

dSPACE MAGAZIN

1/2017

Toyota

Nachhaltigkeit auf der Straße
durch effiziente Entwicklung | Seite 12

Jaguar Land Rover – Schneller in Serie
durch virtuelle Absicherung | Seite 6

JTEKT – ISO-26262-konform testen
durch automatisierte Fehlereinspeisung | Seite 18



„Software für autonome Fahrzeuge ist hochkomplex und erfordert enorm viele Tests, um ein bestimmtes Vertrauensniveau in puncto Sicherheit, Qualität und Zuverlässigkeit zu erreichen. Um die Kosten zu reduzieren und die Software-Entwicklung zu beschleunigen, setzen wir für die Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulation einen dSPACE Simulator ein, der unsere Fahrzeugtests optimal ergänzt.“

Adit Joshi, Forschungsingenieur – Automated Driving HIL Simulation, Ford Motor Company



„Meistens im Kofferraum montiert, in Sachen hochautomatisiertes und autonomes Fahren aber ganz weit vorn: Unsere neue MicroAutoBox Embedded SPU.“

Kreativ-Workshops brauchen wir bei dSPACE nicht. Wann immer wir eine Anforderung erfolgreich erfüllt haben, treten unsere Kunden schon mit neuen Wünschen an uns heran. Neue Aufgaben und Betätigungsfelder schießen daher wie Pilze aus dem Boden; und wir setzen alles daran, sie zu ernten.

Was uns derzeit am meisten beschäftigt, sind Fahrerassistenzsysteme sowie das hochautomatisierte und autonome Fahren. In diesem Magazin stellen wir Ihnen dazu erstmals die MicroAutoBox Embedded SPU vor (Seite 36). Ihr Einsatzbereich liegt da, wo Multisensorik zusammengeführt und verarbeitet werden muss. Jede Menge Schnittstellen und modernste Prozessorarchitektur kombinieren wir dafür mit fortschrittlichem Software Tooling. Und das natürlich voll fahrzeugtauglich, wie Sie es von unserer MicroAutoBox-Produktlinie seit bald 20 Jahren gewohnt sind.

Wir kümmern uns auch um die Absicherung der entwickelten Funktionen. Mit unserer Simulationsplattform VEOS® lassen sich Software-Tests parallelisieren und Millionen von Testkilometern für automatisiertes Fahren auf den PC vorverlagern, um das komplexe und varian-

tenreiche Testpensum in annehmbarer Zeit abzuspielen. Heraus kommt eine wertvolle Ergänzung zum HIL-Test, mit der sich eine Menge Iterationen und Zeit sparen lassen. Im Artikel von Jaguar Land Rover ist das schön zu sehen, und auch Toyota berichtet, dass eine entsprechende Vorgehensweise auf der Agenda steht. Bemerkenswert ist in beiden Fällen auch der Rundumsatz der dSPACE Werkzeugkette: Sichere und effiziente Entwicklungsprozesse sind das Ergebnis.

Natürlich muss sich unser Unternehmen auch personell entwickeln, um den ständig steigenden Anforderungen gerecht zu werden. Ein Faktor, der dSPACE als Arbeitgeber besonders attraktiv macht, ist unsere neue, betriebsnahe Kindertagesstätte. Sie sorgt für die optimale Vereinbarkeit von Beruf und Familie und trägt durch ihren technisch-naturwissenschaftlichen Fokus dazu bei, Kinder schon früh für einen Ingenieur-Beruf zu begeistern. Auf Seite 50 sehen Sie also möglicherweise bereits unsere Fachkräfte von morgen.

Dr. Herbert Hanselmann

JAGUAR LAND ROVER | SEITE

6



JTEKT | SEITE

18

UNIVERSITY OF
MICHIGAN | SEITE

28

IMPRESSUM

dSPACE MAGAZIN wird periodisch herausgegeben von:

dSPACE GmbH · Rathenastraße 26
33102 Paderborn · Deutschland
Tel.: +49 5251 1638-0
Fax: +49 5251 16198-0
dspace-magazine@dspace.com
www.dspace.com

V.i.S.d.P.: Bernd Schäfers-Maiwald
Projektleitung: André Klein

Fachredaktion: Dr. Stefanie Koerfer, Michael Lagemann, Ralf Lieberwirth, Lena Mellwig, Dr. Gerhard Reiß, Sonja Ziegert

Redaktionelle Mitarbeit an dieser Ausgabe:
Karsten Fischer, Julia Girolstein, Hartmut Jürgens,
Barath Kumar, Norbert Meyer, Andre Rolfsmeier

Korrektur und Übersetzung:
Robert Bevington, Stefanie Bock, Anna-Lena
Huthmacher, Stefanie Kraus

Gestaltung und Layout:
Jens Rackow, Sabine Stephan

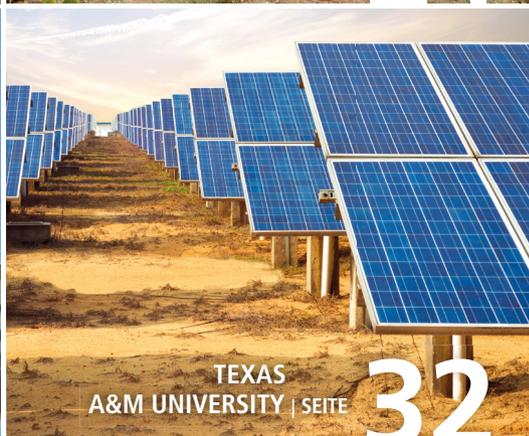
Druck:
Media-Print GmbH, Paderborn

Titelfoto: © Toyota

© 2017 dSPACE GmbH

Alle Rechte vorbehalten. Vollständige oder teilweise Vervielfältigung dieser Veröffentlichung ist nur mit schriftlicher Genehmigung und unter Angabe der Quelle gestattet. Die Produkte von dSPACE unterliegen fortwährenden Änderungen. Daher behält sich dSPACE das Recht vor, Spezifikationen der Produkte in dieser Publikation jederzeit ohne vorherige Ankündigung zu ändern. dSPACE ist ein eingetragenes Warenzeichen der dSPACE GmbH in den Vereinigten Staaten und/oder in anderen Ländern. Eine Liste weiterer eingetragener Warenzeichen finden Sie unter www.dspace.com/go/warenzeichen. Andere Markennamen und Produktnamen sind Warenzeichen oder eingetragene Warenzeichen der entsprechenden Unternehmen oder Organisationen.

Inhalt



3 EDITORIAL

Kundenanwendungen

- 6 JAGUAR LAND ROVER**
Virtuelle Revolution
Jaguar Land Rover implementiert die virtuelle Absicherung
- 12 TOYOTA**
E-volutionssprung
Elektrifizierung für eine nachhaltige Mobilität – Entwicklung der vierten Generation des Toyota Prius
- 18 JTEKT**
Fehlern auf der Spur
Automatisierte Fehlereinspeisungstests für Lenksysteme von JTEKT
- 24 SAME**
In vino mobilitas
Innovative Vorderachsaufhängung für Spezialtraktoren von SAME
- 28 UNIVERSITY OF MICHIGAN**
Wendig wie ein Vogel
Entwicklung adaptiver Tragflächen und Heckleitwerke
- 32 TEXAS A&M UNIVERSITY**
Sonnige Aussichten
Solarenergie als Basis für zukunftsweisende Hybridstromnetze

Produkte

- 36 MICROAUTOBOX EMBEDDED SPU**
Multisensor-Allrounder
Algorithmen für 360°-Umfelderfassung auf kompaktem und robustem Prototyping-System entwickeln
- 42 XIL API**
Einer für alles
ASAM XIL API entkoppelt Tests aller Teststufen von der Testplattform

Business

- 46 DSPACE ANWENDERKONFERENZ**
Innovatoren im Dialog
Anwender, Interessenten und Produktexperten trafen sich auf der 8. dSPACE Anwenderkonferenz zum informativen Erfahrungsaustausch
- 50 DSPACE KINDERTAGESSTÄTTE**
Investition in die Zukunft
Betriebsnahe Kita schon fest etabliert

Kurz notiert

- 52 Ethernet-Unterstützung für SCALEXIO**
Neue Sicherheitsmechanismen für die MicroAutoBox II
- 53 Virtuelle RDE-Fahrten**
- 54 Hohe Auszeichnung für dSPACE Stiftungsprofessor**
dSPACE verstärkt seine Präsenz in China

dSPACE an Bord

- 55 Maruti Suzuki: Effizienz mit Torque-Split-Technologie**
Universität Tübingen: Sensible Steuerung gefragt
General Motors: Aufbau einer Entwicklungsumgebung



PEFC zertifiziert
Dieses Produkt
stammt aus nachhaltig
bewirtschafteten
Wäldern und
kontrollierten Quellen
PEFC/04-31-0810
www.pefc.de

ClimatePartner^o
klimaneutral

Druck | ID 53446-1704-1002



Jaguar Land Rover implementiert
die virtuelle Absicherung

Virtuelle Revolution

Das Motto von Jaguar Land Rover verspricht Erfahrungen, die man ein Leben lang lieben wird. Um dies zu erreichen und dem Kunden fortwährend qualitativ hochwertige Produkte mit einer wachsenden Zahl innovativer Funktionen zu bieten, ist eine intelligente Absicherung der Software entscheidend. Daher setzt Jaguar Land Rover nun bereits in frühen Entwicklungsphasen auf die virtuelle Absicherung.



Heutige Fahrzeuge beinhalten immer mehr Technologien mit komplexen, interagierenden Software-Funktionen, zum Beispiel die autonomen Funktionen mancher Fahrerassistenzsysteme. Hierdurch wird die Einführung neuer, verbesserter Methoden notwendig, um die entsprechende Software zu entwickeln und zu testen. Dies erhöht nicht nur den Aufwand für die Tests, sondern macht es auch erforderlich, die neuen Funktionen so früh und so effizient wie möglich zu testen, damit Fehler nicht erst zu einem so späten Zeitpunkt entdeckt werden, dass ihre Behebung zu hohen Kosten führt. Durch den intelligenten Einsatz der Software-Absicherung spart Jaguar Land Rover nun sowohl Zeit als auch Kosten. Zudem erlaubt dieses Vorgehen auch mehr Iterationen für Entwicklung, Verifikation und Validierung. In der Folge führt dies zu einem hochwertigen Fahrerlebnis für den Kunden. Eine Einsatzmöglichkeit für die Software-Absicherung ist die Virtualisierung, also die virtuelle Verifikation und Validierung von Software, um Fehler früher zu finden und zu beheben und somit die Markteinführungszeiten zu verkürzen. Besonders vorteilhaft ist es, wenn Anwendungen in einer AUTOSAR-Software-Architektur mit virtuellen Steuergeräten (V-ECUs) entwickelt und getestet werden können und die funktionale Absicherung ohne real verfügbares Steuergerät möglich ist. Auf diese Weise kann Jaguar Land Rover Tests durchführen und Rückmeldung an den Zulieferer >>



geben, noch bevor dieser das Steuergerät fertiggestellt hat, da die Entwickler parallel testen können.

Herausforderungen und Lösungen

Zu den ersten Hürden bei der Implementierung der virtuellen Absicherung gehörten die Modifikation bestehender Software-Entwicklungsprozesse (Abbildung 1) und die Anpassung der Werkzeugkette, um die Entwicklung und den Test von V-ECUs zu ermöglichen. Hierzu wurde vorab ein Forum für einen abteilungsübergreifenden Austausch eingerichtet. Dazu gehörten die Abteilungen Software-Verifikation und -Validierung von AUTOSAR-Architektur sowie Hardware-in-the-Loop (HIL)-Test und weitere Systemgruppen. Diese Zusammenarbeit führte zu zwei flexiblen Ansätzen für die Integration der V-ECU-Entwicklung in bestehende Software-Entwicklungsprozesse: zum einen ein Bottom-up-Ansatz für bestehende

und bereits abgesicherte Software-Komponenten (SWCs), um diese schnell zu kombinieren und ein integriertes V-ECU aufzubauen. Zum anderen ein Top-down-Ansatz für V-ECUs, die für AUTOSAR oder aus anderen entwicklungspezifischen Gründen überarbeitet werden müssen oder um V-ECUs bei der Entwicklung neuer Funktionen einzu-

Modelle in VEOS®, der Simulationsumgebung für den komfortablen V-ECU-Test. Darüber hinaus hat das Forum als weiteres Werkzeug für den Aufbau von V-ECUs den dSPACE Legacy Code Integrator evaluiert, der virtuelle Steuergeräte aus Legacy Source Code generiert. Abschließend haben die Ingenieure von dSPACE und Jaguar Land Rover die Werkzeug-

„Die virtuelle Absicherung hat unseren Prozess revolutioniert.“

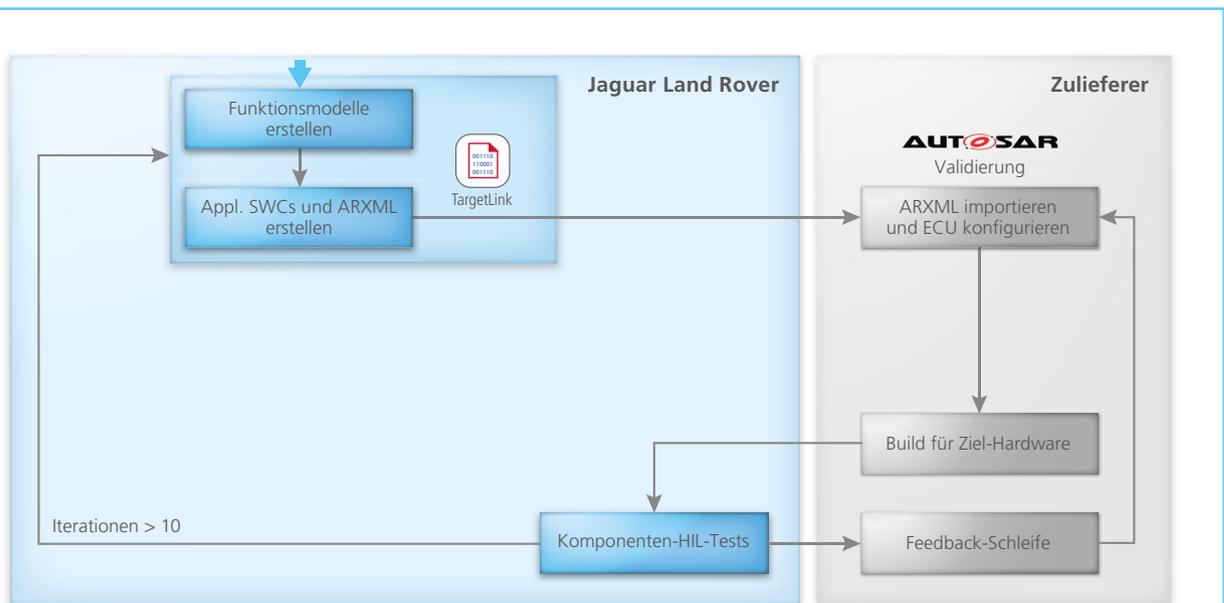
Will Suart, Jaguar Land Rover

kette hinsichtlich ihres Automatisierungspotenzials überprüft, um die V-ECUs zu generieren und in die

Testumgebung zu integrieren. dSPACE passte den Prozess mit Python-Skripten an und stellte eine einfache Lösung für die Erstellung von Streckenmodellen für V-ECUs und ControlDesk® bereit. Dank der ControlDesk-Streckenmodelle konnten die Ingenieure bei Jaguar Land Rover den exakt gleichen Testaufbau, der zuvor für HIL-Tests auf dem physikalischen Steuergerät implementiert war, für den Test von V-ECUs wiederverwenden.

Testumgebung zu integrieren. dSPACE passte den Prozess mit Python-Skripten an und stellte eine einfache Lösung für die Erstellung von Streckenmodellen für V-ECUs und ControlDesk® bereit. Dank der ControlDesk-Streckenmodelle konnten die Ingenieure bei Jaguar Land Rover den exakt gleichen Testaufbau, der zuvor für HIL-Tests auf dem physikalischen Steuergerät implementiert war, für den Test von V-ECUs wiederverwenden.

Abbildung 1: Ursprünglicher Entwicklungsprozess bei Power Systems (PS), der mehrere kostenintensive Iterationen erforderte, bevor die ausgereifte Anwendung einsatzbereit war.



Appl. SWCs = Application Software Components ARXML = AUTOSAR XML-Datei

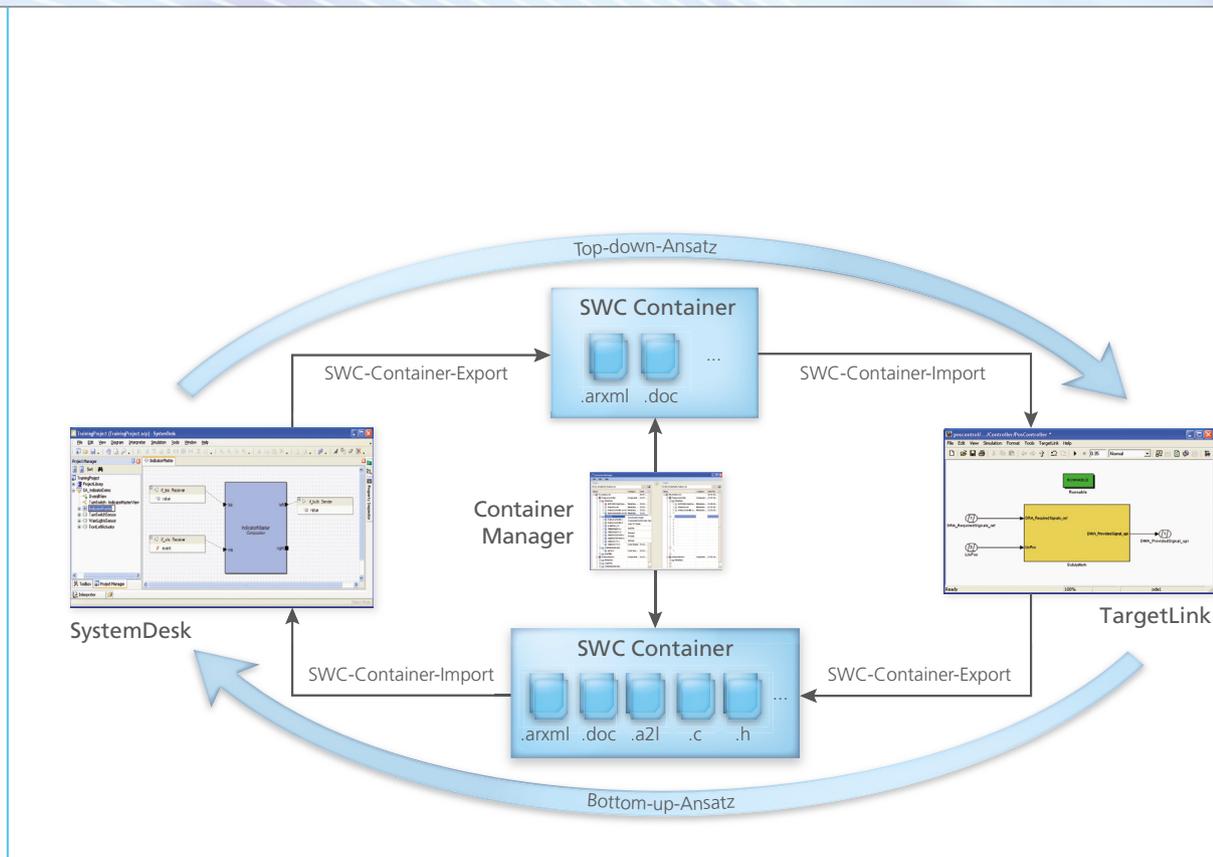


Abbildung 2: Der Bottom-up-Ansatz beginnt bei den in TargetLink modellierten Software-Komponenten, der Top-down-Ansatz mit der in SystemDesk vorab definierten Architektur.

dSPACE Produkte

Um den V-ECU-Entwicklungs- und -testprozess effektiv zu implementieren, kamen folgende dSPACE Werkzeuge zum Einsatz:

1. TargetLink® ist ein in der Industrie etabliertes Werkzeug für die Generierung von Seriencode, das mit einem Data Dictionary ausgestattet ist. Er wurde von Jaguar Land Rover für die SWC-Entwicklung verwendet.
2. SystemDesk® wurde in die Werkzeugkette integriert und erwies sich als gutes Systemarchitekturwerkzeug. Es wird unter anderem für die Modellierung von AUTOSAR-Architekturen, zum Absichern der Einhaltung von AUTOSAR-Regelsätzen, für die SWC-Integration und die V-ECU-Generierung eingesetzt. SystemDesk war nicht nur ein neues Werkzeug für die Gruppe Power Systems, sondern brachte auch neue Aufgaben mit sich, die vorher von den Zulieferern erledigt wurden. Nach einer

steilen Lernkurve ist SystemDesk nun integraler Bestandteil beim Lösen dieser Aufgaben.

3. VEOS ist ein weiteres neues Werkzeug, das für die Simulation der V-ECUs zum Testen eingesetzt wurde. Die Flexibilität der Simulationsplattform spielt eine zentrale Rolle für mehr Qualität durch virtuelles Testen. Wesentliche Vorteile von VEOS liegen in der Integration von Drittanbietermodellen sowie in den zahlreichen Steuerungsfunktionen für die Simulation wie PAUSE, STEP und der Einstellung der Ausführungsschrittweite.
4. ControlDesk wurde von den HIL-Ingenieuren schon in der Vergangenheit als Experimentier-Software eingesetzt. Die Möglichkeit, beim Testen und Experimentieren mit V-ECUs und realen ECUs dasselbe Werkzeug zu nutzen, war ein unschätzbare Vorteil.

