

Geführte und automatisierte Applikation und Validierung von Antriebsstrangsystemen:

Weniger Aufwand, mehr Effizienz

efficiency



(Bild: iStock - Shutterstock)

Komplexe elektronisch gesteuerte Systeme mit umfangreicher Embedded Software, anspruchsvolle Anforderungen an Schadstoffemissionen, Kraftstoffverbrauch und On-Board-Diagnose, eine begrenzte Anzahl von Testfahrzeugen und strenge Qualitätsziele bei immer kürzeren Entwicklungszyklen machen die Standardisierung von Abläufen der Applikation und Validierung von Antriebsstrangsystemen unumgänglich.

Von Dr. Ulrich Lauff, Sven Meyer und Rajesh Reddy

Der Aufwand, der für die Erfassung und Analyse von Messdaten und die Kalibrierung von Steuergeräteparametern erforderlich ist, lässt sich durch den Einsatz von rechnergestützten Simulationen und Verfahren der Datenanalyse und Regelungsoptimierung stark reduzieren. Wenn aber umfassendere Merkmale wie zum Beispiel das Fahrverhalten oder die Qualität der Kalibrierung eines Steuergeräts bewertet werden sollen, sind das Urteil, die Erfahrung sowie die Fähigkeiten und Fertigkeiten erfahrener Ingenieure nicht zu ersetzen. Zur Bewältigung der Herausforderungen, die sich aus der steigenden Systemkomplexität einerseits und Rationalisierungszwängen andererseits ergeben, sind Lösungen erforderlich, mit denen Ingenieure die

komplexen Systeme des Antriebsstrangs im Fahrzeug effizient applizieren und validieren können.

Inca-Flow steigert Effizienz der Applikation und Validierung

In der Vergangenheit wurden zur Automatisierung von Applikations- und Validierungsaufgaben in der Regel Skriptsprachen oder Werkzeuge eingesetzt, deren Handhabung spezifische Programmierkenntnisse von Software-Experten voraussetzten. Um Applikations- und Versuchsingenieure in den Stand zu versetzen, komplexe Abläufe eigenständig zu automatisieren, haben ETAS und IAV das Software-Werkzeug Inca-Flow entwickelt. Damit können Mess- und Kalibrierverfahren einfach in

Form von Flussdiagrammen mit grafischen Methoden spezifiziert werden.

Die Flussdiagramme, die mit Inca-Flow erstellt werden, lassen sich einerseits als Quelle der Generierung von Prozeduren nutzen, die entweder zur Automatisierung von Mess- und Kalibrierabläufen oder zur Benutzerführung bei der Applikation von Steuergeräten und Validierung des Verhaltens der elektronisch gesteuerten Systeme dienen (Bild 1). Die erzeugten Prozeduren können von Inca-Flow importiert sowie exportiert und somit einfach ausgetauscht und verteilt werden. Die Diagramme lassen sich andererseits unmittelbar zur Dokumentation der verwendeten Verfahren nutzen und können zu diesem Zweck im HTML-Format exportiert werden.

Mit Hilfe von Inca-Flow-Prozeduren, die das Mess-, Applikations- und Diagnosewerkzeug ETAS Inca steuern, lassen sich iterative und repetitive Mess- und Kalibrierabläufe einfach automatisieren. Anders als bei vielen der herkömmlichen Ansätze sind Applikations- und Versuchsingenieure dabei nicht auf einen starren, vorgegebenen Ablauf festgelegt. Mit dem Werkzeug sind sie dazu in der Lage, Prozeduren im Fahrzeug selbstständig anzupassen. Zusätzlich dazu stellt es zahlreiche Methoden zur Datenanalyse zur Verfügung. Messdaten, die mit Hilfe von Filtern aus

