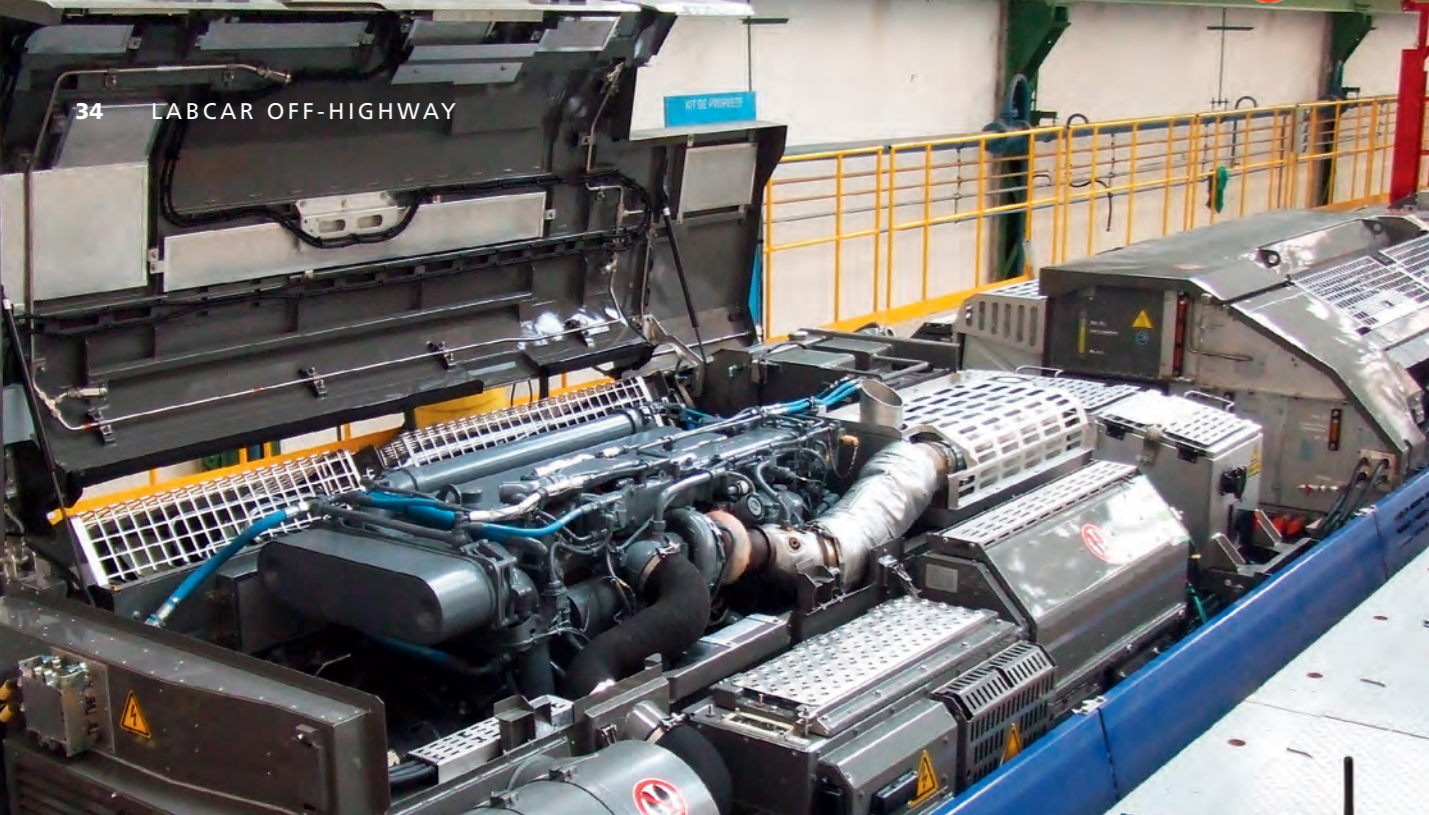
Alstom entwickelt aktuell die Anwendungssoftware für das TSSCU-Steuergerät. Die erste Herausforderung bestand darin, ein Tool für Model-in-the-Loop(MiL)-Tests zu entwerfen. Dies gelang durch Zusammenführung eines Modells der Steuergerätesoftware und eines Dymola-Anlagenmodells mit Hilfe der Versuchsumgebung ETAS LABCAR-OPERATOR und des Echtzeit-Simulationstargets RTPC (Real-Time PC) von ETAS. Als nächstes musste Alstom auf dem fertigen LABCAR-Prüfstand HiL-Tests mit der echten TSSCU-Hardware durchführen.

Zu diesem Zweck wurde eine extrem robuste und zuverlässige VME-Architektur mit High-End-I/O-Boards

AUTOREN

Hervé Scelers ist Subsystem Control and Validation Manager bei **Alstom Transport** in Reichshoffen, Frankreich.

Julien Mothré ist Field Application Engineer Test and Validation Systems bei **ETAS** in Saint-Ouen, Frankreich.

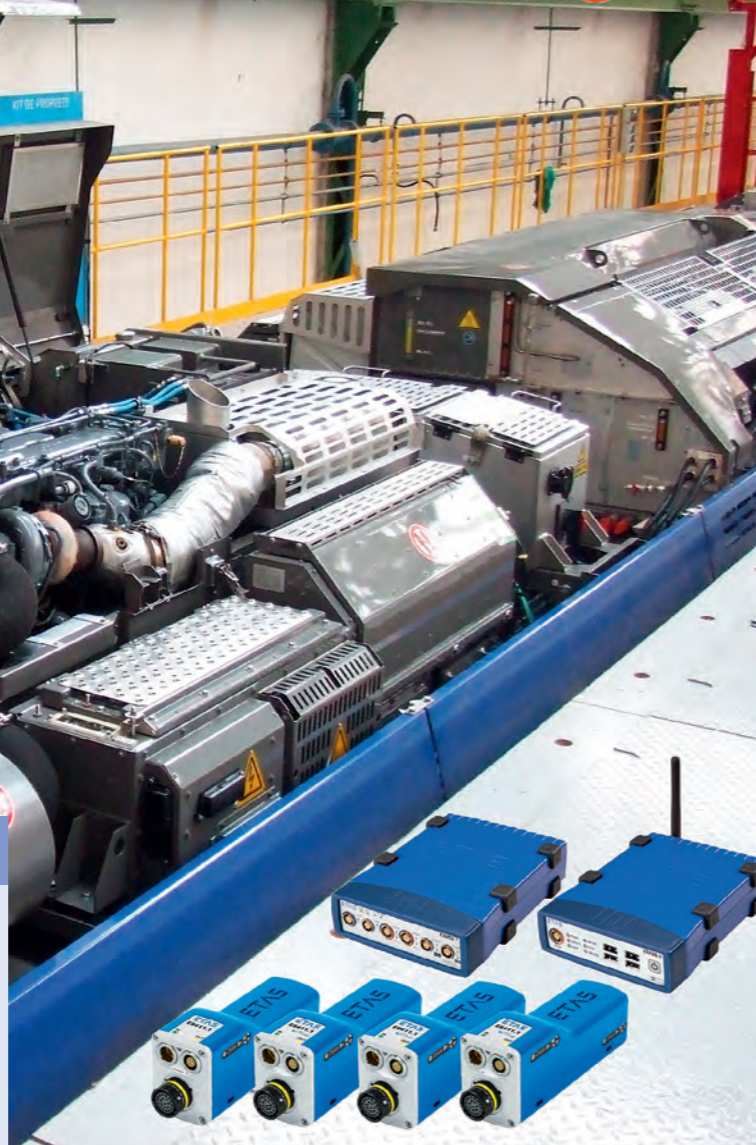


Über Alstom Transport

Alstom Transport entwickelt und vertreibt ein umfassendes Portfolio von Schienenfahrzeug- und Signalsystemen sowie Dienstleistungen für die Bahnindustrie. Zu den größten Erfolgen zählen die Serienproduktion des französischen Hochgeschwindigkeitszuges TGV mit über 650 verkauften Konfigurationen in den vergangenen 25 Jahren und der Hochgeschwindigkeitstriebwagen AGV, der im Februar 2008 vorgestellt wurde und seit 2012 beim italienischen Betreiber NTV im Dienst ist. Darüber hinaus produziert Alstom Straßenbahnen (1.900 Niederflurstraßenbahnen vom Typ Citadis in mehr als 50 Städten der Welt), U-Bahnen und Regionalzüge (1.200 Coradia-Nahverkehrszüge in neun Ländern) sowie S-Bahnen (4.600 einstöckige Elektrotriebwagen vom Typ X'Trapolis, eingesetzt in Ländern wie Australien, Spanien und Südafrika).

konzipiert. ETAS entwickelte für das Projekt eine spezielle, flexible Lastbox mit Kabelbaum. Die finale Einrichtung inklusive Einführung erfolgte vor Ort beim Kunden.

Dank der Unterstützung von ETAS Frankreich verfügt Alstom nun über das nötige Know-how, um aktuelle und künftige Konfigurationen selbst vorzunehmen und zu pflegen.



Neben LABCAR benötigte Alstom Transport auch eine robuste Messwerkzeugkette. Die Datenerfassung und -kalibrierung erfolgt nun zum Teil mit INCA und Messhardware wie ES592, ES720 und ES411 von ETAS.

Zusammenfassung

- Vergleiche der Ergebnisse des HiL-Testsystems mit denen des echten Subsystems zeigten, dass Alstom Transport sein Ziel erreicht hat. Das heißt, die Simulation kann das tatsächliche Verhalten des Subsystems vorausberechnen.
- Dank des aktiven Coachings der Mitarbeiter von Alstom Transport während der Projektentwicklung können die Benutzer das System nun allein bedienen. Das nächste HiL-Upgrade führte Alstom mit minimaler Unterstützung des ETAS-Helpdesks selbständig durch.
- In der Spezifikationsphase und beim Aufbau des HiL-Systems entwickelten ETAS und Alstom gemeinsam eine modulare, skalierbare Architektur.
- Da das System offen gegenüber Drittanbieter-Hardware und Protokollintegration ist, ist LABCAR auch eine sichere Investition für künftige Steuergerätegenerationen, wie zum Beispiel Multifunction Vehicle Bus (MVB) und Common Industrial Protocol (CIP).