Zusammen mit den Werkzeugen, die bei Jaguar Land Rover bereits für die AUTOSAR-Software-Entwicklung und

die virtuellen und HIL-Tests im Einsatz waren, spielten die dSPACE Produkte eine entscheidende Rolle bei der Implementierung des virtuellen Absicherungsprozesses.

Vorteile der virtuellen Absicherung

Die virtuelle Absicherung mit V-ECUs ermöglicht es, Tests in frühe Phasen des Entwicklungsprozesses vorzulagern, so dass Komponententests bereits auf der linken Seite des V-Modells stattfinden können (Abbildung 3). Zudem verbessert sie die Gesamtqualität, was das Vertrauen in die entwickelte Software deutlich erhöht. In Bezug auf die AUTOSAR-Komponentenentwicklung war der neue Absicherungsprozess besonders hilfreich bei der Einrichtung schnellerer Round-Trips vom Modell auf die Komponententestplattform. Durch den Einsatz des Entwicklungs- und Testprozesses für die V-ECU konnte die Gruppe Power Systems die Verifikations- und Validierungszeit um 12 Wochen verkürzen (Abbildung 4). Aus dem virtuellen Absicherungs-

>>

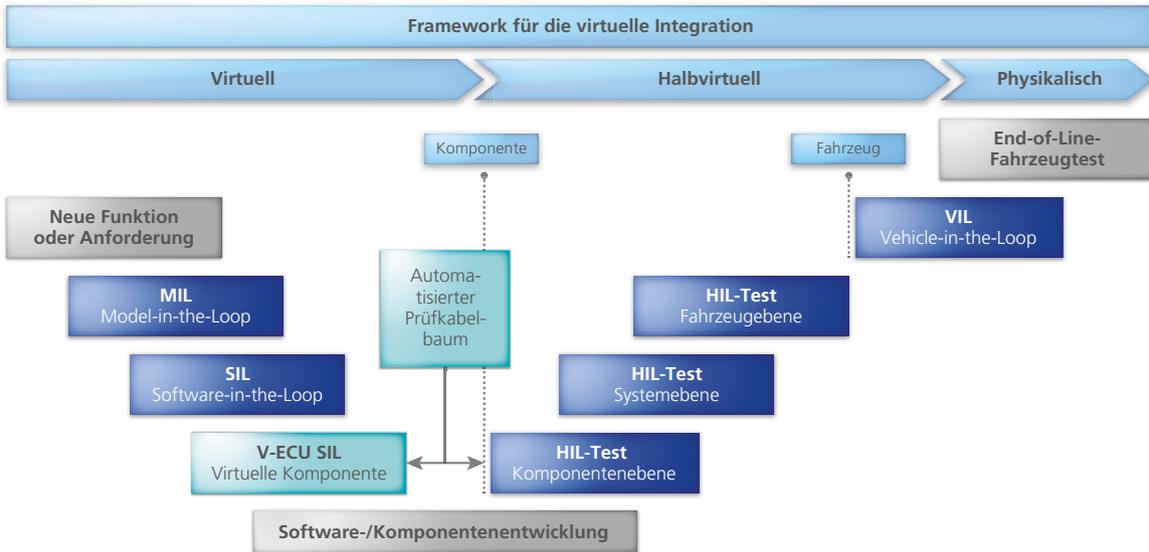


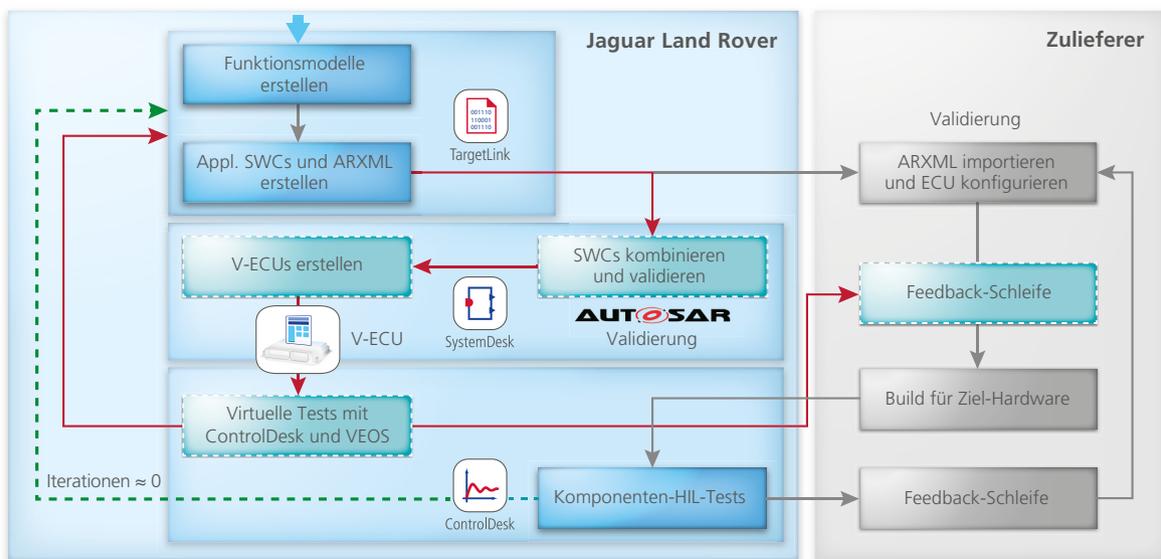
Abbildung 3: Durch die virtuelle Absicherung mit V-ECUs können die Komponententests auf die linke Seite des V-Modells verlagert werden.

prozess ergaben sich weitere Vorteile, unter anderem bessere Optionen für die Fehlererkennung. Kommt diese in frühen Tests zum Einsatz, lassen sich umfassendere HIL-Tests und eine robustere Steuergeräte-Integration durchführen. Durch die Fülle von

Möglichkeiten, die sich durch frühzeitige virtuelle Tests ergaben, hat Jaguar Land Rover viel Zeit gewonnen, die dann in robuste HIL-Tests auf Komponenten- und Systemebene investiert wurde. Das Ergebnis sind eine höhere Gesamtqualität und

kürzere Markteinführungszeiten. Der neue Prozess rund um die virtuelle Absicherung erhöhte zudem die Entwicklungseffizienz, und das nicht nur intern, sondern auch bei der Zusammenarbeit mit externen Komponentenzulieferern.

Abbildung 4: Modifizierter virtueller Absicherungsprozess (türkise Kästchen und rote Linien), der die Testmöglichkeiten bei Jaguar Land Rover deutlich verbesserte. Die Änderungen erhöhten das Vertrauen in die Korrektheit der Anwendung vor Übergabe an den Zulieferer und zogen neue Iterationen nach sich, bis das Produkt einsatzfertig war.



Appl. SWCs = Application Software Components ARXML = AUTOSAR XML-Datei

„dSPACE Produkte spielten eine entscheidende Rolle bei der Implementierung unseres virtuellen Absicherungsprozesses.“

Leonardo Poeti, Jaguar Land Rover

Fazit und Ausblick

Durch die virtuelle Absicherung konnte Jaguar Land Rover wichtige Einblicke gewinnen, wie der Entwicklungsprozess modifiziert werden musste. Auch zeigte sich die Flexibilität der Werkzeugkette und des Prozesses, die an bestehende Prozesse bei Jaguar Land Rover und seine Zulieferer angepasst werden mussten. Insgesamt liegen die Vorteile der virtuellen Absicherung und eines formalisierten konsistenten Ansatzes für die AUTOSAR-Software-Entwicklung bei Jaguar Land Rover auf der Hand. Daher sollen die Möglichkeiten weiter ausgebaut werden:

1. Erweitern der Testmöglichkeiten durch V-ECUs auf SCALEXIO® HIL-Prüfständen und MicroAutoBox® II

2. Aufbauen eines V-ECU-Netzwerks bis zur Darstellung des gesamten Fahrzeugs, um das komplette System auf Fahrzeugebene virtuell abzusichern
3. Integrieren mehrerer V-ECUs und realer Steuergeräte in eine HIL-Simulationsumgebung
4. Durchgängiges Migrieren von virtuellen zu realen Steuergeräten in einer Validierungs- und Verifikationsumgebung
5. Wiederverwenden bestehender Systemarchitekturen für die V-ECU-Generierung beim Hinzufügen neuer Funktionen in ein bestehendes Steuergerät ■

Will Suart, Leonardo Poeti, Karthik Ponudurai, Renjith George, Jaguar Land Rover

Warum virtuell absichern?

- Der neue Prozess zur virtuellen Absicherung ermöglicht schnellere Round-Trips. So konnte die Gruppe Power Systems 12 Wochen an Verifikations- und Absicherungszeit einsparen.
- Durch V-ECUs wird es möglich, die Komponententests auf die linke Seite des V-Modells in eine frühe Phase des Produktentwicklungszyklus bei Jaguar Land Rover vorzuerlagern. Das erhöhte deutlich die Qualität und das Vertrauen in die entwickelte Software.
- dSPACE passte den Prozess durch Python-Skripte an und stellte eine einfache Lösung für die Erstellung von V-ECUs bereit.
- Jaguar Land Rover konnte den Testaufbau für die V-ECU-Tests wiederverwenden, die zuvor für die HIL-Tests auf einem physikalischen Steuergerät implementiert waren.
- Die Anzahl kostenintensiver Iterationen sank von über 10 auf fast 0.
- Bis zu 80 % der Steuergeräte-Tests wurden mit V-ECUs durchgeführt.

Will Suart

Will Suart leitet die Gruppe Model Based Design & Software V&V bei Jaguar Land Rover, Großbritannien.



Leonardo Poeti

Leonardo Poeti ist Lead Virtual Validation Capability Engineer in der Gruppe Systems and Software bei Jaguar Land Rover, Großbritannien.



Karthik Ponudurai

Karthik Ponudurai ist Lead Software Engineer in der Gruppe Power Systems bei Jaguar Land Rover, Großbritannien.



Renjith George

Renjith George ist Ingenieur für Software-Architektur in der Gruppe Systems and Software bei Jaguar Land Rover, Großbritannien.





Elektrifizierung für eine nachhaltige Mobilität –
Entwicklung der vierten Generation des Toyota Prius

E-volutions sprung

Der Toyota Prius ist der weltweit anerkannte Hybrid-Pionier. Um die Effizienz der Fahrzeuge signifikant zu steigern, nahm Toyota eine ganzheitliche Optimierung der Entwicklung vor. Dazu wurde auch eine neue modellbasierte Werkzeugkette mit dem Seriercode-Generator TargetLink von dSPACE und den Testlösungen der Firma BTC Embedded Systems eingeführt.



Wie lässt sich Mobilität erhalten, ohne dass der Verkehr langfristig Mensch und Umwelt übermäßig belastet? Diese Frage steht im Mittelpunkt einer nachhaltigen Mobilität, die ein wesentliches Entwicklungsziel von Toyota ist. Was das konkret bedeutet, zeigt der neue Prius, bei dem es gelang, die Kraftstoffeffizienz im Testzyklus JC08 auf bis zu 40,8 km/l bzw. umgerechnet 2,45 Liter pro 100 km zu verbessern. Gleichzeitig wurde auch die Antriebsleistung optimiert, um ein dynamischeres Fahrverhalten zu gewährleisten.

Evolutionssprung beim Prius 4

Das Antriebskonzept des Fahrzeugs setzt auf eine einzigartige Kombination von Seriell- und Parallelhybrid. Grundlage dafür ist ein Planetengetriebe, das sogenannte Power Split Device (PSD), das den Verbrennungsmotor und zwei Elektromotoren koppelt. So lassen sich rein elektrischer Fahrbetrieb, Rekuperation sowie serieller und paralleler Betrieb von Elektro- und Verbrennungsmotor realisieren. Darüber hinaus dient das PSD auch als stufenloses Getriebe. Das Antriebssystem ist Bestandteil von Toyotas neuer modularer Automobilplattform TNGA (Toyota New Global Architecture), auf der zukünftige Modelle von Lexus und Toyota aufbauen. Im Zuge der Einführung der Plattform erfolgte eine grundlegende Überarbeitung aller beteiligten Komponenten. Dies führte zu beeindruckenden Ergebnissen beim Kraftstoffverbrauch: Bei der vierten Generation des Prius ließ sich die Kraftstoffeffizienz, bezogen auf die länderspezifischen Testfahrzyklen, in Japan um 26 %, in Europa um 20 % und in den USA um 14 % verbessern.

Optimierung der Steuerungsentwicklung

Bei der vierten Generation des Prius waren die Anforderungen an die Steuerung zur Steigerung der Fahr-

>>

zeugeffizienz im Vergleich zu den Vorgängermodellen deutlich höher. Daher kam der Optimierung der Steuerungsstruktur eine essentielle Rolle bei der Effizienzsteigerung zu. Damit die Größe der Bauteile reduziert und somit die Kraftstoffeffizienz erhöht werden konnte, musste zum Beispiel die Motorsteuerung besonders schnell ansprechen. Um unmittelbar für die neuen Anforderungen gerüstet zu sein und genügend Spielraum für zukünftige technische Innovationen zu haben, stellte Toyota die gesamte Steuerungsentwicklung auf den Prüfstand. Dabei wurden auch die Benutzerfreundlichkeit und Effizienz der Steuerungsarchitektur, des Entwicklungsprozesses und der Entwicklungswerkzeuge beurteilt.

Überarbeiten der Steuerungsstruktur

In einem ersten Schritt ging es darum,

die komplette Struktur der Steuerung grundlegend zu überarbeiten. Ziel war es, eine einfachere, verständlichere Struktur zu etablieren. Das verkürzt die Lernkurve von weniger erfahrenen Mitarbeitern, vereinfacht den Steuerungsentwurf und spart Zeit bei der Fehlersuche. Darüber hinaus konnte die Effizienz des Seriencodes durch die neue Steuerungsstruktur und die Code-Generierungswerkzeuge verbessert werden.

Überarbeiten des Entwicklungsprozesses

Ein effizienter Entwicklungsprozess basiert auf so vielen Entwicklungsschritten wie nötig und gewährleistet so viel Produktqualität wie möglich. Die Bewertung essentieller Abläufe des bisherigen Prozesses ergab, dass eine Reduktion von Entwicklungs-

schritten insbesondere durch den modellbasierten Entwurf zu erreichen ist, der die Implementierung eines Gesamtentwicklungsprozesses mit optimalen Werkzeugen und Zeiteinsparungen automatisiert. Ebenso wurde die Implementierung von Werkzeugen als Lösungsansatz für eine effizientere, ISO-26262-konforme Qualitätssicherung identifiziert. Darüber hinaus möchte Toyota neben dem herkömmlichen Prüfprozess in späteren Phasen des Entwicklungsprozesses produktiv mit Zulieferern zusammenarbeiten können.

Etablierung einer modellbasierten Werkzeugkette

Um den Entwicklungsprozess effizienter zu gestalten, setzt Toyota auf eine modellbasierte Werkzeugkette, die auf der Entwicklungsumgebung MATLAB®/Simulink® aufbaut. Aus den definierten Effizienzzielen ergaben sich präzise Anforderungen an die Werkzeuge, für die geeignete Kandidaten evaluiert wurden:

Verbesserung der Entwicklungseffizienz

Toyota entschied sich für den Seriene-Generator TargetLink® von dSPACE, der eine zuverlässige automatische Code-Generierung und ein durchgängiges Simulationskonzept vom Modell bis zum Objektcode bietet.

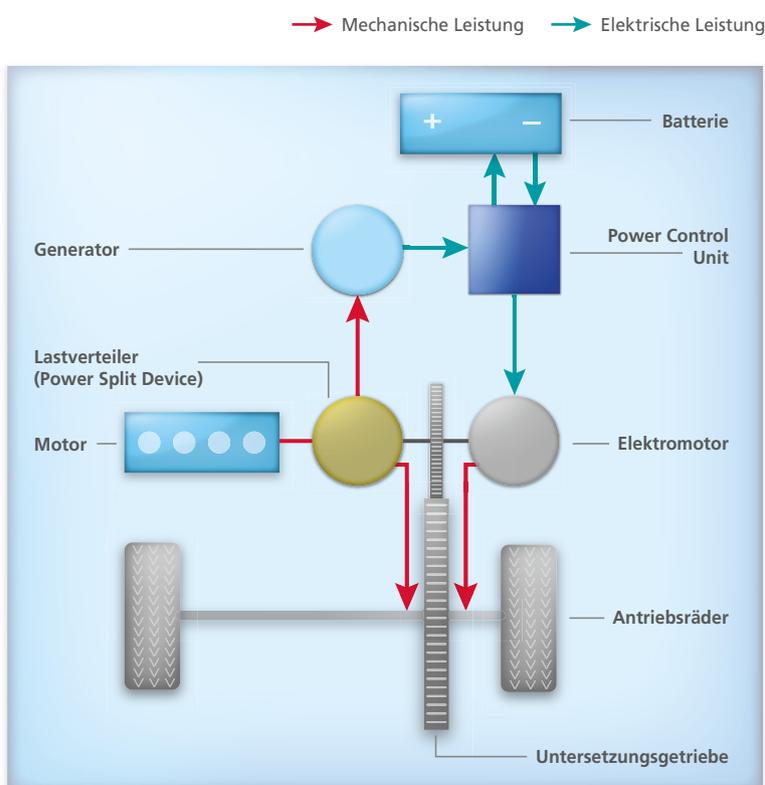
Qualitätssicherung bis zur Implementierung

Hierfür kamen die Testwerkzeuge BTC EmbeddedValidator und BTC EmbeddedTester der BTC Embedded Systems AG zum Einsatz. Mit ihnen lassen sich TargetLink-Modelle und generierter Code in frühen Entwicklungsphasen auf Implementierungsebene mit festen Prozessen prüfen.

Definition und Anwendung von Modellierungsrichtlinien

Die modellbasierte Entwicklungsumgebung Simulink/TargetLink eignet sich für eine strukturkonforme Model-

Das Power Split Device verteilt die Drehmomente von Verbrennungsmotor und Lastmaschine an die Räder sowie den Generator.

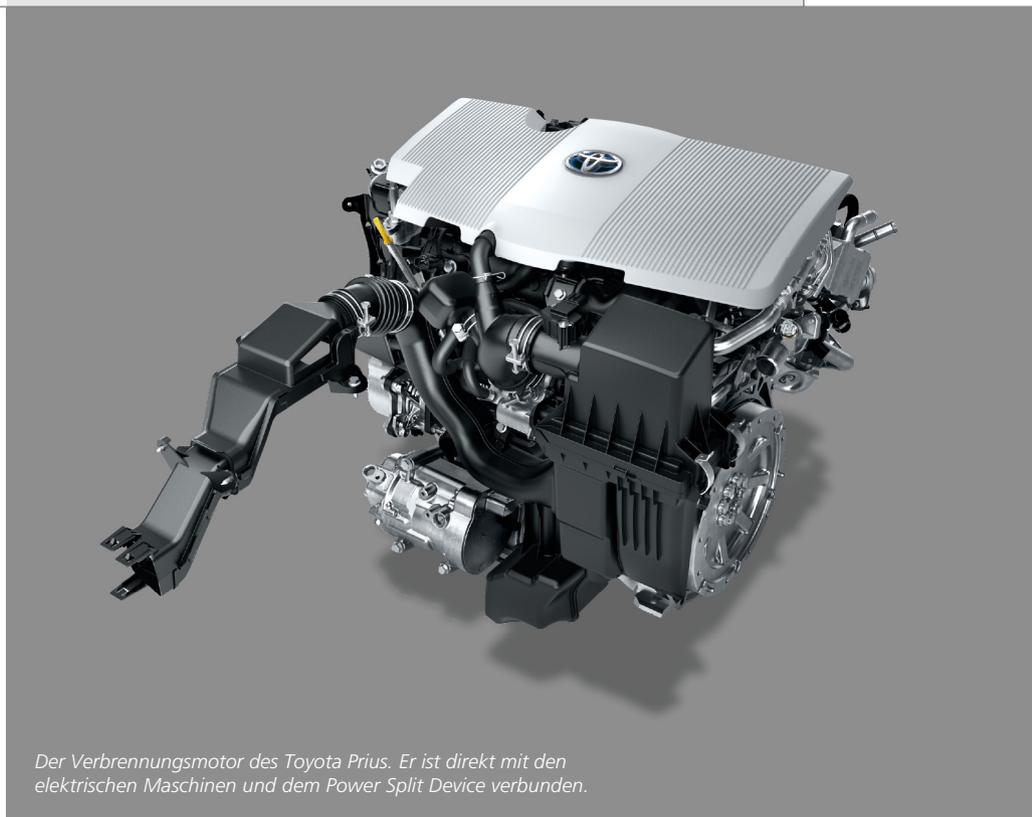


lierung. Angepasste Modellierungsrichtlinien können in den Richtlinienprüfer MES Model Examiner® integriert und so einzelne Schritte automatisiert werden. Das entlastet die Entwickler bei ihrer Arbeit und sorgt für eine konsistente Modellierung sowie effizienten SerieneCode, der zusätzlich eine hohe Konformität zu MISRA C erreicht.

Die Implementierung der Werkzeuge und neuen Workflows unterstützte dSPACE zusammen mit BTC Embedded Systems durch Beratung in Form von umfassenden, praxisnahen Workshops und Engineering-Dienstleistungen. Zusätzlich orientiert sich die Entwicklung an den ISO-26262-Referenzworkflows für TargetLink, BTC EmbeddedValidator und BTC EmbeddedTester.