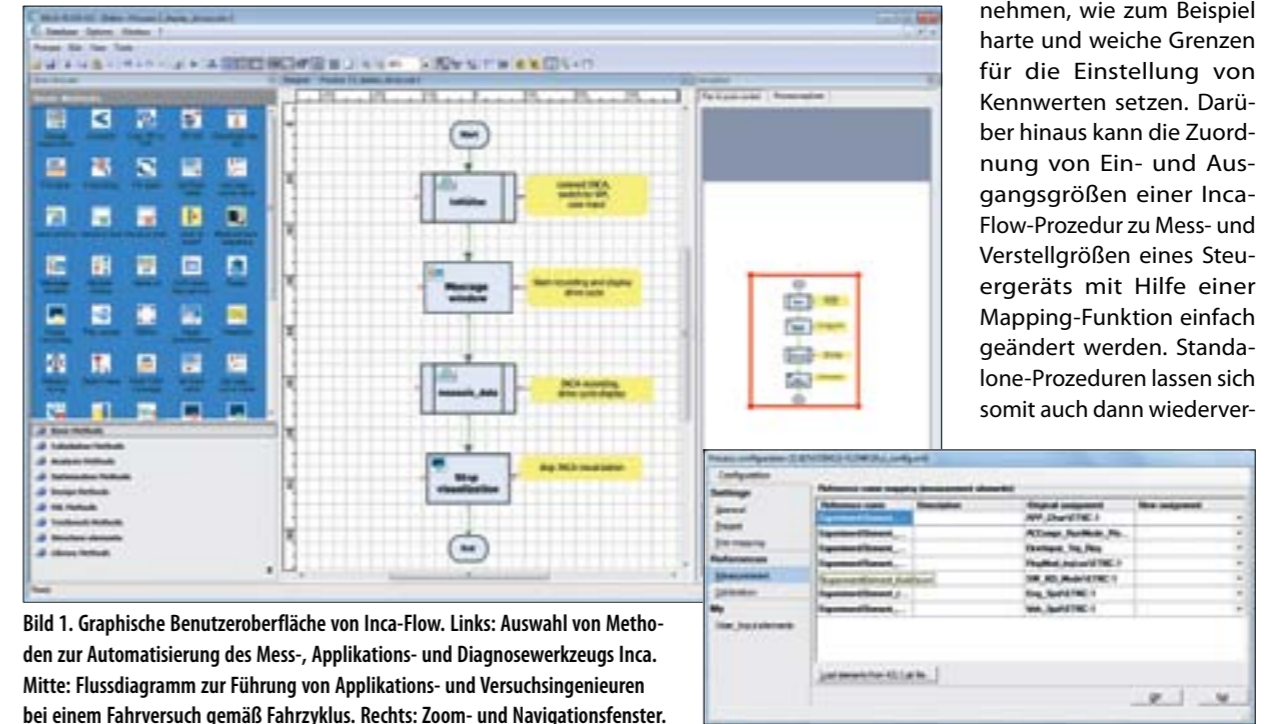


Bild 1. Graphische Benutzeroberfläche von Inca-Flow. Links: Auswahl von Methoden zur Automatisierung des Mess-, Applikations- und Diagnosewerkzeugs Inca. Mitte: Flussdiagramm zur Führung von Applikations- und Versuchsingenieuren bei einem Fahrversuch gemäß Fahrzyklus. Rechts: Zoom- und Navigationsfenster.

(Bilder: ETAS)

Bild 2. Benutzeroberfläche des Inca-Flow-Standalone-Konfigurators.

Messdateien extrahiert werden können, lassen sich zum Beispiel folgendermaßen analysieren: Berechnung der Hauptfrequenz und der maximalen Amplitude eines Messsignals nach Fast-Fourier-Transformation (FFT), Bestimmung des Über- und Unterschwingens einer Regelung, statistische Auswertungen inklusive der entsprechenden Darstellungen der Ergebnisse. Anhand der Resultate von Datenanalysen können von Inca-Flow in Folgeschritten Parameter wie zum Beispiel die Werte von Steuergerätekennfeldern automatisch berechnet werden.

Auf Basis der ausführbaren Dokumentation, die sich mit Inca-Flow erstellen lässt, können die Methoden und Abläufe, die ein Unternehmen bei der Applikation und Validierung von Antriebsstrangsystemen einsetzt, effizient standardisiert werden. Bei konsequenter Standardisierung lässt sich einerseits der Aufwand bei der Applikation und Validierung deutlich verringern und gleichzeitig die Qualität der Ergebnisse wesentlich verbessern. Andererseits kann das Zusammenspiel von Herstellern, Lieferanten und Engineering-Dienstleistern bei Kooperationen durch den Austausch von Inca-Flow-Prozeduren nutzbringend unterstützt werden. Infolgedessen lässt sich beispielsweise die wertvolle Zeit im Versuchsfahrzeug unmittelbar zur Applikation und Vali-

dierung von Systemen statt zur Verifikation von Mess- und Kalibrierabläufen nutzen.

