

dSPACE

NEWS

FACTS · PROJECTS · EVENTS

Produkte

**Doppelt stark –
Simulation eines
Hybridantriebs**

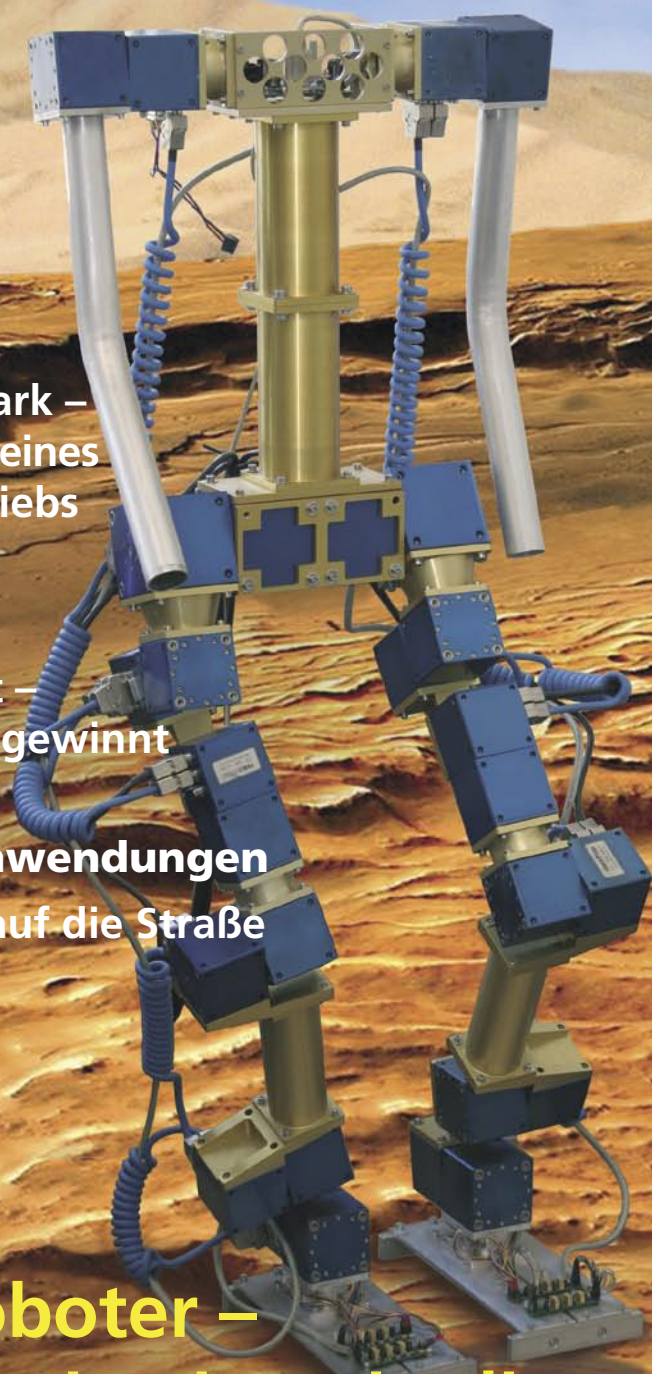
Business

**BMW prüft –
TargetLink gewinnt**

Kundenanwendungen

**Fehlerfrei auf die Straße
mit MTest**

**Laufroboter –
auf zwei Beinen in die Zukunft**



Editorial

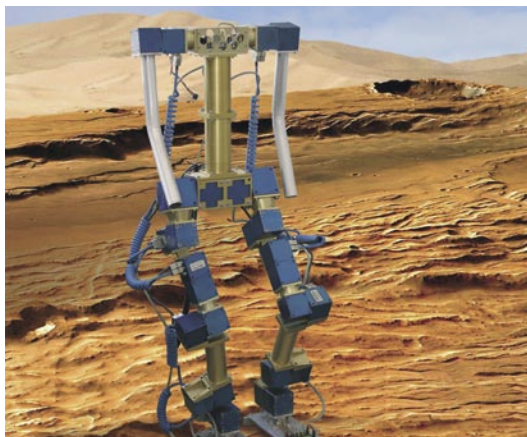
- 3** von Dr. Herbert Hanselmann
Geschäftsführer

Kundenanwendungen

- 4** General Motors: Entwicklung
eines X-by-Wire-Fahrzeugs
- 6** Deutz: Dynamische Modelle
für Deutz-Diesel-Power
- 9** BMW: Sicher fahren mit MTest
- 12** Uni Linz: Eine zweibeinige
Laufmaschine
- 14** Airbus: Luftlastsimulation am
Airbus A380

Produkte

- 16** Doppelt stark mit Hybridantrieb
- 18** Komfortables Handling für
CAN-Netzwerke
- 19** Arbeiten mit FlexRay
- 20** Diagnose mit CalDesk
- 22** Ein durchgängiger Testprozess
(AutomationDesk)
- 23** DS2202:
Maßgeschneiderte Funktionen
- 24** Leistungsendstufen für
Hochstromaktoren (RapidPro)



12 *An der Universität Linz wird intensiv auf dem Gebiet des zweibeinigen Laufens geforscht. Mit dSPACE-Hardware wurde eine zweibeinige Laufmaschine entwickelt.*

Business

- 26** Die BMW Group setzt
auf TargetLink
- 28** Im Land der aufgehenden Sonne
(dSPACE Japan K.K.)
- 29** Kundenmeinungen
- 29** General Motors setzt bei
Hardware-in-the-Loop auf dSPACE
- 30** Kurz notiert
- 31** Infos und Termine

dSPACE NEWS

dSPACE NEWS werden periodisch herausgegeben von:

dSPACE GmbH · Technologiepark 25
33100 Paderborn · Deutschland
Tel.: +49 52 51 16 38-0 · Fax: +49 52 51 6 65 29
dspace-news@dspace.de · info@dspace.de
support@dspace.de · www.dspace.com

Projektleitung und Redaktion: André Klein
Fachredaktion: Ralf Lieberwirth, Sonja Lillwitz, Julia Reinbach,
Dr. Gerhard Reiß, Klaus Schreiber
Redaktionelle Mitarbeit an dieser Ausgabe:
Dr. Herbert Hanselmann
Schlussredaktion und Übersetzung: Robert Bevington,
Stefanie Bock, Louise Hackett, Christine Smith
Layout: Beate Eckert, Tanja Mazzamurro

© Copyright 2006

Alle Rechte vorbehalten. Vollständige oder teilweise Veröffentlichung dieser Veröffentlichung ist nur mit schriftlicher Genehmigung und unter Angabe der Quelle gestattet. Diese Veröffentlichung sowie deren Inhalte unterliegen Änderungen ohne vorherige Ankündigung. Markennamen oder Produktnamen sind eingetragene Warenzeichen ihrer jeweiligen Hersteller und Organisationen.



14 *Der Airbus A380 besitzt ein besonders komplexes System aus Vorflügeln und Landeklappen. Für den Test setzt Airbus ein Multiprozessorsystem aus modularer dSPACE-Hardware ein.*



Im jeweils ersten Newsletter-Editorial der letzten beiden Jahre schrieb ich über Investitionszurückhaltung in der Autoindustrie und davon, dass unser eigenes Wachstum wohl dadurch niedriger ausgefallen war als früher üblich. Schnee von gestern. Wir sind zurück auf unserer

Wachstumslinie. Nachfragesteigerung an allen Fronten. Teilweise vielleicht, weil wir uns auch einfach stärker gegenüber dem Wettbewerb durchsetzen konnten. Aber offensichtlich hat sich auch bei OEMs und Zulieferern die Erkenntnis durchgesetzt, dass der Fortschritt der Elektronik nicht aufzuhalten ist. Auch dass die Probleme lösbar sind, die man sich hier und da durch zu schnelles Voranschreiten in der Vergangenheit eingefangen hatte. Lösbar nicht zuletzt durch gute, zuverlässige Werkzeugketten.

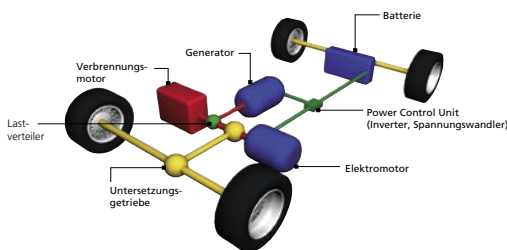
Besonders starken Zuwachs gab es wieder bei den Hardware-in-the-Loop-Simulatoren, die immer breiter eingesetzt werden. Komponentenzulieferer konnten sich dem Druck der OEMs, mehr in den Test zu investieren, nicht mehr entziehen und bekommen teilweise den HIL-Einsatz regelrecht vorgeschrieben. OEMs sichern sich am anderen Ende mit großen Integrationsprüfständen ab. Einzelne Komponentenzulieferer betreten schon Neuland, indem sie ihre Testfähigkeiten über ihre eigenen Komponenten-Testaufgaben hinaus ausweiten. Damit wollen sie sich dem OEM als kompetenter Qualitätssicherer präsentieren, der über den eigenen Tellerand hinausschaut und auch andere Komponenten und Domänen einbeziehen kann, für die er selbst gar nicht die Komponenten liefert.

Neben Pkws, Formel-1-Rennsport und Lkws weitet sich HIL für dSPACE auch auf Off-Road- und Sonderfahrzeuge aus. In diesem Bereich finden interessante Entwicklungen statt. Und nicht zuletzt gibt es auch noch die Non-Automotive-Anwendungen. Überall ist es notwendig, weiterhin an den Testmethodiken und der Prozessintegration zu arbeiten. Die Vorgehensweisen sind heute so verschieden wie die Kunden. Da bleibt einiges zu tun.

Wir haben sicher eine gute technische Produktgrundlage für HIL. Das reicht aber nicht. Ebenso wichtig ist das Know-how in der Projektierung und die Zuverlässigkeit bei der Realisierung. Ein HIL-Simulator ist am wertvollsten, wenn er frühzeitig eingesetzt wird. Unsere Ingenieure haben so viele Simulatoren projektiert, dass sie wissen, worauf es ankommt und wie man es vermeidet, Fehler im Simulator suchen zu müssen, statt im Testobjekt zu finden. Immer wieder sind Kunden überrascht, wie schnell sie produktiv werden konnten.

Das gilt generell auch für andere Produktfelder von dSPACE. Es drückt sich unter anderem darin aus, dass viele Kunden selbst dann zu einem dSPACE-System greifen, wenn ihre technischen Anforderungen niedrig sind und die Leistung eines dSPACE-Systems nicht wirklich nötig wäre. Entscheidend ist für sie, dass es funktioniert und sie sich auf ihre Aufgabe konzentrieren können. Und dass sie kompetenten und schnellen Support erhalten, wenn es doch mal ein Problem gibt. Dass dies bei dSPACE der Fall ist, zeigen viele, oft begeisterte Rückmeldungen von unseren Kunden.

*Dr. Herbert Hanselmann
Geschäftsführer*



16 Bei der Simulation eines Hybridantriebs verwendet dSPACE spezielle Hardware für die PWM-Vermessung. Mit dem DS1005 PPC Board wird eine Durchlaufzeit von 7 Mikrosekunden realisiert.

19 Ab Frühjahr 2006 bietet dSPACE neue FlexRay-Werkzeuge für die Integration von dSPACE-Hardware in ein FlexRay-Kommunikationsnetzwerk mit Hilfe von dSPACE-Werkzeugen.

Entwicklung eines X-by-Wire-Fahrzeugs

FlexRay und CAN: Brennstoffzellenanwendung mit X-by-Wire

FlexRay ist ein sehr schnelles, fehlertolerantes und deterministisches Bussystem für automotive Anwendungen. Für die Regelung von Sequel, einem X-by-Wire-Brennstoffzellenfahrzeug, setzt General Motors (GM) ein FlexRay-Netzwerk ein. Mehrere dSPACE MicroAutoBoxen mit FlexRay- und CAN-Schnittstellen bilden dabei ein verteiltes Regelsystem für das Fahrzeug.

GM setzt für X-by-Wire-Anwendung mehrere dSPACE MicroAutoBoxen ein

Wir entwickelten den Sequel auf Basis des AUTOmomy-Konzeptes als nächsten Schritt nach Hy-Wire, unserer Vision einer neuen Automobil-Ära. Mehrere Regelanwendungen verfügen dabei über X-by-Wire:

- Allradlenkung
- Bremssystem
- Antrieb

Verteiltes Regelsystem

Die verschiedenen Funktionen im Fahrzeug werden durch ein verteiltes Regelsystem gesteuert. Die Herausforderung ist dabei die Umsetzung eines X-by-Wire-Fahrzeugs, das genauso sicher ist wie ein Fahrzeug mit mechanischen Bremsen und einem mechanischen Antriebsstrang.

Das Regelsystem besteht aus mehreren dSPACE MicroAutoBoxen, die durch ein DS830 MultiLink Panel verbunden sind. Ein Host-PC übernimmt die Hauptsteuerung des Regelsystems, zu dem diverse von unterschiedlichen Teams entwickelte Hardware-Plattformen und Software-Module gehören. Ein zusätzlicher Bestandteil sind modellbasierte Subsysteme, die von Zulieferern entwickelt wurden.

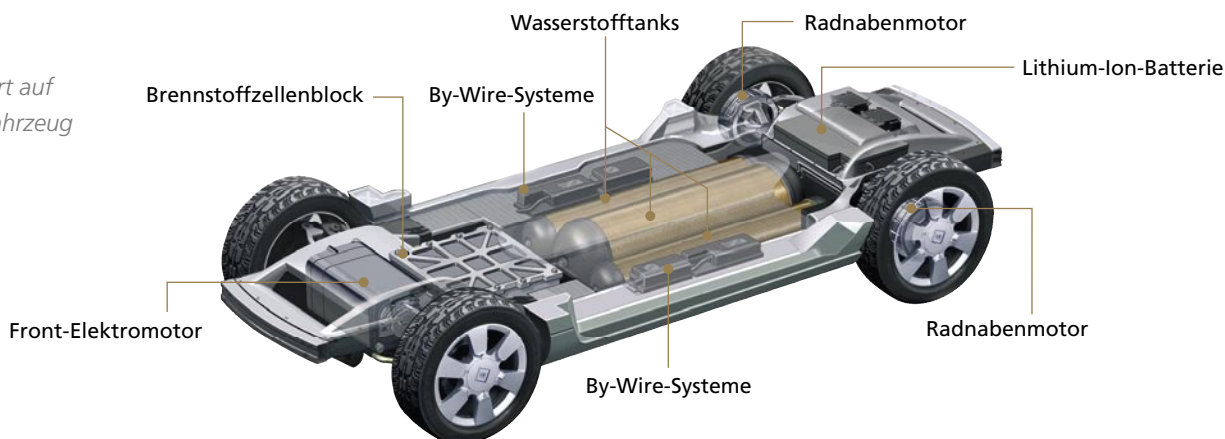
Das Regelsystem verfügt über einen FlexRay-Bus und mehrere CAN-Busse. Die MicroAutoBoxen haben FlexRay-IP-Module und übernehmen Host- und Gateway-Funktion für das Netzwerk. Zudem setzten wir Regler, Aktoren und Sensoren mit doppelter/dreifacher Redundanz ein. Wir definierten den Prozess und die Schnittstellen für die Modelle und das Regelsystem sowie die Benennungskonventionen des Systems. Für die Implementierung der Modelle auf dem Regelsystem verwendeten wir das RTI CAN Blockset und das RTI FlexRay Blockset. Es wurden auch Werkzeuge von Drittanbietern wie DECOMSYS und Vector Informatik eingesetzt, um die FlexRay- und CAN-Umgebung einzurichten.

Zeitkonzept

FlexRay erfordert ein ganzheitlich abgestimmtes Zeitkonzept, in dem sich folgende Prozessschritte wiederholen:

- Entwicklung der physikalischen und funktionalen Architektur
- Definition der Anwendungsaufgabe sowie der Ablaufpläne
- Ableitung der Kommunikationsaufgaben, die den Kommunikationsplan bilden

Sequel basiert auf dem Konzeptfahrzeug AUTOmomy.



Verbesserungen dank FlexRay

Vor FlexRay konnten wir nur mit dem CAN-Bus arbeiten. Nachteile des CAN-Protokolls sind, dass es nicht deterministisch ist und keine Redundanzen bietet. Daher besteht die Gefahr, dass fehlerhafte Knoten das gesamte Netzwerk außer Betrieb setzen.

Die dSPACE-Werkzeuge arbeiteten im FlexRay-Netzwerk ganz nach Plan. Für viele andere Werkzeuge war mehr Aufwand auf unserer Seite erforderlich. Der Aufbau der MicroAutoBoxen verlief fast reibungslos. Der Einsatz von FlexRay hatte folgende Vorteile:

- Erhöhte Sicherheit aufgrund von Redundanz
- Mehr Leistung aufgrund verbesserter Koordination zwischen verteilten Reglern



▲ GM Sequel.

Herausforderung FlexRay

Das FlexRay-Konzept ist sehr gut durchdacht. Anfangs stellten die noch nicht ausgereiften FlexRay-Werkzeuge die größte Herausforderung dar, was sich mittlerweile deutlich verbessert hat. Um die Anforderungen der Anwendung vollständig zu erfüllen, mussten Integrationsmethodiken für FlexRay entwickelt und Software per Hand integriert werden. Auch damit alle Werkzeuge im Prozess zusammenarbeiteten, war manuelle Arbeit notwendig. Seit Beginn des Projekts unterlagen die

FlexRay-Spezifikationen und dadurch die FlexRay-Hardware immer wieder großen Veränderungen. Durch neue Releases wurden Probleme behoben und es entstanden neue Möglichkeiten.