Erfahrungen mit der neuen Werkzeugkette

Bei der Evaluierung von TargetLink im Zusammenspiel mit den Testwerkzeugen von BTC ergab sich eine signifikante Reduzierung der Personenstunden im Entwicklungsprozess einschließlich herkömmlicher Prüfprozesse. Dadurch ließ sich das Ziel, neue Funktionen schnell und präzise zu entwickeln, umsetzen. Bei der täglichen Arbeit schätzten die Entwickler vor allem die intuitiv automatisierbaren Konfigurationsmöglichkeiten von TargetLink. Mit dieser Umgebung lässt sich nicht nur leicht implementierbarer Code erzeugen, sondern sie stellt auch angepasste Mechanismen bereit, die beispielsweise dafür sorgen, dass sich die Konfigurationseinstellungen mit einem Klick auf alle Modellblöcke anwenden lassen. Darüber hinaus konnte auch die Zusammenarbeit mit den Zulieferern effizienter gestaltet werden, indem eine vorher auf beiden Seiten nach eigenen Prozessen vorgenommene Software-Implementierung, durch die automatische SerieneCode-Generierung mit TargetLink abgelöst wurde.



Der Verbrennungsmotor des Toyota Prius. Er ist direkt mit den elektrischen Maschinen und dem Power Split Device verbunden.



Die Power Control Unit führt die Regelung aller Hybridfahrfunktionen aus.

Vollständige Absicherung

Während sich mit den klassischen Testmethoden bei Toyota durchaus ein gewisses Vertrauen in die Code-Qualität erreichen lässt, erfordern sie dennoch eine hohe Anzahl an Arbeitsstunden. Die formale Verifikation, die der BTC EmbeddedValidator bie-

tet, sichert die Konsistenz zwischen Spezifikation und Modell automatisch und vollständig ab. Das folgende Beispiel zeigt, wie mit einem vollständigen mathematischen Beweis eine Verletzung von Anforderungen ausgeschlossen werden kann: Überprüfe, ob für jede Kombination

>>



Aufbau des elektrifizierten Antriebsstrangs des Toyota Prius 4.

„Wir haben eine Basis für die Verbesserung der Effizienz des gesamten Entwicklungsprozesses einschließlich der Inspektion geschaffen. Dazu setzen wir auf TargetLink, BTC EmbeddedValidator und BTC EmbeddedTester in Verbindung mit Automatisierungsmechanismen.“

Naoki Ishikawa, Toyota Motor Corporation

von Eingangssignalen ausnahmslos Folgendes erreicht werden kann:

- Falls eine Situation eintritt, in der die Batterie nicht verwendet werden kann,
- schaltet das Fahrzeug in den Fahrmodus, der die Batterie nicht benutzt.

Der BTC EmbeddedValidator erzeugt für diese Anforderung alle möglichen Wertekombinationen und überprüft, ob ein Gegenbeispiel vorliegt. Darüber hinaus bietet der BTC EmbeddedTester einen vollautomatischen Back-to-Back-Test zwischen Simulink/TargetLink-Modellen und dem Serien-

code sowie eine automatische Generierung struktureller Testfälle für eine vollständige Code-Abdeckung (MC/DC). Zusätzlich deckt er Probleme im Code auf, zum Beispiel Wertebereichsverletzungen oder Divisionen durch Null. Die Ergebnisse gelten für alle erzeugten Vektoren und werden mit einem automatisch erstellten Bericht bestätigt.

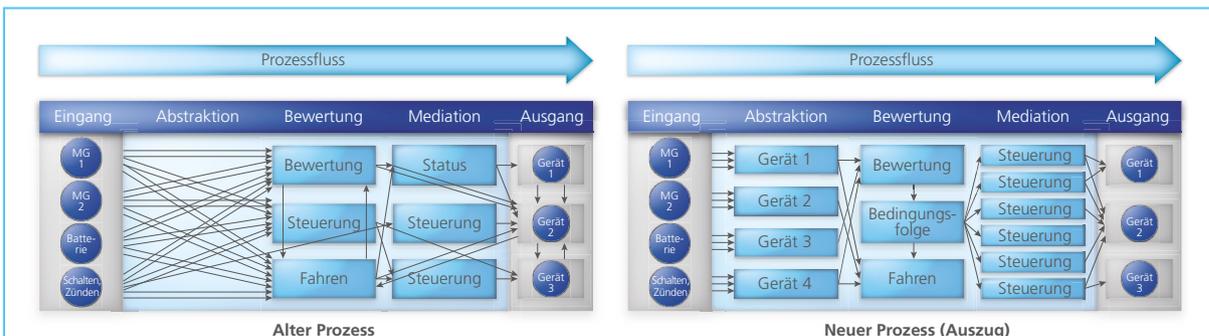
Bei der finalen Absicherung werden bei den Back-to-Back-Tests auch der Ziel-Mikroprozessor (Hardware) und der Cross Compiler (Objektcode) integriert. Damit werden TargetLink und BTC EmbeddedTester kombiniert, um

die Processor-in-the-Loop (PIL)-Simulation mit dem tatsächlichen Ziel-Mikroprozessor auszuführen. Dieser Testschritt führt zu mehr Effizienz bei der ISO-26262-konformen Absicherung.

Herausforderungen und Ausblick

Toyota implementierte parallel zur Fahrzeugentwicklung eine Vielzahl an Werkzeugen und Umgebungen, darunter einen All-at-Once-Entwicklungsprozess, neue Prozesse und automatisierte Mechanismen. Weil aber die Zahl der Arbeitsstunden zunächst stärker wuchs als erwartet, musste ein geeignetes Prozessmanagement

Die Struktur der Steuerung vor und nach der Optimierung.





Nutzen und Vorteile der Prozesse und Werkzeuge im Entwicklungsprozess bei modellbasierter Implementierung.

„Durch den Einsatz der Werkzeuge konnten wir den Weg für eine effizientere Entwicklung von Hybridfahrzeugen ebnen.“

Shinichi Abe, Toyota Motor Corporation

etabliert werden, um den Prozess durchgängig beobachten und optimieren zu können. Weitere Verbesserungen der Effizienz des Entwicklungsprozesses, der Werkzeugkette und auch der Entwicklungsumgebung sind bereits geplant, so dass deren Vorteile für die Entwickler noch deutlicher werden. Beispielsweise untersucht Toyota derzeit den verstärkten Einsatz von Reglermodellen in frühen Phasen der Entwicklung

(virtuelle Simulationen mit dSPACE VEOS®). Zudem soll die Entwicklungsumgebung kontinuierlich verbessert werden, zum Beispiel sollen sich Komponenten einschließlich Testmustern, Parametern und Modellen (xIL-Regelstrecken) mit dSPACE SYNECT® wiederverwenden lassen. Zudem soll die Umgebung noch benutzerfreundlicher werden. ■

Shinichi Abe, Naoki Ishikawa
Toyota Motor Corporation

Mr. Shinichi Abe

Shinichi Abe ist General Manager der Hybrid Vehicle Management System Development Division bei der Toyota Powertrain Company, TOYOTA MOTOR CORPORATION in Aichi, Japan.

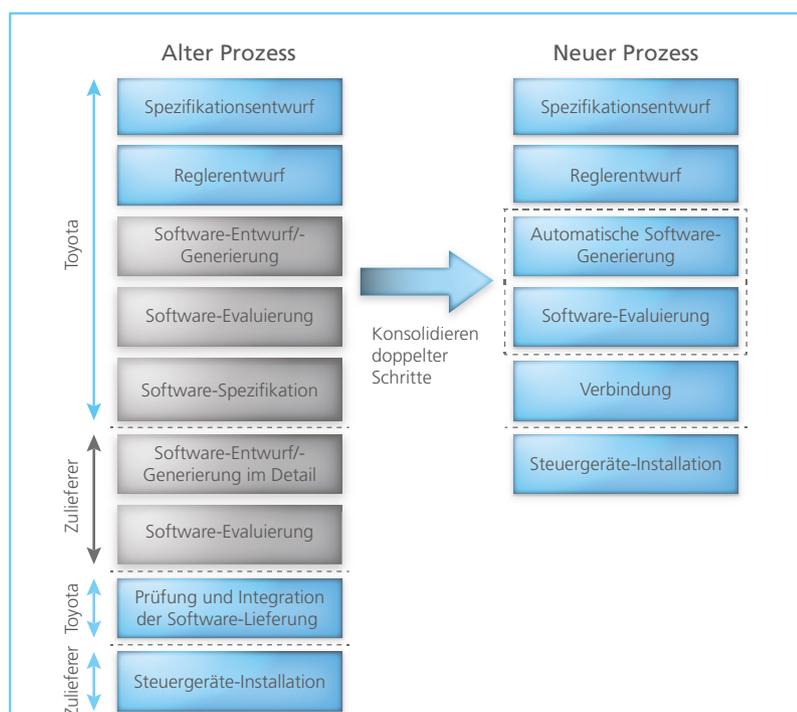


Mr. Naoki Ishikawa

Naoki Ishikawa war Assistant Manager bei der Hybrid Vehicle Management System Development Division und arbeitet nun in gleicher Funktion im Process Improvement MBD Control 2 Group, Process Innovation Department, Unit Development Digital Innovation Division bei der Toyota Powertrain Company, TOYOTA MOTOR CORPORATION in Aichi, Japan.



Der optimierte Entwicklungsprozess beschränkt sich auf die absolut notwendigen Entwicklungsschritte und sorgt so für mehr Effizienz.





Fehlern auf der Spur

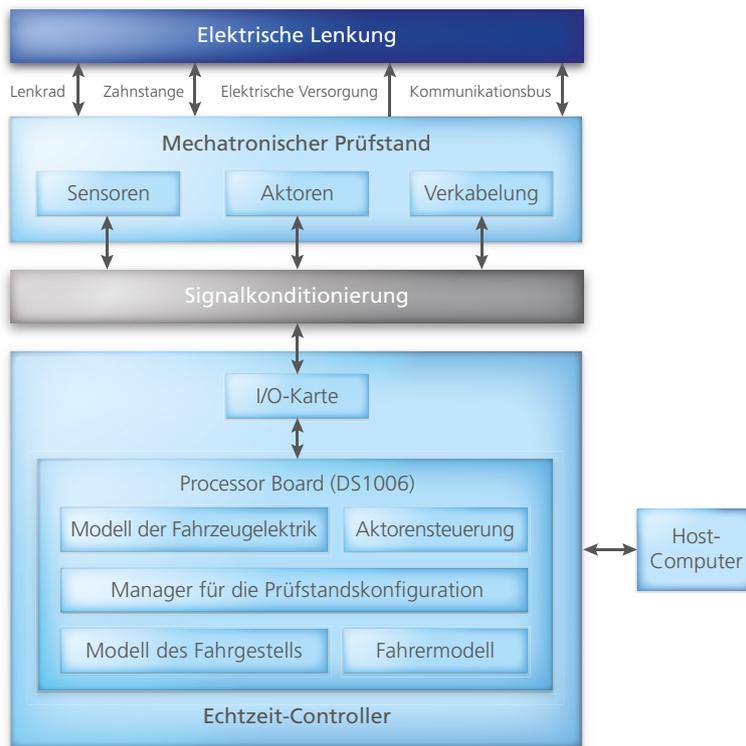
Automatisierte Fehlereinspeisungstests
für Lenksysteme von JTEKT

Als sicherheitskritische Komponente muss eine Pkw-Lenkungsregelung auch hinsichtlich ihrer Fehlertoleranz nach der ISO 26262 geprüft werden. Dank eines dSPACE HIL-Simulators mit automatisierter Fehlereinspeisung kann JTEKT den Großteil der dabei möglichen Unstimmigkeiten schon frühzeitig beseitigen, lange bevor ein Testfahrzeug auf das Prüfgelände rollt.



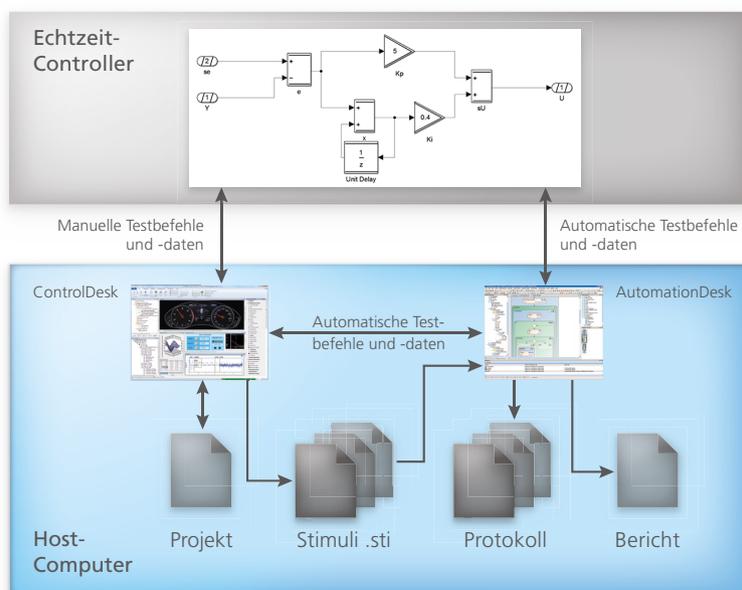
Das Fahrzeug immer schön in der Spur halten: Diese Grundregel aus der Fahrschule wird heute längst nicht mehr vom Fahrer allein umgesetzt. Häufig assistiert ihm dabei eine elektromechanische Servolenkung, die ihn mittels aufwendiger Regelungen beim Lenken spürbar unterstützt. Verhält sich eine Servolenkung jedoch plötzlich anders als erwartet, kann das Fahrzeug schnell aus der Spur geraten. Um das zu vermeiden, müssen Lenksysteme und ihre Regelungen vor der Markteinführung auch zahlreiche sogenannte Fehlereinspeisungstests durchlaufen und dabei die geforderte Robustheit demonstrieren. Dies erfolgt üblicherweise mit Testfahrten auf einem Prüfgelände. Mit der geradezu sprunghaft gestiegenen Variantenvielfalt von Fahrzeugen und Funktionen multipliziert sich die Anzahl der dabei notwendigen Testfälle aber mittlerweile derartig, dass reale Testfahrten ein immer kostspieligeres Unterfangen werden. Außerdem gehen reale Fahrttests mit einer Einschränkung des testbaren Fahrdynamikbereichs einher, da sie durch notwendige Sicherheitsvorkehrungen und die natürlichen Hemmschwellen menschlicher Testfahrer immer auf einen bestimmten Rahmen beschränkt bleiben. >>





Intelligente Arbeitsteilung: Die Vierkern-Architektur des DS1006 Processor Boards ermöglicht es JTEKT, verschiedene Berechnungsmodelle der Prüfstandssimulation auf die einzelnen Prozessorkerne zu verteilen und so die Echtzeitausführung zu optimieren.

Perfekte Ergänzung: Die Experimentier- und Visualisierungssoftware ControlDesk® ermöglicht JTEKT nicht nur die manuelle Steuerung des Lenkungsprüfstands. Mit AutomationDesk im Hintergrund lassen sich über ControlDesk auch sämtliche Automatisierungen, beispielsweise für die Fehlereinspeisung, konfigurieren und steuern.



ISO 26262 auf dem Vormarsch

Ein weiterer wichtiger Treiber für JTEKT ist die Konformität mit der ISO-Norm 26262 für die funktionale Sicherheit von Straßenfahrzeugen. Die Norm beinhaltet verschiedene Vorschriften für Fehlereinspeisungstests auf Gesamtsystemebene. Unter anderem fordert sie für die Tests eine sogenannte Regressionsstrategie, die durch die Wiederholung von Testfällen sicherstellt, dass Modifikationen in bereits getesteten Teilen der Software keine neuen Fehler verursachen. Nicht- oder nur teilweise regressive Tests sind dagegen nur in Ausnahmen erlaubt und erfordern aufwendige Begründungen im Rahmen der Zertifizierung. Für die Risikostufe ASIL D (Automotive Safety Integrity Level) schreibt die ISO 26262 zudem sogenannte „Back-to-Back“-Tests vor, bei denen die Ergebnisse der Tests auf der Software-Ebene mit jenen auf der Modellebene verglichen werden. Durch diese und weitere Anforderungen der Sicherheitsnorm, zum Beispiel beim Anforderungsmanagement, beim Software-Design und bei der Dokumentation verschiedener Work Products entlang des gesamten Entwicklungs- und Verifikationsprozesses, entstehen in einem Entwicklungsprojekt erhebliche formale Aufwände.

Prüfstandtests für mehr Sicherheit und Effizienz

Um diesen aktuellen Herausforderungen und dem gestiegenen Aufwand zu begegnen und auch die Fehlereinspeisungstests ISO-26262-konform durchzuführen, hat sich JTEKT Europe im französischen Irigny für einen echtzeitfähigen Hardware-in-the-Loop (HIL)-Prüfstand mit integrierter und automatisierter Fehlereinspeisung von dSPACE entschieden. Damit können die Entwickler einen Großteil ihres Testprogramms von den realen Fahrttests in eine hochgenaue, reproduzierbare Simulation mit teilweise realen Komponenten

„Der HIL-Simulator von dSPACE bietet uns ein leistungsstarkes System, das sich dank seiner offenen Architektur zudem ständig weiterentwickeln lässt.“

Loic Bastien, JTEKT

vorverlagern. In der Folge ist der Reifegrad des Systems bereits sehr hoch, bevor die Lenkungsregelung die Freigabe zur weiteren Erprobung in einem realen Testfahrzeug bekommt. So wird zum einen das Risiko für die Testfahrer minimiert. Zum anderen können am HIL-Prüfstand aber auch Testfahrten in Extremsituationen (sogenannte „Boundary Conditions“ in der ISO 26262) simuliert werden, die ein menschlicher Testfahrer aufgrund natürlicher Hemmschwellen niemals reproduzieren könnte. In der Folge wird durch den Prüfstand eine deutlich höhere Testabdeckung erzielt. Außerdem können am Prüfstand unterschiedlichste Varianten des Lenksystems effizient geprüft wer-

den, ohne dass dafür langwierige und teure Umbauten am Testfahrzeug stattfinden müssen.

Bestandteile des Prüfstands

Der Prüfstand von JTEKT Europe besteht aus einem mechanischen Aufbau, einem HIL-Simulator, Aktoren für Lenkrad und Zahnstange, Sensoren für Winkel, Kräfte und Auslenkung der Zahnstange sowie aus einer Signalkonditionierungsschnittstelle und einem Host-Computer für die Bedienoberfläche. Der HIL-Simulator verwendet ein DS1006 Processor Board, auf dem ein Fahrzeugmodell zur Berechnung der Krafteinleitung auf die Zahnstange und ein Fahrermodell zur Simulation des mensch-

lichen Verhaltens in bestimmten Situationen ausgeführt werden. Neben dem reinen HIL-Betrieb können das Lenkrad und die Zahnstange auch unabhängig bewegt werden. Die damit verbundene Änderung von Winkeln, Momenten, Kräften und Auslenkung macht auch sehr spezielle Systemtests möglich.

Fehlereinspeisung und Debugging

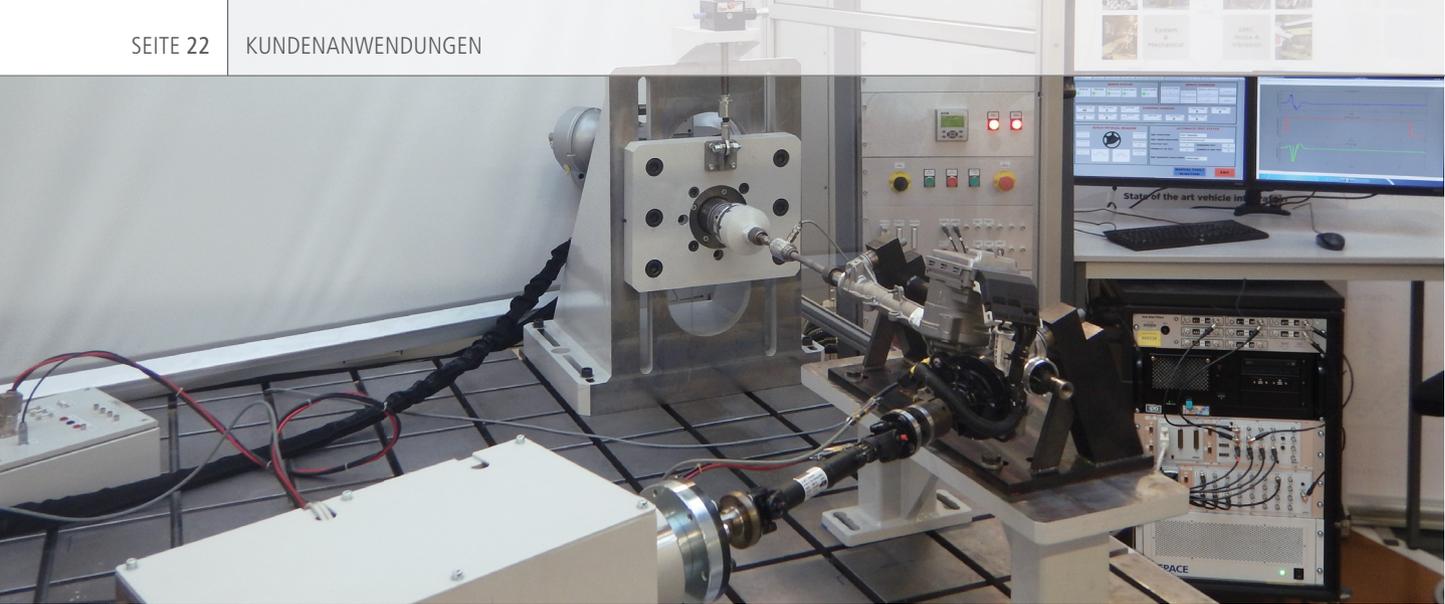
Gerade wegen der hohen Echtzeitfähigkeit und seiner leistungsfähigen Multiprozessor-Architektur bietet der dSPACE HIL-Simulator JTEKT auch für die zeitsynchrone Fehlereinspeisung über das XCP-Protokoll ein perfektes Werkzeug. Weil die dSPACE Tools auch in eine Testauto-

>>

Virtueller Leitstand mit komfortabler Konfiguration: ControlDesk erlaubt sowohl den Entwicklern als auch den Testingenieuren, sich jederzeit voll und ganz auf ihre jeweilige Aufgabe zu konzentrieren.