Anpassung der Inca-Flow-Prozeduren an unterschiedliche ECU-Varianten

Bei der Applikation von Verbrennungsmotoren wiederholen sich viele Aufgaben in den jeweiligen Projekten, beispielsweise das Einstellen von Pedalkennlinien zur Optimierung des Beschleunigungsverhaltens und Minimierung des Ruckelns, die sich mit Inca-Flow einfach beschreiben lassen. Prozeduren, die einmalig auf Basis einer solchen Beschreibung generiert wurden, können auf einem Inca-Rechner „standalone“, also ohne komplette Tool-Installation, mit Hilfe einer Runtime-Lizenz ausgeführt werden. Die Standalone-Prozeduren lassen sich mit Hilfe des Standalone-Konfigurators an projektspezifische Vorgaben anpassen und anschließend in verwandten Projekten, die denselben Steuergerätetyp benutzen, wiederverwenden. Dadurch wird die Effizienz der Lösung zusätzlich erhöht [1].

Mit dem Werkzeug lassen sich allgemeine Angaben wie zum Beispiel der Name der Prozedur oder des Projekts oder Kommentare eintragen oder projektspezifische Einstellungen vor-

nehmen, wie zum Beispiel harte und weiche Grenzen für die Einstellung von Kennwerten setzen. Darüber hinaus kann die Zuordnung von Ein- und Ausgangsgrößen einer Inca-Flow-Prozedur zu Mess- und Verstellgrößen eines Steuergeräts mit Hilfe einer Mapping-Funktion einfach geändert werden. Standalone-Prozeduren lassen sich somit auch dann wiederver-

wenden, wenn bestimmte Variablen und Parameter im jeweiligen Steuergeräteprojekt anders, beispielsweise länderspezifisch, bezeichnet werden. Die Voreinstellung von Parametern entspricht denjenigen des Projekts, für das die Prozedur initial erstellt wurde. Die unterschiedlichen Konfigurationen, die für verschiedene Projekte definiert wurden, lassen sich mit dem Standalone-Konfigurator ebenfalls komfortabel verwalten (Bild 2). Innerhalb der Ansicht „References“ lassen sich die Referenzen der jeweiligen Standalone-Prozedur auf Basis der vorhandenen Mess- und Verstellgrößen anzeigen. Der Ansicht kann dabei der Name der

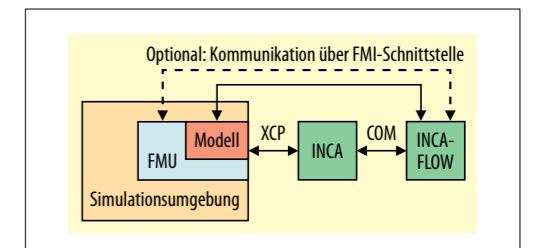


Bild 3. Inca-Flow nutzt nicht nur die XCP-Schnittstelle von Inca, sondern kann Modelle auch während einer laufenden Simulation entweder über eine proprietäre oder eine FMI-Schnittstelle durch direkten Speicherzugriff stimulieren. Im zweiten Fall müssen die Modelle in FMUs, das heißt Container mit FMI-Schnittstelle, gekapselt werden. FMUs werden häufig bei Kosimulationen von Modellen eingesetzt, die in unterschiedlichen, domänenspezifischen Modellierungsumgebungen entwickelt werden.

