

dSPACE MAGAZIN

1/2014

Manitowoc –
Geregelt kochen

Moog – Testflüge
im Labor

Continental – Elektrisch
fahren, clever parken







Das vorliegende Magazin zeigt anhand wunderschöner Beispiele wieder einmal die Vielseitigkeit der Einsatzfelder unserer Technologien. Es ist eben doch nicht alles automatisch bei dSPACE. Die Luft- und Raumfahrt ist beispielsweise ein Feld, das wir schon immer mitbedient haben. Sie finden dazu einen Artikel von Moog, dSPACE Kunde seit fast 20 Jahren. Schon eine Weile her sind unsere Berichte über einen Avionik-Komplett-Simulator für einen nun in Serie gehenden Business-Jet. Wir haben gerade einen Hardware-in-the-Loop-Simulator für ein missionskritisches Subsystem eines Militärtransporters ausgeliefert, das zertifiziert werden muss, bevor das Flugzeug kommissioniert werden kann. Seit Kurzem sind wir auch Mitglied eines geplanten Forschungsprojekts zur Verbesserung des System-Designs von Flugzeugen. Das sind alles aber noch „erwartbare“ Anwendungen.

Mich persönlich freut es immer besonders, wenn auch ab und an noch etwas „Exotisches“ dabei ist.

In diesem Magazin nun Hardware-in-the-Loop-Simulation für die Gastromietechnik. Warum auch nicht! Wenn die zu testenden Systeme komplex sind, ein hoher Testautomatisierungsgrad erforderlich ist oder Echtteile für die Tests nicht früh genug zur Verfügung stehen, dann ist Hardware-in-the-Loop eben immer das Richtige. Zwar ändern sich Modelle, Busprotokolle können Spezialitäten enthalten, aber Analog-, Digital- oder PWM-Signale unterscheiden sich ja kaum von denen anderer Anwendungsfelder.

Ein Bereich, in dem allerdings besondere Technologie und vor allem auch das richtige Know-how verlangt wird, ist die zunehmende Elektrifizierung. Mit elektrischen Antrieben und Motion Control beschäftigen wir uns seit Gründung des Unternehmens, aber heute werden besonders hohe Anforderungen gestellt. Dafür haben wir jahrelang immer wieder investiert, sowohl auf Seiten des Rapid Control Prototypings als auch bei der Simulation. Und das zahlt sich aus. Die Anzahl unserer

Projekte in diesen Bereichen nimmt laufend zu. Die Anwendung von Valeo auf Seite 22 ist ein weiteres Beispiel.

Auch in der Medizintechnik finden sich immer wieder überraschende Anwendungen. Wir hatten u.a. schon einen Geburtssimulator, Herzschrittmacher, Hörimplantate, Beatmungsgeräte und adaptive Blutpumpen. Da fehlte noch die Schädelaufbohrmaschine. Ist eben auch „nur“ Mechatronik – samt Signalverarbeitung und Algorithmen. Für Mechatronik sind wir da, und einer unserer ersten Kunden vor mehr als 20 Jahren war schließlich Hilti, ein weltberühmter Hersteller u.a. von Hochleistungs-Betonbohrgeräten.

Ich wünsche Ihnen ein gutes Jahr 2014 und dass von den letztgenannten medizinischen Anwendungen nichts bei Ihnen gebraucht wird!

Dr. Herbert Hanselmann
Geschäftsführer



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-magazin@dspace.de
www.dspace.com

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

Fachredaktion:
Thorsten Bödeker, Ralf Lieberwirth, Sonja Lillwitz,
Thomas Pöhlmann, Julia Reinbach, Dr. Gerhard Reiß

Redaktionelle Mitarbeit an dieser Ausgabe:
Dr. Ulrich Eisemann, Anne Geburzi, Dr. Hagen
Haupt, Doreen Krob, Holger Krumm, Mahendra
Muli, Dr. Rainer Otterbach, Andre Rolfmeier,
Dr. Nicolas Sängler

Lektorat und Übersetzung:
Robert Bevington, Stefanie Bock, Dr. Michelle
Kloppenburger, Christine Smith

Gestaltung:
Krall & Partner, Düsseldorf
Gestaltung und Layout:
Jens Rackow, Tanja Raeisi, Sabine Stephan

Druck:
Media-Print Group GmbH, Paderborn

© 2014 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
von Dr. Herbert Hanselmann,
Geschäftsführer

Kundenanwendungen

6 MANITOWOC
Simulation à la carte
Modellbasierte Entwicklung sorgt für mehr
Effizienz in der Gastronometechnik

14 MOOG
Elektronik startet durch
Echtzeittests von modernen Aktorsystemen
bei Moog

22 VALEO
Hochdynamisch testen
Echtzeitmodellierung einer permanent-
erregten elektrischen Maschine für die
funktionale Absicherung von Steuergeräte-
Anwendungen

26 RWTH AACHEN
smartCUT – Sicher im OP
Semiautomatisches Sägeinstrument für
Herz-, Brustkorb- und Kopfchirurgie

32 CONTINENTAL AUTOMOTIVE
Elektrisch parken
Eingriffsarme Integration einer X-by-Wire-
Regelung

36 HELMUT-SCHMIDT-UNIVERSITÄT/
UNIVERSITÄT DER BUNDESWEHR HAMBURG
Beruhigt schlafen
Aktive Schallreduktion in Wohn-
und Schlafräumen

40 MITSUBISHI
Stromer stürmt Gipfel
Das Elektro-Rennfahrzeug MiEV Evolution II
fährt mit Serientechnik zum Erfolg

Produkte

44 ASM / MODELEDESK / MOTIONDESK
Alles im Blick
Leistungsfähige Werkzeugkette für die Absiche-
rung von Fahrerassistenzsystemen

52 VIRTUELLE STEUERGERÄTE/SCALEXIO
**Virtuelle Steuergeräte
im Einsatz**
Neue Möglichkeiten für die Hardware-in-the-
Loop-Simulation

56 SYSTEMDESK
Umfassend integriert
Komfortable AUTOSAR-konforme Entwicklung
mit SystemDesk

60 TARGETLINK
Zeichen setzen
Neue Funktionen in TargetLink 3.5 verein-
fachen die Codegenerierung

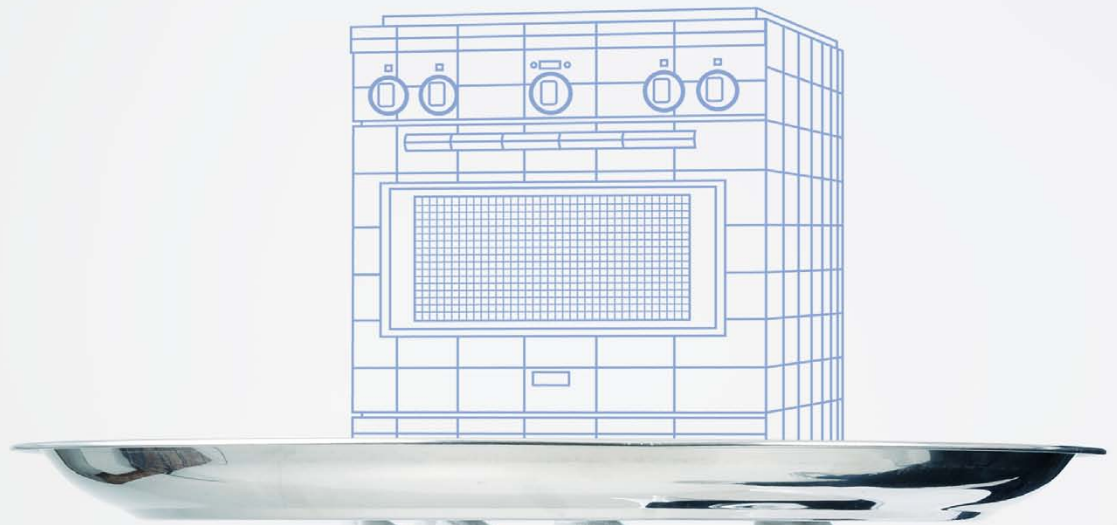
Business

64 KOMMENTAR ENTWICKLUNGSTREND
Nach vorne denken
Wege zu mehr Produktivität im Entwick-
lungsprozess

70 KURZ NOTIERT



PEFC zertifiziert
Das Papier dieses Magazins stammt
aus nachhaltig bewirtschafteten
Wäldern und kontrollierten Quellen.
www.pefc.de



Simulation à la carte

Modellbasierte Entwicklung sorgt für
mehr Effizienz in der Gastronomietechnik

Wer im Restaurant ein Menü bestellt, möchte eins: Es muss schmecken – wie erwartet! Um den Wunsch des Gastes zu erfüllen, müssen viele Faktoren exakt aufeinander abgestimmt sein. Das Equipment zur Lagerung, Zubereitung und Ausgabe der Speisen spielt dabei eine maßgebliche Rolle. Der Gastronomiegerätehersteller Manitowoc setzt auf modellbasierte Entwicklung und Hardware-in-the-Loop-Tests, um die hohe Qualität seiner Produkte zu gewährleisten.



Hohe Anforderungen an Gastronomietechnik

Zu den größten Herausforderungen für Hersteller von Gastronomietechnik, kurz Gastrotechnik, zählen kurze Entwicklungszyklen, eine schnelle Realisierung von Prototypen für die Konzeptprüfung durch die Kunden sowie sehr strenge Vorgaben hinsichtlich Lieferung und Zuverlässigkeit. Eine standardisierte und schnelle Lebensmittelzubereitung, das Perfektionieren des Kochvorgangs und das Standardisieren patentierter Rezepturen erfordern moderne Steuerungssoftware und eine anspruchsvolle Prozesssteuerung, z.B. die exakte Ausführung zeitgesteuerter Ereignisse und Zustände. Die Vorgaben für den Bratvorgang einer bestimmten Fleischsorte beinhalten beispielsweise genaue Zeit- und Temperaturangaben für die unterschiedlichen Phasen des Bratprozesses und einer eventuellen Warmhaltephase. Wie in allen Industriezweigen



Typische Anwendungsfelder von Manitowoc-Produkten: Kochen, Kühlen, Ausgeben, Eis-Herstellen



Beispiel für ein Touch Panel zur Bedienung eines Ofens von Merrychef, einer Marke von Manitowoc.

gehören auch in der Gastrotechnik Präzision, Energieeffizienz und Ausfallsicherheit zu den wichtigsten Anforderungen, die es zu erfüllen gilt.

Hightech-Produktportfolio

Manitowoc ist einer der führenden Hersteller und Anbieter professioneller Gastrotechnik. Die Produktpalette deckt u.a. die Bereiche Koch- und Kühlgeräte, Lebensmittelzubereitung sowie Getränketechnik ab. Um die Leistungsfähigkeit und Qualität seines Produktportfolios weiter auszubauen, setzt Manitowoc auf elek-

tronische Steuerungen samt umfangreicher Steuerungssoftware. Eine leichte und reibungslose Bedienbarkeit der Systeme ist hierbei ein entscheidender Erfolgsfaktor beim alltäglichen Einsatz in der Gastronomie.

Breites Spektrum elektrischer Komponenten

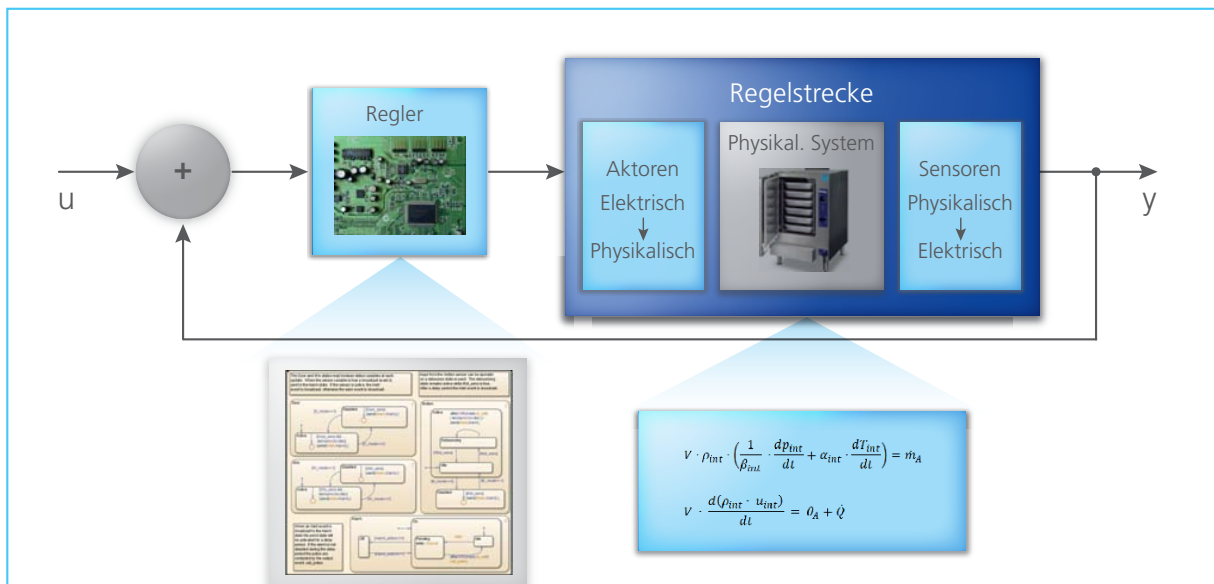
In den Geräten der Gastrotechnik kommt eine Vielfalt elektrischer Bauelemente zum Einsatz, u.a. verschiedenste Sensoren und Schnittstellen mit Touch Panels, AC-Relais und Spulenansteuerungen, Motoren und Schaltern. Sie alle kommu-

nizieren mehr oder weniger direkt mit anspruchsvollen, eingebetteten elektronischen Steuerungen. Letztendlich ergibt sich ein komplexes Elektrik/Elektronik (E/E)-System, dessen Funktion abzusichern ist.

Herausforderung Software-Qualität

In der Gastrotechnik wird Software insbesondere für Steuergeräte und Benutzeroberflächen benötigt, mit denen die Abläufe im Inneren der Geräte gesteuert werden, z.B. bei der Heizung oder den Ventilen. Tritt beim Benutzeroberflächen-

Prinzip der Hardware-in-the-Loop (HiL)-Simulation: Die Regelstrecke wird durch mathematische Modelle nachgebildet. Aktoren und Sensoren werden ebenfalls virtuell ersetzt.





Getränkespender, Frittierstation Frymaster Cobra und Convotherm Oven-P4: Diese Produkte werden mit HIL-Regressionstests getestet.

Modul ein Problem oder ein Fehler auf, so bemerkt dies im ungünstigsten Fall der Gast im Restaurant in Form eines getrüben Geschmackserlebnisses. Daher gelten für das Benutzeroberflächen-Modul besonders hohe Qualitätsansprüche. Es bedeutet für Manitowoc eine enorme Herausforderung, die Software-Qualität über ein breites Produktportfolio gleichbleibend hoch zu halten. Um dies zu erreichen, ist der Erfahrungsschatz anderer Industriezweige wie der Automobil- und Nutzfahrzeugbranche äußerst hilfreich, denn die Herausforderungen dort sind ähnlich. In der Gastrotechnik bedarf es ebenfalls geeigneter Methoden und Prozesse sowie einer Werkzeugkette, die den Software-Entwicklungsprozess effizient gestaltet.

Modellbasierte Entwicklungsmethodik

Für die Entwicklung und funktionale Absicherung der immer komplexer werdenden Gastrotechnik reichen

die bisherigen manuellen Verfahren nicht mehr aus. Hier leistet Manitowoc Pionierarbeit und setzt als erster Hersteller im Bereich der Gastrotechnik das modellbasierte Testen ein. Ziel ist es, die Art und Weise der Produktentwicklung neu zu definieren, um zukünftigen Produkten einen spürbaren Wettbewerbsvorteil zu sichern. Mit dieser Vorgabe wandte sich Manitowoc an dSPACE. Das Ergebnis ist eine Entwicklungspartnerschaft zur Einführung der modellbasierten Entwicklung. Hierfür wurden die folgenden Anforderungen definiert:

- Entwickeln generischer Modelle für das breite Produktportfolio von Manitowoc
- Wiederverwenden des Testsystems über alle strategischen Reglerplattformen hinweg
- Entwickeln generischer Testfälle und Harmonisieren unserer Werkzeugkette über alle Unternehmensbereiche

- Simulieren des physikalischen Lastverhaltens sowie von Tests für Regler, die sich noch in der Entwicklung befinden
- Entwickeln von Stresstestfällen zur Simulation der Fehler, die im Feldtest gefunden wurden, und Validieren der Diagnosecodes

Entscheidung für die HIL-Simulation

Beim Abgleich der Anforderungen von Manitowoc mit dem Leistungsangebot von dSPACE wurde deutlich, dass Hardware-in-the-Loop (HIL)-Systeme von dSPACE grundsätzlich eine wichtige Rolle zur Erfüllung der Qualitätsansprüche von Manitowoc spielen können. Mit der HIL-Simulation gelingt es erstmals, die reale Umgebung virtuell darzustellen. Dies eröffnet die Möglichkeit, wichtige Tests der elektronischen Steuerungen bereits in sehr frühen Software-Entwicklungsphasen durchzuführen, wenn die zugehörige Hardware – beispiels-



„Für den Umstieg auf die modellbasierte Entwicklung brauchten wir eine Hardware-Testplattform, die auch zukünftige Erweiterungen unterstützt. dSPACE bot uns die perfekten, konfigurierbaren und erweiterbaren Plattformen für die Integration all unserer Anforderungen.“

*Pedro Zayas, Senior Engineer,
verantwortlich für Hardware-in-the-Loop-Tests und
Rapid Control Prototyping bei Manitowoc Food Service.*



„Das Testen von Gastronomietechnik erfordert Systeme wie den dSPACE HIL-Simulator, da er im Umgang mit unterschiedlichen Signalarten und Kommunikationsprotokollen hochgradig flexibel ist.“

Jake Blake, System Engineer, verantwortlich für Hardware-in-the-Loop-Tests und Automatisierung bei Manitowoc Food Service.

weise die Heizung – für die Entwickler noch nicht zur Verfügung steht. Als Folge lässt sich prognostizieren, dass die entwickelten Geräte im Alltagseinsatz seltener ausfallen, d.h., ihre Zuverlässigkeit steigt und damit auch die Zufriedenheit der Kunden. Die Entscheidung fiel daher auf einen dSPACE Simulator. Entwicklungsmethodisch bietet er die idealen Voraussetzungen, um eine grundsätzlich modellbasierte Vorgehens-

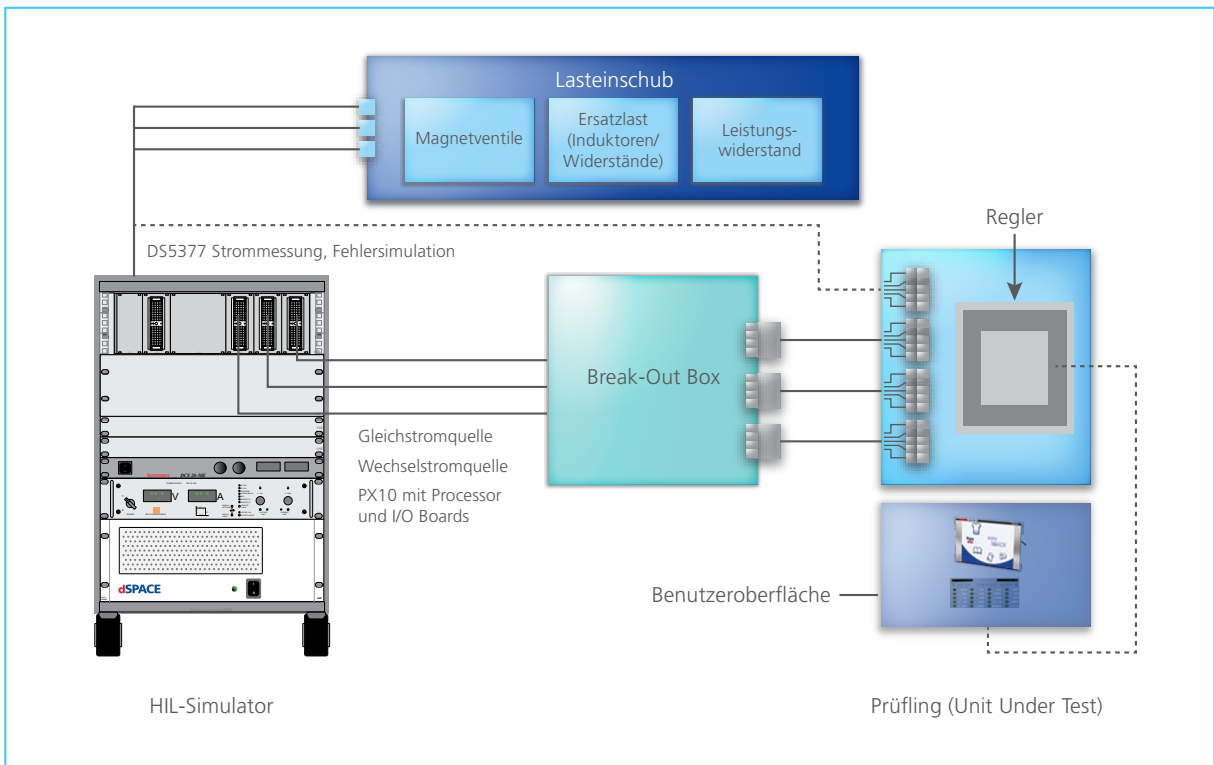
weise bei allen Entwicklungsthemen zu etablieren. Das System wurde erstmalig im Rahmen eines Ofen-/Fritteusen-Projekts und eines Getränkependers eingesetzt.

Konzeption des HIL-Testsystems

Manitowoc benötigte für die Hardware-Tests ein flexibles HIL-System, das die unterschiedlichen I/O- und Last-Anforderungen der gesamten Produktpalette erfüllt – von Öfen über

Grills, Fritteusen und Küchenmaschinen bis hin zu Getränkenspender und Kühlsystemen. Für den resultierenden Mix aus verschiedensten I/O-Signalen bot das vielseitige Produktportfolio von dSPACE mit seinen unterschiedlichen I/O- und Schnittstellenkarten hervorragend geeignete Lösungen. Des Weiteren sollte Manitowocs intern entwickelte Testautomatisierungsplattform weiterhin als zentrale Instanz für den automatisierten Pro-

Konzeption des Testplatzes: HIL-Simulator (links), Break-Out Box (Mitte) und das zu testende Steuergerät samt Bedienoberfläche (Unit Under Test, UUT) (rechts). Die Ersatzlasten für die Leistungstests sind extern in einem Lastgehäuse integriert.





dukttest dienen. Hierzu bot dSPACE mit einer Simulator-API eine generische Architektur, dank der sich der HIL-Simulator nahtlos in die intern entwickelte Testautomatisierungsplattform integrieren ließ. Die aufgrund Manitowocs globaler Firmenstruktur weltweit verteilt arbeitenden Testentwickler haben nun die Möglichkeit, zum Testen unterschiedlicher Produkte auf die generische dSPACE Prüfstandarchitektur zuzugreifen.

Das gesamte Testsystem ist in einem fahrbaren Rack untergebracht. Die zu testenden Regler werden über eine Break-Out-Box angeschlossen. Um gegebenenfalls Leistungsendstufen in die Tests einzubeziehen, stehen Ersatzlasten zur Verfügung.

Inbetriebnahme und Einsatz des Simulators

Der HIL-Simulator ließ sich während seiner Inbetriebnahme im Entwicklungslabor vollständig in die bestehende Testautomatisierungsplatt-

form integrieren. Das System wirkte dabei sehr ausgereift und bietet komfortable Bedienmöglichkeiten. Grundsätzlich erfüllt der Simulator alle Anforderungen, um Tests systematisch aufzusetzen, Fehler gezielt zu analysieren und deren erfolgreiche Behebung per Regression zu verifizieren.

In drei Entwicklungsprojekten wurden mittlerweile praktische Erfahrungen gesammelt, die einen Vergleich mit den bisherigen Testmethoden zulassen.

Die Ergebnisse übertrafen die Erwartungen: Während sich die Testzeit um 80% reduzierte, stieg die Testabdeckung um ein Vielfaches. Dabei wird der Simulator noch längst nicht in vollem Umfang genutzt. Für viele Verbesserungen sorgen Werkzeuge wie der Stimulus Editor und die Failure Insertion Unit (FIU).

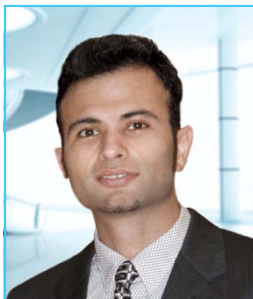
Vorteile im Testbetrieb

Beim Erstellen und Ausführen von Testfällen ergeben sich für die Tester

folgende entscheidende Vorteile gegenüber der bisherigen manuellen Vorgehensweise:

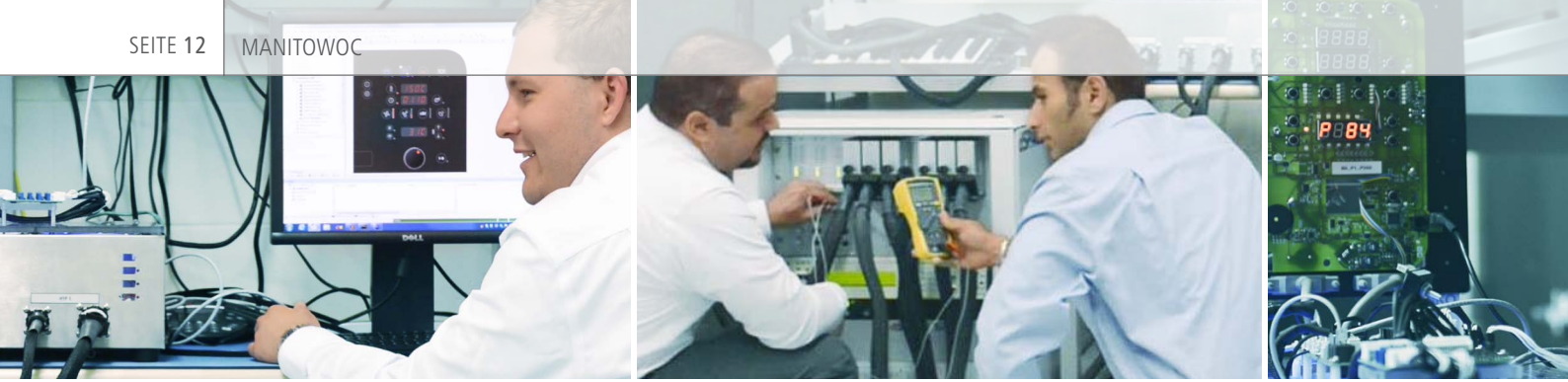
- **Zeitersparnis:** Im Vergleich zu früher lassen sich Tests nun in einem Bruchteil der Zeit ausführen, was der Forderung nach kurzen Produktentwicklungszyklen entgegenkommt.
- **Zeitsynchrones Testen:** Zeitkritische Tests sind leicht implementierbar und komfortabel überwachbar.
- **Einfache Regressionstests:** Die wiederholte Ausführung von Testläufen und Software-Updates gestaltet sich schnell und kostensparend.

Diese Vorteile versetzen die Entwickler in die komfortable Lage, umfassender und zielgerichteter testen zu können. Und weil hierfür nur noch ein Bruchteil der Zeit nötig ist, eröffnen sich völlig neue Möglichkeiten für das Erweitern der Testumfänge



„Mit dieser bahnbrechenden Technologie haben unsere Zuverlässigkeitstests dasselbe Qualitätsniveau wie die der Automobil- und Luftfahrtindustrie. Die modellbasierte Entwicklung läutet ein neues Zeitalter für die Lebensmittelindustrie ein. Die Einführung von modellbasierten Entwurfswerkzeugen und kurzen Entwicklungszyklen war nur mit einem engagierten Partner wie dSPACE möglich.“

Vikram Verma, Manitowoc



Von links nach rechts: System Engineer Jake Blake konfiguriert mit dSPACE ControlDesk den Convotherm-HIL-Prüfstand. Pedro Zayas und Vikram Verma prüfen Signale am Convotherm-HIL-Prüfstand. Monitoring der Signale der Ofen-Steuerung mit ControlDesk. Jake Blake, Pedro Zayas, Vikram Verma, Paul Touchette. (Von links)



„Mit der dSPACE Werkzeugkette konnten wir durch modellbasierte Entwicklung und Hardware-in-the-Loop-Simulation unsere strategischen Visionen für elektronische Regelsysteme verwirklichen.“

Paul Touchette, Director of Engineering, Center of Advanced Electronic Control bei Maniowoc Food Services

sowie den Ausbau der Testarchitektur und der Prozesse.

Ergebnisse und Fazit

Mittlerweile liegen konsolidierte Erfahrungen und Erkenntnisse der drei abgeschlossenen Entwicklungsprojekte vor, die mittels modellbasierter Entwicklung und HIL-Test durchgeführt wurden. Außerdem haben die Geräte den Bewährungstest beim Alltagseinsatz in Gastronomiebetrie-

ben absolviert. Daraus lässt sich folgendes Resümee ziehen:

Größerer Wettbewerbsvorteil und höhere Zuverlässigkeit:

Mit dem HIL-System konnte Maniowoc die elektronischen Steuereinheiten sehr viel schneller testen als mit jedem manuellen Test zuvor und gleichzeitig sogar die Testabdeckung verbessern. Auf diese Weise gelang es, die Markteinführungszeiten zu

verkürzen und die „Pannenstatistik“ beim Alltagseinsatz in der Gastronomie noch weiter zu optimieren.

Kosteneinsparungen:

Anstatt aufwendiger, produktspezifischer Tests erstellt das Testteam mit der dSPACE Hardware nun adaptive Plattformen, die für so viele unterschiedliche Maniowoc-Produkte wie möglich eingesetzt werden. Die effizienten und schnell-

Unternehmensgruppe Maniowoc

Maniowoc wurde 1902 in der Binnensee-Küstenstadt Maniowoc (Michigansee) im US-Staat Wisconsin als Schiffbau- und Schiffreparaturunternehmen gegründet. Seither ist das Unternehmen gewachsen und hat sich diversifiziert. Mitte der 1920er Jahre stieg es in die Gittermastkranbranche ein und erschloss Ende der 40er Jahre den Bereich gewerbliche Kühlgeräte.