Ausblick

Die Zukunft von FlexRay sieht mit intelligenten Aktoren und verteilten Systemen sehr vielversprechend aus. FlexRay bietet die richtige Infrastruktur, eine hohe Bandbreite sowie

Fehlertoleranz und Determinismus. Ein einziges FlexRay-Netzwerk kann mehrere CAN-Netzwerke ersetzen. FlexRay bietet mehr Sicherheit, höhere Leistung und Redundanz sowie die Möglichkeit zur Informationsteilung. Die Anfangskosten für FlexRay-Netzwerke sind zwar meist höher, aber wie auch bei CAN ist zu erwarten, dass die Kosten ein akzeptables Niveau erreichen werden, sobald die Technologie ausgereifter und weiter verbreitet ist. Mit FlexRay werden wir die Zukunft maßgeblich gestalten können. Dazu gehört aber auch, dass sich Prozesse für Entwickler verändern. FlexRay ist zeitgesteuert und wir müssen über Netzwerkarchitekturen nachdenken. Denn beides geht nicht – ein deterministisches System und Plug & Play.

*Sanjeev M. Naik,
Staff Research Engineer
Pradyumna K. Mishra,
Research Scientist
General Motors R&D Labs
USA*

FlexRay Konsortium	
Gründung	September 2000
Ziel	Entwicklung eines Kommunikationssystems für die hohen Anforderungen zukünftiger Automobilanwendungen wie X-by-Wire.
Rolle von General Motors	Seit Oktober 2001 ist General Motors ein Core Member des FlexRay Konsortiums. Mit seiner Erfahrung in allen Bereichen der automotiven Forschung und Entwicklung sowie dem Interesse an der X-by-Wire-Technologie ist GM maßgeblich an der Weiterentwicklung des FlexRay-Standards beteiligt.
GM über FlexRay	“FlexRay bietet viele Vorteile, zum Beispiel Fehlertoleranz und replizierte duale Kanäle für dreifache Redundanz. Das ist besonders bei sicherheitskritischen Anwendungen von großer Bedeutung. FlexRay unterstützt zudem hohe Rechengeschwindigkeiten und verfügt über eine hohe Kommunikationsbandbreite (10 Mbit/s). Es handelt sich um ein zeitgesteuertes Protokoll für koordinierte, verteilte Regelsysteme im gesamten Fahrzeug.”
Weitere Informationen	www.flexray.com

Dynamische Modelle für Deutz-Diesel-Power

- **Deutz-Freigabetests für Dieselmotor-Steuergeräte**
- **HIL-Testsystem basierend auf dSPACE Simulator und ASM Diesel Engine Simulation Package**
- **Schnelles Varianten-Handling mit dynamischen Modellen**

Die Deutz AG setzt für die Freigabetests ihrer Dieselmotor-Steuergeräte ein Testsystem basierend auf dSPACE Simulator ein. Dieser Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulator arbeitet mit dem neuen ASM Diesel Engine Simulation Package. Das Ziel, eine optimale Rentabilität des HIL-Testsystems zu gewährleisten, wurde durch schnelles Steuergeräte-Varianten-Handling und Testautomatisierung realisiert. Durch den direkten Zugriff auf die Modellparameter zur Laufzeit ist eine effiziente Steuergeräteprüfung durch schnelle Umparametrierung des Modells möglich.

Die Deutz AG ist mit Motoren in den Segmenten stationäre und mobile Arbeitsmaschinen, Landtechnik, Stromerzeugung, Automotive und Marine vertreten. Dadurch ergibt sich eine breite Produktpalette von 4 – 15-Liter-Dieselmotoren mit 4 – 8 Zylindern und einer Leistungsbandbreite von 64 – 500 kW. Durch individuelle Anpassungen einiger

zend werden bei Deutz heute Hardware-in-the-Loop (HIL)-Testsysteme eingesetzt.

Dieselmotormodell

Am Deutz-HIL können vier Steuergeräte verschiedener Zulieferer betrieben werden, darunter Steuerungen für die



▲ Der Deutz TCD2015 V8 4V wiegt ca. 1280 kg und hat ein maximales Drehmoment von 3050 Nm.

Motoren an Kundenwünsche ergibt sich daraus eine erhebliche Anzahl von Motorvarianten und Applikationsständen der Steuergeräte-Software. Üblicherweise wird die Software von dem Motorsteuergeräte-Hersteller entwickelt. Die Applikation sowie die Tests können im Regelfall an Versuchsständen sowie im Außenversuch erfolgen. Ergän-

„Das ASM-Dieselmotormodell bietet uns durch seine flexible schnelle Konfiguration die Möglichkeit, alle unsere Motorvarianten mit einem einzigen Modell abzudecken und sehr schnell zwischen den Varianten zu wechseln.“
Mark Zimmermann

Einspritzsysteme Regelstange, Common-Rail und Pumpe-Leitung-Düse. Hierzu hat dSPACE ein Motormodell entwickelt, in dem die drei verschiedenen Einspritzsysteme problemlos umgeschaltet, parametrierbar und simuliert werden können.

Das dSPACE ASM Diesel Engine Simulation Package beinhaltet nicht nur das Motormodell, sondern auch ein Getriebe- und ein einfaches Fahrtdynamikmodell. Alle Modellteile sind offen und können schnell und problemlos auf die Deutz-spezifischen Motorvarianten erweitert werden. Beispielsweise wurden das Lüftermodell Viscotronic mit unterschiedlichen Hysteresekurven, eine Raildrucklecke mit einem mechanischen „Pressure Relief Valve“ sowie unterschiedliche Turbolader in das Modell integriert. Zusätzlich ist in dem modellierten Antriebsstrang eine Prüfstands-umgebung implementiert worden, um Schleppbetrieb und Lastsprünge wie an den realen Prüfständen zu

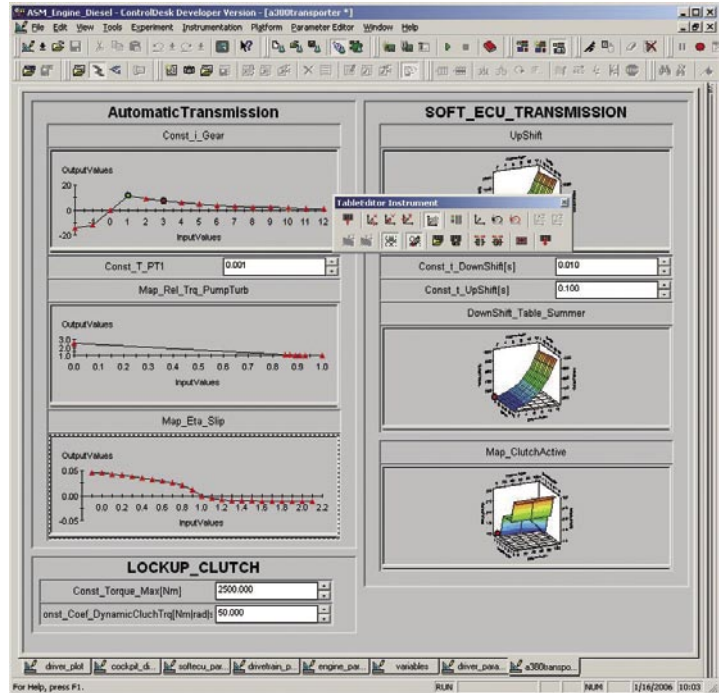
simulieren. Somit sind Vergleichsmessungen zwischen Prüfstandsmotoren und HIL-Simulationen möglich.

Vorparametrierung der Steuergeräte-Software

Eine besondere Anwendung des HIL-Systems ist die Vorparametrierung von Softwarekomponenten des Steuergerätes, die an den Deutz-Prüfständen nicht parametrierbar sind (Cruise Control, Lüfter, Geschwindigkeitsabregelung). Die Vorparametrierung am HIL dient dazu, einen reibungslosen Ablauf bei der Inbetriebnahme vor Ort zu gewährleisten. Ein Beispiel ist der Flugzeugschlepper für den A380. Hier musste eine Geschwindigkeitsabregelung bei 25 km/h ohne Last (50 t) und bei Vollast (500 t) vorbereitet und getestet werden. Um die Funktion bei angehängtem Flugzeug zu simulieren und die sich ergebenden Beschleunigungs-, Brems- und Geschwindigkeitsprofile zu ermitteln, reichte aufgrund der online verstellbaren Parameter des Modells folgende Vorgehensweise: Man erhöht mit der grafischen Bediensoftware ControlDesk die Masse der Zugmaschine von 50 Tonnen um das Startgewicht des A380 von 500 Tonnen. Hierfür muss keine neue Parametrierung und keine neue Codegenerierung für das Modell erfolgen. Um bei diesem Gewicht ein ausreichendes Anfahrmoment aufbauen zu können, müssen zudem die Komponenten des Antriebsstrangs entsprechend ausgelegt werden. Auch dabei reicht es aus, mit ControlDesk die Kennlinie des Drehmomentwandlers und die Getriebeübersetzung passend zu wählen. Die so durchgeführte Überprüfung der Abregelung reichte für eine qualifizierende Aussage, ob der Software-Stand für eine weitere Betrachtung im Fahrzeug geeignet ist.

Testautomatisierung

Die Testautomatisierung ist eine Deutz-Eigenentwicklung, realisiert auf Basis von dSPACE AutomationDesk. Die einzelnen Automatisierungsschritte sind als Python-Skripte hinterlegt. Die Testfälle werden über Excel-Referenzlisten parametrierbar. Bereits jetzt existieren etwa 1100 Testfälle, die



▲ ControlDesk bietet zur Laufzeit direkten Zugriff auf wichtige Modellparameter. Hier werden die Übersetzung des Getriebes sowie die Eigenschaften des Drehmomentwandlers eingestellt.

über Nacht bis zu 11 Stunden durchlaufen. Daher muss ein stabiler Ablauf der Testautomatisierung und Modellsimulation gewährleistet sein. Für einige Testfälle ist ein besonders genaues Modellverhalten erforderlich, wodurch insgesamt eine hohe Güte des Modells notwendig ist. Als Beispiel ist ein stabiler und stationärer Arbeitspunkt in Abhängigkeit von Raildruck, Last und Ladeluftdruck zu nennen, der für bestimmte Testfälle einen eng definierten Bereich nicht verlassen darf.

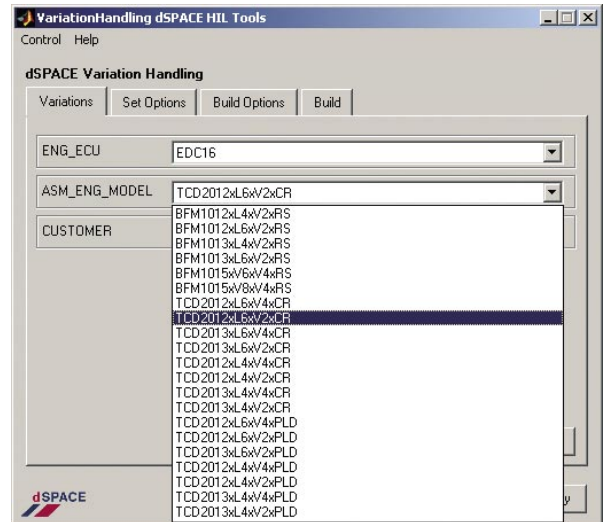
Praktischer Nutzen

Das Deutz-HIL hat eine sehr hohe Auslastung und durch die schnell gewonnenen Testergebnisse einen hohen Nutzen für die Deutz AG. Der Haupteinsatzbereich liegt im Softwareentwick-



▲ Der mit zwei Deutz-Dieselmotoren ausgerüstete stangenlose Flugzeugschlepper AST-1X der Firma Goldhofer wurde für Kolosse wie den Airbus A380 entwickelt.

lungsprozess und in der automatisierten Freigabe verschiedener Datensätze. Durch die Testautomatisierung wurden schon einige Software-Fehler nach Software-Neuablieferung entdeckt, die zur Beschädigung eines realen Motors geführt hätten. Auch bei der Neuentwicklung von Datensätzen wurden durch HIL-Tests Beschädigungen eines realen Motors verhindert. Gegenüber dem realen Prüfstand hat der Deutz-HIL-Simulator die Vorteile, dass alle Ein- und Ausgänge der Steuergeräte verändert und vermessen werden können und unterschiedliche Motorvarianten mit individueller Antriebsstrangcharakteristik eingestellt werden können. Zusätzlich sind mit dem Deutz-HIL ideale Lastsprünge realisierbar, die mit den elektrischen Prüfstandsbremsen nicht möglich sind. Daraus ergeben sich optimale Voraussetzungen



▲ Mit der Variantenverwaltung kann schnell und bequem zwischen den 50 Motorkonfigurationen umgeschaltet werden.

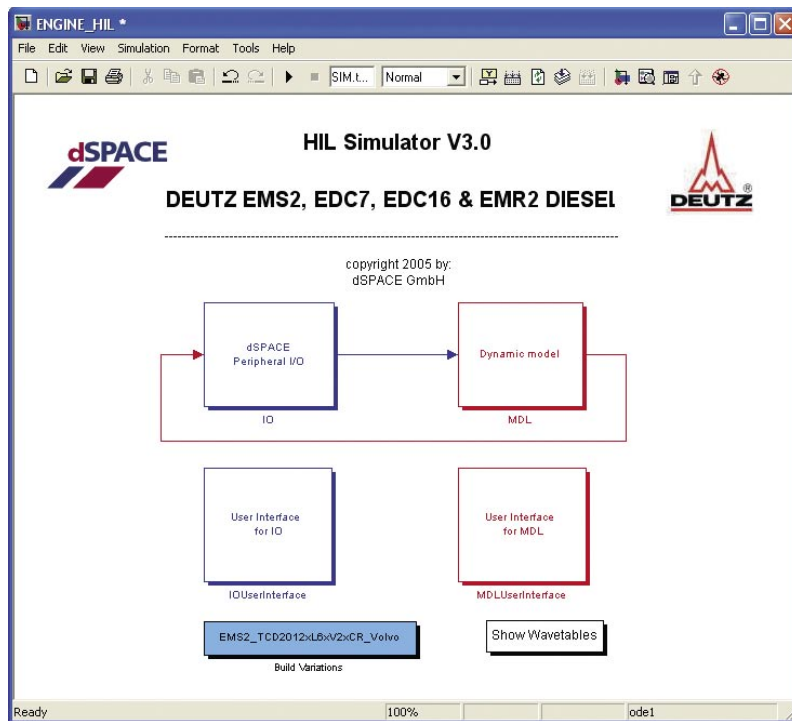
Mit dem derzeitigen Stand werden durch die reproduzierbaren 1100 Testfälle 4 Mann-Wochen eingespart. Die Vorparametrierung am HIL verbessert und verkürzt die Inbetriebnahme der Außenversuchsmotoren beim Kunden. Im Datensatz und Software-Freigabeprozess ist das HIL inzwischen ein fester Bestandteil. Durch den breiten praktischen Anwendungsbereich hat sich das Deutz-HIL innerhalb kurzer Zeit bewährt.

Ausblick

Deutz wird den Grad der Software-Tests in der Testautomatisierung erhöhen, um den restlichen manuellen Testanteil zu verringern. Die Testautomatisierung wird um Datensatzfreigabeprozesse und neue Steuergeräte erweitert. Des Weiteren will Deutz das System für die modellbasierte Bypass-Funktionsentwicklung erweitern und anpassen.

Mark Zimmermann

Entwicklungsingenieur Motorelektronik,
Elektronik - Vorentwicklung
Deutz AG



▲ Das offene ASM Diesel Engine Model kann in Simulink bis auf Blockdiagrammebene betrachtet werden.

für den Steuergerätetest. Aus Kostensicht verbraucht ein HIL-Simulator nur Strom, so dass im Freigabeprozess einige tausend Liter Diesel eingespart werden können.

Fazit

dSPACE hat ein robustes Motormodell für die Deutz AG zur Verfügung gestellt. Eine einfache Modellvariantenverwaltung erleichtert die Pflege der rund 50 Motormodelle und Kundenapplikationen. Die Schnittstellen zum Modell und zur Hardware erleichtern das Zusammenspiel mit der Testautomatisierung. Die Testautomatisierung verringert den Personalaufwand bei den manuellen Tests der Software-Neuablieferungen.

Glossar

Varianten-Handling – Toolgestütztes Verfahren, um zwischen den Parametrierungen und Konfigurationen der Testsystem-Software zu wechseln

Applikation – Kalibrierung der Steuergeräte-Software durch Verstellen der Software-Parameter.

Sicher fahren mit MTest

Die Entwicklung von Fahrwerkregelsystemen ist geprägt durch eine zunehmende Komplexität bei immer kürzeren Entwicklungszeiten. Für BMW bekommt deshalb die Absicherung dieser Systeme bereits in einer frühen Phase eine immer größere Bedeutung. Mit dem dSPACE-Tool MTest können umfangreiche Funktionstests bereits auf der Simulink®-Plattform effizient durchgeführt werden. Während der Serienentwicklung einer Dämpferregelung konnte die Qualität der erstellten Funktionslogik und dadurch auch die Effizienz aller nachgelagerten Entwicklungsschritte, zum Beispiel Code-Generierung, durch diese Absicherungsstufe erheblich erhöht werden.