(Quelle der Grafiken: ETAS)

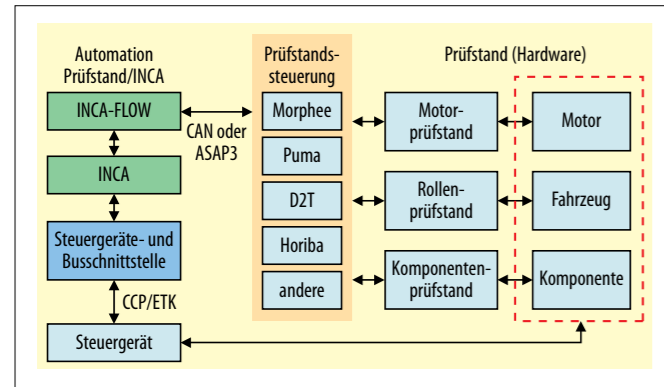


Bild 4. Integration von Inca und Inca-Flow in Prüfstandsumgebungen.

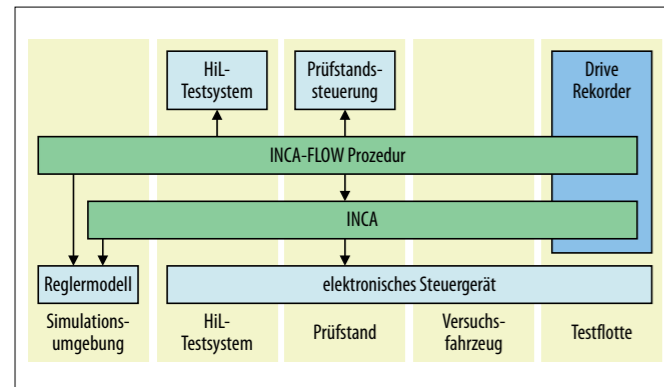


Bild 5. Inca wird bei der Applikation und Validierung elektronischer Steuerungen für den Zugriff auf Steuergeräte und/oder Funktionsmodelle verwendet. Inca-Flow automatisiert die Applikation und Validierung mit Inca in allen relevanten Entwicklungs- und Testumgebungen.

Referenz und, falls vorhanden, eine Definition der jeweiligen Größe entnommen werden. In die Spalte „Original Assignment“ ist die Bezeichnung der jeweiligen Mess- und Verstellgröße, welche von der Inca-Flow-Prozedur verwendet wird, eingetragen. In der Spalte „New Assignment“ können diesen Größen andere oder anders bezeichnete Ein- und Ausgangsparameter zugeordnet werden. Zu diesem Zweck ist es möglich, ASAP2-Dateien oder einfache Variablenlisten zu verwenden. In der Ansicht „My“ können Werte mit anwendungsspezifischen Größen vorgegeben werden.

Anwendungen außerhalb des Fahrzeugs

Im Hinblick auf den Einsatz von Inca-Flow sind folgende Entwicklungs- und Testumgebungen außerhalb des Versuchsfahrzeugs relevant, falls Applikations- und Validierungsmethoden im Zuge der Entwicklung neuer Systeme und der dazugehörigen Steuergerätefunktionen mit dem Tool initial be-

schrieben, in Simulationen oder am Prüfstand getestet und iterativ verfeinert werden sollen: Simulationsumgebungen Hardware-in-the-Loop- (HiL-)Testsysteme Motor- und Rollenprüfstand Zur Applikation und Validierung von Steuergerätefunktionen in diesen Umgebungen stehen für Inca-Flow spezifische Plug-ins mit geeigneten Funktionen zur Verfügung. Mit dem Werkzeug können Entwickler die passenden Mess- und Kalibrierverfahren gleich zu Beginn der Entwicklung bei der Modellierung von neuen Steuergerätefunktionen definieren. Das macht die textuell beschriebenen Mess- und Kalibrieranweisungen, die häufig

Anbindung an Simulationsumgebungen und HiL-Testsysteme

Beim Entwurf von Steuergerätefunktionen simulieren und testen Entwickler das Funktionsverhalten am Rechner mit Hilfe von Funktionsmodellen. Dabei stimulieren sie das Modell entweder im offenen Regelkreis mit geeigneten Eingabedaten, also „open-loop“, oder sie schließen den Regelkreis mit Hilfe eines weiteren Modells („closed-loop“), welches das Verhalten des elektronisch gesteuerten Systems simuliert („Model-in-the-Loop“, MiL).