Heute besteht das Unternehmen aus zwei Segmenten – Kräne und

Gastronomiegeräte. Maniowoc ist einer der weltweit größten Hersteller von gewerblichen Gastronomiegeräten zur Kühlung und warmen Zubereitung von Speisen, Getränkespendern, Essensausgabe sowie Geräten zur Lagerung und Verarbeitung von Lebensmitteln. Das Unternehmen wurde bereits mehrfach für die Qualität und Energieeffizienz seiner Produkte ausgezeichnet. Zur Unternehmensgruppe gehören folgende Marken: Cleveland Range, Convotherm,

Dean, Delfield, Frymaster, Garland Commercial Ranges, Lincoln Impingers, Merco, Merrychef, Moorwood Vulcan, Delfield, Harford, Kolpak, Kysor Panel Systems, Maniowoc Ice, Maniowoc Beverage Systems, McCall.

Maniowoc
BUILD SOMETHING REAL



len Tests halbierten die Testkosten. Außerdem reduzieren die HIL-Systeme die Garantiekosten immens, da die Geräte im alltäglichen Einsatz deutlich seltener ausfallen.

Pionierrolle:

Beim Einsatz von HIL-Systemen in der Entwicklung von Gastronomietechnik nimmt Manitowoc eine Vorreiterrolle ein. Die HIL-Systeme sind ausbaufähig und können zur Erweiterung des Funktionsumfangs auch mit Hardware-Komponenten anderer Zulieferer zusammenarbeiten. Das eröffnet völlig neue Möglichkeiten.

Synergieeffekte:

Auf unterster Entwicklungsebene können die automatisierten Regressionstests nicht nur für die Gastronomietechnik, sondern auch in Manitowocs zweitem Geschäftsfeld,

der Entwicklung von Kränen, eingesetzt werden. Dies ist eine perfekte Ausgangssituation für Synergieeffekte in Manitowocs Forschungs- und Entwicklungsprozessen. ■

*Vikram Verma,
Manitowoc*



*Video:
Manitowoc-Produkte im Einsatz
in Münchens Hofbräuhaus
[http://www.youtube.com/
watch?v=9K1c73qaN4g](http://www.youtube.com/watch?v=9K1c73qaN4g)*

Zusammenfassung

Die Unternehmen der Gastronomietechnik setzen vermehrt auf eingebettete Steuerungscomputer und grafische Benutzerschnittstellen mit vielfältigen Wahlmöglichkeiten. Dafür entwickeln sie umfangreiche Software. Für mehr Effizienz in der Entwicklung und beim Testen setzt das international agierende US-Unternehmen Manitowoc auf die modellbasierte Entwicklung und die Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulation. Zusammen mit dSPACE wurde eine vollständig modellbasierte Vorgehensweise bei der Entwicklung von Gastronomietechnik erarbeitet. Neue Prozesse und Werkzeugketten steigern Effizienz und Software-Qualität. Insbesondere beim Testen führen die frühen Tests (Frontloading) und die gesteigerte Testtiefe zu signifikanten Verbesserungen gegenüber den bisherigen manuellen Methoden. Mit dem eingesetzten dSPACE Simulator reduziert Manitowoc Markteinführungszeiten und verbessert die Zuverlässigkeit seiner Geräte im Alltagseinsatz.



Vikram Verma

Vikram Verma ist Engineering Manager und Lead Architect für HIL-Testing, Rapid Control Prototyping und modellbasierten Entwurf bei Manitowoc, New Port Richey, Florida, USA.



Elektronik startet durch

Echtzeittests von modernen Aktorsystemen
bei Moog



Im Luftfahrtbereich geht der Trend bei modernen Aktoranwendungen weg von hydraulischen Aktoren, hin zu elektrischen. Diese Entwicklung bringt komplexe Elektronik und eingebettete Software in einen Industriezweig, der in der Vergangenheit naturgemäß auf mechanische Systeme ausgerichtet war. Durch diese Veränderung benötigen die Entwickler heute effektivere Teststrategien, um Zuverlässigkeit, Leistung und Sicherheit der Systeme zu gewährleisten. Daher spielen Echtzeittests eine wichtige Rolle bei der Entwicklung komplexer, moderner Aktorsysteme.



Moog setzt dSPACE Echtzeittestsysteme in einer Vielzahl von Anwendungen ein: von der Regelelektronik für herkömmliche Hydraulikaktoren bis hin zu Echtzeitsimulatoren für die Qualifizierung sicherheitskritischer Flug-Software in redundanten elektrischen Aktorsystemen.

Moog ist seit 60 Jahren einer der Hauptzulieferer der Luftfahrtindustrie und hat sich vom Hersteller anspruchsvoller Technologiekomponenten hin zu einem führenden Anbieter integrierter Aktorsysteme in Flugsteuerungen entwickelt. Die Flugsteuerungssysteme und speziellen Steuerkomponenten von Moog haben ihre Zuverlässigkeit in Flugzeugen auf der ganzen Welt unter Beweis gestellt. Die Moog Aircraft Group bietet eine Vielzahl integrierter Flugsteuerungssysteme wie Primär- und Sekundärflugsteuerungen, Hochauftriebssysteme und Landeklappenantriebe (Auftriebshilfe) bis hin zu sicherheitskritischen Steuerungen, beispielsweise für die Triebwerkssteuerung, aktive Schwingungskontrolle, Wafenschächte sowie Navigations- und Leitsysteme. Moog liefert sowohl integrierte Systemlösungen als auch Einzelkomponenten. Das Moog Entwicklungsspektrum umfasst zudem sicherheitsrelevante Produkte zur Steuerung wie Flugsteuerungscom-

puter und -Software, Cockpitbedienelemente, Ansteuer Elektronik und elektrische Antriebe, Aktoren, Sensoren und zugehörige Komponenten. Die Palette der sicherheitskritischen Produkte für den Flugzeugbetrieb wird immer breiter. Um mit dieser Entwicklung Schritt halten zu können, ist eine moderne Entwicklungsumgebung notwendig, die den hohen Anforderungen an Entwurf und Test Rechnung trägt.

Entwicklung von Flugsteuerungs- und Aktorsystemen

Flugsteuerungssysteme sind für den Betrieb moderner Hochleistungsflugzeuge entscheidend. Schon mit dem ersten bemannten Flug kam diesen Systemen besondere Aufmerksamkeit zu. Die frühen Flugzeuge hatten rein mechanische Steuerelemente, mit denen der Pilot die Steuerflächen nur durch Muskelkraft bediente. Mit der Weiterentwicklung der Flugzeuge wuchs jedoch der Kraftaufwand zum Bewegen der Steuerflächen, so dass der Pilot eine hydraulische Unterstützung benötigte. Mit der Zeit entwickelten sich daraus vollständig hydraulische Systeme zur Bewegung der Steuerflächen. Diese Aktorsysteme positionieren die Steuerflächen als Reaktion auf mechanische Eingaben des Piloten.



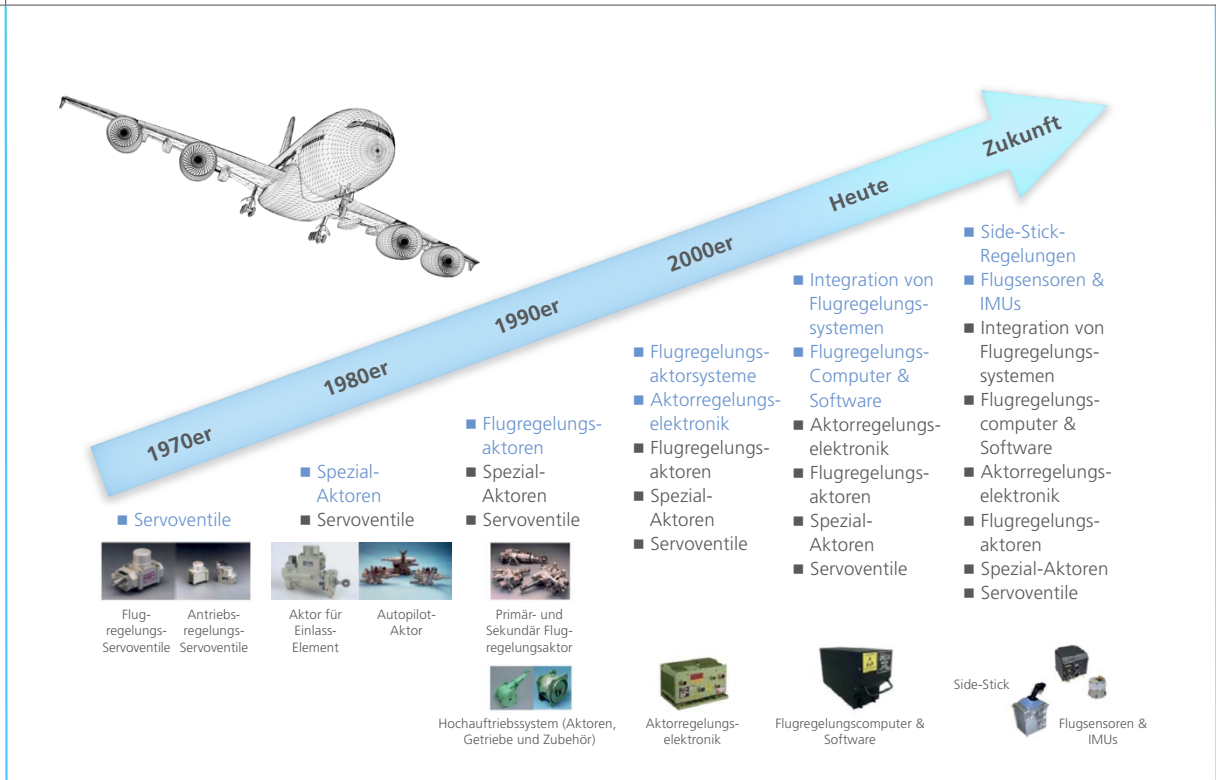


Abbildung 1: Moog wandelte sich vom Komponentenanbieter zum Zulieferer für integrierte Systeme.

Ein großer Fortschritt durch mechanisch-hydraulische Systeme war die Einführung von Fly-by-Wire-Aktorsystemen. Bei diesen Systemen werden die Steuerbefehle des Piloten nicht direkt an die Flugsteuerung übertragen, sondern an den Flugsteuerungscomputer, der die Hydraulikaktoren mit Hilfe elektrischer Signale steuert. Diese bedeutende Weiterentwicklung und die Art der Aktorik findet man heute noch in vielen modernen Flugzeugen. Den nächsten großen Schritt in der Entwicklung von Aktorsystemen markiert der Übergang zur Power-by-Wire-Technologie. Power-by-Wire-Systeme werden rein elektrisch gesteuert und betrieben. Die Steuerbefehle des Piloten werden vom Flugsteuerungscomputer empfangen, der den elektrisch betriebenen Aktor steuert. Die Befehlssignale an das Aktorsystem werden direkt als elektrische Signale oder als Kommunikationsbotschaften über Kommunikationsbusse wie ARINC 429, MIL-STD-1553, IEEE 1394B gesendet. Der Stellantrieb positioniert den Aktor als Reaktion auf die Befehle des Flugsteuerungscomputers. Neben der oben beschriebenen Entwick-

„Moog nutzt dSPACE Systeme auf vielfältige Weise: von der Regelelektronik für herkömmliche Hydraulikaktoren bis hin zu Echtzeitsimulatoren bei sicherheitskritischer Flug-Software.“

David Cook, Moog

lung hatten zwei weitere wichtige Änderungen auf technischer und wirtschaftlicher Ebene großen Einfluss auf die Aktorsysteme. Zum einen tendierte die Luftfahrtindustrie dazu, integrierte Aktorsysteme, bestehend aus Reglern und Aktoren, von nur einem Zulieferer zu beziehen. Das führte dazu, dass die Verantwortung für die Integration beim Zulieferer lag. Als Folge davon mussten Zulieferer sich vom reinen Komponentenanbieter hin zum Hauptsystemzulieferer mit einem hohen Maß an Systemengineering-Expertise weiterentwickeln. Zum anderen geht der Trend in Richtung verteilte Systeme, bei denen der Stellantrieb direkt auf den Aktoren angebracht ist. Die Folgen dieses Trends sind ein höherer Anteil an Elektronik und Software in traditionell rein mechanischen Produkten. Diese Veränderungen führten zu-

sammen mit Fortschritten in der Aktortechnologie zu Produkten wie elektromechanischen Aktoren (EMA), elektrohydrostatischen Aktoren (EHA), hydraulischen Aktoren mit elektrischem Backup (EBHA) und hydraulischen Aktoren mit integrierter Steuerelektronik. Durch den Einsatz elektrischer Aktoren in drucklosen Flugzeugschächten mussten sich die Aktorzulieferer das Know-how für den Einsatz von elektronischen Hochleistungssteuerungen in großen Höhen aneignen. Durch diese Entwicklungen wurden Systeme und Komponenten immer komplexer und erforderten anspruchsvolle Entwicklungsprozesse und Testmöglichkeiten.

Entwicklungsprozess für moderne Aktorsysteme

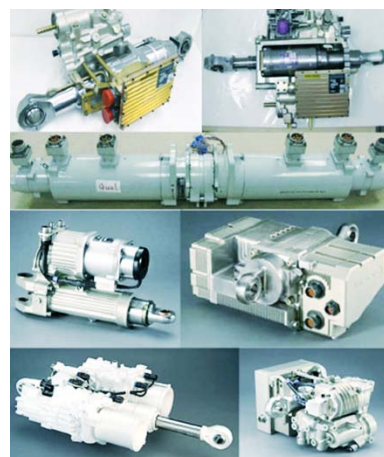
Wie bereits erwähnt, brachte die Entwicklung von Aktoren hin zu voll-

ständigen Systemen zusätzliche Herausforderungen für den Entwicklungsprozess mit sich. Insbesondere galt das für die Bereiche Anforderungsmanagement, Systemanalyse und -entwurf, Systemintegration sowie Systemverifikation und -validierung. Nachfolgend sind einige der Herausforderungen bei der Entwicklung von Aktorsystemen beschrieben:

Mit steigender Systemkomplexität werden ein sorgfältiges Anforderungsmanagement und eine klare Nachverfolgbarkeit immer wichtiger. Für den Prozess ist es entscheidend, die Anforderungen auf Spezifikationen für bestimmte Komponenten herunterzubrechen (Flowdown) und die Anforderungen einzelnen Entwicklungsteams zuzuweisen (Allocation). Anforderungszuweisung und Flowdown sind essentiell, um sicherzustellen, dass die Systemkomponenten alle notwendigen Funktionen besitzen, die zur Erfüllung der Anforderungen des integrierten Systems notwendig sind. Zudem spielt die Nachverfolgbarkeit der Anforderungen eine große Rolle, um zu gewährleisten, dass alle System- und Komponentenanforderungen korrekt verifiziert sind.

Je komplexer das System, desto schwieriger werden Systemanalyse und -entwurf. Der effektive Systementwurf ist wichtig, um das zuverlässige Funktionieren der Systemkomponenten sicherzustellen. Dazu sind oftmals Systemüberwachungen zur Fehlererkennung, eingebaute Tests (Built-in Tests, BIT) zur Bestimmung der Systemgesundheit und Logiken für den Betrieb redundanter Systemelemente erforderlich. Im Entwurfs- und Analyseprozess ist stets darauf zu achten, dass der Fokus auf dem Optimieren des Systems liegt und nicht auf dem Optimieren einzelner Systemkomponenten.

Mit steigender Systemkomplexität ist zusätzlicher Aufwand notwendig, um sicherzustellen, dass die Komponenten auch nach der Integration im Gesamtsystem korrekt arbeiten. Bei der Systemintegration wird definiert und getestet, wie die Systemkomponenten in das Aktorsystem integriert werden und letzteres in andere Flugzeugsysteme integriert wird. Die Hardware- und Software-Komponenten müssen interagieren, um die notwendigen Systemfunktionen auszuführen, ohne die Sicherheit des Systems zu gefährden. Die Systemintegration beinhaltet das Verwalten



Aktoren mit Fernsteuerungselektronik

Rotations-Primär-EMA

Linear-Primär-EMAs

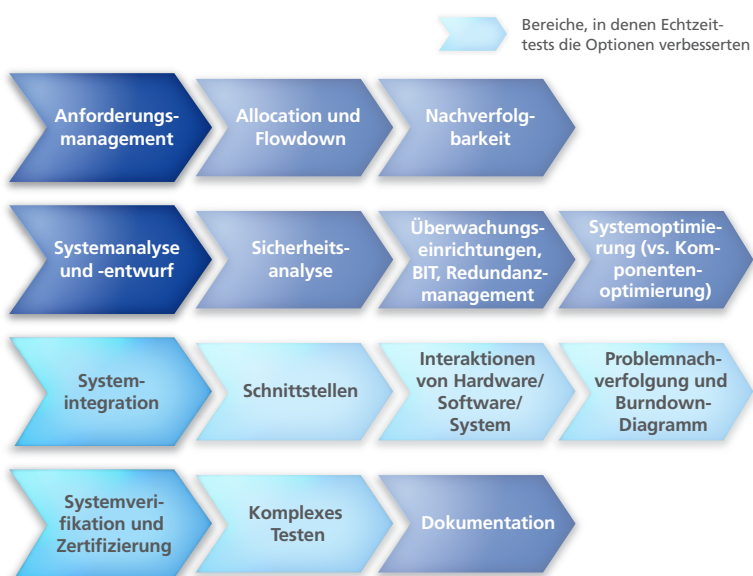
EHAs und EBHAs

Abbildung 3: Verschiedene Flugzeug-Aktor-Systeme

von Systeminteraktionen bereits während des Entwurfsprozesses und gipfelt in der Integration des Aktorsystems im Labor. Obwohl ohne die Systemintegration kein betriebsfähiges System entstehen kann, müssen trotzdem Tests durchgeführt werden, um sicherzustellen, dass das System kein unerwünschtes oder unsicheres Verhalten zeigt. Wenn Probleme am System gefunden werden, müssen diese analysiert, nachverfolgt und gelöst werden, damit das System sicher betrieben werden kann und die Systemanforderungen erfüllt werden können.

Sobald ein System montiert und integriert ist, folgt das Verifizieren, um zu gewährleisten, dass das System die gestellten Anforderungen erfüllt. Bei manchen Projekten sind Zertifizierungsschritte für weitere FAA- oder EASA-Typ-Zertifizierungen des Flugzeugs notwendig. Für eine Zertifizierung muss Software die DO-178 und komplexe Elektronik-Hardware die DO-254 einhalten. Aktorsystem-Projekte erfordern stets umfassende Testläufe, um die Leistungsfähigkeit und Sicherheit des Systems in der späteren Betriebsumgebung zu verifizieren. Mit steigender Systemkomplexität wird auch das Testen immer anspruchsvoller. Das Testen auf Komponentenebene reicht nicht aus,

Abbildung 2: Herausforderungen bei der Entwicklung von Aktorsystemen





„Moog setzt dSPACE Echtzeittestsysteme bereits seit 1991 ein, unter anderem für Entwicklungen bei Verkehrsflugzeugen, Business Jets und unbemannten Luftfahrzeugen.“

David Cook, Moog

um die Systemanforderungen zu verifizieren. Komplexe Forschungseinrichtungen sind für den Systemstimulus notwendig und dafür, die Systemreaktionen für die Verifizierung des Systemverhaltens zu messen. Der gesamte Verifikations- und Zertifizierungsprozess erfordert eine exakte Dokumentation, um sicherzustellen, dass das richtige System auf die richtige Art und Weise und auf die richtigen Anforderungen hin getestet wird.

Aufgaben und Vorteile von Echtzeittests

Von den genannten Herausforderungen bieten die Systemintegration und die Systemverifikation das größte Potential, um vom Einsatz automatisierter Echtzeittestsysteme zu profitieren. Daher verwendet Moog diese Systeme für eine Vielzahl von Aufga-

ben während des gesamten Entwicklungsprozesses. In der nachfolgenden Tabelle finden sich Beispiele für Anwendungen mit Echtzeitsystemen: Modellbasierte Echtzeitsimulationssysteme haben dazu beigetragen, die Flexibilität von Moog-Testsystemen zu erhöhen. Moog setzt Echtzeittestsysteme ein, um Controller beim Testen von Aktoren zu emulieren, um Aktoren beim Testen von Regelsoftware zu emulieren und um integrierte Systeme durch Emulieren der Systemeingänge und Messen der Systemantworten zu testen. Zudem können komplexe Testsequenzen durch automatisiertes Testen wiederholt und deterministisch ausgeführt werden. Dadurch ist es möglich, in kürzester Zeit Regressionstests für modifizierte Systeme und Varianten durchzuführen. Die Automatisierung und die deterministischen Echtzeitsysteme ermöglichen es

außerdem, anspruchsvolle Testbedingungen im Labor zu schaffen. Insbesondere erlaubt dieses Vorgehen vollständige und gründliche FMET (Failure Mode and Effects Testing)-Tests. So ist durch die Simulation von Aktorfehlern das Testen von aktorspezifischen Fehlererkennungsalgorithmen ohne kostspielige Testhardware möglich. Diese Möglichkeiten führen zu einer weitreichenden Verbesserung der Testmöglichkeiten und zu beträchtlichen Kosteneinsparungen. Moog nutzt die Vorteile der dSPACE Echtzeittestsysteme bereits seit 1991. Zunächst wurden dSPACE Testsysteme für die Aktoren eines Verkehrsflugzeuges eingesetzt. Anschließend verbreiterte sich das Einsatzspektrum der dSPACE Echtzeitsysteme auf unterschiedlichste Projekte und für eine Vielzahl von Aufgaben. Derzeit verfügt Moog über 20-30 Testsysteme,

Testaufgabe	Anwendung	Beispiel
Emulation der Aktor-Regelung	<ul style="list-style-type: none"> Abnahmeprüfung von Aktoren Qualifizierungs-/Eignungstest von Aktoren 	<ul style="list-style-type: none"> Emulation der Regelalgorithmen des FCC (Flight Control Computers) für die Abnahme- und Qualifizierungstests von Aktoren
Regelung des Testsystems	<ul style="list-style-type: none"> Verschiedene Arten von Tests 	<ul style="list-style-type: none"> Regelung eines dynamischen Lastsystems für Aktor- oder Systemtests
Reglerprototyping	<ul style="list-style-type: none"> Überprüfen der Komponenten-Entwicklung Überprüfen der Aktoren-Entwicklung 	<ul style="list-style-type: none"> Bereitstellung von Regelkreisen für Ventiltests Regler-Prototyping während der Forschung und Entwicklung von Aktoren
Aktorsimulation	<ul style="list-style-type: none"> Überprüfen der Komponenten-Entwicklung Software/Systemintegrations- und Verifizierungstests 	<ul style="list-style-type: none"> Aktorsimulation für Komponententests (EHA Pumpen) Simulation von mechanischen oder elektrischen Elementen für System- oder Softwaretests
Simulation externer Systeme	<ul style="list-style-type: none"> System/Softwareintegrations- und Verifizierungstests 	<ul style="list-style-type: none"> Simulation des FCC (Flight Control Computers) für Integrations- und Verifizierungstests

Abbildung 4: Aufgaben und Vorteile von Echtzeittests



Abbildung 5: Flugzeuge mit Moog-Aktorsystemen, die mit dSPACE getestet wurden.

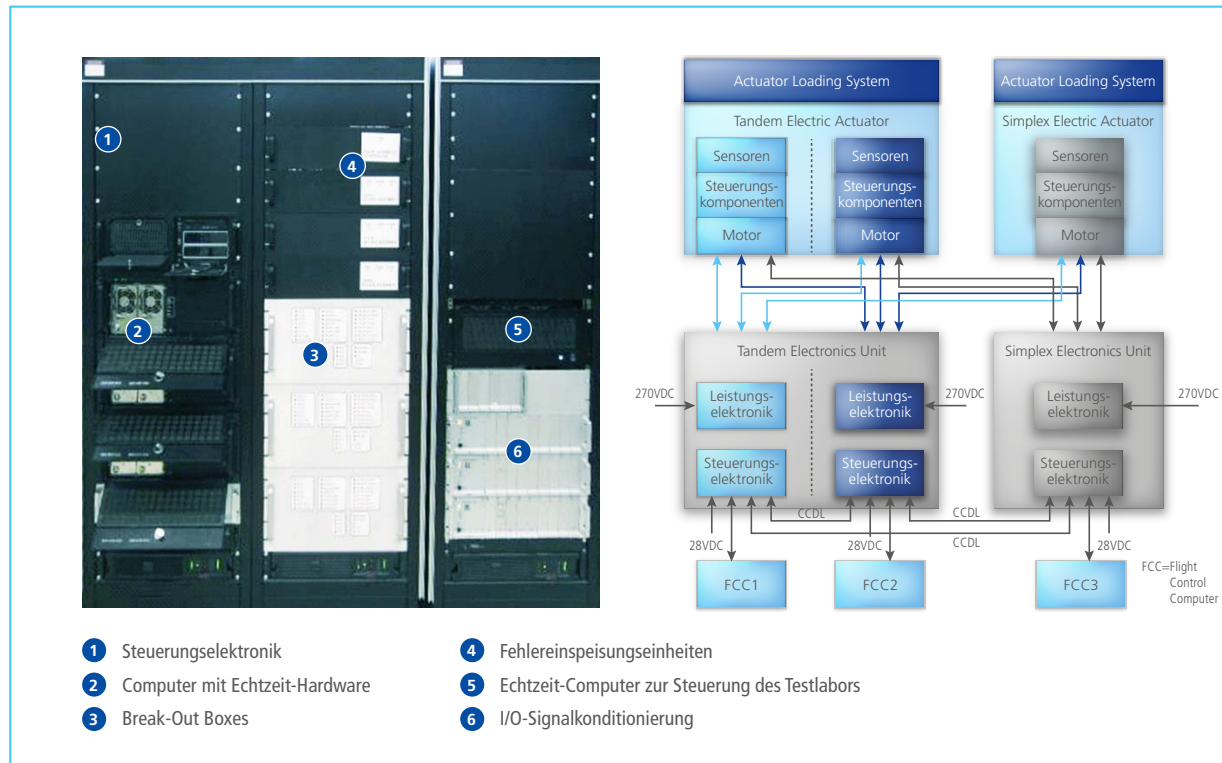


Abbildung 6: System-Software-Workstation für elektrische Aktorsysteme (links). Einsatz der Workstation für den Test eines dreifach redundanten, elektrischen Aktorsystems (rechts).

die auch für neue Anwendungen eingesetzt werden. dSPACE Echtzeittestsysteme kommen für Flugzeugprogramme wie V-22, F-117, B-2, X-35, F-35, A400M, KC-46, 787, A350 und auch für andere unbemannte Luftfahrzeuge, Business Jets und Verkehrsflugzeuge zum Einsatz.

Anwendungsbeispiele:

Im Folgenden finden sich drei Beispiele für Anwendungen, bei denen Moog dSPACE-basierte Echtzeittestsysteme für die Entwicklung komplexer Aktorsysteme eingesetzt hat.

1. System-Software-Workstation für elektrische Aktorsysteme

Das erste Testsystem (Abbildung 6) wird für den Test eines dreifach red-

undanten, elektrisch betriebenen Aktorsystems eingesetzt. Das Testsystem bietet Testmöglichkeiten für die Software-Verifikation sowie für Tests des integrierten Systems. Es dient als Hardware-in-the-Loop-Plattform für Software-Tests und ermöglicht Messung, Steuerung und Datenerfassung für integrierte Systemtests. Um die Software zu testen, können mit dem System Leistungselektronik und Aktoren des Triplex-Systems in Echtzeit simuliert werden. Das Testsystem enthält sieben DS1005 PPC Boards in einer Multiprozessor-Konfiguration, die über fünf Schaltschränke verteilt sind. Zur Hardware gehören zudem drei IEEE-1394-Busse mit Fehlereinspeisung und drei proprietäre CCDL-

Busse. Leistungsstarke Motormodelle werden mit mehr als 30 kHz ausgeführt und führen so Reaktionen in Echtzeit an die Motorsteuerungssoftware zurück. Dieses System hat ca. 780 I/O-Kanäle.

Die Simulatorfunktion wird für Software-Tests und für Systemtests mit schwer implementierbaren Fehlern eingesetzt. Durch die Automatisierung ist es möglich, diese Tests unbeaufsichtigt im Batch-Modus oder mit Fernüberwachung auszuführen. Anhand der Streckensimulation können die Software-Tests in einer aussagekräftigen Closed-Loop-Umgebung getestet werden. Die realitätsnahe Simulation mit Hilfe dieses Testsystems reduziert zudem die Zeit für die Fehlerbehebung im

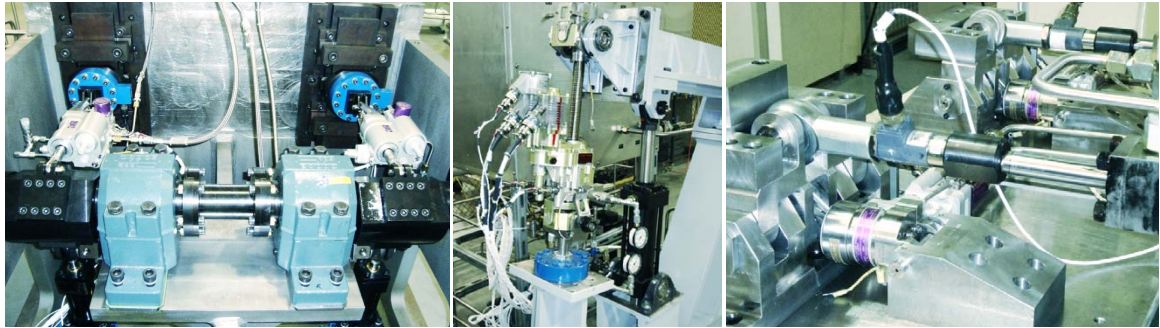


Abbildung 7: Aktorprüfstände für den Test von Verkehrsflugzeugsteuerungen (links: Ruder-Aktor-Prüfstand; Mitte: HSTA-Prüfstand; rechts: Spoiler-Aktor-Prüfstand)

Labor. Der Einsatz einer automatisierten Software-Test-Umgebung verringerte die Zeit für die Software-Verifikation von 2 Wochen auf 2 Tage pro Systemkonfiguration.