The screenshot displays the ControlDesk interface with several panels:

- BENCH STATUS:** Shows indicators for HW READY (YES), PRESSURE (YES), INITIALISATION (DONE), BENCH READY (YES), and SAFETY ALARM (No Alarm).
- BENCH COMMAND:** Includes buttons for ACTUATOR POWER (ON/OFF), MECHANICAL INITIALIZATION (START/STOP), and TEST EXECUTION (START TEST/STOP TEST).
- STEERING CONSIGN:** Displays real-time data for Handwheel Angle (10), Rack Position, Driver Type (NORMAL), HIL mode (FULL HIL), Engine State (RUNNING), Vehicle speed (120), Battery Voltage (13), IGK Voltage (13), Handwheel Torque, Rack Force, and Battery Current (100).
- BENCH PHYSICAL MEASURE:** Features a steering wheel graphic and gauges for Hand Wheel Angle (10.0), Hand Wheel Torque (0.6), Hand Wheel Speed (0.0), Rack Position (1.9), Rack Force (953), and Rack Speed (0.1).
- AUTOMATIC TEST STATUS:** Shows TEST EXECUTION (TEST FINISHED), TEST UNDER EXECUTION (STZForRobustesse.stz), EXECUTED TEST (1), REMAINING TEST (0), NUMBER OF OK TEST (1), and NUMBER OF NOK TEST (0). The TEST SEQUENCE CONCLUSION is OK.
- MANUAL FAULT INJECTION:** A prominent blue button at the bottom.
- EXIT:** A red button at the bottom right.



Der Hardware-in-the-Loop-Lenkungsprüfstand von JTEKT: Ein Großteil ihres Testprogramms zur Fehlertoleranz kann damit, noch vor den realen Fahrtests, in eine hochgenaue Simulation mit realen Komponenten vorverlagert werden.

matisierung eingebunden werden können, sind die Tests jederzeit wiederholbar. Der Aufwand für die wiederholten Komplettests wird dadurch minimiert, daher kann die von der ISO 26262 geforderte Regressionstrategie jederzeit problemlos und bequem umgesetzt werden. In der Folge kann sich JTEKT den vormals hohen Zeitaufwand der Begründung unterlassener oder unvollständiger Regressionen komplett sparen. Außerdem erfolgen die Fehlereinspeisungstests nun simulationsbasiert direkt im Systemtest. Dadurch können auch die in der ISO 26262 geforderten Back-to-Back-Tests jetzt ganz einfach durchgeführt werden: Hier werden einfach dieselben Stimuli, die zur modellbasierten Entwicklung der Funktionen zum Einsatz kamen, am HiL-Prüfstand wiederverwendet. Auf der anderen Seite liest der Prüfstand über das XCP-Protokoll auch interne Daten des Steuergerätes aus, die beispielsweise für das Debugging verwendet werden können. In beiden Fällen ist es für eine korrekte Evaluierung von größter Wichtigkeit, dass die Daten, die mit Hilfe des XCP-Protokolls eingespeist werden, absolut synchron sind mit den analogen Messdaten aus den Prüfstandssensoren.

Hier nutzt JTEKT das dSPACE RTI Bypass Blockset, mit dem die aufwendige Datensynchronisation ganz einfach durchgeführt werden kann.

Automatisierung macht Variantenvielfalt beherrschbar

Der Testplan, mit dem JTEKT ein neu entwickeltes Lenksystem für Testfahrten in der realen Welt qualifiziert, besteht aus einer Vielzahl unterschiedlicher Erprobungen, die zudem mit allen geplanten Varianten einer Plattform durchgeführt werden müssen. Um trotz dieser Vielfalt die für den straffen Entwicklungsprozess notwendige Termintreue bei der Lieferung neuer Software-Stände sicherzustellen, setzt JTEKT auf dSPACE AutomationDesk. Mit dieser Testautomatisierungssoftware wird das Testprogramm reproduzierbar abgearbeitet und die daraus entstandenen Messdaten aufgezeichnet. Aus den aufgezeichneten Daten und sogenannten Evaluierungsblöcken, welche die vorher definierten Testkriterien und ihre jeweiligen Erfüllungskriterien beinhalten, ermittelt AutomationDesk anschließend die Resultate der Fehlereinspeisungstests und fasst sie für die Testingenieure in einem ausführlichen Bericht zusammen. Neben den seitens der ISO 26262 geforderten

Informationen über das Bestehen oder Nicht-Bestehen eines Tests liefert der Bericht auch weitere Details, um ganz gezielt einzelne Messdaten mit den angewandten Testkriterien abzugleichen und mögliche Abweichungen zu analysieren. Die ISO-26262-Zertifizierung von AutomationDesk reduziert dabei die Aufwände für die Klassifizierung und Qualifizierung des verwendeten Werkzeugs im Kontext der funktionalen Sicherheit von Straßenfahrzeugen erheblich.

Leicht konfigurierbare Benutzeroberfläche

Die Prüfstandsingenieure können alle ihre Aufgaben über eine einzige Benutzeroberfläche steuern, die mit dSPACE ControlDesk® erstellt wurde. Darüber lassen sich nicht nur einzelne Aktorbefehle an den Prüfstand senden und deren Auswirkungen beobachten und aufzeichnen, auch die Automatisierungsfunktionen können aus ControlDesk konfiguriert und gesteuert werden bis hin zur finalen Auswertung der Testergebnisse. Dabei agiert AutomationDesk stets im Hintergrund, während ControlDesk dem Nutzer permanent die volle Transparenz und Kontrolle über die damit laufenden Vorgänge verschafft. Durch seine einfache Konfigurierbarkeit in

„Die effiziente Testautomatisierung mit AutomationDesk hat die Produktivität im ISO-26262-konformen Testbetrieb deutlich gesteigert.“

Jean Michel Trebuchon, JTEKT

Kombination mit den anschaulichen Visualisierungsmöglichkeiten erlaubt ControlDesk sowohl den Entwicklern als auch den Testingenieuren, sich jederzeit voll und ganz auf ihre jeweilige Aufgabe zu konzentrieren.

Fazit und nächste Schritte

Das primäre Ziel, also die Automatisierung der Fehlereinspeisungstests im Labor und die Konformität mit der ISO 26262, konnte JTEKT mit dem HIL-Prüfstand und der Werkzeugkette von dSPACE erreichen. In der Folge gelang es, die Fahrtests mit echten Fahrzeugen bereits deutlich zu reduzieren, wodurch sich signifikante Zeit- und Ressourceneinsparungen ergaben. Hinzu kommt, dass die Testfahrer ein bereits umfassend getestetes System auf dem Testgelände bewegen, was ihnen ihre Arbeit deutlich erleichtert.

In der Zukunft könnten sich für den Simulator darüber hinaus aber noch weitere Anwendungsmöglichkeiten ergeben, beispielsweise in der Durchführung zusätzlicher anforderungsbasierter HIL-Tests auf Systemebene. Anstelle synthetischer Stimuli plant JTEKT, zukünftig auch aufgezeichnete Messdaten aus echten Fahrversuchen am HIL-Prüfstand zu nutzen, was mit der vorhandenen Infrastruktur und der nahtlosen dSPACE Werkzeugkette problemlos möglich sein wird. Mittels der 3D-Visualisierungssoftware MotionDesk können die Entwickler dann sogar frühzeitig anschaulich visualisieren, wie weit ein Fehler in der Lenkungsregelung ein Fahrzeug von seinem planmäßigen Fahrweg abweichen lässt. Um Fahrzeuge mit JTEKT-Lenkensystemen zukünftig noch zuverlässiger in der Spur zu halten, werden die Entwickler möglichen Fehlern im Lenksystem also noch genauer auf der Spur sein. ■

Jean Michel Trebuchon,
Loïc Bastien,
JTEKT Europe,
Frankreich



Prüfzentrum von JTEKT Europe in Irigny: Die hier durchgeführten Fahrversuche mit neuen Lenksystemen werden durch den HIL-Prüfstand perfekt ergänzt. Weil viele Unstimmigkeiten der Lenkungsregelung bereits am Simulator beseitigt werden können, erhöht sich auch die Sicherheit der hier arbeitenden Testfahrer.

Jean Michel Trebuchon

Jean Michel Trebuchon arbeitet als Prüfstandsentwickler in der Abteilung Test & Analyse bei JTEKT Europe in Irigny, Frankreich, und ist dort verantwortlich für die Entwicklung von Benutzeroberflächen und Testautomatisierungssoftware.



Loïc Bastien

Loïc Bastien arbeitet als Prüfstandsentwickler in der Abteilung Test & Analyse bei JTEKT Europe in Irigny, Frankreich, und ist dort verantwortlich für Echtzeitmodellierung und Buskommunikation.





Innovative Vorderachsaufhängung
für Spezialtraktoren von SAME

In vino mobilitas

Um seinen Schmalspurtraktoren der Frutteto-Serie auch in besonders anspruchsvollen Weinbergen höchste Fahrsicherheit und Manövrierfähigkeit zu verleihen, entwickelte SAME die Frutteto-S/V-ActiveDrive-Modellpalette mit elektronisch geregelter Vorderradaufhängung und voneinander unabhängigen Aufhängungsarmen. Für den Seriencode sorgte dSPACE TargetLink.



Nichts erfreut Weinkenner mehr als der Genuss eines ausgezeichneten Jahrgangs. Oft gedeihen exzellente Tropfen jedoch in äußerst anspruchsvollem Terrain. Steile Hanglagen, loser Untergrund und schmale Wege sorgen dafür, dass maschinelles Pflegen und Ernten der Reben oft nur noch mit speziellen Schmalspurtraktoren zu be-

„Das Data Dictionary von TargetLink war für uns eine große Hilfe bei der zentralen Verwaltung der Vielzahl von Modellvariablen und -parametern des ActiveDrive-Projektes.“

Andrea Degiorgi, Abteilung F&E, SDF

werkstelligen ist. Ihre geringe Spurbreite und ihr hoher Schwerpunkt bringen allerdings besondere Herausforderungen mit sich, wenn es darum geht, in jeder Situation optimale Haftung und sicheren Vortrieb zu gewährleisten.

Aktive Regelung sichert Bodenhaftung und Vortrieb

Um diesen Herausforderungen zu begegnen, entwickelte SAME die Frutteto-S/V-ActiveDrive-Modellpalette. Darin kommt, erstmalig bei einem Spezialtraktor, eine adaptive hydropneumatische Vorderachsaufhängung mit unabhängigen Armen zum Einsatz. Zum einen gewährleistet sie immer eine konstante Traktion, indem sie Radschlupf automatisch erkennt und proportional dazu eine Differentialsperre aktiviert. Zum anderen hält sie die unabhängigen Arme der Einzelradaufhängung über zwei Hydraulikzylinder immer in einer optimalen Position, selbst unter der Last von angebauten Geräten. Dadurch wird die Gewichtsverteilung des Traktors permanent optimiert, was zusammen mit der Absenkung des Schwerpunkts eine deutlich bessere Standfestigkeit und den sicheren Vortrieb ermöglicht, selbst beim maximalen Lenkeinschlag von 53° oder parallel zum Hang. Die umfangreiche Sensorik, beispielsweise für Lage, Geschwindigkeit, Lenkeinschlag, Federung und Bremsstatus, eröffnet der Regelungssoftware darüber hinaus noch weitere Möglichkeiten zur Erhöhung der Sicherheit: So verhindert „Anti-Dive“ das Eintauchen der Vorderachse beim Bremsen, während „Anti-Rolling“ auto-

matisch die Steifigkeit der Aufhängung an die Fahrgeschwindigkeit und den Lenkeinschlag anpasst, um Stabilität und Haftung sowohl auf dem Feld als auch auf der Straße zu verbessern. Damit ermöglicht ActiveDrive der Frutteto-Serie Sicherheit und Fahrkomfort, wie sie in der Form bisher nur bei Hochleistungstraktoren vorzufinden waren.

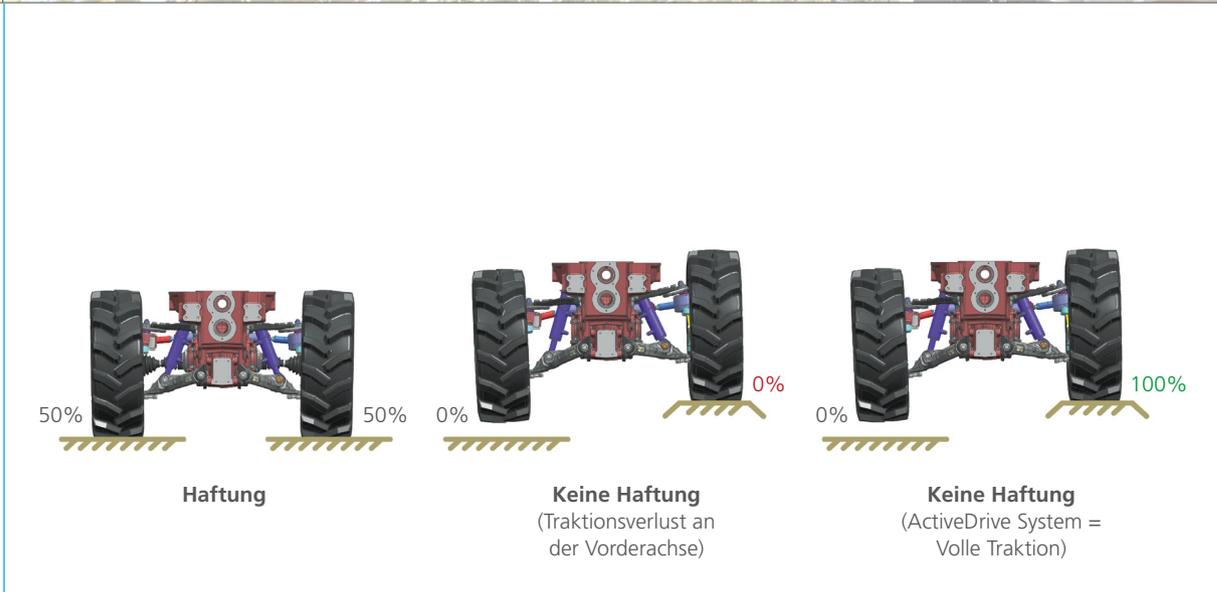
Ausgeklügeltes Reglerkonzept

Die Regelung des ActiveDrive basiert auf Eingangsgrößen wie dem Lenkwinkel, der Fahrgeschwindigkeit, der Drehgeschwindigkeit einzelner Vorderräder, der Position der Hydraulikzylinder, dem Status von Bremsen und Allradantrieb sowie dem vom Fahrer vorgewählten Modus. Die daraufhin von der Regelung berechneten Stellgrößen werden in Befehle für die Magnetventile umgesetzt, die zum einen die Sperrwirkung im Achsdifferential anpassen und zum anderen Ölfluss und -druck in beiden Hydraulikzylindern der Achsaufhängung verändern. Die Zylinder können in der Folge damit nicht nur ein- und ausgefahren werden, die Regelung passt auch die Dämpfung und Steifigkeit der jeweiligen Fahrsituation an.

Zentrale Verwaltung von Variablen und Parametern

Die Reglerentwicklung erfolgte modellbasiert mit MATLAB®/Simulink®/Stateflow® und dem Seriercode-Generator dSPACE TargetLink®, der schon seit 2005 vereinzelt im Entwicklungsprozess bei SAME eingesetzt wird. Um die rund 120 Variablen und Parameter des Reglermodells

>>



Vorderachse eines allradgetriebenen Traktors: Normalerweise wird die Antriebskraft zwischen den Vorderrädern verteilt. Verliert eines der Räder den Bodenkontakt, geht sämtliche Antriebskraft über das in der Luft hängende Rad verloren. Die Differentialregelung des Frutteto S/V ActiveDrive erkennt solche Zustände, aktiviert unmittelbar die Differentialsperre und leitet so die gesamte Antriebskraft an das Rad mit Bodenkontakt.

zentral, effizient und übersichtlich zu verwalten, nutzten die Entwickler ausgiebig das TargetLink Data Dictionary. Durch die automatische Code-Generierung stand der Seriencode für den ActiveDrive nicht nur viel früher zur Verfügung, SAME konnte im Vergleich zum handgeschriebenen Code auch eine deutlich höhere Konsistenz zwischen Code und Modell erzielen.

Umfangreiche Simulationsmöglichkeiten

Weitere Zeit- und Effizienzgewinne resultierten aus dem in TargetLink

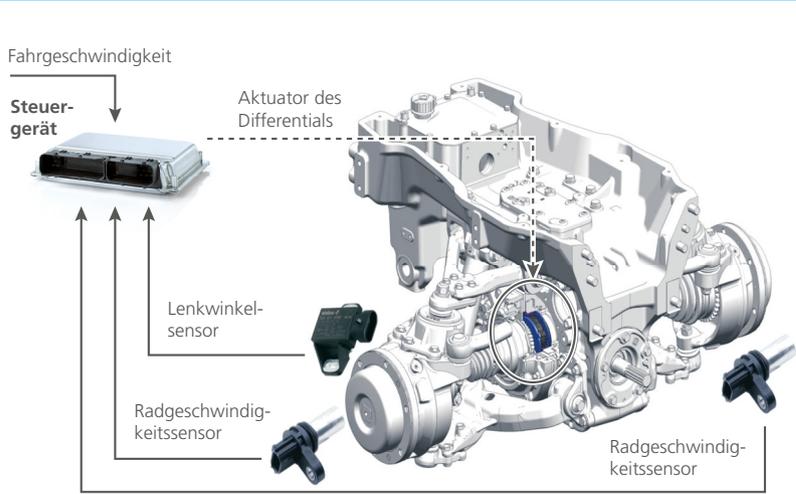
verfügbaren dreistufigen Simulations- und Verifikationskonzept, das eine schnelle und einfache Durchführung verschiedener Simulationsmodi (Model-in-the-Loop, Software-in-the-Loop, Processor-in-the-Loop) per Knopfdruck ermöglicht und somit eine frühe Absicherung gewährleistet. Dadurch hatte die mit TargetLink generierte Software bereits einen sehr hohen Reifegrad, noch bevor ein mechanischer Prototyp zur Verfügung stand. Software-Varianten, beispielsweise für verschiedene Subsysteme oder Parameter-sets, konnte SAME dabei jederzeit

müheless integrieren. Auch hier profitierten die Entwickler von der einfachen Nutzung definierter Variablen mit dem TargetLink Data Dictionary. Darüber hinaus ließen sich die Regelungsstrategien der Frutteto S/V-ActiveDrive-Serie bereits im Zusammenspiel mit Gesamtfahrzeug- und Umgebungsmodellen testen und somit frühzeitig aussagekräftige Closed-Loop-Simulationen des gesamten Systemverhaltens durchführen.

„Time to Market“ deutlich reduziert

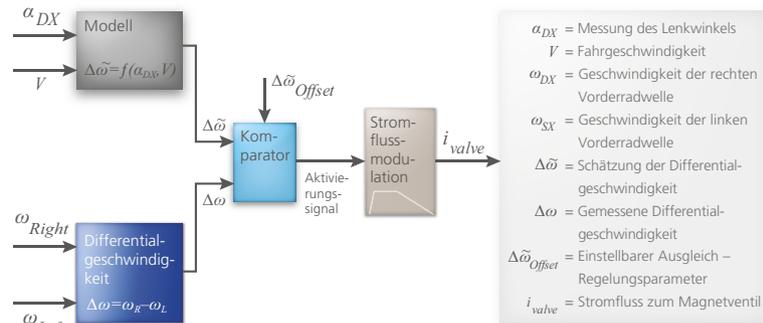
Die Ergebnisse der Simulationen ließen sich erfolgreich auf dem Prüfstand,

Umfangreiche Sensorik: Die Regelung des Sperrdifferentials ist abhängig vom Lenkwinkel und von den jeweiligen Drehgeschwindigkeiten der Vorderräder.

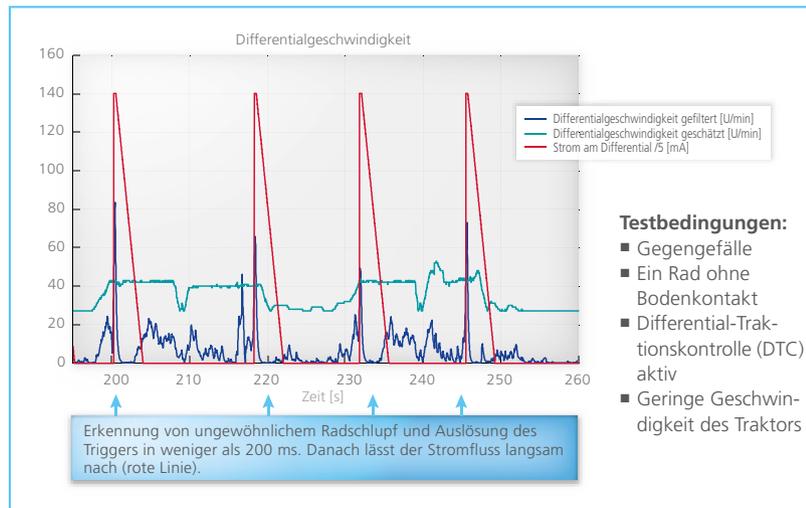


auf einer kippbaren Plattform und bei realen Testfahrten validieren. Auch hier zeigte sich schnell ein deutlicher Stabilitätsgewinn des Frutteto S/V ActiveDrive gegenüber herkömmlichen Schmalspurtraktoren. Selbst in extremen Hanglagen mit Winkeln von über 40° und auf nassem und losem Untergrund erlaubte sich der Traktor keine Schwäche. Nicht zuletzt durch den Einsatz von Target-Link konnte die Marktreife damit deutlich früher erreicht werden als bislang üblich. Aufgrund dieser positiven Erfahrungen aus dem Active-Drive-Projekt will SAME zukünftig seine gesamte In-House-Software-Entwicklung modellbasiert durchführen und mit TargetLink in die Serie übertragen. Aber nicht nur in Sachen Entwicklungs- und Kosteneffizienz konnte das Unternehmen einen Gewinn verbuchen: Von der Agrar-Fachwelt wurde der Frutteto S/V ActiveDrive im Rahmen des Wettbewerbs „Traktor des Jahres 2016“ bereits mit dem Titel „Best of Specialized“ ausgezeichnet. Es scheint also, als hätte auch SAME einen ausgezeichneten Jahrgang aufgelegt. ■

Simone Tremolada, Andrea Degiorgi, Giorgio Gavina, Abteilung F&E, SDF



Auszug der Regelungsarchitektur: Die berechneten Stellgrößen werden als Befehle für die Magnetventile (in diesem Fall des Differentials) ausgegeben.