Dämpferregelung entschärft Zielkonflikt zwischen Fahrsicherheit und Fahrkomfort

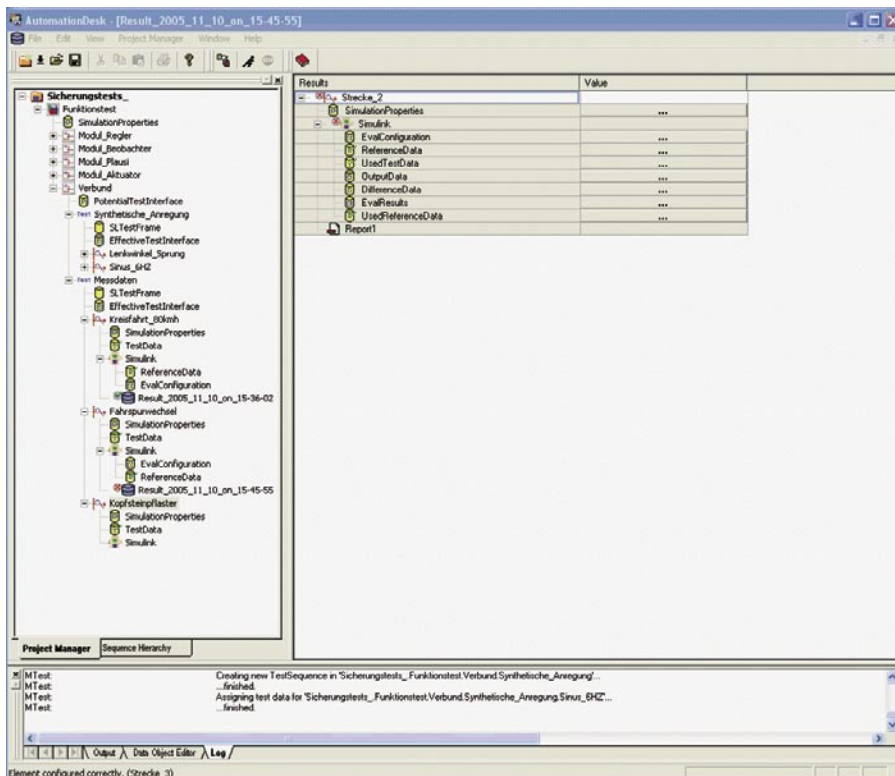
Konventionelle Fahrwerke unterliegen bei ihrer Auslegung immer einem Konflikt zwischen Fahrkomfort und Fahrsicherheit. Während für einen hohen Komfort eine gute Entkopplung von Aufbau und Straße nötig ist, müssen für eine hohe Fahrsicherheit die dynamischen Radlaständerungen minimiert werden. Diese Anforderungen sind aber zum Teil gegenläufig in der Auslegung der Fahrwerkselemente. Mit einer elektronischen Dämpferregelung kann dieser Konflikt deutlich entschärft werden. Dies wird ermöglicht, indem durch die Regelung die Dämpferkräfte zwischen Fahrzeugaufbau und Rad fahrsituativ und abhängig von der Fahrbahnanregung

optimal eingestellt werden. Die Berechnung der Dämpfersollkräfte erfolgt dabei mittels einer Regelstrategie aus den vertikalen Fahrzeugbewegungsgrößen sowie weiteren Informationen zum Fahrzustand, zum Beispiel dem Lenkwinkel.

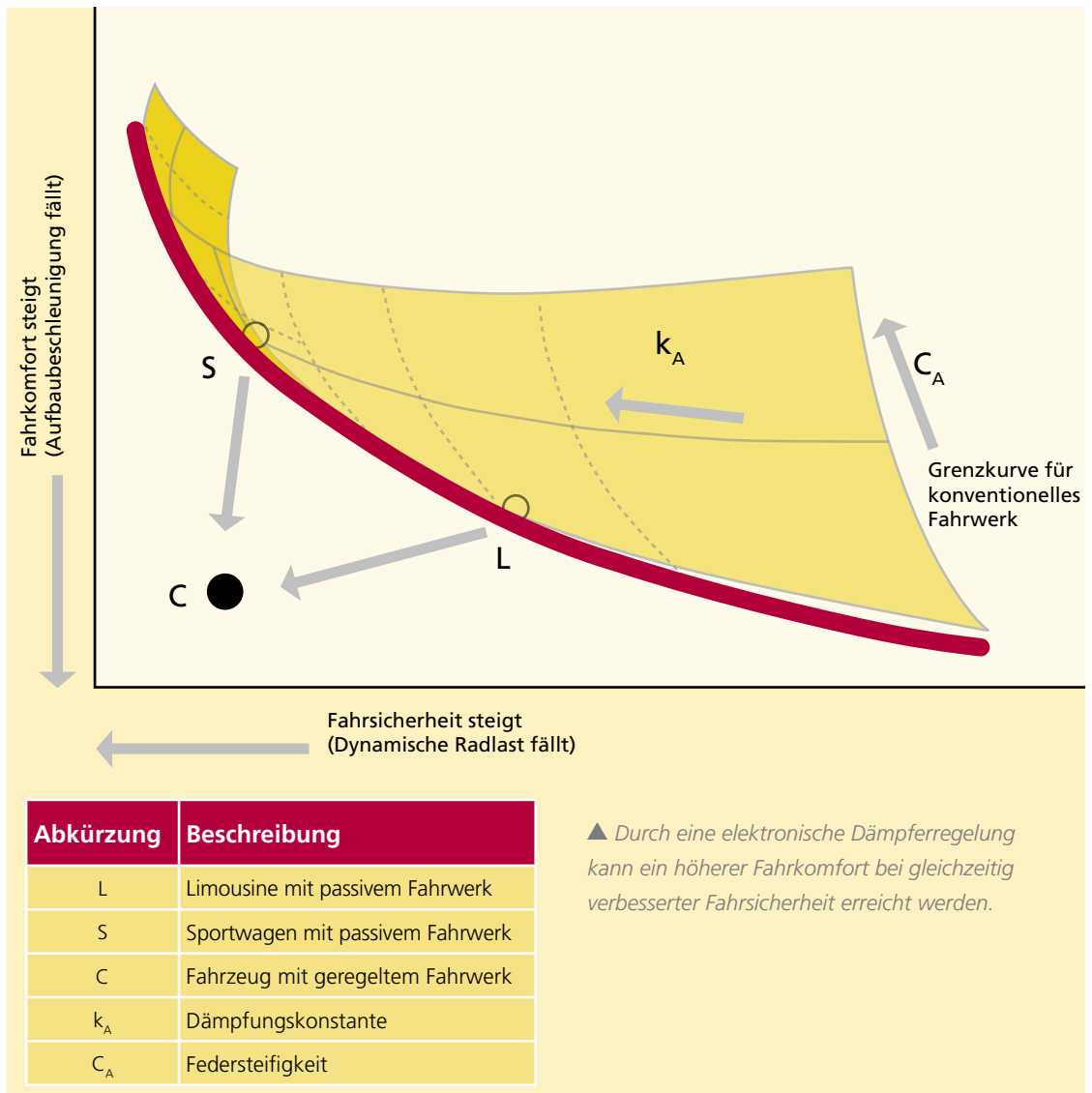
Funktionstests reduzieren Fehlerfortpflanzung

Während der Entwicklung dieses Regelsystems wird eine Vielzahl von kleinen Iterationsschleifen durchlaufen, um eine möglichst hohe Funktionalität bei hoher Zuverlässigkeit zu erreichen. Dazu werden in Simulink wiederholt funktionale Änderungen oder Erweiterungen durchgeführt und anschließend über TargetLink in Steuergeräte-Code konvertiert.

- BMW Group steigert Entwicklungseffizienz durch MTest
- Frühe Absicherung in der Funktionsentwicklung
- Elektronische Dämpferregelung sorgt für Fahrdynamik und Fahrsicherheit



◀ Der Aufbau der Testbäume erhöht die Bedienbarkeit und die Übersichtlichkeit der Testfälle.



Diese Iterationsschleifen sind jedoch fehlerträchtig und müssen deshalb möglichst frühzeitig abgesichert werden, um eine Fehlerfortpflanzung und damit unnötigen Arbeitsaufwand zu reduzieren. Darüber hinaus gibt es die im Projekt zeitlich fest verankerten Integrationsstufen, zu denen eine möglichst vollständig abgesicherte Software bereitgestellt werden muss. Da aber bei allen OEMs der Zwang besteht, Absicherungs- und Erprobungszeiten in den kostenintensiven Prototypen zu reduzieren, müssen alternative Testmethoden eingesetzt werden, um eine gleichbleibend hohe Qualität zu erreichen. Ein erster wichtiger Schritt, diesen Anforderungen gerecht zu werden, ist die Absicherung der in Simulink implementierten Funktionslogik, der so genannten ausführbaren Spezifikation. Diese Tests werden im Folgenden als Funktionstests bezeichnet.

Dazu wurde bei BMW ein Testwerkzeug gesucht, welches folgende Anforderungen erfüllt:

- ▀ Unterstützung der Simulink/TargetLink-Plattform
- ▀ Sowohl Absicherung von Modulen innerhalb des Funktionsmodells als auch Gesamttests möglich
- ▀ Realitätsnahe Absicherung durch Vorgabe von Abtastzeit, Anregungsdaten aus Messungen sowie Vorgabe aller Eingänge
- ▀ Verknüpfung von Spezifikationen und Testfällen
- ▀ Black-Box- und White-Box-Tests

Einsatz von MTest in der Serienentwicklung

Während der Entwicklung der Software für die Dämpferregelung wurde das Tool MTest von dSPACE zum ersten Mal bei BMW im Serienprozess eingesetzt. Ein wesentlicher Vorteil von MTest ist die Möglichkeit, strukturierte

Testbäume aufbauen zu können. Die Testbäume bestehen aktuell aus zwei Testgruppen: Zum einen werden einzelne Module des Gesamtsystems ausgewählt und auf ihre Funktion hin getestet (Modultests). Zum anderen wird das Gesamtsystem mit so genannten Verbundtests abgesichert. Dabei wird versucht, über entsprechende Testfälle gezielt einzelne Funktionsmodule im Gesamtsystem

*„Durch den Einsatz von Software-Tests kann die Effizienz bei der Entwicklung von komplexen Regelsystemen im Fahrzeug signifikant erhöht werden.“
Jan Kirschbaum*

abzutesten. Jeder dieser Tests beinhaltet eine Vielzahl von Testsequenzen, welche einzelne Arbeitspunkte der zu testenden Funktion anfahren, um ein dichtes Testnetz zu erhalten und möglichst alle Fehler zu erkennen. Für diese Testsequenzen werden sowohl synthetisch erzeugte Stimuli als auch Messdaten verschiedener Fahrmanöver zur Anregung verwendet. Ist eine Funktion nach einem Testdurchlauf als fehlerfrei definiert, so werden diese Testergebnisse für weitere Testdurchläufe als Referenz verwendet. Bei einem nachfolgenden Testdurchlauf wird von MTest eine Evaluierung der Tests durchgeführt, indem die Testergebnisse mit den Referenzen nach ausgewählten Kriterien verglichen werden. Ein weiterer Vorteil des Tools besteht darin, bei Bedarf einzelne Testsequenzen auszuwählen und auszuführen, so dass nicht immer der gesamte rechenintensive Testbaum abgearbeitet werden muss. Das Tool erlaubt es auch, mehrere ausgewählte Tests automatisiert abarbeiten zu lassen, so dass rechenaufwändige Simulationen durchaus nachts laufen können und tagsüber keine Rechenkapazitäten blockiert werden. Zur Auswertung der Tests wird der in MTest enthaltene Report Generator genutzt, der die erzielten Testergebnisse grafisch in einem PDF-Dokument darstellt. Anhand dieses Dokuments werden die Auswertungen der Tests vorgenommen.

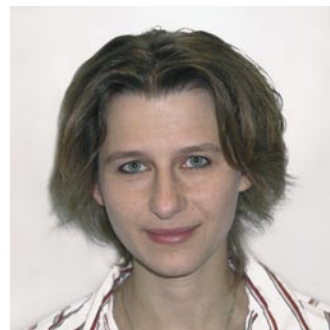
Höhere Qualität der Funktionen mit MTest

Durch die Absicherung der so genannten ausführbaren Spezifikation in Simulink konnten die Qualität der Funktionslogik deutlich erhöht und unnötige Iterationsschleifen aufgrund fehlerhafter Implementierung reduziert werden. Diese Tests trugen einen erheblichen Teil dazu bei, den Entwicklungsprozess bei BMW noch effizienter zu gestalten.

Mit MTest konnte dem gesteigerten Testbedarf in der Entwicklung von Regelsystemen im Fahrzeug Rechnung getragen werden. Es sind aber noch weitere Absicherungsstufen notwendig, um bei der wachsenden Komplexität eine gleichbleibend hohe Qualität zu gewährleisten. In Zukunft werden daher auch vermehrt Tool-Schienen gefragt sein, die ein durchgängiges Abtesten auf allen Plattformen erlauben. Durch die gute und konstruktive Zusammenarbeit mit dSPACE, in Form von Feedbackrunden, konnte die Benutzerfreundlichkeit von MTest weiter verbessert werden. Durch weitere Optimierungen kann sich dieses Tool als ein Standard in diesem Bereich etablieren.



*Jan Kirschbaum
Funktionsentwicklung Vertikaldynamik
BMW Group, München*



*Andrea Neugebauer
Elektrik/Elektronik
Bertrandt GmbH, München*

Eine zweibeinige Laufmaschine

➤ **Universität Linz entwickelt mit dSPACE-Hardware eine zweibeinige Laufmaschine**

➤ **dSPACE DS1005 PPC Board für Steuerung und Regelung**

➤ **Gehgeschwindigkeit von 0,5 km/h**

Seit mehreren Jahren wird an der Universität Linz intensiv auf dem Gebiet des zweibeinigen Laufens geforscht. Dazu gehört die Entwicklung neuer Beinprothesen und revolutionärer Antriebskonzepte sowie einer zweibeinigen Laufmaschine, für die dSPACE-Hardware das Steuern und Regeln übernimmt. Die Gelenke des Zweibeiners werden über Gleichstrommotoren mit Harmonic-Drive-Getrieben bewegt. Ziel des Projektes ist ein vollständig autonomer Roboter.

In den vergangenen Jahren hat die Entwicklung von Laufmaschinen stark zugenommen. Diese Maschinen haben gegenüber radgetriebenen Robotern den großen Vorteil, dass sie sich in unwegsamem oder unzugänglichem Gelände besser fortbewegen können. Gedacht ist dabei der Einsatz in radioaktiv oder chemisch verseuchten Gebieten, die eine extreme Gefahr für Menschen darstellen, oder auch im Gebirge als Lastenträger bei Rettungseinsätzen.

Aufbau des Zweibeiners

Die Laufmaschine hat eine Größe von 1,80 m und wiegt 40 kg. Sie wird von 14 PowerCubes der Firma amtec robotics GmbH mit Sitz in Berlin angetrieben. Es handelt sich dabei um kompakte Rotationseinheiten, die aus Elektronikmotoren, spielfreien Harmonic-Drive-Getrieben und der gesamten Elektronik (Steuer- und Leistungselektronik) im Modul bestehen. Die Konstruktion wurde so festgelegt, dass der menschliche Gang nachgebildet werden kann. Daher wurden

beim Zweibeiner die gleichen Bewegungsfreiheitsgrade wie bei einem Menschen umgesetzt, das heißt zwei Bewegungsmöglichkeiten im Fußknöchel, eine im Knie und jeweils drei Freiheitsgrade in der Hüfte. In jedem Gelenk befinden sich demnach ein, zwei oder drei PowerCubes in Serie. Die gesamte Steuerung und Regelung übernimmt ein DS1005-System von dSPACE, das über einen CAN-Bus mit einer Rate von 500 kbit/s mit den PowerCubes kommuniziert. Dabei wurden jeweils drei bis vier PowerCubes zu einem Antriebsstrang mit einem

CAN-Controller des DS1005-Systems zusammengefasst. In den Knöcheln des Laufroboters befinden sich speziell entwickelte Kraft-Momenten-Sensoren auf Basis von Dehnungsmessstreifen (DMS), die über einen Mikrocontroller via RS232-Schnittstelle mit dem dSPACE-System kommunizieren. Die Kräfte und Momente werden zur Bestimmung des so genannten Null-Momenten-Punktes (Zero Moment Point, ZMP), eine für die Stabilisierung wichtige Kenngröße, verwendet. Befindet sich dieser in der Projektion der Fußfläche, so ist der Gang stabil.