2. System-Software-Workstation für Flugsteuerungssysteme von Verkehrsflugzeugen

Bei dem zweiten Beispiel (Abbildung 7 - 9) handelt es sich um ein Testsystem für ein Flugsteuerungssystem eines Verkehrsflugzeugs. Ähnlich der vorherigen Anwendung verfügt auch dieses Testsystem über eine Testplattform, um entweder das komplette, integrierte System zu testen oder nur die Software zu verifizieren. Damit ist es möglich, echte Komponenten in den Test zu integrieren oder einzelne

Komponenten sowie das gesamte System zu simulieren.

Außerdem bietet das System auch die Möglichkeit für reale Piloteneingaben. Diese können aber auch simuliert werden, beispielsweise um Tests wiederholt durchzuführen. Im Prüflabor findet sich eine Vielfalt von Aktor-Hardware mit den zugehörigen Prüfständen. Verschiedenste Aktorprüfstände sind mit dem Testsystem verbunden, das die Prüfstände steuert und überwacht.

Das Flugsteuerungssystem in dieser Anwendung enthält zudem die Steuerungen für die High-Lift-Klappen des Flugzeugs. Der High-Lift-Prüfstand besteht aus der Hardware einer Tragfläche. Die andere Tragfläche wird von einem Lastmotor und

Echtzeitsteuerungen simuliert.

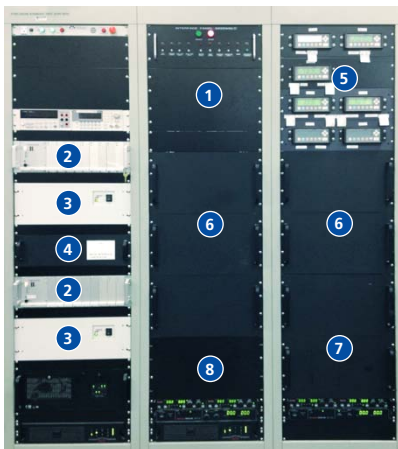
Dadurch kann der benötigte Arbeitsplatz für den Testaufbau reduziert werden. Dieser Aufbau erlaubt den Test komplexer Fehlerszenarien, die mit echter Hardware nur schwer nachzustellen sind.

Dieses System besteht aus zwei dSPACE PX20 Expansion Boxes mit sieben DS1005 PPC Boards in einer Multiprozessor-Konfiguration, 16 TX/RX-Kanälen vom Typ ARINC 429, Relais zum Umschalten zwischen simulierter und realer Hardware sowie fast 400 I/O-Kanälen. Das System bietet zahlreiche Fehler-einspeisungsmöglichkeiten sowie die Fähigkeit, zahlreiche Prüfstände in der Testumgebung einzeln oder als System einzusetzen. Automati-

Abbildung 8: Pilotenplatz mit realitätsnahen Steuerungen und Flugsteuerungshardware (links); Hochauftriebsprüfstand für Verkehrsflugzeuge (rechts)



- 1 Mechanische Eingabe für Hub-Aktor
- 2 Rudder Feel Unit
- 3 Motor zur Simulation für eine Tragfläche



- 1 Motorsteuerung für Hochauftriebssimulation
- 2 Simulator-I/O-Konditionierung
- 3 dSPACE PX20 Expansion Boxes
- 4 Relaissteuerung
- 5 Lastkontrolle der Prüfstände
- 6 Fehlereinspeisungs-/Schalt-Relais
- 7 Simulator-Lasten
- 8 ARINC-Verbindung

Abbildung 9: Testsystem-Hardware für Steuersysteme von Verkehrsflugzeugen

sierte Testdurchläufe erlauben die formale Verifikation von Software- und Systemanforderungen. Diese repräsentative Closed-Loop-Umgebung stellt eine effiziente Entwicklungs- und Zertifizierungsplattform für das integrierte System und die eingebettete Software dar.

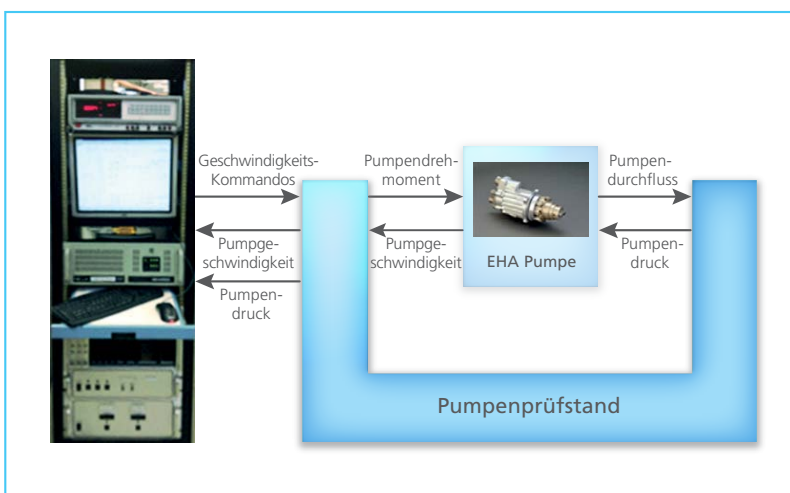
3. Virtueller elektrohydrostatischer Aktor (EHA) für den Pumpentest

Dieses System (Abbildung 10) bietet eine einzigartige Testmöglichkeit während der Entwicklung von Pumpen für Flugsteuerungs-EHAs. Aussetzbetrieb, Umkehrbewegungen und -lasten sowie hohe Beschleunigungen sind Beispiele für die speziellen Anforderungen, die Flugsteuerungs-EHAs an Hydraulikpumpen

stellen. Die Ableitung von Pumpenarbeitszyklen aus Aktorarbeitszyklen kann sehr unsicher sein. Zur Risikominimierung wurde daher für den Test einer neuen EHA-Pumpe ein virtueller EHA modelliert und in einem Testsystem für die Lebensdauer von Pumpen umgesetzt. Das System stellt realitätsnah dar, welchen Bedingungen die Pumpe im realen Betrieb im Aktor unterliegt. Der Einsatz von Echtzeittestsystemen mit virtuellem EHA beseitigt auch viele der pumpenspezifischen Unwägbarkeiten und liefert akkurate und aussagekräftige Testergebnisse. ■

David Cook,
Moog Aircraft Group

Abbildung 10: Testumgebung für elektrohydrostatische Pumpen



Zusammenfassung


Die Komplexität moderner Aktorsysteme hat durch die Integration von Elektronik und Aktor-Software enorm zugenommen. Der Trend in Richtung elektrisch betriebener Aktoren sorgt dafür, dass Motorsteuerungstechnologie essentiell für die Entwicklung moderner Aktorsysteme geworden ist. Diese Entwicklungen stellen eine zusätzliche Herausforderung für diejenigen dar, die moderne Aktorsysteme für Flugsteuerungen entwickeln. Auf dSPACE basierende Echtzeittestsysteme bieten beispiellose Testmöglichkeiten, die es Moog erlauben, die anspruchsvollen Testanforderungen zu bewältigen, die mit der Entwicklung moderner komplexer Aktorsysteme und Flugsteuerungssysteme einhergehen.

David Cook
David Cook ist Military Systems Engineering Manager bei Moog Aircraft Group in East Aurora, New York, USA.



Hoch- dynamisch testen

Echtzeitmodellierung einer
permanenterregten elektrischen
Maschine für die funktionale Absicherung
von Steuergeräte-Anwendungen



Im Rahmen eines Hybridfahrzeugprojekts entwickelte das Labor für Funktionale Absicherung von VALEO in Créteil, Frankreich, einen Prüfstand für die Emulierung einer permanenterrregten elektrischen Maschine. Aufgrund des hochdynamischen Systems und der Anforderung, mit weiterentwickelten elektrischen Modellen zu arbeiten, wurde eine neue Modellierungstechnologie basierend auf FPGA eingesetzt.

Hybridtechnologie bei VALEO

VALEO Power Electrical System ist ein Bereich des Geschäftsfeldes PowerTrain Systems von VALEO und sehr erfolgreich in der Bereitstellung innovativer Hybridtechnologien, die bereits von OEMs eingesetzt werden. Wesentliche Herausforderungen für VALEO bei der Entwicklung von Hybrid- und Mild-Hybrid-Produkten sind der Entwurf, die Entwicklung und die Validierung von Regelsoftware für elektrische Maschinen.

Entwurf und Evaluierung der Reglersoftware

Die Reglersoftware wird auf Steuergeräten implementiert, die nach der Programmierphase getestet werden müssen. Der Test der Regelstrategien und ihrer Software erfolgt in mehreren Schritten. Je nach Phase im Entwicklungsprozess werden die Hardware-in-the-Loop (HIL)-Tests des Steuergeräts entweder mit einem Modell der permanenterrregten elektrischen Maschine (PMEM) durchgeführt oder direkt mit der realen PMEM. Der Vorteil der Simulation besteht darin, Regelalgorithmen in jedwedem Status oder in beliebigen Szenarien zu evaluieren.

Das schließt auch Szenarien ein, die in der realen Welt schwer nachzustellen sind (z.B. Zerstörungstests, Tests außerhalb des Arbeitsbereichs,

Robustheitsanalysen etc.). Ganz zu schweigen von den Kosten, die gegenüber Tests in der realen Welt eingespart werden.

Funktionale Absicherung von Hybridantrieben

VALEO Power Electrical System und speziell das Labor für Funktionale Absicherung setzen seit vielen Jahren HIL-Prüfstände für die Evaluierung und Absicherung der Produkte ein, die mit Seriercode von Steuergeräten zu tun haben. Je mehr sich der Trend in Richtung Hybridtechnologie in Fahrzeugen verstärkt, desto mehr Projekte werden ins Leben gerufen. Die neuen Projekte beinhalten Maschinen mit immer mehr Leistung und erfordern sogar noch mehr komplexe Regelalgorithmen und -strategien, die entwickelt und validiert werden müssen. Um die Marktanforderungen zu erfüllen, nimmt nicht nur die Komplexität der Systeme immer weiter zu. Auch die Termine für den Produktionsstart werden unflexibler oder sogar vorgezogen und machen so ständige Verbesserungen an den Entwicklungsprozessen notwendig. Die Herausforderung des Labors für Funktionale Absicherung ist, dem F&E-Team ungeachtet der Komplexität neuer Technologien eine Lösung für die Absicherung und die Evaluierung an die Hand zu geben.



Abbildung 1: Einer der Elektromotoren, die mit der XSG Electric Component Library simuliert wurden.

Entwicklungsprojekt „Mild-Hybrid“

Für ein neues Projekt im Bereich „Mild-Hybrid“ müssen die Regelstrategien einer permanenten elektrischen Maschine entwickelt und validiert werden. In diesem Projekt hatte VALEO die Aufgabe, den Seriencode für das Steuergerät bereitzustellen, der sowohl die elektrische Maschine, den Inverter als

„Die Offenheit und Flexibilität der dSPACE E-Drives-Lösungen waren für die rechtzeitige Fertigstellung unseres Mild-Hybrid-Projekts ideal.“

Stéphane Fourmi, VALEO Power Electrical System

auch den Resolver steuert. Neben der erforderlichen Leistung, der neuartigen Maschine und den Änderungen an den eingesetzten Sensoren brachte dieses Projekt beträchtlichen Aufwand für die Modellierung mit sich. Um den Code auf dem Steuergerät testen zu können, setzt VALEO standardmäßig die HIL-Simulation ein.

FPGA für kurze Reaktionszeiten

In Anbetracht der hochdynamischen Regelstrecke war eine Änderung an der HIL-Echtzeittechnologie erforderlich. Eine Untersuchung der bereits vorhandenen Lösungen zeigte, dass der Einsatz eines FPGAs (Field Programmable Gate Arrays) sehr kurze Reaktionszeiten versprach. Ebenso zeigte die Untersuchung, dass der wesentliche Fortschritt dadurch möglich wurde, dass sich die Geräte

für die Modellierung und die Simulation einfach programmieren ließen. Dabei wurden die Lösungen für schnelles und einfaches Programmieren als Schlüsselfaktor betrachtet. Anschließend verglichen wir die Angebote. Unseren Kriterien lagen sowohl die technische Leistungsfähigkeit sowie Kosten und Entwicklungszeit für den Prüfstand zugrunde.

HIL-System für elektrische Antriebe

Da VALEO schon seit vielen Jahren mit dSPACE Werkzeugen arbeitet und die Entwicklungszeit knapp bemessen war, stellte sich ein DS5203 FPGA Board von dSPACE als optimale Lösung heraus. Der HIL-Prüfstand enthielt ein DS1006 Processor Board, ein DS2211 HIL I/O Board sowie ein DS5203 FPGA Board, alle installiert

Abbildung 2: Konfiguration eines Hybrid-Demofahrzeugs von VALEO.



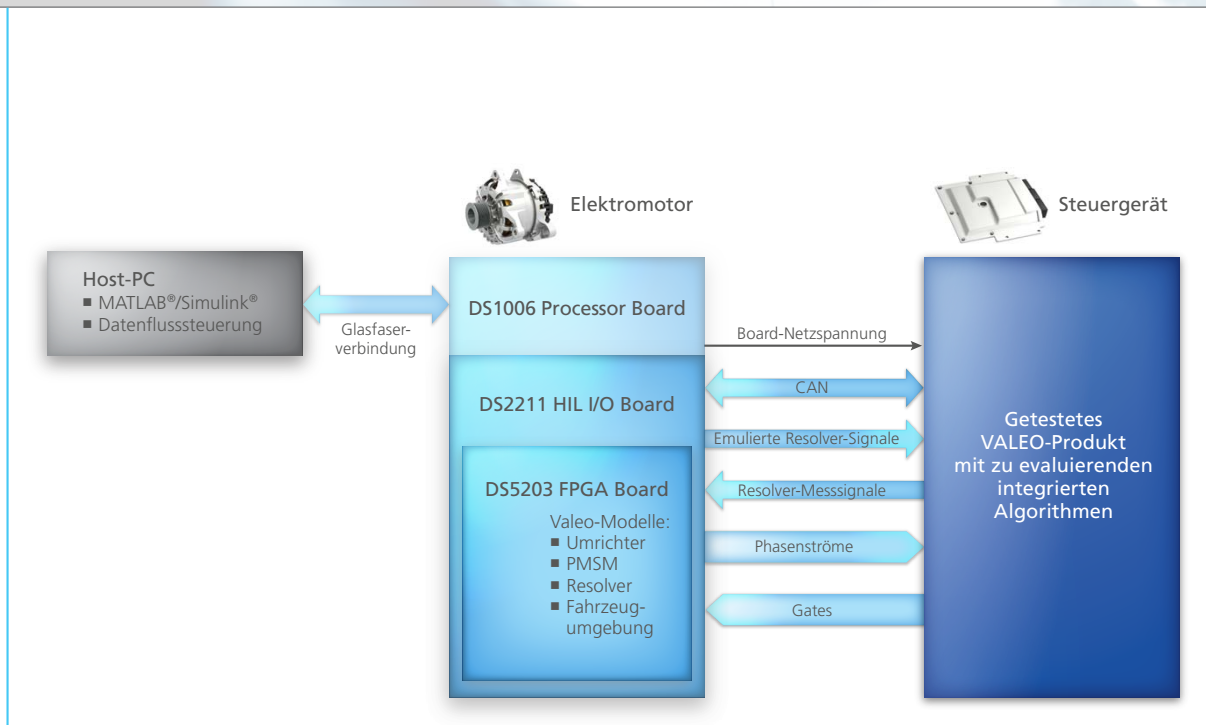


Abbildung 3: Aufbau und Signale des HIL-Systems für die Emulierung einer permanent-erregten elektrischen Maschine.

in einer PX10 Expansion Box. Eine externe Break-Out Box (BOB) wurde zum einen für die Anbindung des Steuergeräts eingesetzt und zum anderen, um dessen Seriensoftware zu testen.

Modell der elektrischen Maschine

Das Modell des elektrischen Systems wurde mit der XSG Electric Component Library aus der Produktfamilie der Automotive Simulation Models (ASM) von dSPACE entwickelt. Die Bibliothek basiert auf der XSG Programming Block Diagram Library von Xilinx® und ermöglicht die grafische Programmierung der Xilinx-FPGAs in Simulink®. Zuerst machte sich unser Team mit der XSG Electric Component Library und insbesondere mit dem Modell der permanent-erregten Synchronmaschine vertraut. Nach einer Schulung bei dSPACE in Paderborn, in der die ersten Schritte mit der neuen XSG Electric Component Library und den entsprechenden FPGA Boards vorgestellt wurden, entwickelte das Labor für Funktionale Absicherung ein Modell, das speziell an die VALEO-Anforderungen angepasst wurde. Die XSG Electric Components sind offen und stehen in Form eines XSG-Blocks in Simu-

link zur Verfügung. Daher war es einfach, sie an die spezifischen Anforderungen anzupassen oder neue spezifische Blöcke hinzuzufügen (z.B. Parameter, die sich in Bezug auf Temperatur und Strom ändern, Oberwellen oder Verschleiß).

Diese Flexibilität ermöglichte uns die Anpassung des Modells und des Prüfstands an die tatsächlichen Projektanforderungen. Die gleiche Flexibilität wird uns ermöglichen, neue Anforderungen im Bereich der Mechatronikvalidierung zu erfüllen, abhängig von neuen Hybrid-Projekten bei VALEO oder bei OEMs.

Einsatzszenarien für den E-Drives-Prüfstand

Bereits im seinem ersten Hybridprojekt hat sich der Prüfstand bewährt. Daher wurde er nach dem Projektende auch für ein Folgeprojekt eingeplant. Für das neue elektrische System trifft unsere Gruppe derzeit Vorbereitungen, um den Prüfstand zu überarbeiten und anzupassen. Wir werden von den bereits gesammelten Erfahrungen profitieren, wenn wir ein komplexeres Modell einer Synchronmaschine entwickeln, z.B. eine gemischt-erregte, doppelsterngekoppelte elektrische Maschine.

Dank der Modularität von MATLAB®/Simulink und den dSPACE Werkzeugen ist unser Team in der Lage, die Blöcke einfach zu testen und schnell Ergebnisse zu liefern. Genau darin liegt die Stärke solcher Produkte. ■

*Stéphane Fourmi,
VALEO Power Electrical System*

Stéphane Fourmi

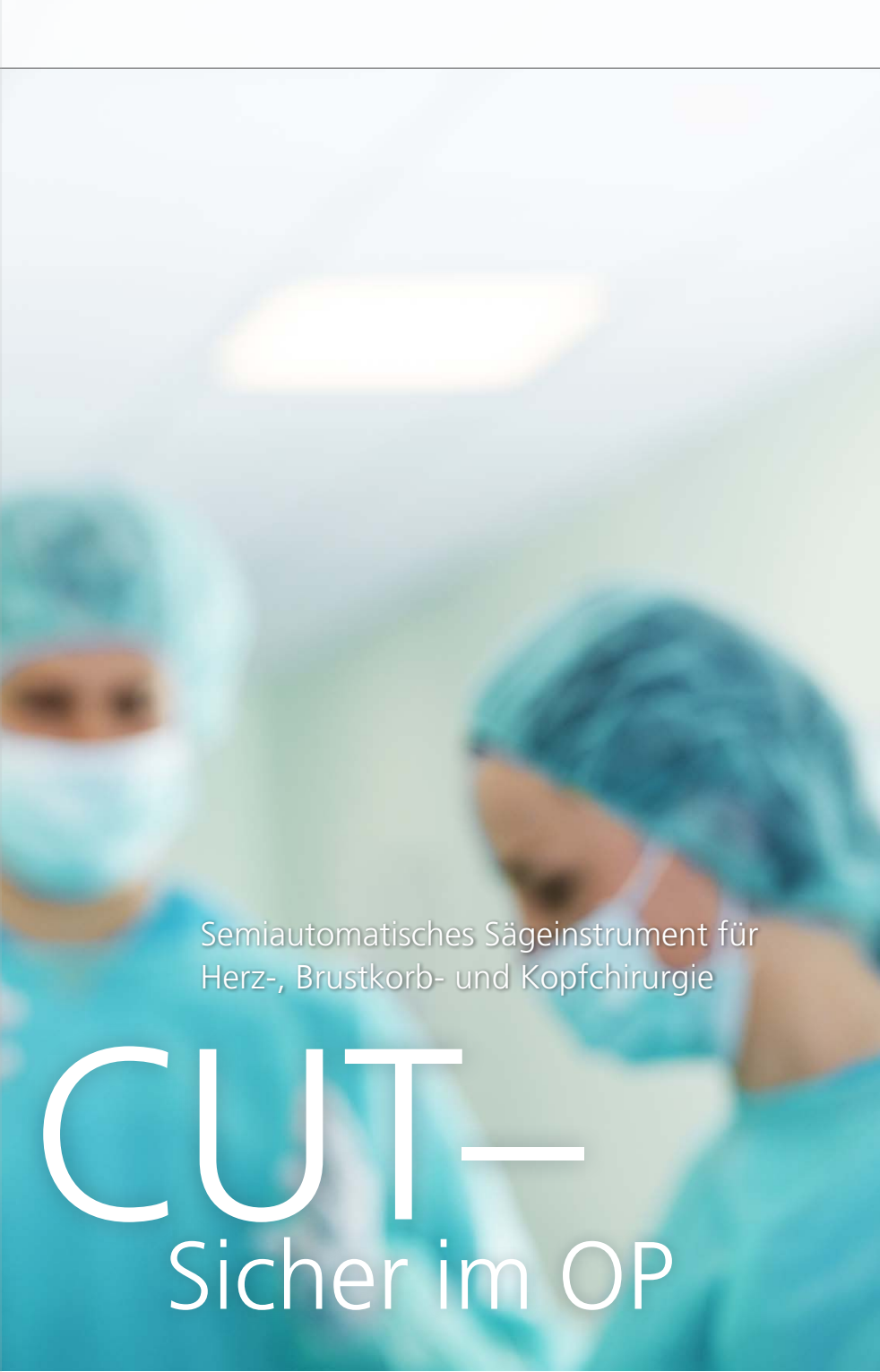
Stéphane Fourmi ist Leiter des Labors für Funktionale Absicherung bei VALEO Power Electrical System, Créteil, Frankreich.





Smart

Ein semiautomatisches, handgeführtes Sägeinstrument soll für die sichere Durchtrennung von Knochen in der Neuro-, Herz- und Thoraxchirurgie sorgen. Hierbei kooperieren in besonderer Weise Chirurg und das „intelligente Instrument“. Während die Führung auf der Oberfläche und die High-Level-Prozesskontrolle durch den Menschen erfolgen, wird die Schnitttiefe im Knochen wahlweise über Computertomographie, Ultraschall oder über optische Sensoren vollautomatisch mit Hilfe von dSPACE Echtzeit-Hardware eingestellt.



Semiautomatisches Sägeinstrument für
Herz-, Brustkorb- und Kopfchirurgie

CUT—

Sicher im OP



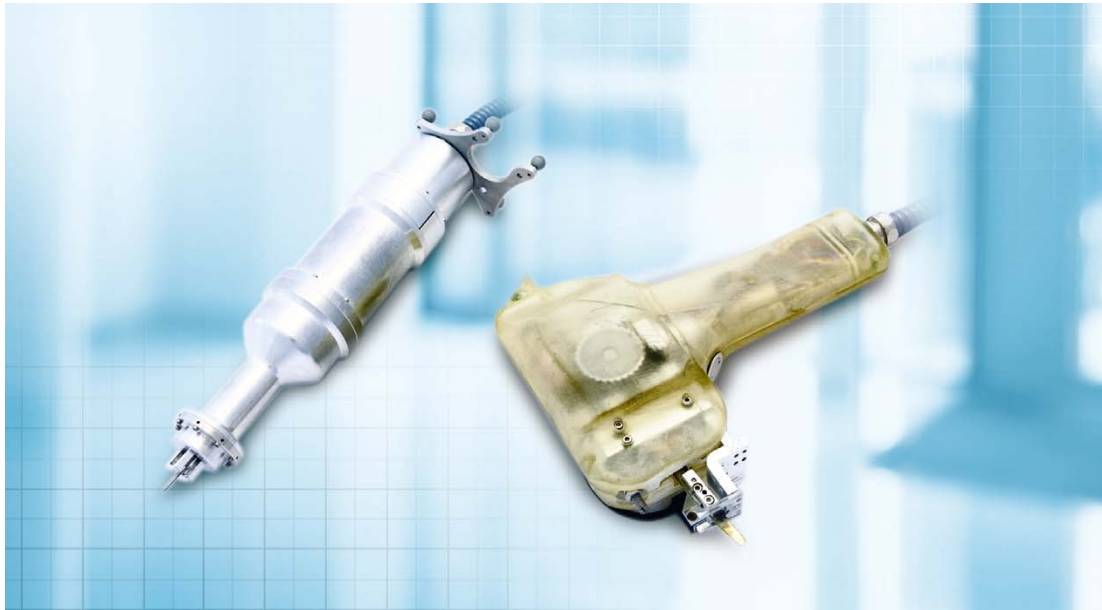


Abbildung 1: Die neuen, semiautomatischen Sägeinstrumente von smartCUT (links: das rotationssymmetrische Instrument für die Kopfchirurgie, rechts das für lineare Schnitte optimierte Instrument für die Thoraxchirurgie).

Weichgewebeschonende Knochen-durchtrennung (Osteotomie)

Auch unter optimalen Bedingungen sind viele chirurgische Eingriffe heute noch mit großen Herausforderungen verbunden. Dies gilt unter anderem dort, wo Knochenstrukturen im Umfeld lebenswichtigen Weichgewebes durchtrennt werden müssen, so zum Beispiel in der Kopf-, Herz- und Thoraxchirurgie. Nur durch das Zusammenspiel erfahrener Chirurgen lassen sich solche Eingriffe sicher und mit bestmöglichem Ergebnis für den Patienten durchführen. Dennoch besteht bei den beiden Anwendungen ein vergleichsweise hohes Komplikationsrisiko. Jede Verbesserung am Instrumentarium bedeutet hier einen

enormen Gewinn an Sicherheit für den Patienten. Mit smartCUT, einem semiautomatischen Sägeinstrument, möchte der Lehrstuhl für Medizintechnik der RWTH Aachen einen Beitrag für noch mehr Sicherheit im OP leisten. Das neue Instrument soll die mögliche Verletzung von Weichgewebestrukturen bei Resternotomien und Kraniotomien vermeiden und setzt hierfür auf die synergistische Interaktion des Werkzeugs mit dem Chirurgen. Ihm wird hier eine direkte sensorische Kontrolle auf Basis des haptischen und visuellen Feedbacks ermöglicht. Dabei wird durch die besondere Kombination aus der Genauigkeit und Zuverlässigkeit einer Maschine einerseits und den hohen

kognitiven und sensorischen Fähigkeiten des Menschen andererseits (z.B. die Reaktion auf unerwartete Ereignisse) eine synergetische Vereinigung von Fähigkeiten erreicht.

Smarte Schnitttiefenregelung

Die eigentliche smarte Schnitttiefenregelung durch das Instrument wird durch die Kombination eines speziell angepassten, weichgewebeschonenden Sägeverfahrens und der sensorbasierten Schnitttiefenregelung ermöglicht. Der Weichgewebeschutz wird durch kreisförmige Oszillationen des Sägeblatts im Millimeterbereich ermöglicht; durch das Mitschwingen des Weichgewebes – anders als die starre Knochenstruktur – wird eine

„Dank der Flexibilität des dSPACE Echtzeitsystems konnte das System schnell an unterschiedliche Sensorik- und Bildgebungsmodalitäten angepasst werden. Ebenso ist eine Übertragung auf Systeme mit anderen Kinematiken bzw. Freiheitsgraden mit vergleichsweise geringem Aufwand möglich.“

Alexander Korff, RWTH Aachen

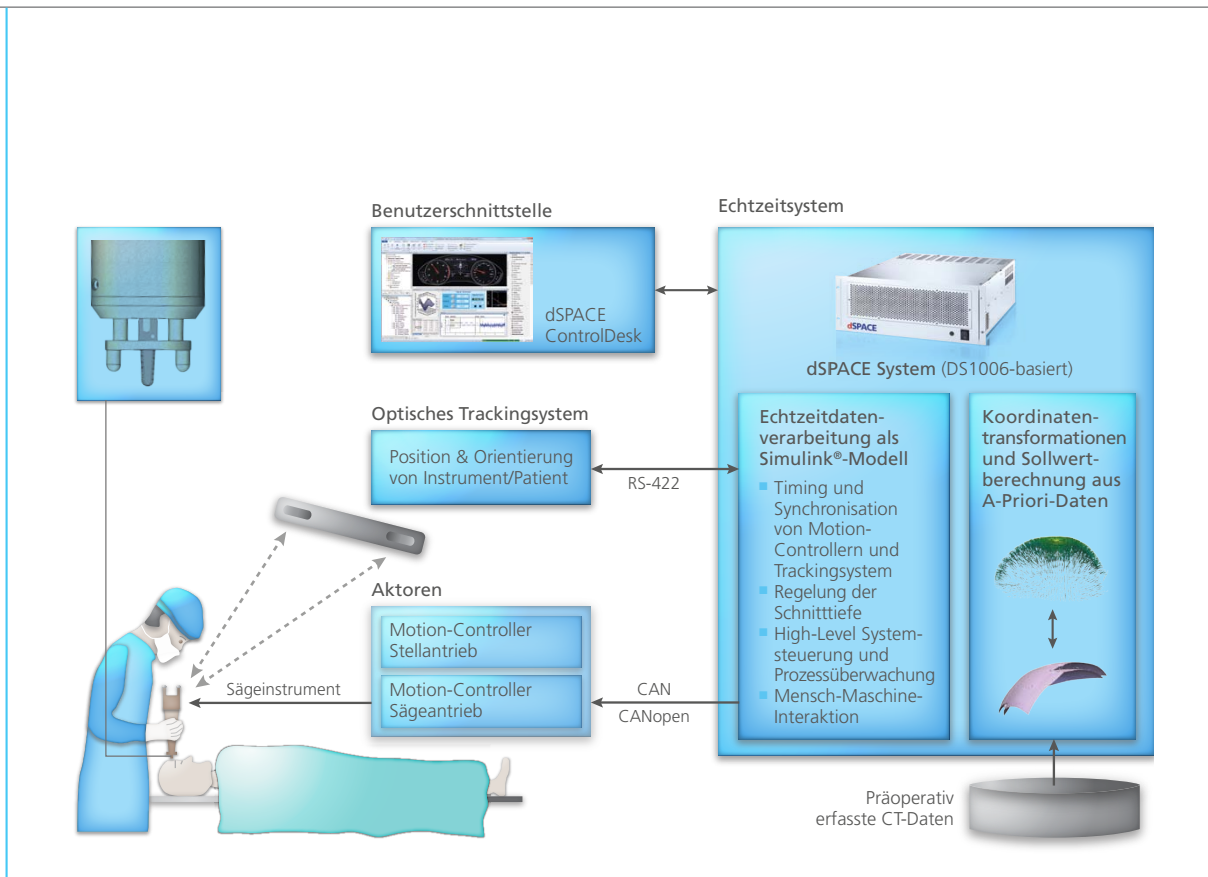


Abbildung 2: Schädelöffnung mit smartCUT anhand von Computertomographie-Daten.