ABS auf der Schiene

Knorr-Bremse setzt auf ETAS ASCET

Ohne Hochgeschwindigkeitszüge sind effiziente Verkehrsinfrastrukturen moderner Industrieländer nicht realisierbar. Dabei stellen die Reisegeschwindigkeiten der Züge von 250 km/h und mehr sowohl an die Mechanik als auch an die Steuerungselektronik der Bremssysteme höchste Ansprüche. ETAS-Werkzeuge helfen der Knorr-Bremse AG seit mehr als 15 Jahren dabei, die Software zur Steuerung und Regelung dieser hochgradig sicherheitsrelevanten Systeme zu entwickeln.

Für Hochgeschwindigkeitszüge ist die Bremsstrategie zentraler Bestandteil des Sicherheitskonzepts. Sie umfasst das Bremskraftmanagement mit optimaler Verteilung der Bremskraft auf die unterschiedlichen Bremssysteme im gesamten Zug, die lokale Ansteuerung der Reibungsbremse, den Gleitschutz, die Rollüberwachung sowie die Rekuperation von elektrischer Energie beim Abbremsen.

ICE-Züge der aktuellen Generation besitzen drei komplementäre Bremssysteme: Die Betätigung der Scheibenbremsen alleine genügt bei niedrigen Geschwindigkeiten, bei höheren Geschwindigkeiten greift zusätzlich die elektrodynamische Bremse ein. Diese wiederum wird auf speziellen Strecken von der Wirbelstrombremse unterstützt. Klar ist: Ohne Elektronik lassen sich intelligente Bremsstrategien nicht realisieren.

Elektronik statt Mechanik

Bis in die 1970er Jahre wurden Bremsen von Schienenfahrzeugen fast ausschließlich rein mechanisch aufgebaut und pneumatisch angesteuert. Anlass für die Einführung von elektronisch geregelten Antiblockiersystemen war der Wunsch, störende und gefährliche Vibra-

tionen oder Laufunruhen aufgrund von eingebremsten Flachstellen an den Radsätzen zuverlässig zu verhindern. Vergleichbar mit einem Pkw-ABS regeln die heutigen Gleitschutzsysteme auch den Schlupf der Achsen, um die Haftreibung zwischen Rad und Schiene beim Bremsen zu optimieren und so den Bremsweg zu verringern.

Software aus ASCET – sicher, bewährt und automatisch erzeugt

Die Entwicklung von komplexen Steuerungs- und Regelalgorithmen erfordert zuverlässige und professionelle Werkzeuge. Zur modellbasierten Entwicklung von Anwendungssoftware setzen Ingenieure bei Knorr-Bremse seit 1999 ASCET ein. Zuvor mussten die Ingenieure die Systemfunktionen aufwändig spezifizieren, die anschließend von Software-Entwicklern in C programmiert wurden. Blockdiagramme von Steuerungen und Regelungen wurden zu diesem Zeitpunkt mit Hilfe von Micro-GrafX Designer, der ersten verfügbaren Grafiksoftware für den Windows-PC, am Rechner gezeichnet. Die Einführung von ASCET hatte den entscheidenden Vorteil, dass automatisch serientauglicher



Rad-Schiene-System:
Der Gleitschutz des Bremssystems verhindert das Einbremsen von Flachstellen.

Knorr-Bremse

ist der weltweit führende Hersteller von Bremssystemen für Schienen- und Nutzfahrzeuge. Das Unternehmen, welches heute als AG mit Sitz in München firmiert, wurde 1905 in Berlin gegründet.

Die Druckluftbremse K1 für Personenzüge und vor allem im Jahr 1918 die Kunze-Knorr-Druckluftbremse für Güterzüge, die das Heraufsetzen der Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h auf 65 km/h beim Gütertransport ermöglichte, markierten die ersten wichtigen Meilensteine in der Unternehmensgeschichte.

1972 sorgte Knorr-Bremse mit dem ersten ABS für Nutzfahrzeuge für Aufsehen.

Zwanzig Jahre später präsentierten die Münchener die erste pneumatisch betätigte Scheibenbremse für Nutzfahrzeuge.

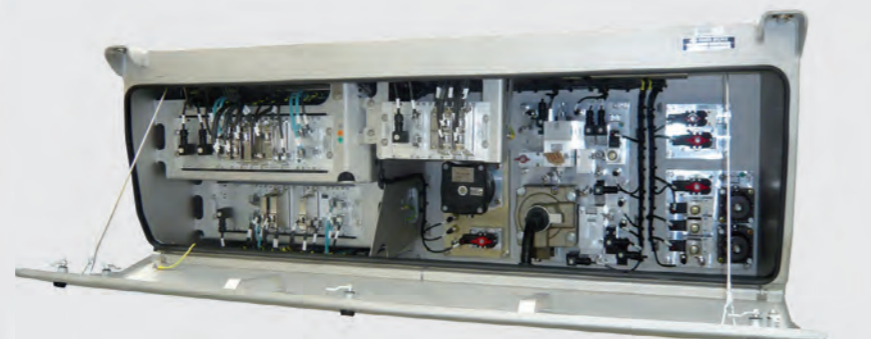
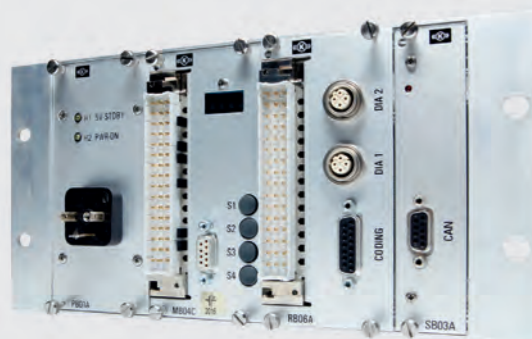
Heute liefert der Konzern, der mehr als 20.000 Mitarbeiter beschäftigt, neben Bremssystemen weitere technische Anlagen für Schienenfahrzeuge – vom Klima- und Türsystem bis hin zum Drehschwingungsdämpfer für Dieselmotoren.



Das Flaggschiff der deutschen Bahn – der ICE 3.

Bild links:
Elektronisches Bremssteuergerät (ESRA).

Bild rechts:
Bremscontainer, der die Steuerung enthält.



C-Code aus Blockdiagrammen, die in ASCET erstellt wurden, generiert werden konnte. Durch den Einsatz von zertifizierten Versionen des Werkzeugs konnte in Folge sogar auf die Prüfung des generierten C-Codes verzichtet werden. Damit aber nicht genug: ASCET erfüllt die Anforderungen der DIN EN 50128 und ist deshalb für den Einsatz bei der Entwicklung von sicherheitskritischen SIL2-Anwendungen geeignet. Aufgrund der Tatsache, dass Bremssysteme für Laufzeiten zwischen 30 und 40 Jahren ausgelegt, regelmäßig generalüberholt und im Betrieb weiter verbessert werden müssen, ist für Knorr-Bremse neben den besonderen Produkteigenschaften die von ETAS durchgeführte, langfristig verfügbare Wartung des Entwicklungswerkzeugs ASCET von entscheidender Bedeutung.

Komplexe Systeme

Der Aufbau der aktuellen Bremssteuergeräte ist äußerst komplex. Sie verfügen über 19" ESRA-Einschubkarten mit Anschlüssen für den CAN-Bus. Die Backplane der Steuerungshardware ist eine eigene Knorr-Entwicklung, welche CAN-spezifische Anpassungen enthält. Als CPU dient ein Freescale PowerPC-Mikrocontroller vom Typ MPC5554 mit einer Taktfrequenz von 132 MHz und einem PC104-Interface. Im Einsatz besteht ein System aus einem oder mehreren Mainboards plus weiteren Karten mit I/O-Erweiterungen und Buskopplerkarten.

Anwendungssoftware mit hohen Sicherheitsreserven

Die Entwicklung und Spezifikation der Module, Tasks und Prozesse der aktuellen Anwendungssoftware für

die Steuergeräte erfolgt ausschließlich mit ASCET. Dabei können bereits vorhandene, manuell codierte Standardfunktionen einfach eingebunden und aufgerufen werden. Die Architektur der Software wird durch Templates gestützt, welche sowohl die Definition der Ein- und Ausgangssignale einzelner Funktionen als auch deren Konditionierung für die Weiterverarbeitung festlegen. Bei der Variantenbildung können einzelne Funktionen der Steuerung und Regelung bei der Codegenerierung aus dem ASCET-Modell konfiguriert werden.

Teil eines aufwändigen Sicherheitskonzepts

Nachdem die Werte der Applikationsparameter in umfangreichen Simulationen und Tests ermittelt worden sind, erfolgt eine feste „Verdrahtung“ in der Software. Außerdem wird die Steuerung zur Laufzeit genau überwacht: Der Anteil von Diagnose- und Sicherheitsfunktionen liegt bei den unterschiedlichen Systemen zwischen 50 und 80 %. Derzeit setzen die Ingenieure bei Knorr-Bremse ASCET in der Version 6.2 ein. Für das Softwarekonfigurationsmanagement wird ASCET-SCM in Kombination mit dem Werkzeug JIRA, mit dem Fehler und Anforderungen verfolgt werden, verwendet.

Die europäischen Metropolen rücken nicht zuletzt dank ASCET enger zusammen: Beim Flaggschiff der Deutschen Bahn, dem ICE 3 auf der „Velaro D“-Plattform von Siemens, der Paris, Brüssel und Amsterdam mit einer Reisegeschwindigkeit von bis zu 320 km/h verbindet, kommen hochmoderne Knorr-Wirbelstrombremsen zum Einsatz, deren Software mit ASCET entwickelt wurde.

AUTOREN

Peter Heintz
beschäftigt sich mit der modellbasierten Entwicklung von elektronischen Komponenten bei der **Knorr-Bremse Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH**.

Stefan Soyka
ist Director Electronic Systems Engineering bei der **Knorr-Bremse Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH**.

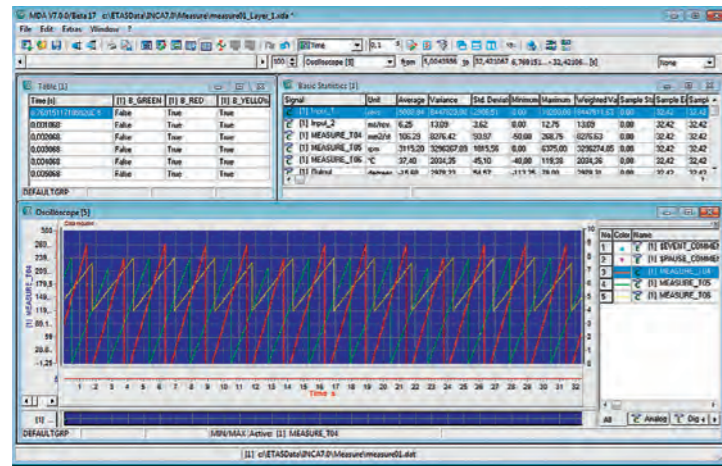
Dr. Ulrich Lauff
ist Senior Expert Marketingkommunikation bei der **ETAS GmbH**.