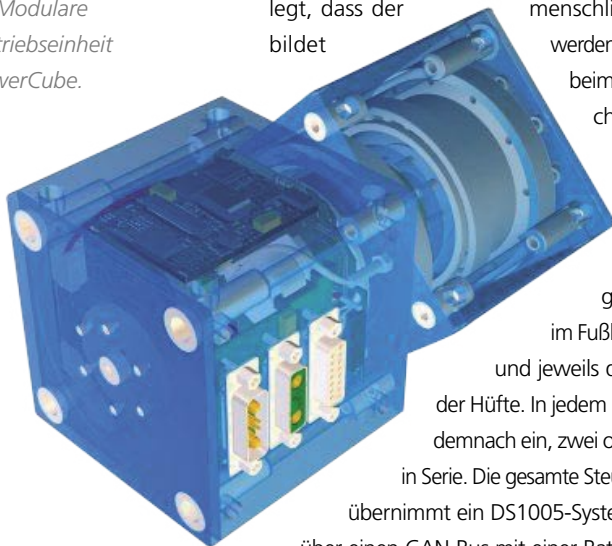
Steuerungs- und Regelungskonzept

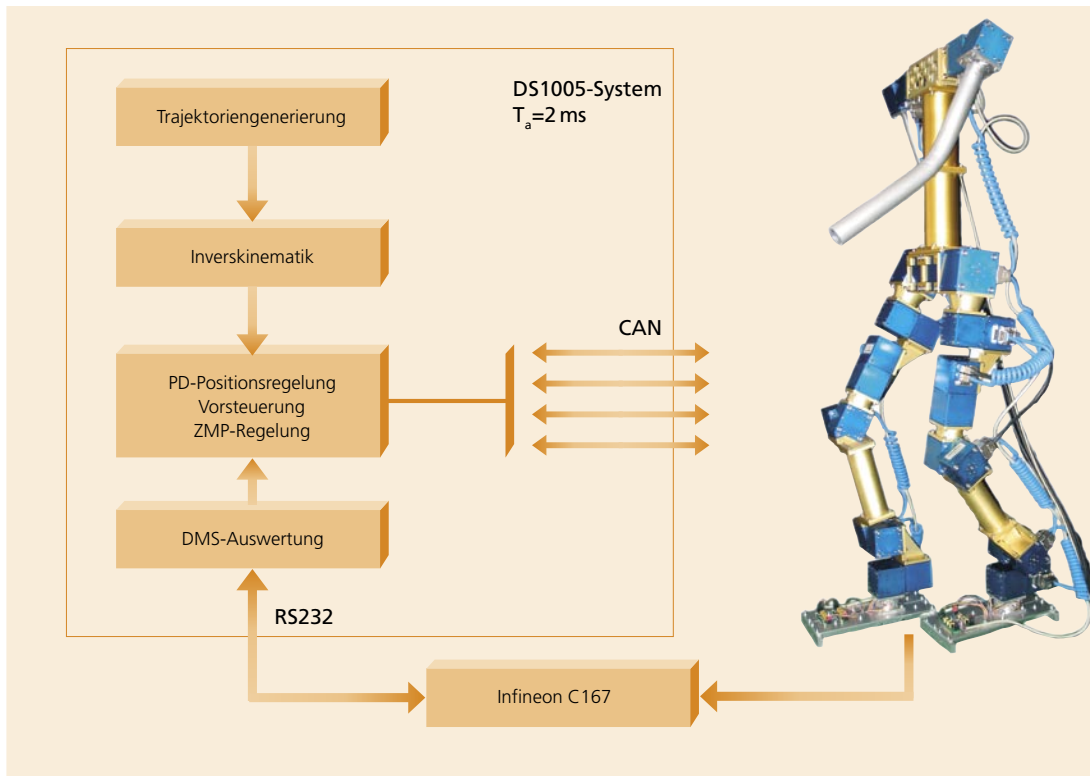
Die Steuerung und Regelung wurde in MATLAB®/Simulink® entworfen und mit dem dSPACE-Echtzeitsystem ausgeführt. Um ein besonders übersichtliches Schema zu erhalten, wurde die Ablaufsteuerung mit Hilfe von Statecharts in MATLAB/Simulink implementiert. Sämtliche Berechnungen müssen in Echtzeit durchgeführt werden.

➤ Für die Steuerung werden dem Roboter Position und Orientierung im 3D-Raum vorgegeben. Die Trajektoriengenerierung erzeugt daraus stetige Bahnen für die Hüfte und die beiden Füße, jeweils als Position im Inertialsystem und als Orientierung in Form von Kardanwinkeln. Dabei wird für die Berechnung der Hüfttrajektorien von einem inversen Pendel ausgegangen und die entsprechende Differentialgleichung für einen stabilen Gang gelöst.

➤ Über die Inverskinematik werden die Bahnen, die in Weltkoordinaten vorliegen, in Gelenkkoordinaten des Zweibeiners umgerechnet. Die Inverskinematik hat wegen des speziellen Aufbaus der Beine keine analytische Lösung und muss daher numerisch über ein Newton-Verfahren gelöst werden.

▼ *Modulare Antriebseinheit PowerCube.*





▲ Übersicht des Steuerungs- und Regelungskonzeptes: Kommunikation zwischen dem dSPACE-System und den Kraft-Momenten-Sensoren in den Knöcheln des Laufroboters über einen Mikrocontroller via RS232-Schnittstelle.

- Die so erhaltenen Winkel sind die Vorgabewerte für die Positionsregelung. Diese besteht im Wesentlichen aus einer Vorsteuerung mit überlagerten PD-Gelenkreglern. Bei der Vorsteuerung wird die gesamte Vorwärtsdynamik des Roboters zur Laufzeit berechnet. Sie dient auch zur Kompensation der Getriebeelastizitäten. Mit der PD-Regelung wird die Stabilität der Gelenke gewährleistet. Außerdem werden unter anderem Parameterungenauigkeiten und Reibungseinflüsse ausgeglichen.
- Dieser PD-Regelung überlagert, sorgt ein ZMP-Regler für die Stabilität des Ganges. Der ZMP ergibt sich aus dem Quotienten der entsprechenden Kräfte und Momente in den Knöcheln. Die Regelung sorgt dafür, dass der ZMP in der konvexen Hülle der Fußflächen bleibt.

Ausblick

Sämtliche Berechnungen laufen mit einer Abtastzeit von 2 ms ab. Als entscheidender Vorteil stellt sich dabei die schnelle Änderbarkeit der Modelle heraus. In der derzeitigen Implementierung ist eine Gehgeschwindigkeit von 0,5 km/h möglich. Durch Erweiterung des Regelungskonzeptes wird die Geschwindigkeit

in den nächsten Monaten erhöht. Ferner wird zusätzliche Sensorik zum Erkennen der Umgebung in Betrieb genommen.

*Hubert Gatringer
Institut für Robotik
Johannes Kepler Universität Linz
Österreich*

Glossar

Harmonic-Drive-Getriebe –

Kompaktes und leichtes Getriebe, das mit hoher Übersetzung und großer Präzision arbeitet.

Kraft-Momentensensor (KMS) –

Sensor, der die wirkenden Kräfte und Momente (zum Beispiel bei Bewegung eines Roboterbeins) in Bezug auf Richtung und Größe auswertet.

Null-Momenten-Punkt

(Zero Moment Point, ZMP) – Punkt, in dem alle Kräfte und Bewegungsmomente, die auf den Roboter einwirken, Null sind.

Trajektorie – Wegstrecke, die auf berechneten Bahnen zurückgelegt wird.

Luftlastsimulation am Airbus A380

- Tests der Vorflügel- und Landeklappen-ansteuerung des Airbus A380
- Simulation realer Luftlasten
- Multiprozessor-system aus DS1005 PPC Boards

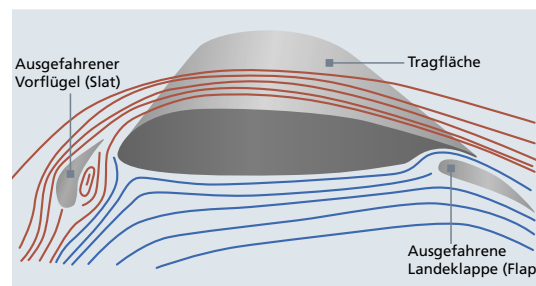
Mit Hilfe ausfahrbarer Klappensysteme sind Verkehrsflugzeuge in der Lage, den Auftrieb an den Tragflächen bei Bedarf zu erhöhen. Auf diese Weise wird ein extremer Langsamflug möglich, der besonders die Start- und Landephase erleichtert. Als größtes Passagierflugzeug der Welt verfügt der Airbus A380 über ein besonders komplexes System solcher Vorflügel und Landeklappen. Innerhalb des Prüfstands für dieses so genannte „High-Lift“ (Hochauftriebs)-System setzt Airbus auch ein Multiprozessorsystem aus DS1005 PPC Boards ein.

Hoher Auftrieb bei kleiner Geschwindigkeit

Ein High-Lift-System besteht aus ausfahrbaren Klappen an der Vorder- und Rückseite eines Flugzeugflügels. Diese Vorflügel (Slats) bzw. Landeklappen (Flaps) erhöhen die Wölbung der Tragfläche und damit auch den Auftrieb. Mit ausgefahrenen Klappen kann ein Flugzeug daher bei gleichem Auftrieb deutlich langsamer fliegen, wodurch sich zum Beispiel bei Start und Landung der Rollweg erheblich verkürzt.

Der High-Lift-Prüfstand

Die Anlage zum Testen der A380-High-Lift-Komponenten ist die größte Versuchsanlage von Airbus am Standort Bremen. Dort ist das komplette Vorflügel- und Landeklappensystem mit allen Antrieben in Originalgröße aufgebaut. Die Ingenieurgemeinschaft IgH (Essen), spezialisiert auf die Entwicklung von Sonderprüfsystemen, realisierte die Steuerung der Anlage.



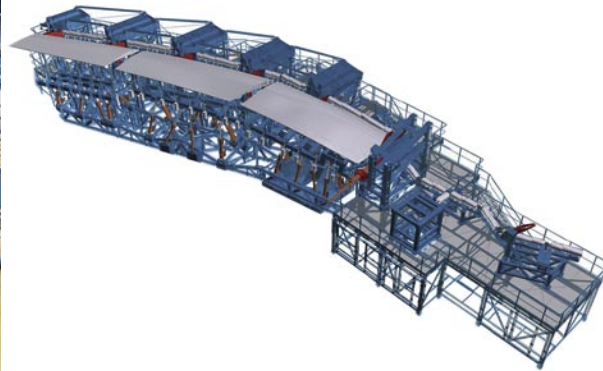
▲ Schematische Darstellung des Strömungsprofils bei ausgefahrenen Vorflügeln und Landeklappen. Durch die größere Wölbung vergrößert sich der entstehende Auftrieb.

Die Aufgabe besteht im Kern in der kontrollierten Ansteuerung hydraulischer und pneumatischer Zylinder,



▲ Der Airbus A380 während der Landephase. Ausfahrbare Klappen an den Tragflächen erhöhen den Auftrieb und ermöglichen einen extremen Langsamflug.

welche die variierenden aerodynamischen Luftlasten nachbilden. Bei der Vorflügel-Versuchsanlage sorgt ein zentraler Hydraulikmotor (5000 PSI) über Gelenkwellen und Antriebe für das Ein- und Ausfahren der Vorflügel. Um hierbei die Luftlasten eines realen Fluges zu simulieren, wird die jeweils gewünschte Druck- oder Zugkraft mit Hilfe von Hydraulikzylindern an den Antrieben erzeugt. Die Anlage kann insgesamt Kräfte von bis zu 600 kN (eine Flügelhälfte) in das Vorflügel-System einleiten. Der notwendige Stahlbau der Vorflügel-Versuchsanlage weist entsprechende Dimensionen auf: Länge 60 m, Höhe 3,9 m, Tiefe 4,5 m, Gewicht etwa 50 Tonnen. Auch die Landeklappen-Versuchsanlage arbeitet mit Originalbauteilen. Dort wirken, über die Flächen verteilt, insgesamt 46 Pneumatikzylinder. Die Anlage kann bis zu 800 kN (eine Flügelhälfte) in das Landeklappen-System einleiten. Auch hier sind die Abmessungen beeindruckend: Länge 34,8 m, Höhe 7,2 m, Tiefe 8 m, Gewicht etwa 155 Tonnen.



▲ Der High-Lift-Prüfstand zum Testen des Vorflügel- und Landeklappensystems. Die Luftlasten eines realen Fluges werden durch Hydraulikzylinder simuliert.

Simulation der Luftlasten

Im Versuchsbetrieb wird die Klappenstellung mit Hilfe eines Original-Bedienelements aus dem Cockpit des A380 vorgegeben. Aus der über Positionsgeber ermittelten Klappenstellung ergibt sich die Flugphase und damit die aktuelle hochdynamische Lastsituation, die von der Steuerung kontrolliert werden muss.

„Wir sind froh, dSPACE in Kombination mit MATLAB/Simulink eingesetzt zu haben. Dies ermöglicht uns die notwendige Flexibilität beim Testen zu erreichen und uns neuen Testszenerarien schnellstmöglich anzupassen.“
Christian Tillmann, Airbus Mitarbeiter in der Abteilung High Lift Test (Bremen)

Bei Langzeitversuchen simuliert die Steuerung das Signal des Bedienelements. Zu diesem Zweck enthält sie einen programmierbaren Sequenzgenerator, der unterschiedliche Versuchszyklen in beliebiger Wiederholung ermöglicht. Die Eingabe der Luftlasten erfolgt über Lastwerttabellen. Diese werden als kommaseparierte Listen geliefert und dem laufenden System über ein Python-Script übermittelt, das mit der dSPACE Real-Time Library (RTLib) kommuniziert.

Herausforderung Komplexität

Die größte Herausforderung bei der Realisierung der Steuerung liegt in der Komplexität der Struktur des zu kontrollierenden Systems. Insgesamt müssen über 750 digitale und analoge Ein- und Ausgangssignale mit Taktfrequenzen von 500 beziehungsweise 1000 Hz verarbeitet werden. Teils liegen diese Signale direkt leitungsgebunden vor, teils werden sie über PROFIBUS trans-

portiert. Der PROFIBUS wird zudem genutzt, um einem externen Loggingsystem laufend alle relevanten Daten zu liefern und eine kontinuierliche Zeitsynchronisation zu gewährleisten. Die Steuerung hat neben der Simulation der Luftlasten noch weitere Aufgaben: Sie kontrolliert die Versorgung der Versuchsanlage mit Mineralöl und die Versorgung der flugzeugseitigen Antriebe mit Hydrauliköl (Skydrol). Alle Funktionen der Steuerung werden über eine grafische Oberfläche kontrolliert, die in ControlDesk gestaltet ist. Die Gestaltung der Oberfläche ist daran orientiert, einen möglichst flexiblen Versuchsbetrieb zu ermöglichen und dem Anwender jederzeit alle erforderlichen Informationen übersichtlich zu präsentieren.

Die komplette Steuerung basiert auf zwei DS1005 PPC Boards, sechs DS2003 Multi-Channel A/D Boards sowie zwei DS2001 High-Speed A/D Boards, die Dauerbetriebs-eigenschaften aufweisen müssen.

Unter Last bewährt

Die modulare dSPACE-Hardware hat sich sehr gut bewährt, da sie sich seit zwei Jahren im Dauereinsatz befindet und bis zum heutigen Zeitpunkt keine Schwäche gezeigt hat. Die Entwicklung der Steuerungsfunktionen mittels MATLAB®/Simulink® hat sich als vorteilhaft erwiesen. Schließlich ist der kompetente Support hervorzuheben, der insbesondere bei anspruchsvollen Teilaufgaben wertvolle Unterstützung liefert.

Richard Hacker und Dr.-Ing. Torsten Fink
Ingenieurgesellschaft IgH, Essen
Deutschland

Doppelt stark mit Hybridantrieb

- **HIL-Simulation eines Hybridantriebs**
- **Spezielle Hardware für die PWM-Vermessung**
- **Durchlaufzeit 7 Mikrosekunden**

Steigende Benzinpreise und verschärfte Emissionsrichtlinien stellen Automobilhersteller vor neue Herausforderungen. Viele sehen die Lösung in beiden Fällen in einem Hybridfahrzeug. Die Kombination von Verbrennungs- und Elektromotor reduziert Kraftstoffverbrauch und Schadstoffausstoß und verbessert gleichzeitig den Fahrspaß. Besonders in Asien und den USA steigt das Interesse an dieser alternativen Antriebsart. Zum Testen der Motorsteuergeräte werden spezielle dSPACE-Karten in Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulatoren eingesetzt, wobei dSPACE von seiner langjährigen Erfahrung bei der Simulation von Elektroantrieben profitiert.