Verletzung bis zu einem gewissen Maße zunächst verhindert. Der Einsatz eines derartigen Verfahrens ist notwendig, um kleine Fehler in der Ermittlung der Schnitttiefe ausgleichen zu können, die aus der Positionserfassung, weiteren Sensordaten und der medizinischen Bildgebung resultieren. Für die eigentliche sensorbasierte Schnitttiefenregelung wurden drei unterschiedliche Varianten entwickelt und getestet:

■ CT-basiert:

Präoperativ erfasste dreidimensionale Schichtbilder aus der Computertomographie (CT) werden vorverarbeitet und dann mit einem dSPACE Echtzeitsystem und einem optischen Trackingsystem (Bestimmung der Position des Instruments relativ zum Patienten) zur Echtzeit-Schnitttiefenregelung verwendet. Wesentliche Prozessschritte wie das optische Tracking von Instrumenten in Kombination mit CT-Bildgebung werden heutzutage in der Neurochirurgie standardmäßig eingesetzt.

■ Ultraschallbasiert:

Anders als beim CT-basierten Verfahren werden die Daten nicht vorab, sondern während der Operation mittels einer Ultraschallsonde gewonnen. Dieses Verfahren ist für die Resternotomie und die dort vorliegende geradlinige Sektion optimiert. Es kommt ebenfalls ein dSPACE Echtzeitsystem zur Schnitttiefenregelung zum Einsatz, jedoch kann in diesem Fall die Positionserfassung anders als beim CT-basierten Verfahren über einen linearen Encoder realisiert werden.

■ Optischer Sensor:

Ein in die Sägeblattfläche integrierter Lichtwellenleiter in Kombination mit einem Farbsensor ermöglicht es zu bestimmen, ob die Sägeblattspitze mit Knochen oder Weichgewebe in Kontakt ist. Anders als bei den vorherigen Verfahren kann hier permanent und direkt die Position der Sägeblattspitze relativ zu der Knochen-/Weichgewebegrenzfläche bestimmt werden. Mittels des dSPACE Echtzeitsystems kann

smartCUT im Überblick

smartCUT ist ein semiautomatisches Sägeinstrument für die Herz-, Brustkorb- und Kopfchirurgie.

- Sichere Durchtrennung von Knochenstrukturen (Schädel, Brustbein) bei gleichzeitiger Schonung des angrenzenden Weichgewebes
- Partiiell weichgewebeschonendes Sägeverfahren (Mikroszillationen)
- Intelligente sensorbasierte Schnitttiefenregelung: CT-basiert, ultraschallbasiert und basierend auf optischem Sensor
- dSPACE Echtzeitsystem für Sensordatenerfassung und Auswertung, Sicherheitsüberwachung, Realisierung der Mensch-Maschine-Interaktion und Steuerung des Gesamtsystems



Nachgefragt

Die Neurochirurgische Klinik am Universitätsklinikum der Ruhr-Universität Bochum hat im Rahmen eines Pilotprojektes erste Erfahrungen mit smartCUT gesammelt. Die Chirurgin Frau Prof. Dr. Schmieder schildert ihre Eindrücke im Interview.

Frau Prof. Dr. Schmieder, wie lässt sich bei der Arbeit am Kunststoffschädel die Handhabung eines semiautomatischen Sägeinstruments mit konventionellen Methoden vergleichen?

Das lässt sich ganz gut vergleichen, da wir ja die konventionelle Methode auch am Kunststoffschädel eingesetzt haben. Unserer Erfahrung nach ist der derzeit zur Verfügung stehende Prototyp bezogen auf die Handhabung schon recht gut einsetzbar.

Welche Vorteile bringt die Technik dem Operateur?

Es gibt zwei Vorteile bei Nutzung des smartCUT. Zum einen gehen wir davon aus, dass akzidentielle Duraeröffnungen im Rahmen der Trepanation seltener sind. Zum anderen verkleinert sich der Sägespalt und damit reduziert sich das Risiko der fehlenden knöchernen Durchbauung des wieder eingesetzten Knochendeckels. Dies hat einen Effekt auf das kosmetische Gesamtergebnis. Ein Aspekt, der zu Recht mehr und mehr in den Fokus rückt.

Wie beurteilen Sie die Chancen für den Einsatz am Menschen?

Unserer Überzeugung nach hätte das Endprodukt gute Chancen, die etablierte Technik zu ersetzen oder zumindest zu ergänzen. Dementsprechend würden wir sehr gerne

unseren Beitrag dazu leisten, den bislang entwickelten Prototyp zur Marktreife zu führen.

Vielen Dank für das Gespräch!



Prof. Dr. Kirsten Schmieder, Direktorin der Neurochirurgischen Klinik am Universitätsklinikum der Ruhr-Universität Bochum

präzise zwischen Knochen und Weichgewebe unterschieden und dadurch die Schnitttiefe geregelt werden.

Einen besonderen Stellenwert hat bei smartCUT die synergistische Zusammenarbeit von Mensch und Maschine. Der Chirurg hat die Kontrolle über den Gesamtprozess und kann den medizinisch günstigen Sägespalt frei wählen und Parameter wie beispielsweise die Schnittgeschwindigkeit individuell aus eigener Erfahrung bestimmen. Das technische System übernimmt dagegen die manuell weniger gut kontrollierbaren Teile

des Sägeprozesses wie die Schnitttiefe sicher zu steuern und zu überwachen. Hierdurch ergeben sich auch besondere Anforderungen an das Echtzeitsystem und die Regelalgorithmen, insbesondere hinsichtlich der vorzuhaltenden Daten (z.B. Teil der CT-Daten).

Modellbasierte Entwicklung von smartCUT

Das in smartCUT genutzte Echtzeitsystem ist ein dSPACE System, verbaut in einer Expansion Box, ausgestattet mit DS1006 Processor Board mit Quad-Core und verschiedenen I/O-Boards (DS3001, DS4003,

DS4201-S, DS4302). Softwareseitig kommen die Experimentiersoftware ControlDesk®, das Real-Time Interface (RTI) sowie zur CAN-Bus-Anbindung der Hardware das RTI CAN MultiMessage Blockset und die CANopen Master Solution zum Einsatz. Zuständig ist das Echtzeitsystem für die Gesamtregelung inklusive Schnitttiefenkontrolle, die zugehörige Datenerfassung und Bearbeitung sowie die Realisierung der Mensch-Maschine-Interaktion. Die modellbasierte Entwicklung unter Einsatz von dSPACE Werkzeugen hat sich in vielerlei Hinsicht als vorteilhaft erwiesen:

- Es ist ein durchgängiger Workflow zur Datenverarbeitung möglich. Zuerst wird die Bild- und Signalverarbeitung (Datenvorverarbeitung) in MATLAB®/Simulink® genutzt, dann die Regelung des Systems in Simulink erstellt und offline getestet, die dSPACE RTI-Blöcke eingebunden, die vorverarbeiteten Daten direkt in das Modell integriert und die Versuche mit dem dSPACE Echtzeitsystem durchgeführt. Für die Erfassung und anschließende Auswertung der Messdaten werden ControlDesk und MATLAB/Simulink eingesetzt.
- Die Bild- und Signalverarbeitung ist auch vor dem Hintergrund großer Datenmengen (CT-Bilddaten, Ultraschalldaten) leicht in das Modell integrierbar und dann durch die dSPACE Echtzeithardware nutzbar.
- Die Lösung steht als Gesamtmodell transparent und mit einer einheitlichen Werkzeugumgebung zur Verfügung und lässt sich leicht von Studenten und Mitarbeitern an der RWTH Aachen bedienen und weiterentwickeln.
- Die bei smartCUT entwickelten Module lassen sich durch das modellbasierte Vorgehen und das modulare dSPACE System leicht an weitere mechatronische Systeme für die Chirurgie/Medizin anpassen.

Ergebnisse der Untersuchung

Nach den ersten praktischen Erfahrungen werden die unterschiedlichen Merkmale und Vorteile der Verfahren deutlich.

■ CT-basiert:

Die zeitliche Trennung der eigentlichen Vermessung der Struktur (durch die vorgelagerte CT) vom Schnitt führt in der Praxis zu einer langen Fehlerkette. Als Herausforderung erweist sich vor allem die begrenzte Genauigkeit des optischen Trackings und die Komplexität des mehrteiligen Gesamtsystems. Hier entstehende Fehler kön-

nen jedoch durch den intrinsischen Weichgewebeschutz abgefangen werden. Ein Einsatz bietet sich insbesondere in der Neurochirurgie an, da die notwendigen Systeme (z.B. optisches Tracking) und Methoden (z.B. Registrierung des Bild- mit dem Patientenkoordinatensystem) bereits im Rahmen der Neuronavigation etabliert sind.

■ Ultraschallbasiert:

Dieses Verfahren eignet sich insbesondere für die Herz- und Thoraxchirurgie, da weder optisches Tracking noch ein CT-Datensatz wie bei der CT-basierten Methode benötigt wird. Durch die intraoperative Messung der Daten kann hier, mit Hilfe eines einfachen linearen Encoders, ein direkter Bezug zwischen Position und Messdaten hergestellt werden.

■ Optischer Sensor:

Es konnte gezeigt werden, dass sich dieses Verfahren für beide medizinische Anwendungen eignet. Da die Messdatenerfassung während des Schnitts erfolgt, ist keine zusätzliche intra- oder präoperative Bildgebung notwendig. Hierdurch ergibt sich eine große Nähe zu dem normalen Arbeitsablauf der beiden Eingriffe. ■

Mit freundlicher Genehmigung des Lehrstuhls für Medizintechnik, RWTH Aachen

Fazit und Ausblick

Die Machbarkeit von smartCUT konnte für die drei unterschiedlichen Verfahren gezeigt werden. Hierfür wurden umfassende Laboruntersuchungen an künstlichen Knochen vorgenommen. In naher Zukunft werden vor allem die weitere Optimierung der Regelungsstrategie sowie die Sensorintegration im Sägeblatt im Fokus stehen. Für die Entwicklung und Regleroptimierung spielt auch in Zukunft das dSPACE Echtzeitsystem eine entscheidende Rolle.

Diese Arbeit wurde teilweise vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (01EZ0841 - STS) und dem Ministerium für Wirtschaft, Forschung und Technologie – NRW sowie dem Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung (280155601 - smartCUT) gefördert.

Alexander Korff

Alexander Korff ist wissenschaftlicher Mitarbeiter und Teamleiter der Gruppe „Smart Instruments und Robotik“ am Lehrstuhl für Medizintechnik der RWTH Aachen.



Dr. Klaus Radermacher

Univ. Prof. Dr.-Ing. Klaus Radermacher ist Leiter des Lehrstuhls für Medizintechnik an der RWTH Aachen.



Ein Stadtauto für die CO₂-arme Mobilität. Links: Integration eines Joysticks in die Mittelkonsole (Demoprototyp in der Entwicklung). Rechts: Installation der MicroAutoBox mit 12-V-Wechselrichter im Kofferraum.

Elektrisch Parken

Eingriffsarme Integration einer X-by-Wire-Regelung





Im französischen Toulouse entwickelte Continental Automotive einen halb-automatischen X-by-Wire-Parkassistenten und integrierte ihn im Rahmen des europäischen POLLUX-Projekts in das Elektrotestfahrzeug „TH!NK“. Mit dem Rapid-Control-Prototyping-System MicroAutoBox gelang eine schnelle und zuverlässige Integration der innovativen Lenkung.

X-by-Wire-Parkassistent für Elektro-Stadtfahrzeuge

Die Idee des Parkassistenten basiert auf einer per Joystick bedienbaren Aktorik für die halbautomatische Steuerung von Lenkung, Getriebe und Antrieb bei Parkmanövern. Sukzessive Lenkungen der Vorder- und Hinterräder werden automatisch ausgeführt, so dass der Fahrer beim Einparken nicht mehrmals das Pedal treten, den Gang wählen und am Lenkrad drehen muss. Die XY-Position des Joysticks definiert die Vektorsteuerung, um die Lenkrichtungen, Drehzahlen und Amplituden der Fahrzeugbewegungen mit hoher Genauigkeit während der Parkmanöver einzustellen. Vereinfacht wird das durch die schnelle, sichere und exakte Regelbarkeit von Elektromotor und Getriebe solcher Fahrzeuge.

Schnelle Funktionsimplementierung

Um unnötigen Änderungsaufwand an der bestehenden Power Control Unit (PCU) zu vermeiden, kam für die Implementierung der neuen Funktionen eine dSPACE MicroAutoBox® (erste Generation) zum Einsatz. Die umfassende I/O erlaubte die für das System notwendige Mehrfachanbindung von logischen, analogen

und CAN-Datensignalen mit Pedal, Gangwählhebel, zusätzlichen Drehmomentaktoren am Lenkrad, PCU-Regler, Armaturenbrett und Joystick-Aktor. Die Funktionen werden mit MATLAB®/Simulink®/Stateflow® entworfen und bieten ein hohes Maß an Flexibilität für die Tests und die Validierung sowie eine enge Verzahnung mit dem Regler der MicroAutoBox.

Herausforderung Integration

Die Herausforderung beim erstmaligen Einsatz des X-by-Wire-Parkassistenten im Elektrofahrzeug war die Integration der kompletten Funktionalität, ohne dafür Änderungen am bestehenden Antriebsstrangsteuergerät (PCU) vornehmen zu müssen. Die PCU wurde bereits entwickelt, als das Stadtauto Th!nk Ende der 2000er Jahre von der Ford-Gruppe auf den Markt gebracht wurde. Damals ging man nicht davon aus, die Software später nochmal zu überarbeiten. Das ursprüngliche Lenksystem war weder rein elektrisch ausgelegt noch war eine externe Steuerung der Räder vorgesehen. Daher integrierte Continental Automotive einen zusätzlichen Schrittmotor an der Basis der Lenkachse, um die automatische Steuerung der Lenkung zu ermöglichen.

All diese Veränderungen machten den Einsatz eines Rapid-Control-Prototyping-Systems notwendig. Continental Automotive entschied sich für die MicroAutoBox, da sie für das Prototyping von Demofahrzeugen äußerst nützlich ist. Im Anschluss an das Projekt wird Continental sie auch für die Entwicklung von Serien-EVCs (Electric Vehicle Controller) einsetzen.

Funktion der X-by-Wire-Lenkung

Bei der Lösung handelt es sich um eine (halb-)automatische X-by-Wire-Manöversteuerung (einschließlich Hardware-Geräte und Software-Funktionen) für den Fahrer. Ziel ist

Abbildung 1: Beispiel eines seitlichen Manövers nach rechts: Das Fahrzeug bewegt sich automatisch in einem „indirekten“ Bewegungsmodus, wenn der Joystick in einer konstanten Rechtsposition bleibt.



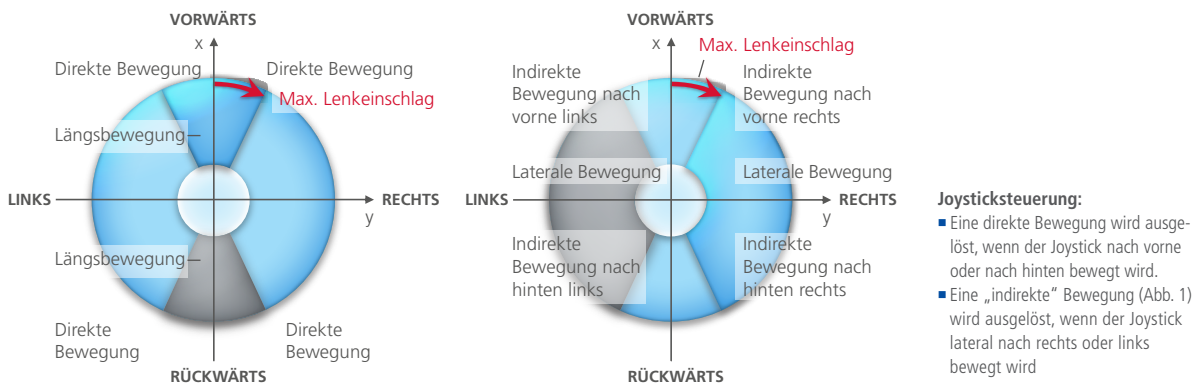


Abbildung 2: Bedienkonzept der Joysticksteuerung.

„Die Implementierung der elektrischen Lenkung gelang schnell und einfach dank der vielseitigen Schnittstellen der MicroAutoBox.“

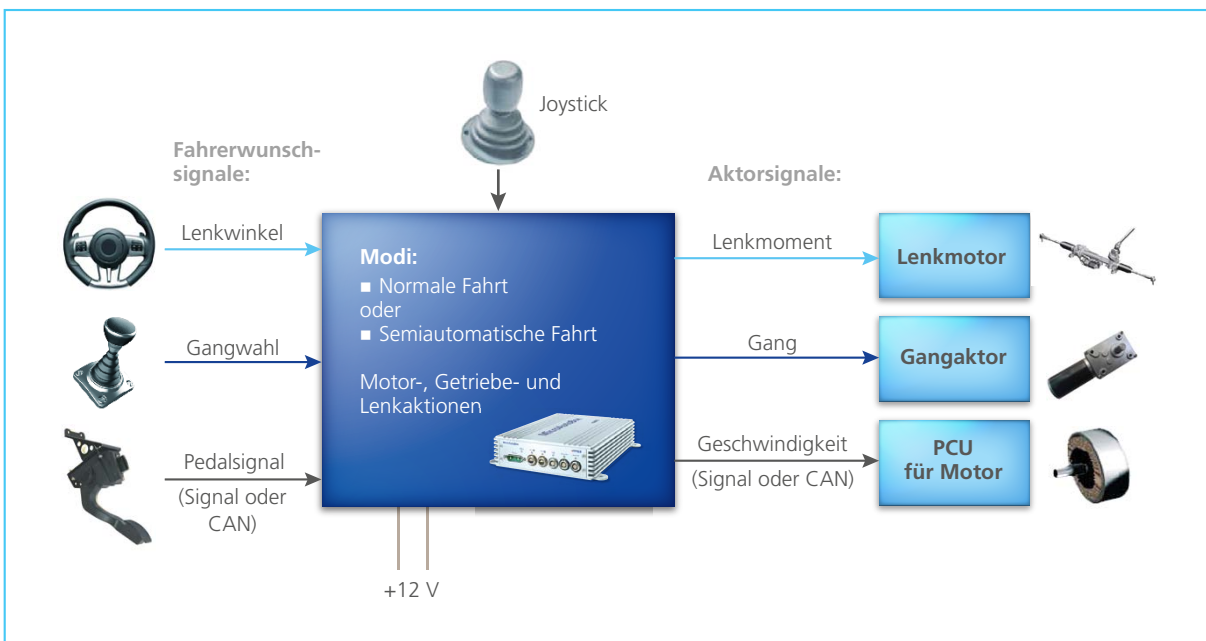
Dr. Mariano Sans, Continental Automotive

es, den Fahrer bei Manövern mit geringer Geschwindigkeit, für die sowohl Antrieb als auch Lenkung notwendig sind, so zu unterstützen, dass das Betätigen von Gas und Bremsen, Getriebe und Lenkrad bei mühsamen Rangierbewegungen typischer Einparkmanöver vermieden

wird. Die Lösung basiert auf einem Joystick oder einem Trackball (oder einem vergleichbaren zwei- oder dreiachsigen Eingabegerät). Dieser wird am Armaturenbrett im Fahrzeug befestigt und vom Fahrer intuitiv bedient. Die von ihm vorgegebenen Vektorrichtungen werden in Sollwerte

für das Traktionsmoment und den Lenkwinkel konvertiert. So müssen im halbautomatischen Modus weder die Pedale, noch das Getriebe oder das Lenkrad vom Fahrer bedient werden. Zwar ist es möglich, über die Knöpfe am Joystick manuell zu schalten, doch sollten die Gänge vorzugsweise automatisch gewählt werden. Die halbautomatische Bewegungssteuerung berechnet den Weg der gelenkten Räder (üblicherweise an der Vorderachse), um dem Verschie-

Abbildung 3: Die Verbindungen zum Fahrzeugregler werden aufgetrennt, um das X-by-Wire-System zu integrieren.



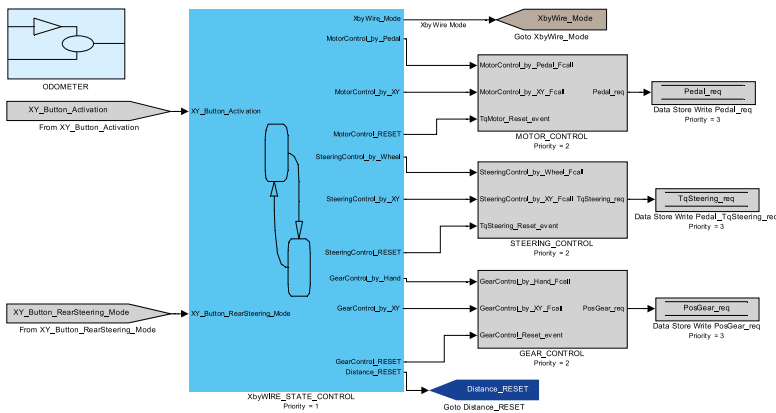


Abbildung 4: Das Hauptschaltbild, das die Verteilung der Regelsignale an die 3 Aktorstränge zeigt: neu berechnete Pedal-, Getriebe- und Lenksignale.

bevektor mit automatisch programmierten Lenkmanövern vorwärts und rückwärts zu folgen. Auf Sensorik zur Bestimmung von Entfernungen und Detektion von Hindernissen wird verzichtet. Der Fahrer behält die Kontrolle über die Fahrzeugbewegungen und kann jederzeit bremsen. In jedem Fall wird der Antrieb unterbrochen, sobald der Joystick in den Leerlauf (neutral) geschaltet wird.

Systemfunktionsarchitektur

Die MicroAutoBox dient als Schnittstelle zwischen den Sensoren (Pedale, Gangwählhebel, Lenkposition, Joystick) und den Aktoren (Schrittmotor und PCU). So trennt die MicroAutoBox nicht nur alle direkten Verbindungen der ursprünglichen Architektur, sondern liefert auch rekonstruierte Signale für die PCU, als würde diese in der ursprünglichen Umgebung betrieben. Der Kabelbaum enthält alle Signalarten:

Eingänge:

- Analoge Signale des Gaspedals (3 redundante Signale, für die Sicherheit)
- Logische Signale des Bremspedals (getreten/nicht getreten)
- Logische Signale des Wählhebels (kombiniert mit Wahrheitstabellen)
- Digitale Signale des Lenkmotors (Status, Position, Drehzahl, ...)

- CAN-Daten des Fahrzeugsystems (Drehzahl, laufender Motor etc.)
- Analoge und Pulssignale des Joysticks (X, Y, Z + Knöpfe)

Ausgänge:

- Analoge Signale der Neuberechneten Pedalposition an PCU
- Logische Signale der Neuberechneten Wählhebelstellung an PCU
- Digitale Signale für die Steuerung des Lenkmotoraktors an seinen Antrieb (hauptsächlich Schrittmotorpulse)
- Logische Rückmeldungen des X-by-Wire-Status an den PC oder das Armaturenbrett (durch Sprachsteuerung)

Die MicroAutoBox ermöglicht eine große Anzahl dieser Verbindungen.

Modellbasierter Funktionsentwurf

Zu den Funktionen gehören analytische Berechnungen, Closed-Loop-Regelungen sowie die Koordination der zeitlichen Abfolgen. All das wird in MATLAB/Simulink/Stateflow in einer benutzerfreundlichen Umgebung mit Hilfe sämtlicher Programmiermöglichkeiten der Werkzeuge entwickelt und kann auf der MicroAutoBox mit wenig Aufwand automatisch codiert werden. ■

Dr. Mariano Sans,
Continental Automotive



Dr. Mariano Sans
Dr. Mariano Sans ist Senior Expert Automation and Energy Management bei Continental Automotive in Toulouse, Frankreich

Zusammenfassung

Continental Automotive integrierte ein innovatives X-by-Wire Lenkssystem in das Elektrotestfahrzeug „TH!NK“. Mit dem Prototyping-System MicroAutoBox werden die Steuersignale ausgewertet, Aktoren angesteuert und die Lenkfunktionen berechnet. Die MicroAutoBox konnte nahtlos in eine bestehende Fahrzeuginfrastruktur integriert werden, so dass sich die X-by-Wire-Lenkung schnell umsetzen lässt. Es ist geplant, die Werkzeugkette ebenfalls für die Entwicklung von Serien-EVCs (Electric Vehicle Controller) einzusetzen.



Projektpartner und Co-Autoren:
ZEM Zero Emissions Mobility (Oslo, Norwegen), AKKA Technologies (Toulouse, Frankreich), SINTEF Energy Research Institute (Oslo, Norwegen)



Aktive Schallreduktion in Wohn- und Schlafräumen

Beruhigt schlafen

Forscher an der Helmut-Schmidt-Universität/Universität der Bundeswehr Hamburg arbeiten an Systemen zur aktiven Lärmreduktion durch Gegen-schall, unter anderem zur Senkung von in Wohnungen wahrgenommenem Verkehrslärm. Der dafür notwendige rechenaufwendige adaptive Algorithmus wurde auf einem dSPACE DS1006 Processor Board implementiert.



Störfaktor Lärm

Der besonders in Städten allgegenwärtige Lärm erzeugt Stress und kann krank machen. In Wohnungen lässt sich Lärm zwar durch Dämmstoffe mindern, allerdings macht bereits ein zum Lüften gekipptes Fenster jede Dämmung wieder zunichte. Außerdem verliert das Dämmmaterial bei sinkender Schallfrequenz (d.h. tiefen Tönen bzw. steigender Wellenlänge) an Wirkung. Beispielsweise beträgt bei einer Bass-Schallwelle von 100 Hz (entspricht z.B. dem tiefen Brummen von Lkw-Dieselmotoren) die Wellenlänge bereits knapp 3,5 m. Derartige Schallwellen durchdringen spielend die handelsüblichen, wenige Zentimeter dicken Dämmschichten.

Genau für solche Szenarien entwickelt die Helmut-Schmidt-Universität/Universität der Bundeswehr Hamburg, gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU), ein aktives System zur Schallreduktion, das auch bei tiefen Frequenzen und geöffnetem Fenster funktioniert.

Lärmauslöschung durch Gegenschall

Die aktive Schallreduktion durch Gegenschall beruht auf dem Prinzip der destruktiven Interferenz, bei dem sich zwei im Gegentakt schwingende Wellen auslöschen (Abbildung 2). Der Gegenschall wird auf Basis der

Messungen von zwei Mikrofonen berechnet: Das erste misst das Lärm-signal nahe der Quelle, das zweite das resultierende Signal aus der Überlagerung von Lärm und Gegenschall. Eine komplette Auslöschung des Lärms ist dennoch kaum möglich, denn weil sich Schall in alle Richtungen ausbreitet, wird bereits die Messung des Lärms an der Quelle durch den Gegenschall gestört. Außerdem entsteht durch Reflexionen an den Wänden ein komplexes Schallfeld. Zu guter Letzt setzt sich Lärm in der Regel aus einem breiten Frequenzspektrum zusammen, für das sich kein exaktes Gegenschall-signal erzeugen lässt (allenfalls sehr lokal).

Aktive Schalldämmung für Wohn- und Schlafräume

Der Versuchsaufbau (Abbildung 3) des an der Helmut-Schmidt-Universität entwickelten Gegenschall-Systems besteht aus zwei Räumen: einem reflexionsarmen Außenraum mit den Lautsprechern für die Lärm- und Gegenschallerzeugung, und einem Innenraum mit den typischen akustischen Eigenschaften eines Wohnraums. Dieser ist über ein handelsübliches Fenster mit dem Außenraum verbunden und soll vor zu hohen Lärmpegeln geschützt werden. Die Signale der Fehlermikrofone (der „Fehler“ ist dabei der Restlärm, der



Abbildung 1: Die Gegenschalllautsprecher reduzieren den Lärm bereits vor dem Fenster (Dritte Projektphase).