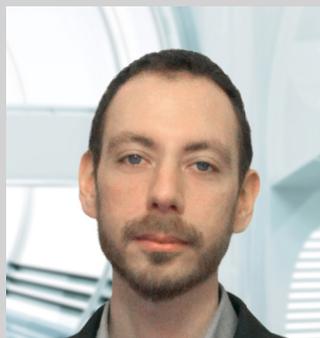
- Testbedingungen:**
- Gegengefälle
 - Ein Rad ohne Bodenkontakt
 - Differential-Traktionskontrolle (DTC) aktiv
 - Geringe Geschwindigkeit des Traktors

Testdiagramm aus der Erprobung des Frutteto S/V ActiveDrive: Die Sensorik erkennt einen sich andeutenden Radschlupf frühzeitig und aktiviert in weniger als 200 ms das Sperrdifferential.

Simone Tremolada
Simone Tremolada arbeitet als Systemintegrationsmanager und Technischer Projektleiter für das ActiveDrive-Projekt bei SDF in Treviglio, Italien.



Andrea Degiorgi
Andrea Degiorgi arbeitet als Applikationssoftware-Ingenieur im ActiveDrive-Projekt bei SDF in Treviglio, Italien.



Giorgio Gavina
Giorgio Gavina arbeitet als leitender Systemsoftware-Ingenieur und Experte für Software des Antriebsstrangs im ActiveDrive-Projekt bei SDF in Treviglio, Italien.





Entwicklung adaptiver
Tragflächen und Heckleitwerke

Wendig wie ein Vogel

Durch die ständige Weiterentwicklung von Sensornetzwerken und durch neue Erkenntnisse in den Werkstoffwissenschaften eröffnen sich neue Möglichkeiten für adaptive Flugzeugtechnologien. Bei den Tests dieser neuartigen Bauformen an der University of Michigan spielt die MicroLabBox eine entscheidende Rolle für die Datenerfassung, die Aktorsteuerung und die Koordination der Experimente.



Flugzeugen die Wendigkeit von Vögeln (hier ein Falke bei der Jagd) zu verleihen, ist ein Wunschtraum von Flugzeugkonstrukteuren.

Bei der Entwicklung adaptiver Flugzeugtechnologien (Morphing) lässt sich das AIMS (Adaptive Intelligent Multifunctional Structure)-Labor an der Universität Michigan regelmäßig von der Natur inspirieren. Denn im Gegensatz zu modernen Flugzeugen mit ihrer größtenteils starren Struktur können Vögel durch den gezielten Einsatz von Flügeln und Schwanz viel flexibler auf atmosphärische Einflüsse bzw. veränderliche Strömungsbedingungen reagieren. Eine derartige Anpassungsfähigkeit wäre gerade für kleine Flugzeuge nützlich, die genau wie Vögel anfälliger sind für die Einflüsse von Wind und Wetter als größere Flugzeuge. Die Forschungen am AIMS-Labor konzentrieren sich auf die Entwicklung von Fluggeräten, die ihre Geometrie aktiv und unmittelbar an die sie umgebenden Strömungsbedingungen anpassen können, insbesondere durch Formänderungen von Tragflächen und Heckleitwerken. Beides wird am AIMS-Labor mit dem Ziel untersucht, ein Flugzeug zu entwickeln, das sich ganz nach dem Vorbild der Natur den atmosphärischen Gegebenheiten anpasst.

Adaptive Flügel – der Vogelflug als Vorbild

Für die aerodynamische Steuerung von Flugzeugen spielen die Querruder an den Tragflächen eine zentrale Rolle, was sie zu einem wichtigen Forschungsobjekt im Bereich adaptiver Flugzeugtechnologien macht. Das AIMS-Labor untersucht die Auswirkungen von Formveränderungen entlang der gesamten Flügeloberfläche mit Hilfe von MFC (Macro Fiber Composite)-Aktoren, die über elastomerische Wabenkörper verbunden sind (Abbildung 1). Auf diese Weise können bestimmte Teilbereiche des Flügels darauf ausgerichtet werden, unerwünschte Strömungseffekte abzumildern. Diese Methode ist besonders geeignet für den Fall des Strömungsabrisses, denn hierbei ver-

liert der Flügel deutlich an Auftrieb. Durch das Modellieren des nicht-linearen aerodynamischen Verhaltens beim Strömungsabriss kann das AIMS-Labor die für das Optimieren der Flügelverformung notwendige Biegung der Aktuatoren im Voraus berechnen. So lassen sich die unerwünschten Strömungseffekte kompensieren, um wieder eine stabile Fluglage ohne Turbulenzen herzustellen. Angeregt wurde dieses Konzept von Biologen, die bei Steppenadlern (*Aquila nipalensis*) ein Verhalten beobachteten, bei dem die Tiere absichtlich einen Strömungsabriss provozieren, um Steilkurven zu fliegen.

Adaptives Heck

Neben den adaptiven Flügeln haben die Forscher am AIMS-Labor auch den Luftwiderstand eines beweglichen, horizontal ausgerichteten Heckleitwerkes analysiert (Abbildung 2). Dessen Aktuator-Mechanismus basiert auf der Beobachtung der feinabgestimmten, schnellen Bewegungen, die ein Vogel mit seinem Schwanz vollführt, während er Kopf und Rumpf ruhig hält, um seine Beute zu beobachten und dann blitzschnell und zielgenau zuzuschlagen. Hier liegt der Unterschied zu herkömmlichen Flugzeugen, deren vertikales Heckleitwerk lediglich für Richtungsstabilität und Steuerung sorgt. Dagegen ist das Besondere an einem aktiven Heckleitwerk, dass es darüber hinaus auch Nick- und Gierbewegungen ermöglicht und als aerodynamische Bremse fungieren kann. Derart konstruierte Flugzeuge wären hochgradig manövrierfähig und ähnlich vielseitig wie ein Vogel.

Entscheidend: Flexibles Verformen von Oberflächen

Eine wesentliche Herausforderung bei adaptiven Flugzeugen besteht in der Entwicklung von Methoden, um auf Oberflächen, zum Beispiel an den Flügeln und am Schwanz, Verformungen zu erzeugen, die ohne abrupte Übergänge ineinander übergehen.

>>

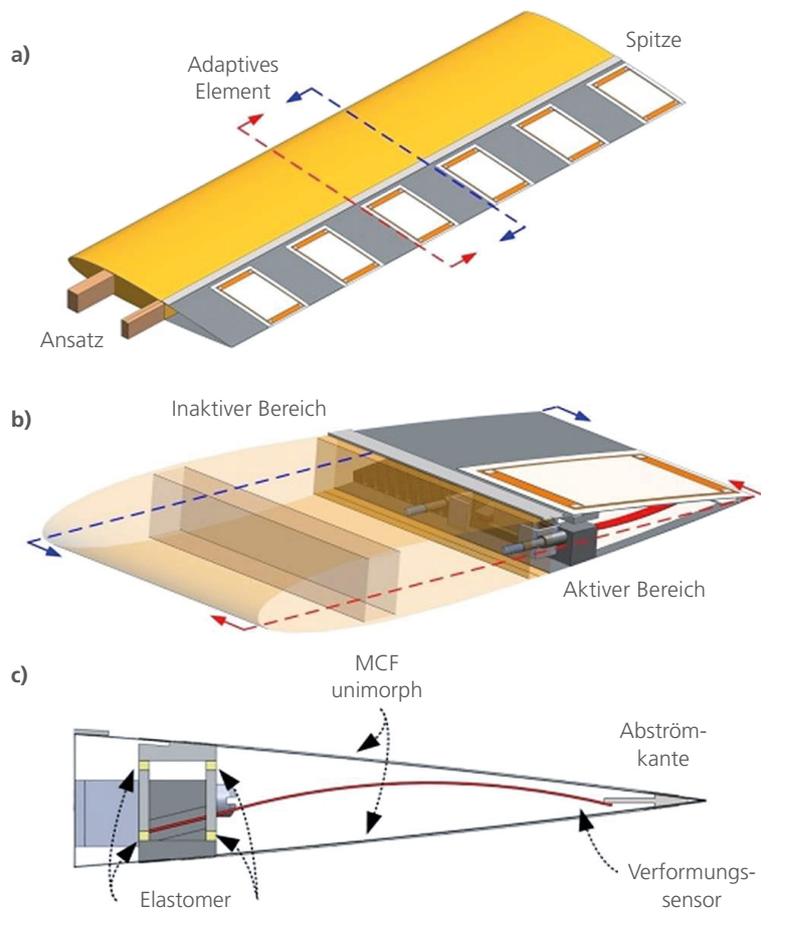


Abbildung 1: a) Aufbau des Adaptivflügels b) Morphing Unit Section c) Aktiver Adaptivmechanismus. Die MFCs verformen sich bei Ansteuerung, verbiegen die Spitze der Abströmkante und erzeugen eine Wölbung.

zeitig als Oberfläche und als Aktor fungieren und sind damit eine leichtgewichtige Alternative zu herkömmlichen Servo- oder Hydraulikmechanismen in kleinen UAVs (Unmanned Aerial Vehicles). Durch die Integration von geeigneten Wabenstrukturen ist die kontinuierliche Formänderung zwischen den Aktoren gewährleistet, wodurch sich die Wirbelbildung und damit der Strömungswiderstand reduzieren. Eine weitere Herausforderung liegt darin, für die wechselnden Flugbedingungen immer die optimale Kombination von Aktorverformungen einzustellen. Genau hier kommt die Simulation der Aerodynamik ins Spiel. Vereinfacht gesagt beantwortet die optimierte Simulation die Frage, welche Form der Flügel besitzen muss, um sich an die Umströmungsgegebenheiten anpassen zu können. Der Ausgang der Optimierung bestimmt die Verformung jedes Aktors und gibt letztlich die Oberflächegeometrie über die gesamte Flügelspannweite vor. Die Herausforderung besteht dann in der Zustandsüberwachung der Flügelgeometrie über interne Sensoren, dem Steuern der geeigneten Verformungen bei aerodynamischen Lasten und dem Aufzeichnen von Echtzeitdaten der aerodynamischen Kräfte und Momente.

Windkanaltests mit Hilfe der MicroLabBox

Die durch die Biologie inspirierten Flugzeugkonstruktionen erfordern umfassende Tests im Windkanal, um die aerodynamischen Kräfte und

Genau dies können MFCs, denn sie besitzen eine dünne biegsame Struktur, die sich durch Anlegen einer Hochspannung verformen lässt. Auf diese Art und Weise können MFCs gleich-

Lawren Gamble

Lawren Gamble ist Doktorandin im Bereich Aerospace Engineering an der University of Michigan, USA.



„Die Fähigkeit der MicroLabBox, Sensorsignale über Dutzende von Kanälen aufzuzeichnen und eine Vielzahl von Aktuatoren hochpräzise zu steuern, half dabei, die komplexen strukturellen und aerodynamischen Eigenschaften der adaptiven Flügel während der Windkanaltests zu beobachten.“

Lawren Gamble, University of Michigan

Momente zu messen. Bei dieser Aufgabe kann die MicroLabBox ihr ganzes Können zeigen, denn es gilt hierbei, große Datenmengen zu erfassen und die Aktoren hochpräzise anzusteuern (Abbildung 3).

Bei den Windkanaltests müssen die aerodynamischen und strukturellen Eigenschaften eines skalierten Flügels oder auch des ganzen Flugzeugs für die Datenverarbeitung und den Datenvergleich erfasst und aufgezeichnet werden. Da das Ziel dieser Vergleiche üblicherweise darin besteht zu ermitteln, wie gut die adaptiven Strukturen in der Lage sind, sich an widrige Flugbedingungen anzupassen, liegt der Fokus hier auf Präzision und Zeitgenauigkeit.

Außerdem ist die MATLAB®/Simulink®-basierte Arbeitsweise mit der MicroLabBox sehr hilfreich, um die komplexen Experimente mit dem breitgefächerten Equipment zu steuern und zu koordinieren.

Ziel ist ein „Fly-by-Feel“-Adaptivflugzeug

Mit Hilfe der MicroLabBox konnten die Forscher am AIMS-Labor drei sehr wichtige Erkenntnisse gewinnen. Erstens: Im Vergleich zu einem herkömmlichen starren Flügel reduziert der Adaptivflügel den Luftwiderstand beträchtlich. Zweitens: Der Adaptivflügel verarbeitet den Strömungsabriss sehr gut, wie die deutliche Reduzierung der Wirbelbildung zeigt (Abbildung 4). Drittens: Das Adaptivheck ermöglicht die Steuerung der Fluglage und erhöht die Richtungsstabilität. Basierend auf diesen Erkenntnissen ist das übergeordnete Ziel dieser Forschungsarbeiten die Entwicklung eines vollständig integrierten Fly-by-Feel-Adaptivflugzeugs, das sowohl über ein verteiltes Sensornetzwerk verfügt als auch über Heck und Flügel, die sich an die Flugsituation anpassen. ■

Lawren Gamble, University of Michigan

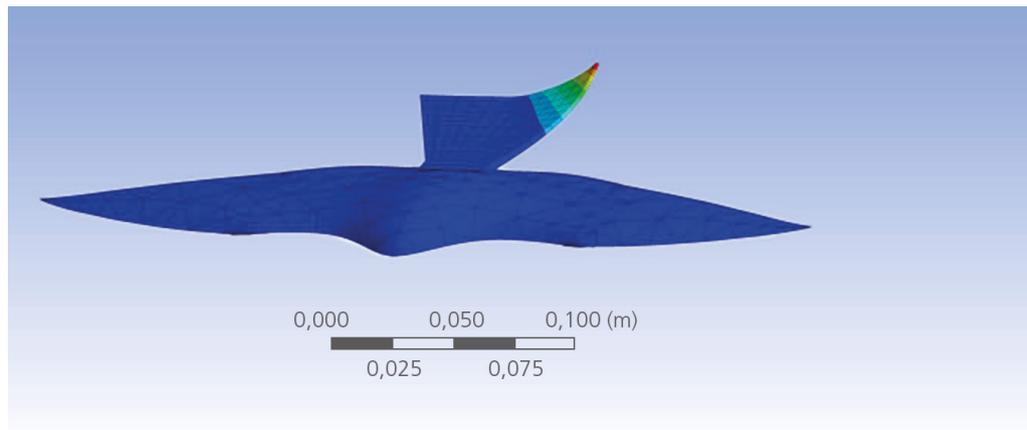


Abbildung 2: Die Ergebnisse der Finite-Elemente-Methode eines biomechanisch inspirierten aktiven Hecks verdeutlichen die resultierende Verformung aus der Ansteuerung der rechten Heckhälfte.

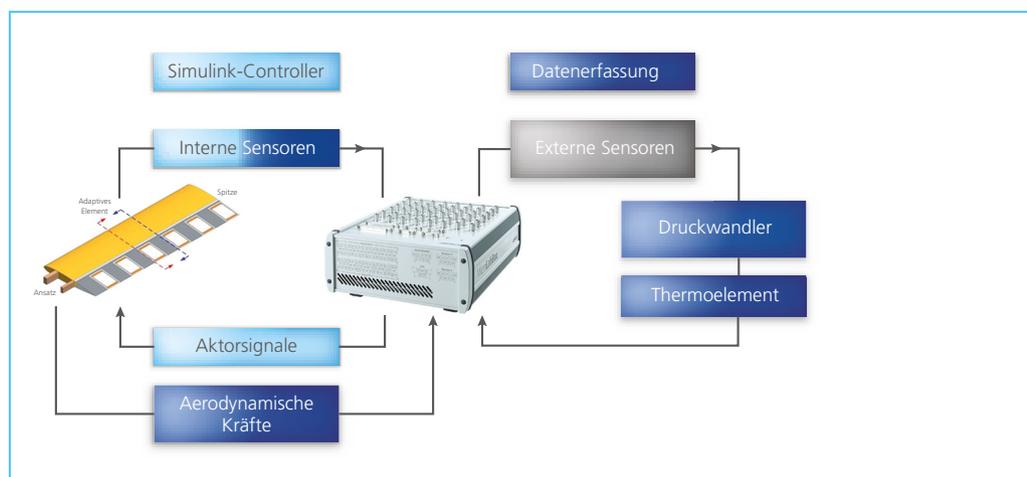


Abbildung 3: Schematische Darstellung von Experimentaufbau und Regelsystem. Die MicroLabBox sorgt als Schlüsselinstrument sowohl für die Regelung der Aktoren als auch für die Datenerfassung während der Windkanaltests.

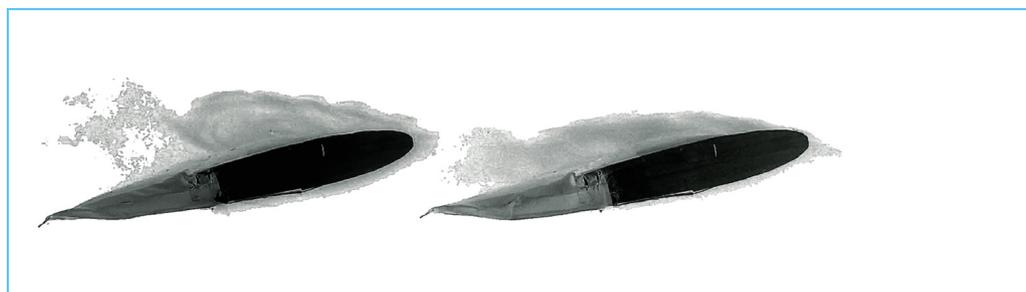


Abbildung 4: Die Strömungsvisualisierung zeigt, wie sich die an den Strömungsabriss angepasste Flügelform auswirkt. Linkes Bild: Starke Wirbelbildung aufgrund fehlender Anpassung. Rechtes Bild: Durch Flügelformanpassung wurde die Wirbelbildung fast vollständig unterdrückt.

Heutzutage beginnt fast jeder Mensch, der in einem industrialisierten Land lebt, seinen Tag mit Energiekonsum. Energie, die zu großen Teilen vom zentralen Stromnetz bereitgestellt wird. Ein Radiowecker klingelt, das Licht wird eingeschaltet und eine Tasse Kaffee gekocht, während ein Fernseher oder Radio für Unterhaltung sorgt. Strom betrifft zahlreiche Bereiche des modernen Lebens. Wenig überraschend also, dass die amerikanische Ingenieurvereinigung (National Academy of Engineering, NAE) die Elektrifizierung zur größten Ingenieurleistung des vergangenen Jahrhunderts erklärt hat. Nun stellen Sie sich vor, Sie hätten keinen Strom zur Verfügung – also auch keinen Fernseher, kein Radio, kein elektrisches Licht. Für 1,2 Milliarden Menschen auf der Welt ist das Alltag. Laut einem Bericht der Weltbank ist das der Anteil der Bevölkerung, der noch immer keinen Zugang zu Elektrizität hat – 2,8 Milliarden sind zum Kochen und Heizen nach wie vor auf Festbrennstoffe wie Holz und Kohle angewiesen.

Die Idee: lokale Energiesysteme

Um auch in nicht industrialisierten Weltregionen den Zugang zu elektrischem Strom zu ermöglichen, wurde von Professor Robert S. Balog und seinen Studenten an der Texas A&M University ein Forschungsprojekt ins Leben gerufen. Gemeinsam wollen sie etwas bewegen und arbeiten an einem Konzept für ein Hybridversorgungsnetz, das auf erneuerbaren Energien basiert. Kern der Idee ist ein lokales Strom- und Energiesystem (Local Area Power and Energy System, LAPES), das sich aus verschiedenen Lasten, erneuerbaren Energiequellen und Speichermedien zusammensetzt. Das LAPES soll als Sekundär-Einspeisesystem neben dem zentralen Stromnetz bestehen. Es lässt sich bei Bedarf mit dem zentralen Stromnetz verbinden, kann aber genauso gut völlig autark betrieben werden –

zum Beispiel in Entwicklungsländern ohne durchgängiges Versorgungsnetz.

Warum LAPES?

„Die internationalen Ziele, die 2015 auf der UN-Klimakonferenz in Paris festgelegt wurden, machen eines klar: Die Gesellschaft muss einen drastischen Paradigmenwechsel durchlaufen – weg von der gegenwärtigen Abhängigkeit von fossilen Brennstoffen hin zu umweltfreundlichen Energiesystemen“, so Professor Balog. „Das LAPES wird als so ein zukunftsweisendes elektrisches Energiesystem für den kommunalen Einsatz eingeordnet und gilt außerdem als schneller realisierbar als beispielsweise ein großflächiges, futuristisches Smart Grid.“ In Entwicklungsländern könnte es unter weniger strengen Auflagen gebaut und angeschlossen werden. In Industrieländern wiederum ließen sich mit LAPES zusätzliche Strompakete erzeugen, wenn zum Beispiel veraltete elektrische Infrastrukturen einer Erneuerung bedürfen. Während der Ausbesserungsarbeiten müsste nicht das komplette Netz außer Betrieb genommen werden.