Überblick Hybridantriebe

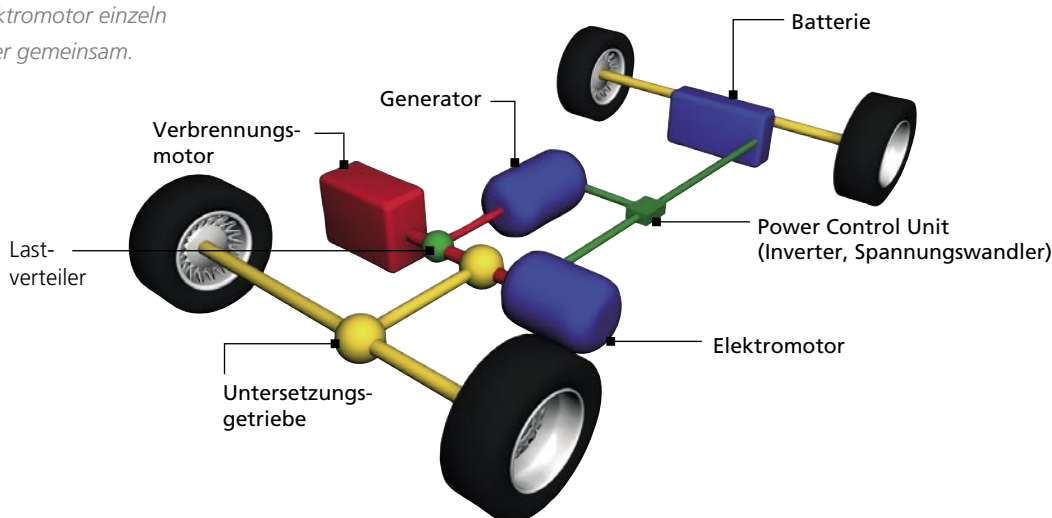
In den meisten Fahrzeugen mit Hybridantrieb wird ein Verbrennungsmotor mit einem oder mehreren Elektromotoren kombiniert, um die Stärken beider Antriebe zu nutzen. Ein Elektromotor hat den Vorteil, dass er aus dem Stand heraus mit sehr hohem Drehmoment beschleunigen kann. Während des Bremsvorgangs sowie bei Fahrten mit dem Verbrennungsmotor arbeitet der Elektromotor als Generator und lädt den Akkumulator wieder auf. Ein Verbrennungsmotor hat üblicherweise nur in einem eingeschränkten Drehzahlbereich einen guten Wirkungsgrad. Durch das Zusammenspiel der beiden Systeme steht über einen großen Drehzahlbereich ein hohes Drehmoment zur Verfügung, wobei zusätzlich Treibstoffverbrauch verringert und Schadstoffemissionen reduziert werden. Deswegen sorgt in HEVs (Hybrid Electric Vehicle) bei Fahrten mit hoher Geschwindigkeit, also auf Autobahnen oder Landstraßen, der Verbrennungsmotor

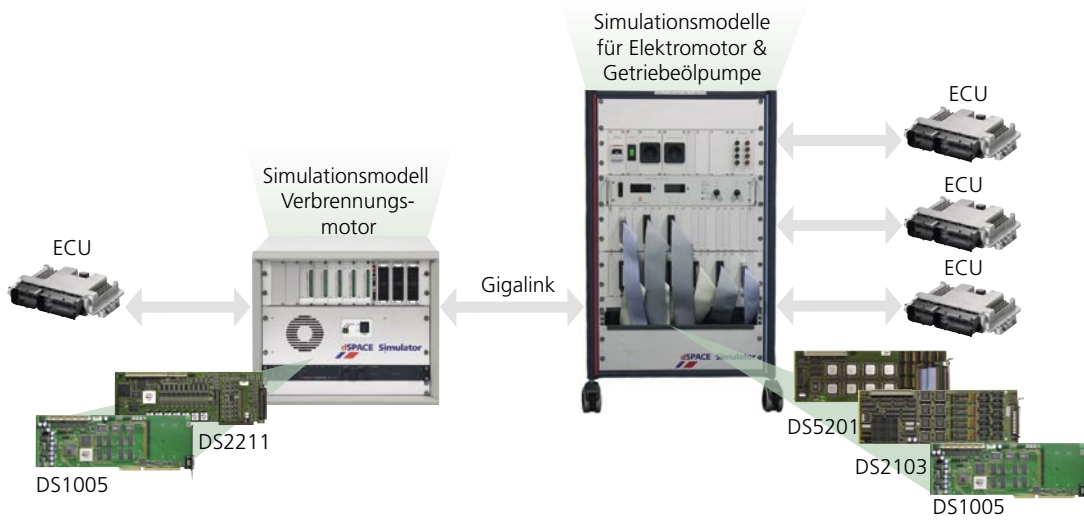
für den notwendigen Vortrieb. Während der Beschleunigungsphase bietet der Elektromotor ein zusätzliches Antriebsmoment. In der Stadt, wo sich Anfahren und Bremsen ständig abwechseln, wird automatisch auf den Elektromotor umgeschaltet, der über den Akkumulator gespeist wird.

Hardware-in-the-Loop-Simulation

Eine typische Kundenanwendung ist eine kombinierte Verbrennungsmotor- und Elektromotorsimulation, um die Längsdynamik eines Hybridantriebs nachzubilden. Für beide Motoren wird dabei aus den Steuergerätesignalen jeweils das entwickelte Moment errechnet, die dann über ein Getriebemodell miteinander zu einem Antriebsmoment gekoppelt werden. Diese lose Kopplung hat den Vorteil, dass die Berechnung der Teilmodelle in separaten Tasks ausgeführt wird und somit die Echtzeitbedingungen für die jeweiligen Steuergeräte unabhängig voneinander realisiert werden können. Elektromotoren agieren weitaus schneller als konventionelle Verbrennungsmotoren und können innerhalb weniger Millisekunden 90% ihres maximalen Drehmoments erreichen, wofür eine hohe Abtastrate erforderlich ist. Typische Steuergeräte für elektrische Maschinen arbeiten daher mit Zykluszeiten von ca. 60 bis 200 Mikrosekunden. Die erreichte

▼ Bei diesem Hybridantrieb arbeiten Verbrennungs- und Elektromotor einzeln oder gemeinsam.





▲ Kundenspezifischer Aufbau der dSPACE-Simulatoren zur Simulation des Verbrennungs- und Elektromotors.

Durchlaufzeit auf einem DS1005 PPC Board für die Simulation des Elektromotors und der zugehörigen I/O-Signale liegt bei üblicherweise 7 Mikrosekunden. Diese wird unter anderem durch das für diesen Einsatzbereich optimierte DS5201 IGBT Pulse Measurement (Insulated Gate Bipolar Transistor) Board erreicht. Es vermisst die PWM (Pulsweitenmodulation)-Ansteuersignale der elektrischen Maschinen mit einer Auflösung von 25 Nanosekunden. Die Karte verfügt über 64 Kanäle auf denen parallel Eingangssignale gemessen und mittels FPGA (Field Programmable Gate Array) ausgewertet werden können. Der Motorwinkel und die benötigten Stromwerte werden im Elektromotormodell ermittelt und über das DS2103 Multi-Channel D/A Board an die Steuergeräte zurückgespeist. Anders als bei den Simulatoren für Verbrennungsmotoren werden bei der Simulation von Elektromotoren die Signale nicht an den tatsächlichen Anschlüssen der Antriebselektronik abgenommen, sondern die Regelschleife wird über die Ansteuersignale der Leistungselektronik geschlossen.

Zukünftig wird die weiterführende Nachbildung von 3-phasigen Elektromotoren durch die Simulation induktiver Lasten ermöglicht. Die induktive Last wird durch spezielle Motorlastsimulationshardware mit integriertem Analogrechner abgebildet. Dabei beschränkt sich die Simulation von elektrischen Antrieben nicht nur auf den automotiven Einsatz, siehe auch dSPACE NEWS, Herbst 1997.

Ein typisches Kundenprojekt

In einem konkreten Kundenprojekt wurde ein Multiprozessor-system aufgebaut, in dem zwei Simulatoren gekoppelt wurden. In dem ersten wird die Simulation des Verbren-

nungsmotors und des Getriebes auf einem DS1005 PPC Board durchgeführt. Die erforderlichen Ein- und Ausgänge werden durch ein DS2211 HIL I/O Board mit integrierter Signalkonditionierung zur Verfügung gestellt (Abtastzeit 1 Millisekunde). Die elektrischen Komponenten des Hybridantriebs werden in dem zweiten Simulator nachgebildet. Sie bestehen aus den Simulationsmodellen für zwei Elektromotoren und einer elektrisch betriebenen Getriebeölpumpe. Die Elektromotor-Steuergeräte arbeiten mit einer Zykluszeit von 125 Mikrosekunden, so dass es bei einer Durchlaufzeit von 7 Mikrosekunden kein Problem ist, alle Elektromaschinen auf einer Prozessorkarte zu berechnen. Bei den Elektromotoren handelt es sich um permanenterrregte Synchronmaschinen (PSM). Sie arbeiten in einem komplexen Zusammenspiel, welches durch das Antriebsmanagement koordiniert wird. Auch bei diesem System erfolgt eine Kopplung der Simulationssysteme des Verbrennungsmotors und des Elektroantriebs durch die Berechnung des resultierenden Gesamtantriebsmoments.

Glossar

IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) – Leistungshalbleiter für mittlere Leistungen.

FPGA (Field Programmable Gate Array) – Frei programmierbare Logikschaltkreise.

Gigalink – Hochgeschwindigkeitsverbindungen über Glasfaserkabel mit 1,25 Gbit/s Übertragungsrate.

Komfortables Handling für CAN-Netzwerke

Simulation komplexer CAN-Netzwerke

Flexible Manipulation auf Nachrichten- und Signalebene

Restbussimulation für den Test einzelner Steuergeräte

Die starke Vernetzung der Steuergeräte in heutigen Fahrzeugen macht die Simulation der Buskommunikation bei Hardware-in-the-Loop (HIL)-Systemen unverzichtbar. Für CAN-Netzwerke kann mit dem RTI CAN MultiMessage Blockset die Simulation zentral für einen Bus auf Basis von DBC-Dateien (Database for CAN) konfiguriert werden. Dadurch ist sowohl die Komplexität als auch die Änderungsfrequenz der Buskommunikation beherrschbar.

Das RTI CAN MultiMessage Blockset macht es möglich, mehr als 200 CAN-Botschaften mit einem einzigen Simulink®-Block zu konfigurieren und zu verwalten. Dadurch wird die Modellgröße von HIL-Systemen mit komplexen CAN-Setups reduziert, die Dauer der Code-Generierung verringert und die Kompilierung verkürzt.

Restbussimulation

Während des Testens können Fehler stimuliert werden, um zu prüfen, ob ein Steuergerät diese erkennt. Dafür werden vom Blockset Botschaften mit integrierten Sondersignalen generiert, beispielsweise die Folgenden:

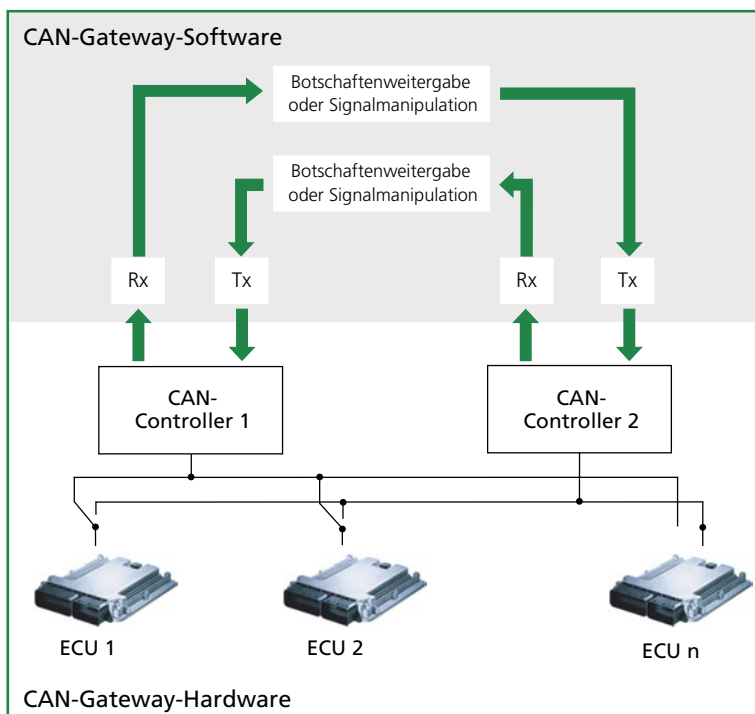
- Zähler- bzw. Mode-Signale zur Erkennung fehlerhafter Knoten im CAN-Netzwerk
 - Prüfsummen oder Paritätsbits zur Erkennung von Übertragungsfehlern oder unberechtigten Sendern
- Die Botschaften bestehen außerdem aus synthetischen Signalen oder Signalen aus dem Echtzeitmodell bei Plausibilitätschecks des Steuergerätes zu anderen Größen mit Modellbezug.

Das Gateway-Konzept

Beim Betrieb eines HIL-Simulators mit mehreren Busteilnehmern haben sich für die Signalmanipulation Fehler-Gateways durchgesetzt. Dabei werden die Busleitungen eines Steuergerätes auf einen „Fehlerbus“ des Simulators geschaltet, die Nachrichten bei Bedarf manipuliert und dann über den Original-CAN-Bus bzw. „Fehlerbus“ gesendet. So lassen sich Änderungen einzelner CAN-Signale, ganzer Nachrichten oder sogar der komplette Ausfall eines Steuergerätes darstellen und der Einfluss auf das Restnetzwerk testen. Nachrichten von nicht real vorhandenen Steuergeräten können zusätzlich generiert werden.

Online-Manipulation

Das Blockset bietet vielfältige Möglichkeiten, die Buskommunikation online gezielt zu manipulieren. Dadurch können verschiedenste Testfälle komfortabel erstellt werden. Zum Beispiel ist es möglich, für jedes Signal der zu sendenden Nachrichten den Wert methodisch vorzugeben. Zudem kann die Generierung der Sondersignale für eine bestimmte Anzahl von Sendezeitpunkten einer Nachricht verfälscht werden. Auch ist es möglich, ganze Botschaften für eine definierte Anzahl von Sendezeitpunkten zu unterdrücken oder zusätzliche Botschaften zu verschicken. Diese Optionen stehen ebenso für den automatisierten Test der Steuergeräte zur Verfügung.



▲ Das Gateway-Konzept: dSPACE Simulator arbeitet als Fehler-Gateway zwischen den Steuergeräten (ECU - Electronic Control Unit).

Arbeiten mit FlexRay



FlexRay wird im Jahr 2006 als zukünftiger Standard für die nächste Generation von deterministischen, leistungsstarken Kommunikationsnetzwerken in Serie gehen. dSPACE hat frühzeitig Lösungen für die Entwicklung von Steuergeräte-Software auf Basis des FlexRay-Protokolls angeboten und wird diese Angebote konsequent weiterentwickeln.

dSPACE-Produkte im Einsatz

Bereits in der ersten Ausgabe der dSPACE NEWS im Jahr 2005 wurde über den Einsatz von FlexRay bei der BMW Group berichtet. Auch andere Unternehmen, zum Beispiel General Motors (S. 4-5), setzen zur Absicherung des neuen Protokolls und zur Entwicklung innovativer FlexRay-Anwendungen auf die Produkte von dSPACE.

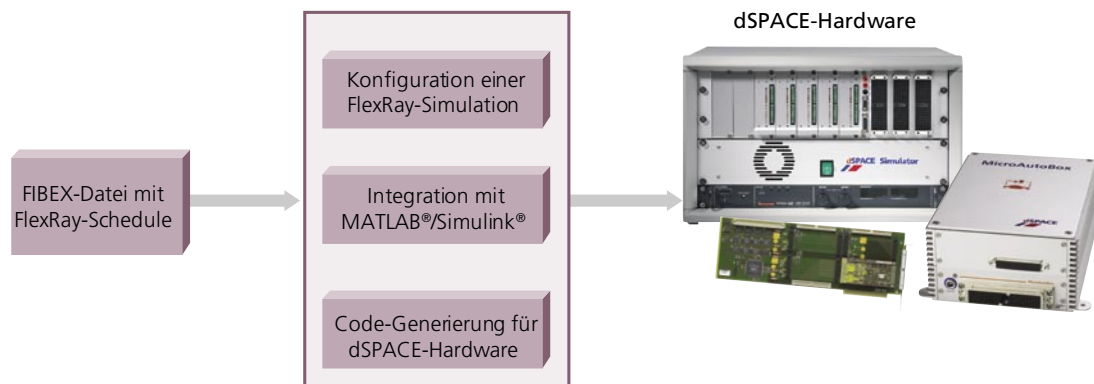
Entwicklung von FlexRay

Mit den geplanten Serienanwendungen steigen die Anforderungen an die begleitenden Entwicklungssysteme. In den Vordergrund rücken zentrale Nachrichtenkataloge für eine wachsende Anzahl von FlexRay-Steuergeräten. Die Entwicklung einzelner Fahrzeugfunktionen wird sich an diesen Vorgaben ausrichten – ebenso wie die Absicherung einzelner bzw. vernetzter FlexRay-Steuergeräte. Im Fall der CAN-Kommunikation (S. 18) hat dSPACE praxisbewährte Produkte geschaffen. Auch für FlexRay liegt mittlerweile eine umfangreiche Produktpalette vor, die stetig weiterentwickelt wird.

Neues RTI FlexRay Configuration Blockset

Um den Werkzeugeinsatz für die Entwicklung von FlexRay-Anwendungen zu optimieren, geht dSPACE auf die Wünsche seiner Kunden ein und bietet ab Frühjahr 2006 ein RTI FlexRay Configuration Blockset in Verbindung mit einem Konfigurationswerkzeug aus einer Hand an. Dann ist es möglich, ein dSPACE-System in ein FlexRay-Kommunikationsnetzwerk allein mit Hilfe von dSPACE-Werkzeugen zu integrieren. Aufgabenstellungen des Rapid Control Prototypings sowie Tests von FlexRay-Steuergeräten einschließlich Restbussimulation werden auf diese Weise unterstützt. Bekannte Leistungsmerkmale von dSPACE-Produkten können auf den FlexRay-Bus übertragen werden. Durch das Blockset ist nicht nur modellbasiertes Arbeiten möglich, sondern auch die Anbindung an andere dSPACE-Werkzeuge für Experimente, Visualisierung oder Tests. Mit einer Erweiterung der Experiment-Software ControlDesk von dSPACE wird es eine zeitsynchrone Datenaufnahme für dSPACE-Rechenknoten geben. Für das neue Blockset bereitet dSPACE die Nutzung von ASAM MCD-2FBX (FIBEX) für den Import von FlexRay-Schedules vor.