Erweiterter Funktionsumfang

Das neue **ISOLAR-A Basispaket** bietet AUTOSAR Authoring-Anwendern nun deutliche Verbesserungen mit neuen Editoren, Importern (DBC, Fibex, LDF und ODX), automatischen Features, Validierungen sowie Exportern (System-, ECU Extract, RTE Configurations).

Das BCT Add-On unterstützt Anwender bei der Konfiguration der AUTOSAR-Basissoftware mit Importern (u. a. ECU Extract), Editoren und Validierungen sowie bei der C-Codegenerierung für COMASSO-Basissoftwaremodule*. Beide Pakete unterstützen Single- und Multicore-Steuergeräte und können auch per Kommandozeile genutzt werden.

*) COMASSO e. V. ist ein eingetragener Verein für die gemeinsame Umsetzung und Nutzung des AUTOSAR-Standards (<http://www.comasso.org>).



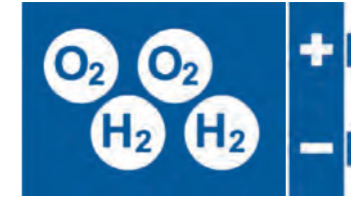
Umfangreiche Auswertung

Mit der neuen **Software zur Messdatenauswertung MDA 8** können Anwender Messungen mit extrem hohem Datenaufkommen effizient auswerten. Seit September 2015 gibt eine Preview-Version des Tools MDA 8. Diese demonstriert die hohen Verarbeitungsgeschwindigkeiten und es können die neuen Bedienkonzepte, die von ETAS gemeinsam mit Anwendern entwickelt wurden, getestet werden. MDA 8 preview lässt sich parallel zu MDA V7.x installieren und kostenlos nutzen. Mit den quartalsweise geplanten Service Packs werden weitere Anwendungsfälle unterstützt. Für Service Pack 1 (Dezember 2015) ist insbesondere das Konvertieren von MDF4-Messdateien nach MDF3 geplant.

Leistungsstarker Zuwachs

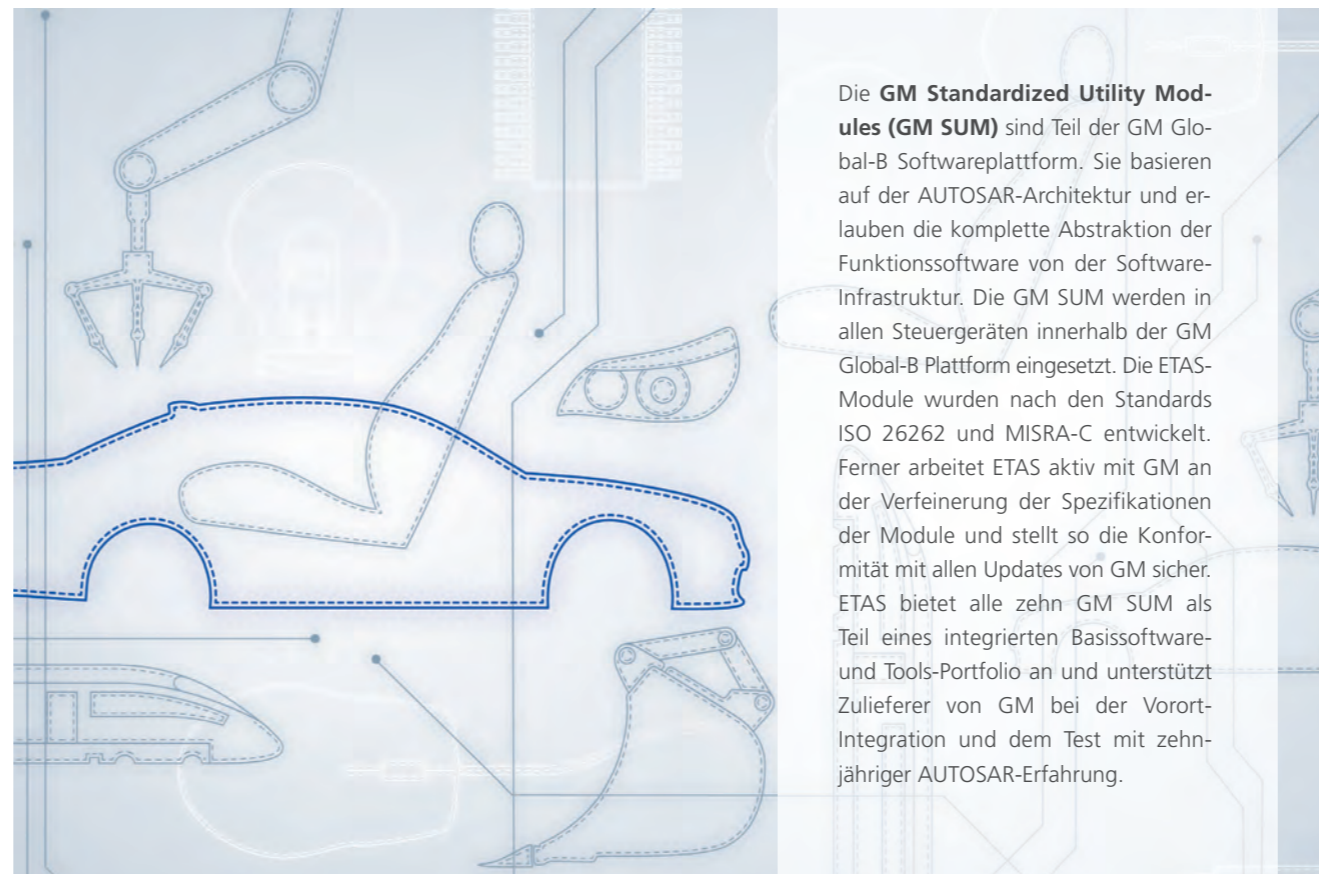
Das flexible und offene Testsystem ETAS LABCAR bekommt leistungsstarken Zuwachs: Im Dezember 2015 kommen die **PWM I/O-Karte ES5321** und die **Raddrehzahlsensor-Simulationskarte ES5338** auf den Markt. Diese schnellen PCI Express-basierten Karten zeichnen sich durch hohe Genauigkeit und Signalqualität aus. Sie werden zum Beispiel in den Domänen Chassis, Powertrain, Body Electronics und elektrischen Antrieben (ES5321) verwendet.

Neues Simulationsmodell



Das **Polymer-Elektrolyt-Membran-Brennstoffzellenmodell (PEM-FC)** für das Testsystem ETAS LABCAR simuliert ein komplettes Brennstoffzellensystem für Automobilanwendungen. Vom Wasser-/Stickstoff-Transport durch die Membrane bis zum Einfluss niedriger Umgebungstemperaturen – die Berücksichtigung relevanter physikalischer Phänomene erlaubt den Test vielfältiger Steuergeräte-Aufgaben, wie z. B. das Spülen der Anoden, das Wassermanagement des Brennstoffzellenstapels oder den Kaltstart des Systems. Durch das modulare Konzept des Modells sind kundenindividuelle Anpassungen einfach möglich. Das validierte Modell ist durch seine hohe Genauigkeit für den nahtlosen Einsatz von der Funktionsentwicklung bis zur Vorkalibrierung am HiL-System einsetzbar.

Verfügbare Module



Die **GM Standardized Utility Modules (GM SUM)** sind Teil der GM Global-B Softwareplattform. Sie basieren auf der AUTOSAR-Architektur und erlauben die komplette Abstraktion der Funktionssoftware von der Software-Infrastruktur. Die GM SUM werden in allen Steuergeräten innerhalb der GM Global-B Plattform eingesetzt. Die ETAS-Module wurden nach den Standards ISO 26262 und MISRA-C entwickelt. Ferner arbeitet ETAS aktiv mit GM an der Verfeinerung der Spezifikationen der Module und stellt so die Konformität mit allen Updates von GM sicher. ETAS bietet alle zehn GM SUM als Teil eines integrierten Basissoftware- und Tools-Portfolio an und unterstützt Zulieferer von GM bei der Vorort-Integration und dem Test mit zehnjähriger AUTOSAR-Erfahrung.

INCA für Off-Highway

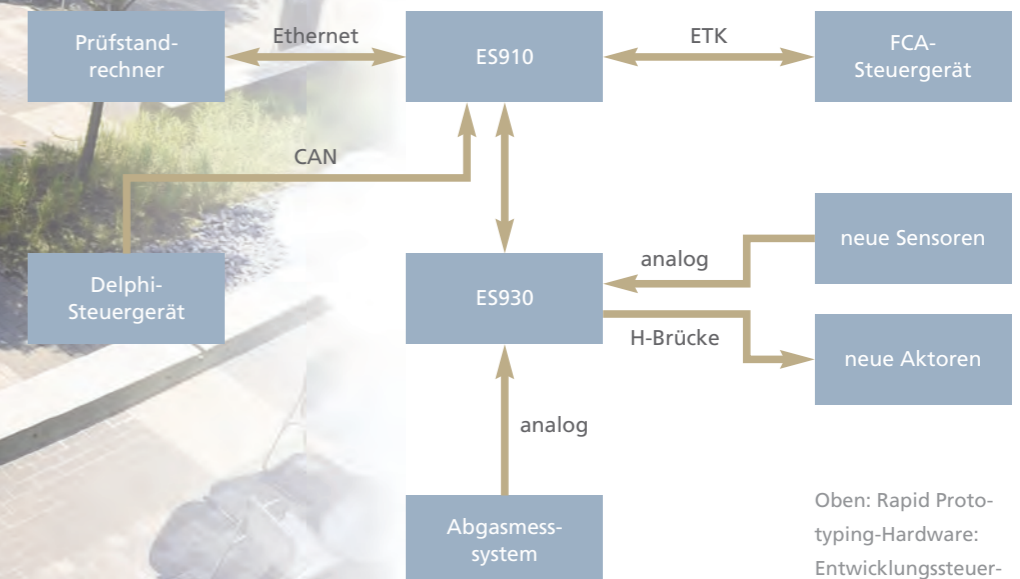
Für den Einsatz von ETAS INCA in Chassis-, Body Control- und Off-Highway-Anwendungen wurden als **neue Funktionen** ein „Polling Mode“ für die **Messdatenerfassung** und das **Monitoring** von SAE J1939-Botschaften auf dem CAN-Bus in INCA integriert. Das neue Produkt-Feature „Polling Mode“ ermöglicht den Einsatz von INCA bei Messungen an Steuergeräten, die keine Sampling-Mechanismen zur Datenerfassung bereitstellen, wie zum Beispiel die DAQ-Listen der XCP-Protokolle. In diesem Fall sendet die neue INCA-Polling-Engine zyklische Anfragen zur Übermittlung von Messdaten an das Steuergerät im CCP- und XCP-Format. Der „Polling Mode“ kann auch parallel mit DAQ-Messungen verwendet werden, um die Anzahl der Variablen, die gleichzeitig erfasst werden sollen, zu erhöhen. Ein weiteres neues INCA-Feature ist das Monitoring von SAE J1939-Botschaften auf dem CAN-Bus. Das SAE J1939-Protokoll kommt häufig im Antriebsstrang sowie in der Kommunikation zwischen Zugmaschine und Anhänger bei Nutzfahrzeugen und mobilen Maschinen zum Einsatz. Alle beschriebenen neuen Features stehen bereits jetzt in INCA zur Verfügung.