Hybridversorgungssysteme mit LAPES

Das LAPES unterscheidet sich von einem zentralen Stromnetz in der Art des zur Verfügung gestellten Stroms (Gleichstrom anstatt Wechselstrom) und durch seine deutlich geringere Komplexität. Mit seinen einzelnen Komponenten ist es zunächst in sich geschlossen und wesentlich kompakter, weshalb es zu den sogenannten „Mikronetzen“ gezählt wird. Gemäß einem Bericht des Marktforschungs- und Beratungsinstituts Navigant Research von 2015 werden Mikronetze bis 2024 einen Jahresumsatz von 1,4 Milliarden US-Dollar erwirtschaften. Diese aussichtsreiche Prognose verdanken sie ihren zahlreichen Vorzügen: Sie steigern den Anteil erneuerbarer Energien an



Smart Grid –

Intelligentes Stromnetz, bei dem über eine starke Vernetzung zwischen Energieerzeugung, -verbrauchssteuerung und -speicherung eine optimale Abstimmung von Energieangebot und -nachfrage erreicht werden soll.

>>



Solarenergie als Basis für zukunftsweisende Hybridstromnetze

Sonnige Aussichten

Strom jederzeit abrufbereit aus der Steckdose – das ist längst nicht für jeden selbstverständlich. Studenten der Texas A&M University entwickeln mit Hilfe von dSPACE Werkzeugen ein Konzept für Hybridversorgungssysteme als zukunftsweisende Lösung für Entwicklungsländer, die derzeit noch nicht zuverlässig mit Strom versorgt sind.



Abbildung 1: Ein Student der Texas A&M University simuliert Hybridversorgungssysteme der Zukunft.

der Stromversorgung und sorgen außerdem für eine ökonomische Optimierung des Stromnetzes. Ein weiterer Zusatznutzen ist die erhöhte Netzstabilität bei etwaigen Stromausfällen. Mit Gleichstrom-Mikronetzen, die an strategisch sinnvollen Stellen des bestehenden Wechselstromnetzes eingesetzt würden, entstünde insgesamt ein neues „hybrides“ Versorgungssystem. Vor dem flächen-

deckenden Einsatz der Mikronetze sind jedoch umfassende theoretische Machbarkeitsstudien notwendig.

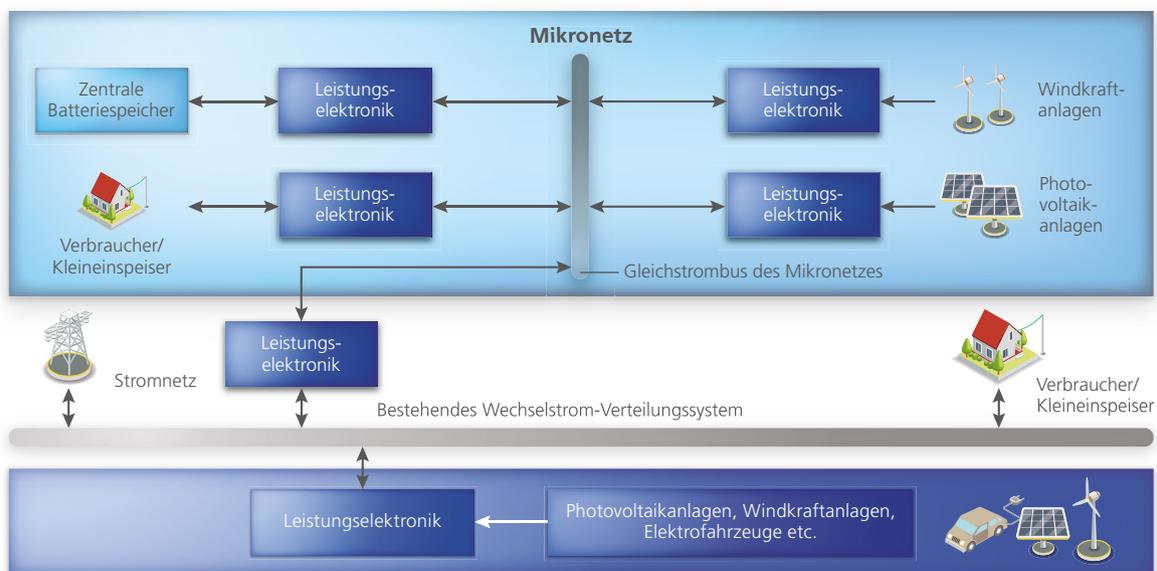
Ein Forschungsschwerpunkt: elektrische Energieumwandlung

Das Team erforscht zunächst die ingenieurwissenschaftlichen Grundlagen der elektrischen Energieumwandlung. Dabei spielen verschiedene Themenbereiche eine besondere Rolle:

- Umwandlung von Sonnenenergie in elektrische Energie (Photovoltaik)
- Kostengünstiges Wechselrichter-System für den Einsatz mit alternativen Energiequellen (einschließlich Brennstoffzellen, Photovoltaik etc.)
- Zuverlässige Leistungselektronik mit einer Laufleistung von mindestens 40 Jahren
- Verteilte Gleichstromanlagen mit Schwerpunkt auf lokaler/verteilter Steuerung
- Selbsteinstellende gekoppelte Filter für Induktoren
- Batteriemangement, State-of-Health-Management
- Nichtlineare Regelungstechniken wie die modellprädiktive Regelung
- Elektrische Sicherheit wie Störlichtbogenerkennung

Der Schwerpunkt des Forschungsteams liegt auf Photovoltaikanlagen, bei denen Licht direkt in Elektrizität umgewandelt wird. „Letztlich ist es unser Ziel, die Photovoltaik, und damit die Solarenergie, aus der alternativen Ecke herauszuholen und in das breite Energiequellenportfolio zu

Abbildung 2: Die Vision der Studenten ist die Entwicklung eines hybriden Verteilungssystems, bei dem Gleichstrom-Mikronetze neben dem zentralen Wechselstromnetz bestehen und bei Bedarf mit diesem gekoppelt werden können.





„Wir wollten nicht einfach nur ein weiteres Werkzeug im Labor stehen haben. Wir wollten das richtige Werkzeug finden. Deshalb haben wir uns für ein Entwicklungssystem von dSPACE entschieden.“

Professor Robert S. Balog, PhD, leitet das Forschungslabor für regenerative Energien und Leistungselektronik an der Texas A&M University. Derzeit lehrt er an der „Texas A&M University at Qatar“.

rücken – und das auf eine technologisch und ökonomisch nachhaltige Art und Weise“, so Professor Balog. „Wir möchten ein international anerkanntes Forschungszentrum in diesem Bereich werden.“

Modellprädiktive Regelung

Bei dem Projekt spielt die modellprädiktive Regelung eine wesentliche Rolle. Hierbei kommt ein Modell zum Einsatz, das in Abhängigkeit verschiedener Ausgangsgrößen wie Sonnenlicht Voraussagen über das zukünftige Verhalten des Versorgungssystems trifft. Diese dienen als Grundlage für seine Weiterentwicklung. Im Mittelpunkt der Forschung stehen die Themen photovoltaische Energieumwandlung, Steuerung eines Gleichstrom-Mikronetzes und Steuerung eines Hybridversorgungssystems mit mehreren Quellen. Die Vision der Studenten ist die Entwicklung eines zukunftsweisenden hybriden Verteilungssystems, das Gleichstrom-Mikronetze, die auf erneuerbaren Energien basieren, in das bereits bestehende Wechselstromnetz integriert (Abbildung 2).

Echtzeitsimulation mit HIL-Systemen

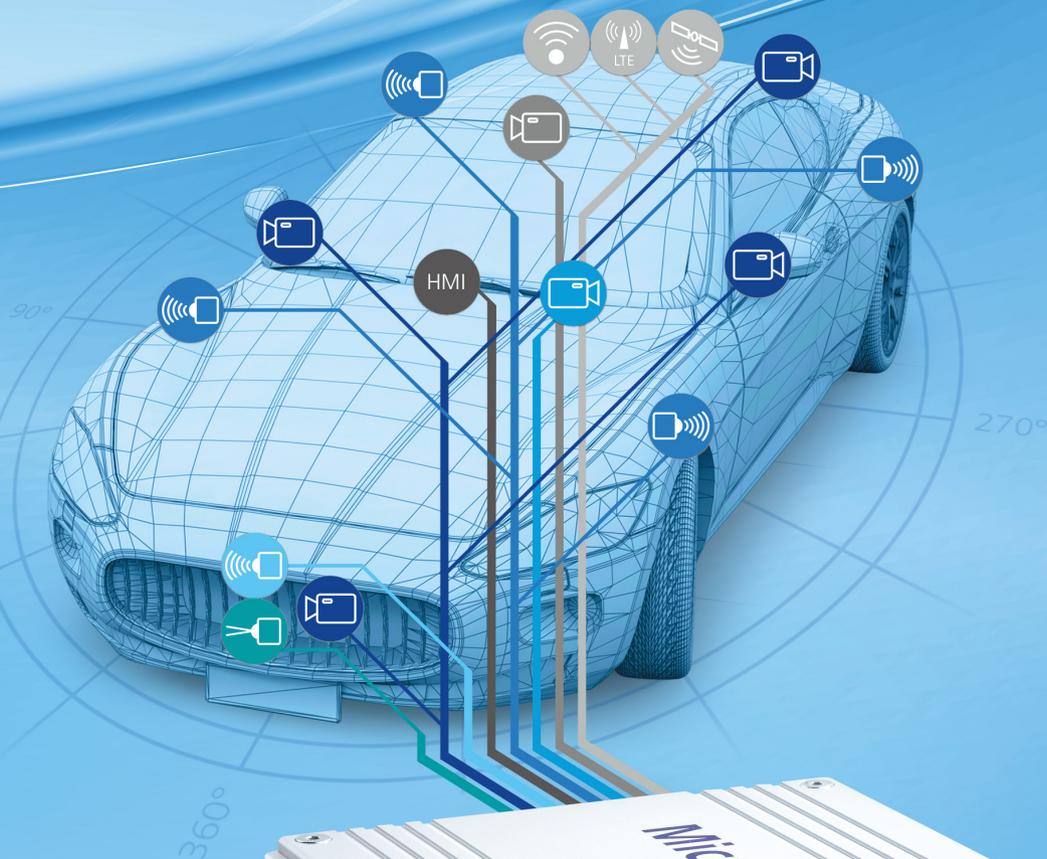
Zur Durchführung der notwendigen Tests und Untersuchungen haben sich Professor Balog und seine Studenten nach sorgfältiger Evaluierung für eine Werkzeugkette auf Basis von dSPACE Produkten entschieden.

Wesentlicher Bestandteil ist ein Hardware-in-the-Loop (HIL)-System in einer dSPACE Expansion Box, das auf einem DS1007 PPC Processor Board basiert. Dank der hohen Rechenleistung des DS1007 lassen sich damit die realen Bedingungen in der Umgebung des Versorgungssystems simulieren und so die verschiedensten Szenarien in Echtzeit durchspielen. Die Algorithmen der modellprädiktiven Regelung werden mit der dSPACE Software Real-Time Interface (RTI) auf der Hardware implementiert. Die Auswirkungen von veränderlichen Ausgangsbedingungen wie etwa dem Wetter lassen sich mit Hilfe des HIL-Systems leicht erkennen, außerdem sind die entwickelten Regelalgorithmen schnell in verschiedenen Anwendungen validierbar. „Mit dem dSPACE System erleben wir die dynamischen Interaktionen zwischen den realen Hardware-Komponenten in all ihren Facetten“, erklärt Professor Balog. „Das ermöglicht es uns, das Zusammenspiel von Systemen und Subsystemen umfassend zu charakterisieren und nachzuvollziehen.“ Schritt für Schritt entwickelt sich das Projekt so vom Entwurf zu einem realisierbaren System. Am Ende wird eine vollständige Abbildung des geplanten Hybridversorgungssystems erreicht – und zwar in einem Bruchteil der Zeit, die das Team für den Entwurf und die Herstellung teurer Prüf-Hardware benötigt hätte. ■

Fazit

Mit dem Forschungsprojekt im Bereich Mikrostromnetze möchten die Studenten der Texas A&M University dabei helfen, Entwicklungsländer zuverlässig mit Strom zu versorgen. Gleichzeitig erhoffen sie sich, den regenerativen Energien – insbesondere der Photovoltaik – den Weg in zukunftsweisende Energieversorgungskonzepte zu erleichtern. Als Basis für ein Hybridversorgungsnetz der Zukunft eignen sich regenerative Energien besonders gut. Deshalb werden die Texas A&M University und dSPACE die Forschung auf diesem Gebiet weiter vorantreiben. Vielleicht spielen hybride Versorgungssysteme also schon bald eine entscheidende Rolle bei der Lösung der aktuellen Probleme in der Energieversorgung.

*Mit freundlicher Unterstützung
der Texas A&M University*



Multisensor-

Allrounder

Algorithmen für 360°-Umfelderfassung auf kompaktem und robustem Prototyping-System entwickeln

Hochautomatisierte Fahrzeuge setzen eine zuverlässige 360°-Umfelderkenntnis voraus. Die dabei anfallenden großen Datenmengen von beispielsweise Kamera-, Radar- oder Lidarsensoren müssen zeitsynchron erfasst, vorverarbeitet und fusioniert werden. Entsprechende Sensor- und Busschnittstellen kombiniert dSPACE daher jetzt mit neuester NVIDIA-Prozessor-Hardware zu einem einzigartig kompakten und robusten Prototyping-System für automatisierte Fahrfunktionen: der MicroAutoBox Embedded SPU.

Fragt man Branchenkenner heute nach den momentan wichtigsten Innovationstreibern der Automobilindustrie, lautet die Antwort meist einhellig: das hochautomatisierte und autonome Fahren. Nahezu jeder OEM und Tier-1-Zulieferer sowie viele Start-ups arbeiten bereits mit Hochdruck an diesen Themen. Und es werden Fortschritte erzielt, die noch vor wenigen Jahren kaum denkbar erschienen. So dürfte nach aktueller Einschätzung nur noch eine kurze Zeit vergehen, bis erste Funktionen für hochautomatisiertes Fahren in Serie gehen. In definierten Verkehrsszenarien, beispielsweise auto-

matisiertes Fahren auf der Autobahn oder autonomes Ein- und Ausparken, bedürfen diese Funktionen dann keiner permanenten Überwachung mehr durch den Fahrer. Darüber hinaus wird auch bereits an vollständig autonomen Systemen wie Roboter-Taxis gearbeitet, die das „Fahrpersonal“ schließlich überflüssig machen.

Wettlauf zum autonomen Fahren

In diesem Kontext entsteht in der Automobilindustrie quasi ein Wettlauf, wer als erster Anbieter Funktionen für autonomes Fahren mit dem erforderlichen Reifegrad in die Serie bringen kann. Doch die immer kürzer

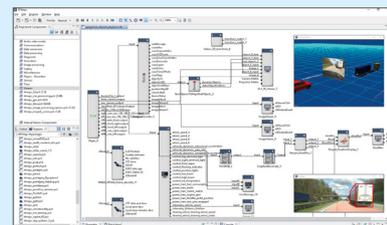
werdenden Innovationszyklen stellen die Branche auch vor eine Herausforderung, wenn es darum geht, die stetig komplexer werdenden Algorithmen in schnellen Iterationen zu entwickeln und frühzeitig im Fahrzeug zu erproben. In der Folge entsteht ein sehr hoher Bedarf an leistungsfähigen Prototyping-Systemen, mit denen die Funktionsentwicklung nicht nur komfortabel umgesetzt, sondern auch erheblich beschleunigt werden kann. Basierend auf einer Vielzahl von Umgebungssensoren wie Kamera-, Radar-, Lidar-, Ultraschall- und GNSS-Sensoren müssen die entsprechenden Algorithmen

>>

RTMaps

RTMaps von Intempora, das dSPACE seit 2016 vertreibt und in seine Werkzeugkette integriert, ist eine komponentenbasierte Software-Entwicklungs- und Laufzeitumgebung, mit der Anwender Daten von unterschiedlichen Sensoren und Fahrzeugbussen präzise erfassen, zeitstempeln, synchronisieren und verarbeiten können. Mit Hilfe von Blockdiagrammen und der Integration von eigenem C++, Python- oder Simulink-Code schafft das Werkzeug eine leistungsstarke

Umgebung für die Entwicklung, den Test und das Benchmarking anspruchsvoller Algorithmen für die Sensor- und Bildverarbeitung sowie die Datenfusion im Kontext von Multisensoranwendungen. Umfangreiche Komponentenbibliotheken für zum Beispiel Kameras, Radarsensoren, Laserscanner und Fahrzeugbusse sowie die Datenvisualisierung, -kommunikation und -verarbeitung vereinfachen dabei die Funktionsentwicklung. Aufgrund



der einzigartigen Leistungsfähigkeit auf Mehrkern-x86- und ARM-Plattformen sowie der hohen Benutzerfreundlichkeit erweitert RTMaps das dSPACE Produktportfolio in idealer Weise.



Leistungsstark und skalierbar: Embedded SPU als Stand-alone-System.

jederzeit eine zuverlässige 360°-Erkennung und Bewertung des Fahrzeugumfelds sicherstellen. Kameras und die Bilddatenvorverarbeitung spielen dabei eine zentrale Rolle.

Herausfordernde Sensordatenverarbeitung und -fusion

Insbesondere die Vorverarbeitung und die Fusion der dabei in großen Mengen anfallenden Sensor- beziehungsweise Kameradaten stellt eine wesentliche Herausforderung dar. Die entsprechenden Algorithmen sind sehr rechenintensiv und werden meist

auf Mehrkern-CPU und GPUs durchgeführt. Die Implementierung der Algorithmen erfolgt in der Regel mit den Programmiersprachen und Frameworks von C++, CUDA oder OpenCL. Für die Entwicklung entsprechender Algorithmen in kurzen Iterationszyklen werden daher heute meist leistungsfähige Desktop-PCs mit

Die MicroAutoBox Embedded SPU ist eine einzigartig robuste und kompakte Lösung für das fahrzeuggestützte Prototyping von Multisensoranwendungen.

eingebauter Grafikkarte aus dem Verbraucherbereich verwendet. Diese sind aufgrund ihres hohen Leistungs-

bedarfs sowie ihrer fehlenden Robustheit und Ausfallsicherheit aber nur äußerst bedingt für den Einsatz im Rahmen von Erprobungsfahrten mit realen Fahrzeugen geeignet. Wenn die Hardware dabei wie üblich im Kofferraum eines Versuchsfahrzeugs montiert werden soll, ist nicht zuletzt ein erheblicher Verbaue- und Verdrahtungs-

aufwand erforderlich. Darüber hinaus bieten Desktop-PCs in der Regel keine Rohdatenschnittstellen zu in Serienfahrzeugen

verwendeten Kameras wie GMSL-Schnittstellen. Wie lassen sich also die hohen Anforderungen an Rechenleistung und Sensorschnittstellen mit der nötigen Kompaktheit und Robustheit für den Fahrzeugeinsatz in Einklang bringen? Die Antwort auf diese Frage gibt dSPACE in Form einer kompakten, robusten und gleichzeitig sehr leistungsfähigen Linux-basierten Prototyping-Plattform für die Entwicklung von Funktionen für autonomes Fahren direkt im Fahrzeug: der MicroAutoBox Embedded SPU (Sensor Processing Unit). Im Zusammenspiel mit der grafischen Modellierungsumgebung für Multisensorsysteme RTMaps eröffnet sie völlig neue Möglichkeiten, um die Entwicklung entsprechender Algorithmen erheblich zu vereinfachen und zu beschleunigen. >>

Steckbrief: MicroAutoBox Embedded SPU

Einordnung: ■ Prototyping-System für Multisensoranwendungen

Schlüsselfunktionen: ■ Leistungsstarke Mehrkern-CPU mit integrierter NVIDIA®-GPU
 ■ Schnittstellen für automotive Busnetzwerke, Umgebungssensoren, drahtlose Kommunikation und GNSS-Empfang
 ■ Intuitive grafische Software-Umgebung RTMaps zur blockbasierten Implementierung von Algorithmen
 ■ Optionale Data-Logging-Einheit

Anwendungsbereiche: ■ Funktionsentwicklung für
 ■ Fahrerassistenzsysteme
 ■ Hochautomatisiertes und autonomes Fahren
 ■ Robotik-Anwendungen
 ■ Data Logging

Große Bandbreite von Anschlussmöglichkeiten

Anschlüsse Rückseite:

1 1x GNSS-Empfänger:

Empfang von globalen Satellitennavigationsdaten (GPS, GLONASS, Beidou, Galileo). Im Falle eines unterbrochenen Satellitenkontakts bestimmt der GNSS-Empfänger uBlox NEO-M8U über Inertialsensoren die genaue Position.

2 4x Gigabit Multimedia Serial Link (GMSL):

Anbindung von hochauflösenden Kameras mit GMSL-Schnittstellen für die Bildverarbeitung. Auf Anfrage können über ein Piggyback-Einsteckmodul alternative Kameraschnittstellen unterstützt werden.

3 2x HDMI-1.4b-Eingang:

Anbindung von hochauflösenden Kameras mit HDMI-Schnittstellen für die Bildverarbeitung. Auf Anfrage können über ein Piggyback-Einsteckmodul alternative Kameraschnittstellen unterstützt werden.



4 2x LTE/Bluetooth-Antennenschnittstelle:

Unterstützung der drahtlosen Kommunikation über LTE und Bluetooth

5 Busschnittstellen:

Anbindung von vier CAN/CAN-FD-, zwei LIN (Master/Slave)- und zwei BroadR-Reach-Schnittstellen

6 1x Serial-ATA-Schnittstelle (SATA III):

Ankopplung von bis zu vier SSDs für die performante Datenaufzeichnung

7 I/O-Schnittstellen:

Bereitstellung von jeweils vier Digital-In-, Digital-Out- und Analog-In-Kanälen

1x SIM-Karten-Steckplatz:

SIM-Karten-Einschub für die Mobilfunkkommunikation

Anschlüsse Frontseite:

1 2x WLAN-Antennenschnittstelle:

Unterstützung von Wireless LAN IEEE 802.11 n/ac

2 4x Gigabit-Ethernet-Schnittstelle:

Direkte Ankopplung von Gigabit-Ethernet-fähigen Geräten ohne zwischengeschalteten Ethernet Switch. Pro Schnittstelle werden jeweils 1 Gbit/s Datendurchsatz unterstützt.