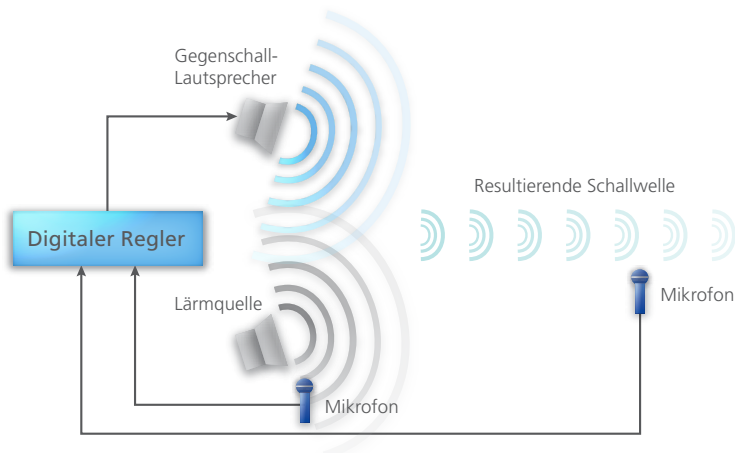


Abbildung 2: Prinzip der aktiven Schallreduktion: Die Ursprungswelle (grau) und die Gegenschallwelle (blau) überlagern sich und löschen sich (beinahe) gegenseitig aus (türkis).

im Idealfall auf null reduziert werden soll) werden über ein dSPACE DS2004 High-Speed A/D Board an das DS1006 Processor Board geleitet, das mit einem adaptiven, digitalen Regelalgorithmus (Filtered-x-Least-mean-square, FxLMS-Algorithmus) die Ausgabesignale berechnet. Diese werden über ein DS2102 D/A Board ausgegeben, über einen Tiefpass gefiltert und leistungsverstärkt an die Gegenschall-Lautsprecher weitergeleitet. Bei einigen Versuchen

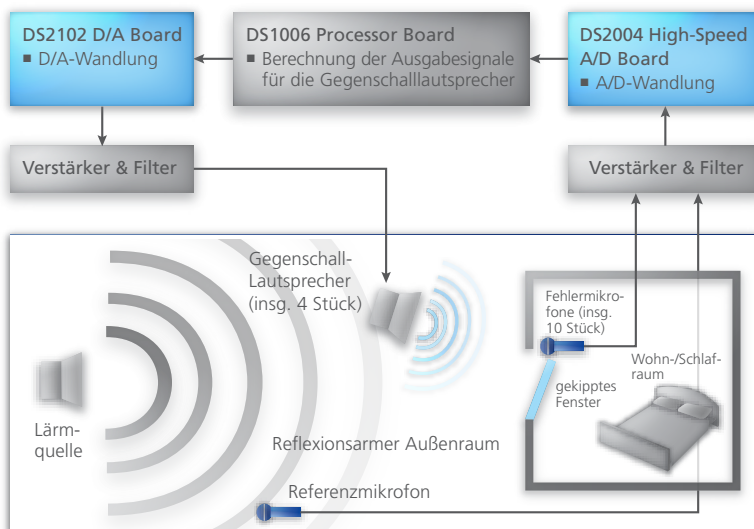
misst zusätzlich ein Referenzmikrofon den Lärm direkt an der Quelle.

Details der Signalverarbeitung

Die hohen Anforderungen an die Geschwindigkeit der Signalverarbeitung resultieren daraus, dass der Gegenschall spätestens dann erzeugt werden muss, wenn der Lärm am Gegenschall-Lautsprecher ankommt. In dieser kurzen Zeit, die der Lärm bis zum Erreichen der Gegenschall-Lautsprecher benötigt (ca. 0,6 Milli-

sekunden, entspricht 20 Zentimetern), müssen die Ein- und Ausgabesignale die Verstärker und die analogen Anti-Aliasing-Filter durchlaufen haben sowie die Ausgabesignale mit Hilfe des FxLMS-Algorithmus berechnet werden. Der Algorithmus besteht bei mehrkanaligen Systemen aus einem digitalen, adaptiven FIR (Finite Impulse Response)-Filter für jeden Gegenschall-Lautsprecher sowie weiteren FIR-Filtern als Nachbildungen der Strecken zwischen jedem Gegenschall-Lautsprecher und jedem Fehlermikrofon (Sekundärstrecken). Bei dem beschriebenen Aufbau mit 4 Gegenschall-Lautsprechern und 10 Mikrofonen ergeben sich 4 FIR-Filter für die Regelung und 40 FIR-Filter für die Sekundärstrecken. Jede FIR-Filterung entspricht einer Faltungsoperation. Mit der Zahl der Filterkoeffizienten wächst auch die Zahl an Multiplikationen. Die Filter müssen für gute Regelungsergebnisse jedoch eine gewisse Anzahl an Koeffizienten besitzen, da sie physikalisch vorhandene Impulsantworten nachbilden. Je höher die Abtastfrequenz, desto mehr Filterkoeffizienten werden aber auch benötigt und desto weniger Zeit steht zur Verfügung, um diese zu berechnen.

Abbildung 3: Schematischer Versuchsaufbau für die Gegenschallexperimente.



Vergößerung der Ruhezone

In einer ersten Projektphase^{*)} erfolgte die aktive Schallreduktion mit Hilfe zweier Fehlermikrofone im Kopfkissen und zwei Lautsprechern am Bettrand (Abbildung 4). Die Geräuschreduktion betrug bis zu 18 dB, war jedoch räumlich sehr beschränkt. In der zweiten Projektphase wurde die Ruhezone durch zusätzliche Lautsprecher und Mikrofone sowie eine Optimierung ihrer Positionen deutlich vergrößert. Wegen der mangelnden Alltagstauglichkeit dieses Aufbaus war es das Ziel der dritten Projektphase, den Lärm be-

^{*)} gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) in mehreren Projekten im Zeitraum 2006 bis heute

„Durch die hohe Rechenleistung des DS1006 Processor Boards konnten wir die Abtastrate des Gegenschall-Systems problemlos von 2 kHz auf 8 kHz steigern. Die Nutzung von Multitasking bietet weitere Reserven, um die Regelung weiter zu verbessern.“

Sergej Jukkert, Universität der Bundeswehr Hamburg

reits direkt am Fenster zu dämpfen (Abbildung 1). Dieser „Aktive Schall-druckblocker“ arbeitet mit einem Referenzmikrofon, das den Lärm an der Quelle misst, sowie mit Lautsprechern und Mikrofonen direkt am Fensterrahmen. An zwanzig im Raum verteilten Messpunkten wurde hiermit der Lärm im Frequenzbereich zwischen 80 Hz und 480 Hz im Mittel deutlich (um 16 dB) reduziert.

Vom Labor in den Alltag

Zurzeit wird mit der Firma Adaptronics International GmbH an weiteren praxisrelevanten Aspekten gearbeitet. Neben der Integration der Lautsprecher und Mikrofone in den Fensterrahmen soll das Referenzmikrofon entfallen. Bei diesem neuen Regelungskonzept wird intern ein Referenzsignal aus dem Fehlersignal erzeugt. Weil dadurch Verzögerungen im generierten Signal gegenüber dem Lärmsignal entstehen, ist eine hohe Ausführungsrate noch wichtiger. Diese konnte bei gleicher Kanal-

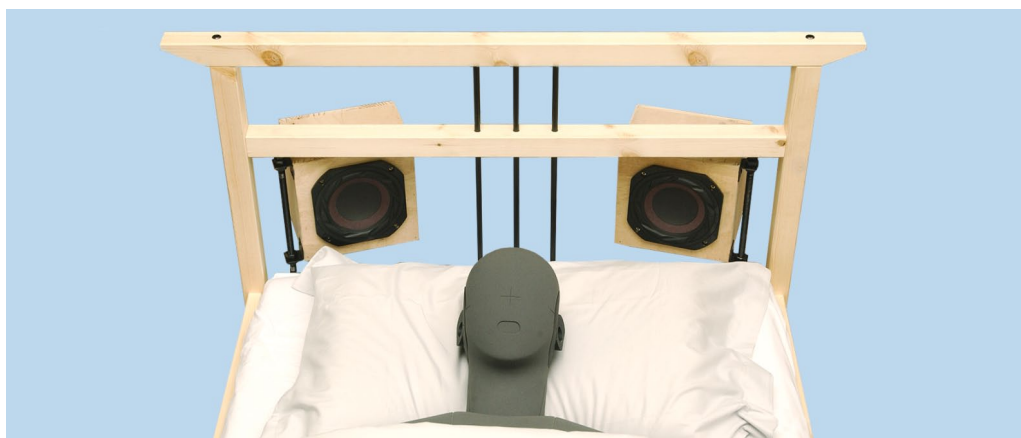


Abbildung 4: Gegenschall-System direkt am Bettende (Erste Projektphase).

anzahl bereits von 2 kHz auf 8 kHz gesteigert werden, jedoch ist die Anzahl der Filterkoeffizienten noch nicht ausreichend. Aktuelle Arbeiten behandeln daher gerade die Aufteilung des Regelungsalgorithmus auf alle vier Kerne des DS1006 Boards. Des Weiteren erfolgt die Untersuchung von Reglerkonzepten, die Modellanteile im Frequenzbereich

berechnen. Dadurch wird es möglich sein, die Anzahl der Filterkoeffizienten zu steigern und die Qualität der Regelung weiter zu verbessern. ■

*Jan Foht,
Sergej Jukkert,
Dr. Delf Sachau,
Helmut-Schmidt-Universität/Universität
der Bundeswehr Hamburg*

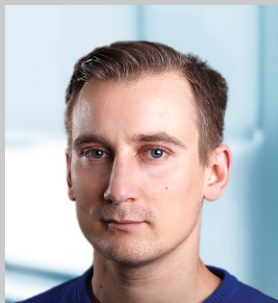
Jan Foht

Jan Foht ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Mechatronik der Helmut-Schmidt-Universität/Universität der Bundeswehr Hamburg und bearbeitet schwerpunktmäßig Projekte zur aktiven Schallreduktion bei Flugzeugen.



Sergej Jukkert

Sergej Jukkert ist wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Mechatronik der Helmut-Schmidt-Universität/Universität der Bundeswehr Hamburg und bearbeitet aktuell das vorgestellte Projekt.



Dr. Delf Sachau

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Delf Sachau leitet die Professur für Mechatronik an der Helmut-Schmidt-Universität, Universität der Bundeswehr Hamburg, Deutschland.



Stromer stürmt Gipfel

Das Elektro-Rennfahrzeug MiEV Evolution II
fährt mit Serientechnik zum Erfolg



Dass ein Elektroauto keine behäbige „Öko-Schnecke“ ist, beweist Mitsubishi beim anspruchsvollen US-Bergrennen Pikes Peak. Basierend auf der Serientechnik des i-MiEV, bringt der Automobilhersteller mit dem MiEV Evolution II ein elektrisches Energiebündel auf die Strecke, das im Renneinsatz eine beachtliche Leistung liefert. Als Kommandozentrale für die elektronischen Regelungen fungiert eine MicroAutoBox II.





Abbildungen 1-4, von oben nach unten: Abstimmung der Regler auf der MicroAutoBox; Das Rennteam für das Pikes-Peak-Rennen; Die Fahrer Greg Tracy (links) und Hiroshi Masuoka (rechts) mit den Pokalen für die Plätze 2 und 3; Der MiEV Evolution II auf der Rennstrecke

Das Bergrennen Pikes Peak

Mit der speziellen Rennversion MiEV Evolution II auf Basis des elektrischen Straßenfahrzeugs i-MiEV trat der Autohersteller Mitsubishi beim legendären Bergrennen Pikes Peak in den USA an. Bereits seit 1916 stürmen Rennautos dem Gipfel des 4.300 Meter hohen Berges im US-Bundesstaat Colorado entgegen und überwinden auf ihrer kurvenreichen Fahrt 1.500 Höhenmeter. Dabei müssen die Fahrer und Fahrzeuge auch klimatische Herausforderungen meistern: Luftdruck, Witterung und Temperatur ändern sich während des Gipfelsturms im Zeitraffer-Tempo.

Erfahrene Rennpiloten

Die Fahrer Hiroshi Masuoka (Japan) und Greg Tracy (USA) pilotierten die beiden Renn-Prototypen. Der Japaner ist eine echte Größe im Motorsport – so ist er nicht weniger als 21 Mal bei der Rallye Dakar gestartet und hat die Wüstenrallye 2002 und 2003 in Folge gewonnen. Greg Tracy steht dem als sechsfacher Pikes-Peak-Sieger auf dem Motorrad in nichts nach.

Die Serie als Basis

Im Mitsubishi MiEV Evolution II kommen – wie schon 2012 im i-MiEV Evolution – viele Serienteile aus Produktionsfahrzeugen zum Einsatz, die

mit speziell entwickelten Hochleistungsselektromotoren und -batterien kombiniert werden. Die Karosserie besteht aus Kunststoff-Karbon und wurde den Erfordernissen an ein Rennfahrzeug angepasst, das heißt, sie ist extrem leicht und hat eine herausragende Aerodynamik.

Antrieb und Leistung

Angetrieben wird der MiEV Evolution II von vier Elektromotoren, jeweils zwei vorne und hinten mit einer Gesamtleistung von 400 kW (544 PS). Aufgrund der Erfahrungen aus dem Rennen des vergangenen Jahres wurde in diesem Jahr die Fahrdynamikregelung S-AWC (Super All-Wheel Control) mit Kurven- und Stabilitätskontrolle integriert. Sie steuert die Antriebs- und Bremskräfte an jedem Rad einzeln, bringt so die Kraft sicher auf die Rennstrecke und sorgt gleichzeitig für höchste Fahrdynamik. Neben den Slicks, die 2013 zum ersten Mal zugelassen waren, sorgten auch aerodynamische Maßnahmen an der Karosserie für hohe Abtriebskräfte bei reduziertem Luftwiderstand.

Zentrale Steuerung

Um die neuen Regelalgorithmen schnell im Fahrzeug zu implementieren, nutzte Mitsubishi das Prototyping-System MicroAutoBox II von dSPACE. Sie fungiert als zentrale Steuereinheit. Die MicroAutoBox II

„Die MicroAutoBox ist kompakt und zuverlässig und daher optimal geeignet für den anspruchsvollen Einsatz im Fahrzeug. Wir konnten die Box bedenkenlos im Pikes-Peak-Rennen einsetzen, bei dem das Fahrzeug in 10 Minuten 1.500 Höhenmeter zurücklegen musste.“

Tetsuya Furuichi, Assistant Manager, EV System Advanced Research, EV Component Research Department, Development Engineering Office, MITSUBISHI MOTORS CORPORATION



ist im MiEV Evolution II integriert und steuert die vier elektrischen Motoren und Bremssysteme. Sie berechnet anhand von Informationen, die von zahlreichen Sensoren und Steuergeräten erfasst werden, das Verhalten von Motor und Antriebsbatterie. Somit optimiert die MicroAutoBox die Steuerung der vier Elektromotoren und Bremssysteme und gewährleistet sichere und stabile Bedingungen für den Betrieb des MiEV Evolution II im Hochgeschwindigkeitsbereich. Das Seriensteuergerät des i-MiEV übernimmt das Batteriemangement.

Eindrucksvolle Ergebnisse

Das Konzept des MiEV Evolution II überzeugt. Die eindrucksvolle Platzierung (Plätze 2 und 3) beim Pikes Peak 2013 in der Elektrofahrzeug-Wertung sprechen eine deutliche Sprache. Das leistungsstarke Rennfahrzeug bietet einerseits die Möglichkeit zur Weiterentwicklung und liefert andererseits wertvolle Erkenntnisse aus der Renn Erfahrung für die Entwicklung der elektrischen Straßenfahrzeuge. Eine Win-Win-Situation für die Elektromobilität. ■



Video:
Vorstellung der Rennstrecke
www.youtube.com/watch?v=ub6l2CTu6co

Technische Daten MiEV Evolution II

Länge	4.870 mm
Breite	1.900 mm
Höhe	1.390 mm
Radstand	2.700 mm
Antrieb	Allrad (vorn: Sperrdifferential, hinten: rechts/links unabhängig angetrieben)
Motor/Umrichter (von Meidensha)	Upgrade von Hardware und Regelsoftware auf Basis des i-MiEV
Maximaleistung/drehmoment	400 kW/800 Nm (100 kW/200 Nm x 4)
Batterie (von LEJ)	Advanced Prototype 50 kWh
Karosserie	Spezieller Rohrrahmen
Motorhaube (von Toray)	Kunststoff-Karbon (CFRP)
Federung	Doppelquerlenkeraufhängung vorne und hinten
Lenkassistent	C-EPS (Servoeinheit im Lenkstrang) (für Outlander)
Reifengröße (von Dunlop)	260/660R18

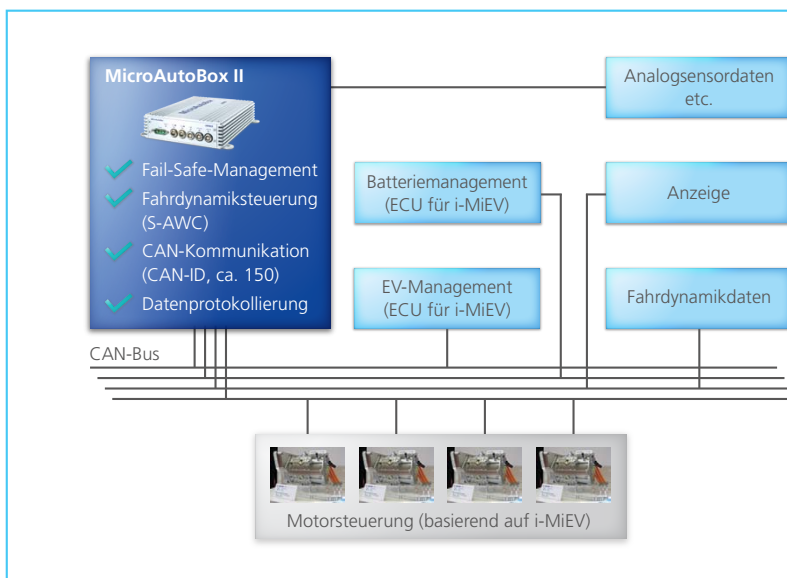


Abbildung 5: Schematische Darstellung des Regelsystems basierend auf der MicroAutoBox II.




„Mit dem dSPACE Prototyping-System konnten wir das integrierte Fahrdynamiksystem für den MiEV Evolution II in kürzester Zeit entwickeln.“

Akira Hashizaka, EV/Powertrain System Design, EV/Powertrain System Engineering Department, Development Engineering Office, MITSUBISHI MOTORS CORPORATION

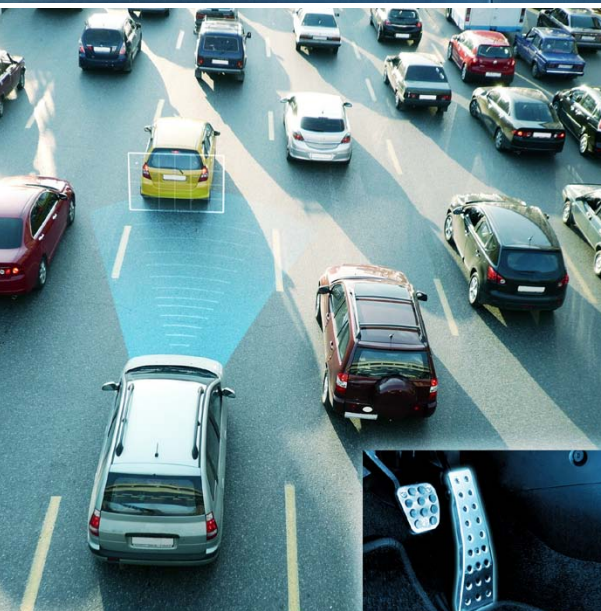


Für die Absicherung moderner Fahrerassistenzsysteme sind aufeinander abgestimmte Werkzeuge für Simulation, Test und Visualisierung unverzichtbar. Entwickler benötigen die Möglichkeit, Eigenschaften des zu testenden Fahrzeugs, Straßennetzwerke, Umgebungsverkehr und Steuergeräte schnell und einfach zu modellieren sowie Fahrmanöver realitätsnah zu visualisieren. Mit den Automotive Simulation Models (ASM), ModelDesk und MotionDesk bietet dSPACE eine abgestimmte Werkzeugkette für diese Aufgaben an.



Leistungsfähige Werkzeugkette für die Absicherung
von Fahrerassistenzsystemen

Alles im Blick



Wachsende Anforderungen

Steigende Sicherheits- und Komfortansprüche stellen die Automobilindustrie vor große Herausforderungen. Eine Antwort darauf ist der zunehmende Einsatz moderner Fahrerassistenzsysteme, die einen entscheidenden Beitrag zur Erhöhung der Verkehrssicherheit leisten und den Fahrer bei alltäglichen Routineaufgaben entlasten. Bedingt durch verpflichtende Vorgaben auf europäischer Ebene und durch verschärfte Euro-NCAP-Bewertungskriterien, werden Automobilhersteller zukünftig vermehrt aktive Sicherheitsfunktionen in unterschiedliche Fahrzeugklassen einführen. Im Fokus der entsprechenden Entwicklungen stehen dabei u.a. kamera- und radarbasierte Assistenzsysteme, die permanent die Fahrzeugumgebung überwachen, den Fahrer bei Fahrmanövern unterstützen, vor gefährlichen Situationen warnen oder selbst in Sekundenbruchteilen autonom reagieren. Typische Beispiele für derartige Systeme sind der Notbrems-, Spurhalte- und Kreuzungsassistent sowie die adaptive Abstands- und Geschwindigkeitsregelung, um nur einige zu nennen.

Euro NCAP

Eine neue Herausforderung für die Automobilhersteller sind strengere

Bewertungskriterien beim Euro NCAP (European New Car Assessment Programme – Europäisches Neuwagen-Bewertungsprogramm). Das Programm wurde von europäischen Verkehrsministerien, Automobilclubs und Versicherungsverbänden ins Leben gerufen und bewertet unter anderem anhand von Crashtests die Sicherheit von neuen Fahrzeugmodellen mit einem Fünf-Sterne-System. Diese Sicherheitsbewertung setzt sich aus vier Teilbereichen zusammen: Insassenschutz für Erwachsene und Kinder, Fußgängerschutz und unterstützende Sicherheitssysteme. Als Voraussetzung für das Erreichen der maximal möglichen fünf Sterne ist es geplant, die Gewichtung von aktiven Sicherheitssystemen zur Unfallvermeidung stark zu erhöhen. Konkret werden in der Bewertung ab 2014 der Fahrspurhalteassistent und der automatische Notbremsassistent für den innerstädtischen Einsatz (AEB City) und den Überland-einsatz (AEB Inter-Urban) berücksichtigt. Ab 2016 wird dann der Notbremsassistent mit Fußgängererkennung folgen (AEB Pedestrian).

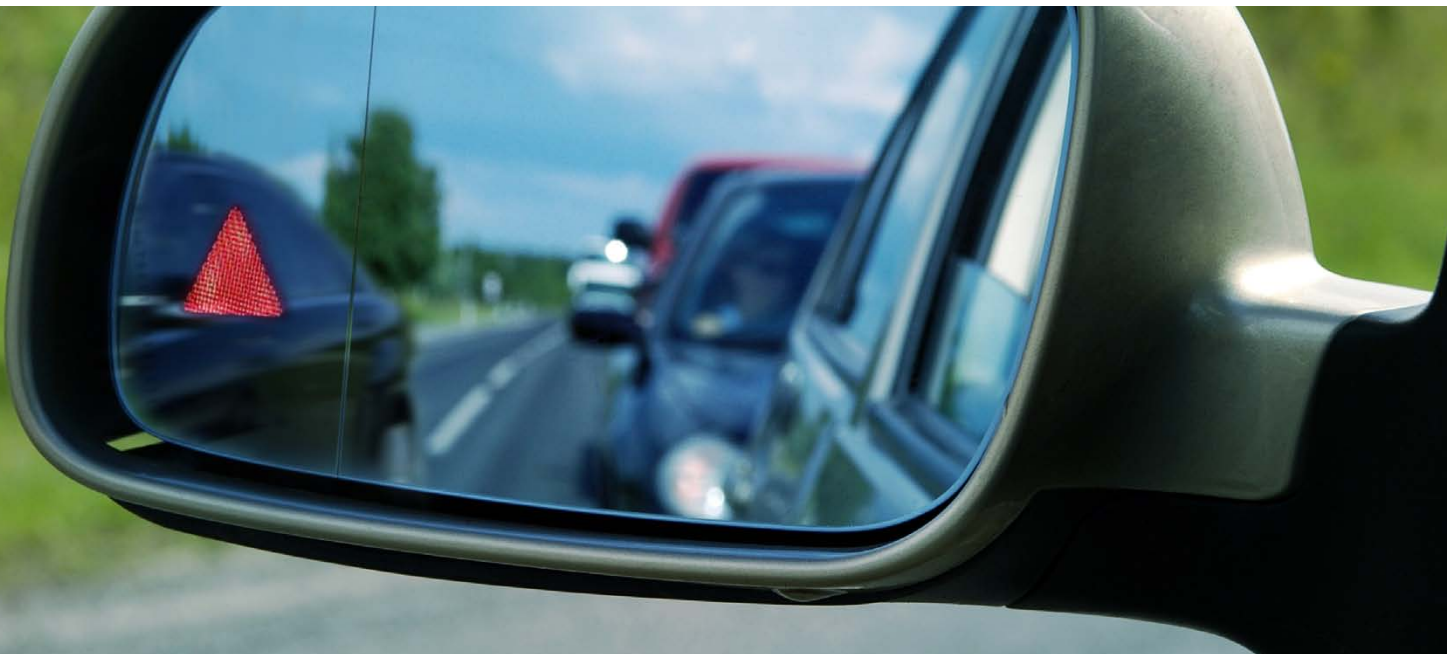
Die konkreten Herausforderungen

Auf Basis einer vereinheitlichten Software und eines skalierbaren Baukastens können Automobilher-

steller zukünftig Fahrerassistenzsysteme in verschiedene Fahrzeugklassen einführen. Neue und innovative Funktionen ergeben sich zum Großteil aus der weiteren Vernetzung existierender Systeme und der Ergänzung um zusätzliche Komponenten. Dabei können diese Systeme zum Beispiel auf die Motorsteuerung, die Lenkung und die Bremse aktiv einwirken. Für die funktionale Absicherung in der Simulation ist es daher

notwendig, echtzeitfähige Modelle zur Nachbildung des Fahrzeuggesamtverhaltens zur Verfügung zu haben. Wichtig in diesem Zusammenhang ist die Möglichkeit, unterschiedliche Fahrzeugklassen und -varianten durch entsprechend flexible Simulationsmodelle abbilden zu können. Eine besondere Herausforderung bei der Realisierung entsprechender Fahrerassistenzsysteme ist es, die Daten der unterschiedlichen Sensoren (zum

Beispiel von Radar- und Kamera-Sensoren) zu fusionieren und darauf aufbauend in Sekundenbruchteilen zuverlässige Entscheidungen zu treffen. Dafür muss das Zusammenspiel der Umfellsensoren mit der Steuergeräte-Software unter realistischen Bedingungen im Labor getestet werden. Insbesondere für die Absicherung von kamerabasierten Fahrerassistenzsystemen mittels Kamera-in-the-Loop-Simulation ist es wesentlich, in



Echtzeit und mit möglichst geringer Latenz ein realitätsnahes Abbild der Fahrzeugumgebung visualisieren zu können, so dass die von den einzelnen Umfeldsensoren oder den entsprechenden Sensormodellen erkannten Objekte zeitlich exakt miteinander korrelieren. Auf diese Weise kann das Verhalten der Fahrerassistenzfunktionen und der vernetzten Steuergeräte im Labor nachhaltig abgesichert werden. Um den Gesamtaufwand bei der Umsetzung der Tests handhabbar zu gestalten, ist es dabei wichtig, die jeweiligen Testszenarien mit Straßennetzwerk, Verkehr, Verkehrsinfrastruktur und Randbebauung möglichst einfach und schnell erstellen zu können. Eine entsprechende Werkzeugkette sollte dabei geeignete Lösungen für eine Vielzahl von Fahrerassistenzanwendungen bereitstellen. Die hohe Innovationsrate in diesem Bereich erfordert zudem die Möglichkeit, kundenspezifische Komponenten wie dedizierte Sensormodelle einfach integrieren zu können.

Die Lösung: Maßgeschneiderte Werkzeugkette für die Absicherung von Fahrerassistenzanwendungen

Für die beschriebenen Herausforderungen bietet dSPACE eine maßgeschneiderte und umfassende Werkzeugkette an. Es besteht daher nicht der Bedarf, Werkzeuge von Drittanbietern zu integrieren, zum Beispiel für die Visualisierung der Fahrzeugumgebung, wodurch häufig zusätzliche Latenzzeiten bei der Kommunikation mit der Simulationsplattform entstehen.

Simulationsmodelle

Mit den dSPACE Automotive Simulation Models (ASM) steht eine Vielzahl von offenen, in MATLAB®/Simulink® erstellten Modellen für die Simulation von Fahrzeugen (Motor, Antriebsstrang, Fahrdynamik, elektrische Komponenten) und der Umgebung

Zusammenspiel von ASM, ModelDesk und MotionDesk

In diesem Beispiel werden mit Hilfe von ModelDesk auf Basis eines realen Luftbildes eine Verkehrskreuzung und ein Testszenario für den Notbremsassistenten aufgebaut. Dazu werden exemplarisch zwei Umgebungssensoren (für den Radarsensor und die Monokamera) am Fahrzeugmodell konfiguriert. Die verschiedenen Perspektiven in MotionDesk dienen zur Plausibilisierung des Testszenarios. Zur Stimulation der Monokamera für den Kamera-in-the-Loop-Test im Labor kann zudem ein Blickwinkel erzeugt werden, der exakt dem des im realen Fahrzeug verbauten bildverarbeitenden Steuergeräts entspricht. MotionDesk ist dabei in der Lage, stabile Frame-Raten von z.B. 60 Hz zu generieren.

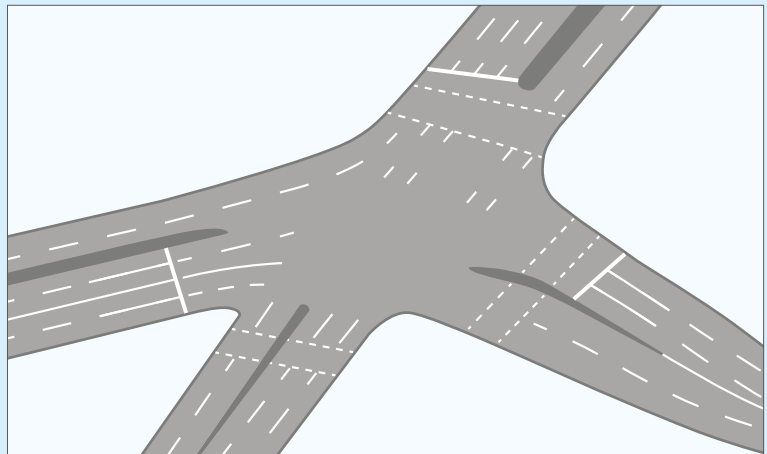


Abbildung 1: Grafik einer komplexen Kreuzung als Basis für das Testszenario.