Fortschrittliche Algorithmen

Flexible und mobile Prototyping-Lösung von ETAS

Zeitgleich wurden für den Forschungsmotorenprüfstand der Clemson University und im Entwicklungsteam für Antriebsstrangsteuerungen von Fiat Chrysler Automobiles (FCA) Rapid Prototyping- und Applikationstools von ETAS eingeführt. Mit ihnen können fortschrittliche Algorithmen für die Motorsteuerung schnell und mit hoher Qualität entwickelt werden.



Oben: Rapid Prototyping-Hardware: Entwicklungssteuergerät, angeschlossen an das Prototyping- und Schnittstellenmodul ES910.3 und das Multi-I/O-Modul ES930.

Das Campbell Graduate Engineering Center der CU-ICAR in Greenville, South Carolina.

AUTOR

Michael Prucka
ist Technical Fellow für Motorsteuerungen bei **FCA US LLC** in Auburn Hills, Michigan, USA.

Fortschrittliche Motorsteuerungsalgorithmen spielen eine große Rolle, wenn es darum geht, künftige Vorschriften zu Emission und Kraftstoffverbrauch zu erfüllen sowie Entwicklungszeiten und -kosten zu reduzieren. Moderne Motortechnologien nutzen verschiedene Aktoren, von denen viele direkt oder indirekt dieselben Betriebsparameter, wie Frischluftmasse, verbleibende Abgasmasse und Drall im Zylinder, beeinflussen. Der hohe Freiheitsgrad stellt die

Entwickler von Motorsteuerungsalgorithmen vor große Herausforderungen. Klassische, empirisch abgeleitete Algorithmen eignen sich weniger für diese Motoren mit hohen Freiheitsgraden; besonders dann, wenn ihre Aktoren in einer Positionskombination arbeiten, für die das System ursprünglich nicht entwickelt war. Derzeit werden anhand der physikalischen Eigenschaften des Motors und seiner Aktoren Algorithmen entwickelt, welche die optimalen Steuerungs-

parameter für jede mögliche Kombination der Aktorenpositionen ermitteln können, um so die Effizienz zu steigern. FCA arbeitet bei seiner Forschung in diesem wichtigen Bereich mit verschiedenen akademischen Einrichtungen zusammen, so auch mit dem Clemson University International Center for Automotive Research (CU-ICAR) in Greenville im US-Bundesstaat South Carolina.

FCA setzt auf externe Partner
FCA und das CU-ICAR arbeiten

gemeinsam an der Entwicklung fortschrittlicher Motorsteuerungsalgorithmen anhand physikalischer Grundlagen, um die Motoreffizienz unter allen Betriebsbedingungen zu verbessern. FCA stellte dem CU-ICAR einen 3,6-l-Pentastar-Motor zur Verfügung, der in einen Motorenprüfstand integriert wird. An ihm können die Forscher Algorithmen entwickeln und validieren. Zudem umfasst der Aufbau weitere Steuer-

geräte, Sensoren und Aktoren, die fest zugeordnete Ein- und Ausgänge zum Abtasten und Steuern benötigen. Diese physikalisch basierten Algorithmen werden sowohl im Chrysler Technology Center (CTC) als auch im CU-ICAR entwickelt. Sie müssen daher für die Fahrzeugtests im CTC und die Prüfstandtests des CU-ICAR zwischen beiden Standorten ausgetauscht werden können.

Aufgrund der räumlichen Distanz zwischen CTC und CU-ICAR ist eine flexible und mobile Entwicklungsumgebung erforderlich.

Projektkomponenten

- Die elektronische, motorbezogene Hardware auf dem CU-ICAR-Prüfstand umfasst:
- FCA-Steuergerät
 - Delphi-Steuergerät
 - Prüfstandrechner

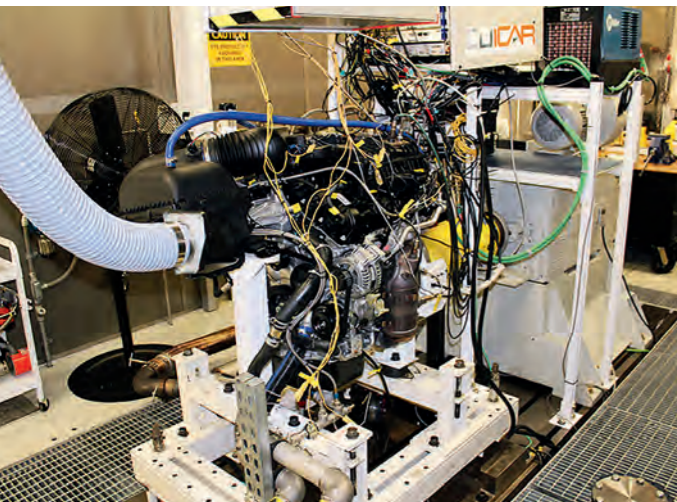
Für eine einfachere Kommunikation zwischen den einzelnen Geräten wurden ES910- und ES930-Module von ETAS miteinander kombiniert (Diagramm).

- Abgasmesssystem
- neue, zu testende Sensoren
- neue, zu testende Aktoren

Für eine einfachere Kommunikation zwischen den einzelnen Geräten kommt eine Kombination aus dem ETAS-Prototyping- und Schnittstellenmodul ES910 und dem ETAS-Multi-I/O-Modul ES930 zum Einsatz. Wie im Diagramm auf der vorderen Seite dargestellt, kommuniziert das



Prinzipieller Aufbau des Motorenprüfstands im CU-ICAR-Labor.



Die ETAS-Lösung

Zur gemeinsamen Entwicklung fortschrittlicher Motorsteuerungsalgorithmen benötigen FCA und seine universitären Partner eine flexible und mobile Prototypinglösung. Für den Forschungsmotorenprüfstand der Clemson University und im Entwicklungsteam für Antriebsstrangsteuerungen von FCA wurden zeitgleich Rapid Prototyping- und Applikationstools von ETAS eingeführt. Damit können FCA und die Clemson University gemeinsam fortschrittliche Algorithmen für die Motorsteuerung entwickeln – schnell und mit hoher Qualität.

ES910-Modul über eine ETK11-Schnittstelle mit dem FCA-Steuergerät und via CAN mit dem Delphi-Steuergerät.

Das ES930-Modul tastet die neuen Sensoren, je nach Bedarf, im klassischen Analog/Digital (0-5 V)- oder im Pulsweitenmodulierten (PWM)-Abtastverfahren ab und steuert zudem die neuen Aktoren über seine H-Brücken-Treiber an. Das Abgasmesssystem ist so konfiguriert, dass es seine Informationen als analoge Ausgangssignale sendet. Diese werden von dem ES930-Modul abgetastet und in digitale Signale umgewandelt.

Die Algorithmen werden in der MathWorks MATLAB®/Simulink®-Umgebung entwickelt. Die integrierte Prototypingumgebung ETAS INTCRIO wandelt die Modelle in echtzeitfähigen Code für das ES910-Modul um. Die Kopplung zwischen Modell und Steuergeräteparameter erfolgt am Prüfstandrechner über das Mess- und Kalibrierwerkzeug ETAS INCA mit dem Add-On INCA-EIP Experimental Target Integration Package. So ist nur eine Schnittstelle für alle Mess- und Applikationswerte erforderlich, über die zeitsynchron die Daten aller Algorithmen jedes Moduls erfasst werden.

Dieselbe Systemkonfiguration ist in einem Testfahrzeug bei FCA verbaut, um die gelieferten Algorithmen umgehend zu validieren. Da die Entwicklungsumgebung an beiden Standorten identisch ist, können die Teams Algorithmen und Softwarepakete sehr einfach und ohne zusätzliche Konvertierungen gemeinsam nutzen.

Höhere Qualität und Effizienz

Dank dieser Entwicklungsumgebung arbeiten FCA und das CU-ICAR hocheffizient zusammen. FCA kann im CTC Code für Prototypmotoren entwickeln und testen, bevor es ihn an den CU-ICAR-Prüfstand übermittelt. Das CU-ICAR wiederum kann Algorithmen schnell in Simulink® entwickeln und diese am Motor in der ETAS-Umgebung testen.

Das gemeinsame System ermöglicht schnelle Modell-Iterationen bei der Fehlerbeseitigung und Optimierung der Regelungen am Motorenprüfstand. Die erstellten Simulink®- bzw. INTCRIO-Modelle können direkt zur Systemvalidierung im Fahrzeug an FCA gesandt werden. Hier kann FCA das Modell bei Bedarf modifizieren und den entsprechenden Algorithmus zur Weiterentwicklung an das CU-ICAR zurücksenden. Diese Vorgehensweise hat zu einer deutlichen Qualitätsverbesserung der an FCA gelieferten Algorithmen geführt und die Reisekosten, die üblicherweise mit Projekten dieser Art verbunden sind, gesenkt.