3 2x Gigabit-Ethernet-Schnittstelle (über internen Switch):

Direkte Ankopplung von Gigabit-Ethernet-fähigen Geräten

4 2x USB-2.0-Schnittstelle:

Anschluss von USB-2.0-fähigen Geräten

5 1x Stromversorgung:

6 bis 40 V Gleichstrom



6 1x Klinkenbuchse:

Anschluss für Mikrofon und Tonausgabe

7 2x USB-3.0-Schnittstelle:

Anschluss von USB-3.0-fähigen Geräten, zum Beispiel Kameras

8 2x HDMI-2.0-Ausgang:

Anschluss von zwei HDMI-fähigen Monitoren. Auf Anfrage kann eine der HDMI-Schnittstellen durch ein Modul zur Ansteuerung von im Serienfahrzeug verbauten Displays wie Fahrerinformationssystemen ersetzt werden.

Technische Daten MicroAutoBox Embedded SPU

| Parameter | Spezifikation |
|------------------------|---|
| Prozessor | <ul style="list-style-type: none"> ■ CPU: Zwei NVIDIA®-Denver-2-Kerne und vier ARM®-A57-Kerne (mit jeweils bis zu 2 GHz und 2 MB L2-Cache) ■ GPU: NVIDIA Pascal™ mit 256 Kernen bei bis zu 1300 MHz |
| Speicher | <ul style="list-style-type: none"> ■ RAM: 8 GB 128-bit LPDDR4 RAM ■ Flash: 32 GB eMMC und 128 GB M2-Karte ■ Optionaler Massendatenspeicher |
| Betriebssystem | <ul style="list-style-type: none"> ■ Linux für Tegra von NVIDIA |
| Software-Unterstützung | <ul style="list-style-type: none"> ■ Grafische Entwicklungsumgebung: RTMaps (Real-time Multisensor applications) ■ GPU-Programmiersprache: NVIDIA CUDA® ■ Deep Learning: NVIDIA TensorRT™, cuDNN® ■ Maschinelles Sehen: NVIDIA VisionWorks™, OpenCV |
| Technische Merkmale | <ul style="list-style-type: none"> ■ Gehäusemaße: Circa 200 x 225 x 50 mm (7.9 x 8.9 x 2.0 in) ■ Betriebstemperaturbereich (Gehäuse): -20 ... +70°C (-4 ... +158°F) |
| Zertifizierungen | <ul style="list-style-type: none"> ■ Die MicroAutoBox Embedded SPU erfüllt einschlägige Normen zur elektromagnetischen Verträglichkeit sowie zur Vibrations- und Schockfestigkeit, vergleichbar mit der MicroAutoBox II. Weitere Details auf Anfrage. |

Die MicroAutoBox Embedded SPU wird voraussichtlich im dritten Quartal 2017 erhältlich sein.

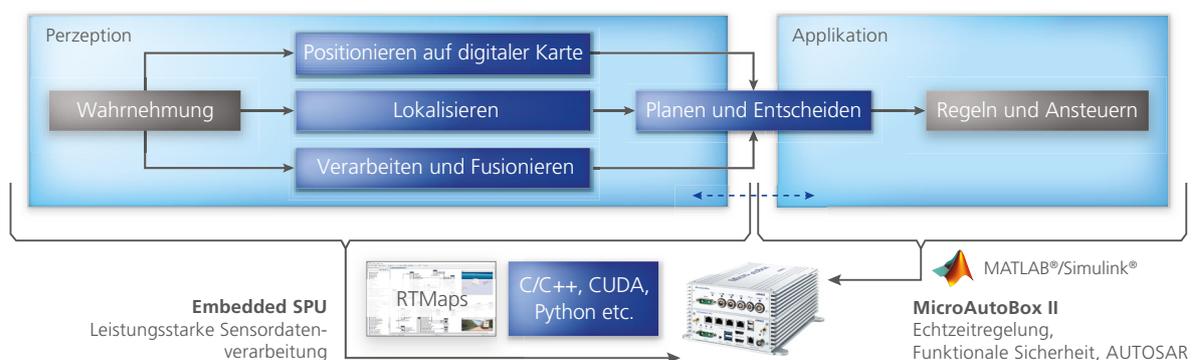
Hohe Rechenleistung und umfangreiche Schnittstellen

Die MicroAutoBox Embedded SPU basiert auf der brandaktuellen NVIDIA®-Parker-Architektur. Sie stellt

eine Sechskern-64-bit-ARM-CPU mit integrierter NVIDIA-Pascal-GPU und 256 Kernen bereit, die bis zu 1,5 TeraFlops Rechenleistung bietet. Das Einzigartige an der MicroAutoBox

Embedded SPU ist jedoch nicht allein die verfügbare Rechenleistung, sondern ihre Kombination mit Schnittstellen zu allen gängigen automotiven Bussystemen, zu Umgebungssensoren wie Kamera, Radar oder Lidar, zur GNSS-Positionserfassung sowie zur Drahtloskommunikation. Das alles vereint die MicroAutoBox Embedded SPU in einem robusten und kompakten Gehäuse für den Einsatz im Fahrzeug. Ein weiteres Alleinstellungsmerkmal der MicroAutoBox Embedded SPU ist die Tatsache, dass sich Software-Entwickler nicht mehr mühsam um die Anbindung der einzelnen Sensor- und Ausgabeschnittstellen kümmern müssen und sich so voll und ganz auf die Implementierung ihrer Sensordaten-Vorverarbeitungs- und Fusionsalgorithmen konzentrieren können. Um das zu gewährleisten, ist die MicroAutoBox Embedded SPU eng verzahnt mit RTMaps, einer grafischen Modellierungsumgebung für Multisensorsysteme (siehe Infokasten auf Seite 37). Sie stellt eine intuitive Oberfläche zur Verfügung, die sämtliche Schnittstellen der Embedded SPU in Form von fertigen Bibliotheken und I/O-Blöcken bereithält. Innerhalb von RTMaps sind dann nur noch die eigentlichen Algorithmen in C++, NVIDIA CUDA®, Python oder über eine Simulink-Code-Integration zu implementieren.

Kompaktes und robustes Prototyping-System für die Entwicklung von Funktionen für automatisiertes Fahren: Embedded SPU als Erweiterung der MicroAutoBox II.





 ASAM

Einer für alles

ASAM XIL API entkoppelt
Tests aller Teststufen von
der Testplattform



Effiziente Steuergerätestests erfordern wiederverwendbare Testfälle, mit denen über den gesamten Entwicklungsprozess hinweg unter einheitlichen Gesichtspunkten getestet werden kann. Die Basis dafür schafft der XIL-API-Standard. Er erlaubt es, Testfälle unabhängig von der Teststufe und der Plattform auf die gleiche Weise aufzubauen.

Als Nachfolger des HIL-API-Standards ist der 2013 veröffentlichte ASAM-XIL-API-Standard V2.0 heute der aktuelle Standard für den Test von Steuergeräten und die Simulation ihrer Umgebung. Das „X“ im Namen steht dabei symbolisch für die Vielseitigkeit dieses Standards, der herstellerübergreifend und über die einzelnen Entwicklungsstufen hinweg eingesetzt werden kann: Von Model-in-the-Loop (MIL)- über Software-in-the-Loop (SIL)- und Processor-in-the-Loop (PIL)- bis hin zu Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulationen unterstützt er Entwickler von Steuergeräten und Testsystemen über den kompletten Entwicklungs- und Testprozess hinweg.

Standard erlaubt neue Offenheit

So vielfältig das Unternehmensspektrum am Markt, so mannigfaltig ist auch das Angebot an Soft- und Hardware-Lösungen für den Test von Steuergeräten und die Simulation ihrer Umgebung. Dabei gilt: Nur wenn alle Komponenten über einheitliche Schnittstellen verfügen, können sie auch problemlos miteinander kombiniert werden. Dafür entwickelten namhafte Vertreter aus der Auto-

mobilindustrie den XIL-API-Standard. Mit der Unterstützung dieses Standards zeigt sich dSPACE offen gegenüber Drittanbieterprodukten: Bei Bedarf lassen sich diese jetzt besonders schnell und ohne vorherige Konfiguration in die durchgängige dSPACE Werkzeugkette integrieren.

ASAM XIL API

XIL API ist als „lebendiger“ Standard konzipiert: Die ASAM-XIL-API-Arbeitsgruppe kümmert sich darum, ihn kontinuierlich weiterzuentwickeln und zu optimieren und somit an neue Kundenanforderungen anzupassen. Um eine hohe Qualität des Standards sicherzustellen, finden regelmäßig XIL-Cross-Tests statt. Zu testende Anwendungsfälle und Funktionalitäten werden dabei von Endanwendern und Werkzeuganbietern gemeinsam definiert, so dass ihre Erfahrungen aus der Praxis unmittelbar in den Optimierungsprozess mit einfließen. Um die vielseitigen Aufgaben in den Bereichen Simulation und Test abzudecken, stehen für die Simulationsplattformen mehrere standardisierte Schnittstellen mit unterschiedlichen Funktionalitäten zur Verfügung. Der XIL API Model Access Port (MAPort) etwa erlaubt

>>

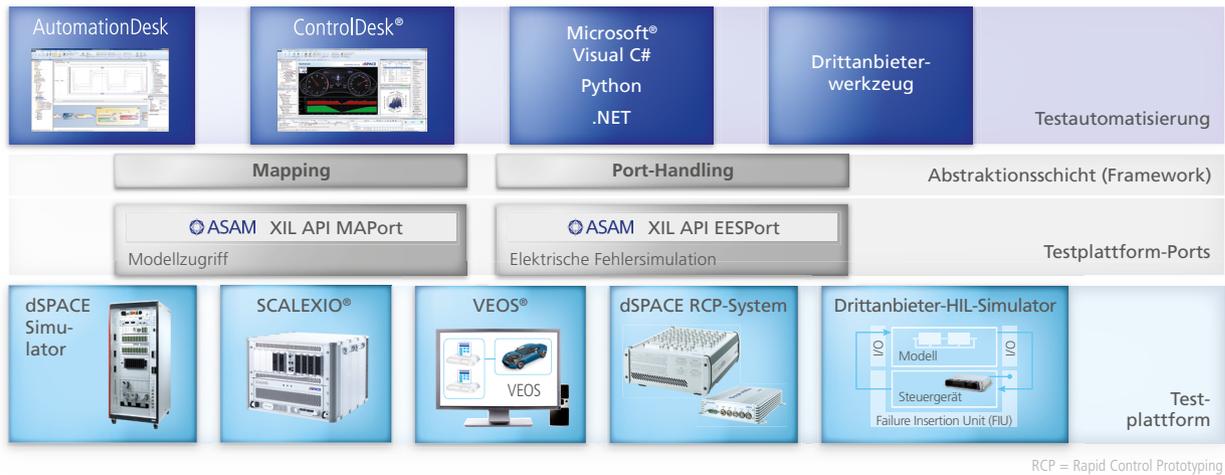


Abbildung 1: Da die dSPACE Produkte die Schnittstellen XIL API MAPort und XIL API EESPort unterstützen, lassen sie sich problemlos mit XIL-API-konformen Drittanbieterprodukten kombinieren.

den Lese- und Schreibzugriff auf den Simulator sowie die Stimulation und die Messdatenerfassung in allen Phasen des Entwicklungsprozesses. Über den XIL API Electrical Error Simulation Port (EESPort) lassen sich elektrische Fehlerzustände wie Kurzschlüsse oder Unterbrechungen einer Failure Insertion Unit (FIU) steuern. XIL API profitiert dabei von dem Einsatz weiterer Standards, darunter der ASAM Measurement Data Format (MDF) zur Speicherung von Messdaten oder der ASAM General Expression Syntax (GES) zur standardisierten Beschreibung von Triggerbedingungen, zum Beispiel Start/Stopp von Messung oder Stimulation.

Neue Features

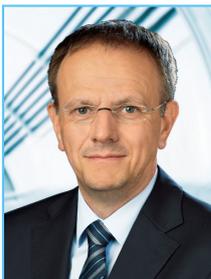
Der ASAM-XIL-API-Standard ist heute aus der Welt der Simulatoren nicht

mehr wegzudenken – viele Anwender sind bereits auf XIL API umgestiegen, um von den neuen Funktionen zu profitieren. Eine wesentliche Neuerung ist die zusätzliche Abstraktionsschicht (Framework) zwischen Testautomatisierung und Simulationsplattform. Diese erlaubt es, Testfälle auf verschiedene Testsysteme zu übertragen und über den gesamten Entwicklungsprozess – von MIL über SIL und PIL bis hin zu HIL – wiederzuverwenden. Eine wichtige Funktion des Frameworks ist das Mapping: Dabei werden den tatsächlichen Simulatorvariablen Kurznamen (Alias) zugeordnet, die es ermöglichen, unabhängig von der jeweiligen Modellstruktur auf die Variablen zuzugreifen. Dank dieser Abstraktion lassen sich Tests unabhängig von der Simulationsplattform oder der Teststufe auf die gleiche

Weise aufbauen und wiederverwenden. Änderungen im Modell können im Testwerkzeug zentral an einer Stelle, im Mapping, nachgehalten werden. Ein plattform- und teststufenübergreifender Einsatz der gleichen Testwerkzeuge minimiert den Schulungsaufwand für Mitarbeiter erheblich und vereinfacht zugleich den Wissenstransfer zwischen den verschiedenen Teams. Da die XIL-API-Schnittstelle alle .NET-konformen Programmiersprachen wie etwa Visual Basic .NET, C#, Python und MATLAB M-Skripte unterstützt, lässt sie sich zudem problemlos in die verschiedensten Werkzeuge einbinden.

XIL API in dSPACE Produkten

Als ASAM-Mitbegründer und Mitglied der XIL-API-Arbeitsgruppe beteiligt sich dSPACE bereits von Beginn an



„Dank XIL API lassen sich Tests über Entwicklungsstufen hinweg wiederverwenden und Produkte verschiedener Hersteller miteinander kombinieren. Das schafft eine völlig neue Offenheit bei der Wahl der Produkte und sorgt gleichzeitig für Kontinuität bei der Durchführung von Tests.“

Dr. Rainer Rasche, Leiter der ASAM-XIL-API-Arbeitsgruppe und Gruppenleiter in der Produktentwicklung bei der dSPACE GmbH



aktiv an der Umsetzung und Optimierung des XIL-API-Standards. Gibt es Verbesserungen im Standard, werden diese zeitnah in den dSPACE Produkten umgesetzt. Entsprechend wurden zum dSPACE Release 2016-B alle HIL-API-Schnittstellen durch neue XIL-API-Schnittstellen ersetzt. Die neuen XIL-API-Schnittstellen decken die alten RTPLib- und HIL-API-Funktionalitäten in vollem Umfang ab und ergänzen sie durch zusätzliche Features. Für einen einheitlichen Zugriff aus Testautomatisierungswerkzeugen wie AutomationDesk auf alle dSPACE Simulationsplattformen enthält das Platform API Package den XIL API MAPort Server. Im Failure Simulation Package unterstützt der XIL API EESPort Server den einheitlichen Zugriff auf dSPACE Failure Insertion Units. ControlDesk® beinhaltet die Plattform XIL API MAPort, über die zum Beispiel Simulationsplattformen von Drittanbietern oder Messwerkzeuge nahtlos angebunden werden können. Messdaten von dSPACE und Drittanbieterplattformen können so in ControlDesk zeitsynchron erfasst, in einem Plotter visualisiert und im gleichen Zeitbereich miteinander verglichen werden. Mit der in ControlDesk integrierten Komponente XIL API EESPort GUI

lassen sich elektrische Fehlerzustände über eine einheitliche grafische Bedienoberfläche interaktiv aus ControlDesk heraus konfigurieren und anwenden. Der Signal Editor in ControlDesk und der Editor für das signalbasierte Testen in AutomationDesk verwenden den XIL-API-Standard, um Signalverläufe für die Stimulation und die Beschreibung von Referenzsignalen standardkonform zu beschreiben. Durch minimale Erweiterungen der Signalbeschreibung ist es in AutomationDesk möglich, komplette Tests zu definieren und auszutauschen.

Bequem umsteigen

Für AutomationDesk-Anwender, die für den Modellzugriff bereits mit HIL API gearbeitet haben, erfolgt die Umstellung auf XIL API für diesen Anteil automatisch. Anwender, die Tests auf Skriptbasis erstellt haben und umsteigen wollen, werden von dSPACE durch migrationsunterstützende Dokumente im dSPACE Support Center und vom Support Team umfassend unterstützt. Bei Bedarf begleiten Mitarbeiter aus dem dSPACE Engineering Team den Migrationsprozess, so dass dem Einsatz des mächtigen XIL-API-Standards nichts mehr im Wege steht. ■

XIL-Cross-Tests

Um die anbieterübergreifende Kompatibilität von Testsystemen für den Automobilbereich zu überprüfen, führen namhafte Anbieter von Entwicklungswerkzeugen regelmäßig XIL-Cross-Tests durch. Dabei verbinden sie ihre Testwerkzeuge mit Plattformen von Drittanbietern, um zu evaluieren, ob ihre Testsoftware problemlos mit der Testhardware anderer Hersteller kommuniziert. Am 13. und 14. Juli 2016 wurden bei dSPACE in Paderborn Cross-Tests durchgeführt.

Erfahren Sie mehr über diese Veranstaltung und die Cross-Tests im Allgemeinen auf der dSPACE Website:
www.dspace.com/go/xil_crosstests

Support

Weitere Informationen sowie migrationsunterstützende Dokumente finden Sie unter:
www.dspace.com/support



Innovatoren im Dialog

Anwender, Interessenten und Produktexperten trafen sich auf der 8. dSPACE Anwenderkonferenz zum informativen Erfahrungsaustausch





Anwenderkonferenz 2016

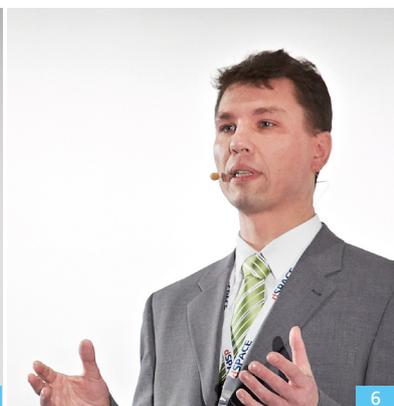




Wie kann man Radarsensoren im geschlossenen Regelkreis absichern? Wie lassen sich Millionen von Testkilometern schon in frühen Entwicklungsphasen absolvieren? Für diese und ähnliche Fragen zu aktuellen Entwicklungstrends bot die 8. dSPACE Anwenderkonferenz eine spannende und informative Plattform. Rund 250 Teilnehmer trafen sich am 15. und 16. November 2016 zum fachlichen Informationsaustausch im NH München Ost Conference Center. Während am ersten Tag die Kunden spannende Einblicke in ihre aktuellen Projekte, Vorgehensweisen und Entwicklungsprozesse gaben, bot der zweite Tag einen Mix aus interessanten Seminaren der dSPACE Experten, unter anderem zu Themen wie ISO 26262, E-Mobility,

ADAS oder automotiven Netzwerken. Doch nicht nur aus den Vorträgen und Präsentationen, sondern auch aus den lebhaften Diskussionen im Anschluss entwickelten sich wertvolle Anregungen für die Konferenzteilnehmer. Insbesondere in den Seminaren ergaben sich viele Möglichkeiten zum Erfahrungsaustausch. Intensive Gespräche über die ISO-26262-konforme Absicherung von Steuergeräten mit HIL-Simulatoren konnte man hier ebenso beobachten wie aufschlussreiche Fragestunden zur zukünftigen Absicherung von autonomen Fahrzeugen. Ganz konkret begutachteten und teilweise auch selbst ausprobieren ließen sich aktuelle Test- und Entwicklungswerkzeuge in der begleitenden Ausstellung. Dazu gehörten auch neueste Entwicklungen wie ein mechatroni-

scher Radartestplatz, ein Lenkungsprüfstand, ein ADAS-Prototyping-System mit umfassenden Schnittstellen und Rechenkapazität für Umgebungsensoren sowie eine Plattform zur Cluster-Simulation, mit der Millionen von Testkilometern virtuell absolviert werden können. Abgerundet wurde der erste Konferenztag von einer Abendveranstaltung auf der „dSPACE Alm“. Hier konnten viele Fachgespräche noch einmal in ungezwungener Atmosphäre vertieft werden, ehe der Tag in original bayrischem Ambiente gemütlich ausklang. dSPACE bedankt sich ganz herzlich bei allen Teilnehmern und den Ausstellern MathWorks, BTC Embedded Systems, MES, DMecS und IAI. Wir freuen uns schon heute auf die 9. dSPACE Anwenderkonferenz! ■





Vortragende:

1. **Dr. Stefan Schmerler, Daimler AG**
Dr. Schmerler stellte die E/E-Testverfahren und -Methodik bei Mercedes-Benz vor. Durch einen Mischbetrieb aus virtuellen und realen Steuergeräten an dSPACE Simulatoren und Offline-Simulatoren erzielt das Unternehmen eine dramatische Beschleunigung der Absicherung und schafft die Grundlagen für digitale Erprobungsfahrten.
2. **Dr. Maximilian Miegler, AUDI AG**
Dr. Miegler trug das Thema „Hochvernetzte Fahrzeugfunktionen entwickeln und beherrschen, Schritt für Schritt“ vor. Seine „barrierefreie“ Simulationslösung von rein virtuellen Tests über HIL-Tests bis zum Komplettaufbau stellt eine besonders effiziente Lösung dar.
3. **Daniel Frechen, Volkswagen AG**
Herr Frechen berichtete über den Einsatz eines Fahrwerks-HIL zur manöverbasierten Funktionsentwicklung. Mit einer hochwertigen Fahrdynamiksimulation auf einem dSPACE Simulator ist eine Bewertung von vernetzten Fahrwerksfunktionen und deren Wirksamkeit hier früher und kostengünstiger als im reinen Fahrversuch und an bestehenden Prüfplätzen möglich.
4. **Sascha Getos, BMW AG**
Herr Getos stellte ein praxisnahes Beispiel für die virtuelle Absicherung von Steuergeräte-Software auf Basis von dSPACE VEOS® vor. Per Fernzugriff auf das Testsystem zeigte er anschaulich, wie man einen Test konfiguriert, Breakpoints setzt und diese ab einem Schwellwert erreicht.
5. **Dr. Thomas Herpel, Automotive Safety**

Technologies GmbH

Dr. Herpel referierte über eine real- und simulationsdatenbasierte Funktionserprobung in der Fahrzeugsicherheit. Auf Basis eines SCALEXIO-Systems werden hier sowohl simulierte Fahrscenarien als auch ein Daten-Replay verwendet, um Pre-Crash-Szenarien und In-Crash-Events zu bewerten.