- Neues Blockset für die Anbindung von dSPACE-Hardware in ein FlexRay-Kommunikationsnetzwerk
- Konfigurationswerkzeug zur effizienten Vorbereitung von FlexRay-Simulationen



▲ Konfiguration einer FlexRay-Anwendung mit dem neuen RTI FlexRay Configuration Blockset: Vom FlexRay-Schedule bis zur Implementierung auf der dSPACE-Hardware.

Diagnose mit CalDesk

➤ Messung, Applikation und Diagnose mit CalDesk

➤ ODX-Unterstützung

➤ Fehlerspeicher, Diagnosedienste, Java-Jobs, Flash-Programmierung

Die Mess- und Applikationssoftware CalDesk bietet ab Version 1.3 ein zusätzliches Software-Modul zur Steuergeräte-Diagnose. Mess-, Applikations- und Diagnoseaufgaben lassen sich dann mit ein und demselben Werkzeug bearbeiten. Die Kernfunktionalitäten des Diagnosemoduls sind das Lesen und Zurücksetzen des Fehlerspeichers, das Ausführen von Diagnosediensten und Java-Jobs sowie die Flash-Programmierung von Steuergeräten. Dabei basiert die Diagnoseunterstützung in CalDesk vollständig auf dem ASAM-Standard ODX.

Messen, Applizieren und Diagnose in einem Tool

Für die Applikation diagnoserelevanter Software-Anteile werden zurzeit oft noch zwei Werkzeuge eingesetzt: Eines für Messung und Applikation und ein weiteres für Diagnoseaufgaben. Damit verbunden ist häufig auch ein unübersichtlicher doppelter Hardware-Aufbau.

Für Messung und Applikation existiert der bereits etablierte Standard ASAP2 (ASAM-MCD 2MC). Für die Diagnose wird der Standard ODX zunehmend an Bedeutung gewinnen und somit die Lücke schließen auf dem Weg zu generischen, vollständig auf Standards basierenden Mess-, Applikations- und Diagnosewerkzeugen, kurz: MCD-Tools (MCD = Measurement, Calibration, Diagnostics). Deren Vorteile liegen auf der Hand:

- Universell einsetzbar für unterschiedliche Steuergeräteprojekte, da sie vollständig auf Standards basieren.
- Kosten- und Zeitersparnis, da Anwender mit nur einem Werkzeug vertraut sein müssen.

- Einsatz derselben Schnittstellen-Hardware für Messen, Applizieren und Diagnose – dies spart Kosten und sorgt für übersichtliche Hardware-Aufbauten.
- Vereinfachte Bedienung: Zum Beispiel Parametervoreinstellung und Fehlerspeicherauswertung mit demselben Werkzeug – so werden Diagnosefunktionen komfortabel applizierbar.
- Zeitliche Korrelation und gemeinsame Speicherung von Mess-, Applikations- und Diagnoseinformationen.

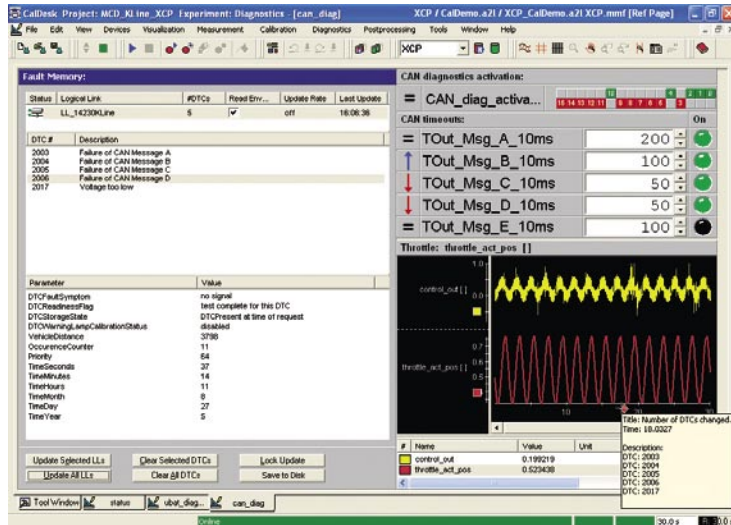
In enger Abstimmung mit einem automotiven Leitkunden wird die Mess- und Applikationssoftware CalDesk um ODX-basierte Diagnose-Unterstützung erweitert und damit zu einem generischen MCD-Tool weiterentwickelt (Details zum Erscheinungstermin des als Teil von CalDesk 1.3 erscheinenden Diagnosemoduls siehe www.dspace.com/goto?releases).

Der ASAM-Standard ODX

ODX (Open Diagnostic Data Exchange) steht für den Diagnose-Standard ASAM-MCD 2D V2.0, der ein offenes Diagnosedatenaustauschformat über den gesamten Fahrzeuglebenszyklus beschreibt. Während der Entwicklungsphase definieren ODX und ASAP2 (ASAM-MCD 2MC) zusammen die Fähigkeiten eines Steuergeräts bezüglich Messung, Applikation und Diagnose. ODX beschreibt die Kommunikation mit Steuergeräten über Diagnoseschnittstellen. Dazu gehört beispielsweise Folgendes:

- Fahrzeugtopologie und Zugriffswege auf ein Steuergerät

- Diagnoseprotokolle und Kommunikationsparameter
- Dienste der Protokolle, z. B. zum Lesen des Fehlerspeichers
- Daten der Protokolle, z. B. Fehlerspeichereinträge des Steuergeräts oder auch logische Bezeichner für Steuergerätevariablen
- Angaben zur Flash-Programmierung des Steuergeräts
- Java-Jobs, die unter Verwendung verfügbarer Diagnosedienste spezifische Diagnoseabläufe steuern können, z. B. wiederkehrendes Schreiben oder Lesen einer Reihe von Daten und auch Flash-Abläufe



◀ Messen, Applizieren und Diagnose in CalDesk – hier mit Fehlerspeicherinstrument. Der Messkommentar im Plotter kennzeichnet eine Änderung der Fehlerspeichereinträge.

Diagnoseinstrument

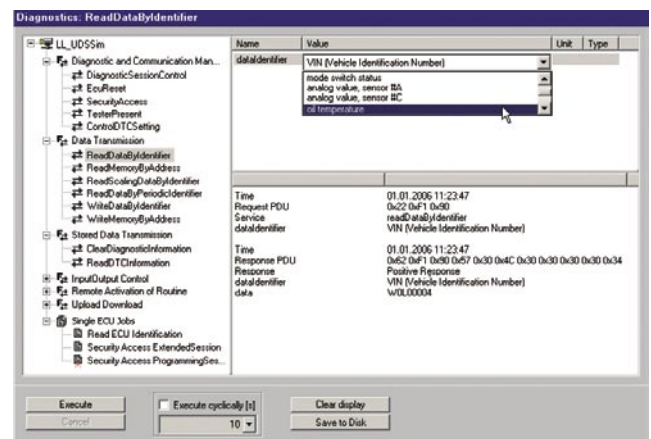
Das Diagnoseinstrument erlaubt die direkte Kommunikation mit dem Steuergerät über das Diagnoseprotokoll. Dazu gehört die strukturierte und konfigurierbare Anzeige der verfügbaren

▼ Das Diagnoseinstrument zur flexiblen Kommunikation mit dem Steuergerät über die Diagnose-schnittstelle.

Nahtlose Integration in CalDesk

Die Instrumente des Diagnosemoduls – das Fehlerspeicherinstrument und das Instrument zur Diagnosekommunikation – lassen sich beliebig mit den übrigen Instrumenten in CalDesk kombinieren. Auch die Steuergeräte-Flash-Programmierung ist direkt aus CalDesk möglich. Der Steuergerätezugang wird über die Diagnosestandards KWP2000 auf CAN oder K-Line (ISO15765/ISO14230) sowie UDS (Unified Diagnostic Services, ISO14229) realisiert. Für den CAN-basierten Diagnosezugang lässt sich vorhandene dSPACE-CAN-Hardware – zum Beispiel der USB-to-CAN-Konverter DCI-CAN1 – wiederverwenden, auch die gemeinsame Nutzung für Messung, Applikation und Diagnose ist möglich. In Verbindung mit dem CalDesk Automation Modul lässt sich über die Automatisierungsschnittstelle ASAM-MCD 3D auf das Steuergerät zugreifen, zum Beispiel für Testautomatisierungs- oder Prüfstandsauflagen.

Diagnosedienste und Java-Jobs aus der ODX-Datenbasis. Jobs beschreiben vordefinierte Abläufe unter Nutzung der elementaren Diagnosedienste des Steuergeräts und sind auch von Anwendern ohne fundierte Diagnosekenntnisse schnell und einfach einsetzbar. Nach der Auswahl eines Dienstes oder Jobs kann dieser parametrisiert und ausgeführt werden.

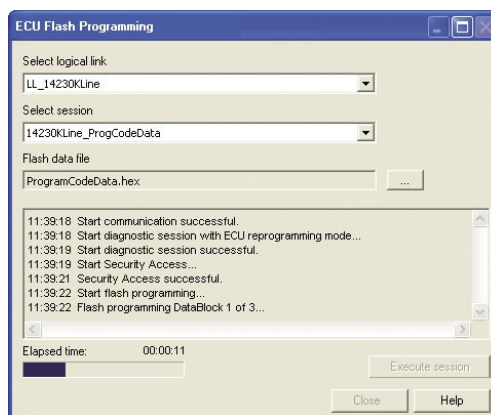


Fehlerspeicherinstrument

Das Fehlerspeicherinstrument zeigt Fehlerspeicherinhalte eines oder mehrerer Steuergeräte an – regelmäßig automatisch aktualisiert oder manuell. Es erlaubt auch das Löschen einzelner Einträge oder des gesamten Fehlerspeichers. Außerdem lässt sich der Fehlerspeicherinhalt im ASCII- oder XML-Format speichern. Von besonderem Interesse ist oftmals nicht nur ob, sondern auch wann ein Fehlerspeichereintrag auftritt. CalDesk bietet daher die Möglichkeit, diese Ereignisse festzuhalten: Bei Auftreten eines Fehlerspeichereintrags wird automatisch ein Messkommentar in die laufende Messung eingefügt und zusammen mit Mess- und Parameterwerten gespeichert.

Steuergeräte-Flash-Programmierung

Der Anwender kann neue Programm- oder Datenstände schnell und einfach flashen. Dazu wählt er unter den in der ODX-Datenbasis definierten Flash-Sessions die passende aus und führt diese aus – eine „Knopfdruck“-Lösung.

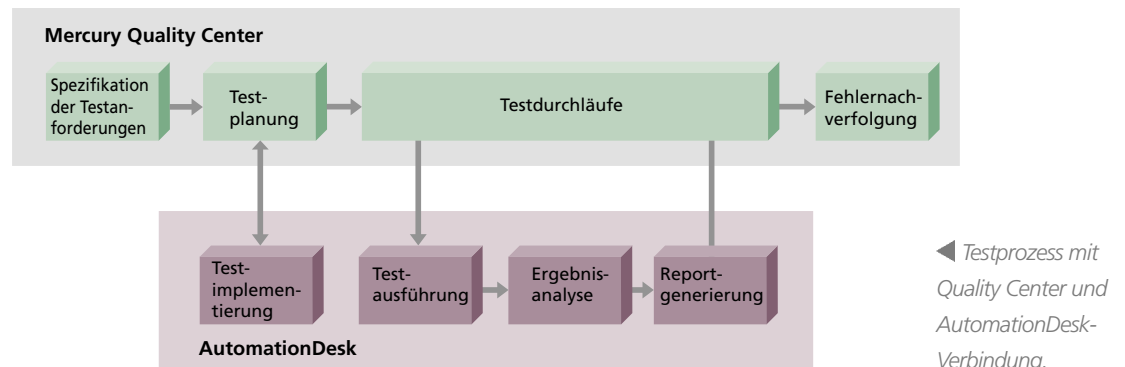


◀ Flashen auf Knopfdruck: Auswahl und Ausführung der gewünschten Flash-Session. Die Angabe einer alternativen HEX-Datei ist möglich, falls zum Beispiel die neuesten Applikationsdaten geflasht werden sollen.

Ein durchgängiger Testprozess

- Kombination von AutomationDesk und Mercury Quality Center™/ TestDirector®
- Zugriff auf AutomationDesk über Quality-Center-Clients
- Zentrale Datenhaltung in Mercury Quality Center

Die offene Architektur der Testautomatisierungssoftware AutomationDesk von dSPACE ermöglicht auch den Einsatz in anderen Entwicklungsumgebungen. So kann AutomationDesk auf Kundenwunsch mit dem Web-basierten Testverwaltungswerkzeug Mercury Quality Center™ (oder Mercury TestDirector®) gekoppelt werden, um von den Vorteilen beider Werkzeuge zu profitieren. Das Ergebnis ist ein durchgängiger, werkzeuggesteuerter Testprozess, der von der Spezifikation der Testanforderungen bis hin zur Fehlernachverfolgung reicht.



Mercury Quality Center und AutomationDesk

Durch die Verbindung der beiden Programme lassen sich Tests in Quality Center verwalten, auswählen und dann ferngesteuert in AutomationDesk ausführen. Mit Quality Center werden alle Phasen des Testprozesses organisiert und verwaltet, einschließlich der Spezifikation der Testanforderungen, Testplanung, Testdurchläufe und Fehlernachverfolgung. Direkt testbezogene Aufgaben wie Testimplementierung, Testausführung, Ergebnisanalyse und Reportgenerierung werden mit AutomationDesk durchgeführt. AutomationDesk bietet leichten Zugriff auf Hardware-in-the-Loop-Plattformen sowie auf Mess- und Applikationssysteme. Die meisten Testprozessbeteiligten benötigen keine Detailkenntnisse von AutomationDesk, da wichtige AutomationDesk-Funktionen über Quality-Center-Clients aufrufbar sind.

Vorteile beider Werkzeuge

Durch die Kombination von AutomationDesk und Mercury Quality Center stehen die Vorteile beider Werkzeuge zur Verfügung:

- Durchgängiger Testprozess von der Spezifikation der Testanforderungen bis zur Fehlernachverfolgung

- Prozessverwaltung mit Mercury Quality Center
- Grafische Testentwicklung und Zugriff auf dSPACE Simulator mit AutomationDesk
- Zentrale Datenhaltung in Mercury Quality Center
- Zugriff auf alle AutomationDesk-Tests und Testergebnisse von jedem Quality-Center-Client aus

Die Zusammenarbeit

Mercury Quality Center verfügt über Clients (Webserverbasierte Benutzeroberflächen) und einen Server, der eine Datenbank, Tests, Fehler, Arbeitsabläufe usw. enthält. Die Verbindung zwischen AutomationDesk und Quality Center erfolgt über eine COM-Schnittstelle. Projekte können aus AutomationDesk exportiert und in der Quality-Center-Datenbank gespeichert werden. Diese AutomationDesk-Projekte lassen sich in Quality-Center-Clients anzeigen, parametrisieren und ausführen. Die Testergebnisse und -berichte von AutomationDesk werden zur Quality-Center-Datenbank hinzugefügt und können auf jedem Quality-Center-Client angezeigt werden. Ferner besteht auch die Möglichkeit, AutomationDesk mit Mercury TestDirector zu verbinden, der kürzlich in Quality Center integriert wurde.

DS2202: Maßgeschneiderte Funktionen

dSPACE hat für Hardware-in-the-Loop (HIL)-Simulationen im Bereich Getriebe und Karosserieelektronik eine neue, speziell zugeschnittene Karte im Angebot: das DS2202 HIL I/O Board. In Kombination mit einer Prozessorkarte entsteht für den Anwender so ein maßgeschneiderter dSPACE Simulator.

Das kostengünstige DS2202 kann zusammen mit einer Prozessorkarte (DS1005 oder DS1006) sowohl in dSPACE Simulator als auch in einer Erweiterungsbox für den PC eingesetzt und durch zusätzliche Karten erweitert werden. Aufgrund der integrierten Signalkonditionierung ist es möglich, ein Steuergerät direkt an die Karte anzuschließen. Dies war sonst nur mit dem DS2211 HIL I/O Board möglich. Da beide Karten pincompatibel sind, kann das DS2202 problemlos in einem dSPACE Simulator Mid-Size eingesetzt werden.



▲ Das neue DS2202 HIL I/O Board für spezielle HIL-Simulationen.