Fazit

FCA setzt bei der Entwicklung hochmoderner Antriebssteuersysteme auf die Zusammenarbeit mit externen Partnern wie dem CU-ICAR. Gemeinsame Entwicklungsumgebungen dieser Art erfordern für den Standort- und Plattform-übergreifenden Austausch eine flexible Werkzeugkette wie die von ETAS. Mit ihr lassen sich die Arbeitsergebnisse einfach und ohne zusätzliche Konvertierungen zwischen FCA und dem CU-ICAR austauschen, was die Entwicklungszyklen verkürzt und zugleich die Qualität steigert.



reddot award 2015
honourable mention

Kompakt, skalierbar, offen

ETAS bringt professionelles Echtzeit-Testen auf Ihren Schreibtisch

ETAS DESK-LABCAR ist ein kompaktes, skalierbares Hardware-in-the-Loop(HiL)-System für kostengünstige Tests von Steuergeräten (ECUs) in frühen Entwicklungsstadien. Das System wurde auch für sein Design und seine Benutzerfreundlichkeit gewürdigt.

DESK-LABCAR ist die kompakte Ausführung des bewährten LABCAR HiL-Systems von ETAS. Das neu gestaltete Gehäuse enthält eine integrierte Breakout-Box, ein Echtzeit-PC-Simulationstarget sowie Erweiterungssteckplätze für Schnittstellenkarten. Das System eröffnet ein breites Anwendungsspektrum von wirtschaftlichen Open-Loop-Tests einfacher Steuerfunktionen bis hin zu anspruchsvollen Closed-Loop-Prüfungen komplexer Algorithmen. Dank seines kompakten Designs sind HiL-Tests mit diesem System auch bei räumlich beengten Verhältnissen möglich. Das Design und die Benutzerfreundlichkeit von DESK-LABCAR wurden kürzlich auch von den Juroren des renommierten Red Dot Award in der Kategorie Mess- und Prüftechnik mit einer „Honourable Mention“ gewürdigt.

DESK-LABCAR ist das neueste Mitglied der etablierten Produktfamilie LABCAR. Das DESK-LABCAR-Einstiegspaket bietet ein breites Funktionsspektrum zum erschwinglichen Preis. Es eignet sich deshalb sowohl für Kunden, die mit der Investition in ein großes HiL-System noch zögern, als auch für solche, die ihre großen



HiL-Systeme für umfassende Systemtests reservieren und weniger komplexe Tests auf DESK-LABCAR auslagern möchten.

Die Skalierbarkeit der Hardware und Software bringt keine Kompromisse bei der Qualität mit sich. Mit DESK-LABCAR lassen sich kleine und mittlere Steuergeräte testen. Der Wechsel oder Ausbau auf ein großes LABCAR-System ist dabei aber ohne Weiteres möglich, falls die Komplexität der Tests oder des zu testenden Steuergeräts dies erforderlich machen sollte. Die Kompatibilität mit den anderen HiL-Plattformen der LABCAR-Familie stellt sicher, dass Testartefakte aus den Tests am Schreibtisch später auf großen Systemen wiederverwendet werden können.

DESK-LABCAR ist in vier unterschiedlichen Produktpaketen erhältlich. Jedes Paket besteht aus dem ES5100-Gehäuse mit einer Multi-I/O-Schnittstellenkarte ES5340 und entweder einem Open-Loop-Simulationstarget oder dem Echtzeit-Simulationstarget LABCAR-RTPC sowie der Versuchsumgebung LABCAR-OPERATOR. Alle Pakete lassen sich flexibel mit anderen Software- und Hardware-Produkten von ETAS, z. B. für die Testautomatisierung, erweitern.

Als Off-the-Shelf-Lösung ist DESK-LABCAR nach der Verkabelung der DESK-LABCAR-Schnittstellen, der Breakout-Box und des Steuergeräts sofort einsatzbereit. ETAS Engineering Services hilft bei weiteren kundenspezifischen Modifikationen.

AUTOREN

Thomas Lenzen ist Produktmanager Test Solutions bei der **ETAS GmbH**.

Julia Noe ist technische Redakteurin für Produktinformationen bei der **ETAS GmbH**.

Präzision-in-the-Loop



Neue Entwicklungswerkzeuge sorgen für saubere Motoren

Mechatronische Echtzeit-Regelung ersetzt in modernen Einspritzsystemen fest definierte Einspritzintervalle. Dafür überwacht das Motorsteuergerät das Öffnen und Schließen jeder einzelnen Injektornadel und regelt bei Abweichungen vom Soll sofort nach. Neue hochpräzise Entwicklungswerkzeuge ebnen den Weg zur Serienreife. Darunter eine Hardware-in-the-Loop-Lösung von ETAS. Sie ist in der Lage, die Be- und Entladekurven der Magnetventile in den Injektoren in bisher nicht gekannter Genauigkeit nachzubilden.

Moderne Downsizing-Motoren verbrauchen erstaunlich wenig Kraftstoff und sind dabei überraschend agil. Ein Schlüssel dazu sind ihre Einspritzsysteme. Deren Injektoren leiten im ausgefeilten Millisekunden-Stakkato aus Vor-, Haupt- und Nachspritzung bis auf Milligramm genau bemessene Kraftstoffvolumina in die Brennräume, die im Idealfall beinahe rückstandsfrei verbrennen. Doch Alterungseffekte und Fertigungstoleranzen an den Injektoren können die Präzision aushebeln. Voreingestellte Einspritzintervalle stoßen an Grenzen, wo Öffnungs- und Schließzeiten der Injektoren variieren. Darum trimmen Entwickler Motorsteuergeräte nun darauf, charakteristische Strom- und Span-

nungssignale beim Öffnen und Schließen der elektromagnetisch angesteuerten Injektoren zu deuten. Denn von ihnen lassen sich der Einspritzzeitpunkt und die eingespritzte Kraftstoffmenge präzise ableiten. Weichen sie vom Soll ab, kann die Steuerung sofort nachregeln. Das Einspritzsystem kann verändertes Injektorverhalten also kompensieren. Auch mit Blick auf künftige On-Board-Emissionskontrollen hilft das, Verbrauch und Abgaswerte dauerhaft zu stabilisieren.

Präzise Einspritzstrategie braucht hochgenaue Entwicklungswerkzeuge

Einspritzventile arbeiten elektromagnetisch. Zum Anheben der Na-

del fließt Strom in eine Spule im Injektor. Das dabei erzeugte Magnetfeld hebt die Nadel gegen den Druck einer Schließfeder an (Bild 1). Der unter Druck stehende Kraftstoff im Rail kann in den Brennraum strömen. Die Einspritzung endet, sobald kein Strom mehr fließt und die Feder die Nadel wieder herabdrückt.

Doch wie viel Zeit vergeht zwischen Anlegen der Spannung und Öffnen des Ventils? Wie schnell schließt es, sobald kein Strom mehr fließt? Antworten finden sich in Merkmalen des Spannungs- und Stromverlaufs in Abhängigkeit von Induktivität und ohmschen Widerständen im Injektor. Sie schlagen sich in Be- und Entladekurven nieder.

AUTOREN

Robert Geiselmann ist Produktarchitekt und Hardware-Entwickler für Test und Validierung bei der **ETAS GmbH**.

Henrik Jakoby ist Gruppenleiter des Produktmanagements für den Bereich Test und Validierung bei der **ETAS GmbH**.

Frank Ruschmeier ist Projektleiter in der Hardware-Entwicklung und unter anderem verantwortlich für Lastsimulationshardware bei der **ETAS GmbH**.

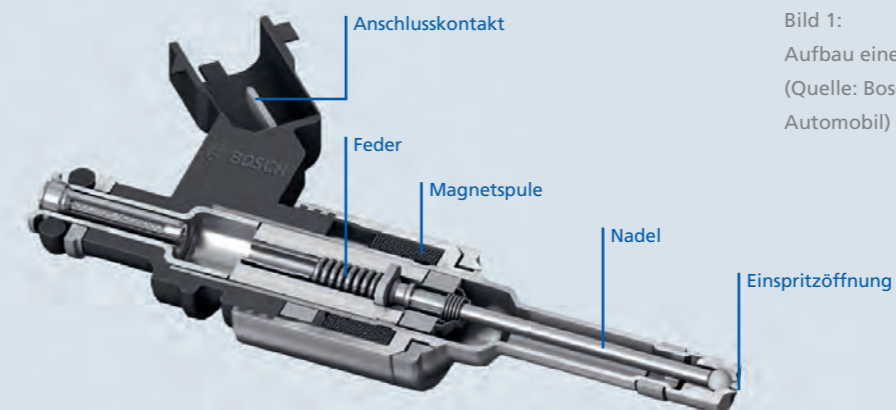


Bild 1:
Aufbau eines Injektors.
(Quelle: Bosch Fachinformation
Automobil)

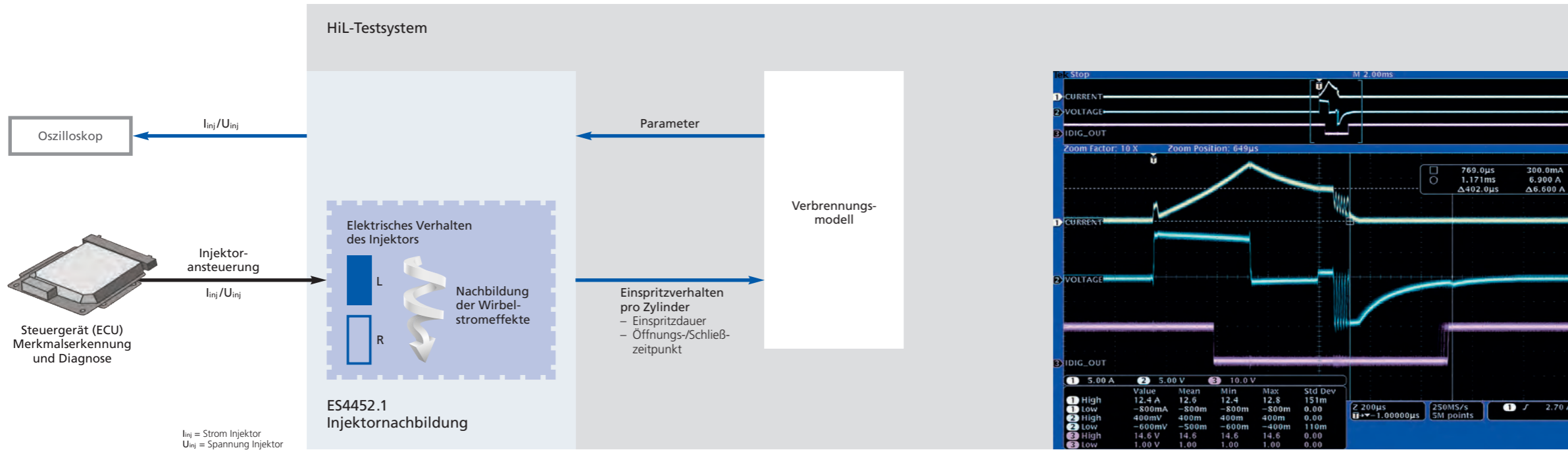


Bild 2: Schematischer Aufbau der Lastnachbildung im HiL-System.