6. **Ralf Arens, CLAAS Selbstfahrende Erntemaschinen GmbH**
Herr Arens präsentierte eine zentrale Testmanagementlösung mit dSPACE SYNECT®, auf die alle deutschen Standorte von CLAAS zugreifen. Mit dieser Lösung wurden 2016 schon 20.000 Testfälle verwaltet.
7. **Thomas Hackemüller, Ford-Werke GmbH**
Herr Hackemüller stellte ein Testsystem für die Absicherung von kamerabasierten Fahrerassistenzsystemen vor. Dabei können mit einem SCALEXIO-Simulator die Steuergeräte geprüft und das Verhalten bei eingespeisten Fehlern getestet werden.
8. **Jan Peelaerts, EUTOMATION & SCANSYS Sprl**
Herr Peelaerts berichtete, wie dem Unternehmen in nur 13 Wochen die Umrüstung eines Belastungsprüfstands für CVT-Getriebe gelang. Mit dSPACE Hardware und Software konnte dabei eine leistungsfähige Steuerung realisiert werden.
9. **Serge Klein, RWTH Aachen**
Herr Klein stellte eine Kopplung von Simulator (SCALEXIO) und Motorprüfstand vor, mit der Verbrennungsmotoren manöverbasiert getestet werden (Engine-in-the-Loop). Vergleichsmessungen zwischen dem

Referenzfahrzeug und dem Prüfstand zeigten dabei eine sehr gute Übereinstimmung.

10. **Oliver Graßmann, Ford-Werke GmbH**
Herr Graßmann referierte über die In-House Funktionsentwicklung gemäß ISO 26262. Die Methoden und Prozesse werden mit einer Werkzeugkette basierend auf TargetLink®, BTC Embedded-Tester und MES MXAM umgesetzt.
11. **Holger Jakobs, WABCO GmbH**
Herr Jakobs stellte den modellbasierten Entwicklungsprozess seines Unternehmens vor. Für eine ISO-26262- und AUTOSAR-konforme Umsetzung setzt WABCO auf den Seriene-Generator TargetLink.
12. **Benjamin Freudenberg, Technische Universität Berlin**
Herr Freudenberg zeigte in seinem Vortrag „Modulation, Reglersynthese und Netzsynchrisation von Multilevel-Wechselrichtern“ Problemstellungen im Bereich der Leistungselektronik auf. Seine Lösungsansätze konnten mit der Micro-LabBox erfolgreich umgesetzt werden.

Die Vorträge der 8. Anwenderkonferenz in deutscher Sprache.



www.dspace.com/go/dMag_20171_UC





Investition in die Zukunft

Betriebsnahe Kita
schon fest etabliert

Optimale Kinderbetreuung ist ein entscheidender Faktor, wenn es darum geht, Familie und Beruf in Einklang zu bringen. Mit der eigenen betriebsnahen Kindertagesstätte (Kita) bietet dSPACE eine spürbare Entlastung für seine Mitarbeiter.

Am 1. August 2015 eröffnete die erste betriebsnahe Kita Paderborns, die „dSPACE Dötze“ auf dem dSPACE Unternehmens-Campus. Insgesamt 60 Kinder im Alter von sechs Monaten bis zum Schuleintritt können hier in vier Gruppen betreut werden. Träger ist der erfahrene Betreiber von Betriebskindertagesstätten „Impuls Soziales Management e.V.“. Der Kita-Bau wurde vom Bundesministerium

für Familie, Senioren, Frauen und Jugend (BMFSFJ) gefördert. Die Projektverantwortliche Angelika Hanselmann: „Um eine schnelle Rückkehr an den Arbeitsplatz zu ermöglichen, sollen Eltern ihre Kinder hervorragend betreut wissen.“ Die Kita bietet an die Bedürfnisse der Mitarbeiter angepasste Rahmenbedingungen. So ist die Einrichtung lediglich zwischen Weihnach-

ten und Neujahr sowie an einem weiteren Tag geschlossen. Bedarfsgerechte Öffnungszeiten, die Nähe zum Arbeitsplatz sowie Qualitätsfaktoren wie der deutlich über dem gesetzlichen Standard liegende Personalschlüssel und das innovative Lernkonzept mit den Schwerpunkten MINT, Bilingualität (Deutsch/ Englisch) und Tierpädagogik runden das Angebot ab. ■





Großzügige Räumlichkeiten mit hochwertiger Ausstattung und ein abwechslungsreiches Außengelände.



Gemeinsames Zähneputzen im kindgerechten Badezimmer.

„Vom ersten Tag an sind meine Kinder gerne in die dSPACE Kita gegangen. Sie fühlen sich wohl. Da ich das weiß, kann ich mich voll auf die Arbeit konzentrieren.“

Jörg Vogedes, dSPACE GmbH



Förderung der Kinder in allen Entwicklungs- und Bildungsbereichen.

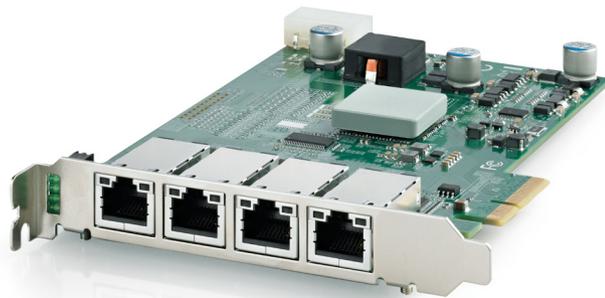


Ethernet-Unterstützung für SCALEXIO

Mit dem neuen DS6331-PE Ethernet Board lässt sich ein dSPACE SCALEXIO®-System um vier zusätzliche Ethernet-Anschlüsse erweitern. Die Karte bietet vier Ethernet-Ports, von denen jeder die Übertragungsmodi 10BASE-T, 100BASE-T und 1000BASE-T unterstützt. Durch die Wahl dieser Standardschnittstellen kann jeder Port unabhängig für den jeweiligen Anwendungsfall entweder direkt genutzt oder das Signal über einen entsprechenden Medienkonverter umgewandelt werden. Das Konzept ermöglicht einen problemlosen Zugang zu den automotiven Schnittstellen 100BASE-T1 (1 GBit/s BroadR-Reach) und 1000BASE-T1 (1 GBit/s über ein Unshielded Twisted Single Pair), und ist zudem zukunftssicher und flexibel

für neue Standards ausgelegt. Die Karte unterstützt unter anderem die Standards IEEE 802.1AS (mit Hardware-Zeitstempel), IEEE 802.1Qav (mit Hardware Traffic Shaping) und IEEE 1588 (mit Hardware-Zeitstempel), wodurch sie bestens für den automotiven Bereich geeignet ist. Das DS6331-PE Board wird direkt in

die SCALEXIO Processing Unit eingesteckt und bietet daher eine äußerst leistungsfähige Anbindung an den Echtzeitrechner. Die Konfiguration des DS6331 erfolgt komplett softwaregesteuert über Configuration-Desk®, die zentrale Konfigurationssoftware für SCALEXIO. ■



Neue Sicherheitsmechanismen für die MicroAutoBox II

Sicherheitskritische Anwendungen, zum Beispiel im Bereich des hochautomatisierten Fahrens, erfordern zusätzliche Mechanismen, mit denen die korrekte Ausführung von Regelungsfunktionen auf einem Steuergerät überwacht werden kann. Um schon während der Funktionsentwicklung und Erprobung im Fahrzeug einen höheren Grad an Überwachung zu erreichen, bietet das Entwicklungssystem MicroAutoBox® II zahlreiche aus der Serienentwicklung bekannte Monitoring-Funktionen. Im

RTI Watchdog Blockset 2.0 (dSPACE Release 2016-B) wurde der mehrstufige Watchdog-Mechanismus bereits um einen integrierten Challenge-Response-Mechanismus erweitert, um gezielt die korrekte Ausführung von Berechnungen des Echtzeitprozessors zu überprüfen. Mit der Version 2.1 des Blocksets (geplant für dSPACE Release 2017-A) werden nun verschiedene Spei-

Customer-specific monitoring functions
Memory integrity checks
More safety
Task monitoring
Challenge-response Watchdog
Supply voltage monitoring ...



cherintegritätschecks (Heap-, Stack- und ROM-Monitoring) ergänzt. Damit können Speicherfehler beim Start und zur Laufzeit der Echtzeitapplikation detektiert werden und das System lässt sich im Fehlerfall in einen definierten Zustand versetzen. Ebenfalls neu ist ein Supply Voltage Monitor, mit dem eine kritische Versorgungsspannung der MicroAutoBox II erkannt werden kann. ■



Virtuelle RDE-Fahrten

Neue Emissionstestverfahren in der Europäischen Union schreiben eine Bewertung des Schadstoffausstoßes unter tatsächlichen Fahrbedingungen vor. Daher ergänzen die sogenannten RDE (Real Driving Emissions)-Tests herkömmliche unter Laborbedingungen stattfindende Tests auf Rollenprüfständen.

Um Automobilherstellern schon in frühen Entwicklungsphasen Erkenntnisse über das Abgasverhalten ihrer Fahrzeuge unter den RDE-Testbedingungen zu ermöglichen, lassen sich bewährte Simulationsmethoden anwenden. Mit der Tool Suite ASM (Automotive Simulation Models) von dSPACE können RDE-Tests mit unterschiedlichen Fahrscenarien auf Landstraßen, Autobahnen und in der Stadt, optional mit komplexem Umgebungsverkehr, virtuell nachgestellt werden. Während realer Messfahrten erfasste

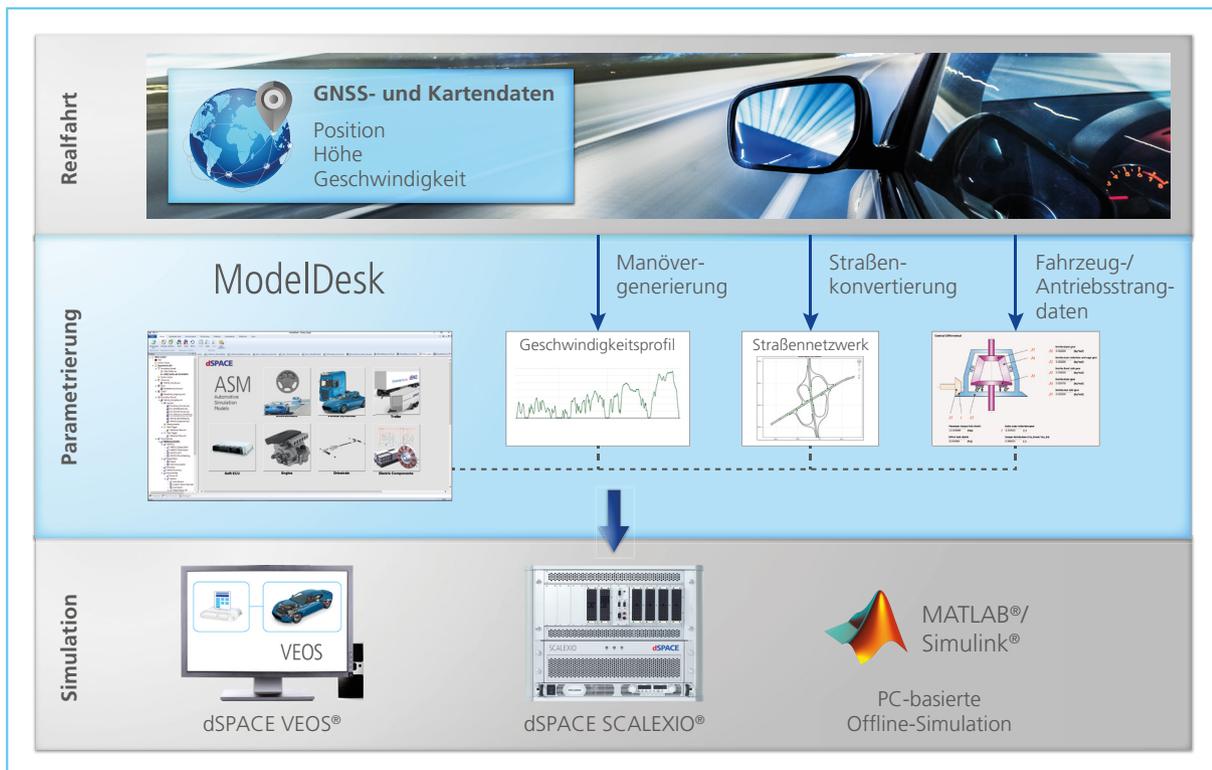
Daten werden dabei verwendet, um besonders realitätsnahe Simulationen durchzuführen. Dazu unterstützt ASM sowohl den Import von Kartendaten wie Google Earth, OpenStreetMap, ADAS RP, OpenDrive als auch den Import von Satellitennavigationsdaten, zum Beispiel GPS, GLONASS, Beidou und Galileo. Dabei werden Höhen, Steigungen und Fahrspuren berücksichtigt, auf deren Basis sich realitätsnahe Manöver simulieren lassen. Die Fahrdynamik- und Umgebungssimulation kann zusammen mit einem Motorprüfstand ausgeführt werden, um die tatsächlichen Abgase des realen Verbrennungsmotors auszuwerten. Ersetzt man den Motor durch ein Motormodell, erhält man schon in einer Offline-Simulation erste Aussagen über das zu erwartende Emissionsverhalten auf Basis vollständig simulierter Komponenten.

Die virtuellen Manöverfahrten sowie Emissionswerte lassen sich nun auf Konformität mit den gesetzlichen Regularien untersuchen. Dazu können Auswertungsroutinen wie EMROAD vom Joint Research Centre der EU und CLEAR von der TU Graz die Signale aus den offenen Simulinkmodellen der Tool Suite ASM direkt verarbeiten. In dieser Form definierte RDE-Tests sind exakt reproduzierbar und können durch Parameteranpassung flexibel und automatisierbar für Studien von unterschiedlichen Fahrzeug-, Strecken- und Manövervarianten verwendet werden. ■

Weiterführende Informationen:



www.dspace.com/goldMag_20171_RDE



Hohe Auszeichnung für dSPACE Stiftungsprofessor

Prof. Dr. Falko Dressler vom Institut für Informatik der Universität Paderborn wurde zum „IEEE Fellow“ ernannt, die höchste Auszeichnung des weltweit renommierten IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). Er erhält sie für sein Mitwirken an adaptiven und sich selbstorganisierenden Kommunikationsprotokollen in Sensor- und Fahrzeugnetzwerken. Prof. Dressler forscht auf dem Gebiet der adaptiven drahtlosen Kommunikation sowie an der Selbstorganisation massiv verteilter Systeme. Mit seiner Arbeit leistet er einen großen Beitrag zur Grundlagenforschung sowie zu neuartigen Kommunikationstechniken.

Früh erkannte Prof. Dressler das Potenzial von selbstorganisierenden Techniken und erforschte diese zuerst im Rahmen von Sensor-Aktor-Netzwerken. Seine Ergebnisse führten zu einer neuen Forschungsgeneration für Protokolldesigns massiv verteilter Systeme. Seine Forschung resultierte in einem bahnbrechenden Modell, das bei vielen Problemen mit Drahtlos-Netzwerken angewandt werden kann. Die Professur wird von dSPACE seit 2014 gestiftet. Der Lehrstuhl von Prof. Dressler engagiert sich zusammen mit dSPACE in verschiedenen Forschungsprojekten beispielsweise zum Thema Verkehrssimulation. ■



Professor Falko Dressler, Universität Paderborn

dSPACE verstärkt seine Präsenz in China

Zu Beginn des Jahres 2017 hat dSPACE sein Engagement in der Volksrepublik China deutlich verstärkt. Das Unternehmen hat einen neuen Standort in Peking eröffnet, mit dem dSPACE seinen zahlreichen Kunden in der Hauptstadt sowie im Norden Chinas ab sofort hochqualifizierte lokale Ansprechpartner zur Verfügung stellt. Auf seinen fast 300 Quadratmetern verfügt das dortige Büro zudem über eine umfangreiche und moderne Labor- und Trainingsinfrastruktur, die höchsten Kundenservice-Standards gerecht wird. Die dSPACE Mitarbeiter sind damit in der Lage, Kunden und Interessenten jederzeit in allen erdenklichen Belangen zu unterstützen, von ersten grundlegenden

Produktberatungen über konkrete Engineering-Leistungen bis hin zu allgemeinem technischen Support. So kann sich dSPACE gut an die Bedürfnisse seiner stetig wachsenden Kundenbasis anpassen. Zu dieser

zählen in Peking und im Norden Chinas bereits heute bekannte Unternehmen und Forschungseinrichtungen wie BAIC, Brilliance, CATARC, CNR, Great Wall, Weichai und viele mehr. ■



dSPACE an Bord

Entdecken Sie spannende und innovative Anwendungen, realisiert mit Entwicklungswerkzeugen von dSPACE.

Effizienz mit Torque-Split-Technologie

Maruti Suzuki optimiert die Parallel-Hybrid-Antriebskonzepte zukünftiger Hybrid-Fahrzeuge. Dazu implementieren die Entwickler einen Torque-Split-Regler, der die Arbeitspunkte von Verbrennungs- und Elektromotor so wählt, dass für alle Fahrsituationen der kosteneffizienteste Verbrauch von Strom und Kraftstoff erreicht wird. Mit einer MicroAutoBox II erproben die Ingenieure den Regler im Praxistest.



Verbesserte Hybridtechnologie von Maruti Suzuki, veröffentlicht in SAE Technical Paper 2015-26-0112.
www.dspace.com/goldMag_20171_Maruti



MicroAutoBox II und ControlDesk werden bei Tests im Fahrzeug eingesetzt.

Sensible Steuerung gefragt

Druckmessungen in der Harnröhre werden zur Diagnose von stressbedingter Inkontinenz eingesetzt. An der Universität Tübingen wurde die Effizienz des Verfahrens mit der Entwicklung einer hochauflösenden, dreidimensionalen Vermessung durch verbesserte Signalverarbeitung wesentlich gesteigert. Die Auswertung aller Sensoren und die Steuerung der Aktoren übernahm dabei ein Rapid-Control-Prototyping-System von dSPACE.



Stressbedingte Inkontinenz ist ein erhebliches medizinisches und gesellschaftliches Problem.
www.dspace.com/goldMag_20171_Biomed



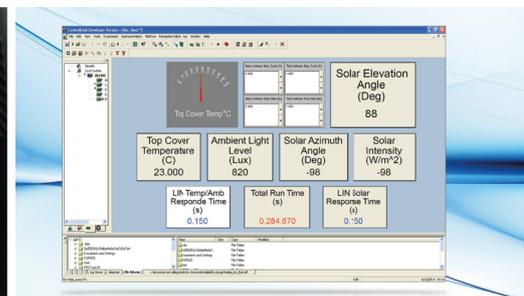
Sensible Aktoren und hochauflösende dreidimensionale Vermessung, gesteuert von einem dSPACE Rapid-Control-Prototyping-System.

Aufbau einer Entwicklungsumgebung

Für die Entwicklung von Klimasteuergeräten bei General Motors erstellte die Michigan State University leistungsfähige Software-Bibliotheken. Diese werden für die Buskommunikation zwischen Umgebungssensoren, Steuergerät und Aktoren auf Basis von MicroAutoBox und ControlDesk genutzt. Die Bibliotheken sind so konzipiert, dass sie leicht für verschiedene Projekte wiederverwendet werden können.



Die Bedienelemente der Klimaregelung in der Corvette Stingray von General Motors.
www.dspace.com/goldMag_20171_UniMic



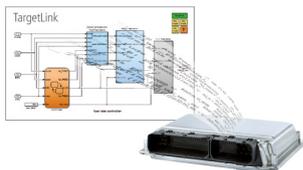
Bei der Funktionsentwicklung stellt ControlDesk die Signale wichtiger Sensoren dar.



Erfahren Sie mehr über diese Anwendungen mit Videos, Fotos und Berichten im Internet:
www.dspace.com/goldMag_20171_REF_D



Elektromobilität – Komplett entwickeln und testen mit dSPACE



Seriencode-Generierung



Entwicklung



Testen



Simulation

dSPACE Produkte ermöglichen Entwicklung, Serielle-Generierung, Simulation und Test von Steuergeräte-Software für alle Bereiche der Elektromobilität durch ausgereifte Funktionsentwicklungs- und Testsysteme. Egal ob für elektrische Motoren, Leistungselektronik, Batterien, elektrische Netze oder Ladeinfrastruktur – alles aus einer Hand. Vertrauen Sie der langjährigen Erfahrung und den Komplettlösungen von dSPACE.

Vorne sein – mit Entwicklungswerkzeugen von dSPACE.