- Neues DS2202 HIL I/O Board
- Speziell für Getriebe- und Karosserieelektronikanwendungen
- Software-Unterstützung mit Release 5.0

Das DS2202 bietet folgende Leistungsmerkmale:

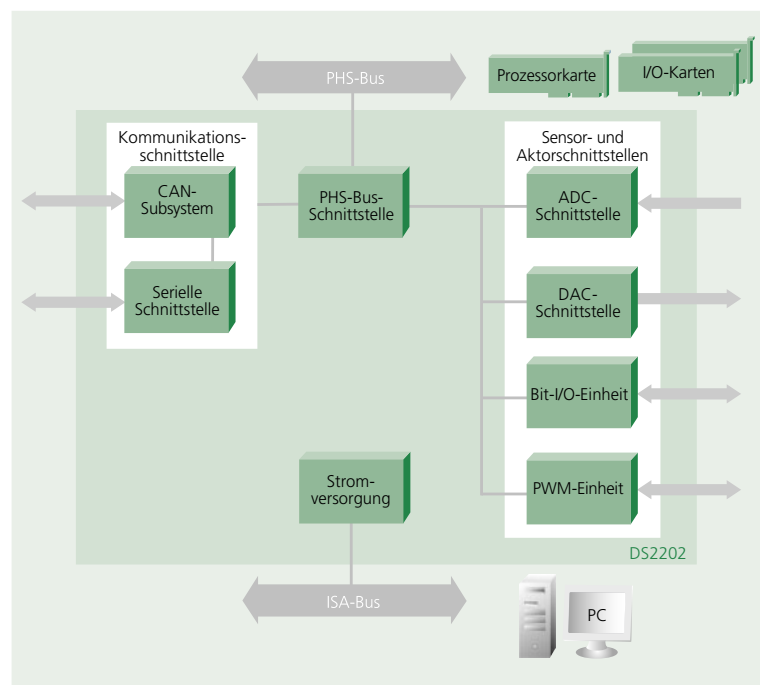
- 20 analoge Ausgänge
- 16 analoge Eingänge
- 16 digitale Ausgänge
- 38 digitale Eingänge, von denen 24 auch als PWM-Eingänge verwendet werden können
- 9 PWM-Ausgänge
- 2 CAN-Kanäle
- Serielle Schnittstelle (RS232/RS422)

Das DS2202 hat folgende Einsatzbereiche:

- Getriebeanwendungen
- Karosserieelektronik (zum Beispiel Sitzverstellung, Türschließautomatik, Fahrzeugzugangskontrolle, Spiegelverstellung)

Im Entwicklungsprozess wird das DS2202 vom Funktionstest bis hin zum Release-Test eingesetzt. Zudem dient es als Erweiterung zu den vorhandenen Ein- und Ausgängen der dSPACE-Simulatoren.

Die dSPACE-Software Real-Time Interface (RTI) übernimmt die Zuweisung der Kanäle auf der Karte zu denen auf dem Steuergerät. Bereits in dSPACE Release 5.0 steht mit der erweiterten Software umfangreiche Unterstützung für das DS2202 zur Verfügung.



► Das Blockdiagramm des DS2202.

Leistungsendstufen für Hochstromaktoren

Hardware- und software-konfigurierbare Standardmodule

Hochstrommodule bis zu 60 A

Module für die Entwicklung von Motorsteuerungen

Zur Ansteuerung von Hochstromaktoren bietet dSPACE für Rapid-Control-Prototyping-Anwendungen jetzt zwei neue leistungsstarke Endstufenmodule mit einem Ausgangsstrom von bis zu 60 A. Außerdem erweitern zwei Signalkonditionierungsmodule für Lambdasonde und Klopfertennung die Möglichkeiten im Bereich von Motormanagement-Anwendungen. Durch die einfache Integration der Signalkonditionierungs- und Leistungsendstufenmodule in das RapidPro-System lassen sich schnell und kosteneffizient maßgeschneiderte Prototyping-Lösungen für unterschiedliche Anwendungen realisieren.

Hochstrommodule bis zu 60 A

Egal ob Sie Ventile in Getriebeanwendungen oder Gleichstrommotoren für Komfortelektronik wie beispielsweise Heckklappen, Fensterheber oder Cabrio-Verdecke ansteuern möchten, die neuen Hochstrommodule von dSPACE liefern den notwendigen Strom dafür. Das Leistungsendstufenmodul DS1667 ist als Vollbrücken-Endstufe konzipiert und bietet neben 60-A-Maximalstrom die Möglichkeit der Stromrückmessung zur Realisierung geschlossener Regelkreise.

Im Gegensatz dazu verfügt das Leistungsendstufenmodul DS1668 über zwei unabhängige Halbbrücken-End-



▲ Die Module können leicht in die RapidPro-Einheiten eingebaut und aus den ihnen entfernt werden.

Max. Ausgangsstrom für die Hochstrommodule

DS1667



Bei +25 °C (+77 °F): 30 A Dauerstrom pro Kanal, 60 A Maximalstrom pro Kanal für 1 Sekunde

Bei +60 °C (+140 °F): 17 A Dauerstrom pro Kanal, 60 A Maximalstrom pro Kanal für 1 Sekunde

DS1668



Bei +25 °C (+77 °F): 25 A Dauerstrom pro Kanal, 30 A Maximalstrom pro Kanal für 1 Sekunde

Bei +60 °C (+140 °F): 17 A Dauerstrom pro Kanal, 30 A Maximalstrom pro Kanal für 1 Sekunde

stufen, die ebenfalls mit einer Stromrückmessung ausgestattet sind und bis zu 30-A-Maximalstrom pro Kanal liefern. Beide Module sind diagnosefähig und mit Fehlererkennungsmechanismen für beispielsweise Überstrom und Übertemperatur ausgestattet.

Damit stellen diese Hochstrommodule eine ideale Ergänzung zu den bereits verfügbaren Leistungsendstufenmodulen für Anwendungen im Bereich von bürstenlosen und konventionellen Gleichstrommotoren sowie zur Ansteuerung von Hochstromventilen dar.

Neue Signalkonditionierungsmodule

Zwei Signalkonditionierungsmodule erweitern die Möglichkeiten im Bereich von Motormanagement-Anwendungen.

Klopferkennungsmodul – Mit Hilfe des neuen Klopferkennungsmodul DS1635 können Sie bis zu vier Signale von differentiellen oder Single-ended-Klopfsensoren erfassen und auswerten. Ein auf dem Chip integrierter A/D-Wandler sowie ein digitaler Signalprozessor (DSP) ermöglichen dabei eine digitale Signalvorverarbeitung, wodurch der Mikrocontroller des RapidPro-Systems maßgeblich entlastet wird. Das Modul basiert auf dem Signalauswerte-Baustein CC196 von Bosch und bietet Einstellmöglichkeiten für verschiedene Verstärkungsfaktoren und drei parallele Filter mit bis zur 49sten Ordnung pro Klopfersignal. Störgeräusche, die keine Anteile an Klopfinformationen beinhalten, können so optimal gefiltert und die Messergebnisse entscheidend verbessert werden.



Lambdasondenmodul – Das neue Lambdasondenmodul DS1634 wurde speziell für Motoranwendungen entwickelt und ermöglicht die Anbindung von bis zu zwei linearen Lambdasonden vom Typ Bosch LSU4.2 oder LSU4.9.



Das RapidPro-System

Die RapidPro-Hardware kann entweder als Erweiterung zu den dSPACE-Prototyping-Systemen (MicroAutoBox, modulares DS1005-basiertes System) eingesetzt werden oder auch als Stand-alone-Prototyping-Steuergerät. Aufgrund des kompakten und robusten Aufbaus sind die Einheiten optimal für den Einsatz im Fahrzeug geeignet und können zudem an Prüfständen und im Labor eingesetzt werden. Das Gehäuse ist so konzipiert, dass die Einheiten einzeln genutzt oder zu einem kompakten Stack verbunden werden können. Eine große Auswahl an hardware- und softwarekonfigurierbaren Modulen bietet Standardlösungen für zahlreiche Anwendungsfälle. Die Module können leicht installiert werden, so dass die RapidPro-Einheiten in anderen Projekten effizient wieder verwendet werden können. Alle in Zusammenhang mit den RapidPro-Einheiten eingesetzten Module sind fahrzeugauglich ausgelegt und können sicher auf den Trägerkarten installiert werden.



▲ Das RapidPro-System ist eine flexible Hardware-Plattform, die eine maßgeschneiderte Prototyping-Lösung für eine Vielzahl von Anwendungen darstellt.

Die BMW Group setzt auf TargetLink

- **Evaluierung von Code-Generatoren bei BMW**
- **Entscheidung für TargetLink**
- **Maßnahmen zur Prozessintegration**

Die BMW Group hat aktuell am Markt erhältliche Seriene-Code-Generatoren evaluiert. Ziel war es, den besten Code-Generator für einen durchgängigen Entwicklungsprozess basierend auf MATLAB®/Simulink®/Stateflow® zu finden. TargetLink von dSPACE ging dabei als bestgeeignetes Produkt hervor. Wir sprachen mit Dr. Stefan-Alexander Schneider und Robert Meinschmidt über die Evaluierung sowie den Einsatz von TargetLink bei der BMW Group. In diesem Interview zeigten sie die besondere Bedeutung der Aspekte Prozessintegration und -automatisierung auf.

Die BMW Group hat vor kurzem Seriene-Code-Generatoren evaluiert. Was waren Ihre Gründe für dieses umfangreiche Evaluierungsprojekt?

S.-A. Schneider: Ausgangspunkt war die Definition eines neuen Prozesses, um die zukünftigen Entwicklungsanforderungen gerecht zu werden. Dafür bedarf es einer auf diesen Prozess hin angepassten Werkzeugkette. Daher war es für uns selbstverständlich, die vorhandenen Möglichkeiten sorgfältig zu prüfen.

Welche Veränderungen im Vergleich zu den bisherigen Prozessen wollten Sie erreichen?

R. Meinschmidt: Unser Ziel war ein toolgestützter, durchgängiger Prozess von der Spezifikation, Analyse und Optimierung von Regelalgorithmen bis zur automatischen Code-Generierung. In diesen sollte die Entwicklungsumgebung MATLAB/Simulink/Stateflow als zentrales Element eingebunden sein.

Mit diesem Prozess wollten wir auch neue Modellierungsrichtlinien einführen, die den Anwender in einer verteilten Entwicklungsumgebung optimal unterstützen, sowie eine Safety-Integrity-Level-3-taugliche Modellerstellung und Code-Generierung sicherstellen.

„Unser Ziel war ein toolgestützter, durchgängiger Prozess von der Spezifikation, Analyse und Optimierung von Regelalgorithmen bis zur automatischen Code-Generierung.“

Ein besonderer Schwerpunkt war die Prozessautomatisierung, um die Durchgängigkeit zu erhöhen und die Fehleranfälligkeit zu verringern.

Wie sind Sie bei der Evaluierung vorgegangen?

S.-A. Schneider: Zu Beginn der Evaluierung wurde ein umfangreiches Bewertungsschema abgestimmt. Aufgeteilt in fünf Bereiche mit 18 Kategorien und 96 Kriterien, davon 21 K.-o.-Kriterien, die in der Entscheidungsebene sichtbar waren.

„Zu Beginn der Evaluierung wurde ein umfangreiches Bewertungsschema abgestimmt.“

Welche Kriterien wurden zugrunde gelegt?

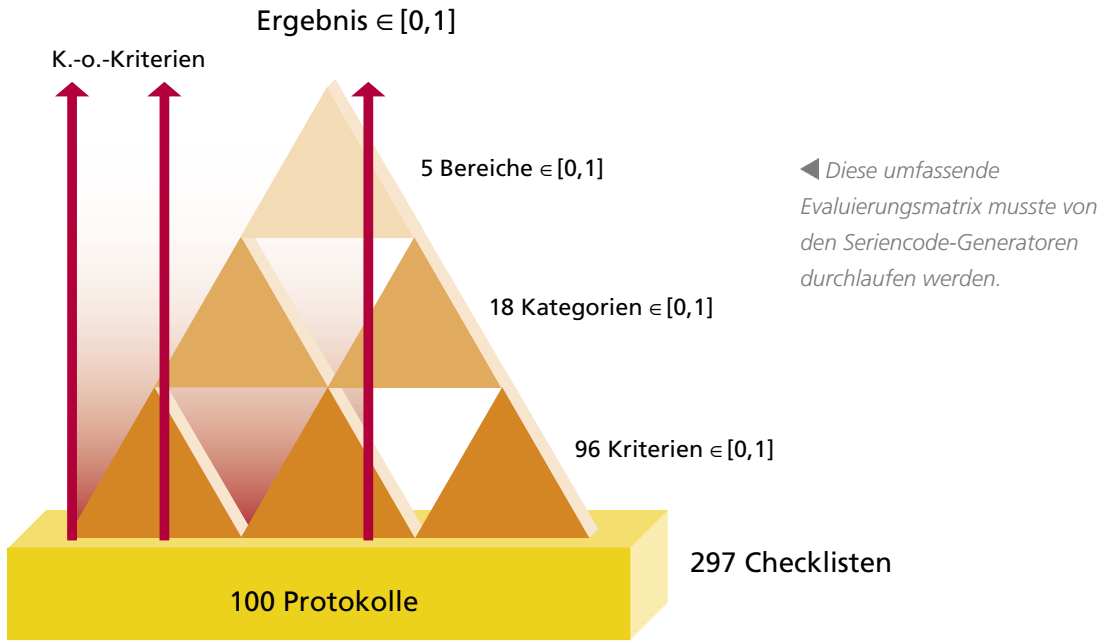
S.-A. Schneider: Es wurden neben allgemeinen Werkzeugeigenschaften die Unterstützung eines geeigneten Simulink/Stateflow-Sprachumfangs, die Eignung zum Einsatz auch in sicherheitsrelevanten Anwendungen, die Integration in den Entwicklungsprozess sowie natürlich die Eigenschaften des generierten Codes selbst bewertet.

Wie sind Sie nach Abschluss der Evaluierung weiter vorgegangen?

R. Meinschmidt: Uns war klar, dass wir Prozess und Werkzeuge für die unmittelbare Anwendung im „Projektalltag“ aufeinander abstimmen müssen. Dazu haben wir die vorhandenen Prozesse und bereits mit TargetLink laufende Serienprojekte analysiert. Die gewonnenen Erkenntnisse sind in ein Methodenhandbuch zum Einsatz von MATLAB/Simulink/Stateflow und TargetLink eingeflossen. Dann wurden die sich daraus ergebenden Abläufe prozesskonform automa-



▲ Dr. Stefan-Alexander Schneider, Prozessentwicklung im Bereich Elektronik-Entwicklung.



tisiert. Dabei spielten das TargetLink-Application Programming Interface, der Vor-Ort-Service und die Erfahrungen von dSPACE in diesem Umfeld eine zentrale Rolle.

Wie wichtig sind für Sie zukünftige Anpassungen gemäß Ihren Prozessen und Werkzeugketten?

S.-A. Schneider: Die Anpassung der eingesetzten Werkzeuge an unsere Prozesse ist sehr wichtig, um den maximalen Nutzen aus den Werkzeugen ziehen zu können. Zudem möchten wir durch einen intensiven Dialog mit den Werkzeugherstellern frühzeitig über Entwicklungsstrategien informiert sein sowie unsere Anforderungen gegenüber den Herstellern verdeutlichen können. Mit TargetLink und in der Zusammenarbeit mit Ihnen sind wir hier auf dem richtigen Weg.

Welche konkreten Erwartungen an TargetLink haben Sie bei den anstehenden Serienprojekten?

S.-A. Schneider: Wir wollen durch einen durchgängigen, optimierten Entwicklungsprozess die Entwicklungszeiten

verkürzen, Iterationen vereinfachen und eine garantiert zuverlässige Umsetzung der modellierten Funktionen auf die Ziel-Hardware gewährleisten. Dafür haben wir TargetLink gewählt. Um flexibel zu bleiben und bei Bedarf vorhandenen Code in den automatisch erzeugten integrieren zu können, ist uns die gute Lesbarkeit des TargetLink-Codes sehr wichtig.

R. Meinschmidt: Neben den Erwartungen an das Tool wünschen wir uns auch schnellen, kompetenten Support durch den Tool-Hersteller.

In welchem Umfang wird die BMW Group automatische Code-Generierung einsetzen?

S.-A. Schneider: Unser Ziel ist es, die automatische Code-Generierung überall dort einzusetzen, wo wir modellbasiert entwickeln. Dieses Vorgehen ist zunehmend sinnvoll: Die modellbasierte Entwicklung und der Einsatz von MATLAB/Simulink/Stateflow werden in Zukunft in ihrer Bedeutung zunehmen und damit auch die automatische Seriercode-Generierung.



▲ Robert Meinschmidt, Prozessentwicklung im Bereich Elektronik-Entwicklung.

Vielen Dank für das Gespräch.

„Wir wollen durch einen durchgängigen, optimierten Entwicklungsprozess die Entwicklungszeiten verkürzen, Iterationen vereinfachen und eine garantiert zuverlässige Umsetzung der modellierten Funktionen auf die Ziel-Hardware gewährleisten. Dafür haben wir TargetLink gewählt.“

Im Land der aufgehenden Sonne

dSPACE blickt auf eine über 15-jährige Japan-Historie zurück. Geschäftsführer Dr. Herbert Hanselmann erinnert an die interessanten Anfänge in einem Land, das schon lange zu den größten Auslandsmärkten von dSPACE zählt. Die für 2006 geplanten Veränderungen zeigen, wie dSPACE diese Erfolgsgeschichte weiterschreiben möchte.

Es muss 1989 gewesen sein, als dSPACE das erste Geschäft mit einem japanischen Kunden machte. Ein Ingenieur von Nippondenso rief aufgeregt an: Wir hätten das DSP-Tool, was er absolut brauche. Dann kam das Geld, dann die Bestellung, in dieser Reihenfolge. Dadurch auf den Geschmack gekommen, kontaktierte dSPACE zwei Distributoren in Japan. Beide lehnten jedoch nach längerer Überlegung den Vertrieb von dSPACE-Produkten in Japan ab, der eine aus Konkurrenzgründen, der andere „weil es für regelungstechnische DSP-Tools in Japan keinen Markt gäbe“.

Nobuo Murakami sah das anders. Er hatte gerade die Firma LinX gegründet und ging nach einiger Prüfung das Risiko ein. Fünfzehn erfolgreiche Jahre folgten, und gerade das Jahr 2005 verlief wieder besonders stark.

In dieser langen Zeit ist der japanische Markt für dSPACE einer der größten Auslandsmärkte geworden. Mit vielen Kunden pflegen wir enge Beziehungen und wir besuchen uns gegenseitig regelmäßig.