Aufgrund dieser Informationen kann das Steuergerät die Einspritzung im festgelegten Turnus an veränderte Reaktionszeiten des jeweiligen Injektors anpassen. Dieser Vorgang folgt festen Software-Routinen.

Auf dem Weg zur Serienreife muss dieser Teil der Steuergerätesoftware getestet und in allen erdenklichen Betriebszuständen erprobt werden. Vieles spricht dafür, bei diesen Tests auf Simulation beziehungsweise Emulation der Komponenten zu setzen. So starten die Softwaretests üblicherweise lange, bevor Prototypen von Motor, Steuergerät und Injektoren vorliegen. Zudem ist der entscheidende Faktor – die Alterung der Injektoren – am Motorenprüfstand nur mit hohem Aufwand zu testen. Gleiches gilt für Prüfstandtests, in denen das Verhalten der Software bei Funktionsstörungen des Einspritzsystems erprobt werden soll. Und das Erproben der Injektoren würde voraussetzen, sie rund

um die Uhr in flüssigen Medien bei realistischen Drücken zu betreiben, da sie sonst festlaufen und ihr Öffnungs- und Schließverhalten ändern. Softwaretests im virtuellen Umfeld umgehen diese Probleme. In Hardware-in-the-Loop(HiL)-Aufbauten lässt sich die Betriebsstrategie eines Steuergeräts mit allen erdenklichen Parameterverschiebungen erproben – ob alternde Injektoren oder herbeigeführte Störfälle. Doch gab es bisher keine HiL-Lösung, die das Injektorverhalten exakt genug nachbildet, um die neue Regelstrategie im geschlossenen Regelkreis von Steuergerät und Einspritzsystem zu erproben. Eine solche Lösung muss vor allem die Be- und Entladekurven der Injektoren exakt wiedergeben.

Neue HiL-Lösung bildet das Injektorverhalten exakt nach

Um die Regelstrategie in-the-Loop zu überprüfen, muss das Steuergerät über die unterschiedlichen Betriebszustände hinweg mit realis-

tischen Spannungs-, Strom-, Induktivitäts- und Widerstandswerten versorgt werden, um davon jeweils auf das Öffnen und Schließen der virtuellen Injektoren und somit die eingespritzte Kraftstoffmenge schließen zu können. Dafür sind die Be- und Entladekurven so gleichmäßig nachzubilden, dass das Steuergerät die nachgebildeten Signalausschläge erkennt. Hier liegt die eigentliche Herausforderung der Simulation in der Hardware: Die beim Umschalten aktiver Elektronik üblichen Unstetigkeiten im Strom- und Spannungsverlauf sind so zu begrenzen, dass das zu testende Steuergerät sie nicht als Bewegung der Nadel oder als Injektorfehlfunktion missinterpretiert. Obendrein gilt es, Wirbelstromeffekte in der Injektorspule exakt und zum richtigen Zeitpunkt nachzubilden, da auch diese die Entladekurve beeinflussen. ETAS hat nun eine HiL-Lösung entwickelt, die diese Herausforderungen meistert. Sie bildet einzelne

Einspritzventile mittels Widerstand und Induktivität nach und lässt auch Wirbelstromeffekte einfließen, ohne Störungen und Unstetigkeiten in den Lade- und Entladekurven zu generieren. Bisherige HiL-Systeme konnten das nicht.

Mehrmonatige Tests in Kooperation mit einem Tier 1-Zulieferer haben gezeigt, dass die Hard- und Software-basierte Modellierung das Injektorverhalten auch bei variablen Randparametern realistisch nachbildet. Auch Injektoralterung wird simulierbar. Zentraler Bestandteil der Lösung ist die Einschubkarte ES4452.1 für die Plattform ETAS LABCAR mit Field Programmable Gate Array (FPGA).

Schnelle Reaktionszeiten

Das Öffnen und Schließen der Injektornadeln ist für die neuen Regelstrategien bis auf wenige Mikrosekunden genau zu ermitteln. In der neuen ETAS-Lösung treten darum

maximal zwei bis drei Mikrosekunden Verzögerung auf.

Zum Vergleich: Die kürzesten Einspritzungen dauern gut 50 mal länger. Um das zu erreichen, wird ein digitales Ausgangssignal bereitgestellt, das die Einspritzdauer sowie den Öffnungs- und Schließzeitpunkt des virtuellen Injektors simuliert. Diese Signale sind für bis zu vier Injektornachbildungen zueinander im Kurbelwellenwinkel synchron.

Der Befehlssatz für die Karte ist offengelegt. Standardisierte Schnittstellen, 100-Megabit-Ethernet; SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments), gewährleisten eine reibungslose Integration der HiL-Lösung in bestehende Entwicklungsumgebungen. Daneben verfügt sie über einen präzisen, dynamischen analogen Ausgang, um den Strom- oder Spannungsverlauf der simulierten Injektoren u.a. per Oszilloskop darzustellen –

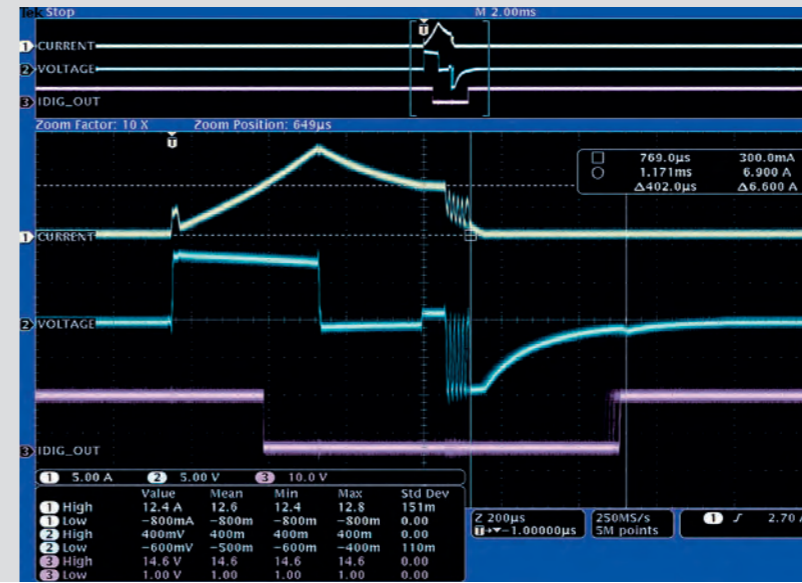


Bild 3: Signalverlauf einer Einspritzung.

und Veränderungen in der Konfiguration auch ohne teure, hochgenaue Stromzange sichtbar zu machen. Konfigurationseinstellungen – etwa in Abhängigkeit vom Raildruck, Verschieben der Öffnungszeiten, Kraftstofftemperatur oder die Schwellwerte von Spannung und Strom – lassen sich im Vorfeld und während der Simulation über das SCPI-Protokoll vornehmen und verändern. In der ersten, seit Mitte 2015 verfügbaren Version der ES4452.1 ist die Lösung auf Benzin-Direkteinspritzung zugeschnitten. Eine Lösung für Dieselsysteme wurde vor kurzem mit der ES4457.1 realisiert.

Ausblick

Moderne Einspritzsysteme dosieren Kraftstoffe im Sinne effizienter, abgasarmer Verbrennung auf Milligramm genau. Nun werden durch den Abgleich von Soll- und Ist-Zustand der arbeitenden Injektoren neue Regelstrategien machbar, die alterungsbedingte Veränderungen des Injektorverhaltens kompensieren. Der Weg zur Serienreife führt auch für die mechatronische Einspritzregelung über Funktionstests. Für deren Virtualisierung mit Hardware-in-the-Loop-Tests hat ETAS das hochpräzise LABCAR HiL-System mit den Einschubkarten ES4452.1 und ES4457.1 entwickelt. Als erstes HiL-System bildet es den Injektorbetrieb präzise genug ab, um Steuergerätesoftware für die neuen Regelstrategien zu trimmen. Sie erlernt das künftige Verhalten der Injektoren, ohne dass diese in-the-Loop integriert werden müssen.



ETAS-Impressionen in 2015



Exklusive Lösungen für Hochschulen

AUTOR

Klaus Fronius
ist Hochschulbetreuer bei der
ETAS GmbH.

Spezielle Hochschulpakete machen Studenten frühzeitig mit ETAS-Tools vertraut

ETAS bietet durch ein umfassendes Portfolio an Produkten und Lösungen Hochschulen und Forschungseinrichtungen weltweit eine aktive Unterstützung im Bereich Embedded Systeme. Alle Arbeitsprozesse in den Bereichen Software-Entwicklung bis hin zu Messung, Applikation und Diagnose können somit nach höchsten Standards und durch bewährte Produkte, die in der Automobilindustrie zum Einsatz kommen, unterstützt werden. Dadurch leistet ETAS einen wichtigen Beitrag zur optimalen Forschung und Lehre an Hochschulen und Forschungseinrichtungen sowie zur Ausbildung qualifizierter Nachwuchskräfte.

Seit Jahren arbeitet ETAS erfolgreich mit Hochschulen und Forschungseinrichtungen auf Basis eines genau auf ihre Bedürfnisse zugeschnittenen Hochschulmodells zusammen. Neben den klassischen ETAS-Produkten und -Lösungen, die schon seit vielen Jahren erfolgreich in der Automobilindustrie im Einsatz sind, werden auch Hochschulpakete zu speziellen Konditionen angeboten. Solche Hochschulpakete adressieren einen speziellen Anwendungsfall, meistens aus dem Arbeitsalltag eines Ingenieurs und setzen sich aus der entsprechenden Hard- und Software sowie der Unterstützung bei der fachlichen Umsetzung zusammen. Ein Anwendungsfall ist zum Beispiel die Simulation eines Fahrzeug-CANs

im hochschuleigenen Computerraum. Dazu nutzen die Studenten die Open Source-Software BUSMASTER mit dem zugehörigen USB CAN-Bus-Schnittstellenmodul ES581. Komplexe Themen werden vereinfacht dargestellt und der Bezug zur Praxis wird geschaffen. Zudem bietet das Open Source-Tool die Möglichkeit, zu experimentieren und eigene Ideen einzubringen. Darüber hinaus können Professoren verschiedene von ETAS erstellte Unterlagen, wie beispielsweise das Fachbuch „Automotive Software Engineering“, zur akademischen Ausbildung in ihrer Vorlesung nutzen. Dadurch können anhand des V-Modells die jeweiligen Phasen des Software-Entwicklungsprozesses sowie die ent-

sprechenden ETAS-Tools erklärt werden. Der ETAS-Hochschulbetreuer steht den Hochschulen jederzeit auch vor Ort zur Verfügung, um gemeinsam maßgeschneiderte Lösungen zu finden. Hochschulen in Ländern mit einer lokal ansässigen ETAS-Niederlassung, wie z. B. Indien, China oder die USA, werden direkt von Mitarbeitern vor Ort betreut.