Mit Inca-Flow lassen sich Open- und Closed-Loop-Tests mit Hilfe von Schnittstellen automatisieren, welche den Standards ASAM MCD-1 XCP (Universal

Measurement and Calibration Protocol [2] und optional Functional Mock-up Interface (FMI, [3]) entsprechen. Über XCP kann Inca unabhängig von der spezifischen Simulationsumgebung auf das Funktionsmodell zugreifen. Zusätzlich zur Automatisierung der Erfassung von Messdaten und Kalibrierung von Modellen mit dem Werkzeug während einer laufenden Simulation ermöglicht Inca-Flow die Stimulation von Funktionsmodellen durch direkten Speicherzugriff (Bild 3). So lassen sich Simulationen zum Beispiel mit Daten anregen, die im Fahrzeug am realen System gemessen wurden.

Zur Optimierung der Funktionsparameter stellt das Werkzeug eigene Algorithmen bereit. Darüber hinaus lassen sich hochentwickelte Optimierer als DLL integrieren. Mit Inca-Flow können Simulationen bis zu tausendmal schneller ablaufen als in Echtzeit. Zur Steuerung der Simulation gibt es Methoden wie „Start MiL“, „Stop MiL“, „Reset MiL“ und „Step MiL“. In Analogie zur oben beschriebenen MiL-Anwendung werden künftige Tool-Versionen die Anbindung an HiL-Systeme über die ASAM-XiL-Schnittstelle ermöglichen [4].

Measurement and Calibration Protocol [2] und optional Functional Mock-up Interface (FMI, [3]) entsprechen. Über XCP kann Inca unabhängig von der spezifischen Simulationsumgebung auf das Funktionsmodell zugreifen. Zusätzlich zur Automatisierung der Erfassung von Messdaten und Kalibrierung von Modellen mit dem Werkzeug während einer laufenden Simulation ermöglicht Inca-Flow die Stimulation von Funktionsmodellen durch direkten Speicherzugriff (Bild 3). So lassen sich Simulationen zum Beispiel mit Daten anregen, die im Fahrzeug am realen System gemessen wurden.

Zur Optimierung der Funktionsparameter stellt das Werkzeug eigene Algorithmen bereit. Darüber hinaus lassen sich hochentwickelte Optimierer als DLL integrieren. Mit Inca-Flow können Simulationen bis zu tausendmal schneller ablaufen als in Echtzeit. Zur Steuerung der Simulation gibt es Methoden wie „Start MiL“, „Stop MiL“, „Reset MiL“ und „Step MiL“. In Analogie zur oben beschriebenen MiL-Anwendung werden künftige Tool-Versionen die Anbindung an HiL-Systeme über die ASAM-XiL-Schnittstelle ermöglichen [4].

Am Prüfstand kann Inca-Flow als Automatisierungssystem eingesetzt werden, das über Standard-schnittstellen wie CAN oder ASAP3 mit der Prüfstandsteuerung verbunden ist (Bild 4). Für die CAN-Verbindung sind lediglich spezifische Kommunikationsdaten notwendig, die im CAN-DBC-Format gespeichert werden können. Um die Kommunikation gegen Systemausfälle abzusichern, bietet das Werkzeug die Möglichkeit, „Alive Counter“-Botschaften über CAN an den Prüfstand zu senden. Durch Überwachung der Werte des Alive Counter kann der Prüfstand auf Störungen wie zum Beispiel auf Fehler in der Kommunikation reagieren. Zur Darstellung komplexer Mess- und Kalibrierverfahren, die spezifische Trigger- oder Überwachungsfunktionen erfordern, kann Inca-Flow eigene Signale über die CAN-Schnittstelle senden. Künftige Releases werden die Kommunikation mit der Prüfstandsteuerung über zusätzliche Protokolle wie XCP Gateway via Inca, ASAM ACI [5] oder das AK-Protokoll über Ethernet ebenfalls ermöglichen.