Die Ära LinX endet nun Ende März 2006. dSPACE Japan K.K., eine Tochtergesellschaft der dSPACE GmbH, ist bereits gegründet und hat eigene Räume in Yokohama bezogen. Auch ein Japan-Bereich auf der dSPACE-Website ist in Betrieb. Es ist eine Mitarbeiterzahl von ca. 30 geplant, um neben Vertrieb, Beratung und Support auch Engineering-



▲ Blick über Yokohama.

Projekte vor Ort durchführen und betreuen zu können. Dies werden vor allem Hardware-in-the-Loop-Projekte sein, ein Feld, bei dem wir just eine starke Veränderung und Nachfrage in Japan spüren.

Mehrere japanische Mitarbeiter und Ingenieure aus Paderborn erledigen in Yokohama bereits alle Pre-Sales-Aufgaben und kümmern sich um den Post-Sales-Support. Sechs Ingenieure aus Paderborn bereiten sich auf einen längeren Aufenthalt als Expatriates vor. Sie können schon „Konnichi-wa“ sagen und freuen sich auf diese interessante Herausforderung.

LinX wird bis Ende des japanischen Geschäftsjahres Ende März 2006 noch administrative Aufgaben erfüllen, dann geht alles komplett auf dSPACE Japan K.K. über. Wir werden dann ausführlicher berichten.

Dr. Herbert Hanselmann
Geschäftsführer



▲ In diesen Bürotürmen ist dSPACE Japan K.K. zu Hause.

Kundenmeinungen

Die Meinung unserer Kunden ist uns wichtig. Deshalb haben wir im August eine breit angelegte Umfrage zu Produkten, Vertrieb, Support und Engineering-Leistungen durchgeführt. Wir freuen uns sehr, dass wir, wie auch schon bei der letzten Umfrage im Jahr 2003, in allen Punkten positiv bewertet wurden. Unter allen Teilnehmern der Umfrage verlostn wir drei iPod mini der Firma Apple.

➤ Kundenzufriedenheitsumfrage

➤ Gutes Ergebnis für dSPACE

➤ Verlosung von 3 Apple iPod mini



▲ Die Gewinner wurden von unserer Mitarbeiterin Viola Gabler unter Aufsicht unseres Juristen Timm de Beer in einer Ziehung ermittelt.

Per E-Mail und Telefon haben wir unsere Kunden in Deutschland gebeten, die Leistungen von dSPACE zu beurteilen. Wir freuen uns über die zahlreichen Antworten und die positiven Bewertungen. Im Vergleich zum guten Ergebnis aus 2003 konnten wir uns in fast allen Themenbereichen sogar noch einmal verbes-

sern. In über 90% der Antworten wurde die Gesamtleistung von dSPACE mit gut oder sehr gut bewertet. Überaus gut abgeschnitten hat dabei insbesondere alles rund um die persönliche Kundenbeziehung, zum Beispiel Support, Vertrieb und Engineering Service, was unsere Firmenphilosophie nachhaltig bestätigt. Dieser Erfolg motiviert uns, weiter den engen Kontakt und intensiven Dialog mit unseren Kunden zu suchen, um uns auch in Zukunft in ihrem Sinne zu steigern und zu verbessern.

Unter allen Antworten verlostn wir drei iPod mini der Firma Apple. Gewonnen haben:

- Herr Heiko Braun, Porsche AG
- Herr Dr. Johann Fuchs, AUDI AG
- Herr Jochen Zapletal, ZF Lenksysteme

Wir gratulieren den Gewinnern.

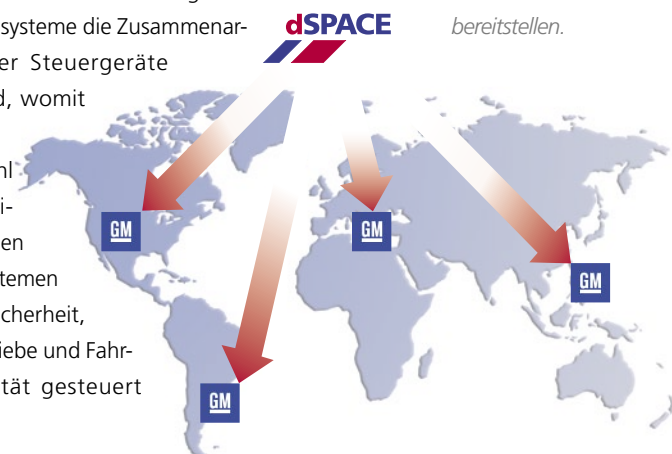
General Motors setzt bei Hardware-in-the-Loop auf dSPACE

General Motors hat dSPACE als bevorzugten globalen Zulieferer für Hardware-in-the-Loop (HIL)-Systeme ausgewählt.

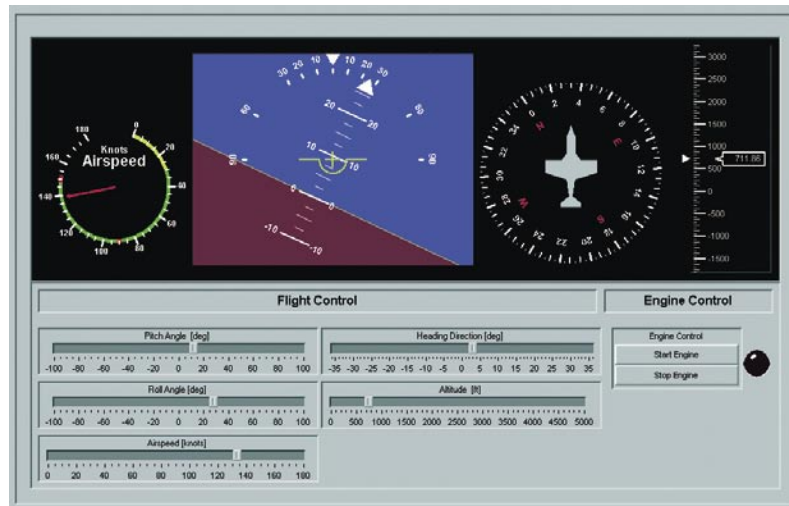
▼ dSPACE wird HIL-Systeme für GM-Technikzentren in Nordamerika, Europa, Südamerika und Asien bereitstellen.

In einem anspruchsvollen Auswahlprozess hat sich die HIL-Technologie von dSPACE als die beste herausgestellt. Noch nie wurden die Produkte im Vorfeld einer Kaufentscheidung so gründlichen Evaluierungsprozessen unterzogen, wie es bei GM der Fall war. HIL-Simulatoren von dSPACE werden von GM-Gruppen in ganz Europa erfolgreich eingesetzt. dSPACE zählt nun auch GM in Nordamerika und an anderen Standorten zu seinen HIL-Kunden. General Motors setzt in weltweiten Technologiezentren zahlreiche HIL-Systeme ein, um elektronische Steuergeräte und Funktionen zu testen, die zur Steuerung von Subsystemen bis hin zu gesamten Fahrzeugnetzwerken dienen. Ein Komponententestsystem testet meist nur eine Funktion, zum Beispiel die Steuerung der elektrischen

Außenspiegel, innerhalb eines einzelnen Steuergeräts. Im Gegensatz testen umfangreiche Integrationssysteme die Zusammenarbeit etlicher Steuergeräte im Verbund, womit wiederum eine Vielzahl an Interaktionen zwischen Fahrzeugsystemen wie Licht, Sicherheit, Motor, Getriebe und Fahrzeugstabilität gesteuert wird.



In die Luft mit ControlDesk



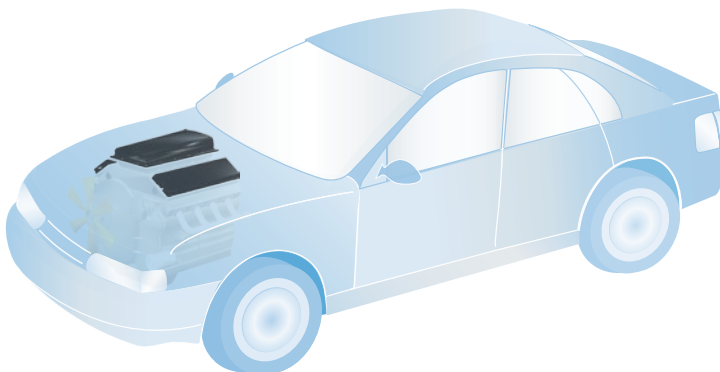
Für Tests im Bereich Luftfahrt hat dSPACE seine Experiment-Software ControlDesk um spezielle flugzeugtypische Instrumente erweitert. Zur grafischen Experimentieroberfläche kommt nun ein künstlicher Horizont, ein Höhenmesser und eine Flugrichtungsanzeige hinzu. Damit lässt sich die Anwendung noch genauer auf individuelle Bedürfnisse abstimmen.

Kompatibilitäts-Update für TargetLink

Für die Nutzer des Seriene-Code-Generators TargetLink 2.1 hat dSPACE in Form von TargetLink 2.1.5 ein Kompatibilitäts-Update für die Integration in MATLAB R14 Service Pack 3 bereitgestellt. Damit garantiert dSPACE die reibungslose Zusammenarbeit von TargetLink mit der neuesten MATLAB®/Simulink®/Stateflow®-Version zeitnah zu deren Veröffentlichung.

Turbosimulation

dSPACE hat seine Automotive Simulation Models (ASM) um ein Turboladersimulationsmodell erweitert. Das Turbocharger Model simuliert einen physikalischen Abgas-turbolader mit VTG (Variable Turbine Geometry) und berechnet unter anderem die Wellendrehzahl. Weitere Informationen erhalten Sie über unsere Antwortkarte oder im Internet unter www.dspace.com



In eigener Sache: Glossar

Die Anwendungsbeispiele unserer Kunden haben ab dieser Ausgabe zusätzlich ein Glossar, in dem fachspezifische Begriffe kurz erläutert werden. Mit diesem Service wollen wir die Artikel für alle Leser leichter verständlich machen. Das Glossar finden Sie in Form der hier beispielhaft dargestellten Box jeweils am Ende eines Artikels.

Glossar

IGBT – Halbleiterbauelemente, die in der Leistungselektronik verwendet werden.

FPGA – frei programmierbare Logikschaltkreise.

PWM – Modulation eines Signals in seinem Tastverhältnis bei konstanter Frequenz.

Eine Straße weiter

Unsere Niederlassung in Frankreich, dSPACE Sarl, ist umgezogen. Die neuen Büroräume sind nur einen Katzensprung von den alten entfernt.

Die neue Adresse:

dSPACE Sarl
Parc Burospace, Bâtiment 20
Route de la plaine de Gisy
91573 Bièvres Cedex



Termine



EUROPA

Euroforum –

Elektroniksysteme im Automobil

7./8. Februar, München, Deutschland
Dorint Sofitel Bayerpost, Stand 8
<http://www.euroforum.com>

Embedded World

14.-16. Februar, Nürnberg, Deutschland
Messezentrum, Halle 10, Stand 125
<http://www.embedded-world-2006.de>

AUTOREG 2006

7./8. März, Wiesloch, Deutschland
Palatin Kongresshotel und Kulturzentrum Wiesloch
<http://www.vdi-wissensforum.de/>

Aerospace Testing Expo

4.-6. April, Hamburg, Deutschland
Hamburg Messe, Halle A1, Stand 656
<http://www.aerospacetesting-expo.com>

Euroforum – Software im Automobil

3./4. Mai, Stuttgart, Deutschland
Le Méridien, Stuttgart
<http://www.euroforum.com>

Automotive Testing Expo

9.-11. Mai, Stuttgart, Deutschland
Messe Stuttgart, Halle 4, Stand 4420
<http://www.testing-expo.com>

USA

SAE Kongress

3.-6. April, Detroit, MI
Stand 1701
www.sae.org/congress/2006

dSPACE US User Conference 2006

2.-4. Mai, Plymouth, MI, USA
St. John's Conference Center
<http://www.dspace.com>

JAPAN

Japan SAE 2006

24.-26. Mai, Yokohama, Japan
Pacifico Yokohama complex
<http://www.jsae.or.jp>

dSPACE Japan K.K. User Conference 2006

23. Mai, Shinagawa, Tokyo, Japan
Tokyo Conference Center Shinagawa

Weitere Veranstaltungen unter www.dspace.com

Infos anfordern



Bitte entsprechendes Kästchen auf der Antwortkarte ankreuzen und zurücksenden

- per Post
- per Fax 0 52 51 – 6 65 29
- Fordern Sie die Informationen über unsere Website unter www.dspace.com/goto?dspace-news-info an.
- Finden Sie weitere Informationen unter www.dspace.com
- Schicken Sie uns eine E-Mail an dspace-news@dspace.de

Ihre Meinung ist uns wichtig. Kritik, Lob und sonstige Anmerkungen senden Sie bitte an dspace-news@dspace.de – vielen Dank!

Jobs



Sind Sie Absolvent eines technischen Studiengangs? Oder suchen Sie nach neuen beruflichen Herausforderungen? Dann steigen Sie bei uns ein – in Deutschland: Paderborn, München oder Stuttgart; in Frankreich: Paris; in Großbritannien: Cambridgeshire; in den USA: Novi, MI oder in Japan: Yokohama! Aufgrund unseres stetigen Wachstums suchen wir ständig Ingenieure aus den Fachgebieten:

- Software-Entwicklung
- Hardware-Entwicklung
- Anwendungsentwicklung
- Technischer Vertrieb
- Produktmanagement

Schulungen



Bitte entsprechendes Kästchen auf der Antwortkarte ankreuzen.

- AutomationDesk
- Automotive Simulation Models
- CalDesk
- ControlDesk
- dSPACE Real-Time Systems
- Hardware-in-the-Loop-Simulation
- MotionDesk
- Rapid Control Prototyping mit CalDesk
- RapidPro
- TargetLink

Australien

CEANET Pty Ltd.
Level 1, 30 Little Cribb Street
Milton
Queensland 4064
Tel.: +61 7 3238 5300
Fax: +61 7 3211 4791
info@ceanet.com.au
www.ceanet.com.au

Israel

Omikron Delta (1927) Ltd.
10 Carlebach St.
Tel-Aviv 67132
Tel.: +972 3 561 5151
Fax: +972 3 561 2962
info@omikron.co.il
www.omikron.co.il

Polen

Technika Obliczeniowa
ul. Obozna 11
30-011 Kraków
Tel.: +48 12 423 39 66
Fax: +48 12 632 17 80
info@tobl.krakow.pl
www.tobl.krakow.pl

Tschechische Republik und Slowakei

HUMUSOFT s.r.o.
Pobrenzi 20
186 00 Praha 8
Tel.: +420 2 84 01 17 30
Fax: +420 2 84 01 17 40
info@humusoft.cz
www.humusoft.cz

China und Hong Kong

Hirain Technologies
Beijing Chuangye Plaza, No.11
8/F., Unit B
An Xiang Bei Li Jia
Chaoyang District
Beijing 100101
Tel.: +86 10 648 406 06
Fax: +86 10 648 482 56
ycji@hirain.com
www.hirain.com

Korea

MDS Technology Co., Ltd.
15F Kolon Digital Tower Vilant 222-7
Guro-3-dong, Guro-gu
Seoul 152-848, South Korea
Tel.: +82 2 2106 6000
Fax: +82 2 2106 6004
dspace@mdstec.com
www.mdstec.com

Schweden

FENGCO Real Time Control AB
Hallonbergsplan 10
Box 7068
174 07 Sundbyberg
Tel.: +46 8 6 28 03 15
Fax: +46 8 96 73 95
sales@fengco.se
www.fengco.se

Indien

Cranes Software Intern. Ltd.
#29, 7th Cross, 14th Main
Vasanthnagar
Bangalore 560 052, India
Tel.: +91 80 22381740
Fax: +91 80 22384317
info@cranessoftware.com
www.cranessoftware.com

Niederlande

TSS Consultancy
Rietkraag 37
3121 TC Schiedam
Tel.: +31 10 2 47 00 31
Fax: +31 10 2 47 00 32
info@tsscon.nl
www.tsscon.nl

Taiwan

Scientific Formosa Incorporation
11th Fl. 354 Fu-Hsing N. Road
Taipei, Taiwan, R.O.C.
Tel.: +886 2 2505 05 25
Fax: +886 2 2503 16 80
info@sciformosa.com.tw
www.sciformosa.com.tw

Firmensitz in Deutschland

dSPACE GmbH
Technologiepark 25
33100 Paderborn
Tel.: +49 5251 1638-0
Fax: +49 5251 66529
info@dspace.de

USA und Kanada

dSPACE Inc.
28700 Cabot Drive
Suite 1100
Novi · MI 48377
Tel.: +1 248 567 1300
Fax: +1 248 567 0130
info@dspaceinc.com

Frankreich

dSPACE Sarl
Parc Burospace · Bâtiment 20
Route de la Plaine de Gisy
91573 Bièvres Cedex
Tel.: +33 1 6935 5060
Fax: +33 1 6935 5061
info@dspace.fr

Japan

dSPACE Japan K.K.
West Tower 9F
Yokohama Business Park
134 Godo-cho · Hodogaya-ku
Yokohama-shi
Kanagawa-ken 240-0005
Tel.: +81 45 338 3361
Fax: +81 45 338 3362
info@dspace.jp

Großbritannien

dSPACE Ltd.
2nd Floor Westminster House
Spitfire Close
Ermine Business Park
Huntingdon
Cambridgeshire PE29 6XY
Tel.: +44 1480 410700
Fax: +44 1480 410701
info@dspace.ltd.uk