Mehr als 150 Hochschulen und Forschungseinrichtungen weltweit vertrauen auf ETAS, darunter: Universität Stuttgart, RWTH Aachen, ETH Zürich, TU Wien, Universität Bochum, TU Braunschweig, TU Darmstadt, HS Esslingen, TU München, KIT Karlsruhe, Dayananda Sagar University (Bangalore), Hoch-

schule Landshut, Jiaotong Universität (Shanghai), Universidade Estadual de Campinas (São Paulo), Politecnico di Torino (Turin) und Fraunhofer Institute.

Formula Student – ein Erfolgsrezept

Die Formula Student ist mittlerweile an vielen Hochschulen das Projekt, das auf eine sehr emotionale Weise die Verknüpfung zwischen dem „Gelernten“ an der Hochschule und der Praxis auf und neben der Rennstrecke schafft. Dabei bietet die Formula Student den Studenten die Möglichkeit, sich technisch weiterzubilden und auf einem bevorzugten Gebiet zu spezialisieren – aber auch die sozialen Kompetenzen stärker auszubauen.

ETAS ist seit 2008 einer der Hauptsponsoren der Formula Student Germany.

Win-Win-Situation

Im Jahr 2015 sponsert ETAS 25 Teams mit Produkten und Produkt Schulungen. ETAS unterstützt die Teams mit dem gesamten Produktportfolio und gibt ihnen dadurch die Möglichkeit, dieses in der Anwendung kennenzulernen. Somit bauen die Studenten nicht nur ihr fachliches Wissen weiter aus, das sie im späteren Berufsleben direkt anwenden können, sondern setzen bereits jetzt ETAS-Produkte ein, um ganz vorne in der Rennserie mit dabei zu sein. Seit 2010 konnten über 1.800 Studenten mit ETAS und ETAS-Produkten in Kontakt ge-



Die von ETAS gesponserten Formula Student-Teams erzielten auf dem Hockenheimring exzellente Ergebnisse.

bracht werden. Zwei Teams haben mit ETAS-Produkten bereits den Weltrekord in der Beschleunigung auf 100 km/h gebrochen.

ETAS nutzt diese Plattform, um frühzeitig Kontakte zu Studenten zu knüpfen. Mit Deutschland als einem der zentralen Standorte im Bereich der Automobilentwicklung ist es für ETAS wichtig, auch in Zukunft hochmotivierte Ingenieure zu gewinnen, die die Automobilindustrie voranbringen – denn die Studierenden von heute sind die Ingenieure von morgen.

Frühzeitige Software-Validierung am PC

Validierung von Steuergerätesoftware im virtuellen Fahrversuch mit Hilfe von AUTOSAR und FMI

Hardware-unabhängige Validierung von Steuergerätesoftware mit virtuellen Steuergeräten und virtuellen Testfahrten birgt viele Vorteile. ETAS und die IPG Automotive GmbH nutzen sie mit einer neuen Lösung.

AUTOREN

Josef Henning ist Produktmanager Simulation Software bei der **IPG Automotive GmbH**.

Andreas Berg ist Vice President Sales Europe bei der **ETAS GmbH**.

Silke Kronimus leitet die Bereiche Marketing und Kommunikation bei der **ETAS GmbH**.

Die Komplexität in der Fahrzeugentwicklung steigt. Treiber sind kürzere Entwicklungszyklen, mehr Modellvarianten, Kostendruck, die Kooperation regional verteilter Teams von Automobilherstellern und Zulieferern sowie Trends wie das „teilautomatisierte oder autonome Fahren“. Unter diesen Voraussetzungen gilt es, eine zunehmende Zahl von Steuergeräten und Softwarefunktionen in die Fahrzeuge zu integrieren – und natürlich vorab zu validieren. Je eher Hersteller und Zulieferer Steuergerätesoftware testen können und je früher sie auf etwaige Softwarefehler stoßen, desto günstiger lassen sich diese beheben. Als Faustformel gilt: Mit jeder Entwicklungsstufe, in der ein Fehler unentdeckt bleibt, steigen die Kosten der Behebung um den Faktor 10. Auch spart eine frühzeitige Korrektur wertvolle Zeit im eng getakteten Entwicklungsprozess. Und nicht zuletzt helfen frühe Softwaretests, die zunehmende Komplexität zu beherrschen.

Begrenzte Testmöglichkeiten mit Hardware-Prototypen

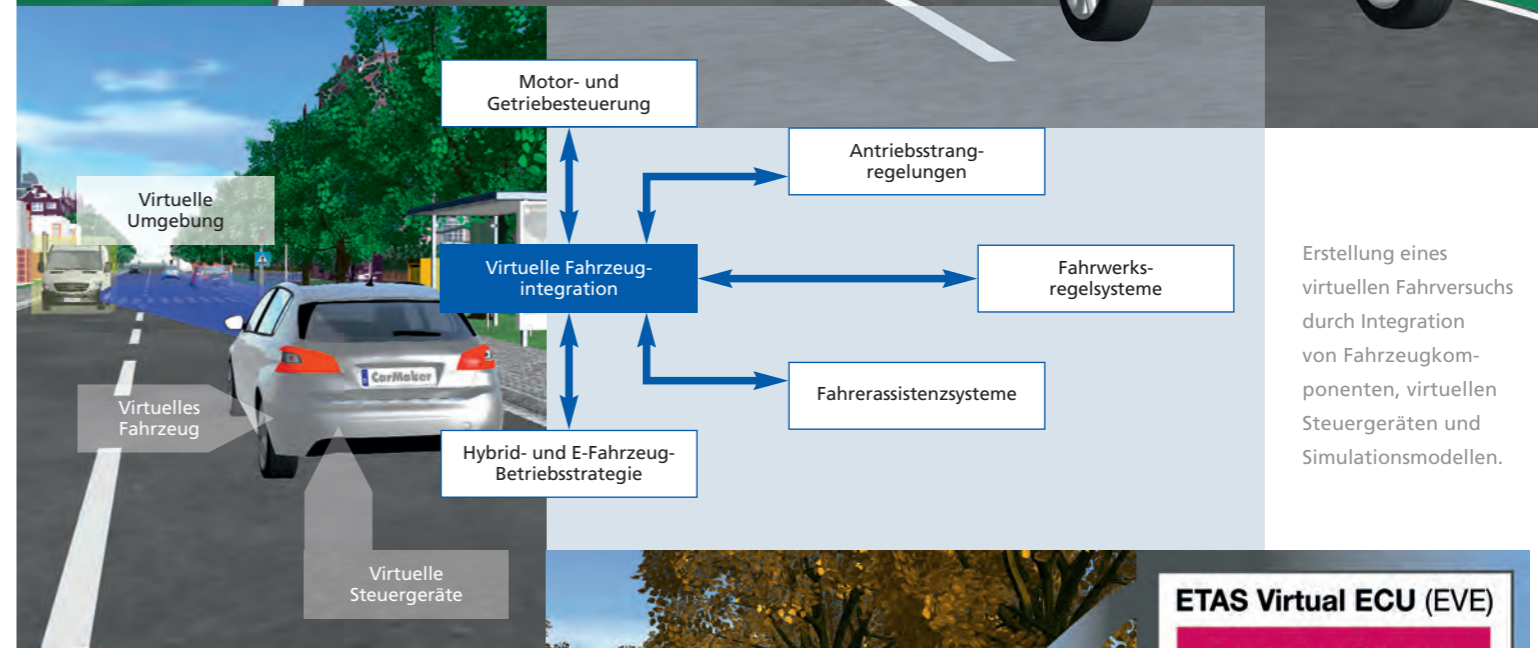
Bisher sind für realitätsnahe Tests von Steuergerätesoftware Prototypen des Steuergeräts und des

Fahrzeugs erforderlich. Doch die stehen meist erst in späten Entwicklungsphasen bereit – und sind aus Kostengründen in ihrer Anzahl begrenzt. Folge: In gut 60 % der Entwicklungszeit ist kein Prototyp verfügbar und kaum 10 % der Ingenieure bekommen die Möglichkeit, im realen Fahrzeug zu testen. Der beschränkte Zugang zu Hardware erschwert die Softwaretests, erst recht, wenn verteilte Teams an verschiedenen Standorten darauf zugreifen müssen. Kosten- und zeitintensive Transporte mit Unwägbarkeiten wie z. B. Wartezeiten beim Zoll sind erforderlich. Und trotz allen Aufwands bleibt ein entscheidender Nachteil: Gefährliche Situationen und komplexe Umweltbedingungen sind mit realer Hardware kaum nachzustellen – und noch schwieriger reproduzierbar. Doch gerade um die Funktion von Fahrerassistenzsystemen zu testen, braucht es Tests in Grenzsituationen.

Anforderungen an eine effiziente Software-Validierung

Für eine frühzeitige Validierung von Steuergerätesoftware gilt es also, die bisherige Abhängigkeit von Hardware zu überwinden. Neben Zeit- und Kostenvorteilen sprechen

organisatorische Gründe dafür: Wird Steuergerätesoftware vorab ohne Hardware-Prototypen validiert, sinkt im weiteren Entwicklungsprozess der Nutzungsdruck auf knappe Ressourcen wie Hardware-in-the-Loop-Systeme oder Testfahrzeuge. Zudem sind Hardware-unabhängige Tests parallel an verschiedenen Orten durchführ- und reproduzierbar. Das setzt allerdings voraus, dass die Lösung zur Software-Validierung auf heterogene Tool-Landschaften der Akteure im verteilten Entwicklungsprozess vorbereitet ist. Modelle und Komponenten, die mit verschiedenen domänenspezifischen Werkzeugen erstellt wurden, sind ebenso zu berücksichtigen wie die einfache Integration der Lösung in die bestehende Werkzeugkette. Für einen effizienten und durchgängigen Entwicklungsprozess ist es obendrein wichtig, dass bestehende Modelle, Testfälle und Testdaten wiederverwendbar sind. Individuelle Fahrmanöver oder bestehende Testkataloge sollten sich ebenfalls leicht einbinden lassen, um potentiell gefährliche Situationen ohne jede Gefahr für Fahrer oder Fahrzeug durchlaufen zu können. Und last but not least setzt das Durchführen realitätsnaher Tests voraus, die Appli-



Erstellung eines virtuellen Fahrversuchs durch Integration von Fahrzeugkomponenten, virtuellen Steuergeräten und Simulationsmodellen.

kationssoftware im Zusammenspiel mit dem Betriebssystem oder der Basissoftware betrachten zu können.