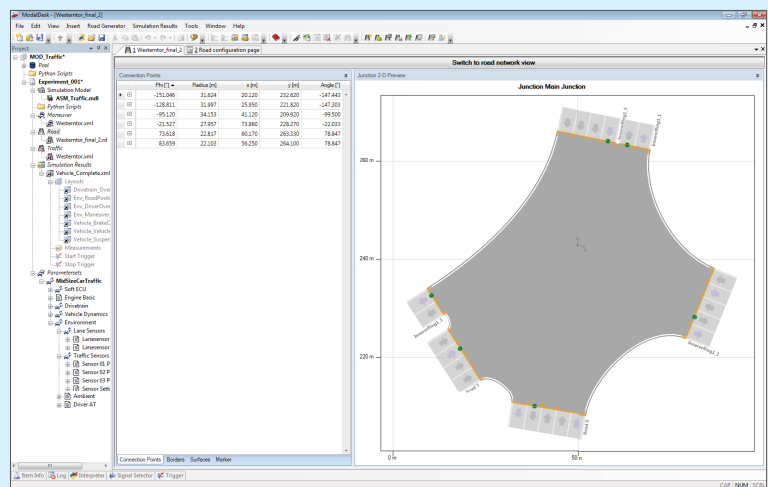


Abbildung 2: Modellierung der entsprechenden Kreuzung in ModelDesk. Ein Straßennetzwerk kann entweder manuell erstellt oder automatisch mittels verfügbarer Road-Converter generiert werden, zum Beispiel für ADAS RP von Nokia/Here, OpenDrive- oder Messdateien mit GPS-Informationen von Realfahrten.

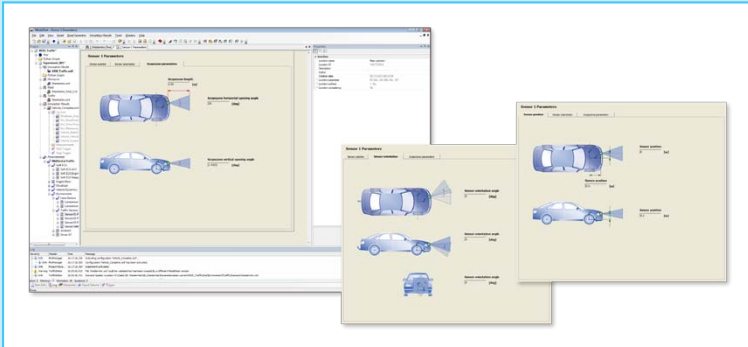


Abbildung 3: Modellierung der Sensorik des EGO-Fahrzeugs in ModelDesk.



Abbildung 4: Die Kreuzung aus verschiedenen Blickwinkeln in MotionDesk. Die Erfassungsbereiche der Monokamera und des Radarsensors sind beispielhaft orange bzw. blau visualisiert.

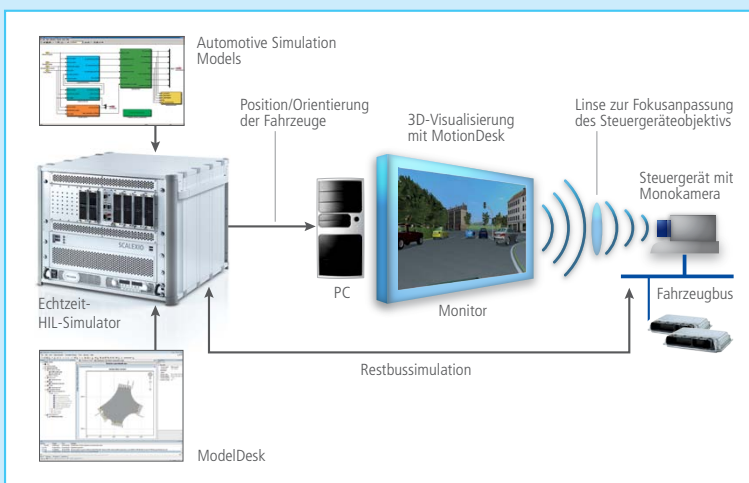


Abbildung 5: Schematischer Aufbau eines HIL-Simulators zum Testen von kamera- und radarbasierten Fahrerassistenzsystemen. Da das Objektiv der Frontkamera im realen Fahrzeug in der Regel auf weite Entfernungen scharf gestellt ist, kommt üblicherweise für den Labortest zusätzlich eine Linse zum Einsatz, um – ähnlich einer Lesebrille – den Schärfebereich der Kamera anzupassen.

(Straße, Verkehr, Verkehrsinfrastruktur, Randbebauung) zur Verfügung, die sowohl für die PC-Offline- als auch für die Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulation in Echtzeit maßgeschneidert sind. ASM bietet dabei Modelle für Personen- und Nutzfahrzeuge, die flexibel an die jeweilige Fahrzeugvariante adaptiert werden können.

Nutzfahrzeuge im Fokus

Da Notbrems- und Spurhalteassistenzsysteme seit Ende 2013 für neue Fahrzeugmodelle im Nutzfahrzeugbereich gesetzlich vorgeschrieben sind, werden insbesondere auch die Lkw-Simulationsmodelle in ASM geschätzt, die sich zum Beispiel hinsichtlich der Anzahl der Achsen, der Bereifung (Einfach- oder Doppelbereifung) und der Anhänger-/Aufliegerkonfiguration flexibel, d.h. ohne erneute Code-Generierung, für automatisierte Tests anpassen lassen. Zur Umsetzung der abzusichernden Fahrmanöver wird zudem ein Fahrermodell für die Längs- und Querregelung des Fahrzeugs bereitgestellt. Die Modellkonfiguration und Parametrierung geschieht komfortabel über die grafische Bedienoberfläche ModelDesk (Kurzportrait, Seite 50).

Visualisierung

Zur 3D-Visualisierung von Fahrmanövern dient MotionDesk. Mit MotionDesk erfolgt auch der letzte Feinschliff an der Darstellung des zuvor zum Großteil in ModelDesk definierten Szenarios, beispielsweise durch Hinzufügen von Umgebungsobjekten wie Verkehrsschildern, Häusern und Randbebauungen aus einer entsprechenden Bibliothek per Drag & Drop. Mit MotionDesk lassen sich dann auch die Testszenarien in einer realistischen 3D-Animation in Echtzeit darstellen, beispielsweise zur Stimulation von bildverarbeitenden Steuergeräten beim Kamera-in-the-Loop-Test von Fahrerassistenzsystemen.

Die aktuell verfügbare Werkzeugkette



dient unter anderem zur Absicherung der folgenden Anwendungen:

- Fahrspurassistent
- Notbremsassistent
- Stauassistent
- ACC, ACC Stop & Go
- Totwinkelassistent
- Einparkassistent
- Verkehrszeichenassistent
- AEB City und Inter-Urban
- Kreuzungassistent

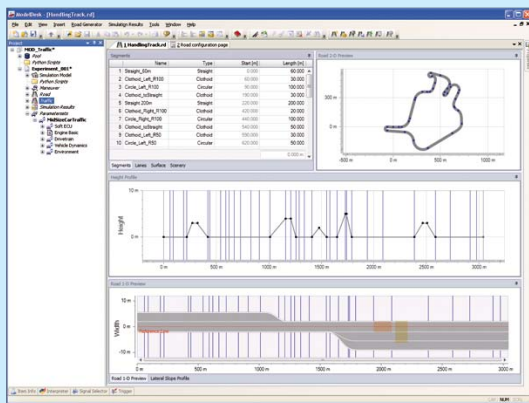
Mit den dSPACE Releases in 2014 werden zudem weitere Anwendungen mit dedizierten Erweiterungen in den entsprechenden Werkzeugen adressiert. Geplant sind unter anderem:

- Bau-/Engstellenassistent
- Systeme mit Fußgängererkennung (z.B. AEB Pedestrian)
- Car2x-Anwendungen

Nicht verfügbare Steuergeräte einbinden

Moderne Fahrerassistenzsysteme wechselwirken oft mit mehreren Steuergeräten gleichzeitig (Motor, Bremse, Lenkung etc.), für die die Steuergeräte-Software in frühen Entwicklungsphasen häufig noch nicht verfügbar ist. Um dennoch die zugehörigen Tests möglichst frühzeitig entwickeln und plausibilisieren zu können, sind die Reaktionen dieser

Kurzportrait ASM/ModelDesk



simulation in ASM die Möglichkeit, das Verhalten von mehreren unabhängigen Verkehrsteilnehmern zu definieren, das Testfahrzeug mit Sensoren zur Objekterkennung auszustatten und die Fahrerassistenzfunktion mittels virtueller Testfahrten zu erproben.

Entscheidend bei der Entwicklung moderner Fahrerassistenzsysteme ist, die Reaktion des Fahrzeugs auf andere Verkehrsteilnehmer und die Verkehrsinfrastruktur simulieren zu können. Dies setzt voraus, dass das Fahrzeug mit verschiedenen Umgebungssensoren ausgestattet und die Verkehrs Umgebung mit Fremdfahrzeugen, Beschilderungen und Randbebauungen entsprechend der jeweiligen Anwendung schnell und einfach aufgebaut werden kann. Dazu bietet das Verkehrsumgebungsmodell im Zusammenspiel mit der Fahrdynamik-

Dabei werden verschiedenste Szenarien wie fließender, entgegenkommender oder kreuzender Verkehr, Stop & Go oder das Auffahren auf ein Stauende unterstützt. Mittels eines Umfeldsensormodells wird überprüft, ob sich Fahrzeuge oder Fußgänger im definierten Erfassungsbereich befinden. Dieses Sensormodell erlaubt die Simulation von zum Beispiel Radar-, Kamera- und Ultraschallsensoren. Daneben stehen anwendungsspezifische Modelle zur Verfügung, beispielsweise zur Erkennung von Fahrspuren. Da die ASM offene Simulink-

Modelle sind, besteht jederzeit die Möglichkeit, nutzerspezifische Modellanteile zu integrieren. ModelDesk ist die grafische Benutzeroberfläche für die intuitive Parametrierung und Parametersatzverwaltung der Automotive Simulation Models (ASM). Mit ModelDesk lassen sich ganze virtuelle Fahrzeuge oder auch einzelne Komponenten wie Antriebsstrang oder Fahrwerk parametrieren. Auch die Parameter der nutzerspezifischen Modellanteile können verwaltet werden. Straßennetze, individuelle Straßen einschließlich der Fahrspuren und Fahrmanöver lassen sich definieren. Dabei besteht die Möglichkeit, Straßenverläufe automatisch zu erstellen, zum Beispiel durch Import von realen Messdaten oder durch Übernahme von Kartendaten. ModelDesk unterstützt zudem den OpenDRIVE-Standard zur Beschreibung von Straßennetzen und die automatische Generierung der Randbebauung für eine passende Darstellung in MotionDesk. Der Traffic Editor ist die Benutzeroberfläche, mit der sich Verkehrsszenarien äußerst flexibel definieren lassen.



Das Frontloading von Tests im Entwicklungsprozess moderner Fahrerassistenzsysteme wird durch die dSPACE Werkzeugkette maßgeblich unterstützt.

Steuergeräte in geeigneter Weise zu berücksichtigen. Dazu bieten die ASM von dSPACE so genannte Soft-ECUs, d.h. Verhaltensmodelle für nicht real existierende Steuergeräte. Und für den Fall, dass die Steuer-

geräte-Software (in Teilen) bereits existiert, möglicherweise auch nur in Form von Objektcode, lässt sich auf Basis der verfügbaren Software-Komponenten mit Hilfe der dSPACE Offline-Simulationsplattform VEOS®

ein virtuelles Steuergerät konstruieren. Mit VEOS können dann am PC automatisierte Tests und Versuchsfahrten realitätsnah durchgeführt werden. ■

Kurzportrait MotionDesk



Seit mehr als 10 Jahren ist MotionDesk das bewährte Visualisierungswerkzeug von dSPACE, um das Verhalten eines Fahrzeugs in definierten Umgebungen für Fahrdynamik- und Fahrerassistenzszenarien darzustellen. MotionDesk visualisiert Fahrmanöver in einer virtuellen 3D-Welt. Auf diese Weise wird das Verhalten eines simulierten Systems anschaulich und verständlich. MotionDesk liest dazu die Daten von einem dSPACE Simulator, der virtuellen Absiche-

rungsplattform dSPACE VEOS® oder MATLAB®/Simulink® und animiert bewegliche Objekte (Fahrzeug, Räder, Lenkrad etc.) in Echtzeit. Die Visualisierung vermittelt Entwicklern und Testingenieuren ein klares Bild darüber, wie sich die simulierten Objekte tatsächlich verhalten. Zum Beispiel kann der Multi-track-Modus mehrere Simulationen optisch zu einer gemeinsamen Animation überlagern. Diese Methode eignet sich optimal für Referenzver-

gleiche, wo unterschiedliche Fahrdynamikstrategien miteinander verglichen werden können. Die neueste, komplett überarbeitete MotionDesk-Version wurde speziell um viele nützliche Funktionen für die Entwicklung moderner Fahrerassistenzsysteme (ADAS) erweitert. MotionDesk kann wechselnde Wetterbedingungen simulieren (z.B. Regen- und Schneefall) und bietet eine realitätsgetreue Schattenbildung.

Auch komplexe Szenen können mit einer konstanten Bildwiederholrate, zum Beispiel 60 Bilder pro Sekunde, ausgegeben werden. Die umfangreiche 3D-Objektbibliothek u.a. mit Verkehrszeichen, Häusern, realitätsnahen Umgebungsobjekten und länderspezifischen Ausprägungen ermöglicht einen einfachen Szenenaufbau durch Auswählen und Positionieren von Objekten. Objekteigenschaften lassen sich zudem frei bearbeiten und beispielsweise in Größe, Position oder Drehung verändern. Auf diese Weise sind in kurzer Zeit aussagekräftige realitätsnahe Umgebungen definierbar.

Klassischerweise kommen bei der Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulation reale Steuergeräte-Prototypen zum Einsatz, um die korrekte Funktion der Steuergeräte-Software zu testen. Mittels virtueller Absicherung und der zusätzlichen Verwendung virtueller Steuergeräte werden die Effizienz und die Testqualität der HIL-Simulation weiter gesteigert.

Virtuelle Absicherung zur Vorbereitung der HIL-Simulation

Die virtuelle Absicherung beschreibt den Einsatz der PC-basierten Simulation für die Validierung, die Verifikation und den Test von Steuergeräte-Software. Sie bietet für die HIL-Simulation zum einen die Möglichkeit, Testscenarien vorab auf einer PC-basierten Simulationsplattform zu erstellen und zu validieren sowie das Simulationsmodell zu konfigurieren. Zum anderen können unter Verwendung virtueller Steuergeräte (Virtual Electronic Control Units, V-ECUs) erste Testscenarien durchlaufen werden. Ohne Verbindung zu einem realen, physikalischen System lassen sich so auf dem PC Open-Loop- und Closed-Loop-Tests von Steuergeräte-Software

und Streckenmodell durchführen, um Fehler aufzuspüren und dadurch die Qualität der Steuergeräte-Software bereits vor der eigentlichen HIL-Simulation zu steigern. Durch diese Vorverlagerung von Testerstellung und Testvorbereitung wird die Zeit am HIL-Simulator effizienter genutzt¹⁾.

Ausprägung und Erstellung virtueller Steuergeräte

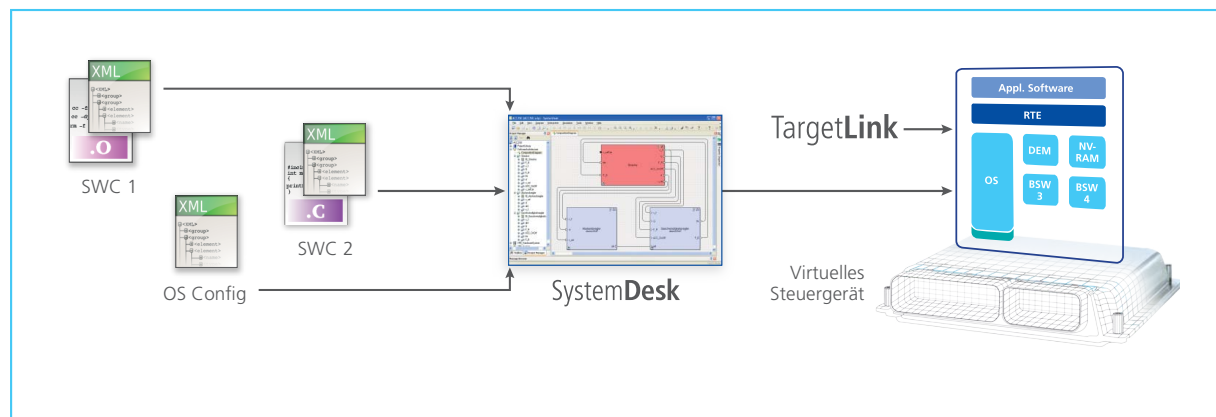
V-ECUs bieten die gleichen Funktionen und Software-Komponenten wie die finalen Steuergeräte. Sie können in verschiedenen Ausprägungen erstellt werden:

- mit einzelnen AUTOSAR-Steuergerätfunktionen,
- mit mehreren oder allen AUTOSAR-

Applikationssoftware-Komponenten,

- mit der komplett integrierten und konfigurierten Applikationssoftware, der Runtime-Environment (RTE), dem Betriebssystem und hardwareunabhängiger Basis-Software.
- V-ECUs werden mit dSPACE SystemDesk® direkt aus einer bestehenden Software-Architektur, basierend auf AUTOSAR generiert (siehe Artikel „Umfassend integriert“, Seite 56). Des Weiteren können sie auch aus einem Funktionsmodell in Simulink® oder TargetLink® generiert werden (Abbildung 1). Die erzeugten V-ECUs sind sowohl mit dSPACE VEOS® für die PC-basierte Simulation nutzbar oder in der HIL-Simulation mit SCALEXIO®.

Abbildung 1: Mit SystemDesk und TargetLink können virtuelle Steuergeräte in verschiedenen Ausprägungen generiert werden.





Neue Möglichkeiten
für die Hardware-in-the-Loop-Simulation

Virtuelle Steuergeräte im Einsatz

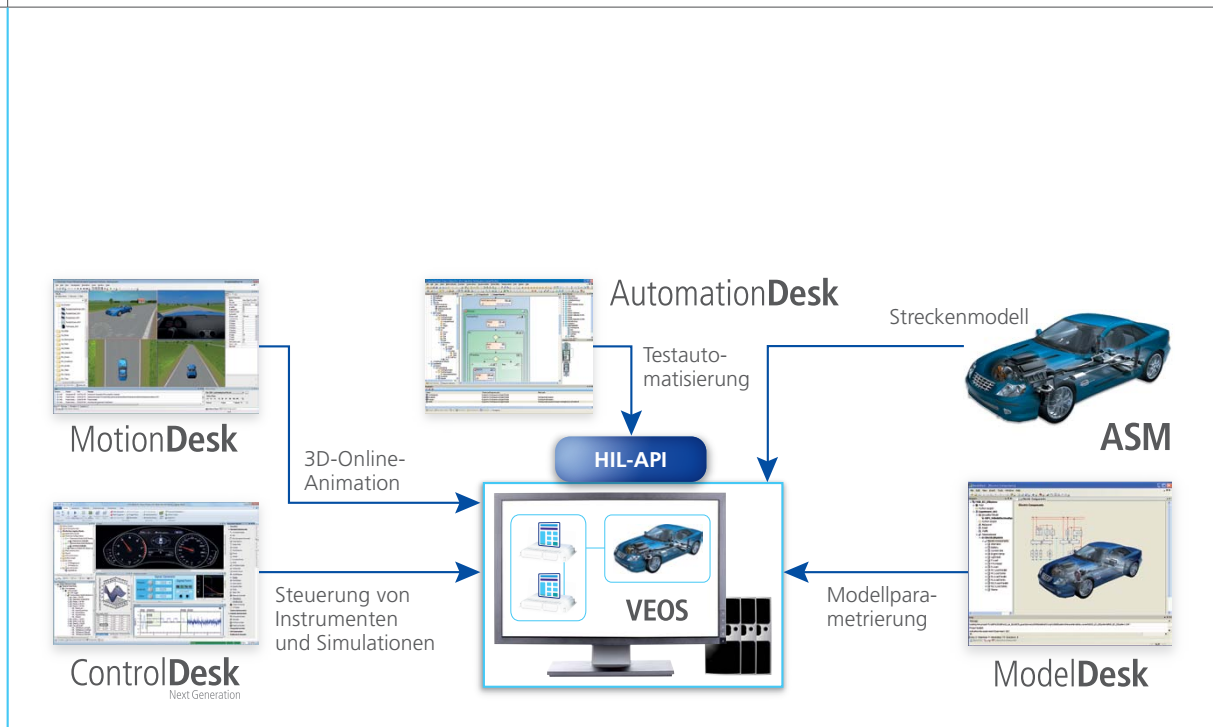


Abbildung 2: Mit VEOS lassen sich Testszenarien ohne HIL-Simulator entwerfen, vorbereiten und testen.

dSPACE VEOS

Die Simulationsplattform VEOS erlaubt bereits in frühen Entwicklungsphasen eine PC-basierte Simulation einzelner Software-Komponenten und Steuergeräte sowie von Steuergeräte-Netzwerken. Offene Schnittstellen ermöglichen die Nutzung zusätzlicher Werkzeuge, beispielsweise ControlDesk® für die Instrumentierung und Steuerung, MotionDesk zur Visualisierung, AutomationDesk® für die Automatisierung des Simulationsablaufs oder auch Produkte von Drittanbietern. Anwender können so in ihrer gewohnten Arbeitsumgebung weiterarbeiten und bereits vorhandene Daten, Modelle, Layouts und Konfigurationen wiederverwenden.

Dieselben V-ECUs, Modelle, Layouts und Simulationsszenarien, die für VEOS erstellt und verwendet werden, lassen sich in der HIL-Simulation wiederverwenden, so dass sich der Vorbereitungsaufwand für HIL-Tests reduziert (Abbildung 3).

V-ECUs in der HIL-Simulation

Falls in einem HIL-Szenario ein notwendiger Teil des Steuergeräte-Netzwerks nicht als reale Steuergeräte-Hardware vorhanden ist, kann dieser in Form einer V-ECU verfügbar gemacht und für die HIL-Simulation genutzt werden. Hierfür muss die Steuergeräte-Software in Form von AUTOSAR Software-Komponenten vorliegen. Die V-ECU kann zusammen mit anderen Streckenmodellen über Simulink direkt in die HIL-Simulation integriert werden, so dass eine gesonderte, aufwendige Nachmodellierung des Software-Verhaltens in einem Verhaltensmodell entfällt. Durch diese Wiederverwendung von bereits vorhandenem Steuergeräte-Code spart der Anwender Entwicklungs- und Validierungsaufwand. Auf einem SCALEXIO-System lassen sich mehrere Simulink-Streckenmodelle und V-ECUs gleichzeitig ausführen. Die Konfiguration, d.h.

das Verbinden der Schnittstellen der V-ECUs mit dem Streckenmodell, erfolgt dabei komfortabel mit ConfigurationDesk®. Die Modelle und die Konfiguration werden getrennt gespeichert, so dass die Konfigurationseinstellungen erhalten bleiben, falls das Modell überarbeitet wird.

Dynamische Restbussimulation mit V-ECUs

Mit V-ECUs ist eine hochwertige Restbussimulation des CAN-Busses möglich. Ist das Testobjekt ein physikalisch vorhandenes Steuergerät in einem Closed-Loop-HIL-Test, werden klassisch in Verbindung mit der Restbussimulation Steuergeräte-Verhaltensmodelle erstellt, die Teil des Streckenmodells sind. Während für eine statische Restbussimulation keine Verhaltensmodelle notwendig sind, kann für eine dynamische Restbussimulation ein erheblicher Modellierungsaufwand erforderlich sein.

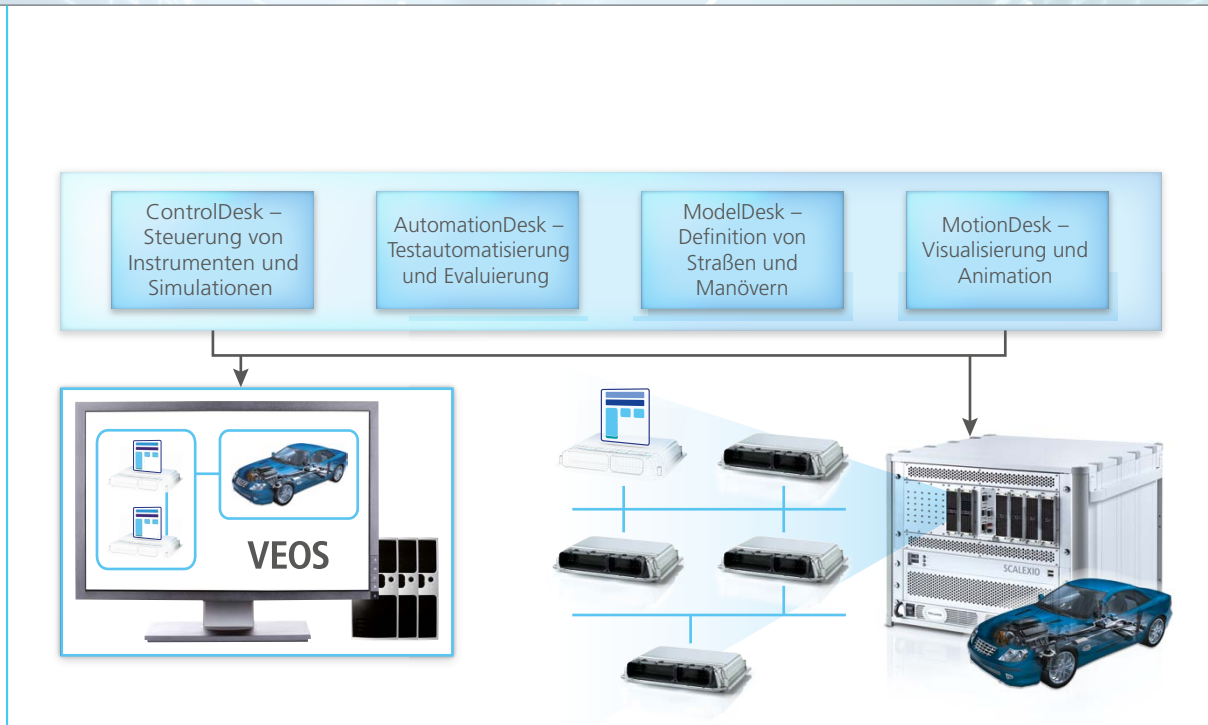


Abbildung 3: Wiederverwendung der gleichen Tool-Landschaft für VEOS und SCALEXIO.

Liegt die Steuergeräte-Software jedoch schon als V-ECU vor, kann diese Modellierung entfallen, da V-ECUs bereits Netzwerkkommunikationseinstellungen enthalten. Diese Konfiguration der V-ECUs basiert, wie bei der dSPACE Restbus-simulation üblich, auf DBC-, FIBEX- oder ARXML-Dateien. Die importierten V-ECUs lassen sich mit den physikalisch vorhandenen Busschnittstellen des SCALEXIO-Systems komfortabel in ConfigurationDesk® verbinden – ohne Änderung des Streckenmodells.

Werden in einem SCALEXIO-System V-ECUs als Teil der Restbussimulation für das Testobjekt (üblicherweise ein weiteres Steuergerät) verwendet, so lassen sich diese später ohne Veränderung des Streckenmodells durch reale Steuergeräte ersetzen. V-ECUs werden durch ASAP2-Dateien beschrieben, der Zugriff erfolgt über das XCP-Protokoll über Ethernet.

Damit sind alle Kalibrierwerkzeuge verwendbar, die diese Standards unterstützen, und Layouts und Testbeschreibungen können effizient übernommen werden.

Die Praxistauglichkeit der neuen Methodik wurde durch eine Pilotanwendung bei der Daimler AG bestätigt²⁾. ■

Weiterführende Literatur:

¹⁾ *Echte Tests für virtuelle Steuergeräte*, dSPACE Magazin, 1/2012, Seiten 46 - 49

²⁾ *Virtuelle Integration und Test von E/E-Fahrzeugsystemen*, ATZ Elektronik, 05/2013, Artur Honisch (Daimler AG), Dr. Karsten Krügel (dSPACE GmbH)



Fazit

Viele Aspekte des Steuergeräte-Echtzeitverhaltens und das Verhalten von Bussen lassen sich mit V-ECUs einfacher und gleichzeitig realistischer simulieren, indem Software-Anteile aus der Steuergeräte-Entwicklung wiederverwendet werden. So ist es möglich, bereits frühzeitig, vor der Verfügbarkeit des fertigen Steuergerätes, realitätsnahe Ergebnisse zu erzielen und die Funktionsqualität zu erhöhen. Die softwareseitige Konfigurierbarkeit der SCALEXIO-Systeme und die Möglichkeit der PC-basierten Vorabsimulation (Abbildung 2) helfen zudem dabei, Inbetriebnahme- und Rüstzeiten am HIL-Simulator zu verkürzen. Die neuen Technologien der virtuellen Absicherung und die Verwendung von V-ECUs finden so Einzug in bestehende Absicherungs- und Testprozesse für Steuergeräte-Software. dSPACE wird diese Integration weiter vorantreiben – mit dem Schwerpunkt auf der Wiederverwendbarkeit bestehender Hardware, Software und Modelle.

The AUTOSAR logo is displayed in a bold, black, sans-serif font. The letter 'O' is replaced by a red circle with a white center, resembling a target or a lens.

Komfortable AUTOSAR-konforme Entwicklung
mit SystemDesk

Umfassend integriert

Weltweit nutzen Software-Architekten dSPACE SystemDesk zur Erstellung der Architektur ihrer Steuergeräte-Software. Wichtige Gründe hierfür sind die übersichtliche, komfortable Handhabung während der Entwicklung und Konfiguration, die grafische Darstellung des Gesamtmodells sowie die einfache Integration in bestehende Werkzeugketten.

Seit seiner Ankündigung im Jahr 2003 ist der AUTOSAR-Standard zu einem wichtigen Bestandteil des Entwicklungsprozesses für Steuergeräte-Software geworden. Der Standard definiert Beschreibungsformate für Systemarchitekturen, Software-Komponenten und Schnittstellen und ermöglicht so einen sicheren und konsistenten Datenaustausch zwischen allen Beteiligten: zwischen Fahrzeugherstellern und ihren Zulieferern, zwischen Entwicklungsteams sowie zwischen unterschiedlichen Entwicklungswerkzeugen. 2007 veröffentlichte dSPACE seine Systemarchitektur-Software SystemDesk®. Bereits mit der ersten Version war SystemDesk ganz auf die AUTOSAR-Unterstützung ausgerichtet. Änderungen des Standards wurden seither in jeder folgenden SystemDesk-Version übernommen und die Software kontinuierlich weiterentwickelt. Die neue SystemDesk-Version 4.1 unterstützt zusätzlich zum AUTOSAR-Release R4.0 vollständig das AUTOSAR-R4.1-Datenmodell und integriert sich nahtlos in die AUTOSAR-basierte Entwicklung.