Anbindung an den Prüfstand

Am Prüfstand kann Inca-Flow als Automatisierungssystem eingesetzt werden, das über Standard-schnittstellen wie CAN oder ASAP3 mit der Prüfstandsteuerung verbunden ist (Bild 4). Für die CAN-Verbindung sind lediglich spezifische Kommunikationsdaten notwendig, die im CAN-DBC-Format gespeichert werden können. Um die Kommunikation gegen Systemausfälle abzusichern, bietet das Werkzeug die Möglichkeit, „Alive Counter“-Botschaften über CAN an den Prüfstand zu senden. Durch Überwachung der Werte des Alive Counter kann der Prüfstand auf Störungen wie zum Beispiel auf Fehler in der Kommunikation reagieren. Zur Darstellung komplexer Mess- und Kalibrierverfahren, die spezifische Trigger- oder Überwachungsfunktionen erfordern, kann Inca-Flow eigene Signale über die CAN-Schnittstelle senden. Künftige Releases werden die Kommunikation mit der Prüfstandsteuerung über zusätzliche Protokolle wie XCP Gateway via Inca, ASAM ACI [5] oder das AK-Protokoll über Ethernet ebenfalls ermöglichen.

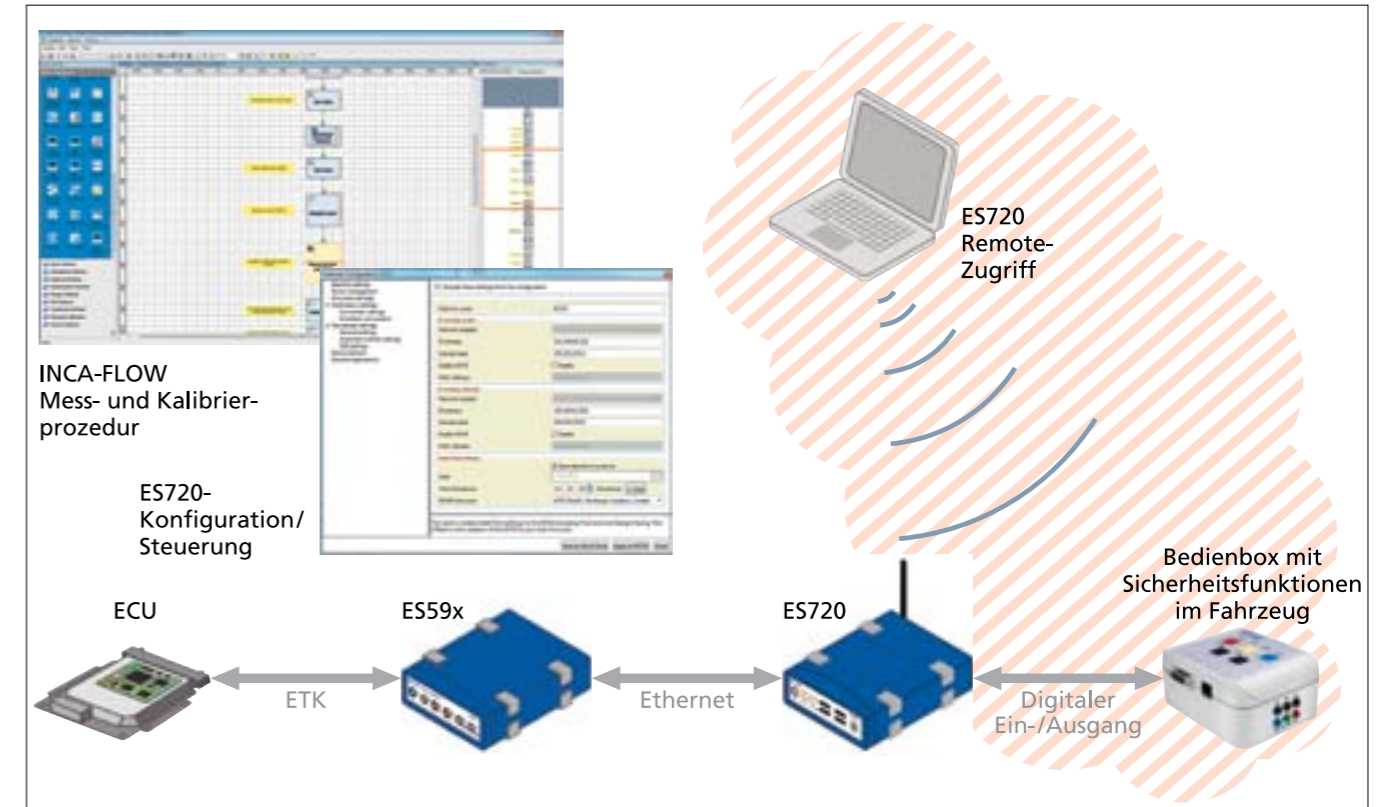


Bild 6. Einsatz von Inca-Flow im Flottenversuch. Der Drive-Rekorder ES720 wird per Remote-Zugriff konfiguriert. Anschließend laufen die Messungen, die durch die Inca-Flow-Prozedur gesteuert werden, auf dem Drive-Rekorder unbeaufsichtigt ab. Über die Bedienbox gibt der Fahrer des Flottenfahrzeugs den Remote-Zugriff frei. Für Notfälle stellt die Box zusätzliche Sicherheitsfunktionen zur Verfügung.

Lückenloser Einsatz vom Funktions-Design bis zum Flottentest

Der Kundenbasis von Inca-Flow hat sich in den letzten Jahren kontinuierlich verbreitert. Anwender berichten von Effizienzsteigerungen und Zeiteinsparungen im Bereich von 30 bis 80 Prozent, einer erheblich höheren Qualität der Applikationsdaten sowie einer wesentlich besseren Reproduzierbarkeit von Ergebnissen im Fahrversuch. ETAS und IAV werden hier ihre Entwicklungspartnerschaft fortsetzen. Das Ziel dabei ist es, die geführte und automatisierte Validierung und Applikation in allen Phasen und Umgebungen der Entwick-

lung von Antriebsstrangsystemen zu etablieren (Bild 5).