Hauptbestandteile potentieller Lösungsansätze

Zusammenfassend lassen sich zwei Hauptbestandteile für potentielle Lösungsansätze ableiten:

1. Nutzung von virtuellen Steuergeräten im virtuellen Fahrversuch
Virtuelle Steuergeräte können unabhängig von der Hardware zu einem frühen Zeitpunkt der Entwicklung erstellt werden. Im Vergleich zu Prototypen sind virtuelle Steuergeräte günstig und einfach zu vervielfältigen. Sie sind nahtlos in bestehende Entwicklungsprozesse zu integrieren und ermögli-



chen die Wiederverwendung existierender Methoden und Artefakte. Auch kann die Steuergerätesoftware im Systemkontext erprobt und im Zusammenspiel mit Umgebungs- und Komponentenmodellen validiert werden, lange bevor Hardware-Prototypen verfügbar sind. Die Steuergerätesoftware erreicht so früh einen hohen Reifegrad, was den Entwicklern Zeit für die Entwick-

lung neuer Funktionen verschafft. Tests im virtuellen Fahrversuch sind möglich, wobei das virtuelle Fahrzeug wie sein reales Gegenstück alle Komponenten wie Motor, Antriebsstrang, Fahrerassistenzsysteme etc. besitzt. Fast jede dieser Komponenten verfügt über ein oder mehrere eigene Steuergeräte. Validierung ist im virtuellen Gesamtsystem in virtuellen Verkehrsszenarien möglich.

Realitätsnahe Software-Validierung am PC durch Nutzung des virtuellen Steuergeräts EVE von ETAS und der offenen Integrations- und Testplattform CarMaker von IPG Automotive.

2. Berücksichtigung von Standards

Gerade wenn Teams von Fahrzeugherstellern und Zulieferern kooperieren, sind Standards die Basis für die effiziente Software-Validierung. Sie ermöglichen den Austausch von Artefakten und schaffen die Voraussetzung für durchgängige Prozesse trotz heterogener Tool-Landschaften. Der Automotive Software-Standard AUTOSAR erleichtert den Aus-

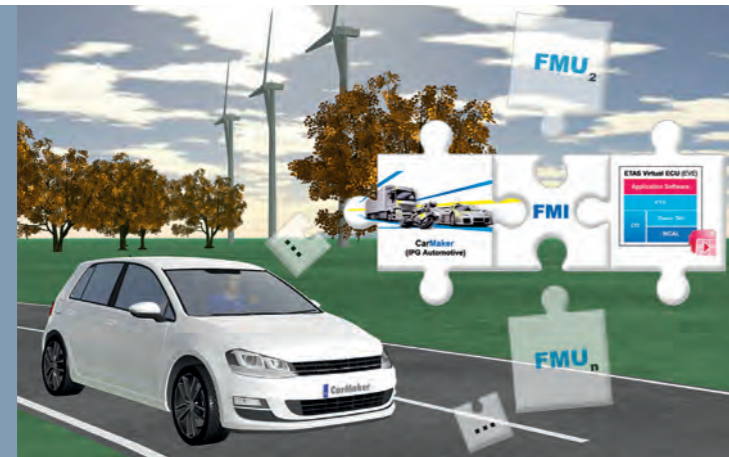
(ETAS Virtual ECU) und der offenen Integrations- und Testplattform CarMaker von IPG Automotive.

Die Plattform EVE zur virtuellen Software-Integration und -Validierung auf dem PC ermöglicht die Virtualisierung einzelner Steuergeräte oder eines gesamten Steuergeräteverbands. Anders als in bisherigen Lösungen lassen sich dazu Funktionsmodelle, Anwendungs-

cher Modellierungswerkzeuge offen ist. Präzise nichtlineare Fahrzeug- und Anhängermodelle bilden die Grundlage für hochwertige Simulationen, in denen sich komplexe Fahrmanöver einfach aufbauen und reproduzierbar durchführen lassen – unter anderem das Verhalten von Fahrerassistenzsystemen in Situationen mit vielen Verkehrsteilnehmern. CarMaker deckt eine breite Palette von Anwendungsbereichen ab und erlaubt es, Funktionen über Model-, Software-, Hardware- und Vehicle-in-the-Loop abzusichern.

Zu Beginn wird die zu testende Software in das virtuelle Steuergerät EVE integriert. Dieses kann als Functional Mock-up Unit (FMU) exportiert und anschließend über die standardisierte FMI-Schnittstelle in CarMaker integriert werden, wo die Software im Zuge virtueller Testfahrten getestet und freigegeben wird. Für den interaktiven Betrieb erlaubt die Lösung von ETAS und IPG Automotive zudem das Debugging des Software-Codes während der Testausführung.

Der gemeinsame Lösungsansatz macht den Weg für eine frühzeitige Software-Validierung am PC und eine effizientere Steuergeräte-Entwicklung bei Fahrzeugherstellern und Zulieferern frei. Dank offener Auslegung und Standardisierung können Entwickler mit vertrauten Tools arbeiten und jederzeit auf bereits bestehende Artefakte zurückgreifen.



Anbindung des virtuellen Steuergeräts EVE an die Integrations- und Testplattform CarMaker über die „Functional Mock-up Interface“ (FMI)-Schnittstelle.

tausch von Software auf verschiedenen Steuergeräten und stellt durch die Definition von Methoden zur Beschreibung von Software im Fahrzeug sicher, dass Softwarekomponenten wiederverwendet, ausgetauscht und integriert werden können. Von hoher Relevanz ist auch der Functional Mock-up Interface (FMI)-Standard. Als Tool-unabhängiger Standard unterstützt er den Modellaustausch und die Co-Simulation dynamischer Modelle und erleichtert so die virtuelle Validierung.

Gemeinsamer Lösungsansatz von ETAS und IPG Automotive

Gemeinsam mit IPG Automotive hat ETAS eine konkrete Lösung entwickelt, welche die skizzierten Herausforderungen erfüllt. Sie basiert auf dem virtuellen Steuergerät EVE

softwarekomponenten und Basissoftwaremodule aus verschiedenen Quellen in virtuelle Steuergeräte integrieren.

Am PC wird die Anwendungssoftware mit dem Embedded-Betriebssystem RTA-OS, dem AUTOSAR Runtime Environment (RTE) und der zu nutzenden Basissoftware integriert. Hier kann sie unabhängig von der Steuergerätehardware unter realitätsnahen Bedingungen in einer Vielzahl von Anwendungsfällen in Echtzeit sowie in Nicht-Echtzeit validiert und kalibriert werden.

CarMaker dient als Simulationsumgebung für virtuelle Testfahrten, wobei die Integrations- und Testplattform für Modelle unterschiedli-

ETAS-Standorte weltweit

Deutschland

Stuttgart
(Unternehmenszentrale)

Brasilien

São Bernardo do Campo

Frankreich

Saint-Ouen

Großbritannien

Derby
York

Indien

Bangalore
Chennai
Pune

Italien

Turin

Japan

Utsunomiya
Yokohama

Korea

Seongnam-Si

Russische Föderation

Moskau
Togliatti

Schweden

Göteborg

USA

Ann Arbor

VR China

Changchun
Chongqing
Guangzhou
Peking
Shanghai
Wuhan

ETAS GmbH, Borsigstraße 14, 70469 Stuttgart · Geschäftsführung: Friedhelm Pickhard, Bernd Hergert, Christopher White
Aufsichtsratsvorsitzender: Dr. Walter Schirm · Sitz: Stuttgart · Registergericht: Amtsgericht Stuttgart HRB 19033

Redaktionsleitung: Anja Krahl · **Redaktion:** Nicole Bruns, Jürgen Crepin, Claudia Hartwell, Silke Kronimus, Dr. Ulrich Lauff, Julia Noe
Autoren dieser Ausgabe: Andreas Berg, Dr. Simon Burton, Olaf Dünbnier, Dr. Martin Emele, Steffen Franke, Dr. Patrick Frey, Klaus Fronius, Daniele Garofalo, Robert Geiselmann, Peter Heintz, Josef Henning, Stefan Hoffmann, Thorsten Huber, Henrik Jakoby, Dr. Fabian Kaiser, Dr. Thomas Kruse, Thomas Lenzen, Wolfram Liese, Julien Mothré, Christoph Müller, Christopher Pohl, Michael Prucka, Rajesh Reddy, Frank Ruschmeier, Hervé Scelers, Florian Schmid, Stefan Soyka, Michael Schrott, Dr. Frederic Stumpf, Peter Trechow, Dr. Peter Wegner, Dr. Thomas Wollinger · **Gestaltung und Produktionsleitung:** vogt grafik · **Übersetzungen:** Burton, Van Iersel & Whitney GmbH · **Druck:** Gmähle-Scheel Print-Medien GmbH · **Auflage:** Deutsch, Englisch, Japanisch, Chinesisch: 20.000 · **Bildnachweise:** Alstom Transport, Clemson University, ESCRYPT GmbH, Fiat Chrysler Automobiles, Formula Student Germany, fotolia.de, Hyundai Motor Europe Technical Center GmbH, IPG Automotive GmbH, iStockphoto.com, Knorr-Bremse Systeme für Schienenfahrzeuge GmbH, Red Dot, Robert Bosch GmbH, shutterstock.com

© Copyright: 11/2015 ETAS GmbH, Stuttgart – Alle Rechte vorbehalten. Die verwendeten Bezeichnungen und Namen sind Warenzeichen oder Handelsnamen ihrer entsprechenden Eigentümer. Die RealTimes wird auf chlorfreiem, gebleichtem Papier gedruckt. Die Druckfarben und Lacke werden auf Ökobasis aus nachwachsenden Rohstoffen hergestellt und sind mineralölfrei. www.etas.com