AUTOSAR-Entwicklungsprozess

Der AUTOSAR-basierte Entwicklungsprozess umfasst mehrere Prozessschritte (Abbildung 1), für die unterschiedliche, spezialisierte Software-Werkzeuge zum Einsatz kommen. Dank standardisierter Schnittstellen und Austauschformate interagieren die Werkzeuge miteinander und für den Anwender wird ein garantiert vollständiger Datenaustausch sichergestellt.

Der Entwicklungsprozess lässt sich grob in drei Schritte einteilen:

1. Erstellung der Software-Architektur, inklusive der einzelnen Software-Komponenten und Schnittstellen, mit SystemDesk.
2. Export der AUTOSAR-Beschreibungsdateien für die Software-Komponenten aus SystemDesk;

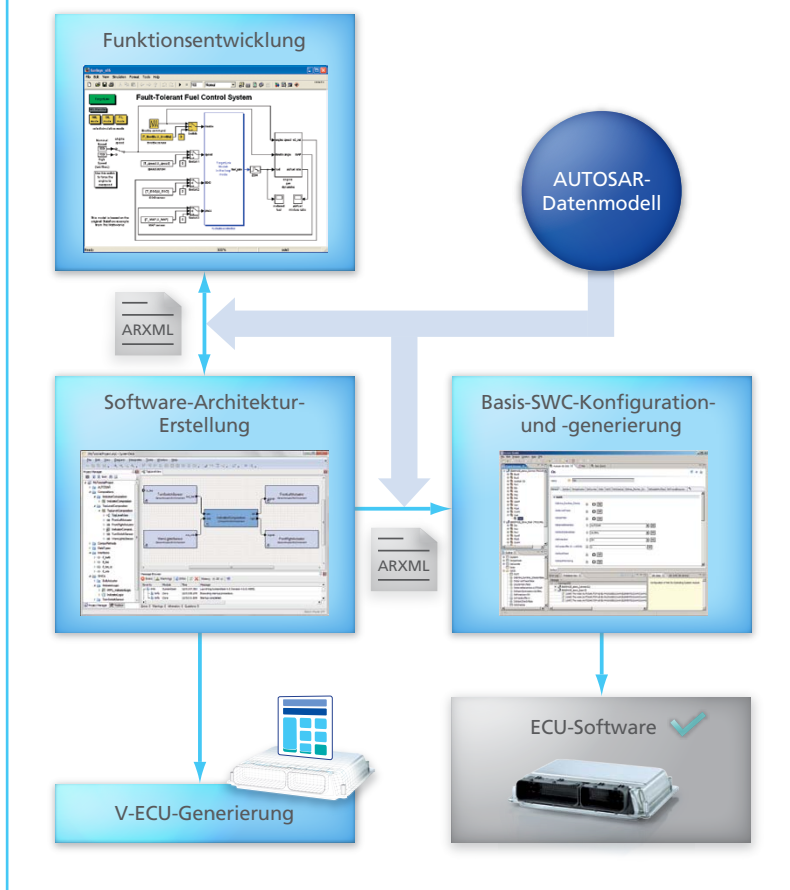


Abbildung 1: Mittels standardisierter Beschreibungsformate können Daten zwischen den beteiligten Werkzeugen iterativ ausgetauscht werden. Zudem lassen sich mit SystemDesk virtuelle Steuergeräte zur vorzeitigen Validierung generieren.

- Import in dSPACE TargetLink® zur Funktionsentwicklung; Integration der Funktionen in die Software-Komponenten in SystemDesk.
3. Export von Beschreibungsdateien für die Software-Architektur aus SystemDesk inklusive der Software-Komponenten; Konfiguration und Generierung der Basis-Software, zum Beispiel mit EB tresos® von Elektrobit.

Übersichtliche Handhabung durch strukturierte Diagramme und Dialoge

Für den Software-Architekten liegt eine Herausforderung bei der Entwicklung komplexer Systemarchitekturen darin, den Überblick über alle notwendigen Datenelemente,

Software-Komponenten und Verbindungen zu behalten. Diagramme in SystemDesk visualisieren die Architektur und erleichtern damit das Verständnis für Zusammenhänge und Abhängigkeiten. Zudem kann der Anwender verschiedene Sichten für sein System definieren, um einen strukturierten Zugang zur Software-Architektur oder Steuergeräte-Topologie zu erhalten. Konfigurationsdialoge präsentieren übersichtlich die mit einzelnen AUTOSAR-Elementen verbundenen Attribute. Zudem gewährleisten die Dialoge ein korrektes Format der eingegebenen Daten und sorgen automatisch dafür, dass die Beziehungen zwischen den Daten konsistent gehalten werden. Tabellarische Edi-

toren helfen bei der Eingabe vielfältiger Mapping-Informationen (Abbildung 2), z.B. der Abbildung von Software-Komponenten auf Steuergeräte oder von Datenelementen auf Systemsignale beim Daten-Mapping.

Import und Export von AUTOSAR-Beschreibungsdateien

Die Entwicklung einzelner Komponenten und Funktionen ist zumeist auf verschiedene Teams aufgeteilt. Um Projektinformationen problemlos untereinander auszutauschen und in den eigenen Arbeitsablauf integrieren zu können, ist die Einhaltung des AUTOSAR-Standards essentiell. Da SystemDesk 4.1 das AUTOSAR-Datenmodell vollständig unterstützt, ist ein verlustfreier Import und Export von AUTOSAR-Beschreibungsdateien gewährleistet. Zudem können abhängig vom Anwendungsfall Umfang und Inhalt exportierter Beschreibungen angepasst werden, beispielsweise für Systemarchitekturen mit einem

oder mehreren Steuergeräten, den Datenaustausch zwischen einem OEM und verschiedenen Zulieferern oder zum Export für Drittanbieter-Werkzeuge.

Validierung der Software-Architektur

AUTOSAR definiert zahlreiche Regeln und Einschränkungen, die der Software-Architekt beachten muss, um sein Modell korrekt zu erstellen. SystemDesk bietet einen integrierten Mechanismus, um Projekthinhalte gemäß diesen AUTOSAR-Regeln zu validieren. Dabei erfolgt auf Knopfdruck unter anderem eine Überprüfung auf Werte außerhalb des vorgegebenen Wertebereichs oder die passende Kompatibilität von Datentypen. Zusätzlich kann sich der Anwender aus den vorhandenen Regeln ein individuelles Set zusammenstellen oder neue Regeln entwickeln. Vorgefertigte Regeln in SystemDesk berücksichtigen zusätzlich Anforderungen für den Datenexport- und

-import zwischen SystemDesk und dem Seriencode-Generator dSPACE TargetLink oder mit EB tresos. Der Anwender erhält damit größtmögliche Sicherheit, dass die erstellten Beschreibungen von den nachgelagerten Werkzeugen korrekt verarbeitet werden können.

Automatisierung von Routineaufgaben

SystemDesk verfügt über eine offene API-Schnittstelle, mit der die Software-Architektur mit zusätzlicher Software oder individuell angepassten Skripten komfortabel bearbeitet werden kann. So lassen sich zahlreiche Aufgaben automatisieren:

- Erstellen der Projektstruktur für eine neue Software-Architektur
- Verbinden von Ports, die nach einem festgelegten Namensschema benannt sind
- Wiederkehrende Routineaufgaben
- Erstellen eines Berichts zum aktuellen Projekt

Abbildung 2: SystemDesk 4.1 bietet verschiedene Zugänge für die AUTOSAR-Daten wie Projektbaum, Diagramm mit Software-Komponenten, Dialog mit Mapping-Editor.

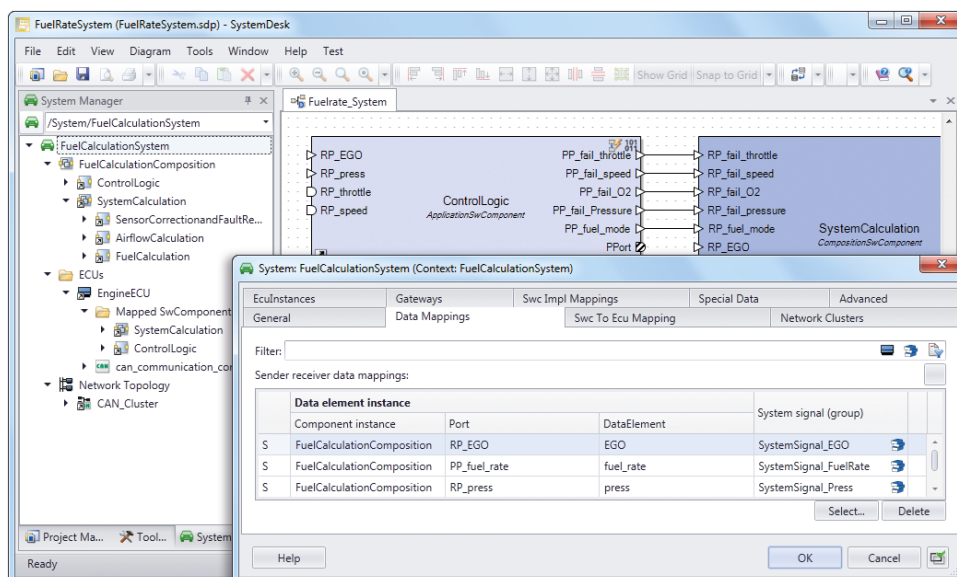




Abbildung 3: Virtuelle Steuergeräte können sowohl mit dSPACE VEOS als auch mit SCALEXIO verwendet werden. Konfiguration und Bedienung erfolgen in beiden Fällen mit derselben Software.

Virtuelle Absicherung von Steuergeräte-Funktionen

Zusätzlich zu den Funktionen eines Standard-AUTOSAR-Entwicklungsprozesses ermöglicht die SystemDesk-Version 3.2 die Generierung virtueller Steuergeräte (V-ECU®) basierend auf AUTOSAR R3.x. Die V-ECU beinhaltet dieselbe Architektur wie das reale Steuergerät.

Analog zum finalen Steuergerät beinhaltet eine V-ECU Software-Komponenten, das heißt Anwendungssoftware-Komponenten und Basis-Software-Komponenten. Die V-ECU wird dazu genutzt, die Steuergeräte-Software frühzeitig zu testen und ihre Funktionen abzusichern. Auf der PC-basierten Simulationsplattform dSPACE VEOS® können mit V-ECUs

Funktions- oder Integrationstests bereits durchgeführt werden, wenn noch kein Hardware-Prototyp des Steuergerätes verfügbar ist. Zusammen mit Simulationsmodellen sind die gleichen Simulationsszenarien wie bei der Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulation möglich. Für die Konfiguration und Steuerung kommen – ebenfalls analog zur HIL-Simulation – Software-Werkzeuge wie dSPACE ControlDesk® Next Generation und dSPACE AutomationDesk® zum Einsatz. Später im Entwicklungsprozess können dieselben V-ECUs alleine oder im Verbund mit realen Steuergeräten in der Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulation mit dSPACE SCALEXIO® eingesetzt werden (Abbildung 3). Im Artikel

„Virtuelle Steuergeräte im Einsatz“ auf Seite 52 wird die Verwendung von virtuellen Steuergeräten in der HIL-Simulation ausführlicher beschrieben.

Mit der SystemDesk-Version 4.2 wird die Generierung von V-ECUs auch basierend auf AUTOSAR R4 möglich sein. Die neue Version ist für die erste Jahreshälfte 2014 geplant. ■

	SystemDesk 3.2	SystemDesk 4.1	SystemDesk 4.2
AUTOSAR R3.0, R3.1 und R3.2	✓	-	-
AUTOSAR R4.0 und R4.1	-	✓	✓
Modellierung von Software- und System-Architekturen	✓	✓	✓
Generierung von V-ECUs für PC-basierte Simulation mit dSPACE VEOS	✓	-	✓
Unterstützung von Anwendungsszenarien zusammen mit dSPACE TargetLink und Basis-Software-Konfigurationswerkzeugen	✓	✓	✓

TargetLink
 RTE_APPL_CODE (S12_e1 * (RTE_Pim_X(instance))

```
Controller/Controller_Runnable/(pcs) */
FUNC(void, RTE_APPL_CODE) controller_runnable(CONSTIP2CONST(Rte_CDS_Controller, RTE_CONST, RTE_CONST
instance)
{
```

```
/* SLocal: Default storage class for local variables | Width: 16 */
sint16 S12_e1 /* LSB: 2^-9 OFF: 0 MIN/MAX: -64 .. 63.998046875 */;
sint16 S12_si1 /* LSB: 2^-9 OFF: 0 MIN/MAX: -64 .. 63.998046875 */;
```

```
/* Sum: TL_Controller/Controller_Runnable/e1
# combined # TargetLink import: TL_Controller/Controller_Runnable/(ref)
# combined # TargetLink import: TL_Controller/Controller_Runnable/(pcs) */
S12_e1 = (sint16) (((sint32) Rte_IRead_PosController_RequiredSignals_ref(instance)) - ((sint32)
Rte_IrvRead_PosController_LinPos(instance)) >> 1);
LOG_VAR(1, _S12_e1, S12_e1);
```

```
/* Sum: TL_Controller/Controller_Runnable/si1 */
S12_si1 = (sint16) (S12_e1 + *(Rte_Pim_X(instance)));
```

```
/* Sum: TL_Controller/Controller_Runnable/sPI1
# combined # Gain: TL_Controller/Controller_Runnable/Ki1
# combined # Gain: TL_Controller/Controller_Runnable/Kp1 */
Rte_Pim_ACP_1(instance)->S12_sPI1 = (sint16) ((S12_e1 * ((sint16) Rte_CData_Kp(instance))) +
((sint16) (((sint32) S12_si1) * ((sint32) Rte_CData_Ki(instance)) >> 9)));
```

```
/* # combined # TargetLink outport: TL_Controller/Controller_Runnable/(upi) */
Rte_IWrite_PosController_ProvidedSignal_upi(instance, Rte_Pim_ACP_1(instance)->S12_sPI1);
```

```
/* Unit delay: TL_Controller/Controller_Runnable/xi1 */
*(Rte_Pim_X(instance)) = S12_si1;
```

TargetLink
 /* Sum: TL_Controller

Neue Funktionen in TargetLink 3.5 vereinfachen die Codegenerierung

Zeichen setzen

Die neue Version 3.5 des dSPACE Seriercode-Generators TargetLink bietet als wichtigste Neuerungen die Unterstützung für Simulink-Aufzählungsdatentypen (Enum) zur transparenteren Modellierung, die AUTOSAR-4.1-konforme Entwicklung und die Generierung von mehrfach instanzierbaren Software-Komponenten. Darüber hinaus wird die Software-Einführung von TargetLink für einen großen Anwenderkreis spürbar vereinfacht und die Prozessdokumentation erleichtert.

Flexiblere Modellierung

Die neue TargetLink®-Version bietet substanzielle Erweiterungen für die Modellierung in Simulink®/Stateflow®. Eine wesentliche Neuerung ist insbesondere die Unterstützung von Simulink-Aufzählungsdatentypen (Enum), um hiermit „sprechendere“ Modelle zu erzielen (Abbildung 1). Der Anwender kann auf der Simulink- und Stateflow-Modellebene mit symbolischen Namen statt mit Zahlenliterals arbeiten, was die Lesbarkeit und Wartbarkeit der Modelle deutlich erhöht. Zudem stellt TargetLink 3.5 eine Komfort-Funktionalität zur Verfügung, um für beliebige, native Simulink-Blöcke auf eine sehr einfache Art C-Code zu hinterlegen, der dann bei der Seriercode-Generierung für den entsprechenden Simulink-Block verwendet wird. Der Anwender wird hierbei durch die Generierung von entsprechenden Dateifragmenten unterstützt, die er nur noch blockspezifisch ergänzen muss. Weitere Verbesserungen im Bereich der Modellierung sind beispielsweise die Unterstützung der Initialisierung von Stateflow-Charts, die deren Ausführung zum Zeitpunkt null festlegt, sowie die Zwischenspeicherung von Eingangssignalen („latched inputs“) für durch Funktionsaufrufe angesteuerte Subsysteme.

Praxisbewährte AUTOSAR-Unterstützung weiter ausgebaut

Auch mit TargetLink 3.5 werden alle in der Praxis relevanten AUTOSAR-Versionen unterstützt, wobei die AUTOSAR-Revision 4.1.1 neu hinzugekommen ist und die Unterstützung älterer Revisionen vollständig erhalten bleibt. Wie bei TargetLink üblich, können aus demselben Modell Software-Komponenten für unterschiedliche AUTOSAR-Versionen generiert werden, um die Wiederverwendung von Modellen in unterschiedlichen Projekten zu vereinfachen. Als grundlegend neues AUTOSAR-Feature bietet TargetLink 3.5 jetzt auch die Generierung von Software-Komponenten für die Mehrfachinstanziierung, (Abbildung 2). Hierbei wird der Komponenten-Code von TargetLink so erzeugt, dass mehrere Instanzen des Komponenten-Prototyps auf einem Steuergerät gebildet werden können, die alle denselben Code verwenden. Hierdurch und durch instanzspezifische AUTOSAR-Kalibrierparameter werden nicht nur Steuergeräte-Ressourcen gespart, sondern auch Testaufwände reduziert. Darüber hinaus ist die inkrementelle Code-Generierung für Software-Komponenten jetzt noch leistungsfähiger und flexibler ein-

setzbar. Ferner wurde das Zusammenspiel von TargetLink mit dSPACE SystemDesk® durch die Bereitstellung von TargetLink-spezifischen Validierungsregeln vereinfacht, so dass ein SystemDesk-Architekturmodell unmittelbar auf Konformität mit TargetLink überprüft werden kann.

Effizienterer Code und verbesserte Variantenunterstützung

Mit TargetLink 3.5 erhält der Anwender eine erweiterte Code-Optimierung für die Eliminierung von Zustandsvariablen mit statischer Speicherdauer, wodurch RAM-Speicherplatz eingespart wird. So können kostbare Steuergeräte-Ressourcen noch effizienter genutzt werden. Darüber hinaus weist TargetLink Verbesserungen in Hinblick auf die Konformität mit MISRA-Regeln auf, wobei alle im neuen MISRA-C:2012-Standard als verpflichtend („Mandatory“) gekennzeichneten Regeln eingehalten werden. Ein mit TargetLink 3.5 neu eingeführter Code-Generierungsreport hilft etwa in Bezug auf verwendete Code-Generierungsoptionen oder implizite Typ-Konvertierungen und Umskalierungen von Ports und deren Vorgängerblöcken. Letztere sind oft das Resultat einer Fehlspezifikation des Anwenders und können mit Hilfe

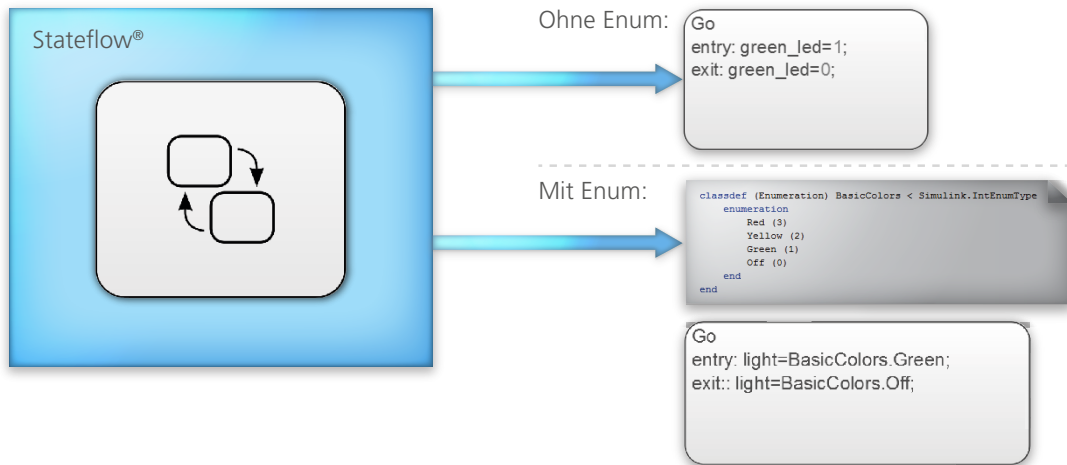


Abbildung 1: Mit TargetLink 3.5 werden Modelle durch die Verwendung von Simulink/Stateflow-Aufzählungsdatentypen (Enum) noch „sprechender“.

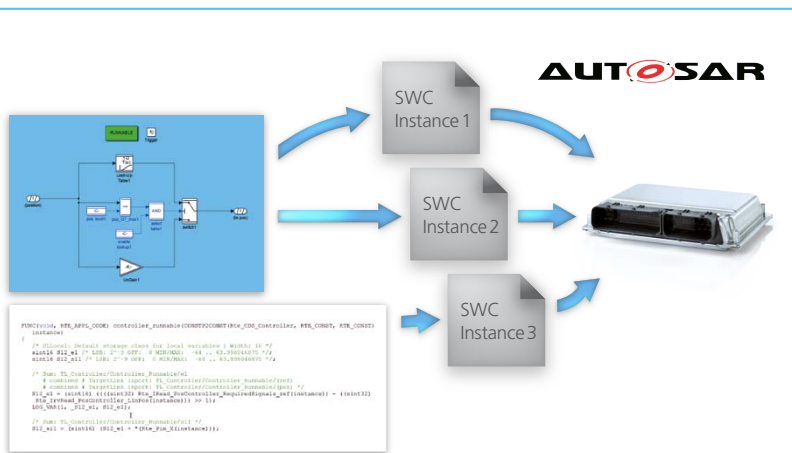
des Reports leicht gefunden und behoben werden. Außerdem wurde die Code-Generierung für Funktionsvarianten weiter verbessert. So können die Simulink-Modellierungskonstrukte, Subsysteme mit Varianten und Modellreferenzen verwendet werden, um Varianten zur Code-Generierungszeit im generierten Code auszuprägen. So ergibt sich die Möglichkeit, alle Varianten durch ein Modell zu repräsentieren und die

gewünschte Variante dann unmittelbar vor der Code-Generierung auszuwählen. In Stateflow wurde die Variantenunterstützung dahingehend ausgeweitet, dass komplette Subcharts, Zustände und Transitionen mit Präprozessor-Instruktionen gekapselt werden können, um die gewünschte Variante während des Build-Prozesses auszuprägen, wobei die inaktiven Varianten über Compiler-Optionen eliminiert werden.

Verbesserte Testunterstützung und Usability

TargetLink 3.5 bietet eine verbesserte Unterstützung für Modul- und Integrationstests, um Verifikationen in Simulink/TargetLink noch effizienter durchführen zu können. So existiert z.B. eine Werkzeugintegration zum Code-Coverage-Werkzeug CTC Testwell, um während Software-in-the-Loop-Simulationen die Abdeckung des von TargetLink generierten Codes zu messen und anschließend analysieren zu können. Hiermit können z.B. die Abdeckungswerte für Decision Coverage und Modified Condition Decision Coverage (MCDC) ermittelt werden, wie es für ISO-26262-konforme Projekte erforderlich sein kann. Anbindungen an spezifische Target-Plattformen zur Messung von Code-Abdeckungswerten bei Processor-in-the-Loop-Simulationen können individuell auf Nachfrage entwickelt werden. Daneben beinhaltet TargetLink einen leistungsfähigen Mechanismus, um Stimuli zu Testzwecken in ein TargetLink-Subsystem einzuspeisen und Signalwerte aus diesem „herauszutunneln“, ohne dass eine sichtbare

Abbildung 2: TargetLink 3.5 ermöglicht die Generierung von mehrfach instanzierbaren AUTOSAR-Software-Komponenten, also Code, der auf dem Steuergerät mehrfach instanziiert werden kann.



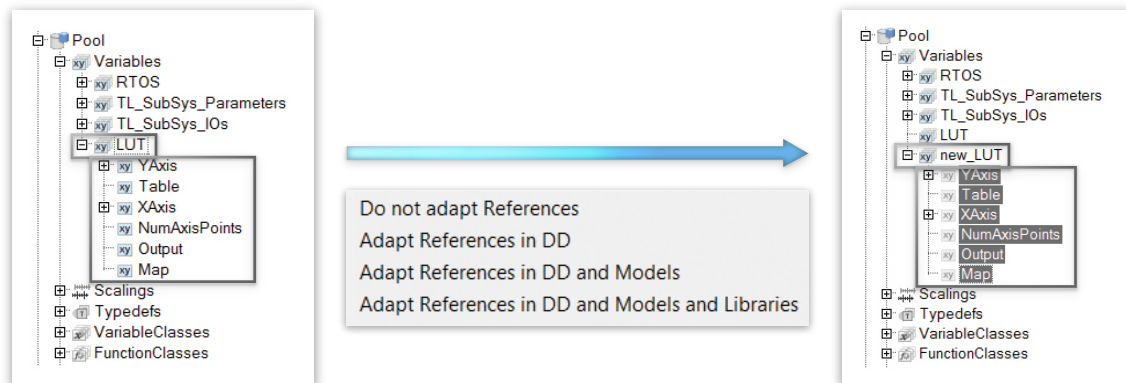


Abbildung 3: Vereinfachte Refaktorisierung (Strukturverbesserung) von Data-Dictionary-Spezifikationen wie die Anpassung von Objektnamen.

Mit TargetLink 3.5 wurde die praxisbewährte AUTOSAR-Unterstützung weiter ausgebaut. Ob AUTOSAR 4.1 oder Mehrfachinstanziierung von Komponenten – TargetLink bietet die Lösung.

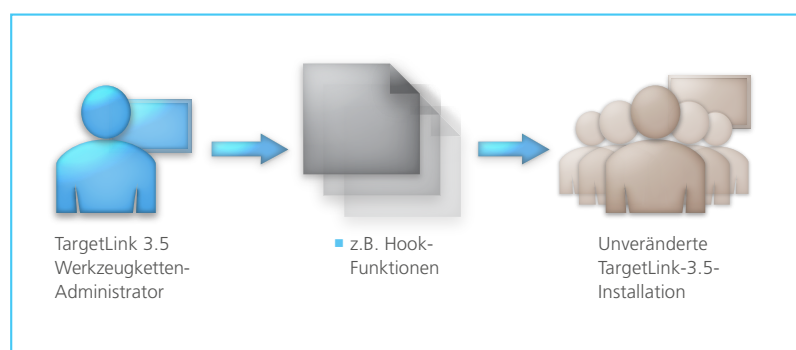
Verbindungsline besteht oder der eigentliche Seriencode beeinflusst wird. Dies ist hilfreich, wenn fehlende Modell- und Code-Anteile zu Testzwecken durch „Stubs“ realisiert werden, die während der Simulation geeignet stimuliert werden müssen. Die Bedienbarkeit von TargetLink hat ebenfalls deutliche Verbesserungen erfahren, u.a. durch eine leistungsfähigere Auswahl von multiplen Data-Dictionary-Objekten zur Visualisierung und Bearbeitung sowie eine Refaktorisierungsfunktionalität (Strukturverbesserung) bei Änderung von Namen und Pfaden von Data-Dictionary-Objekten (Abbildung 3).

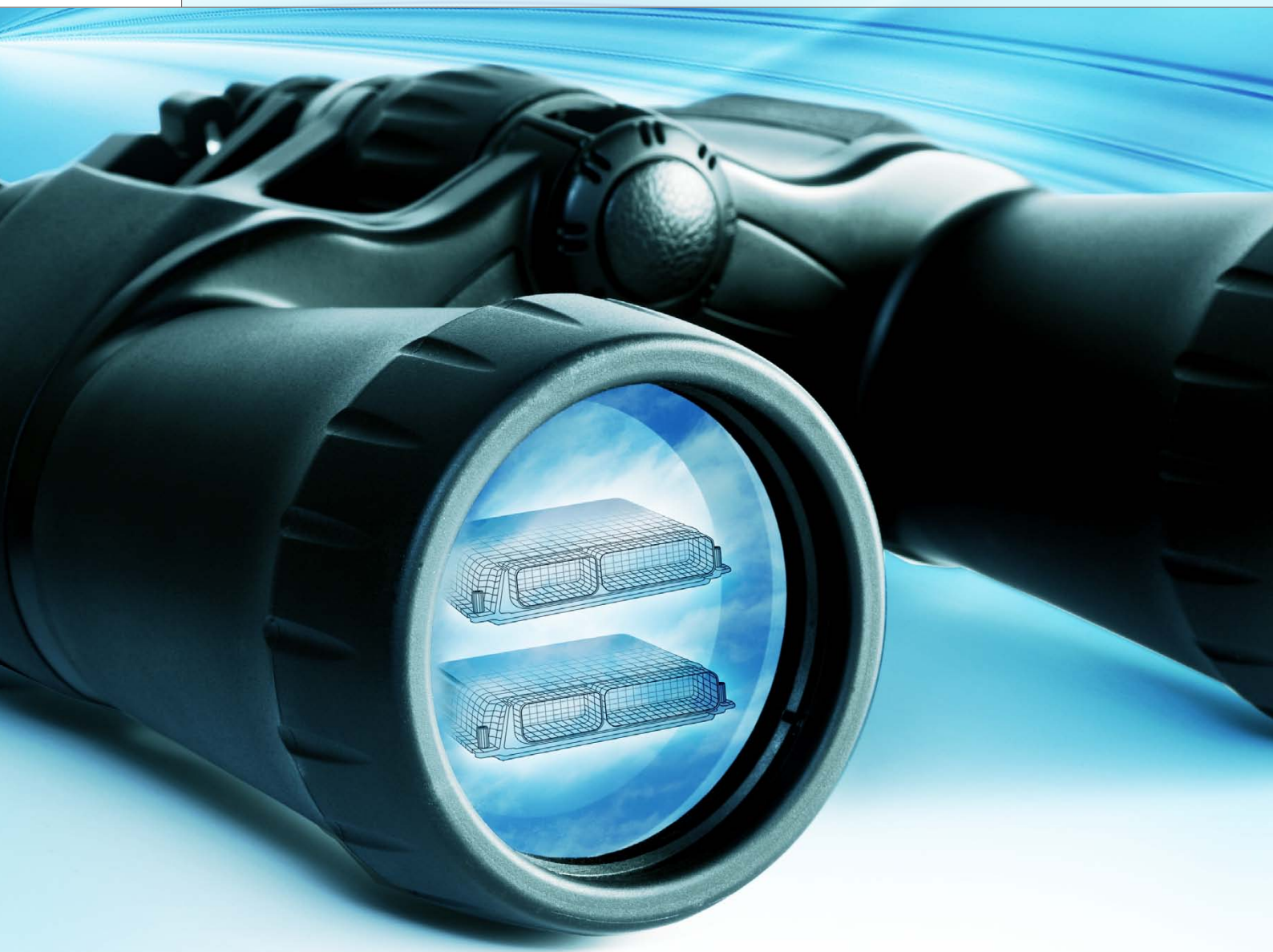
Vereinfachte Einführung von TargetLink 3.5 in Arbeitsgruppen
Mit TargetLink 3.5 fällt die Einführung von TargetLink für eine Vielzahl von Benutzern leichter, da klar zwischen TargetLink-Installationsdaten

und projektspezifischen Anpassungsdateien wie Hook-Funktionen getrennt wird. Die projektspezifischen Anteile können so sauber versioniert und zusammen mit der dann unveränderten TargetLink-3.5-Installation verwendet werden (Abbildung 4). Hierdurch können alle Projektmitarbeiter mit den gleichen Projekteinstellungen wie z.B. Hook-Funktionen arbeiten, wodurch sich die

Prozesssicherheit deutlich erhöht. TargetLink 3.5 unterstützt die zum Release-Zeitpunkt aktuellen vier MATLAB-Versionen, angefangen bei MathWorks R2013b bis hin zu MathWorks R2012a und ist wie üblich sowohl als 32-Bit- als auch 64-Bit-Version verfügbar. TargetLink 3.5 wird wie seine Vorgängerversionen ISO-26262- und IEC-61508-zertifiziert werden. ■

Abbildung 4: Das verteilte Arbeiten in großen Gruppen wird mit TargetLink 3.5 maßgeblich vereinfacht.