Künftige Versionen des Tool sollen die automatisierte Validierung von Systemen im Fahrzeug auch im Zusammenspiel mit Drive-Rekordern wie dem ES720-Modul von ETAS unterstützen (Bild 6). In diesem Fall werden die Inca-Flow-Prozeduren in Fahrzeugen von Versuchsflotten auf Drive-Rekordern ohne Aufsicht und manuelle Eingriffe ablaufen. Gleichzeitig können erfasste Messdaten mit Hilfe der Werkzeugmethoden zur Datenanalyse unmittelbar online auf dem Drive-Rekorder ausgewertet werden. Dieser Ansatz eignet sich unter anderem zur Validierung der

On-Board-Diagnose (OBD) im Flottenversuch. eck

Literatur + Links

- [1] Dünbier, O., Franke, S. und Reddy, R.: Effiziente Applikation. Dezember 2015. www.etas.com/de/realtimes_2015_2016.php
- [2] ASAM MCD-1 XCP, ASAM e.V., 2013. wiki.asam.net/display/STANDARDS/ASAM+MCD-1+XCP
- [3] Functional Mock-up Interface. 2016. www.fmi-standard.org
- [4] ASAM XiL. ASAM e.V., 2013. wiki.asam.net/display/STANDARDS/ASAM+XiL
- [5] ASAM ACI. ASAM e.V., 2015. www.asam.net



Dr. Ulrich Lauff

studierte Physik an der Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg, bevor er an der Universität Stuttgart in Physik promovierte. Dr. Lauff trat im Oktober 2000 bei ETAS im Bereich Product Management, Business Development und Technical Marketing ein. Seit April 2010 ist er als Senior-Experte Marketing-Kommunikation im Unternehmen tätig.



Sven Meyer

studierte Elektrotechnik an der TU Braunschweig. Er trat 1996 bei IAV im Bereich Applikation und Funktionsentwicklung ein, wo er in verschiedenen Projekten in leitender Position Erfahrung für Diesel- und Otto-Steuergeräte gesammelt hat. Seit Juli 2008 ist Sven Meyer für die Entwicklung des Applikationswerkzeugs Inca-Flow und für das übergreifende Thema Applikationsmethodik verantwortlich.



Rajesh Reddy

studierte Informatik mit der Fachrichtung Embedded Systems an der Universität Stuttgart. Seit Oktober 2011 arbeitet er bei der ETAS GmbH als Produktmanager für Inca und Inca-Flow. In der Vergangenheit war er für die indische Weltraumforschungsorganisation und die Robert Bosch GmbH tätig.