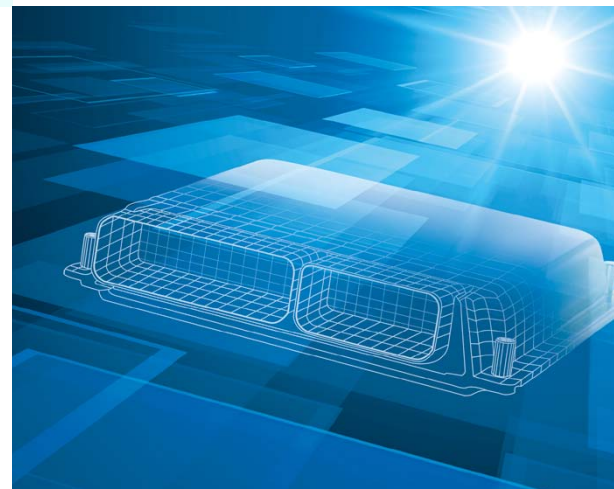
Nach vorne

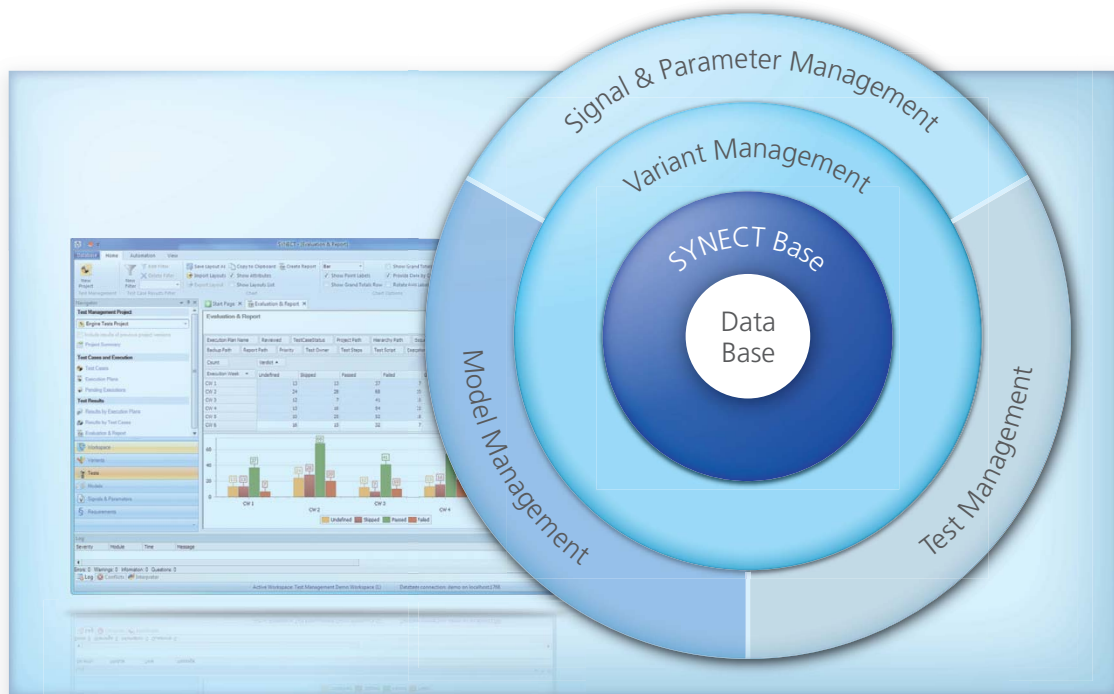
Die Produktivität der automotiven Software-Entwicklung profitiert seit vielen Jahren von der modellbasierten Entwicklung mit automatischer Seriercode-Generierung und X-in-the-Loop-Testmethoden. Entwicklung und Qualitätssicherung der rasant wachsenden Zahl neuer, software-intensiver Fahrzeugfunktionen wären ohne Werkzeugunterstützung nicht denkbar. Es stellt sich die Frage, wie sich dieser Trend in Zukunft fortsetzen wird.



Wege zu mehr Produktivität
im Entwicklungsprozess

denken





Modulares Konzept für das Datenmanagement mit dSPACE SYNECT.

Status quo

Entwicklungswerkzeuge werden heute in der Regel nicht mehr „stand-alone“ von einzelnen Entwicklern genutzt, sondern als integrale Bestandteile des Entwicklungsprozesses im Verbund mit anderen Werkzeugen, über Abteilungsgrenzen hinweg und in weltweiten Teams. Die Arbeitsabläufe und das Zusammenspiel der Werkzeuge sind in den letzten Jahren erheblich verbessert worden, nicht zuletzt auf Basis von Standards wie ASAM und AUTOSAR. Kann zukünftig eine weitere Steigerung der Produktivität erwartet werden? Und wenn ja, welche Voraussetzungen sind dafür zu erfüllen? Zunächst einmal: Höhere Produktivität kann verstanden werden als „mehr Funktionen in derselben Zeit entwickeln“. Allerdings sollte man nicht außer Acht lassen, dass bei weiter steigender Komplexität der Fahrzeugsysteme auch der heute erreichte Stand nicht von alleine aufrecht erhalten bleibt. Gerade die Entwick-

lung zukünftiger Fahrerassistenzsysteme, die den Weg zum teil- und vollautomatisierten Fahren bereiten, sowie die Elektromobilität stellen besondere Herausforderungen dar, auch mit Blick auf die zusätzlichen Anforderungen an die funktionale Sicherheit. In diesem Sinn scheint eine weitere Steigerung der Produktivität unumgänglich zu sein, selbst wenn dies „nur“ bedeutet, gleich viele Funktionen wie bisher in derselben Zeit serienreif zu entwickeln.

Konzepte zur Beherrschung der Komplexität

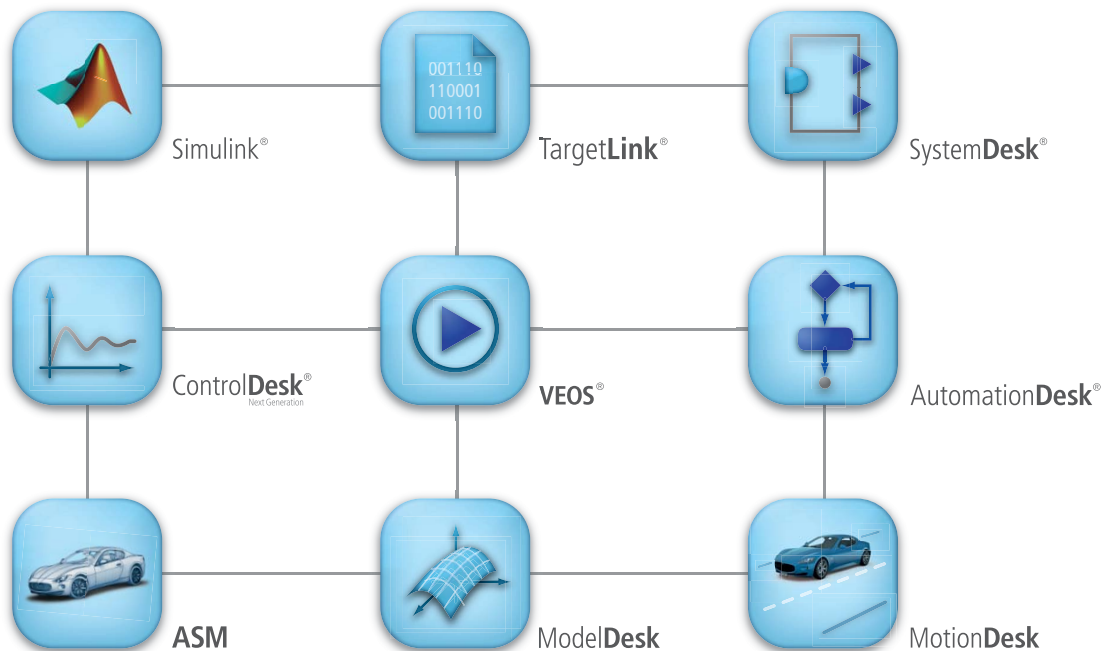
Fragt man Entwicklungsingenieure und Führungskräfte in der Automobilindustrie, was zu tun ist, um die Komplexität und Kosten der Software-Entwicklung im Griff zu behalten, werden meist ein oder mehrere dieser Punkte genannt:

- Mehr simulieren, d.h. mehr Details und komplexere Systeme nachbilden, dazu vorhandene Simulationsmodelle systematisch wiederverwenden.

- Steuergeräte-Softwarestände kontinuierlich erzeugen und testen, auch im Verbund.
- Früh mit der Validierung der Systeme beginnen, mehr Tests von der Straße ins Labor verlegen, dazu Aufbau einer virtuellen Absicherungsstrategie.
- Strategien für die Wiederverwendung von Modellen, Tests, Software-Komponenten und anderen Daten über Entwicklungsphasen und Teams hinweg einführen.

Um diese Empfehlungen umzusetzen, sind derzeit zwei erfolgversprechende Initiativen in den Unternehmen zu erkennen:

- Aufbau eines aktiven Managements für die schnell wachsende Menge an Modellen, Tests und anderen Datenobjekten in der modellbasierten Entwicklung. Stichworte sind Variantenmanagement, Dokumentation und Auffindbarkeit von Modellen und Tests, Bereitstellung von Anwendbarkeitskriterien (wel-



Toolkette für die virtuelle Absicherung.

sche Informationen müssen feingranular abgelegt werden, um valide Modelle für die Simulation, den Steuergeräte-Test oder für Software-Builds zusammenstellen zu können. Erst wenn ein Modell nicht nur als „Black-Box“ betrachtet wird, sondern Modularisierung und Hierarchie innerhalb des Modells zum Ausdruck kommen, lassen sich Modelle über alle Ebenen hinweg wiederverwenden, vom Integrationsmodell auf Fahrzeugebene bis zu einzelnen Blöcken einer Bibliothek. Traceability erfordert, dass ein Teilmodell oder ein Signal auf jeder beliebigen Hierarchieebene mit der Anforderung verbunden werden kann, die seiner Spezifikation zugrunde liegt. Für die Testautomatisierung möchte man ggf. die Anwendbarkeit einer Testvariante an den Wert eines be-

stimmten Modellparameters binden. Das geht weit über die dateibasierte Ablage von Modellen oder Tests in heutigen Konfigurationsmanagement-Systemen hinaus.

Datenmanagement in der modellbasierten Entwicklung

Mit SYNECT® entsteht bei dSPACE derzeit eine modulare Lösung für diese Anforderungen. Auf Basis eines integrierten Variantenmanagements werden unter anderem Test- und Modellmanagement unterstützt. Engineering Tools beispielsweise zur Erstellung und Bearbeitung von Modellen, zur automatischen Code-Generierung und zur Testentwicklung werden so angebunden, dass jederzeit definierte und konsistente Datenstände für die tägliche Arbeit

bereitstehen und kontrolliert zurückgespielt werden können. Selbstverständlich kann SYNECT in eine bestehende IT-Infrastruktur eingebunden werden. Der Austausch von Daten etwa mit ALM/PLM-Tools wird über Schnittstellen wie OSLC (Open Services for Lifecycle Collaboration) erfolgen. Bidirektionale Traceability kann so feingranular wie notwendig implementiert werden. Zum Beispiel lassen sich Beziehungen zwischen Anforderungen und daraus abgeleiteten Funktionsmodellen, Tests und Testergebnissen vollständig nach ISO 26262 dokumentieren. Das Ergebnis ist eine deutliche Verbesserung der Datenkonsistenz, effizientere Zusammenarbeit und einfachere Wiederverwendung der Daten im gesamten Entwicklungsprozess.



Absicherungsstrategien mit virtuellen Steuergeräten

Um einen höheren Absicherungsgrad in der virtuellen Welt zu erreichen, ist eine frühe und kontinuierliche Software-Integration der beteiligten Steuergeräte anzustreben, so dass diese einzeln oder im Verbund als „virtuelle Steuergeräte“ mit aussagekräftigen Umgebungsmodellen in einer PC-Simulation getestet werden können. Ingenieure können auf diese Weise sehr früh die Performance einer komplexen, über mehrere Steuergeräte verteilten Funktion erleben. Fehler in der Regelstrategie oder in der Software-Implementierung werden früh gefunden (Kosten-

tional Mock-up Interface)-Standard integriert. Besonders effizient und mächtig wird die PC-Simulation dadurch, dass in Verbindung mit VEOS sämtliche Test- und Experimentierwerkzeuge eingesetzt werden können, die auch am HIL-Prüfstand zur Verfügung stehen. Umfangreiche Simulationsläufe und Tests werden am PC in der gewohnten Tool-Umgebung entwickelt, in Betrieb genommen und ausgeführt. Modelle werden bereits hier konfiguriert, parametrisiert und validiert. Sämtliche Modelle, Tests und Daten können dann mit denselben Tools am HIL-Prüfstand wiederverwendet werden, so dass dieser von „nicht-produkti-

Die virtuelle Absicherung schafft Zeit- und Kostenvorteile.

und Zeitersparnis). Da die Simulation nicht unter Echtzeitbedingungen laufen muss, können detailliertere Umgebungsmodelle und aufwendigere Simulationsverfahren zum Einsatz kommen als später am HIL-Prüfstand, um Funktionen so realitätsnah wie möglich zu optimieren.

Die Simulationsplattform VEOS

Für den Einstieg in die virtuelle Absicherung bietet dSPACE das Produkt VEOS® an, eine PC-Simulationsplattform für virtuelle Steuergeräte, verteilte Funktionen und Umgebungsmodelle. Virtuelle Steuergeräte werden typischerweise aus Software-Komponenten gemäß AUTOSAR-Standard generiert, können aber auch direkt aus Simulink®/TargetLink®-Funktionsmodellen erstellt werden. Basis-Software-Module wie Services, Betriebssystem und Kommunikationsstacks können zur realistischen Darstellung des Steuergeräte-Verhaltens hinzugenommen werden. Umgebungsmodelle aus verschiedenen Modellierungstools werden über den neuen FMI (Func-

ven“ Aufgaben wie der Testentwicklung entlastet wird.

Nahtloser Übergang zum realen Steuergeräte-Test

Virtuelle Steuergeräte können am HIL-Prüfstand als Ersatz für fehlende echte Steuergeräte oder sogar als „Device under Test“ mitlaufen. Damit lassen sich in einem Steuergeräte-Verbund nach und nach alle virtuellen durch reale Steuergeräte ersetzen, so dass der Übergang zum Test des realen Steuergeräte-Netzwerks möglichst reibungslos vonstattengeht. Eine solche einheitliche Toolkette für den Test virtueller und realer Steuergeräte erlaubt es Fahrzeugherstellern und Steuergeräte-Zulieferern, neue Absicherungsstrategien zu definieren und auszurollen. Das Potential, das diese Erweiterung der Testmethodik für die automotiv Software-Entwicklung mit sich bringt, wurde in ersten Projekten mit Fahrzeugherstellern nachgewiesen. ■

*Dr. Rainer Otterbach,
dSPACE*

Fazit

Um die Produktivität in der automotiv Software-Entwicklung bei der enormen Zunahme hochwertiger, softwarebasierter Fahrzeugfunktionen auch in Zukunft beizubehalten oder noch weiter zu steigern, müssen neue Wege zur Beherrschung der Komplexität beschritten werden. Aktives Datenmanagement und virtuelle Absicherungsstrategien sind zwei zielführende Ansätze, die auf den bisher erreichten Stand in der modellbasierten Entwicklung aufsetzen und ein hohes Potential zur weiteren Optimierung der Entwicklungsprozesse bieten. dSPACE freut sich darauf, auch in Zukunft innovative Wege gemeinsam mit seinen Kunden zu gehen und auf Basis der neuen Produkte SYNECT und VEOS bedarfsgerechte Lösungen einzuführen.

Dr. Rainer Otterbach

Dr. Rainer Otterbach ist Leiter Produktmanagement bei der dSPACE GmbH.



SCALEXIO Field Bus Solution für die HIL-Simulation

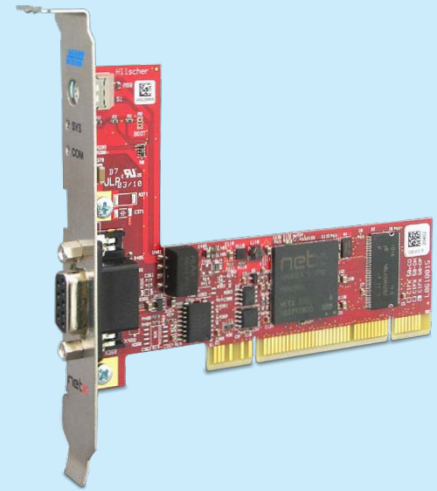
Die neue dSPACE SCALEXIO® Field Bus Solution erweitert SCALEXIO-Hardware-in-the-Loop-Systeme um eine Schnittstelle für Feldbus-Varianten wie Profibus und EtherCAT. Die Solution basiert auf einer in die SCALEXIO-Recheneinheit gesteckten PCI-Karte und bietet die optimale Bandbreite für die Echtzeitmodelle. Für die Simulation in Echtzeit hat dSPACE spezielle Gerätetreiber entwickelt. Je nach eingesetzter Feldbus-Variante sind gesonderte Lizenzen notwendig. Die Konfiguration erfolgt über dSPACE ConfigurationDesk®.

Anbindung an Profibus

- Unterstützung von Bus-Master und -Slave
- Zyklischer Datenaustausch durch auswählbare Buszykluszeiten
- Profibusspezifische Einstellungen in SyCon.net

Anbindung an EtherCAT

- Unterstützung von Bus-Master und -Slave
- Zyklischer Datenaustausch durch auswählbare Buszykluszeiten
- Bussynchrone Interrupts
- Verteilte Taktzeiten



- EtherCAT-Master-Buszyklus 500 µs oder höher
- EtherCAT-Slave-Buszyklus abhängig vom eingesetzten EtherCAT-Bus-Master ■

Virtuelle Pneumatik für Bremse und Feder

dSPACE bietet ab Frühjahr 2014 neue Simulationsmodelle für pneumatische Bremsysteme und Luftfedersysteme an. Die Modellbibliothek ASM Pneumatics erweitert die Produktfamilie **Automotive Simulation Models (ASM)** um realitätsnahe Bremsensimulation für Nutzfahrzeuge und Komfortfunktionen in Pkw. ASM Pneumatics eignet sich unter anderem für die Entwicklung und den Test von elektronischen Bremssystemen (EBS),

Luftfederungssteuergeräten sowie Steuergeräten zur Niveauregulierung. ASM Pneumatics erweitert die Fahrzeugmodelle für Pkw (ASM Vehicle Dynamics), Lkw (ASM Truck) und Anhänger (ASM Trailer) um ein vollständiges, realitätsnahes Pneumatiksystem. Das Pneumatikmodell ist mit fertigen Konfigurationen für die Simulation von Luftbremse- und Luftfederungssystemen ausgestattet, die mit einem Klick gewählt werden.

Anwendungsspezifische Parameter weist man komfortabel über eine grafische Benutzeroberfläche zu. Die gesamte Handhabung der Modelle, Parametersätze und Simulationen erfolgt in einem Werkzeug. Dadurch ergibt sich ein durchgängiges Datenhandling von der Offline-Simulation bis zur Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulation. Angelehnt an reale Pneumatiksysteme, ist das Modell ASM Pneumatics mit den typischen Pneumatik-Komponenten ausgestattet. Dazu gehören Kompressor, Tanks, Ventile und Bremskammern. Das Modell unterstützt Rückfallfunktionen auf ein rein mechanisch/pneumatisches Bremssystem. Des Weiteren unterstützt ASM Pneumatics die sequenzielle Aneinanderreihung von mehreren Anhängern, und damit den Aufbau von Road Trains, ausgestattet mit pneumatischem Bremssystem. ■



MicroAutoBox II: Mehr CAN, mehr analog, mehr Anwendungen



dSPACE bietet die MicroAutoBox II jetzt mit mehr CAN-Kanälen und mehr analogen Ein- und Ausgängen an. Das neue, integrierte MicroAutoBox II DS1513 I/O Board bietet eine auf 6 erhöhte Anzahl von CAN-Kanälen. Die so ausgestattete MicroAutoBox II eignet sich insbesondere für automotives Funktionsprototyping im Bereich Elektro-/Hybridantriebe und im Nutzfahrzeugbereich. Die hohe Anzahl analoger Ein- und Ausgänge (32 x ADC, 8 x DAC) ermöglicht zusätzliche Flexibilität für den Sensor- und Aktu-

ator-Anschluss in Bereichen wie Verbrennungsmotor- oder Fahrdynamikregelung. Die CAN-Schnittstellen lassen sich leicht in Simulink® über die dSPACE Blocksets RTI (Real-Time Interface) CAN und RTI CAN Multi-Message konfigurieren und ermöglichen eine schnelle und effiziente Konfiguration der CAN-Netzwerktopologie. Mit Blick auf die Zukunft sind die neuen CAN-Schnittstellen hardwareseitig bereits für das „Partial Networking“ vorbereitet, das zur Energieeinsparung eine selektive Ab-

schaltung einzelner CAN-Knoten ermöglicht, während andere Teilnehmer des Netzwerkes noch aktiv sind. Die softwareseitige Unterstützung für das Partial Networking wird in einem zukünftigen dSPACE Release angeboten. Die Verfügbarkeit der MicroAutoBox II mit dem neuen, integrierten DS1513 I/O Board ist für Anfang 2014 geplant. Das Board ist mit einem frei programmierbaren FPGA (in der MicroAutoBox-II-Variante 1401/1512/1513) sowie mit dem MicroAutoBox Embedded PC kombinierbar. ■

Umstieg auf Python 2.7

Mit dem dSPACE Release 2013-B hat dSPACE auf eine verstärkte Kundenanfrage reagiert und die Interpreter in den dSPACE Software-Werkzeugen auf die aktuelle Python-Version 2.7.5 umgestellt. Die Wahl fiel dabei auf den Entwicklungsstrang Python 2.7.x, da dieser im Gegensatz zu Python 3.x im Wesentlichen mit der bisher unterstützten Python-Version 2.5 kompatibel ist. In diesem Zuge hat dSPACE die Standard-Installationen von Python

und den mitgelieferten Python-Bibliotheken integriert, wodurch der Anwender selbst Updates durchführen und Erweiterungen implementieren kann.

Vorteile durch die Umstellung:

- Hinzufügen/Entfernen von Python-Packages durch den Anwender
- Einsetzen aktueller Python-Erweiterungsmodule
- Nutzen von Spracherweiterungen



- Profitieren von Bug Fixes
- Kompatibel mit aktuellen Betriebssystemen

Folgendes Dokument liefert hilfreiche Informationen zur Umstellung der Python-Version, unter anderem zu inkompatiblen Änderungen und Maßnahmen zur Handhabung:

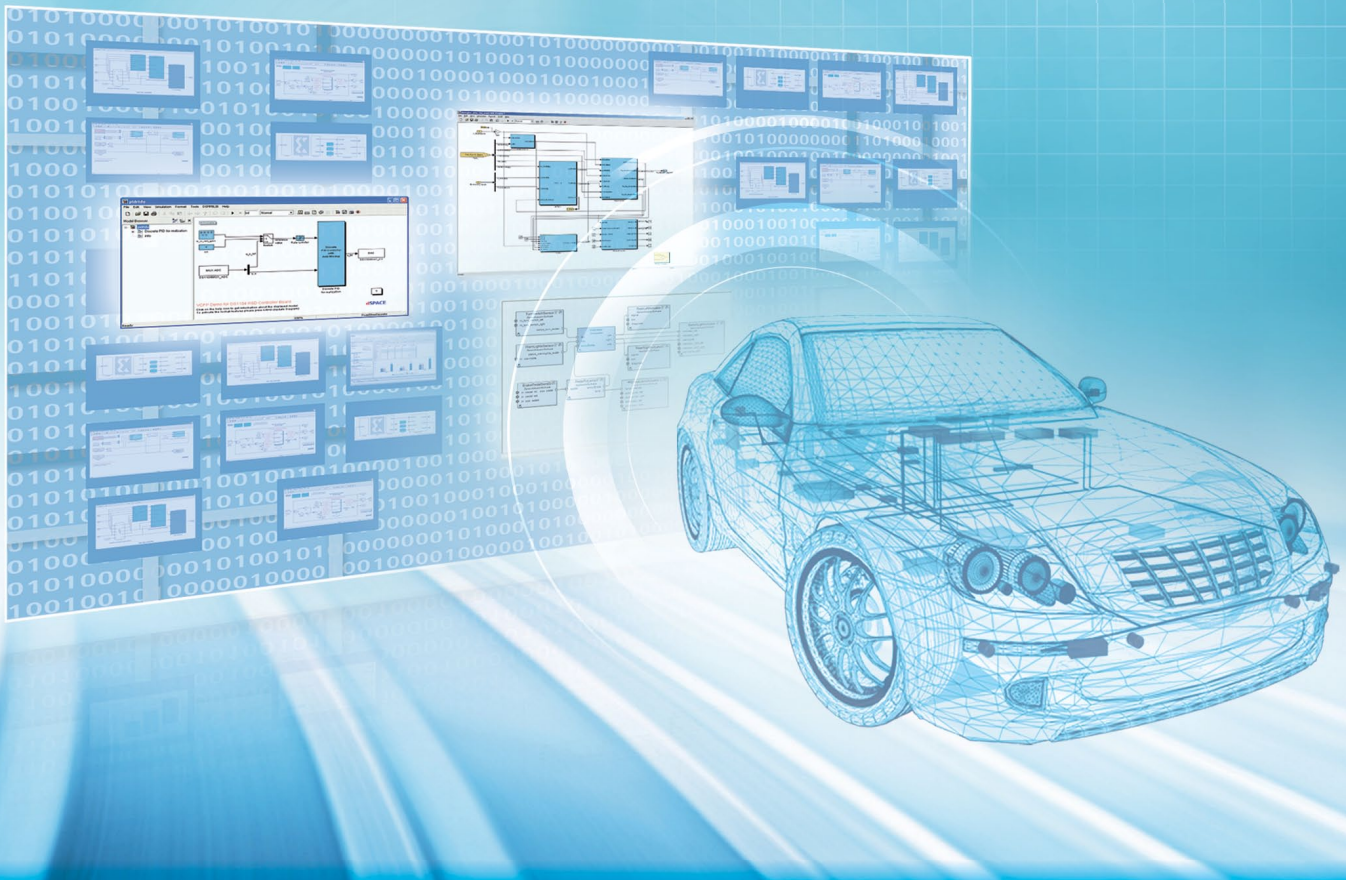
www.dspace.com/go/Python27migration ■



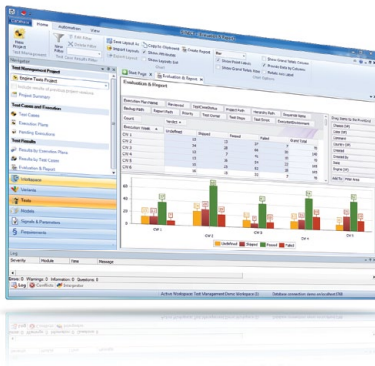
Bitte teilen Sie uns Ihre Meinung über die Qualität des dSPACE Magazins mit. Senden Sie einfach beiliegende Antwortkarte ausgefüllt an uns zurück! Nutzen Sie die Antwortkarte ebenfalls, um weitere Informationen per Post anzufordern. Vielen Dank!



Gerne können Sie uns Ihr Feedback auch online mitteilen. Weitere Informationen finden Sie unter: www.dspace.com/magazin Releaseinformationen zu dSPACE Produkten finden Sie unter: www.dspace.com/releases



Daten im Griff – mit dSPACE SYNECT®



Ihre Entwicklungsdaten sind Ihr Kapital. Weshalb also Kompromisse bei der Verwaltung Ihrer zahlreichen Daten, Parameter, Modelle, Varianten, Tests und Testergebnisse eingehen? Mit SYNECT, der zentralen Datenmanagement-Lösung von dSPACE, sorgen Sie für Konsistenz, Nachverfolgbarkeit und leichte Wiederverwendung Ihrer Daten – für die modellbasierte Entwicklung von den Anforderungen bis hin zum Steuergerätestest.

SYNECT – Ihre Lösung für effizientes Datenmanagement!